

**I. ULUSLARARASI
BİLİM VE İNOVASYON KONGRESİ
(INSI 2019)
TAM METİN BİLDİRİ KİTABI**



**I. INTERNATIONAL
SCIENCE AND INNOVATION CONGRESS
(INSI 2019)
FULL PAPER BOOK**

EYLÜL / SEPTEMBER 2019

Kitabın Adı: I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi
Tam Metin Bildiri Kitabı

ISBN: 978-605-80297-0-5

Hazırlayanlar: Tolga YÜCEHAN
e-mail: tolgayucehan@gmail.com

Umut SARAY
e-mail: umutsaray@gmail.com

Yayın Tarihi: 24.09.2019



DÜZENLEME KURULU / ORGANIZING COMMITTEES

Düzenleme Kurulu Başkanı / Organizing Committee Chairman

PhD.	Munise Didem Demirbaş	Erciyes University
PhD.	Mohammad Ali Ghorbani	University of Tabriz
PhD.	Canan Başlak	Selçuk University

Düzenleme Kurulu Üyeleri / Organizing Committee Members

PhD.	Dilek Aydemir	Tokat Gaziosmapaşa University
PhD.	Kemal Adem	Aksaray University
Lect..	Sefa Ersan Kaya	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect.	Atiye Kaş	Pamukkale University
Lect.	Celal Altıntaş	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect.	Erdem Kanişlı	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect.	Mustafa Tufan Altunok	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect.	Onur Dal	Tokat Gaziosmapaşa University
-	Bahar Terzioğlu	-
-	Sinem Gülşen	-

Düzenleme Kurulu Sekreteryası / Organizing Committee Secretariat

Lect.	Umut Saray	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect.	Tolga Yücehan	Afyon Kocatepe University
Lect.	Süheyla Biriz Duman	Tokat Gaziosmapaşa University



BİLİM KURULU / SCIENTIFIC COMMITTEES

Mühendislik Bilim Kurulu

Phd. Munise Didem Demirbaş	Erciyes University
Phd. Mohammad Ali Ghorbani	University of Tabriz
Phd. Mahir Dursun	Gazi University
Phd. Ali Öztürk	Düzce University
Phd. İbrahim Uzun	Kırıkkale University
Phd. Bülent Kurt	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
Phd. Hakan Fehmi Öztop	Fırat University
Phd. Bilge Hilal Çadırıcı	Gaziosmanpaşa University
Phd. Vitaly Koshevyy	Odessa National Maritime Academy
Phd. Resul Kara	Düzce University
Phd. Serhii Kravchuk	National Technical University of Ukraine
Phd. Márcio R. C. Reis	Federal Institute of Goias
Phd. Doru Vatau	University Politehnica Timisoara
Phd. Igor Nevliudov	Kharkiv National University of Radioelectronics
Phd. Yuriy Danyk	National Defense University of Ukraine
Phd. Erkan Afacan	Gazi University
Phd. Aşkİner Güngör	Pamukkale University
Phd. Cengiz Taplamacıođlu	Gazi University
Phd. Necmi Taşpınar	Erciyes University
Phd. Mevlida Operta	University of Sarajevo
Phd. Sevgi Soylu Koyuncu	Ondokuz Mayıs University
Phd. Öznur Gölbaşı	Cumhuriyet University
Phd. Cem Cüneyt Ersanlı	Sinop University
Phd. Nacima Memic	University of Sarajevo
Phd. Salim A. Messaoudi	King Fahd University of Petroleum and Minerals
Phd. Yousef Nazzal	Zayed University
Phd. Alexey Babushkin	Ural Federal University
Phd. Zehra Küçükbay	İnönü University
Phd. Selma Corbo	University of Sarajevo
Phd. Sabahudin Bajramovic	University of Sarajevo
Phd. Halil İbrahim Oğuz	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
Phd. Fatih Taşpınar	Düzce University
Phd. İsa Navruz	Ankara University
Phd. Cahit Bilim	Mersin University
Phd. Sibel Güneş	Erciyes University
Phd. Uğur Çavdar	İzmir Demokrasi University
Phd. Ahmet Fenerciođlu	Gaziosmanpaşa University
Phd. Jasna Avdic	University of Sarajevo
Phd. Ayhan İstanbullu	Balıkesir University
Phd. Caner Aküner	Marmara University
Phd. Oktay Erdoğan	Pamukkale University
Phd. Michal Váry	Slovak University of Technology
Phd. Özlem Ulukut Çoşkun	Süleyman Demirel University
Phd. Nursel Akçam	Gazi University
Phd. Recep Ekici	Erciyes University
Phd. Suat Sarıdemir	Düzce University
Phd. Fuad Okay	Kocaeli University
Phd. Fatih Polat	Gaziosmanpaşa University
Phd. Serpil Halıcı	Pamukkale University
Phd. Elif Tezel Ersanlı	Sinop University



Phd. Kadriye Yaman	Anadolu University
Phd. Eduard Zharikov	National Technical University of Ukraine
Phd. Sameh Hadouaj	University of Carthage
Phd. Bilal Şenol	İnönü University
Phd. Halil Arslan	Cumhuriyet University
Phd. Utku Köse	Süleyman Demirel University
Phd. Osman Gökdoğan	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
Phd. Mehmet Güçyetmez	Ahi Evran University
Phd. Salih Tosun	Düzce University
Phd. Feyza Gürbüz	Erciyes University
Phd. Güllü Kırat	Bozok University
Phd. Oğuz Erdem	Ahi Evran University
Phd. Selda Kayral	Celal Bayar University
Phd. Ali Yıldız	Bozok University
Phd. Aslıhan Tırnakçı	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
Phd. Esra Özhancı	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
Phd. Meliha Aklıbaşında	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
Phd. Seval Cömertler	Uşak University
Phd. Nihan Kaya	Hitit University
Phd. Cem Emeksiz	Gaziosmanpaşa University
Phd. Hasan Polat	Fırat University
Phd. Soner Buytoz	Fırat University
Phd. Serdar Mercan	Cumhuriyet University
Phd. Praveen Kumar	Nss College of Engineering
Phd. Emre Kıyak	Anadolu University
Phd. Mustafa Eker	Gaziosmanpaşa University
Phd. Özer Özdemir	Anadolu University
Phd. Mehmet Şenol	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
Phd. Tülay Yağmur	Aksaray University
Phd. İlhami Karataş	Gaziosmanpaşa University
Phd. Fethi Dağdelen	Fırat University
Phd. Güngör Çağdaş Dinçel	Aksaray University
Phd. Serkan Yıldırım	Atatürk University
Phd. Meriç Lütfi Avsever	Aksaray University
Phd. Bekir Tuncer	Muğla Sıtkı Koçman University
Phd. Haşim Kafalı	Muğla Sıtkı Koçman University
Phd. Gökdeniz Erkan	Muğla Sıtkı Koçman University
Phd. Özlem Toprak	Gaziosmanpaşa University
Phd. Adem Gölcük	Selçuk University
Phd. İneyet Burcu Toprak	Akdeniz University
Phd. Yılmaz Güven	Kırklareli University
Phd. Nafel Doğdu	Akdeniz University
Phd. Olena Osharovska	Odessa National Academy
Phd. Mariia Skulysh	Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Phd. Selçuk Arık	Gaziosmanpaşa University
Phd. Canan Başlak	Selçuk University
Phd. İshak Afşin Kariper	Erciyes University
Phd. Sevgi Ünal	Gazi University
Phd. Ahmad Bin Yussuf	University of Malaya
Phd. Asuman Duru	Uşak University
Phd. Yusuf Sert	Bozok University
Phd. Abdullah Elen	Karabük University
Phd. Gökçe Nur Yılmaz	Kırıkkale University
Phd. Muradiye Karasu Ayata	Ahi Evran University
Phd. Cem Boğa	Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University



Phd.	Derya Ögüt Yavuz	Uşak University
Phd.	Nurcan Çalış Açıkbaz	Bilecik Şeyh Edebali University
Phd.	Gökhan Açıkbaz	Bilecik Şeyh Edebali University
Phd.	Ayşen Melda Çolak	Uşak University
Phd.	Nurdoğan Topal	Uşak University
Phd.	Havva Dinler	Uşak University
Phd.	Burcu Begüm Kenanoğlu	Uşak University
Phd.	Özgür Demir	Muş Alparslan University
Phd.	Ahmet Nuri Kurşunlu	Selçuk University
Phd.	Meryem Kara	Selçuk University
Phd.	Saliha Dinç	Selçuk University
Phd.	Alperen Şahinoğlu	İstanbul Esenyurt University
Phd.	Esin Hande Bayrak Işık	Gaziosmanpaşa University

Fen ve Sağlık Bilim Kurulu

Phd.	Cem Cüneyt Ersanlı	Sinop University
Phd.	Canan Başlak	Selçuk University
Phd.	Öznur Gölbaşı	Cumhuriyet University
Phd.	Nacima Memic	University of Sarajevo
Phd.	Salim A. Messaoudi	King Fahd University of Petroleum and Minerals
Phd.	Ya. Lepikh	Odessa I.I.Mechnikov National University
Phd.	Yousef Nazzal	Zayed University
Phd.	Alexey Babushkin	Ural Federal University
Phd.	Mine Kürkçüoğlu	Anadolu University
Phd.	Fatih Polat	Gaziosmanpaşa University
Phd.	Nihan Kaya	Hitit University
Phd.	Selçuk Arık	Gaziosmanpaşa University
Phd.	İlhami Karataş	Gaziosmanpaşa University
Phd.	Serpil Halıcı	Pamukkale University
Phd.	Sait Altıkay	Dumlupınar University
Phd.	Elif Tezel Ersanlı	Sinop University
Phd.	Özer Özdemir	Anadolu University
Phd.	Mehmet Şenol	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
Phd.	Tülay Yağmur	Aksaray University
Phd.	İlhami Karataş	Gaziosmanpaşa University
Phd.	Necmi Dege	Ondokuz Mayıs University
Phd.	Nermin Kahveci Yağcı	Kırıkkale University
Phd.	Fethi Dağdelen	Fırat University
Phd.	Neslihan Özbek	Kırşehir Ahi Evran University
Phd.	Özlem Afacan	Kırşehir Ahi Evran University
Phd.	İshak Afşin Kariper	Erciyes University
Phd.	Zehra Küçükbay	İnönü University
Phd.	Uğur Sarı	Kırıkkale University
Phd.	Yusuf Sert	Bozok University
Phd.	Mehmet Ali Balcı	Muğla Sıtkı Koçman University
Phd.	Sevgi Ünal	Gazi University
Phd.	Çiğdem Yüksektepe Ataoğlu	Çankırı Karatekin University
Phd.	Zehra Küçükbay	İnönü University
Phd.	Süleyman Kaplan	Ondokuz Mayıs University
Phd.	Mine Kürkçüoğlu	Anadolu University
Phd.	Nuray Bayar Muluk	Kırıkkale University
Phd.	Göknur Aktay	İnönü University



Phd.	Adnan Özçetin	Düzce University
Phd.	Ferhan Soyuer	Nuh Naci Yazgan University
Phd.	Funda Demirtürk	Gaziosmanpaşa University
Phd.	Ayhan Altıntaş	Anadolu University
Phd.	Özgür Alparıslan	Gaziosmanpaşa University
Phd.	Özgür Kemal	Ondokuz Mayıs University
Phd.	Azra Husic-Selimovic	University of Sarajevo
Phd.	Sait Altıkata	Dumlupınar University
Phd.	Şengül Cangür	Düzce University
Phd.	Çiğdem Yücel	Erciyes University
Phd.	Gökçe Şeker Karatoprak	Erciyes University
Phd.	Pınar Etiz	Çukurova University
Phd.	Nil Doğruer Ünal	Mersin University
Phd.	Selda Doğan Çalhan	Mersin University
Phd.	Aslıhan Ardıç Çobaner	Mersin University
Phd.	Güngör Çağdaş Dinçel	Aksaray University
Phd.	Meriç Lütfi Avsever	Aksaray University
Phd.	Erhan Devrilmez	Karamanoğlu Mehmetbey University
Phd.	Sabri Demir	Kırıkkale University
Phd.	Faruk Pehlivanlı	Kırıkkale University
Phd.	Mehmet Ali Sungur	Düzce University
Phd.	Nuriye Yıldırım Şişman	Düzce University
Phd.	Shiv Prakash Sharma	Rajasthan University of Health Science
Phd.	Chandra Jeet Singh Chandel	Rajasthan University of Health Science
Phd.	Göknil Pelin Coşkun	Cumhuriyet University
Phd.	Serkan Yıldırım	Atatürk University
Phd.	Ebru Derici Eker	Mersin University
Phd.	Ayhan Erciyes	Aksaray University
Phd.	Fethi Dağdelen	Fırat University
Phd.	Halis Bilgil	Aksaray University
Phd.	Tunçar Şahan	Aksaray University
Phd.	Sedat Temel	Recep Tayyip Erdoğan University
Phd.	Emin Aygün	Erciyes University
Phd.	Aydın Keskinrüzgar	Adıyaman University
Phd.	Tuğbahan Yılmaz Alıç	Selçuk University
Phd.	Ali Aytekin	Pamukkale University
Phd.	Seyda Şahin	Cumhuriyet University
Phd.	Cem Tokatlı	Trakya University

KONGRE PROGRAMI / CONGRESS SCHEDULE

ORAL PRESENTATION

26 August 2019 - Monday

Session 1

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : PhD. Canan Başlak

Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	Açılış Konuşmaları			
10:45 - 11:00	PATENT DATABASE ANALYSIS FOR MANUFACTURING TECHNOLOGIES IN AEROSPACE INDUSTRY - AUGMENTED REALITY, ROBOTIC, INTERNET OF THINGS	Muhammet Sürmeli, Ercan Onur Sever, Beste Sezen, Simge Ünlüsoy, Hakan Öztürkmen	Muhammet Sürmeli	Muhammet Sürmeli
11:00 - 11:15	PATENT DATABASE ANALYSIS: ANTI-ICING AND DE-ICING SYSTEMS IN AVIATION INDUSTRY	Can Bozdoğan	Can Bozdoğan	Can Bozdoğan
11:15 - 11:30	PATENT DATABASE ANALYSIS OF MEMS AND NEMS NANOTECHNOLOGICAL PRODUCTION TECHNOLOGIES IN AVIATION SECTOR	Beste Sezen, Ayşegül Bereketlioğlu	Beste Sezen	Ayşegül Bereketlioğlu
11:30 - 11:45	PATENT DATABASE ANALYSIS OF OPTIMIZATION OF SSPC TECHNOLOGY IN AEROSPACE INDUSTRY	Ayşegül Bereketlioğlu, Beste Sezen	Ayşegül Bereketlioğlu	Beste Sezen
11:45 - 12:00	PATENT DATABASE ANALYSIS: INVESTIGATION OF FLAP CONTROL SURFACES IN AIRCRAFT	Esra Güler , Simge Ünlüsoy	Esra Güler	Simge Ünlüsoy

Lunch

Session 2

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : PhD. Canan Başlak

Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	FIRE DETECTION SYSTEM USING WIRELESS 433 MHZ RF VIA ARDUINO	Metin Mohammed	Metin Mohammed	Metin Mohammed
13:15 - 13:30	PATENT DATABASE ANALYSIS FOR MANUFACTURING TECHNOLOGY IN AEROSPACE INDUSTRY - MACHINE LEARNING AND IMAGE PROCESSING	Muhammet Sürmeli, Beste Sezen, Simge Ünlüsoy, Hakan Öztürkmen	Ercan Onur Sever	Ercan Onur Sever
13:30 - 13:45	PATENT DATABASE ANALYSIS FOR MANUFACTURING TECHNOLOGY IN AEROSPACE INDUSTRY – ADDITIVE MANUFACTURING	Muhammet Sürmeli, Ercan Onur Sever, Simge Ünlüsoy, Beste Sezen	Hakan Öztürkmen	Hakan Öztürkmen



13:45 - 14:00	DETERMINATION OF FACTORS AFFECTING PATENT VALUES IN AVIATION AND DEFENSE INDUSTRY	Evren Şemsiye	Evren Şemsiye	Evren Şemsiye
14:00 - 14:15	USAGE AND EFFECTIVENESS OF SHORT IMPLANTS IN THE REHABILITATION OF ATROPHIC MANDIBLE: A CASE REPORT	Merve Benli	Merve Benli	Merve Benli

Coffee Break

Session 3

Hall Name: Meeting Hall 2

Meeting Hall Chairman : PhD. İlhan Küçükkaplan
Meeting Hall Vice-Chairman: Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN MMP-9 -1562C/T GENE VARIATION AND ALZHEIMER'S DISEASE DEVELOPMENT	Arzu Ay, Nevra Alkanlı	Arzu Ay	Arzu Ay
13:15 - 13:30	THE DETERMINATION OF PHYSICAL EDUCATION TEACHERS' GYMNASICS CONTENT KNOWLEDGE LEVEL	Erhan Devrilmez	Erhan Devrilmez	Erhan Devrilmez
13:30 - 13:45	THE EFFECT OF ACUTE TRAINING PROGRAM ON FREE AND GRECO-ROMAN WRESTLERS' PHYSIOLOGICAL PARAMETERS	Ömer Özer	Ömer Özer	Ömer Özer
13:45 - 14:00	HOLLYHOCK FLOWER AND HEALTH IMPACT	Yüksel Bayram	Yüksel Bayram	Yüksel Bayram
14:00 - 14:15	DISTRIBUTION OF THYROID PAPILLARY CARCINOMAS AND MICROCARCINOMAS	Özgür İlhan Çelik	Özgür İlhan Çelik	Özgür İlhan Çelik

Coffee Break

Session 4

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : PhD. Erkan Tetik
Meeting Hall Vice-Chairman: Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	INCREASING LATERAL FORCE OF MICROROBOT USING PASSIVE DIAMAGNETIC LEVITATION	Ali Anıl Demirçalı, Tunahan Vatansever, Eda Nur Saruhan, Abdurrahim Yılmaz, Hakan Gules, Kadir Erkan, Hüseyin Üvet	Ali Anıl Demircali	Ali Anıl Demircali
14:45 - 15:00	MOTION CONTROL OF MICROROBOT IN LAMINAR FLOW	Ali Anıl Demircali, Tunahan Vatansever, Eda Nur Saruhan, Abdurrahim Yılmaz, Hakan Gules, Kadir Erkan, Hüseyin Üvet	Ali Anıl Demircali	Ali Anıl Demircali
15:00 - 15:15	PERFECT METAMATERIAL ABSORBER AND SENSOR APPLICATION ON FLEXIBLE SUBSTRATE AT TERAHERTZ RANGE	Erkan Tetik	Erkan Tetik	Erkan Tetik



15:15 - 15:30	INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF EXPOSURE TO 4.5G MOBILE PHONE RADIATION ON THE WEIGHT OF RATS	İrem Karaman, Özlem Coşkun	İrem Karaman	İrem Karaman
15:30 - 15:45	LONG-TERM ELECTROMAGNETIC POLLUTION MEASUREMENT STUDIES AND MAPS IN ISPARTA CITY CENTER AND NEARBY REGIONS	Ömer Kaya, İrem Karaman, Özlem Coşkun	İrem Karaman	İrem Karaman

Coffee Break

Session 5

Hall Name: Meeting Hall 2

Meeting Hall Chairman : PhD. Oktay Erdoğan

Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	THE DESIGN OF A NOVEL ANN-RING BASED TRUE RANDOM NUMBER GENERATOR ON FPGA	İsmail Koyuncu, Pakize Erdoğan, Murat Tuna, Murat Alçın	Murat Tuna	İsmail Koyuncu
14:45 - 15:00	EFFECT OF BORIC ACID CONCENTRATION ON MECHANICAL PROPERTIES AND WATER RESISTANCE OF COLLAGEN HYDROLYSATE FILMS	Şükrü Ömür, Buğra Ocak	Buğra Ocak	Şükrü Ömür
15:00 - 15:15	URBAN DESIGN DECISIONS ADAPTED TO CLIMATE CHANGE	Ayşe Kalaycı Önaç, Hakan Şevik, Mehmet Çetin, Pınar Orman, Ahenk Karcı Demirkol, Gökçe Gönüllü Sütçüoğlu	Ayşe Kalaycı Önaç	Pınar Orman
15:15 - 15:30	RE-THINKING THE CAMPUS TRANSPORTATION NETWORK IN SCOPE OF ECOLOGICAL DESIGN PRINCIPLES; CASE STUDY OF İZMİR KATİP ÇELEBİ UNIVERSITY ÇIĞLI CAMPUS	Ayşe Kalaycı Önaç, Hakan Şevik, Mehmet Çetin, Gökçe Gönüllü Sütçüoğlu, Pınar Orman, Ahenk Karcı Demirkol	Ayşe Kalaycı Önaç	Gökçe Gönüllü Sütçüoğlu
15:30 - 15:45	DETERMINING THE CRITERIA FOR UNIVERSITY STUDENTS TO CHOOSE ELECTIVE COURSES	Taner Tunç, Burak Yılmaz	Burak Yılmaz	Burak Yılmaz

Coffee Break

Session 6

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : PhD. Oktay Erdoğan

Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	DETERMINATION OF AGRICULTURAL MECHANIZATION LEVEL OF AYDIN PROVINCE AND COMPARING WITH THE AVERAGES OF TURKEY	Taner Akbaş	Taner Akbaş	Taner Akbaş
16:15 - 16:30	USE OF ALTERNATIVE FEED SOURCES IN STURGEON FISH FEED AND IMPORTANCE OF AQUACULTURE	Huriye Arıman Karabulut	Huriye Arıman Karabulut	Huriye Arıman Karabulut



16:30 - 16:45	POSSIBILITIES OF USING MINI VEGETABLES IN ALTERNATIVE VEGETABLE CULTIVATION	Çiğdem Elgin Karabacak	Çiğdem Elgin Karabacak	Çiğdem Elgin Karabacak
16:45 - 17:00	AN OVERVIEW OF PESTICIDE CONSUMPTION IN DENİZLİ PROVINCE	Oktay Erdoğan	Oktay Erdoğan	Oktay Erdoğan
17:00 - 17:15	EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF METAL REINFORCEMENT ON COLLISION PERFORMANCE IN CARBON COMPOSITE CRASH BOXES	Mehmet Emin Çelik, Murat Reis	Murat Reis	Mehmet Emin Çelik
17:15 - 17:30	MODELLING AND OPTIMIZATION OF AFYON BINARY GEOTHERMAL POWER PLANT WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS	İsmail Koyuncu, Ceyhan Yılmaz	İsmail Koyuncu	İsmail Koyuncu

Session 7

Hall Name: Meeting Hall 2

Meeting Hall Chairman : PhD. Aydan Gülsu
Meeting Hall Vice-Chairman: Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	PROTEIN AND POLYSACCHARIDE BASED BIOPOLYMERIC MICROPARTICLES PREPARATION AND CHARACTERIZATION	Aydan Gülsu, Hakan Ayhan, Fatma Ayhan	Aydan Gülsu	Aydan Gülsu
16:15 - 16:30	PROTEIN AND POLYSACCHARIDE BASED BIOSORBENTS FOR ALBUMIN AND IGG REMOVAL	Aydan Gülsu, Hakan Ayhan, Fatma Ayhan	Aydan Gülsu	Aydan Gülsu
16:30 - 16:45	DETERMINATION OF THE ROLE OF INTERLEUKIN-18 -137G/C GENE VARIATION IN PATIENTS WITH MULTIPLE SCLEROSIS DIAGNOSIS	Nevra Alkanlı, Arzu Ay	Nevra Alkanlı	Nevra Alkanlı
16:45 - 17:00	THE FREQUENCY OF BENIGN ENDOMETRIAL LESIONS IN PATIENTS WITH POSTMENOPAUSAL BLEEDING	Leyla Tekin	Leyla Tekin	Leyla Tekin
17:00 - 17:15	INVESTIGATION OF APOPTOTIC AND ANGIOGENIC EFFECTS OF BORON IN HUMAN LUNG CANCER CELLS (A549)	Hande Aytuğ, Funda Karabağ Çoban	Hande Aytuğ	Hande Aytuğ
17:15 - 17:30	EVALVATING THE OPINIONS OF ACADEMICIANS ON OFFICE ERGONOMICS	Nevin Çankaya, Meryem Yalçınkaya Demirtaş	Nevin Çankaya	Meryem Yalçınkaya Demirtaş
17:30 - 17:45	PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF A NEW DIAMINOBENZO[C]CINNOLINES-5-OXIDE CONTAINING POLYMER	Fahriye Sarı, Handan Kamış, Emine Kılıç , Ahmet Ferat Üzdürmez	Fahriye Sarı	Fahriye Sarı



27 August 2019 - Tuesday

Session 8

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : Tolga Yücehan

Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Invited Speakers	University	Country
09:00 - 09:15	Hao Feng	University of Illinois at Urbana-Champaign	United State of America
09:15 - 09:30	Babak Mohammadi	Hohai University	China
09:30 - 09:45	Mandeep Kaur Saggi	Thapar Institute of Engineering and Technology	India
09:45 - 10:00	Susanna Jansat	Universitat Rovira i Virgili	Spain
10:00 - 10:15	Brahim Ayed	University of Monastir University	Tunisia

Coffee Break

Session 9

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : PhD. Ahmet Tolunay

Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	YEREL YÖNETİMLERİN BÜYÜKŞEHİR OLMASININ KIRSAL YERLEŞİMLER ÜZERİNE GETİRDİĞİ ETKİLER (GÖRDES GÜNEŞLİ MAHALLESİ ÖRNEĞİ)	Ahmet Tolunay, Mehmet Özmiş, Çağrı Gündoğdu	Ahmet Tolunay	Ahmet Tolunay
10:45 - 11:00	ORMAN İŞLETMELERİNDE ODUN HAMMADDESİ SATIŞLARININ SATIŞ ZAMANI AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI	Ahmet Tolunay, Emrah Kabasakal	Ahmet Tolunay	Ahmet Tolunay
11:00 - 11:15	THE USAGE CHARACTERISTICS OF STATE OWNED PEANUT (PINUS PINEA L.) FORESTS IN THE GEDİZ BASIN BY THE LOCAL PEOPLE	Ahmet Tolunay, Akın Güleç, Mehmet Özmiş	Ahmet Tolunay	Ahmet Tolunay
11:15 - 11:30	EFFECTS OF PREDATOR OENOPIA CONCLOBLATA AND PARASITOID APHIDIUS COLEMANI ON APHIS FABAE	Hande Gönbe, İsmail Karaca	İsmail Karaca	Hande Gönbe
11:30 - 11:45	DISTRIBUTION, DAMAGE AND POPULATION DEVELOPMENT OF CREONTIADES PALLIDUS (HEMIPTERA: MIRIDAE) IN THE PEPPER GREENHOUSES OF ANTALYA PROVINCE	Firuz Murtaz, İsmail Karaca	İsmail Karaca	Firuz Murtaz
11:45 - 12:00	DETERMINATION OF THE INFESTATION OF ORANGE ORCHARDS IN ADANA AND ANTALYA PROVINCES BY PLANOCOCCUS CITRI AND PARASITISM RATES OF THE PEST BY ANAGYRUS PSEUDOCOCCI	Hasan Hüseyin Altıntaş, İsmail Karaca	İsmail Karaca	Hasan Hüseyin Altıntaş

Lunch



Session 10

Hall Name: Meeting Hall 2

Meeting Hall Chairman : PhD. Cem Tokatlı
Meeting Hall Vice-Chairman: Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	THE EFFECTS OF FORGING AND COOLING PARAMETERS ON THE TOUGHNESS OF MICRO-ALLOYED STEEL	Caner Tuna, Hakan Erçay, Tuncay Dikici	Caner Tuna	Caner Tuna
10:45 - 11:00	NITRITE AND PHOSPHATE CONCENTRATIONS IN DRINKING WATER OF ENEZ DISTRICT (SOUTHERN PART OF EDİRNE PROVINCE, TURKEY)	Cem Tokatlı	Cem Tokatlı	Cem Tokatlı
11:00 - 11:15	NITRITE AND PHOSPHATE CONCENTRATIONS IN DRINKING WATER OF SÜLOĞLU DISTRICT (NORTHERN PART OF EDİRNE PROVINCE, TURKEY)	Cem Tokatlı	Cem Tokatlı	Cem Tokatlı
11:15 - 11:30	NOISE MEASUREMENT IN OPAMP ACTIVE RC CASCADE AMPLIFIERS USING WAVELET DENOISING	Ramazan Kopru	Ramazan Kopru	Ramazan Kopru
11:30 - 11:45	RADIOGENIC HEAT PRODUCTIONS OF ZEOLITE MINERALS FROM QUARRIES FROM GÖRDES (MANİSA), TURKEY	Aydan Altıkulaç, Şeref Turhan	Aydan Altıkulaç	Aydan Altıkulaç
11:45 - 12:00	DETERMINATION OF POTASSIUM-40 ACTIVITY CONCENTRATION IN RICE	Aydan Altıkulaç, Hasan Gümüş	Aydan Altıkulaç	Aydan Altıkulaç

Lunch

Session 11

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : PhD. Arzu Erçetin
Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	KURTBOĞAZ CONSTRUCTION TECHNIQUE IN SOCIAL BEHAVIOUR AND VERNACULAR ARCHITECTURE	Gamze Akbaş	Gamze Akbaş	Gamze Akbaş
13:15 - 13:30	ERGONOMIC SUFFICIENCY ANALYSIS OF URBAN SQUARES IN SPATIAL TERMS: TAKSİM SQUARE EXAMPLE	Arzu Erçetin	Arzu Erçetin	Arzu Erçetin
13:30 - 13:45	THE REVIEW TO THE SITUATION OF A PUBLIC BUILDING BEING ABLE TO NEARLY ZERO ENERGY BUILDING	Hasan Yıldırım, İlhami Horuz	Hasan Yıldırım	Hasan Yıldırım
13:45 - 14:00	APPLICATIONS OF SPACE SYNTAX METHOD IN URBAN DESIGN AND PLANNING SCALE	Yelda Durgun Şahin	Yelda Durgun Şahin	Yelda Durgun Şahin
14:00 - 14:15	REDUCTION OF THE ENERGY CONSUMPTION IN BUILDINGS, WITHIN THE SCOPE OF NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS	Ersin Haydaraslan	Ersin Haydaraslan	Ersin Haydaraslan

Coffee Break



Session 12

Hall Name: Meeting Hall 2

Meeting Hall Chairman : PhD. Canan Başlak
Meeting Hall Vice-Chairman: Eda Akarsu

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	CLASSIFICATION WITH EXTREME LEARNING MACHINE	Özer Özdemir, Aslı Kaya	Özer Özdemir	Özer Özdemir
13:15 - 13:30	PERFORMANCE ANALYSIS OF NONLINEAR AND WAVELET ACTIVATION FUNCTIONS IN MULTILAYER PERCEPTRONS	Özer Özdemir, Aslı Kaya, Ali Alkan	Özer Özdemir	Özer Özdemir
13:30 - 13:45	SHARING OF LIMIT AND COLLATERAL INFORMATION USED IN BANK ALLOCATION TRANSACTIONS WITH BLOCKCHAIN INFRASTRUCTURE	Bulut Karadağ, Eda Arıkan	Bulut Karadağ	Eda Arıkan
13:45 - 14:00	ANALYSIS OF FACE RECOGNITION FRAMEWORKS	Hasan Serdar, Emre Yıldırım	Hasan Serdar	Hasan Serdar
14:00 - 14:15	A NUMERICAL APPROACH FOR SOLVING THE RICCATI DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH FRACTIONAL ORDERS	Eda Akarsu, Mustafa Gülsu	Eda Akarsu	Eda Akarsu

Coffee Break

Session 13

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : PhD. Cenk Şahin
Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	SIMULATION APPROACH FOR DUE DATE ASSIGNMENT RULES IN FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS	Sakhi Mohammad Hamidy, Cenk Şahin	Cenk Şahin	Cenk Şahin
14:45 - 15:00	INFLUENCE AND OPTIMIZATION OF CUTTING PARAMETERS ON CUTTING TEMPERATURE IN SURFACE MILLING OF VANADIS 4E POWDER METALLURGICAL TOOL STEEL	Gürcan Samtaş, Salih Korucu	Gürcan Samtaş	Gürcan Samtaş
15:00 - 15:15	EFFECT OF FUEL INJECTION PRESSURE ON PERFORMANCE AND EMISSION CHARACTERISTICS OF AN ELECTRONICALLY CONTROLLED SINGLE-CYLINDER DIESEL ENGINE FUELLED WITH WASTE BIODIESEL	Mustafa Aydın, Mustafa Bahattin Çelik	Mustafa Aydın	Mustafa Aydın
15:15 - 15:30	OPTIMIZATION OF A DIESEL ENGINE USING BIODIESEL / DIESEL FUEL BLENDS BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM)	Samet Uslu, Mustafa Aydın	Samet Uslu	Mustafa Aydın
15:30 - 15:45	DEVELOPMENT OF OZONE EFFECTING SYSTEM WITHOUT USING HARMFUL CHEMICALS	İbrahim Kafas, Özgür Bulut, Gökben Eryılmaz, Kübra Durmuş	Özgür Bulut	Özgür Bulut

Coffee Break



Session 14

Hall Name: Meeting Hall 2

Meeting Hall Chairman : PhD. Canan Başlak

Meeting Hall Vice-Chairman: Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	KARABURUN 1949 EARTHQUAKE AGAIN?	Tarık İlhan	Tarık İlhan	Tarık İlhan
14:45 - 15:00	CONVENIENT LOCATION SELECTION FOR UNNATURAL REEFS IN IZMIR BAY	Tarık İlhan	Tarık İlhan	Tarık İlhan
15:00 - 15:15	USING P-XRF ELEMENTAL ANALYSIS METHOD FOR THE ARCHAEOLOGY PROVENANCE RESEARCH OF ANCIENT STONES USED IN HIERAPOLIS, (DENİZLİ, TURKEY)	Ramazan Hacımustafaoğlu	Ramazan Hacımustafaoğlu	Ramazan Hacımustafaoğlu
15:15 - 15:30	THE COMPARISON OF ANCIENT NATURAL STONES USED IN HIERAPOLIS AND APHRODISIAS	Ramazan Hacımustafaoğlu	Ramazan Hacımustafaoğlu	Ramazan Hacımustafaoğlu
15:30 - 15:45	INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF FITNESS CENTERS ON USERS IN THE SCOPE OF SOCIALISM	Tolga Erdem	Tolga Erdem	Tolga Erdem

Coffee Break

Session 15

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : PhD. Ali Kemal Birgücü

Meeting Hall Vice-Chairman: Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	USING THE COMPOSITE STRUCTURE TO INCREASE STRENGTH OF STRUCTURAL MEMBERS, AND DESIGN ECONOMIC CROSS SECTIONS	Riyad Şihab, Adil Hadi Wardi	Riyad Şihab	Riyad Şihab
16:15 - 16:30	STRUCTURAL SYSTEM ANALYSIS OF BURSA GRAND MOSQUE	Tuğçe İsafça, Adem Doğançün	Tuğçe İsafça	Tuğçe İsafça
16:30 - 16:45	NONLINEAR MODELING OF DOUBLE LAYER GRID SPACE SYSTEMS CONSIDERING INITIAL CURVATURE IMPERFECTIONS	Mustafa Temşi, Mojjibullah Noori, Nurten Topaloğlu, Hakan T. Türker	Mustafa Temşi	Mustafa Temşi
16:45 - 17:00	COMPARISON OF PERIODIC SOLUTION OF CLTD AND TETD COOLING LOAD CALCULATION METHODS FOR BUILDING ENVELOPES	Hasan Oktay, Recep Yumrutaş, M. Zerrakki Işık	Hasan Oktay	Hasan Oktay
17:00 - 17:15	A PARAMETRIC STUDY OF STAIRCASE INFLUENCE ON THE SEISMIC RESPONSE OF RC FRAME STANDARD STRUCTURES	Ayberk Karaaslan, Özgür Avşar	Ayberk Karaaslan	Ayberk Karaaslan
17:15 - 17:30	EFFECTS OF MATERNAL AGE ON BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF APHIS GOSSYPII GLOVER (HEMIPTERA: APHIDIDAE)	Alime Bayındır Erol, Ali Kemal Birgücü	Alime Bayındır Erol	Alime Bayındır Erol



Session 16

Hall Name: Meeting Hall 2

Meeting Hall Chairman : Ph.D. Gözde Kan Ülkü

Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	ABRASION TESTS ON CAR TIRE ON DIFFERENT GROUND	Ahmet İsmailoğlu, Enes Kalyoncu	Ahmet İsmailoğlu	Ahmet İsmailoğlu
16:15 - 16:30	INSPECTION OF CUTTING TOOL STRESSES BASED ON CUTTING PARAMETERS IN TAPPING CUTTING TOOLS	Tuncer Demirel, Abdullah Kurt, Yunus Kayır	Tuncer Demirel	Tuncer Demirel
16:30 - 16:45	INNOVATIVE CERAMIC COATING FOR FACEDE; X-TILE	Rabia Gün, M.Fahri Özer, Didem Şahankaya	Rabia Gün	Rabia Gün
16:45 - 17:00	TO INVESTIGATE THE USE OF TITANIUM DIOXIDE (TiO ₂) ON BUILDING FACADES	Mehmet Ali Karagöz, Seher Güzelçoban Mayuk	Mehmet Ali Karagöz	Mehmet Ali Karagöz
17:00 - 17:15	AN ANALYSIS OF SEA TRANSPORTATION OF SHIPS THAT MAKE CALLS TO TURKISH PORTS BETWEEN 2011-2018	Fırat Bolat	Fırat Bolat	Fırat Bolat
17:15 - 17:30	SPACES OF MIGRATION IN YEŞİLÇAM CINEMA: HOUSING PRESENTATIONS THROUGH ISTANBUL'S SLUMS	Gözde Kan Ülkü	Gözde Kan Ülkü	Gözde Kan Ülkü
17:30 - 17:45	MONUMENTS IN THE CONTEXT OF ENVIRONMENTAL ART IN TURKEY	Elâ Güngören	Elâ Güngören	Elâ Güngören

28 August 2019 - Wednesday

Session 17

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : Tolga Yücehan

Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
09:00 - 09:15	A WEB INTERFACE DEVELOPMENT FOR TEMPERATURE MEASUREMENT AND CONTROL	Hüseyin Güneş, Sabri Bicakci, Hakan Çıtak, Mustafa Çoramık, Yavuz Ege	Hüseyin Güneş	Hüseyin Güneş
09:15 - 09:30	WEB-CONTROLLED ANALOG DIGITAL I/O: A NODE MCU APPLICATION	Hüseyin Güneş, Sabri Bicakci, Hakan Çıtak, Mustafa Çoramık, Yavuz Ege	Hüseyin Güneş	Hüseyin Güneş
09:30 - 09:45	COMPARISON OF TDY2007 AND TBDY2018 ON CONCRETE ACCOUNT RESULTS OF AN EXISTING BUILDING	S.Bahadır Yüksel, Ayşegül Özsoy	Ayşegül Özsoy	Ayşegül Özsoy
09:45 - 10:00	MEAN TIME TO REPAIR DETERMINATIONS FOR SUBSYSTEMS OF A MILITARY VEHICLE ACCORDING TO AVAILABILITY DESTINATION	Bayram Kalender, Ömer Keleş	Bayram Kalender	Bayram Kalender
10:00 - 10:15	CREATION 3B MODELS OF CATTLE FOOT SKELETON AND VEIN FOR VETERINARY MEDICINE EDUCATION	Sadullah Bahar, Mustafa Koplay, Emrullah Eken, Nimet Turgut, Sedat Aydoğdu, Şakir Taşdemir	Hüseyin Ağaçayak	Hüseyin Ağaçayak

Coffee Break



Session 18

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : Tolga Yücehan

Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	THE IMPACT OF RECYCLED AGGREGATES ON THE MORTAR FEATURES	Mustafa Gümüşsoy, Osman Gençel, Recep Delibaş	Mustafa Gümüşsoy	Mustafa Gümüşsoy
10:45 - 11:00	REUSE OF IN-SITU SOIL ANCHORS AS POST-TENSIONED TENDONS IN A NEARBY CONSTRUCTION SITE	Selahattin Ersoy	Selahattin Ersoy	Selahattin Ersoy
11:00 - 11:15	EVALUATION OF TURKISH NATIONAL PAVILIONS AT 21'ST CENTURY WORLD FAIRS IN TERMS OF TECHNOLOGY AND INNOVATION USAGE	Eriñç Onbay, Tülin Görgülü	Eriñç Onbay	Eriñç Onbay
11:15 - 11:30	IMITATION AND ADULTERATION RISKS IN DIFFERENT FOOD CHAINS	Sinem Seydan, Buket Aydeniz Güneşer	Buket Aydeniz Güneşer	Buket Aydeniz Güneşer
11:30 - 11:45	THE USE OF TIME AS A MEASURE OF VISITOR BEHAVIOR: THE CASE OF SAKIP SABANCI MUSEUM	Hakkı Can Özkan, Özlem Özdeniz Özkan	Hakkı Can Özkan	Hakkı Can Özkan
11:45 - 12:00	SENTIMENT CLASSIFICATION USING LSTM	Yunus Santur	Yunus Santur	Yunus Santur
12:00 - 12:15	NATURAL LANGUAGE PROCESSING BASED LIGHTWEIGHT CAPTCHA SYSTEM FOR WEB APPLICATIONS	Yunus Santur	Yunus Santur	Yunus Santur
12:15 - 12:30	POPULAR SOURCES OF VALUABLE NUTRIENTS: NEW GENERATION CEREAL GRAINS	Fatma Şener, Ayşe Merve Aydoğan, Buket Aydeniz-Güneşer	Buket Aydeniz Güneşer	Buket Aydeniz Güneşer

Lunch

Session 19

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : PhD. Canan Başlak

Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	ANALYSIS OF DAMAGED PIPES TRANSPORTED DIFFERENT HOT GEOTHERMAL WATERS BY FINITE ELEMENT METHODS	Faruk Şen	Faruk Şen	Faruk Şen
13:15 - 13:30	ANALYSIS OF DAMAGED PIPES TRANSPORTED GEOTHERMAL WATERS USING DIFFERENT KINDS OF COMPOSITE PATCHES VIA FEM	Faruk Şen	Faruk Şen	Faruk Şen
13:30 - 13:45	INVESTIGATION OF WEAR MORPHOLOGY OF BEECH TREE REINFORCED POLYPROPYLENE COMPOSITE	Yalçın Boztoprak, Mehmet Ali Oral, Eda Yeniay	Eda Yeniay	Eda Yeniay
13:45 - 14:00	INVESTIGATION OF THE FLAMMABILITY PROPERTY OF BEECH TREE REINFORCED POLYPROPYLENE COMPOSITE	Yalçın Boztoprak, Mehmet Ali Oral, Eda Yeniay	Eda Yeniay	Eda Yeniay
14:00 - 14:15	DEVELOPING A SOFTWARE THAT CONVERTS THE HISTORY OF EARTHQUAKE DATA TO SOUND FOR	İhsan Özer	İhsan Özer	İhsan Özer



LISTENING THE FAULT LINES BETTER

Coffee Break

Session 20

Hall Name: Meeting Hall 2

Meeting Hall Chairman : PhD. Mihriban Kalkancı

Meeting Hall Vice-Chairman: Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	QUALITATIVE CLASSIFICATION OF WOVEN FABRICS PRODUCED FROM RECYCLED THREADS OF COTTON AND BLENDS	Mihriban Kalkancı	Mihriban Kalkancı	Mihriban Kalkancı
13:15 - 13:30	INVESTIGATION OF SURFACE DEFECTS AND APPAREL MANUFACTURING EFFICIENCY OF FABRICS WOVEN FROM THREADS OF RECYCLED COTTON AND BLENDS	Mihriban Kalkancı	Mihriban Kalkancı	Mihriban Kalkancı
13:30 - 13:45	RECYCLING PROCESSES OF TEXTILE PRODUCTS MADE OF NATURAL AND SYNTHETIC FIBERS	Mihriban Kalkancı	Mihriban Kalkancı	Mihriban Kalkancı
13:45 - 14:00	TUNGSTEN OXIDE AS AN ELECTRON TRANSPORT INTERFACIAL MATERIAL FOR EFFICIENCY ENHANCEMENT IN INVERTED POLYMER SOLAR CELLS	Yasemin Torlak	Yasemin Torlak	Yasemin Torlak
14:00 - 14:15	AN EXAMINATION OF FLEXIBLE FLOW SHOP SCHEDULING PROBLEMS IN THE CLOTHING SECTOR	Meral İşler, Orhan Engin	Meral İşler	Meral İşler

Coffee Break

Session 21

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : PhD. Halil İLKİMEN

Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF BEECH TREE REINFORCED POLYPROPYLENE COMPOSITE	Yalçın Boztoprak, Mehmet Ali Oral, Eda Yeniay	Eda Yeniay	Eda Yeniay
14:45 - 15:00	A REVIEW ON METAL COMPLEXES OF SULFAMOYL BENZOIC ACID DERIVATIVES	Halil İlkimen, Nagehan Türken, Cengiz Yenikaya	Halil İlkimen	Halil İlkimen
15:00 - 15:15	SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF THE PROTON TRANSFER SALTS OF SALICYLIC ACID WITH 2-AMINOPYRIDINE DERIVATIVES	Halil İlkimen, Cengiz Yenikaya	Halil İlkimen	Halil İlkimen
15:15 - 15:30	METHODS OF ENRICHING CHROMITE ORE AND RECOVERY OF CHROMITE WITH LOW TENOR	Öykü Bilgin	Öykü Bilgin	Öykü Bilgin



15:30 - 15:45	USE OF MOSSES AS BIO-TRACERS OF AIR POLLUTANTS AND CULTIVATION OF MOSSES IN THE LABORATORY	Bihter Olgun, Feyza Bingöl, Cansu Mısırlıoğlu, Ayça Erdem, Çiğdem Moral, Güray Doğan	Selcen Doğan	Selcen Doğan
---------------	--	--	--------------	--------------

Coffee Break

Session 22

Hall Name: Meeting Hall 2

Meeting Hall Chairman : PhD. Mihriban Kalkancı

Meeting Hall Vice-Chairman: Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	APPLICATION OF FRICTION MIXING WELDING TO DIFFERENT ALUMINUM PARTS	Ozan Doktaş	Ozan Doktaş	Ozan Doktaş
14:45 - 15:00	DEVELOPMENT OF ROTARY FRICTION WELDING MACHINE	Kerem Abaoğlu, Hüseyin Erol Akata	Kerem Abaoğlu	Kerem Abaoğlu
15:00 - 15:15	DEDUCTION METHOD IN PROGRAMMING EDUCATION	İhsan Özer	İhsan Özer	İhsan Özer
15:15 - 15:30	THE EFFECT OF USING UNCLUSTERED INDEX ON QUERIES	İhsan Özer	İhsan Özer	İhsan Özer
15:30 - 15:45	COST OF USING UNNECESSARY TRIGGER IN DATABASE	İhsan Özer	İhsan Özer	İhsan Özer
15:45 - 16:00	FABRICATION, CHARACTERIZATION OF COBALT COATED TiO ₂ AND INVESTIGATION OF HYDROGEN EVOLUTION	Hasan Uzal, Ali Döner, Hüseyin Bayrakçeken	Ali Döner	Ali Döner
16:00 - 16:15	EFFECTS OF T TYPE CALSIUM CHANNEL CONDUCTANCE ON ACTION POTENTIAL	Murat Ayaz, Aybars Yiğit	Aybars Yiğit	Aybars Yiğit

Coffee Break

Session 23

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : PhD. Canan Başlak

Meeting Hall Vice-Chairman: Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	ON NUMERICAL APPROACHES FOR THE FRACTIONAL LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS	Sinem Gülşen, Mustafa Gülsu	Sinem Gülşen	Sinem Gülşen
16:15 - 16:30	ON APPROXIMATE SOLUTIONS OF FRACTIONAL ORDER DIFFERENTIAL EQUATIONS	Bahar Terzioğlu, Mustafa Gülsu	Bahar Terzioğlu	Bahar Terzioğlu
16:30 - 16:45	SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLE/CARBON DOTS NANOCOMPOSITE FOR MULTIDIRECTIONAL APPLICATIONS	Canan Başlak	Canan Başlak	Canan Başlak
16:45 - 17:00	HIGHLY PHOTOLUMINESCENT CARBON QUANTUM DOTS FROM PENCIL SHARPENER WASTE FOR SENSING APPLICATIONS	Canan Baslak, Saliha Dinç, Meryem Kara	Canan Başlak	Canan Başlak



17:00 - 17:15	THE INVESTIGATION OF SPECTROSCOPIC PROPERTIES OF PILLAR[5]ARENE INCLUDING DECA-BODIPY UNITS	Canan Baslak, Ahmed Nuri Kursunlu	Canan Başlak	Canan Başlak
17:15 - 17:30	Elit Bayan Voleybolunda Servis Karşılama Hatası ve Servisten Alınan Sayı Takımın Sıralamadaki Yerine Etki Eder Mi?	Yasin Arslan, Uğur Çayır	Yasin Arslan	Yasin Arslan

29 August 2019 - Thursday

Session 24

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : Tolga Yücehan
Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
09:00 - 09:15	RESTORATION ALTERNATIVES AND LONG-TERM FOLLOW-UP OUTCOMES FOR TOTAL EDENTULOUS CASES IN ORAL IMPLANTOLOGY: CASE REPORTS	Özge Özdal Zincir, Umut Özdal, Ahmet Bülent Katiboğlu	Özge Özdal Zincir	Özge Özdal Zincir
09:15 - 09:30	HASHIMOTO TIROIDİ'NİN DENTAL IMPLANT TEDAVİSİNE ETKİSİNİN UZUN DÖNEM DEĞERLENDİRİLMESİ (KLİNİK OLGU SUNUMU)	Tuba Sert, Fatma Yeşim Kırzioğlu	Tuba Sert	Tuba Sert
09:30 - 09:45	CAN RETROGRADE INTRARENAL SURGERY BE USED EFFECTIVELY AND SAFELY IN CALYCEAL DIVERTICULUM STONES?	Aydın İsmet Hazar	Aydın İsmet Hazar	Aydın İsmet Hazar
09:45 - 10:00	EFFECTS OF CHILLING AND HORMONE APPLICATIONS ON THE SEED DORMANCY AND GERMINATION	Serap Kırmızı	Serap Kırmızı	Serap Kırmızı
10:00 - 10:15	DETECTION OF ENDANGERED BIRD SPECIES IN WETLANDS BY GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS, STUDY CASE: BURDUR LAKE	Talha Aksoy, Serhat Sarı, Balca Ağaçasapan, Önder Demir, Alper Çabuk	Talha Aksoy	Talha Aksoy

Coffee Break

Session 25

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : Tolga Yücehan
Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	DIAGNOSIS OF PARKINSON'S DISEASE USING K-NN CLASSIFIER WITH VARIOUS DISTANCE MEASUREMENTS	Abdullah Elen, Emre Avuçlu	Abdullah Elen	Abdullah Elen
10:45 - 11:00	TECHNIQUES FOR ADVERSARIAL EXAMPLES THREATENING THE SAFETY OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED SYSTEMS	Utku Kose	Utku Kose	Utku Kose
11:00 - 11:15	USING OF DEEP NEURAL NETWORKS IN CASTING FOR TURKISH MADE SERIES ADAPTED FROM FOREIGN SERIES	Atınç Yılmaz, Ümit Yılmaz, Erol Özçekiç	Ümit Yılmaz	Ümit Yılmaz
11:15 - 11:30	YOUTUBE: A HIGH INFLUENTIAL PLATFORM FOR BILLION USER	Atınç Yılmaz, Ümit Yılmaz, Erol Özçekiç	Ümit Yılmaz	Ümit Yılmaz



11:30 - 11:45	AN APPLICATION FOR CONTROLLING TELEVISION WITH VOICE COMMANDS	Emre Avuçlu, Ayhan Özçifçi, Abdullah Elen	Emre Avuçlu	Emre Avuçlu
11:45 - 12:00	THE EFFECTS OF A CLAY FLOOR INCREASED WITH FLY ASH ON ROAD PAVEMENT	Tacettin Geçkil, Mehmet Mahmut Tanyıldızı, Ekrem Serdar Yıldırım	Mehmet Mahmut Tanyıldızı	Mehmet Mahmut Tanyıldızı

Lunch

Session 26

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : Tolga Yücehan
Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	THE EFFECTS OF SOIL TILLAGE ON ARTHROPODS (ARTHROPODA)	Ahmet Duyar	Ahmet Duyar	Ahmet Duyar
13:15 - 13:30	INVESTIGATION OF BIOLOGICAL QUALITY OF POLLUTED SOIL: CASE OF KARABUK	Ahmet Duyar	Ahmet Duyar	Ahmet Duyar
13:30 - 13:45	EFFECT OF ULTRASONIC CUTTING ON POLYPHENOL OXIDASE ACTIVITY OF BANANA	Gulcin Yildiz, Gokcen Izli	Gülçin Yıldız	Gülçin Yıldız
13:45 - 14:00	Effect of Ultrasonic Cutting on Polyphenol Oxidase Activity of Potato	Gulcin Yildiz, Gokcen Izli	Gulcin Yildiz	Gulcin Yildiz
14:00 - 14:15	OCCUPATIONAL RISKS AND DISEASES IN PATHOLOGISTS	Yasemen Adalı, Gülname Fındık Güvendi	Yasemen Adalı	Yasemen Adalı

Coffee Break

Session 27

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : Tolga Yücehan
Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	EVALUATION OF AGGRESSIVENESS LEVELS OF VEHICLE DRIVERS	Mustafa Durmuş, Abdullah Gerçek, Necmettin Çiftci, Fuat Korkmazer, Aytuğ Altın, Fuad Salamov	Mustafa Durmuş	Mustafa Durmuş
14:45 - 15:00	EVALUATION OF COMMUNICATION SKILLS OF VEHICLE DRIVERS	Mustafa Durmuş, Fuad Salamov , Aytuğ Altın, Fuat Korkmazer Necmettin Çiftci, Abdullah Gerçek	Mustafa Durmuş	Mustafa Durmuş
15:00 - 15:15	HPV: HISTOPATHOLOGY AND CARCINOGENESIS	Hatice Beşeren	Yasemen Adalı	Yasemen Adalı
15:15 - 15:30	ANALYSIS OF 100 CASES: TRANSRECTAL ULTRASOUND-GUIDED PROSTATE NEEDLE BIOPSY	Hatice Beşeren	Yasemen Adalı	Yasemen Adalı
15:30 - 15:45	EVALUATION OF INFLAMMATORY CELL RATIOS IN MOLE PREGNANCIES	Hüseyin Avni Eroğlu, Rulin Deniz, Yasemen Adalı	Yasemen Adalı	Yasemen Adalı

Coffee Break



Session 28

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : Tolga Yücehan

Meeting Hall Vice-Chairman: Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	AN OPERATIONAL MATRIX METHOD TO SOLVE NON-LINEAR VOLTERRA INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATIONS	Yalçın Öztürk, Mustafa Gülsu	Yalçın Öztürk	Yalçın Öztürk
16:15 - 16:30	CHEBYSHEV SERIES SOLUTION OF LINEAR SYSTEM OF FREDHOLM INTEGRO-DIFFERENTIAL DIFFERENCE EQUATIONS	Yalçın Öztürk, Mustafa Gülsu	Yalçın Öztürk	Yalçın Öztürk
16:30 - 16:45	THE CHEBSHEV COLLOCATION METHOD FOR THE APPROXIMATE SOLUTION OF SYSTEM OF PANTOGRAPH EQUATIONS	Yalçın Öztürk, Mustafa Gülsu	Yalçın Öztürk	Yalçın Öztürk
16:45 - 17:00	DELTOHELICOIDAL SURFACES	Erhan Güler	Erhan Güler	Erhan Güler
17:00 - 17:15	CARDIOHELICOIDAL SURFACES	Erhan Güler	Erhan Güler	Erhan Güler
17:15 - 17:30	EFFECT OF PUNCH RADIUS AND DIE ANGLE ON SPRINGBACK IN DP600 AND HSLA SHEET MATERIALS	Kadir Aydın, İbrahim Karaağaç, Mehmet Okan Kabakçı	Kadir Aydın	Kadir Aydın
17:30 - 17:45	SPRINGBACK BEHAVIOR IN DP800 SHEET METAL MATERIAL	Kadir Aydın, İbrahim Karaağaç, Mehmet Okan Kabakçı	Kadir Aydın	Kadir Aydın
17:45 - 18:00	AN EVALUATION OF OPTIMIZATION TECHNIQUES USED IN URBAN TRANSPORTATION PLANNING AND PRACTICE	Ahmet Coşkunsu, Ebru Vesile Öcalır Akunal	Ahmet Coşkunsu	Ahmet Coşkunsu

POSTER PRESENTATION

26 August 2019 - Monday

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 12:00	SAVUNMA SANAYIİNDE YERLİLEŞTİRME VE MİLLİLEŞTİRME: STRATEJİK BAKIŞ VE YOL HARİTASI HAZIRLAMA METODOLOJİSİ	Oğuzhan Özdemir, Mehmet Erdem Çorapçıoğlu, Ayşe Temiz	Oğuzhan Özdemir	Oğuzhan Özdemir
13:00 - 14:30	PUZOLANIC ACTIVITY OF CLAY IN TOZKOPARAN REGION	Sudiye Toker	Sudiye Toker	Sudiye Toker
15:00 - 16:30	EFFECTIVE DATA RATE LIMITS OF WIFI MODEMS USING IEEE 802.11N STANDARDS	Şafak Fikret Topcu, İsmail Kaya	Şafak Fikret Topcu	Şafak Fikret Topcu

27 August 2019 - Tuesday

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 12:00	KINETIC INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT MONOMERS ON WATER ABSORPTION OF ACRYLAMIDE BASED HYDROGELS	Aslıhan Küçük, Osman İsmail	Aslıhan Küçük	Aslıhan Küçük



AÇILIŞ KONUŞMASI / OPENING SPEECH

Dear Participations,

I cordially greet you on behalf of the Scientific Committee and I thank you for your contribution that you give to the affirmation of science and the resolution of significant problems both in the field of science and education. I would also like to thank you, our esteemed academicians, who have come to share their scientific knowledge with us today. I would like to thank our professional staff and our valuable students who will benefit from this knowledge for your participation and support in advance.

When we look at the history of the world, the development of human beings in science and technology starts mostly after the 18th century. Today we see that this is actually a serious loss for human beings. Developments in the field of science today form the basis of many technological inventions and innovations. Therefore, studies in the field of science are very important in our country and in the world.

To ensure the continued survival of scientific-research institutes, in addition to the personnel structure and equipment, it is necessary to perform their accreditation and to ensure their financing, and then to involve them in research at national and international level. In the light of all these evaluations, the importance of such organizations is increasing.

I hope that our congress, which will be held with the participation of many scientists from universities in Turkey and abroad, will contribute to science and literature. I believe that the studies presented here will serve as the basis for many scientific activities and common fields of study and will inspire our colleagues and students who are interested in science. I would like to thank all of our participants for their contributions and hope that our congress will be a success.

Best Regards.

PhD. Canan Başlak

Selçuk University

Co-Chairman



DAVETLİ KONUŞMACILAR / INVITED SPEAKERS

STUDY OF GROUNDWATER FILTRATION SYSTEM BY MIX METHOD

Anwar Ansari¹, Sandeep kumar²,

¹ Piet college, Civil engineering department, Kurushetra university, Panipat, India

anwaransari1210@gmail.com

² Piet college, Civil engineering department, Kurushetra university, Panipat, India

balwan.verma74@gmail.com

Abstract

“The present paper discusses the analysis of groundwater recharge into the porous medium for the need to sustain the ground water table. On the other hand, the runoff through the different porous medium traps various kinds of sediments and extra floating objects whose removal are necessary to avoid pollution of groundwater and blocking pores of aquifer. For evaluate the performance of filter system involving of gravel (G), coarse sand (CS), marble chips and Boulders (B) layers, a laboratory experiment was performed in a rectangular column (200mm×160mm×1200mm). The effects due to inconstant thickness of Cs, G, marble chips and B were observed and sediment concentration of synthetic as river water was estimated. Coarse sand (CS) of three particle size i.e.150, 300 and 600 microns as the upper layer of recharge filter for influent sediment concentration of 250mg/l-3000mg/l. The performance of the filtration system was estimated in terms of spatial movements of sediments, removal efficiency, recharge rates and clogging time. The results indicated that more than 60% suspended solids, were trapped in the top 10 cm layer of CS, the removable efficiency enhanced with increasing height of CS layer. The recharge rate of influent concentration declined sharply for influent concentration more than 1000mg/l. For the interpretation of the results various physical and chemical properties of the effluent water is evaluated.”

Keywords: *filtration system, sand-mix, groundwater recharge.*

STUDY OF VIRTUAL WATER CONSUMPTION WITH OPTIMIZATION APPROACH ON WATER USED

Babak Mohammadi

College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 2110098, China

babakmohammadi@aol.com

Abstract

Agricultural water footprint 92 percent of the world's fresh water is found that the 29 percent of the water needed to grow animal feed. Gilan state in cropping pattern of consumption goods such as rice, corn and animal feed forage can be seen that it formed part of this. So much so that one of the main sources of water users dependent on its agricultural and livestock sector in the province. Therefore, proper management of its consumption in this sector could save water and reduce the overall consumption of virtual water content of livestock products in the province of help. As a water-intensive industry, livestock industry in this province, including 2108 dairy herds is active. Which has a total capacity of 337,261 head of cattle among 20 865 185 cattle fattening cattle there. The share of total livestock of cattle and calves in Gilan province, 57 523 head of cattle and calves. The virtual water content calculated for a cow at slaughter and virtual water content for each kilo of meat with and without bones and 11055 and 19485 and 22800 cubic meters respectively. It is clear that animal production needs lots of water. Low daily weight gains and feed conversion ratio high (especially in indigenous breeds) the annual amount of food is wasted. Therefore, it is recommended that attempt to synthesize or through breeding meat breeds in the country or imported broiler breeds adapted to the environmental conditions necessary action be taken. Low daily weight gains speed and feed conversion ratio high (especially in indigenous breeds) annually due to the high volume of food is waste. Therefore, it is recommended that or through breeding attempt to synthesize breeds in the country and or that proportion to the imports broiler breeds according to the environmental conditions necessary action be done.

Keywords: *Factory farms, Virtual water, Water resources management, Water use in agriculture*



DNA/ECT CHARGE TRANSFER AND CHEMICAL ACTIVITY OF 4-NITROANILINE COMPOUND WITH DFT

Brahim Ayed^{1*}, Cem Cüneyt Ersanlı², Necmi Dege³

¹University of Monastir University, Faculty of Science of Monastir, Monastir, Tunisia

brahimayed123@hotmail.com

² Sinop University, Department of Physics, Sinop, Turkey

ccersanli@sinop.edu.tr

³ Ondokuz Mayıs University, Department of Physics, Samsun, Turkey

necmid@omu.edu.tr

** Corresponding author*

Abstract

Density Functional Theory (DFT) is a useful method for investigating local and global descriptors of chemical activity that cannot be studied experimentally. The global chemical descriptors which are determine the hardness and softness parameters. Chemical activity parameters investigate the chemical reactivity, kinetic stability, soft and hard stability of the molecule under investigation. The local chemical activity parameters are determined by Fukui function and net charges (Mulliken population analysis and natural population analysis). We also calculated the electrophilic charge transfer (ECT) to reveal the charge transfer direction. The ECT method is important to investigate molecules and DNA bases (adenine, cytosine, guanine and thymine) that are electron donor or acceptor (nucleophilic or electrophilic behavior) for the 4-nitroaniline molecule. The Gaussian 09W and GaussView 5.0 interface programs were used in all theoretical calculation.

Keywords: *DFT, Nitroaniline, DNA/ECT, Chemical Activity*

OPTIMIZATION OF MANO-THERMO-SONICATION PROCESS FOR SOY PROTEIN FUNCTIONALITY USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

Gulcin Yildiz^{1*}, Hao Feng²

¹Igdir University, Faculty of Tourism, Department of Gastronomy and Culinary Arts

gulcn86@gmail.com

² University of Illinois at Urbana-Champaign, Department of Food Science and Human Nutrition

haofeng@gmail.com

** Corresponding Author*

Abstract

Soy protein is an ample byproduct of the soybean oil industry. Whole soybeans can be processed into a number of products such as roasted soy nuts, soy flours, soybean oil, defatted flakes, soy-protein concentrates, and soy-protein isolates. The main storage protein in soybean are globulins, which are mostly insoluble in water. Ultrasonication in combination with low hydrostatic pressure and low heat, a process termed mano-thermo-sonication (MTS), has been reported to enhance acoustic cavitation activity. This study was undertaken to utilize MTS to enhance the functional properties of soy-protein isolate. The SPI samples were treated by 13 combinations of temperature (40, 45, and 50 °C), sonication time (30, 45, and 60 s.) and pressure (100, 200, and 400 kPa) determined by the Response Surface Methodology. The optimal treatment condition (highest solubility and smallest particle size) was found to be sonication at 50 °C, 200 kPa, for 60 s.

Keywords: *Mano-thermo-sonication, soy protein isolate, solubility, particle size, response surface methodology.*



CHAOTIC NATURE OF RIVER FLOW TIME SERIES: UPSTREAM TO DOWNSTREAM

Leila Malekani¹, Shahryar Ghorbani², Umut Saray³, Mandeep Kaur Saggi⁴

¹Faculty of Civil Engineering, Department of Water Resources Engineering, Tabriz University, Tabriz, Iran

lmalekani@yahoo.com

²Graduate School of Social Science, Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey

mg.shahryar@gmail.com

³Department of computer science, Gaziosmanpasa University, Tokat, Turkey

umutsaray@gmail.com

⁴Department of Computer Science, Thapar Institute of Engineering and Technology, India

mandeepsaggi90@gmail.com

Abstract

Study the dynamics of runoff in the watershed and how influence of the morphological characteristics is very important in solving water engineering problems. In this paper, the dynamic behavior of the runoff of the four basins located in the Iran, on basin in Turkey and two basins located in United States using chaos theory is studied. There is several stream gauge station in all selected basin. For all basin time series of runoff extraction and then chaotic parameters are calculated.

The delay time is determined using the mutual information method, the embedding dimension and correlation dimension is estimated using the false nearest neighbor algorithm and D2 algorithm, respectively.

Analysis of the results showed that the correlation dimension has increased from upstream to downstream which constitutes the increasing complexity and number of required variables for modeling. Delay times and embedding dimension do not have relationship with position of the station and values are fairly similar to each other. It is clear that we need more studies to reach a general conclusion on this point.

Keywords: *runoff, dynamic, Delay times, embedding dimension, correlation dimension*

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

DÜZENLEME KURULU / ORGANIZING COMMITTEES	ii
BİLİM KURULU / SCIENTIFIC COMMITTEES	iii
KONGRE PROGRAMI / CONGRESS SCHEDULE.....	vii
AÇILIŞ KONUŞMASI / OPENING SPEECH.....	xxii
DAVETLİ KONUŞMACILAR / INVITED SPEAKERS.....	xxiii
STUDY OF GROUNDWATER FILTRATION SYSTEM BY MIX METHOD.....	XXIII
STUDY OF VIRTUAL WATER CONSUMPTION WITH OPTIMIZATION APPROACH ON WATER USED	XXIII
DNA/ECT CHARGE TRANSFER AND CHEMICAL ACTIVITY OF 4-NITROANILINE COMPOUND WITH DFT	XXIV
OPTIMIZATION OF MANO-THERMO-SONICATION PROCESS FOR SOY PROTEIN FUNCTIONALITY USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY	XXIV
CHAOTIC NATURE OF RIVER FLOW TIME SERIES: UPSTREAM TO DOWNSTREAM	XXV
İÇİNDEKİLER / CONTENTS.....	xxvi
SÖZLÜ SUNUMLAR / ORAL PRESENTATION	1
DIAGNOSIS OF PARKINSON'S DISEASE USING K-NN CLASSIFIER WITH VARIOUS DISTANCE MEASUREMENTS.....	2
1. Introduction	2
2. Materials and Methods	2
3. Experimental Results.....	6
4. Conclusions	7
5. References	7
KENTSEL ULAŞIM PLANLAMA VE UYGULAMALARINDA KULLANILAN OPTİMİZASYON TEKNİKLERİ İLE İLGİLİ BİR DEĞERLENDİRME	9
1. Giriş.....	9
2. Ulaşım Planlamasında Kullanılan Optimizasyon Yaklaşım ve Teknikleri.....	9
3. Sonuç ve Değerlendirme	13
4. Kaynakça.....	13
KİRLENMİŞ TOPRAĞIN BİYOLOJİK KALİTESİNİN İNCELENMESİ (KARABÜK ÖRNEĞİ)	14
1. Giriş.....	14
2. Materyal ve Yöntem.....	14
3. Bulgular ve Tartışma.....	16
4. Sonuçlar.....	19
5. Kaynakça.....	19
TOPRAK İŞLEMENİN EKLEMBACAKLILAR (ARTHROPODA) ÜZERİNE ETKİSİ	21
1. Giriş.....	21
2. Materyal ve Yöntem	21
3. Bulgular ve Tartışma	23



4. Sonuçlar.....	25
5. Kaynakça.....	25
ORMAN İŞLETMELERİNDE ODUN HAMMADDESİ SATIŞLARININ SATIŞ ZAMANI AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI	27
1. Giriş.....	27
2. Materyal ve Yöntem	27
3. Bulgular ve Tartışma	28
4. Tartışma.....	33
5. Sonuç.....	34
6. Kaynaklar	36
GEDİZ HAVZASI'NDA DEVLET FISTIK ÇAMI (<i>PİNUS PİNEA</i> L.) ORMANLARININ YÖRESEL HALK TARAFINDAN YARARLANMA ÖZELLİKLERİ.....	37
1. Giriş.....	37
2. Materyal ve Yöntem	38
3. Araştırma Bulguları ve Tartışma	41
4. Sonuç ve Öneriler.....	48
5. Kaynaklar	49
YEREL YÖNETİMLERİN BÜYÜKŞEHİR OLMASININ KIRSAL YERLEŞİMLER ÜZERİNE GETİRDİĞİ ETKİLER (GÖRDES GÜNEŞLİ MAHALLESİ ÖRNEĞİ)	51
1. Giriş.....	51
2. Materyal Ve Yöntem	52
3. Bulgular Ve Tartışma	53
4. Sonuçlar.....	56
5. Kaynaklar	57
MOTION CONTROL OF MICROROBOT IN LAMINAR FLOW	58
1. Introduction	58
2. Basic Mathematical Model.....	59
3. Simulation of Different Configurations.....	60
4. Experimental Studies.....	60
5. Conclusion.....	61
6. References	62
INCREASING LATERAL FORCE OF MICROROBOT USING PASSIVE DIAMAGNETIC LEVITATION	63
1. Introduction	63
2. Mathematical Model.....	64
3. Simulation of Different Configurations.....	65
4. Experimental Studies.....	66
5. Conclusion.....	67
6. References	68

KOBALT KAPLI TiO₂ ELEKTROTUN HAZIRLANMASI, KARAKTERİZASYONU VE HİDROJEN GAZI ÇIKIŞININ ARAŞTIRILMASI	70
1. Giriş.....	70
2. Materyal ve Metot	71
3. Bulgu ve Tartışma	71
4. Sonuçlar.....	76
5. Kaynaklar	76
STANDART BETONARME YAPILARDA MERDİVEN-YAPI ETKİLEŞİMİ ÜZERİNE BİR PARAMETRİK ÇALIŞMA	77
1. Giriş.....	77
2. Modellerin Özellikleri ve Analiz Detayları	78
3. Modal Analiz.....	78
4. Zaman-Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları.....	79
5. Sonuçlar.....	84
6. Kaynakça.....	84
DETERMINATION OF POTASSIUM-40 ACTIVITY CONCENTRATION IN RICE	85
1. Intoduction	85
2. Material and Methot	86
3. Calculations	87
4. Conclusions	88
5. References	88
RADIOGENIC HEAT PRODUCTIONS OF ZEOLITE MINERALS FROM QUARRIES FROM GORDES (MANISA), TURKEY	90
1. Introduction	90
2. Materials and Methods	90
3. Radiogenic Calculations.....	93
4. Conclusion and Discussion.....	93
5. References	94
HAVACILIK SEKTÖRÜNDE SSPC TEKNOLOJİSİNİN OPTİMİZASYONUNUN PATENT VERİ TABANI ANALİZİ	95
1. Giriş.....	95
2. Solid State Power Controller	95
3. Sonuçlar.....	104
4. Kaynakça.....	104
STUDY OF VIRTUAL WATER CONSUMPTION WITH OPTIMIZATION APPROACH ON WATER USED	106
1. Introduction	106
2. Materials and Methods	108
3 Results and discussion.....	112
4. Conclusion.....	115

5. References	116
HAVACILIK SEKTÖRÜNDE MEMS VE NEMS NANOTEKNOLOJİK ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PATENT VERİ TABANI ANALİZİ	119
1. Giriş.....	119
2. MEMS ve NEMS Nanoteknolojik Üretim Teknolojileri.....	119
3. Sonuçlar.....	124
4. Değerlendirme.....	126
5. Kaynakça.....	126
EFFECT OF BORIC ACID CONCENTRATION ON THE WATER RESISTANCE AND MECHANICAL PROPERTIES OF COLLAGEN HYDROLYSATE FILMS	128
1. Introduction	128
2. Materials and Methods	129
3. Results	130
4. Conclusion.....	131
5. References	131
DEĞERLİ NUTRİENTLERİN POPÜLER KAYNAKLARI: YENİ NESİL TAHILLAR	133
1. Giriş.....	133
2. Kompozisyonel ve Fonksiyonel Açıdan Yeni Nesil Tahıllar	133
3. Kaynaklar	137
FARKLI GIDA ZİNCİRLERİNDE TAKLİT VE TAĞŞIŞ RİSKLERİ.....	139
1. Güvenli Gıda ve Güvenilir Gıda.....	139
2. Gıdalarda Taklit ve Tağşış.....	139
3. Kaynakça.....	143
BANKA TAHSİS İŞLEMLERİNDE KULLANILAN LİMİT VE TEMİNAT BİLGİLERİNİN BLOK ZİNCİRİ ALTYAPISI İLE PAYLAŞILMASI	145
1. Giriş.....	145
2. Blok Zinciri Mimarisi ve Özellikleri	147
3. Uygulama	149
4. Sonuçlar.....	151
5. Referanslar	152
PATENT VERİ TABANI ANALİZİ: HAVACILIK SEKTÖRÜNDE BUZ ÖNLEYİCİ VE BUZ ÇÖZÜCÜ SİSTEMLER.....	153
1. Giriş.....	153
2. Araştırma	154
3. Sonuç.....	162
4. Kaynakça.....	162
NITRITE AND PHOSPHATE CONCENTRATIONS IN DRINKING WATER OF ENEZ DISTRICT (SOUTHERN PART OF EDİRNE PROVINCE, TURKEY)	163
1. Introduction	163
2. Materials and Methods	163

3. Results and Discussion.....	164
4. Conclusion.....	166
5. References.....	166
NITRITE AND PHOSPHATE CONCENTRATIONS IN DRINKING WATER OF SÜLOĞLU DISTRICT (NORTHERN PART OF EDİRNE PROVINCE, TURKEY).....	167
1. Introduction.....	167
2. Materials and Methods.....	167
3. Results and Discussion.....	168
4. Conclusion.....	170
5. References.....	170
SIMULATION APPROACH FOR DUE DATE ASSIGNMENT RULES IN FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS.....	171
1. Introduction.....	171
2. Material.....	172
3. Method.....	174
4. Results and Discussion.....	174
5. References.....	176
A NUMERICAL APPROACH FOR SOLVING THE RICCATI DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH FRACTIONAL ORDERS.....	177
1. Introduction.....	177
2. Preliminaries.....	177
3. Operational Matrix of Fractional Derivative.....	179
4. Examples.....	179
5. Conclusion.....	181
6. References.....	181
INVESTIGATION OF WEAR MORPHOLOGY OF BEECH WOOD REINFORCED POLYPROPYLENE COMPOSITE.....	183
1. Introduction.....	183
2. Experimental Study.....	184
3. Results and Discussion.....	186
4. Conclusion.....	186
5. References.....	186
INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF BEECH WOOD REINFORCED POLYPROPYLENE COMPOSITE.....	188
1. Introduction.....	188
2. Experimental Study.....	189
3. Results and Discussion.....	190
4. Conclusion.....	192
5. References.....	192

INVESTIGATION OF THE FLAMMABILITY PROPERTIES OF BEECH TREE REINFORCED POLYPROPYLENE COMPOSITE.....	193
1. Introduction	193
2. Experimental Study	194
3. Results and Discussion	195
4. Conclusion.....	196
5. References	196
AN APPLICATION FOR CONTROLLING TELEVISION WITH VOICE COMMANDS.....	197
1. Introduction	197
2. Materials and Methods	197
3. Conclusions	202
4. References	202
HAVACILIK SEKTÖRÜNDE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ İÇİN PATENT VERİ TABANI ANALİZİ – MAKİNE ÖĞRENMESİ VE GÖRÜNTÜ İŞLEMESİ	204
1. Giriş.....	204
2. Araştırma.....	205
3. Sonuç.....	210
4. Kaynakça.....	210
DELTOHELICOIDAL SURFACES.....	212
1. Introduction	212
2. Preliminaries.....	212
3. Helicoidal Surface	213
4. Deltohelicoidal Surface	213
5. References	215
CARDIOHELICOIDAL SURFACES	216
1. Introduction	216
2. Helicoidal Surface	217
3. Cardiohelicoidal Surface	217
4. References	219
21. YÜZYIL DÜNYA FUARLARINDA TÜRKİYE ULUSAL PAVYONLARININ TEKNOLOJİ VE İNOVASYON KULLANIMI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	220
1. Giriş.....	220
2. Türkiye'nin 21. Yüzyılda Katıldığı Dünya Fuarları	222
3. Sonuçlar.....	227
4. Kaynakça.....	227
PERFECT METAMATERIAL ABSORBER AND SENSOR APPLICATION ON FLEXIBLE SUBSTRATE AT TERAHERTZ RANGE.....	229
1. Introduction	229
2. Design of the Proposed Metamaterial Structure	229
3. Calculation Method and Results	230

4. Sensor Application for Pressure and Permittivity Sensing	231
5. Conclusion	232
6. References	232
PATENT VERİ TABANI ANALİZİ: UÇAKLARDA FLAP KONTROL YÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ	234
1. Giriş	234
2. Flap Yapısı	234
3. Sonuçlar	244
4. Kaynakça	244
HAVACILIK VE SAVUNMA SANAYİNDE PATENT DEĞERLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ	246
1. Giriş	246
2. Patent Değerine Etki Eden Kriterler	246
3. Bir Havacılık ve Uzay Sanayi Firması Tarafından Kullanılan Patent Değerleme Metodu	247
4. Metotta Kullanılacak Patent Değerine Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi	248
5. Sonuç	251
6. Kaynakça	252
FARKLI SICAKLIKLARDAKİ JEOTERMAL SU TAŞINAN HASARLI BORULARIN KOMPOZİT YAMA İLE TAMİRİNİN SONLU ELEMANLAR METODU İLE ANALİZİ	254
1. Giriş	254
2. Malzeme ve Yöntem	255
3. Bulgular	257
4. Sonuçlar	260
5. Kaynakça	260
JEOTERMAL SU TAŞINAN HASARLI BORULARIN DEĞİŞİK TÜRDEKİ KOMPOZİT YAMALAR İLE TAMİRİNİN SONLU ELEMANLAR METODU İLE ANALİZİ	262
1. Giriş	262
2. Malzeme ve Yöntem	263
3. Bulgular	265
4. Sonuçlar	269
5. Kaynakça	269
TÜRK LİMANLARINA UĞRAK YAPAN GEMİLERİN 2011-2018 YILLARI ARASINDAKİ DENİZ TAŞIMACILIĞI ANALİZİ	271
1. Giriş	271
2. Yöntem	271
3. Sonuçlar	274
4. Kaynakça	274
ANTALYA İLİ BİBER SERALARINDA <i>CREONTIADES PALLIDUS</i> (HEMIPTERA: MIRIDAE)'UN YAYILIŞI, ZARARI VE POPULASYON DEĞİŞİMİ	276
1. Giriş	276

2. Materyal ve Metod	277
3. Bulgular Ve Tartışma	278
4. Sonuç ve Öneriler	281
5. Kaynakça	281
EFFECT OF ULTRASONIC CUTTING ON POLYPHENOL OXIDASE ACTIVITY OF BANANA	282
1. Introduction	282
2. Materials and Methods	282
3. Results and Discussion	284
4. Conclusion	285
5. References	285
EFFECT OF ULTRASONIC CUTTING ON POLYPHENOL OXIDASE ACTIVITY OF POTATO	287
1. Introduction	287
2. Materials and Methods	287
3. Results and Discussion	289
4. Conclusion	290
5. References	290
VANADİS 4E TOZ METALÜRJİK TAKIM ÇELİĞİNİN YÜZEY FREZELENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN KESME SICAKLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ VE OPTİMİZASYONU	292
1. Giriş	292
2. Deneysel Detaylar	293
3. Deneylein Yürütülmesi ve Optimizasyon	294
4. Deneysel Sonuçların Değerlendirilmesi	296
5. Sonuçlar	298
6. Kaynakça	298
HAVACILIK SEKTÖRÜNDE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ İÇİN PATENT VERİ TABANI ANALİZİ – EKLEMELİ İMALAT	300
1. Giriş	300
2. Eklemeli İmalat	300
3. Sonuç	309
4. Kaynakça	309
SÜLFAMOYİLBENZOİK ASİT TÜREVLERİNİN METAL KOMPLEKSLERİ HAKKINDA LİTERATÜR ÇALIŞMASI	311
1. Giriş	311
2. Sonuçlar	317
3. Kaynaklar	317
SALİSİLİK ASİT İLE 2-AMİNOPİRİDİN TÜREVLERİNİN PROTON TRANSFER TUZLARININ SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU	319
1. Giriş	319

2. Materyal ve Metot	319
3. Bulgular Ve Tartışma	320
4. Sonuçlar	323
5. Kaynaklar	324
6. Ekler	325
<i>APHIS FABAE İLE BESLENEN AVCI OENOPIA CONGLOBATA</i> 'NİN GELİŞİMİ	329
1. Giriş	329
2. Materyal ve Yöntem	330
4. Tartışma ve Sonuç	331
5. Kaynaklar	332
OPTİMİZASYON OF MANO-THERMO-SONICATION PROCESS FOR SOY PROTEİN FUNCTIONALİTY USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY	333
1. Introduction	333
2. Materials and Methods	333
3. Results and Discussion	334
4. Conclusion	335
5. References	335
ADANA VE ANTALYA İLLERİ PORTAKAL BAHÇELERİNDE <i>PLANOCOCCUS CITRI</i> (RISSE) 'NİN <i>ANAGYRUS PSEUDOCOCCI</i> (GIRAULT) TARAFINDAN PARAZİTLENME ORANLARI	336
1. Giriş	336
2. Materyal ve Yöntem	337
3. Bulgular	339
4. Tartışma ve Sonuç	340
5. Kaynakça	341
MERSİN BALIKLARININ YEMLERİNDE ALTERNATİF YEM KAYNAKLARI KULLANIMI VE SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ AÇISINDAN ÖNEMİ	343
1. Giriş	343
2. Mersin Balıkları İçin Yem Hazırlama Çalışmaları	345
3. Sonuç	345
4. Kaynaklar	346
VETERİNER HEKİMLİK EĞİTİMİ İÇİN SIĞIR AYAK İSKELET VE DAMAR 3B MODELLERİNİN OLUŞTURULMASI	348
1. Giriş	348
2. Materyal Metod	349
3. Sonuç ve Öneriler	351
4. Kaynakça	351
DÖNER SÜRTÜNME KAYNAK MAKİNESİNİN GELİŞTİRİLMESİ	353
1. Giriş	353
2. Materyal ve Metot	353

3. Sonuç ve Öneriler.....	356
4. Kaynaklar	357
SICAKLIK ÖLÇÜMÜ VE KONTROLÜ İÇİN WEB ARAYÜZÜ GELİŞTİRME.....	358
1. Giriş.....	358
2. Materyal ve Metot	359
3. Sonuç ve Öneriler.....	362
4. Referanslar	362
WEB ÜZERİNDEN ANALOG DİJİTAL I/O: BİR NODE MCU UYGULAMASI	363
1. Giriş.....	363
2. Materyal ve Metot	363
3. Sonuç ve Öneriler.....	367
4. Referanslar	367
GEÇMİŞ DEPREM VERİLERİNİ KULLANARAK DEPREM ŞİDDETİNİ SESE ÇEVİRİP KIRILMALARIN DAHA İYİ ANLAŞILMASINI SAĞLAYAN YAZILIM.....	368
1. Giriş.....	368
2. Materyaller	368
3. Yöntem	368
4. Sonuç.....	372
5. Kaynaklar	372
PROGRAMCILIK EĞİTİMİNDE TÜMDENGELİM YÖNTEMİ	373
1. Giriş.....	373
2. Yöntem	373
3. Sonuç.....	374
4. Kaynaklar	374
UNCLUSTERED INDEX KULLANMANIN SORGULARA ETKİSİ.....	375
1. Giriş.....	375
2. Materyaller	375
3. Yöntem	375
4. Sonuç.....	378
5. Kaynaklar	378
VERİTABANINDA GEREKSİZ TRİGGER KULLANMANIN MALİYETİ	379
1. Giriş.....	379
2. Materyaller	379
3. Yöntem	379
4. Sonuç.....	381
5. Kaynaklar	381
4.5G MOBİL TELEFON YAYINIMINA MARUZİYETİN SIÇANLARDA AĞIRLIK ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ	382
1. Giriş.....	382

2. Materyal ve Yöntem	383
3. Sonuç ve Tartışma	384
4. Kaynakça	385
ISPARTA ŞEHİR MERKEZİ VE YAKIN BÖLGELERİNDE UZUN SÜRELİ ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI VE HARİTALARI	386
1. Giriş	386
2. Elektromanyetik Alanın Biyolojik Etkileri	387
3. Elektromanyetik Alan Sınır Değerleri	387
4. Materyal ve Yöntem	388
5. Bulgular	388
6. Sonuç ve Öneriler	388
7. Kaynakça	389
AFYON JEOTERMAL ENERJİ SANTRALİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ VE OPTİMİZASYONU	391
1. Giriş	391
2. Jeotermal Güç Santrali Çalışma Prensipleri ve Termodinamik Modellenmesi	391
3. Jeotermal Güç Santralinin YSA-Tabanlı Modellenmesi	394
4. Sonuçlar	394
5. Kaynakça	395
DP600 VE HSLA SAC MALZEMELERDE ZIMBA RADYÜSÜ VE KALIP AÇISININ GERİ ESNEMEYE ETKİSİ	397
1. Giriş	397
2. Metot	397
3. Bulgular ve Tartışma	399
4. Sonuçlar	400
5. Kaynakça	400
DP800 SAC MALZEMENİN GERİ ESNEME DAVRANIŞLARI	401
1. Giriş	401
2. Metot	402
3. Bulgular ve Tartışma	403
4. Sonuçlar	404
5. Kaynakça	404
CHAOTIC NATURE OF RIVER FLOW TIME SERIES: UPSTREAM TO DOWNSTREAM ..	405
1. Introduction	405
2. Methodology	406
3. Results and Discussion	410
4. Conclusions and possibility for future study	414
5. References	415
UÇUCU KÜL İLE DAYANIMI ARTIRILMIŞ KİLLİ BİR ZEMİNİN YOL ÜSTYAPISINA ETKİLERİ	416



1. Giriş.....	416
2. Materyal ve Metot.....	416
3. Sonuçlar ve Öneriler.....	421
4. Kaynaklar.....	422
AN EXAMINATION OF FLEXIBLE FLOW SHOP SCHEDULING PROBLEMS IN CLOTHING SECTOR.....	423
1. Introduction.....	423
2. Flexible Flow Shop Scheduling.....	423
3. Scheduling Problems in Clothing Industry.....	424
4. Conclusion.....	426
5. References.....	426
FIRE DETECTION SYSTEM USING WIRELESS 433 MHZ RF VIA ARDUINO.....	428
1. Introduction.....	428
2. Materials Used In This Project.....	428
3. Project Squence.....	437
GERİ DÖNÜŞÜM PAMUK İPLİKLERİ VE KARIŞIMLARINDAN ELDE EDİLMİŞ DOKUMA KUMAŞLARIN KUMAŞ KALİTESİ AÇISINDAN SINIFLANDIRILMASI.....	438
1. Giriş.....	438
2. Materyal- Metot.....	439
3. Bulgular.....	439
4. Sonuç Ve Değerlendirme.....	443
5. Kaynaklar.....	444
GERİ DÖNÜŞÜM PAMUK İPLİKLERİ VE KARIŞIMLARINDAN ELDE EDİLMİŞ DOKUMA KUMAŞLARDAKİ YÜZEY HATALARININ VE KONFEKSİYON VERİMLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI.....	445
1. Giriş.....	445
2. Materyal- Metot.....	445
3. Bulgular.....	446
4. Sonuç Ve Değerlendirme.....	452
5. Kaynaklar.....	452
DOĞAL VE SENTETİK LİFLERDEN ÜRETİLMİŞ TEKSTİL ÜRÜNLERİNİN GERİ DÖNÜŞÜM PROSESLERİ.....	453
1. Giriş.....	453
2. Doğal Liflerden Üretilmiş Tekstil Ürünlerinin Geri Dönüşüm Prosesleri.....	454
3. Sentetik Liflerden Üretilmiş Tekstil Ürünlerinin Geri Dönüşüm Prosesleri.....	455
4. Sonuç Ve Değerlendirme.....	456
5. Kaynaklar.....	456
HAVACILIK SEKTÖRÜNDE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ İÇİN PATENT VERİ TABANI ANALİZİ – ROBOTİK, ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK, NESNELERİN İNTERNETİ.....	458
1. Giriş.....	458

2. Endüstri 4.0 Uygulamaları.....	458
3. Sonuç.....	464
4. Kaynakça.....	464
KARBON KOMPOZİT ÇARPIŞMA KUTULARINDA METAL TAKVİYESİNİN ÇARPIŞMA PERFORMANSINA ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ.....	466
1. Giriş.....	466
2. Materyal ve Yöntem.....	466
3. Sonuçlar.....	469
4. Kaynakça.....	471
FPGA ÜZERİNDE YSA-RİNG TABANLI YENİ BİR GERÇEK RASGELE SAYI ÜRETECİ TASARIMI.....	472
1. Giriş.....	472
2. Ring ve VdP osilatör yapıları.....	473
3. FPGA üzerinde YSA-Tabanlı Hibrit GRSÜ Tasarımı.....	473
4. YSA-Tabanlı Hibrit GRSÜ Performans Analizleri ve Rasgelelik Testleri.....	474
5. Sonuçlar.....	475
6. Kaynaklar.....	476
EFFECT OF FUEL INJECTION PRESSURE ON PERFORMANCE AND EMISSION CHARACTERISTICS OF AN ELECTRONICALLY CONTROLLED SINGLE-CYLINDER DIESEL ENGINE FUELLED WITH WASTE BIODIESEL.....	478
1. Giriş.....	478
2. Materyal ve Metot.....	480
3. Deneysel Bulgular ve Tartışma.....	482
4. Sonuçlar.....	488
5. Kaynakça.....	488
GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ AGREGALARIN HARÇ ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ.....	491
1. Giriş.....	491
2. Beton.....	491
3. Sonuçlar ve Öneriler.....	494
4. Kaynakça.....	495
ÇİFT KATMANLI UZAY KAFES SİSTEMLERİN BAŞLANGIÇ EĞRİLİK KUSURLARI DİKKATE ALINARAK DOĞRUSAL OLMAYAN MODELLEMESİ.....	496
1. Giriş.....	496
2. ABAQUS Programında Eleman Başlangıç Eğrilik Kusurlarının Modellenmesi.....	497
3. Başlangıç Eğrilik Kusuruna Sahip Elemanlar İçeren Çift Katmanlı Uzay Kafes Sistemin Analitik Modellerinin Oluşturulması.....	501
4. Bulgular ve Tartışma.....	502
5. Sonuçlar.....	503
6. Kaynakça.....	503
OFİS ERGONOMİSİNE İLİŞKİN AKADEMİSYEN GÖRÜŞLERİNİN DEĞERLENDİRMESİ.....	504



1. Giriş.....	504
2. Yöntem.....	505
3. Bulgular.....	505
4. Sonuçlar.....	509
5. Kaynakça.....	510
DENİZLİ İLİNDE PESTİSİT TÜKETİMİNE GENEL BİR BAKIŞ.....	511
1. Giriş.....	511
2. Materyal ve Metot.....	513
3. Bulgular ve Tartışma.....	513
4. Sonuç ve Öneriler.....	514
5. Kaynakça.....	515
KROMİT CEVHERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ YÖNTEMLERİ VE DÜŞÜK TENÖRLÜ KROMİTLERİN KAZANILMASI.....	516
1. Giriş.....	516
2. Üretim ve Kromit Zenginleştirme.....	517
3. Sonuçlar.....	519
4. Kaynakça.....	519
SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAĞININ FARKLI ALÜMİNYUM PARÇALARA UYGULANMASI.....	521
1. Giriş.....	521
2. Materyal ve Metot.....	521
3. Sonuç ve Öneriler.....	524
4. Kaynaklar.....	525
CLASSIFICATION WITH EXTREME LEARNING MACHINE.....	526
1. Introduction.....	526
2. Extreme Learning Machine.....	526
3. Results.....	527
4. References.....	528
PERFORMANCE ANALYSIS OF NONLINEAR AND WAVELET ACTIVATION FUNCTIONS IN MULTILAYER PERCEPTRON.....	529
1. Introduction.....	529
2. Wavelet Neural Network.....	529
3. Implementation and Results.....	530
4. References.....	532
HİERAPOLİS'TE KULLANILAN ANTİK TAŞLARIN ARKEOMETRİK KÖKEN ARAŞTIRMALARINDA P-XRF ELEMENTEL ANALİZ YÖNTEMİNİN KULLANILMASI, (DENİZLİ, TÜRKİYE).....	533
1. Giriş.....	533
2. Yöntemler.....	535
3. Bulgular.....	535

4. Sonuçlar.....	557
5. Kaynakça.....	557
HİERAPOLİS VE AFRODİSİAS KENTLERİNDE KULLANILAN ANTİK DOĞALTAŞLARIN KAYATOMİK ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRMASI.....	559
1. Giriş.....	559
2. Yöntemler.....	561
3. Araştırma Bulguları.....	562
4. Afrodisias ve Hierapolis Karşılaştırması	580
5. Sonuçlar.....	584
6. Kaynaklar	585
NOISE MEASUREMENT IN OPAMP ACTIVE RC CASCADE AMPLIFIERS USING WAVELET DENOISING	587
1. Introduction	587
2. Description of The Experimental Active RC Filter Used in Noise Measurement.....	587
3. Derivation of The Theoretical Output Noise Expression for The Experimental Three Stage Filter.....	588
4. Calculating The Output Noise Voltage of The Filter Using Wavelet Denoising	591
5. Conclusions	593
6. References	593
OPTIMIZATION OF A DIESEL ENGINE USING BIODIESEL / DIESEL FUEL BLENDS BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM).....	594
1. Introduction	594
2. Materials and Methods	594
3. Analysis and evaluation of model	596
4. Results	598
5. Optimization and validation	600
6. Conclusion.....	602
7. References	602
REUSE OF IN-SITU SOIL ANCHORS AS POST-TENSIONED TENDONS IN A NEARBY CONSTRUCTION SITE.....	604
1. Introduction	604
2. Construction Stage	609
3. Design Guide and Application Approach.....	611
4. Conclusion.....	612
5. References	612
USE OF MOSSES AS BIO-TRACERS OF AIR POLLUTANTS AND CULTIVATION OF MOSSES IN THE LABORATORY	613
1. Introduction	613
2. Materials and Methods	614
3. Results and Discussion.....	614
4. Conclusion.....	616

5. References	617
SULAK ALANLARDAKİ NESLİ TÜKENMEKTE OLAN KUŞ TÜRLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE TESPİTİ, ÖRNEKLEME ALANI: BURDUR GÖLÜ	618
1. Giriş.....	618
2. Kuramsal Temeller	618
3. Materyal – Yöntem.....	620
4. Bulgular – Çıktılar.....	625
5. Sonuç – Tartışma.....	626
6. Kaynakça.....	626
AYDIN İLİNİN TARIMSAL MEKANİZASYON DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ VE TÜRKİYE ORTALAMASI İLE KARŞILAŞTIRILMASI	628
1. Giriş.....	628
2. Materyal ve Yöntem	628
3. Bulgular ve Tartışma	629
4. Sonuç.....	633
5. Kaynaklar	634
1949 KARABURUN DEPREMİ TEKRAR OLURSA!	635
1. Giriş.....	635
2. Materyal ve Metot	636
3. Bulgular	637
4. Sonuçlar.....	638
5. Kaynaklar	638
YAPAY RESİFLER İÇİN UYGUN YER SEÇİMİ: İZMİR KÖRFEZİ ÖRNEĞİNDE	640
1. Giriş.....	640
2. Materyal ve Metot	640
3. Bulgular	641
4. Sonuçlar.....	644
5. Kaynaklar	645
BURSA ULU CAMİ’NİN TAŞIYICI SİSTEMİNİN YAPISAL OLARAK İRDELENMESİ	646
1. Giriş.....	646
2. Literatür Bilgisi	647
3. Sonuç ve Öneriler.....	650
4. Kaynakça.....	650
TECHNIQUES FOR ADVERSARIAL EXAMPLES THREATENING THE SAFETY OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED SYSTEMS	652
1. Introduction	652
2. Background of Machine Learning Based Systems	653
3. Artificial Intelligence Safety and Techniques for Adversarial Examples.....	656
4. An Example Application for Fast Gradient Sign Method (FGSM)	660

5. Conclusions and Future Work Suggestions	661
6. References	661
YABANCI DİZİLERDEN UYARLANAN TÜRK YAPIMI DİZİLER İÇİN OYUNCU SEÇİMİNDE DERİN SİNİR AĞLARININ KULLANIMI	665
1. Giriş	665
2. Yöntem	666
3. Sonuç	670
4. Kaynakça	670
YOUTUBE: MİLYARLARCA KULLANICI İÇİN ETKİLİ BİR PLATFORM	672
1. Giriş	672
2. Yöntem	673
3. Sonuç	675
4. Kaynakça	675
CHEBYSHEV SERIES SOLUTION OF LINEAR SYSTEM OF FREDHOLM INTEGRO-DIFFERENTIAL DIFFERENCE EQUATIONS	676
1. Giriş	676
2. Fundamental Matrix Relations	677
3. Method of Solution	680
4. Examples	684
5. References	693
THE CHEBSHEV COLLOCATION METHOD FOR THE APPROXIMATE SOLUTION OF SYSTEM OF PANTOGRAPH EQUATIONS	695
1. Introduction	695
2. Fundamental Matrix Relations	696
3. Method of Solution	698
4. Examples	701
5. Conclusion	710
6. References	710
AN OPERATIONAL MATRIX METHOD TO SOLVE NON-LINEAR VOLTERRA INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATIONS	712
1. Introduction	712
2. Chebyshev polynomials	712
3. Matrix relations	713
4. Method of Solution	715
5. References	719
HPV: HİSTOPATOLOJİ VE KARSİNOGENEZ	720
1. Giriş	720
2. Sonuç	722
3. Referanslar	722

MOL GEBELİKLERDE ENFLAMATUAR HÜCRE ORANLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	723
1. Giriş.....	723
2. Gereç ve yöntem:.....	723
3. Bulgular	724
4. Tartışma.....	724
5. Referanslar	725
PATOLOGLARDA MESLEKİ RİSKLER VE HASTALIKLAR	726
1. Giriş.....	726
2. Sonuç.....	728
3. Referanslar	728
100 VAKANIN ANALIZI: TRANSREKTAL ULTRASONOGRAFI EŞLİĞİNDE PROSTAT İĞNE BIYOPSI.....	729
1. Giriş.....	729
2. Gereç ve yöntem.....	730
3. Bulgular	730
4. Sonuçlar.....	731
5. Referanslar	731
ELİT BAYAN VOLEYBOLUNDA SERVİS KARŞILAMA HATASI VE SERVİSTEN ALINAN SAYI TAKIMIN SIRALAMADAKİ YERİNE ETKİ EDER Mİ?.....	733
1. Giriş.....	733
2. Yöntem	733
3. Bulgular	734
4. Tartışma ve Sonuç.....	734
5. Kaynakça.....	734
SENTİMENT CLASSİFİCATION USING LSTM	736
1. Introduction	736
2. Proposed Method.....	736
3. Experimental Results.....	739
4. Conclusions	739
5. References	740
TURKISH NATURAL LANGUAGE PROCESSING BASED LIGHTWEIGHT CAPTCHA SSSYTEM FOR WEB APPLICATIONS	741
1. Introduction	741
2. Related Technologies	742
3. Proposed Method.....	743
4. Experimental Results.....	744
5. Conlusions and Future Works	745
6. References	745

SÖZLÜ SUNUMLAR / ORAL PRESENTATION

SÖZLÜ SUNUMLAR ORAL PRESENTATION



DIAGNOSIS OF PARKINSON'S DISEASE USING K-NN CLASSIFIER WITH VARIOUS DISTANCE MEASUREMENTS

Abdullah Elen^{1*}, Emre Avuçlu²

¹ Karabük University, Vocational School of T.O.B.B. Tech. Sci., Department of Computer Tech., Karabük/TÜRKİYE

aelen@karabuk.edu.tr

² Aksaray University, Vocational School of Tech. Sci., Department of Computer Tech., Aksaray/TÜRKİYE

emreavuculu@aksaray.edu.tr

*Corresponding Author

Abstract

Parkinson's disease is a slow progressive neurodegenerative brain disorder with loss of brain cells. It is a disease that is difficult to diagnose early because the symptoms gradually appear. Depending on the stage of this disease, different degrees of voice and speech disorders may occur. In this study, Oxford Parkinson's dataset was used for the diagnosis of Parkinson's disease, consisting of 195 biomedical voice recordings from 32 individuals, 24 of whom were Parkinson's. The k-NN algorithm was used to diagnose the disease, including Euclidean, Manhattan, Minkowski, Chebyshev, Hellinger and Cosine distance measurements. According to the results obtained, it is seen that the Euclidean, Manhattan and Chebyshev distance measurement methods used for k-NN algorithm provide better classification success than the other methods.

Keywords: *Parkinson's Disease, Machine Learning, k-NN Classifier, Distance Measurements.*

1. Introduction

Parkinson's disease was first described by English physician James Parkinson in 1817 under the name "shaking palsy" [1]. The disease begins between the ages of 40-75 and often over 60 years of age. Only 5 to 10% of all Parkinson's patients have a disease onset between 20 and 50 years of age [2, 3]. It is a degenerative disease caused by the damage of dopamine neurons in the brain. In a normal human brain, there are brain cells that produce dopamine in certain areas. These cells are concentrated in a certain area of the brain called Substantia Nigra (SN). Dopamine is a chemical that transmits messages between the SN and other brain regions that control body movements. Dopamine allows people to make smooth and harmonious movements. When dopamine-producing cells suffer a loss of between 60% and 80%, an enough dopamine cannot be produced, resulting in motor symptoms of Parkinson's disease [4]. The earliest symptoms of Parkinson's disease appear in the enteric nervous system, lower brain stem and olfactory tracts. Parkinson's disease spreads from these regions to the higher parts of the brain, namely the SN and the brain shell. It is thought that the disease begins many years before the motor symptoms such as loss or decrease of sense of smell, sleep disturbances and constipation, tremor and slowing of movement. Therefore, researchers are looking for ways to recognize these non-motor symptoms as early as possible and thus stop the progression of the disease.

There are some risk factors for mental disorder and dementia that can be seen in patients with Parkinson's disease. Among these risk factors, the ones with the most evidence are old age, long duration of disease and disability (especially slowing of movement-muscle stiffness). The risk factors other than these are controversial but can be listed as follows: The occurrence of Parkinson's disease in the elderly seems to be in the forefront of slowing movements rather than shaking. In addition, it can be said to be speech disorder, the balance that cannot be achieved while standing and dreaming during medication [5]. Diagnosing Parkinson's disease from speech disorder brings with it a number of challenging processes. First of all, it is necessary to perform the feature extraction process which represents the nature of the problem by appropriate methods from the audio signals. It is also very important that the methods used to classify the data are correctly chosen after obtaining the features representing the problem.

In this study, the k-NN algorithm was used for the diagnosis of Parkinson's disease. The k-NN classifier generally uses the Euclidean distance measurement method. The aim of this study is to analyze the effect of Euclidean and other distance measurement methods known in literature (Manhattan, Minkowski, Chebyshev, Hellinger and Cosine) on the k-NN algorithm. Accordingly, in the experimental studies, different variants of the k-NN classifier were tested using the Oxford Parkinson's data set. The stages of the study are as follows; In the Materials and Methods section, detailed information about Oxford Parkinson's data set, working principle of the k-NN algorithm and distance measurement methods are given. In Experimental Results section, performance tests of the k-NN algorithm with different distance methods were performed. In the Conclusions section, a general evaluation of the study was made according to the findings.

2. Materials and Methods

Since Parkinson's disease is a neurodegenerative brain disorder that progresses slowly in most people, voice and speech disorders are an important symptom of this disease [6]. In this study, acoustic voice recordings from patients were used to diagnose Parkinson's disease. The dataset for training and testing of the k-NN classifier was created in collaboration with Max Little of Oxford University

and National Voice and Speech Center in Colorado. Little et al. reported that purpose of the dataset was on methods of feature extraction for general voice and speech disorders [7].

This data set consists of a series of biomedical sound measurements from a total of 32 subjects, 24 of whom are diagnosed with Parkinson's disease. Table 1 gives some information about the people who have acoustic voice measurements. Each line in the table shows patients whose voice measurements were taken. The Status column indicates "Healthy" for healthy subjects and "PD" for those diagnosed with Parkinson's disease. "Stage(H&Y)" refers to the Hoehn and Yahr Parkinson's disease stage, where higher values indicate greater level of disability [8]. "YSD" represents the number of years that range from diagnosis of Parkinson's disease to the date of voice measurement. On average, six acoustic voice recordings were obtained from each person and a dataset was created. There are 195 records in the dataset.

Table 1. List of patients who are performed biomedical voice measurement [7].

<i>Patient ID</i>	<i>Status</i>	<i>Sex</i>	<i>Age</i>	<i>Stage (H&Y)</i>	<i>YSD</i>
P01	PD	M	78	3.0	0
P02	PD	M	60	2.0	4
P04	PD	M	70	2.5	5½
P05	PD	F	72	3.0	8
P06	PD	F	63	2.5	28
P07	Healthy	F	48	—	—
P08	PD	F	48	2.0	2
P10	Healthy	F	46	—	—
P13	Healthy	M	61	—	—
P16	PD	M	62	2.5	14
P17	Healthy	F	64	—	—
P18	PD	M	61	2.5	11
P19	PD	M	73	1.0	7
P20	PD	M	70	3.0	1
P21	PD	F	81	1.5	5
P22	PD	M	60	1.5	4½
P24	PD	M	73	2.5	1
P25	PD	M	74	3.0	23
P26	PD	F	53	2.0	1½
P27	PD	M	72	2.5	15
P31	PD	—	—	—	—
P32	PD	M	50	1.0	4
P33	PD	M	68	2.0	3
P34	PD	F	79	2.5	¼
P35	PD	F	85	4.0	7
P37	PD	M	76	1.0	5
P39	PD	M	64	2.0	2
P42	Healthy	F	66	—	—
P43	Healthy	M	62	—	—
P44	PD	M	67	1.5	1
P49	Healthy	M	69	—	—
P50	Healthy	F	66	—	—

Table 2 shows 21 kinds of features and their descriptions for acoustic sound recordings from patients. Sound recordings were made in sound processing cabinet using head-mounted microphone. The audio signals sampled at 16 bit resolution and 44.1 kHz were recorded directly to a computer using Computerized Speech Laboratory (CSL). Amplitude of the audio samples was digitally normalized to overcome discrepancies due to speech pressure. In Table 2, MDVP (Kay Pentax) means multi-dimensional voice program.

Table 2. List of measurements applied to acoustic signals recorded from patients.

Feature	Descriptions
<i>MDVP: Fo (Hz)</i>	Kay Pentax MDVP average vocal fundamental frequency.
<i>MDVP: Fhi (Hz)</i>	Kay Pentax MDVP maximum vocal fundamental frequency.
<i>MDVP: Flo (Hz)</i>	Kay Pentax MDVP minimum vocal fundamental frequency.
<i>MDVP: Jitter (%)</i>	Kay Pentax MDVP jitter as a percentage.
<i>MDVP: Jitter (Abs)</i>	Kay Pentax MDVP absolute jitter in microseconds.
<i>MDVP: RAP</i>	Kay Pentax MDVP relative amplitude perturbation.
<i>MDVP: PPQ</i>	Kay Pentax MDVP five-point period perturbation quotient.
<i>Jitter: DDP</i>	Average absolute difference of differences between cycles, divided by the average period.
<i>MDVP: Shimmer</i>	Kay Pentax MDVP local shimmer.
<i>MDVP: Shimmer (dB)</i>	Kay Pentax MDVP local shimmer in decibels.
<i>Shimmer: APQ3</i>	Three point amplitude perturbation quotient.
<i>Shimmer: APQ5</i>	Five point amplitude perturbation quotient.
<i>MDVP: APQ</i>	Kay Pentax MDVP eleven-point amplitude perturbation quotient.
<i>Shimmer: DDA</i>	Average absolute difference between consecutive differences between the amplitudes of consecutive periods.
<i>NHR</i>	Noise to harmonics ratio.
<i>HNR</i>	Harmonics to noise ratio.
<i>RPDE</i>	Recurrence period density entropy.
<i>D2</i>	Correlation dimension.
<i>DFA</i>	Detrended fluctuation analysis.
<i>Spread-1, Spread-2</i>	Non-linear measures of fundamental frequency variation.
<i>PPE</i>	Pitch period entropy.
<i>Status</i>	Health status of the subject; 1 – Parkinson's, 0 – healthy.

2.1. The k-Nearest Neighbor (k-NN)

The k-Nearest Neighbor (k-NN) algorithm was proposed in 1967 by Cover and Hart [9]. The k-NN is one of the most basic pattern recognition and classification methods that classify objects based on the closest training samples in feature space. The aim is to decide which class belongs to a new vector, considering the nearest neighbors in the k -number. To determine the class of the new vector, the nearest k -sample previously selected from the trained data is selected. Accordingly, the new vector is assigned to the class in which majority of members. Figure 1 shows the process of classifying a new sample according to $k = 3$ in a 2D space.

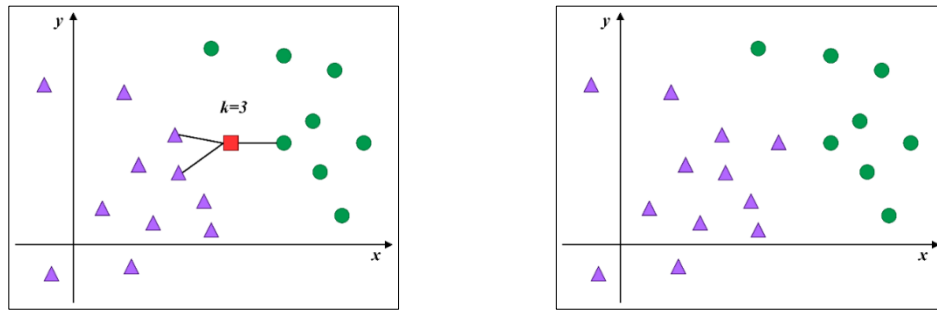


Figure 1: Classification of a new vector ($k = 3$) by k-NN algorithm.

In Figure 1, because the number of elements belonging to triangle class is higher than neighborhoods determined according to $k = 3$ value of a vector to be classified, class of the vector is also determined as triangle. There are many methods for calculating the distances of a vector from the classified samples. Most commonly used ones are given below.

2.1.1. Euclidean Distance

The Euclidean is the most commonly preferred distance measure in practice. Also known as “ L_2 norm” or “Ruler Distance”, which is an extension to the Pythagorean theorem. Euclidean distance refers to square root of the sum of differences of two vectors. The mathematical formulation of this method is given in Equation 1.

$$d_{Euclidean} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

Where n , i represents the number of samples and the index of a sample to be measured, respectively.

2.1.2. Minkowski Distance

This family of distances includes three distance metrics (Euclidean, Manhattan and Chebyshev) that are special cases of Minkowski distance, corresponding to different values of p for the power distance. The Minkowski distance, which is also known as “ L_p norm”, is a generalized metric [10]. The mathematical formulation of this method is given in Equation 2.

$$d_{Minkowski} = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^n (|x_i - y_i|)^p} \quad (2)$$

Where p refer to a positive number. When $p = 2$, the distance becomes the Euclidean distance, when $p = 1$ it becomes Manhattan distance. Chebyshev distance is a variant of Minkowski distance where $p = \infty$. x_i is the i -th value in the vector x and y_i is the i -th value in the vector y .

2.1.3. Manhattan Distance

The Manhattan distance, also known as “ L_1 norm”, “Taxicab norm” or “City-block distance”, which introduced by Hermann Minkowski in 19th-century. Manhattan distance refers to the sum of the absolute differences of two vectors. The mathematical formulation of this method is given in Equation 3.

$$d_{Manhattan} = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (3)$$

As an example of operating principle of this method, if a grid-like path is followed, it calculates the distance to travel from one data point to another.

2.1.4. Chebyshev Distance

Chebyshev distance is also known as “Maximum Value Distance”, “Lagrange” and “Chessboard Distance”. The Chebyshev distance method is a metric that measures the maximum distance between two samples observed in a vector space [10]. The mathematical formulation of this method is given in Equation 4.

$$d_{Chebyshev} = \max_i |x_i - y_i| \quad (4)$$

2.1.5. Hellinger Distance

Hellinger distance was introduced in 1909 by Hellinger [11], it is a metric used to measure the similarity between two probability distributions [10]. Hellinger distance is a metric satisfying triangle inequality. The reason for including $\sqrt{2}$ in the definition of Hellinger distance is to ensure that the distance value is always between zero and one. The mathematical formulation of this method is given in Equation 5.

$$d_{\text{Hellinger}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{i=1}^n (\sqrt{x_i} - \sqrt{y_i})^2 \quad (5)$$

2.1.6. Cosine Distance

The Cosine distance, also called angular distance, is derived from the cosine similarity that measures the angle between two vectors, where Cosine distance is obtained by subtracting the cosine similarity from one [10]. The mathematical formulation of this method is given in Equation 6.

$$d_{\text{Cosine}} = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i y_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2}} \right) \quad (6)$$

3. Experimental Results

In the experimental studies, Euclidean (EUC), Manhattan (MAN), Minkowski (MIN), Chebyshev (CHE), Hellinger (HEL) and Cosine (COS) distance methods were tested for their confusion matrix. In the classification algorithm, half (91 voice measures) of thirty-two patients were used for train purposes and the other half (104 voice measures) were used for testing purposes. Table 3 shows diagnostic functions of the k-NN algorithm used in performance measurement according to different distance methods. Where TP, TN, FP, and FN refer to “true positive”, “true negative”, “false positive” and “false negative”, respectively.

Table 3. Diagnostic Functions Derived From Confusion matrix.

TPR: True Positive Rate (Sensitivity)	$TPR = \frac{TP}{TP + FN}$	FPR: False Positive Ratio	$FPR = \frac{FP}{TN + FP}$
TNR: True Negative Rate (Specificity)	$TNR = \frac{TN}{TN + FP}$	FNR: False Negative Ratio	$FNR = \frac{FN}{TP + FN}$
NPV: Negative Predictive Value	$NPV = \frac{TN}{TN + FN}$	ACC: Accuracy	$ACC = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$
F₁ Score	$F_1 = \frac{2TP}{2TP + FP + FN}$ <i>F₁ Score is the harmonic mean of precision and sensitivity.</i>		

Table 4 shows the diagnostic values of the k-NN classifier according to distance measurement methods used in the experimental studies. Accordingly, graphical representations and interpretations of test results are given below.

Table 4. Diagnostic values of distance measurement methods.

	TPR	TNR	NPV	FPR	FNR	ACC	F ₁ Score
EUC	86,25%	33,33%	42,11%	66,67%	57,89%	74,04%	83,64%
MAN	87,50%	33,33%	44,44%	66,67%	55,56%	75,00%	84,34%
MIN	0,00%	100,00%	23,08%	0,00%	76,92%	23,08%	0,00%
CHE	85,00%	37,50%	42,86%	62,50%	57,14%	74,04%	83,44%
HEL	0,00%	100,00%	23,08%	0,00%	76,92%	23,08%	0,00%
COS	82,50%	37,50%	39,13%	62,50%	60,87%	72,12%	81,99%

In Figure 2, the diagnostic results of the k-NN algorithm according to six different distance measurement methods are given. As can be seen here, the MIN and HEL distance methods are not suitable for solving this problem. Because the F₁ Score and TPR of both methods are zero. This means that no person with Parkinson's disease in the data set was able to identify correctly. The success of the other methods is very close to each other and the best score was obtained by the MAN distance method.

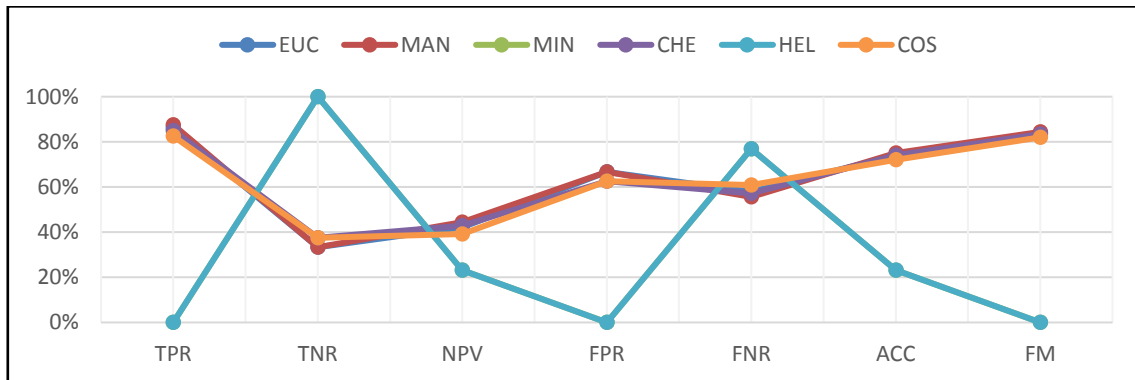


Figure 2. Diagnostic results of the k-NN algorithm with distance methods.

F₁ Score is used as a measure to evaluate performance in statistical analysis of binary classification. Use of precision and sensitivity criteria alone is not enough to draw a meaningful comparison. Evaluating both criteria together gives more accurate results. Therefore, F₁ Score is defined as the harmonic mean between precision and sensitivity (TPR). Figure 3 shows the F₁ Score and ACC values of the distance measurement methods.

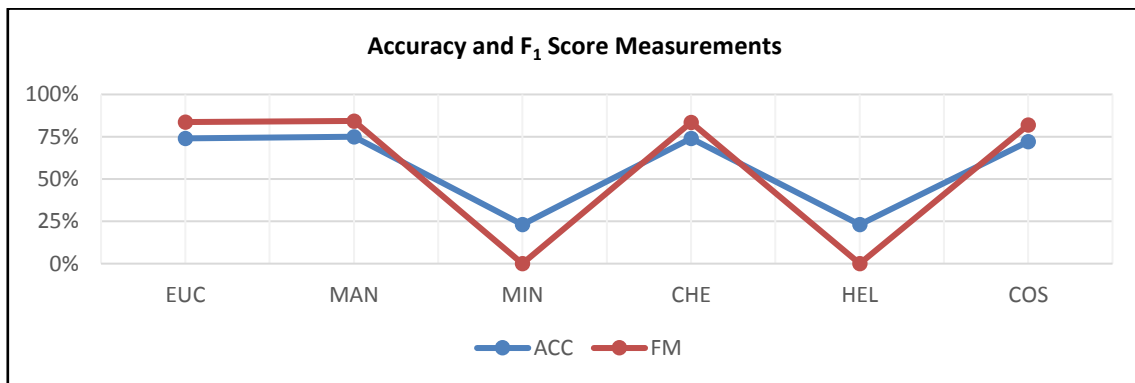


Figure 3. Accuracy and F₁ Score Measurements of the Distance Methods.

4. Conclusions

In this study, a dataset consisting of acoustic voice recordings was used for the diagnosis of Parkinson's disease. Accordingly, classification of healthy and diseased people was made. The k-NN algorithm was used for the classification according to the voice dataset. The performance of k-NN algorithm was compared with different distance measurement methods. According to the results, Euclidian, Manhattan and Chebyshev distance measurement methods provide the highest classification success compared to the other methods. Minkowski and Hellinger methods showed the lowest classification success and they were not suitable for the solution of this problem.

5. References

- [1]. Parkinson, J., "An essay on the shaking palsy", *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*, vol. 14(2): pp. 223-236 (1817).
- [2]. Surathi, P., Jhunjhunwala, K., Yadav, R., and Pal, P. K., "Research in Parkinson's disease in India: A review", *Annals of Indian Academy of Neurology*, vol. 19(1), pp. 9-20 (2016). doi:10.4103/0972-2327.167713
- [3]. Fymat, A. L., "Parkinson's Disease and other Movement Disorders: A Review", *Current Opinions in Neurological Science*, vol 2(1), pp. 316-343 (2017).
- [4]. National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS), <https://www.ninds.nih.gov/Disorders/Patient-Caregiver-Education/Hope-Through-Research/Parkinsons-Disease-Hope-Through-Research> (Access time; August 7, 2019)
- [5]. Okuma, Y., "Practical approach to freezing of gait in Parkinson's disease", *Practical Neurology*, vol. 14(4), pp. 222-230 (2014). doi:10.1136/practneurol-2013-000743
- [6]. Ögüt, F., Yavuzer, A., Uygur, M., Akyürekli, Ö. ve Kalaycı, T., "Parkinson Hastalığındaki Ses Değişiminin Değerlendirme Kriterleri", *Ege Tıp Dergisi*, vol. 39(1), pp. 33-37 (2000).

- [7]. Little, M. A., McSharry, P. E., Hunter, E. J., Spielman, J. and Ramig, L. O., “Suitability of Dysphonia Measurements for Telemonitoring of Parkinson’s Disease”, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 56(4), pp. 1015–1022 (2009). doi: 10.1109/tbme.2008.2005954
- [8]. Hoehn, M. M. and Yahr, M. D., “Parkinsonism: onset, progression and mortality”, *Neurology*, vol. 17, pp. 427-442 (1967). doi: 10.1212/WNL.17.5.427
- [9]. Cover, T. and Hart, P., “Nearest Neighbor Pattern Classification”, *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 13(1), pp. 21-27 (1967). doi: 10.1109/TIT.1967.1053964
- [10]. Prasath, V. B. S., Alfeilatb, H. A. A., Lasassmeh, O., Hassanat, A. B. A. and Tarawneh, A. S., “Distance and Similarity Measures Effect on the Performance of k-Nearest Neighbor Classifier – A Review”, arXiv preprint arXiv: 1708.04321 (2017).
- [11]. Hellinger, E. E., “Neue Begründung der Theorie quadratischer Formen von unendlichvielen Veränderlichen”, *Journal für die reine und angewandte Mathematik (Crelle’s Journal)*, vol. 136, pp. 210–271 (1909). doi: 10.1515/crll.1909.136.210

KENTSEL ULAŞIM PLANLAMA VE UYGULAMALARINDA KULLANILAN OPTİMİZASYON TEKNİKLERİ İLE İLGİLİ BİR DEĞERLENDİRME

Ahmet Coşkunsu^{1*}, Ebru Vesile Öcalır Akunal²

¹Ankara Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Dairesi, İmar Planlama Şube Müdürlüğü, Ankara

accoskunsu@gmail.com

²Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara

ebruocalir@gazi.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Kentsel ulaşım sistemleri, trafik katılımcılarını taşımak için uyum içinde birlikte çalışan ve insanlar, taşıtlar, yollar, köprüler, kaldırımlar, nehirler, demiryolları, metro hatları ve trafik sinyalleri gibi birçok parçadan oluşan sistemlerdir. Günümüzde ulaşım planlarının kentsel ulaşımı planlarken yapmaya çalıştığı iş aslında bu sistemin katılımcılarını bir yerden diğerine taşımak için en verimli, güvenli, uygun maliyetli ve doğal çevreyi koruyacak uygun çözümü(leri) bulmaya çalışmaktır. Bu arayış, ulaşım planlama (ve uygulama) sürecinde “optimizasyon” aşaması olarak ortaya çıkmaktadır. Uygulamada kentler genellikle kendileri için teorik olarak en iyi olan politika araçlarının kombinasyonunu uygulamakta özgür olamayacaklardır, çünkü tüm politika araçları üzerinde kontrolleri olamamaktadır. Bu nedenle pratikte optimizasyon, verilen bir dizi kısıtlama dahilinde en iyi çözümü tanımlamayı içerir. Bu da karar vericileri en iyi çözümü aramaya zorlamaktadır.

Optimizasyon, bir ulaşım sisteminde seçilen belirleyicilerin istenen hedeflere ulaşabilmeleri için bir “amaç fonksiyonu”nun politika araçları kullanarak en iyileştirilmesidir. Optimizasyon tekniklerinin ulaşım planlamada kullanımı çok da eskiye gitmemektedir. Bununla beraber daha önce akla gelmeyen çözüm önerilerinin de değerlendirilmeye alınması, bunların etkilerinin diğer önerilerle karşılaştırılmasını sağlamak ya da en iyi stratejinin belirlenmesi için daha kapsayıcı ve kabul edilebilir bir yol olması gibi avantajlar, kısa sürede bir çok optimizasyon tekniğinin ulaşım planlama uygulamalarına taşınmasına yol açmıştır.

Bu çalışmada, literatür taraması ile ulaşım planlama uygulamalarında kullanılan optimizasyon tekniklerinin bir özeti çıkarılmıştır. Özellikle belirli ulaşım problemlerinin çözümünde kullanılabilecek yaygın teknikler araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Optimizasyon teknikleri, ulaşım planlaması, hat optimizasyonu*

1. Giriş

Bir kentin dokusunun şekillenmesi ve kent içerisindeki ulaşım hizmetlerinin örgütlenmesi birbiri ile karşılıklı etkileşim içerisinde. Aksi durumda kent içi toplu taşıma sistemi cazipliğini kaybederek, özel araç yolculuklarının daha fazla tercih edildiği bir kent olarak karşımıza çıkacaktır. Kentin belirli yönlere doğru ilerlemesi ve gelişmesi, bu gelişen bölgelere ulaşım hizmetlerinin gitmesini zorunlu hale getirmektedir. Bu bölgelerde gelişen ulaşım aksları da, etrafında birçok kentsel arazi kullanımının yer alması sürecini hızlandırmaktadır. Bir kentin gelişme süreci içinde, bu iki yönlü ilişkiden hangisinin daha ağır basacağı, büyük ölçüde o ülkedeki ekonomik birikim süreci ile doğrudan ilişkili olarak, kent içi ulaşım ve yapılaşma sektörüne ne miktarda ve ne türde ekonomik girdi sağlandığı ile belirlenir [1].

Bu çalışmada, literatür taraması ile ulaşım planlama uygulamalarında kullanılan optimizasyon tekniklerinin bir özeti çıkarılacaktır. Özellikle belirli ulaşım problemlerinin çözümünde kullanılabilecek yaygın teknikler, bunların birbirlerine göre üstünlükleri ve örtüşükleri alanlar, uygulamadan örnekler verilerek açıklanacaktır.

Kentsel ulaşım sistemleri, trafik katılımcılarını bir yerden bir yere taşımak için uyum içinde birlikte çalışan sistemlerdir. Günümüzde ulaşım planlarının kent içi ulaşım ağını planlarken kendisine koyduğu hedef aslında bu sistemin katılımcılarını bir yerden diğerine götürmek için en güvenli, verimli, uygun maliyetli ve doğal çevreyi koruyacak uygun çözümü(leri) bulmaya çalışmaktır. Bu gayret, ulaşım planlama sürecinde “optimizasyon” aşaması olarak karşımıza çıkmaktadır.

2. Ulaşım Planlamasında Kullanılan Optimizasyon Yaklaşım ve Teknikleri

Kentsel ulaşım planlaması ile ilgili kararlar, etkinlikleri farklı düzeylerde değişmekle beraber; politikacılar, profesyonel ulaşım planları, paydaşlar ve vatandaşlar tarafından alınmaktadır. Ulaşım ve arazi kullanım arasındaki karmaşık ilişki, karar verme süreçlerini de etkilemektedir.

Kentsel ulaşım sistemleri, trafik katılımcılarını taşımak için uyum içinde birlikte çalışan ve insanlar, taşıtlar, yollar, köprüler, kaldırımlar, nehirler, demiryolları, metro hatları ve trafik sinyalleri gibi birçok parçadan oluşan sistemlerdir. Günümüzde ulaşım planlarının kentiçi ulaşımı planlarken yapmaya çalıştığı iş aslında bu sistemin katılımcılarını bir yerden diğerine taşımak için en verimli, güvenli, uygun maliyetli ve doğal çevreyi koruyacak uygun çözümü(leri) bulmaya çalışmaktır.

Sürdürülebilir hareketlilik hedefleyen bir kentsel ulaşım planlama karar verme sürecindeki problemleri özetleyecek olursak [3];

- İçinde pek çok karar vericinin yer aldığı karmaşık karar verme süreçleri,
- Farklı trafik kullanıcı gruplarının çok farklı tercihleri olabilen karmaşık etkileşim süreçleri,
- Geniş bir yelpazede yer alan ancak sonuçlarını çok da iyi kestiremediğimiz seçenekler, ve
- İlerlemenin önündeki engeller (kent kaynakları, arazi fiyatları, bütçe kısıtları vs).
-

Kent yöneticileri açısından aşması yeterince zor olan bu problemler, bir de kentin büyüklüğü arttıkça etkisi daha çok hissedilen;

- Yetki karmaşası ve doğrudan kontrolün olmaması,
- Merkezi yönetimin zaman zaman müdahalesi, ve
- Trafik kullanıcıları dışındaki paydaş gruplarının (örneğin iş çevreleri) etkin müdahalesi

ile daha da içinden çıkılmaz bir hale gelmektedir.

Uygulamada kentler genellikle kendileri için teorik olarak en iyi olan politika araçlarının kombinasyonunu uygulamakta özgür olamayacaklardır, çünkü tüm politika araçları üzerinde kontrolleri olamamaktadır. Bu nedenle pratikte optimizasyon, verilen bir dizi kısıtlama dahilinde en iyi çözümü tanımlamayı içerir. Bu da karar vericileri en iyi çözümü aramaya zorlamaktadır.

Bu arayış, ulaşım planlama (ve uygulama) sürecinde “optimizasyon” aşaması olarak ortaya çıkmaktadır. Optimizasyon, bir ulaşım sisteminde seçilen belirleyicilerin istenen hedeflere ulaşabilmeleri için bir “amaç fonksiyonu”nun politika araçları kullanarak iyileştirilmesidir. Optimizasyon karar vericiler için, belirli bir ulaştırma problemi (ya da problemler grubuna) en iyi çözümü veya belirli bir hedeflere ulaşmak için en iyi stratejiyi bulmak anlamına gelir.

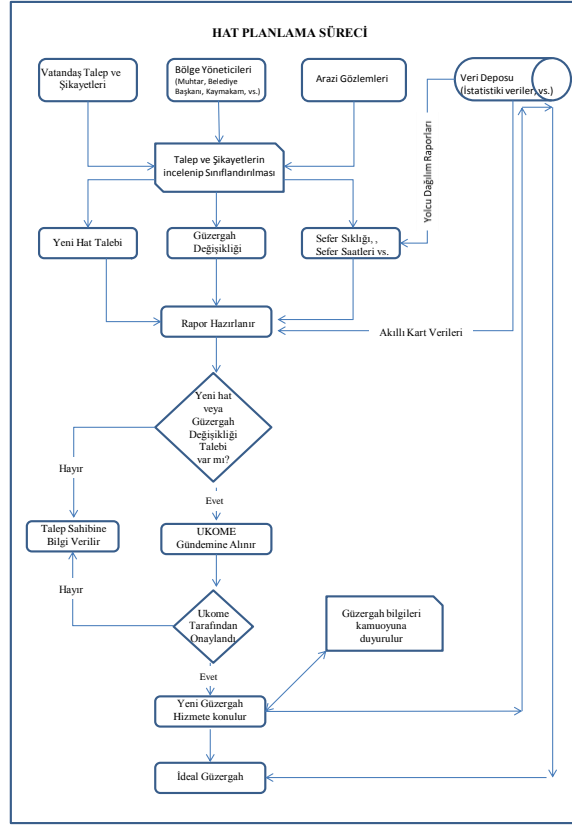
Optimizasyon tekniklerinin ulaşım planlamada kullanımı çok da eskiye gitmemektedir. Geleneksel yöntem, kentlerin yönetici ve karar vericilerinin, olası bir çözümü belirleme, test etme, değerlendirme ve daha sonra iyileştirmeler yapma süreci yoluyla en iyi stratejiyi belirlemeye çalışması şeklindedir. Bu gelişmeler, performansı artırmak veya finans eksikliği veya sınırlı kamu desteği gibi engellerin üstesinden gelmek için uygun olabilir. Bununla birlikte, böyle bir yöntemde uygun olmayan stratejileri test etmek için zaman harcanacaktır ve buna rağmen en iyi stratejinin bulunacağına garanti yoktur. Optimizasyon tekniklerinin kullanılması ile daha önce akla gelmeyen çözüm önerilerinin de değerlendirmeye alınması, bunların etkilerinin diğer önerilerle karşılaştırılmasını sağlamak ya da en iyi stratejinin belirlenmesi için daha kapsayıcı ve kabul edilebilir bir yol olması gibi avantajlar, kısa sürede bir çok optimizasyon tekniğinin ulaşım planlama uygulamalarına taşınmasına yol açmıştır. Optimizasyonun faydaları hem daha etkili stratejiler geliştirmek hem de bunu daha hızlı bir şekilde yapmaktır.

Optimizasyon, bir ulaşım ağında seçilen belirleyicilerin istenilen hedeflere varabilmeleri için bir “amaç fonksiyonu” etrafında politika araçları kullanarak en iyileştirilmesi sürecidir. Ulaşım planlamada optimizasyon tekniklerinin kullanımı çok da geçmişe gitmemektedir. Bununla birlikte daha önce göz önüne alınmayan çözümlerinin de değerlendirmeye alınması, bunların sonuçları ile diğer önerilerin karşılaştırılmasını sağlamak ya da optimum stratejinin belirlenebilmesi için daha kabul edilebilir ve kapsayıcı bir yol olması gibi avantajlar, birçok optimizasyon tekniğinin kısa sürede ulaşım planlama uygulamalarına taşınmasına neden olmuştur.

Çalışmada literatür taranarak ile toplu taşıma sistemlerinde karşılaşılan sorunlara çözüm olarak kullanılan optimizasyon teknikleri ve yaklaşımları araştırılmıştır. Bu çalışmada, bu teknik ve yaklaşımlar, 3 ana başlık altında değerlendirilmiştir: sezgisel yaklaşım ile optimizasyon, algoritmalar ile optimizasyon, ve hazır yazılımlar ile optimizasyon.

2.1. Sezgisel Yaklaşım ile Optimizasyon

Sezgisel yaklaşım, bir problem optimum çözümü bulunamayacak kadar karmaşık olduğunda, sezgiye veya bazı deneysel kayıtlara dayanan karar kuralları ile belirli sayıda adımdan sonra en iyi olmasa da tatminkar bir sonuç veren bir yaklaşımdır. Toplu taşıma hattının hizmet verdiği alanda yetkililerin izlediği prosedürdür sezgisel yaklaşım olarak adlandırılmıştır. Her kentte izlenen yöntem değişebilmektedir.



Şekil 4: Türkiye’de büyükşehir belediyelerinde otobüs hatlarının sezgisel olarak optimizasyonu şeması

Çalışmada Türkiye’deki ağırlıklı olarak büyükşehirlerde izlenen genel bir yöntem açıklanacaktır. Türkiye’de Büyükşehir Belediyelerinde toplu taşıma sistemlerinin güzergâhlarının planlanmasına ilişkin veri kaynağını; vatandaştan gelen şikâyet ve talepler (mail, dilekçe, telefon vb.) ile Belediye teknik elemanının yaptığı yerinde gözlem ve hatta ilişkin istatistikî veriler oluşturmaktadır. İlgili birime gönderilen bu verilerin analizi sonucu toplu taşıma hatlarına ilişkin konular aşağıdaki gibidir:

- Sefer süresine ilişkin talepler
- Sefer sıklığı, zaman aralığına yönelik istek ve şikâyetler,
- Güzergâhının değişikliğine yönelik talepler,
- Yeni bir hat kurulmasına yönelik talepler,
- Özel toplu taşıma işletmecileri tarafından hattın kar-zararına yönelik istek ve şikâyetler.

Belediye’ye gelen istek ve şikâyetler değerlendirmeye tabi tutularak bir rapor hazırlanır. Bu rapor nihai kararı verecek birim olan UKOME kuruluna sunulur. Düzenlenen bu rapora, o hatta yapılacak düzenlemeye yönelik bir takım göstergeler eklenir. Bu göstergeler; düzenleme yapılacak hattın kapsadığı bölgenin yolculuk üretim ve çekim merkezleri, nüfusu yoğunluğu, güzergâhın uzunluğu, altyapısı ve yolcu sayıları gibi veriler olabilmektedir. İstek ve şikâyetleri içeren rapor, UKOME Kurulu’nun gündemine sunulur. UKOME üyelerinin onaylaması ile karara bağlanmasının ardından mevcut hattın güzergâh değişikliği, yeni bir hattın kurulması, ya da toplu taşıma hattına ilişkin diğer istekler gerçekleşmiş olur. Ardından toplu taşıma hattına ilişkin değişikliklerin gerçekleşmesi durumunda, kamuoyuna gerekli ilan ve duyurular yapılır. Uygulamaya konulan toplu taşıma hattı bir süre test edildikten sonra, yapılan gözlem ve revize hattan gelen istatistikî veriler neticesinde gerekli olması halinde revizeler yapılarak ideal hat güzergâhına erişilmiş olur. Bu süreçte izlenen yolun son adımı olarak, UKOME’nin isteği reddettiği ya da onayladığı her iki durumda da istek ya da şikâyet sahibine bilgi verilmesiyle süreç tamamlanmış olur.

2.2. Algoritmalar ile Optimizasyon

Algoritmalar ya da formüllere dayalı optimizasyon oldukça yeni olmasına karşın giderek yaygınlaşmaktadır. Optimizasyon problemlerinin hepsini etkili bir biçimde çözen tek bir yöntem yoktur, hatta pek çok yöntem mevcuttur. Belirli kriterlere göre sınıflandırılan optimizasyon problemlerinin çözümünde de farklı yöntemler kullanılmaktadır. Kullanılan bu teknikler de belirli kriterlere göre sınıflandırılabilir [2].

Bir optimizasyon ya da bir matematiksel programlama problemi aşağıdaki

$$p_i(x) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m$$

şartlarına göre

$$z = f(x)$$

fonksiyonunu minimize eden

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

(1)

kümesinin çözümünün bulunması işleminden

Optimizasyon problemlerinin çözümü için algoritmalarından hangisinin kullanılacağı, optimizasyon probleminin türüne göre değişecektir. Örneğin bir toplu taşıma hattının optimizasyonunda, toplu taşıma hattının hangi parametrelerinin optimize edileceği, seçilecek optimizasyon algoritmasını da etkileyecektir. Bu sebeple, bir probleminin en iyi çözüme ulaşmasında gerekli tekniğin seçilebilmesi için, optimizasyon probleminin türünün de belirlenmesi önem arz etmektedir.

Tablo 1. Optimizasyon problemlerinde kullanılan yönelem araştırması yöntemleri [2-4]

1. Matematiksel Programlama Teknikleri	2. Stokastik Süreç Teknikleri	3. İstatistiksel Teknikler	4. Yapay Zeka Optimizasyon Teknikleri
a. Klasik Analiz (Calculus)	a. İstatistiksel Karar Teorisi	a. Regresyon Analizi	a. Genetik Algoritma
b. Varyasyon Hesaplamaları	b. Markow Süreçleri	b. Kümeleme Analizi	b. Tavlama Benzetim (Isıl İşlem) Algoritması
c. Doğrusal Olmayan Programlama	c. Kuyruk Teorisi	c. Deney Düzenleme	c. Tabu Araştırması
d. Doğrusal Programlama	d. Yenilenme Teorisi	d. Diskriminant Analizi	d. Karınca Koloni Algoritması
e. Kareli Programlama	e. Benzetim Metodu	e. Faktör Analizi	e. Diferansiyel Gelişim Algoritması
f. Geometrik Programlama	f. Güvenilirlik Teorisi		f. Yapay Bağışıklık Algoritması
g. Dinamik Programlama			g. Parçacık Sürü Optimizasyonu
h. Tamsayı Programlama			h. Yapay Arı Kolonisi Algoritması
i. Stokastik Programlama			
j. Ayrılabilir Programlama			
k. Network Programlama			
l. Oyunlar Teorisi			
m. Çok amaçlı Programlama			

Optimizasyon için kullanılan yönelem araştırması teknikleri dört ana başlık altında değerlendirilmiştir. Bunlar; matematiksel programlama teknikleri, stokastik süreç teknikleri, istatistiksel teknikler ve yapay zeka optimizasyon teknikleri olarak sıralanabilir.

Matematiksel programlama teknikleri, çok değişkenli fonksiyonların minimumunu verilen kısıtlar altında bulmada en yararlı yöntemlerdir. Yaygın matematiksel programlama tekniklerinden bazıları; klasik analiz, varyasyon hesaplamaları, doğrusal olmayan programlama, doğrusal programlama, kareli programlama, geometrik programlama, dinamik programlama, tamsayı programlama, stokastik programlama, ayrılabilir programlama, network programlama, oyunlar teorisi, çok amaçlı programlama ve stokastik süreç teknikleridir.

Stokastik süreç teknikleri; bir model belirsizlik durumları veya olasılık kavramlarına yer veriyorsa kullanılmaktadır. Stokastik süreç tekniklerine örnek olarak; istatistiksel karar teorisi, Markow süreçleri, kuyruk teorisi, yenilenme teorisi, benzetim metodu ve güvenilirlik teorisidir.

İstatistiksel teknikler, sezgisel hükümlere değil, rakamlara dayanan kararlar verilmesini gerektiren durumlarda kullanılır. Başlıcaları; regresyon analizi, kümeleme analizi, deney düzenleme, diskriminant analizi ve faktör analizidir.

Yapay zeka optimizasyon teknikleri ise, bilgisayar ve robot gibi insan yapımı araçlar kullanarak insanlar ve hayvanlar gibi doğal sistemleri taklit eder. Bilginin bilgisayar hafızasında depolanabilmesi ve bu bilgiden otomatik olarak çıkarımlar yapılabilmesi amacıyla bilginin nasıl temsil edilebileceğini araştırır. Başlıca yapay zeka optimizasyon teknikleri; genetik algoritma, tavlama benzetim (ısı işlem) algoritması, tabu araştırması, karınca koloni algoritması, diferansiyel gelişim algoritması, yapay bağışıklık algoritması, parçacık sürü optimizasyonu ve yapay arı kolonisi algoritmasıdır.

2.3. Hazır Yazılımlar ile Optimizasyon

Ulaşım planlamasında özellikle toplu taşıma hatlarının planlanması, ağ ve yolculuk talebinin modellenmesi için genel kabul görmüş olan PTV-Visum, Emme, Cube ve Transcad yaygın olarak kullanılan dört yazılımdır.

- PTV-Visum, PTV Grup, Almanya (<http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-visum/>)
- EMME, INRO, Kanada (<https://www.inrosoftware.com/en/products/emme/>)
- CUBE Voyager, Citilabs, ABD (http://www.citilabs.com/citilabs_products/cube-voyager/)
- TransCAD ,Citilabs, ABD (<http://www.caliper.com/tcovu.htm>)

Bu yazılımların hepsi de yaklaşık olarak aynı işi yaparlar. Birbirinden farklı algoritmaları birbirlerine bağlama şekilleri, arayüzleri, kullanım kolaylıkları ya da sundukları raporlamanın grafik kalitesi gibi farklarıyla pazarda kendilerine yer kapmaya çalışmaktadırlar. Günümüzde birçok alanda kullanılan bu yazılımlar ülkemizde özellikle de ulaşım ana planlarında, toplu taşıma hatlarının ağ ve talep modellenmesi, planlanması, muhtemel trafik akımı analizi, ulaşım stratejileri ve çözümlerinin geliştirilmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Sözü edilen yazılımlarla toplu taşıma rotalarındaki değişiklikler, hizmet kalitesi, sıklık, transit araçlarda ve istasyonlardaki kalabalıklaşma, ücret entegrasyonu, artan sefer süresi, park et devam et, yürüme/erişilebilirlik gibi ulaşım sistemi tasarımı ve ulaşım servisi planlamasındaki birçok konu üzerine çalışma yapılabilmektedir. Bu konular üzerine toplu taşıma hatlarında yapılacak olan en iyiyi bulma çalışması, hizmet kalitesini, toplu taşıma hattının ulaşacağı kişi sayısını ve toplu taşıma hattının işletme maliyetini doğrudan etkileyecektir.

3. Sonuç ve Değerlendirme

Hangi parametrenin öncelikli olduğu ve bu önceliklerin optimuma eriştirilmesi sürecinde tercih edilen teknikler önemlidir. Her teknik kendi içerisinde bazı parametrelerde daha iyi bir sonuca eriştirebilir. Bu yüzden hem işletmeci hem de kullanıcı açısından; tercih edilen teknikler olumlu ya da olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Kullanıcı açısından olumlu etkileri olan bir yöntemin işletme açısından olumsuz etkileri olabilmektedir.

Aynı şartlar altında aynı hat üzerinde değerlendirme yapılırsa dahi, optimize edilen toplu taşıma hattında, her bir tekniğin ön plana çıktığı parametreler olduğu gibi, geriye düştüğü parametreler de olmaktadır. Her bir tekniğin bazı parametrelerde daha optimum bir sonuç elde edilmesine imkan vermesinin yanında bazı parametrelerde de diğer tekniklerin gerisinde kalabilmektedir. Bu konuda araştırmacıların daha optimum bir sonuca erişebilmeleri için bir tekniği kullanmaktan öte, birkaç teknikten yararlanarak, bunlardan elde edilecek ortak bir neticeyi yorumlayarak hareket etmeleri tavsiye edilmektedir.

4. Kaynakça

- [1] Alp, S. “Doğrusal Hedef Programlama Yönteminin Otobüsle Kent İçi Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılması”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1: 13, 73-91, 2008.
- [2] Bal, H., *Optimizasyon Teknikleri*, Gazi Üniversitesi Yayınları, Ankara, 1995.
- [3] May, A. D., Karlstrom, A., Marler, N., Matthews, B., Minken, H., Monzon, A., Shepherd, S., *Developing Sustainable Urban Land Use and Transport Strategies*, A Decision Makers' Guidebook. Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds, 2003.
- [4] Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M., *Mühendislikte yapay zeka uygulamaları-I.Yapay Sinir Ağları*, Ufuk Kitap Kırtasiye Yayıncılık, Kayseri, 4 – 21, 2003.

KİRLENMİŞ TOPRAĞIN BİYOLOJİK KALİTESİNİN İNCELENMESİ (KARABÜK ÖRNEĞİ)

Ahmet Duyar

Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü

ahmetduyar@karabuk.edu.tr

Özet

Bir ekosistemin toplam kalitesi toprak, su ve hava kalitesinin bileşimine bağlıdır. Toprağın kalitesi fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak kalite göstergeleri ile tanımlanmaktadır. Ekosistemdeki toprak faunasının miktar ve çeşitliği, biyolojik toprak kalite göstergesi olarak kullanılabilir. Son yıllarda, mikro eklem bacaklıların morfolojik yapılarını ve toprak ekosistemine adaptasyonlarını esas alan QBS-ar indeksi geliştirilmiştir. Bu amaçla, doğrudan endüstriyel kirliliğe maruz kalan ve dolaylı olarak etkilenen bitişik toprakların biyolojik toprak kalitesi araştırılmıştır. Her bir alanın bazı çevre özellikleri ve tespit edilen QBS-ar değerleri karşılaştırılmıştır. QBS-ar indeksi için kullanılacak mikro eklem bacaklıların örneklenmesi ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, üçer noktada üç yinelemeli örnekleme yapılmıştır. Her bir saha ve örnekleme noktaları için elde edilen mikro eklem bacaklıların QBS-ar indeks değeri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, en düşük QBS-ar değeri kirliliğe doğrudan maruz kalan sahada 80 bulunurken, bu değer diğer sahada 136'dır. Aynı şekilde QBS-ar indeksi çevresel özellikler ve biyoçeşitlilik göstergeleri ile de ilişkili bulunmuştur. QBS-ar değerlerine göre, kirliliğin toprak biyolojik kalitesi üzerinde etkili olduğunu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Eklem bacaklılar, QBS-ar, EMI değeri, Biyoçeşitlilik, Toprak kalitesi*

1. Giriş

Çevre kalitesi, toprak, su ve hava kalitesinin birlikte oluşturduğu bileşimdir. (Best ve Haeck, 1984). Hava ve suyun kalitesi, kirlenme düzeylerine göre tanımlandığı halde, toprak kalitesi yalnızca kirlilik seviyelerine göre değil, ayrıca toprağın işlevlerini gerçekleştirebilme yeteneğine göre de tanımlanmaktadır (Karlen ve diğ., 1997). Toprağın çeşitli kirliticilerin etkisi altında fonksiyonlarını yerine getiremeyecek hale gelmesi, toprağın tünmesi anlamına gelmektedir (Karaca ve Turgay, 2012). Toprağın işlevleri kavramından ekosistem içerisindeki bitki ve hayvanların sağlığını sürdürmesi ve toprağın biyoçeşitliliğini koruması anlaşılmaktadır (Doran ve Zeiss, 2000). Bu durum ekosistemin cansız öğelerinden olan toprak temelli ekosistem hizmetlerinin bitki ve hayvanlarla olan karmaşık etkileşimi ile açıklanmaktadır (Havlicek, 2012).

Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin yanı sıra görünümü, organik madde içeriği gibi çeşitli parametreler toprak kalite göstergeleri olarak kullanılmaktadır (Nortcliff, 2002; Solida ve diğ., 2015). Ekosistemler çok çeşitli olduğundan, günümüzde küresel ölçekte toprak kalitesini ölçmek için belirlenmiş ve uygulanabilir bir yöntem yoktur (Bastida ve diğ., 2008). Fakat toprak canlıları, doğal (Coyle ve diğ., 2017) ve insan kaynaklı (Lisa ve diğ., 2015) bozulmalara hızlı tepki verebildikleri için, biyolojik toprak kalite parametresi olarak kullanılabilir (Galli ve diğ., 2014; Paz-Ferreiro ve Fu, 2016).

QBS-ar toprak biyolojik kalitesinin belirlenmesi için son yıllarda geliştirilen indekslerden biridir. Temel olarak QBS-ar, toprak mikro eklem bacaklı topluluğunun biyoçeşitliliğini, toprak faunasının hassasiyet derecesi ile birleştirerek, toprak biyolojik kalitesindeki bozulmanın bir göstergesi olarak bilgi vermektedir. Bu indeks, toprak mikro eklem bacaklıları ile ilgili iki önemli bakış açısını birleştirmek için geliştirilmiştir: birincisi, toprak içerisinde bulunmaları ve ikincisi, toprak koşullarına uyum sağlama yetenekleri. Bir toprak örneğinden elde edilen mikro eklem bacaklı topluluğu QBS-ar indeksi ile değerlendirilirken mikro eklem bacaklıların toprak ekosistemine adaptasyonlarını gösteren morfolojik karakterlerin varlığına odaklanır ve tür düzeyinde karmaşık taksonomik tanımlama gerektirmemektedir (Parisi ve diğ., 2005).

Endüstriyel tesislerden çevreye yayılan kirlenici atıklar hava, su ve toprak gibi ortamları etkileyerek ekolojik yapıyı bozabilmektedir. Bu çalışmada demir-çelik endüstrisi kaynaklı kirlenicilerin etrafındaki topraklar üzerine etkisi araştırılmıştır. Bunun için, doğrudan kirlilik etkisine maruz kalan ve daha az etkilenen iki komşu alanda, toprakların biyolojik toprak kalitesi incelenmiş ve QBS-ar indeks değerleri karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma Karabük il merkezinde yapılmış olup, genel iklim özellikleri Karabük meteoroloji istasyonunun uzun yıllar ortalama verilerine göre; ortalama yıllık sıcaklık 13,4 °C ve yağış 490,5 mm olup, yazları kuraktır. Çalışma alanı Karabük il merkezinde Karabük Üniversitesi ile Kardemir Demir Çelik Fabrikası arasındaki arazide yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanındaki örnek noktalar, Kardemir demir çelik fabrikası ile Karabük Üniversitesi arasındaki tepelik alanın sırt çizgisinin fabrikaya bakan yamaç ve üniversiteye bakan yamaçta seçilmiştir. Her bir yamaç kendi içerisinde taban, orta yamaç ve üst yamaç biçiminde üç örnek alana bölünmüştür ve her bir örnek alanda ise 3 tekrarlı örnekleme yapılmıştır. Bu şekilde, fabrikaya bakan yamaçtan başlayarak taban 1, orta yamaç 2 ve üst yamaç 3 nolu nokta iken, bunun devamı olarak, üniversite tarafında üst yamaç 4, orta yamaç 5 ve taban 6 nolu nokta olarak belirlenmiştir.



Şekil 1: Çalışma alanını gösterir harita

2.2. QBS-ar İndeksi

QBS-ar indeksi; Eklembacıklılara (arthropoda; -ar) dayalı Toprak Biyolojik Kalite indeksi olup, “Qualità Biologica del Suolo (İtalyanca)” kelimelerinin kısaltmasıdır. QBS-ar, omurgasız mesofauna (0,2 ile 2 mm) boyutlarındaki toprak mikro eklembacıklılarını esas almaktadır. Toprak ekosistemi, ışığın doğrudan yer almadığı tanecikler arasındaki küçük boşluklardan oluşan bir ortamdır. Bu ekosistemde ancak vücut yapı ve özellikleri bu özel ortamlarda yaşamaya uygun taksonlar barınabilmektedir. Bu ortamlarda görme, uçuş, atlama veya koşma imkanları olmadığı için, buralarda gözsüz, pigmentsiz ve uzantıları (kıllar, antenler, bacaklar) daha kompakt yapıdaki taksonlar yaşayabilmektedir (Wallwork, 1976). Bu şartların sonucu olarak, toprak mikro eklembacıklıları, toprak yapısındaki bozulmalara karşı çok hassas oldukları için bozulmuş topraklarda hayatta kalamazlar. QBS-ar indeksi, toprak mikro eklembacıklılarının bu morfolojik özellikleri dikkate alınarak hesaplanmaktadır (Parisi ve ark., 2005).

Bir toprak için QBS-ar'ın belirlenmesi 1) toprak örneklerinin alınması, 2) mikro eklembacıklıların çıkartılması, 3) taksonların formlarının belirlenmesi ve Ekolojik-Morfolojik İndeks (EMI) tayini (Tablo 1), 4) QBS-ar indeksinin hesaplanması şeklinde dört aşamada gerçekleştirilir.

1) *Toprak örneklerinin alınması*: QBS-ar'ın belirlenmesinde en önemli adımdır. Toprak örnekleme mayıs ayı sonunda ve ekim ayı başında gerçekleştirilmiştir. Eklembacıklıların sahadan örneklenmesindeki bozulmamış toprak örnekleri için 5 cm çaplı çelik silindirler kullanılmıştır (Meehan ve ark., 2006). Toprak örnekleri her örnekleme noktasında birbirine 5-10 m mesafelerde 3 tekerrürlü olarak toplanmıştır. Örnekleme 0-5 cm üst toprak derinliğinden, 5x5 cm silindire yapılmıştır. Eklembacıklıların örneklendiği silindirler, toprak içerisindeki nemi, doğal gözenek yapısını ve canlıların yollarını koruyacak şekilde, polietilen folyo ile

kaplanmış ve laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvarında bekletilmeden, aynı gün ekstraksiyon işlemine başlanmıştır (Duyar ve Makineci, 2013).

2) Mikroeklembacaklıların ekstraksiyonu: Bu çalışmada, toprak canlılarının ısı ve ışıktan kaçarak toprağın derinliklerine doğru hareket etmesi prensibine dayanan modifiye Tullgren (Berlese) hunisi kullanılmıştır (Coleman ve ark., 2004). Araziden çelik silindireler ile alınan toprak örnekleri Berlese Huni sisteminde 1 mm gözenek açıklığındaki elekler üzerine yerleştirilmekte ve 6 gün süreyle 25 watt ampulün ürettiği ışık ve ısı altında bekletilmektedir (Dombos, 2002). Akkor lamba toprak örneğini kademeli olarak kuruturken ısı ve ışıktan kaçan eklembacaklılar topraktaki var olan yolları kullanarak, alttaki %70'lik etil alkol + %2 gliserin içeren sıvı dolu toplama kabının içerisinde birikmiştir (Joo ve ark., 2006).

Tablo 1. Toprak mikro eklembacaklılarına ait EMI değerleri (Parisi ve ark., (2005) ve Vandewalle ve ark. (2010)'dan değiştirilerek).

Şube / Sınıf	Sınıf / Takım / Familya	EMI Değeri
Collembola	Onychiuridae	20
	Hypogastruridae	8
	Entomobryidae	2
	Isotomidae	8
	Neelidae	16
	Sminthuridae	1
Arachnida	Acarina	20
	Araneae	1-5
	Opiliones	1-10
	Pseudoscorpiones	20
Myriapoda	Chilopoda	10-20
	Diplopoda	10-20
	Symphyla	20
	Pauropoda	20
	Protura	20
	Diplura	20
Insecta	Diptera	1
	Larva	10
	Coleoptera	1-20
	Hymenoptera	1-5
Crustacea	Thysanoptera	1
	Isopoda	10

3) Biyolojik formların belirlenmesi ve Ekolojik-Morfolojik İndeks (EMI) tayini: Çıkarılan örnekler 4,5-90x büyütme bir stereo zoom mikroskop kullanılarak takım/sınıf/familya düzeyinde teşhis edilerek morfotaksonlar halinde sınıflandırılır. Daha sonra her bir taksona vücut ve organ yapılarının toprak içerisinde yaşamaya uygunluklarına göre 1 ile 20 arasında değişen bir EMI değeri atanır (Parisi ve ark., 2005). Toprak içerisinde barınmaya en uyumlu olanların EMI değeri 20 iken, en uyumsuz olanların EMI değeri 1 arasında değişmektedir. Bütün türleri toprağa aynı adaptasyon seviyesini gösteren bazı taksonların için (örneğin, Protura'da maksimum, Blattaria'da orta) sadece bir EMI değeri verilmesine rağmen, diğer taksonlarda, türlerin toprağa göstermiş oldukları farklı adaptasyon seviyelerine göre 1-5 veya 1-20 veya 10-20 arasında bir değerler alabilmektedir (Tablo 1).

4) QBS-ar indeksin hesaplanması: Her bir toprak örneği için, bu topraktan çıkartılan taksonlara ait EMI değerleri toplanır. Aynı takson içerisinde farklı EMI değeri alan türler varsa, QBS-ar belirlenirken en yüksek EMI değeri olanı dikkate alınır (Parisi ve ark., 2005).

2.3. İstatistiksel Analiz

Sırtın her iki yamacındaki örnek noktalara ait EMI ve QBS-ar değerleri tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Noktalara ait toprak özellikleri ile QBS-ar değerleri arasındaki ilişki ise korelasyon analizi ile ortaya konmuştur.

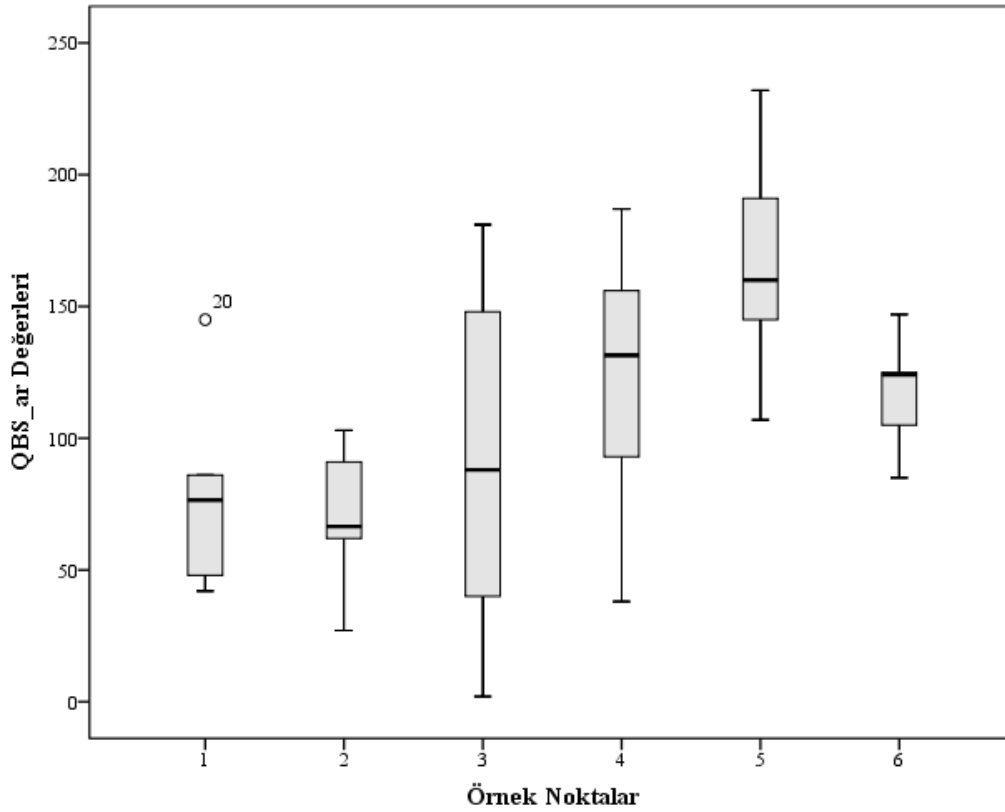
3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanındaki örnek noktalardan elde edilen taksonlara ait EMI değerleri varyans analizine göre Onychiuridae, Symphyla, Diplura ve Larva gibi bazı taksonlar için noktalar ve yamaçlar arasında anlamlı farklı ($P < 0,05$) bulunmuştur (Tablo 2). Toprakta en çok bulunan taksonomik gruplar akarlar ve collombolalardır (Galli ve ark., 2014) ve değişimlere Akarlar Collembolalardan daha hassastır (Menta, 2012).

Tablo 2. Örnek noktalarında bulunan taksonlara ait EMI değerleri ve ANOVA sonuçları.

Taksonlar	Fabrika yönü				Üniversite yönü				Genel	
	Nokta 1	Nokta 2	Nokta 3	Ort ve Std.S.	Nokta 4	Nokta 5	Nokta 6	Ort ve Std.S.	Ort ve Std.S.	P
Onychiuridae	3	3	10	6±9	13	20	10	14±9	10±10	0,026
Hypogastruridae	3	1	4	3±4	3	4	4	4±4	3±4	0,833
Entomobryidae	1	1	1	1±1	1	2	2	2±1	1±1	0,964
Isotomidae	1	1	5	3±4	5	7	5	6±4	4±4	0,072
Neelidae	-	-	3	1±4	8	5	3	5±8	3±6	0,214
Sminthuridae	-	-	-	0±0	-	-	-	0±0	0±0	0,435
Oribatida	20	17	17	18±6	20	20	20	20±0	19±5	0,558
Mesostigmata	13	17	10	13±10	17	20	17	18±6	16±8	0,435
Prostigmata	17	17	17	17±8	17	20	20	19±5	18±6	0,845
Astigmata	3	-	-	1±5	3	10	-	4±9	3±7	0,086
Opiliones	2	-	-	1±2	2	2	-	1±3	1±3	0,700
Pseudoscorpiones	-	-	-	0±0	3	3	-	2±6	1±5	0,558
Chilopoda	2	2	-	1±3	-	-	-	0±0	1±2	0,558
Diplopoda	-	-	2	1±2	-	3	-	1±3	1±3	0,186
Symphyla	-	2	3	2±4	-	8	5	4±5	3±5	0,005
Paupoda	-	-	10	3±8	7	7	-	4±9	4±8	0,090
Protura	7	7	7	7±10	13	13	17	14±9	11±10	0,343
Diplura	-	-	-	0±0	-	7	10	6±9	3±7	0,022
Diptera	-	-	-	0±0	-	-	-	0±0	0±0	0,825
Larva	2	-	-	1±2	5	7	2	4±5	3±4	0,026
Coleoptera	1	-	1	1±2	-	1	2	1±2	1±2	0,600
Hymenoptera	3	2	-	1±2	2	3	3	3±3	2±2	0,277
Thysanoptera	-	-	-	0±0	-	-	-	0±0	0±0	0,700
Isopoda	2	-	2	1±3	3	3	-	2±4	2±4	0,480

Noktalara ait ortalama QBS-ar değeri 108 olup, en düşük değer (69) fabrikaya bakan orta yamaçta; en yüksek değer de 166 ile Üniversiteye bakan orta yamaçta bulunmuştur (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**). Fabrika tarafındaki 1, 2 ve 3 nolu noktalar; üniversite tarafındaki 4, 5 ve 6 nolu noktaya göre oldukça düşük QBS-ar değeri almıştır (Şekil 2). Benzer durum örnek noktalarda bulunan takson miktarları ile EMI değerlerinin çarpımından oluşan ağırlıklandırılmış EMI değerlerine bağlı olarak oluşan QBS-ar indeksi değerlerinde daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır (Tablo 3). Yamaçlar karşılaştırıldığında QBS-ar değeri ve toprak biyolojik kalitesi açısından esasen beklenen temel sonuç doğrulanmıştır. Ancak fabrikaya olan mesafeye bağlı olarak da QBS-ar değerinin değişmesi beklenmesine rağmen, fabrikaya bakan orta yamaç konumundaki 2 nolu örnekleme noktası, fabrikanın en yakınındaki 1 nolu noktadan bile daha düşük biyolojik toprak kalitesi sergilemiştir. Bunun sebebini 2 nolu noktanın fabrika bacaları ile aynı hizada olmasıyla kirleticinin direkt etkisine maruz kalması, 1 ve 3 nolu noktaların ise serpinti halindeki kirleticilerden dolaylı olarak etkilendiği biçiminde izah etmek mümkündür.



Şekil 2: Çalışma alanındaki noktalara ait QBS-ar değerleri

Tablo 3. Noktalarda bulunan taksonların miktarları ile ağırlıklandırılmış EMI değerleri

Taksonlar	Fabrika yönü			Üniversite yönü			Genel	
	Nokta 1	Nokta 2	Nokta 3	Nokta 4	Nokta 5	Nokta 6	Ort ve Std.S.	P
Onychiuridae	1840	1840	33140	47870	65357	29453	29917±48052	0,134
Hypogastruridae	2944	736	30932	10309	41243	16937	17184±37089	0,357
Entomobryidae	2024,667	1104	4418,333	2024	3313	4603	2915±3632	0,488
Isotomidae	736	736	11044	11781	19515	18409	10370±13545	0,037
Neelidae	-	-	4418,667	23565	4416	7363	6627±17210	0,160
Sminthuridae	-	-	92	1105	184	644	337±878	0,165
Oribatida	57056,67	58890	123323,3	265090	357153	521943	230576±262749	0,003
Prostigmata	34966,67	18400	66270	71780	131620	73630	66111±76258	0,156
Prostigmata	71783,33	86523,33	51540	132537	185007	145423	112136±110421	0,284
Astigmata	3680	-	-	3680	14723	-	3681±10884	0,134
Opiliones	920	-	-	920	1840	-	613±2199	0,652
Pseudoscorpiones	-	-	-	1840	3680	-	920±4067	0,532
Chilopoda	920	920	-	-	-	-	307±1282	0,558
Diplopoda	-	-	920	-	5522	-	1074±4726	0,258
Symphyla	-	920	6443,333	-	11965	8285	4602±7976	0,022
Paupoda	-	-	11043,33	5520	7363	-	3988±9932	0,240
Protura	5520	7363,333	18410	18407	11040	16563	12884±17009	0,671
Diplura	-	-	-	-	5520	13807	3221±9369	0,040
Diptera	276,1667	368,1667	184	-	92	184	184±457	0,811
Larva	920	-	-	2760	5062	920	1610±3390	0,057
Coleoptera	460	-	460	-	460	1380	460±1234	0,435
Hymenoptera	3680,833	920	-	1841	15879	11046	5561±11283	0,069
Thysanoptera	92	-	-	184	92	-	61±220	0,652
Isopoda	2761,667	-	2761,667	1840	1380	-	1457±4042	0,748
QBS-ar	190582	178720,8	365400,7	603053	892426	870592	516796±460457	0,004

Toprak özellikleri ile QBS-ar İndeksi değerlerinin ilişkisine yönelik uygulanan korelasyon analizlerinin sonuçları irdelendiğinde, Toprak pH ile toprağın kum içeriğinin artışı QBS-ar değeri ile negatif ilişkili iken; toprağın elektrik iletkenliği, kil oranı ve nem oranı QBS-ar değeri ile pozitif ilişkili bulunmuştur (Tablo 4). Yan ve ark. (2012) yapmış oldukları çalışmada, takson zenginliği ile QBS-ar değerleri arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu ifade etmiştir. Galli ve ark., (2014) Collembola miktarının asidik topraklarda daha fazla olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 4. Toprak özellikleri ile QBS-ar İndeksi değerlerinin ilişkisi

Toprak Özellikleri	QBS-ar Değeri	Ağırlıklı QBS-ar Değeri
Toprak Asitliği (pH)	-0,503**	-0,446**
Toprak EC	0,634**	0,513**
Kum Oranı (%)	-0,543**	-0,596**
Kil Oranı (%)	0,554**	0,625**
Toz Oranı (%)	0,194	0,145
Nem Oranı (%)	0,530**	0,307
Gözeneklilik (%)	0,326	0,262
** 0,01 ve * 0,05 önem düzeyinde korelasyonu gösterir.		

4. Sonuçlar

QBS-ar indeksinin temel teorisi, toprak içerisine nüfuz edecek mikro eklemcabaklı faunanın bolluğu o toprağın biyolojik açıdan kaliteli olduğuna dayanmaktadır. Bu indekse göre kıyaslanan toprakların, toplam EMI değeri yani QBS-ar değeri daha yüksek olan diğerinden daha kaliteli kabul edilmektedir. Çalışmanın sonuçları bu teoriyi kanıtlar nitelikte bulunmuştur. Çalışma alanından alınan toprak örneklerinin QBS-ar indeksi değerleri kirlilikten doğrudan etkilenen fabrikaya bakan yamaç ile dolaylı etkilenen üniversite yamacında belirgin olarak farklıdır. Ortalama QBS-ar değeri fabrikaya bakan yamaçta 80 iken, üniversiteye bakan yamaçta 136 olmuştur. Bu durum, fabrikanın çevreye yaydığı kirliliğin toprak biyolojik kalitesini olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir.

Büyük endüstri tesisleri ülkemiz kalkınması için olmak zorundadır. Ancak gerekli önlemler alınarak, çevreye olan zararları ortadan kaldırılmalı veya en aza indirilmelidir.

5. Kaynakça

- Bastida, F., Zsolnay, A., Hernández, T., García, C., 2008. Past, present and future of soil quality indices: a biological perspective. *Geoderma* 147, 159-171.
- Best, E.P.H., Haeck, J., 1984. Ecological indicators for the assessment of the quality of air, water, soil and ecosystems. D. Reidel Publishing Company, Boston.
- Coleman, D.C. Crossley, D.A. Hendrix, P.F., 2004. Fundamentals of Soil Ecology, Academic press, USA.
- Coyle, D. R., Nagendra, U. J., Taylor, M. K., Campbell, J. H., Cunard, C. E., Joslin, A. H., ... & Callahan Jr, M. A. 2017. Soil fauna responses to natural disturbances, invasive species, and global climate change: Current state of the science and a call to action. *Soil Biology and Biochemistry*, 110, 116-133.
- Dombos, M., 2002. A Tullgren-type extractor for sampling springtails populations from small volume soil cores in high sample size, *Tiscia*, 33, 3-7.
- Doran, J.W., Zeiss, M.R., 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied soil ecology* 15, 3-11.
- Duyar, A., Makineci, E., 2013. Orman Ekosistemi Değerlendirmelerinde Toprak Mikro Eklemcabaklılarının Kullanımı. 2023'e Doğru 2. Doğa ve Ormancılık Sempozyumu, 169-184.
- Galli, L., Capurro, M., Menta, C., Rellini, I., 2014. Is the QBS-ar index a good tool to detect the soil quality in Mediterranean areas? A cork tree *Quercus suber* L.(Fagaceae) wood as a case of study. *Italian Journal of Zoology* 81, 126-135.
- Havlicek, E., 2012. Soil biodiversity and bioindication: from complex thinking to simple acting. *European Journal of Soil Biology* 49, 80-84.
- Joo, S.J. Yim, M.H. Nakane, K., 2006. Contribution of microarthropods to the decomposition of needle litter in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantation, *Forest Ecology and Management*, 234, 192-198.
- Karaca, A., Turgay, O.C., 2012. Toprak Kirliliği, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 1(1), 13-19.
- Karlen, D., Mausbach, M.J., Doran, J., Cline, R., Harris, R., Schuman, G., 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*
- Lisa, C. Paffetti, D. Nocentini, S. Marchi, E. Bottalico, F. Fiorentini, S. and Travaglini, D., 2015. Impact of wildfire on the edaphic microarthropod community in a *Pinus pinaster* forest in central Italy. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 8(6), 874.

- Meehan, T.D., Drumm, P.K., Schottland Farrar, R., Oral, K., Lanier, K.E., Pennington, E.A., Pennington, L.A., Stafurik, I.T., Valore, D.V., Wylie, A.D., 2006. Energetic equivalence in a soil arthropod community from an aspen–conifer forest. *Pedobiologia* 50, 307-312.
- Menta, C. (2012). Soil fauna diversity-function, soil degradation, biological indices, soil restoration. Biodiversity conservation and utilization in a diverse world. Rijeka: InTech, 59-94.
- Nortcliff, S., 2002. Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems Environment* 88, 161-168.
- Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C., Mozzanica, E., 2005. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105, 323-333.
- Paz-Ferreiro, J., Fu, S., 2016. Biological indices for soil quality evaluation: perspectives and limitations. *Land Degradation and Development* 27, 14-25.
- Solida, L., De Nicola, C., Fanfani, A., Jacomini, C., Licitra, V., & Testi, A. (2015). Multi-set indicators to assess environmental quality using soil microarthropods, plants and humus. *Rendiconti Lincei*, 26(3), 561-569.
- Vandewalle M, Bello F, Berg MP, Bolger T, Dolédec S, Dubs F, Feld CK, Harrington R, Harrison PA, Lavorel S, Silva PM, Moretti M, Niemela J, Santos P, Sattler T, Sousa JP, Sykes MT, Vanbergen AJ, Woodcock BA. 2010. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. *Biodivers Conserv.* 19:2921-47. doi:10.1007/s10531-010-9798-9
- Wallwork, J.A., 1976. *The distribution and Diversity of Soil fauna*. Academic Press, London.
- Yan, S., Singh, A. N., Fu, S., Liao, C., Wang, S., Li, Y., Hu, L. (2012). A soil fauna index for assessing soil quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 47, 158-165.

TOPRAK İŞLEMENİN EKLEMBACAKLILAR (ARTHROPODA) ÜZERİNE ETKİSİ

Ahmet Duyar

Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü

ahmetduyar@karabuk.edu.tr

Özet

Toprak işleme toprağın havalandırılması, fiziksel olarak parçalanması ve gevşetilerek bitki kök gelişimi kolaylaştırması bakımından tarımda tercih edilen bir yöntemdir. Toprak işleme esnasında toprağın ters yüz edilmesi ve karıştırılması toprak faunasının ekosistemini etkilemektedir. Ayrıca toprak alt üst edildiği için toprak içerisinde yaşanan taksonlar yüzeye çıkarılmak suretiyle yuvaları bozulmakta, topluları dağılmaktadır. Bu çalışmada toprak işleme yapılmış ve doğal çayır olan iki alanda toprak mikro eklem Bacaklılarının miktarı ve çeşitliliği incelenmiştir. Bu amaçla Karabük üniversitesi kampüsünde yer alan doğal çayır alan ile sonbaharda traktörle toprak işleme yapılmış alanda toprak mikro eklem Bacaklılarının kış mevsimindeki miktar ve çeşitliliği karşılaştırılmıştır. Toprak örnekleri 5 cm boy ve 5 cm çapındaki silindirler ile alınmıştır. Bulgular değerlendirildiğinde, toprak işleme yapılmış alanda metre karede ortalama 38473 birey bulunurken, bu sayı doğal toprakta 59284 bireydir. Ancak, biyoçeşitlilik bakımından işlenmiş toprak, doğal topraktan daha zengin bulunmuştur. Bu durum, toprak işleme eklem Bacaklılarının miktar ve çeşitliliği üzerinde farklı etkiler ortaya çıkarabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Biyoçeşitlilik, Taksonomik zenginlik, Karabük Üniversitesi, Doğal çayır*

1. Giriş

Toprak faunası, toprak ekosisteminin en önemli bileşenlerinden biridir. Toprak faunası, toprak içerisinde ölü örtü ve organik maddenin parçalanmasının yanı sıra toprağın oluşumu ve gelişimine de etkisi vardır (Orgiazzi ve ark., 2016). Toprak omurgasız faunası, özellikle mikro eklem Bacaklıların, üreme hızları ve popülasyon boyutları yüksektir. Boyutları küçük olduğu için habitatların yapı ve kalitesine etki edebilecek önemli değişimlerin detaylarını etkin olarak izlenmesini sağlarlar. Küçük örneklerle oransal ve istatistikî metotlar kullanılarak, genel popülasyon büyüklüğünün belirlenmesi mümkündür. Jenerasyon süreleri kısadır, bu sayede bir alandaki zamana bağlı değişimleri izlemek için idealdir (Nakamura ve ark., 2003; Faber ve Wensem, 2012). Toprak biyoçeşitliliği için durum göstergesi ve ekosistemdeki diğer taksonların zenginliğinin bir göstergesi olarak en umut verici organizmalar, toprakta barınan omurgasız toprak faunasıdır (Weidema, 2007).

Ekosistemlerde ağaç, çalı ve otsu türlerin oluşturduğu flora çeşitliliği gibi, hayvanlar aleminde de oldukça geniş bir çeşitlilik bulunmaktadır. Ancak toprak ekosistemindeki omurgasız fauna, boyutlarının küçüklüğü ve toprak içerisinde barınmaları nedeniyle doğrudan tespit edilip, incelenemezler. Bu nedenle toprak faunası toprak içerisinden özel yöntemlerle ekstrakt edilerek, stereo zoom mikroskop altında değerlendirilir (Duyar, 2014).

Toprak işleme; toprağın havalandırılması, fiziksel olarak parçalanması ve gevşetilerek bitki kök gelişimi kolaylaştırması bakımından tarımda tercih edilen bir yöntemdir (Yur ve Yılmaz, 2016). Toprak işleme esnasında toprağın ters yüz edilmesi ve karıştırılması, toprak faunasının ekosistemini etkilemektedir. Ayrıca toprak alt üst edildiği için toprak içerisinde yaşayan taksonların yuvaları bozulmakta, topluları dağılmaktadır (Fromm ve ark., 1993). Toprağın doğal yapısı bozulduğunda, toprak faunasının miktar ve çeşitliliğindeki değişimin araştırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, toprak işleme yapılmış ve doğal çayır olan iki alanda toprak mikro eklem Bacaklılarının miktarı ve çeşitliliği karşılaştırılarak, toprak işleme eklem Bacaklılarına etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

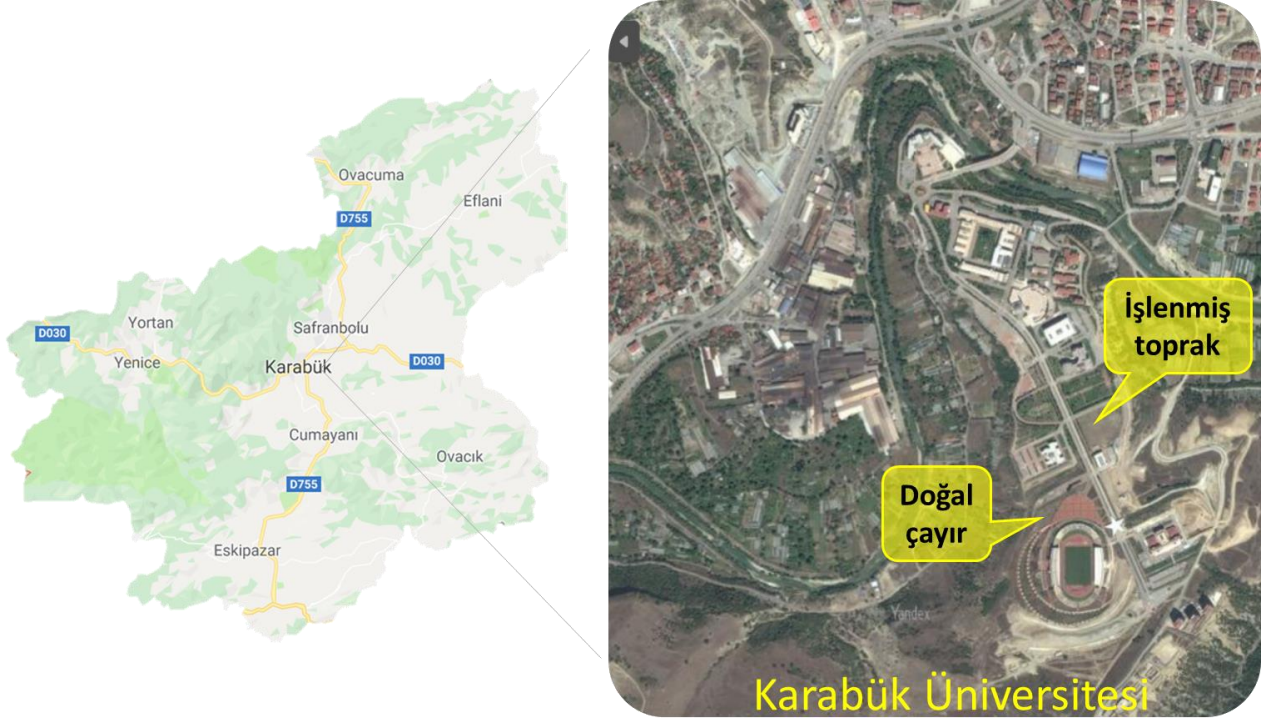
2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Karabük Üniversitesi kampüsünde yer alan doğal çayır alan ile toprak işleme yapılmış alanda karşılaştırmalı olarak yürütülmüştür. Söz konusu ekosistemlerin barındırdığı toprak mikro eklem Bacaklılarının miktarı ve çeşitliliğinin belirlenmesi için toprak örnekleri alınmıştır. Bunun yanında, toprağa ait bazı özelliklerin belirlenmesi için de analizler yapılmıştır. Uygulanan yöntemlere ait detaylar aşağıda izah edilmiştir.

Çalışmada, Karabük üniversitesi kampüsünde yer alan doğal çayır alan ile sonbaharda traktörle toprak işleme yapılmış alanda, toprak mikro eklem Bacaklılarının kış mevsimindeki miktar ve çeşitliliği karşılaştırılmıştır.

2.1. Çalışma Alanlarının Genel Tanıtımı

Çalışma alanına en yakın meteoroloji istasyonu Karabük il merkezindedir. Uzun yıllar ortalama verilerine göre Karabük'ün genel iklim özellikleri; ortalama yıllık sıcaklık 13,4 °C ve ortalama yıllık yağış 490,5 mm olup, yazları kuraktır. Yörede yarı karasal iklimin hâkimdir. Bu iklimin genel karakteri karasal iklime benzemektedir. Yazları az yağışlı ve sıcak, kışları karlı ve donludur.



Şekil 1: Çalışma alanı haritası

2.2. Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi

Toprak analizleri için alınan örnekler 5cm çapındaki ve 5cm yüksekliğindeki hacim silindirleri ile sadece 0-5 cm mineral toprak derinliğinden alınmıştır. Alınan toprak örneklerinin taze ve kurutulmuş (24 saat 105 °C) ağırlıkları kullanılarak, hacim ağırlıkları ve toprak nemi belirlenmiştir. Daha sonra porselen havanlarda öğütülmüş, taş ve köklerinden ayrılarak 2mm'lik eleklerden elenmiştir. Toprak örneklerine pH, EC ve tekstür analizleri de yapılmıştır (Karaöz, 1989).

2.3. Toprak Eklem Bacaklılarının Araziden Örnekleme

Toprak eklem bacaklılarının araziden örneklemeinde bozulmamış toprak örnekleri için çapı 5 cm olan çelik silindirlerden yararlanılmıştır (Meehan ve ark., 2006). Toprak örneği üst mineral toprak (0-5 cm) derinliğinden, 5x5 cm silindire alınmıştır (Coleman ve ark., 2004). Silindir toprağa yalnızca üstten bastırılmış, çekiç kullanılmamıştır. Silindirler, toprak içerisindeki nemi, doğal gözenek yapısını ve canlıların yollarını koruyacak şekilde, polietilen folyo ile kaplanmıştır. Örnekler, etiketlenerek, kasalara yerleştirilip, laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvarda bekletilmeden, aynı gün ekstraksiyon işlemine başlanmıştır.

2.4. Toprak Örneklerinden Toprak Eklem Bacaklılarının Çıkartılması

Bu çalışmada, toprak canlılarının ısı ve ışıktan kaçarak toprağın derinliklerine doğru hareket etmesi prensibine dayanan modifiye Tullgren (Berlese) hunisi kullanılmıştır.

Çelik silindirler ile araziden alınan ölü örtü ve toprak örnekleri Tullgren hunisine yüzey katmanı aşağı gelecek şekilde yerleştirilerek, 25 Watt lambanın sağladığı ışık ve ısı altında, 6 gün boyunca bekletilmiştir (Dombos, 2002). Böylece, eklem bacaklılar toprak içerisindeki doğal yolları kullanarak, alta yerleştirilmiş olan, %70'lik etil alkol + %2 gliserin içeren, toplama kabı içerisinde birikmiştir (Joo ve ark., 2006).



Şekil 2: Laboratuvarda toprak örneklerinden eklembacaklılarının çıkartıldığı modifiye Berlese hunisi.

2.5. Toprak Eklembacaklılarının Teşhisi ve Sınıflandırılması

Toprak örneklerinden çıkartılan eklembacaklıların tanımlanması, sınıflandırılması ve sayımları laboratuvarda yapılmıştır. Söz konusu mikro eklembacaklılar çıplak gözle teşhis edilemeyecek kadar küçük olduklarından, örneklerin tümü 7x-180x büyütmeli, stereo zoom mikroskop kullanılarak sayılmış, teşhis edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Salmon ve ark., 2006). Sınıflandırma, takım, alttakım ve aile düzeyinde, morfo takson gruplar halinde tanzim edilmiştir. Nadiren rastlanılan taksonlar, sınıf seviyesinde değerlendirmeye alınmıştır (Bird ve ark., 2004; Salmon ve ark., 2006; Joo ve ark., 2006; Meehan ve ark., 2006; Santos ve ark., 2007).

Toprak eklembacaklılarının sınıflandırmasında, teşhis anahtarı olarak Dindal (1990)'ın (Soil Biology Guide), Moldenke ve ark. (1988)'nin (Invertebrates of the HJ Andrews Experimental Forest), Meyer (1994)'in (Kwik-Key to Soil-Dwelling Invertebrates) ve Bei-Bienko ve ark. (1967)'nin (Keys to Insects of the European USSR) kitapları kullanılmıştır.

2.6. İstatiksel Değerlendirme

Örneklerden elde edilen eklembacaklıların miktarı birey·m⁻² olarak değerlendirmeye alınmıştır. İstatistiksel analizler için SPSS istatistik programından faydalanılmıştır. Ayrıca örnek alanlardan elde edilmiş eklembacaklıların biyolojik çeşitliliğini ortaya koymak için; takson sayısını ifade eden taksonomik zenginlik (S') ve Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi (H') kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanının yaşama ortamı özelliklerinin ortaya konması için, toprağa ait bazı kimyasal ve fiziksel özellikler incelenmiştir. Çalışma alanları birbirine yakın sahalara olduğu için, toprakların pH ve EC değerleri birbirine benzemektedir. Ancak toprakların fiziksel özellikleri, işlenmiş ve doğal yapıdaki topraklar arasında farklılıklar göstermiştir. Bu farklılığın temel nedeni toprağın işlenmesidir. Toprağın sürülmesi işlemi, toprağı karıştırıp alt üst ederek toprağı gevşetmektedir. Böylece toprağın hacim ağırlığı azalmış ve gözenekliliği artmıştır. Buna ek olarak, doğal yapıdaki toprakta, toprak gelişim süreçleri içerisinde daha alt tabakalara yıkanmış olan kil tanecikleri, toprak alt üst edildiği için tekrar üst tabakaya çıkmıştır. Bu olay ise toprağın tanecik dağılımını ve tekstürünü değiştirmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: Topraklara ait bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerin karşılaştırılması

Toprak Özellikleri	Uygulama			
	İşlenmiş	Doğal	Ortalama	Standard Hata
pH	7,20	7,30	7,25	0,02
EC	575	573	574	0,02
Kum (%)	7	23	15	3,7
Kil (%)	64	50	57	3,2
Toz (%)	29	27	28	0,5
Toprak Nemi (%)	34	29	31	2,8
Toprak Hacim Ağırlığı g/l	816	1299	1057	131,6
Gözeneklilik (%)	67	48	58	5,3

Çalışma alanların kış mevsimindeki ortalama eklembacaklı sayısı 48879 birey/m² olduğu halde, eklembacaklı sayısı doğal çayırılık alan ve toprak işlenmesi yapılan alanlar arasında farklıdır. Toprak işlenmesi yapılmış alanda birey sayısı 38473 birey/m² varken, doğal çayırılık alanda 59284 birey/m² bulunmuştur. Fromm ve ark. (1993) yaptığı benzer bir çalışmada doğal çayırılık alanda Collembola sayısını daha yüksek bulmuştur, ancak bu çalışmada Collembolaların takson dağılımlarında çeşitlilik olsa da toplamları benzerdir.

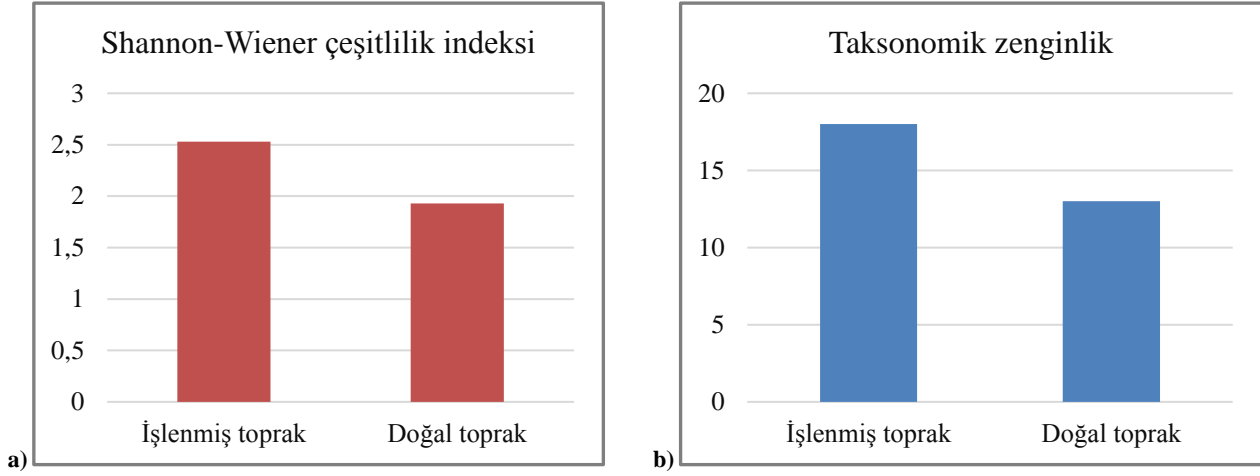
Taksonomik grupların oransal dağılımı açısından, sahalar arasında ciddi farklılıklar olmamakla birlikte; her iki alanda da en yaygın gruplar Akarlar (Oribatida, Mesostigmata, Prostigmata ve Astigmata,) ile Collembolalar (Onychiuridae, Hypogastruridae, Entomobryidae ve Isotomidae) olmuştur. Akar ve Collembolaların toprakta en baskın gruplar olduğu bulgusu pek çok araştırma tarafından da desteklenmektedir (Duyar, 2014; Duyar ve Makineci 2016; İnak ve Çobanoğlu, 2017).

Tablo 2: Çalışma alanlarındaki eklembacaklıların miktarı (birey/m²)

Taksonlar	Uygulama			
	İşlenmiş Toprak	Doğal çayır	Ortalama	Standard Hata
Onychiuridae	2761	4603	3682	1410
Hypogastruridae	736	1104	920	339
Entomobryidae	1473	1657	1565	760
Isotomidae	4419	1473	2946	1074
Oribatida	11597	34616	23107	15718
Mesostigmata	6074	5155	5615	1558
Prostigmata	9572	8101	8836	3432
Astigmata	552	0	276	276
Symphyla	184	1657	920	616
Paupoda	0	184	92	92
Protura	184	0	92	92
Diplura	368	0	184	116
Diptera	368	184	276	189
Larva	184	368	276	189
Isopoda	0	184	92	92
Toplam	38473	59284	48879	

Çalışma alanları toprak eklembacaklılarının biyolojik çeşitliliği açısından da değerlendirilmiştir. Doğal çayırılık alan, toprak işlenmesi yapılmış alandan daha fazla birey barındırdığı halde, işlenmiş toprağın biyolojik çeşitliliği daha yüksek bulunmuştur (Şekil 3). Bu farklılığın nedeni olarak, toprak işleme faaliyeti eklembacaklıların topluluklarını ve besin kaynaklarını alt üst ettiği için birey sayılarını

azalttığı; ancak işlenmiş toprak gevşetildiği ve daha fazla gözenekli olduğu için daha çeşitli taksonların da yaşamasına imkân verdiği biçiminde düşünülmektedir.



Şekil 3: Çalışma alanındaki toprak eklem Bacaklılarının biyolojik çeşitliliği a) Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi b) Taksonomik zenginlik

4. Sonuçlar

Toprak işleme toprağın fiziksel gevşetilmesine dayalı olarak, kök gelişimi ve tohumun toprakla buluşması için tarım ve ormancılıkta zaman zaman baş vurulan yöntemlerdir. Toprak faunası toprağın ayrılmaz ve en önemli bileşenlerinden biridir. Çalışmamızda da görüldüğü üzere toprak işleme toprak eklem Bacaklılarının sayısını azaltmıştır. Ancak oluşturduğu yeni yaşam ortamı sayesinde biyolojik çeşitliliğin artmasını sağlamıştır. Bu durum, toprak işleme faaliyetinin toprak ekosisteminde farklı etkileşimlere neden olabileceğini işaret etmektedir. Toprak eklem Bacaklılarının miktar ve çeşitliliğini artırmak için toprağı gevşetecek, ancak toprağı tamamen ters yüz etmeyecek toprak işleme yöntemlerinin uygulanması yararlı olacağı düşünülmektedir.

5. Kaynakça

- Bei-Bienko, G.Y., Blagoveshchenskii, D.I., Chernova, O.A., Datsig, E.M., Emel'yanov, A.F., Kerzhner, I.M., Loginova, M.M., Martynova, E.F., 1967. Keys to Insects of the European USSR, Akademiya Nauk, USSR.
- Bird, S.B., Coulson, R.N., Fisher, R.F., 2004. Changes in soil and litter arthropod abundance following tree harvesting and site preparation in a loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation, *Forest Ecology and Management*, 202, 195-208.
- Coleman, D.C. Crossley, D.A. Hendrix, P.F., 2004. *Fundamentals of Soil Ecology*, Academic press, USA.
- Dindal, D.L., 1990. *Soil Biology Guide*, Wiley, New York.
- Dombos, M., 2002. A Tullgren-type extractor for sampling springtails populations from small volume soil cores in high sample size, *Tiscia*, 33, 3-7.
- Duyar, A., 2014. Seasonal variations of soil arthropods (Arthropoda) in fir (*Abies bornmulleriana* Mattf.) ecosystems in Bolu-Aladağ. İstanbul University, Science Institute, (In Turkish with English Summary).
- Duyar, A., Makineci, E., 2016. Seasonal and altitudinal variations of soil arthropods in *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* forests. *Bosque*, 37(2), 335-345.
- Faber, J.H., van Wensem, J., 2012. Elaborations on the use of the ecosystem services concept for application in ecological risk assessment for soils, *Science of The Total Environment*, 415, 3-8.
- Fromm, H., Winter, K., Filser, J., Hantschel, R., & Beese, F. (1993). The influence of soil type and cultivation system on the spatial distributions of the soil fauna and microorganisms and their interactions. *Geoderma*, 60(1-4), 109-118.
- İnak, E., Çobanoğlu, S., 2017. Toprak Akarları (Acari: Oribatida) ve Ekotoksikoloji. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 89-96.
- Joo, S.J. Yim, M.H. Nakane, K., 2006. Contribution of microarthropods to the decomposition of needle litter in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantation, *Forest Ecology and Management*, 234, 192-198.
- Karaöz, M. Ö. 1989. Toprakların su ekonomisine ilişkin bazı fiziksel özelliklerinin laboratuvarında belirlenmesi yöntemleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 39(2), 133-144.
- Meehan, T.D. Drumm, P.K. Schottland, F.R. Oral, K. Lanier, K.E. Pennington, E.A. Pennington, L.A. Stafurik, I.T. Valore, D.V. Wylie, A.D., 2006. Energetic equivalence in a soil arthropod community from an aspen-conifer forest. *Pedobiologia*, 50, 307-312.

Meyer, J.R., 1994. Kwik-key to soil-dwelling invertebrates, Raleigh, NC, Vision Press.

Moldenke, A.R. Fichter, B.L. Forest, H.A.E., 1988. Invertebrates of the HJ Andrews Experimental Forest, western Cascade Mountains, Oregon. IV, the oribatid mites (Acari: Cryptostigmata), Portland, Or.: US Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

Nakamura, A. Proctor, H. and Catterall, C. P., 2003. Using soil and litter arthropods to assess the state of rainforest restoration. *Ecological Management and Restoration*, 4(s1) 20-28.

Orgiazzi, A. Bardgett, R.D. Barrios, E. Behan-Pelletier, V. Briones, M.J. Chotte, J.L. De Deyn, G.B. Eggleton, P. Fierer, N. Fraser, T. & Hedlund, K. 2016. Global soil biodiversity atlas. European Commission. Publications Office of the European Union, Luxemburg (176 pp).

Salmon, S. Mantel, J. Frizzera, L. Zanella, A., 2006. Changes in humus forms and soil animal communities in two developmental phases of Norway spruce on an acidic substrate, *Forest Ecology and Management*, 237, 47-56.

Santos, S.A.P. Cabanas, J.E. Pereira, J.A., 2007. Abundance and diversity of soil arthropods in olive grove ecosystem (Portugal): Effect of pitfall trap type, *European Journal of Soil Biology*, 43, 77-83.

Weidema, B. P., 2007. Framework for and review of biodiversity indicators for forest management in the context of product life cycle assessment. Draft report prepared for TetraPak. Hørsholm: 2.-0 LCA consultants.

Yur, M, Yılmaz, İ. H., 2016. The Effects of Soil Cultivation-Systems on Barley Yields and Some Soil Physical Properties in Van. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(4), 135-143.

ORMAN İŞLETMELERİNDE ODUN HAMMADDESİ SATIŞLARININ SATIŞ ZAMANI AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Ahmet Tolunay^{1*}, Emrah Kabasakal²

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta, Türkiye

ahmettolunay@isparta.edu.tr

² Orman Genel Müdürlüğü, Dış İlişkiler Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı Yayın Tanıtım Şube Müdürlüğü

emrahkabasakal@ogm.gov.tr

*Sorumlu Yazar

Özet

Orman Genel Müdürlüğü, üretim maliyetlerini ve üretim sürecinde ve sonrasında yaşanan değer kayıplarını azaltmak, uzun olan pazarlama sürecini kısaltmak, pazarın isteklerine uygun üretim yapabilmek ve orman köylüsünü kalkındırmak için 1996 yılından beri dikili ağaç satışı uygulamaktadır. Bu çalışmada dikili ağaç satışının, üretim sonrası odun hammaddesi satışına göre güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koymaya çalışılmıştır. Artvin ve Muğla Orman Bölge Müdürlüklerinde 3 adet dikili ağaç satışı incelenmiş, üretim sonrası odun hammaddesi satışı ile ekonomik olarak kıyaslanmıştır. İşletme Şefleri, Orman Genel Müdürlüğü İşletme Pazarlama Dairesi Başkanlığı Şube Müdürleri ve mühendisleri ile yapısal olmayan mülakatlar yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; dikili ağaç satışından beklentilerin tam olarak sağlanamadığı, ekonomik olarak her iki yöntemin benzer sonuçları olsa da, dikili satışın daha faydalı olabilmesi için yeni düzenlemelerin gerekliliği belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pazarlama, Orman Ürünleri, Satış Zamanı, Dikili Ağaç Satışı, İstihsal Sonrası Odun Hammaddesi Satışı, Orman Genel Müdürlüğü, Türkiye

1. Giriş

Ülkemizde 1996 yılından itibaren odun hammaddesi satışı, “önceden satış” ve “sonradan satış” olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. İstihsal öncesi satış; “dikili ağaç satışı” olarak adlandırılmakta dikili gövde halinde bulunan kesime uygun oldukları belirlenmiş ağaçların satışına denilmektedir. İstihsal sonrası satış ise; ağaçların kesilip, ürün çeşitlerine ayrıldıktan sonra, rampadan ya da belirli bir depodan alıcıya satılması yöntemidir.

Dikili ağaç satışı, Orman Genel Müdürlüğü tarafından, üretim maliyetlerini azaltmak ve böylece pazar payını elinde tutmak amacıyla, 5038 sayılı tamim ile 1996 yılında uygulamaya konulmuştur. Daha sonra 1998 yılında 6057 sayılı, 2004 yılında 6350 sayılı ve 2007 yılında 6521 sayılı tamimler ile üç kere değişikliğe uğratılmıştır. Uygulamada görülen aksaklıklar gidermek için 2013 yılında 6877 sayılı tamimle tekrar gözden geçirilmiş ve bugün uygulanan halini almıştır.

Bu çalışmada orman işletmelerinde odun hammaddesi satışlarının satış zamanı açısından “önceden satış” ve “sonradan satış” olmak üzere satış yöntemleri üzerine analizler yapılarak karşılaştırılması yapılmış, uygulanan bu iki satış yönteminin birbirine karşı avantajları ve dezavantajlarının örnek olarak seçilen üç orman işletme şefliği bazında değerlendirilmiştir. Ayrıca, Orman Genel Müdürlüğü’nün istihsal öncesi ağaç satışından, istihsal sonrası ağaç satışına kıyasla elde etmeyi düşündüğü avantajları ne ölçüde gerçekleştirdiği ve zayıf yönlerin geliştirilmesi için ne gibi değişikliklerin yapılması gerektiği açıklanmak istenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma Alanları

Araştırma alanı olarak Muğla Orman Bölge Müdürlüğü ve Artvin Orman Bölge Müdürlüğü’ne bağlı Orman İşletme Müdürlükleri bünyesindeki Orman İşletme Şeflikleri seçilmiştir.

Muğla Orman Bölge Müdürlüğü ‘nde yoğun kızılçam üretimi yapılmaktadır ve kızılçam üretimi konusunda ülkenin önemli bölge müdürlüklerinden biridir. Kızılçam üretiminin gerek teknikleri gerekse kızılçam ormanlarının tek tür olması sebebiyle daha güvenli takip edilebilmesi neticesinde dikili ağaç satışına daha uygun olduğu bilinmektedir. 1996 yılında dikili ağaç satışına ülkemizde ilk kez başlanırken de özellikle kızılçam tercih edilmiştir. Örnek alanlarda 2013 yılında yapılan dikili ağaç satışları incelenmiştir.

Artvin Orman Bölge Müdürlüğü ise, arazi, iklim ve pazara uzaklık gibi üretim maliyetlerini artırıcı birçok etmeni barındırması yüzünden dikili ağaç satışına en fazla ihtiyaç duyulan fakat dikili ağaç satışı yine iklim, arazi ve pazara uzaklık gibi etmenler yüzünden en zor uygulanabilen bölge müdürlüklerinden birisidir. Karışık meşcerelerde de dikili ağaç satışı inceleyebilme imkanı mevcuttur. 2012 yılında yapılan dikili ağaç satışı incelenmiştir.

Her iki bölge müdürlüğünde çalışmaya bu gerekçelerle karar verilmiştir. İşletme müdürlükleri ve işletme şefliklerinin seçiminde ise, bilgilere ulaşım kolaylığı yanında dikili ağaç satışının yapılacağı ve takvimleri uygun olan, arazi ve büro çalışmalarının takip edilmesini, çalışma ile ilgili her türlü bilgi ve belgeyi paylaşmayı, ankete katılmayı kabul eden işletme şeflikleri tercih edilmiştir.

Göcek orman işletme şefliği

Muğla Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı 12 Orman işletme Müdürlüğü'nden biri olan Fethiye Orman İştme Müdürlüğü sınırları içerisindeki 5 Orman İşletme Şefliği'nden biri olan Göcek Orman İşletme Şefliği 16.04.1964 yılında kurulmuştur. Toplam alanı 17 291,20 ha olan Göcek Orman İşletme Şefliği'nin 15 425,20 ha alanı ormanlık alandır. Bu ormanlık alanın 10.502,30 ha kısmı normal orman, 4 922,90 ha alanı ise bozuk ormandır.

Yapraktepe orman işletme şefliği

Muğla Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı 12 Orman işletme Müdürlüğü'nden biri olan Kemer Orman İştme Müdürlüğü sınırları içerisindeki 5 Orman İşletme Şefliği'nden biri olan Yapraktepe Orman işletme Şefliği 29.11.1968 yılında kurulmuştur. Toplam alanı 20 818,00 ha olan Yapraktepe Orman İşletme Şefliği'nin 16.379,50 ha alanı ormanlık alandır. Bu ormanlık alanın 12 537,00 ha kısmı normal orman, 3 842,50 ha alanı ise bozuk ormandır.

Zeytinlik orman işletme şefliği

Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı 6 Orman İşletme Müdürlüğü'nden biri olan Artvin Orman İştme Müdürlüğü sınırları içerisindeki 8 Orman İşletme Şefliği'nden biri olan Zeytinlik Orman İşletme Şefliği 18.01.1963 yılında kurulmuştur. Toplam alanı 14 350,30 ha olan Zeytinlik Orman İşletme Şefliği'nin 10 898,70 ha alanı ormanlık alandır. Bu ormanlık alanın 5 536,70 ha kısmı normal orman, 5 362,00 ha alanı ise bozuk ormandır.

2.2. Materyal

Çalışmanın ana materyalini, araştırma alanı olarak belirlenen Göcek, Yapraktepe ve Zeytinlik Orman İşletme Şefliklerinin üretim dosyalarından elde edilen bilgiler, Orman Genel Müdürlüğü İşletme Pazarlama Dairesi Başkanlığı'nın ülke genelinde oluşturduğu üretim cetvelleri ve araştırma alanında görevli Orman İşletme Şefleri ile Orman Genel Müdürlüğü, İşletme Pazarlama Dairesi Başkanlığı Şube Müdürleri ve Orman Mühendisleriyle mülakatlar sonucu elde edilen veriler oluşturmaktadır.

Orman Genel Müdürlüğü İşletme Pazarlama Dairesi Başkanlığı'nın dikili ağaç satışı ile ilgili üretim takip cetvelleri 2002 yılından itibaren 2012 yılına kadar ülke genelinde incelenmiştir. Bu incelemede dikili ağaç satışının her yıl arttığı ve Orman Genel Müdürlüğü'nün yoğun olarak üzerinde durduğu bu satış yönteminin, arazi çalışmaları ve sonrasında gerçekleştirilen büro çalışmaları takip edilmiş, dikili ağaç satışında üretime konu ağaçların belirlenmesinden üretim bölmesinin fiyatlanmasına kadar geçen sürede yapılan iş ve işlemler incelenmiştir. İstihsal Sonrası Satış ile İstihsal Öncesi Satışın arazi ve büro çalışmalarının farklarını ortaya koymak, sağladığı gelirler açısından kıyaslamak, sağladığı kolaylıklar ve zorlukları belirlemek için ilgili Orman İşletme Şefleriyle ve Orman Genel Müdürlüğü İşletme Pazarlama Dairesi Başkanlığı yetkileri ile mülakat yapılmıştır.

2.3. Yöntem

Çalışmada, mülakat, gözlem ve çeşitli dokümanların incelenme sonucu elde edilen verilerin kullanılması sebebiyle, betimsel ve içerik analizi olmak üzere iki veri analiz süreci kullanılmıştır. Katılımcı bir gözlem metodu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin özgün şekline mümkün olduğunca bağlı kalınmış ve betimsel bir yaklaşımla veriler sunulmuştur. Çalışma alanı olarak belirlenen sahalarda istihsal sonrası satış ile istihsal öncesi satışın farkını belirleyebilmek için kıyaslama yapılmıştır.

Mülakat tekniğinin tercih edilme sebepleri, iletişimi geliştirme olanağı sağlaması, daha derinlemesine bilgiler temin edebilmek için ek sorular sorabilme olanağı sağlaması, soruların herhangi bir sraya tabi olmadan sorulabilmesi ile cevaplayıcıya esneklik sağlaması, anlaşılmayan bir soru olduğunda mülakatçının soruları cevaplayana bunu açıklayabilme imkânı ve başkasına danışmadan kendi düşüncelerinin cevaplara yansıtması gibi faydalarının bulunmasıdır. Mülakat tekniklerinden yapılandırılmamış mülakatın seçilme nedeniyse, konunun ve genel çerçevesinin belirli olması, ayrıntıya girmeden istenilen bilgilerin teminin yeterli görülmesidir.

İhale aşaması ise daha sonra internet üzerinden takip edilmiştir. Üretim başladıktan sonraki işleyiş hakkındaki bilgiler de yine mülakat sonrasında elde edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. İstihsal Öncesi Dikili Ağaç Satışıyla İstihsal Sonrası Odun Ürünü Satışının Gelir Bakımından Karşılaştırılmasına Ait Bulgular

Dikili ağaç satışları gerçekleştirilen alanlarda elde edilen gelirler tespit edildikten sonra, geleneksel yöntem olarak tabir edilen istihsal sonrası odun ürünü satışı işlemi gerçekleştirilmiş olsaydı yaklaşık olarak ne kadar gelir elde edilebileceği de araştırılmıştır.

3.1.1. Fethiye Orman İşletme Müdürlüğü Göcek Orman İşletme Şefliği 22 No'lu Bölme Tahsisli Dikili Satış

Göcek Orman İşletme Şefliği 22 nolu bölmede 786,841 m³ dikili ağaç damgası yapılmış, bölme tahsisli dikili satışa konu edilmiş ve 149,00 TL fiyatla satılmıştır. Dikili ağaç satışından elde edilen gelir 117 239,31 TL olmuştur.

Göcek Orman İşletme Şefliği 22 nolu bölme vahidi fiyat usulü ile üretime verilecek olsaydı, öncelikle üretim birim fiyatlarının tespit edilmesi gerekmektedir. Birim fiyat için gerekli kriterler, bölmenin ortalama eğimi %40, sürütme mesafesi 80 m, 1 km ham yol, 22,50 km stabilize yol, 12 km asfalt yol verileri ile üretim birim fiyatları tespit edilir. Bölmede tahsisli dikili ağaç satışı yapıldığından tahsis bedeli belirlenirken zaten üretim birim maliyetleri de hesaplanmıştır.

Bölme verim yüzdesi tespitinde deneme ağaçları alındıktan sonra çıkması öngörülen ürün cins ve nev'ileri ve ürün miktarları bilinmektedir.

I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos 2019, Pamukkale,Denizli/Türkiye
I. International Science and Innovation Congress, 26-29 August 2019, Pamukkale,Denizli/TURKEY

Dikili satış sonrası 22 nolu bölmeden çıkan ürünler yuvarlak ağaç ölçü tespit tutanağında ürün cinsleri itibari ile belirlenmiştir. Nev'ileri ayrıca belli değildir. Fethiye Orman İşletme Müdürlüğü 2013 yılı açık arttırılmalı depo satışlarında ürünlerin nev'ileri arasında anlamlı farklılıklar bulunmaktadır.

Göcek 22 nolu bölme verim yüzdesi %115,62 hesaplanmış ve uygulama sonunda, %123,47 verim yüzdesi çalıştığı görülmüş ve tomruk, sanayi ve maden direk için çıkan cinsleri, çıkması öngörülen cins ve nev'ilere oranlamak yoluna gidilerek tüm nev'ilere üretilen miktar dağıtılmıştır.

Çıkan ürün cins ve nev'ilerinin miktarlarına Fethiye Orman İşletme Müdürlüğü 2013 yılı depo açık arttırılmalı orman emvali ürün cins ve nev'ilerinin ortalama satış fiyatları uygulandığında 153 551,41 TL muhtemel bir gelir elde edilebileceği ortaya çıkmış olup, bu durum Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Göcek şefliği 22 no'lu bölmeden istihsal sonrası odun hammaddesi üretiminden elde edilmesi muhtemel gelirler

Ürün Cinsi ve Çeşiti	Çıkması Öngörülen Ürün Miktarı m ³	Çıkan Ürün Miktarı m ³	2013 Yılı Ortalama Depo Satış Fiyatı TL	Muhtemel Gelir TL
3.S U.B. Kalın Kızılçam Tomruk	71,688	83,270	218,41	18 187,00
3.S N.B Kalın Kızılçam Tomruk	310,611	360,795	190,99	68 908,24
3.S K.B. Kalın Kızılçam Tomruk	144,842	168,243	177,03	29 784,06
3.S N.B. İnce Kızılçam Tomruk	57,148	66,382	165,36	10 976,93
3.S K.B. İnce Kızılçam Tomruk	18,936	21,995	160,55	3 531,30
Kalın Maden Direk	4,809	9,398	154,44	1 451,43
İnce Maden Direk	3,757	7,343	142,56	1 046,82
Kalın Sanayii	27,653	27,775	155,21	4 310,96
İnce Sanayii	25,812	25,926	141,93	3 679,68
İbrelili Lif Yonga	131,503	131,600	58,92	7 753,87
İbrelili Yakacak	67,630	101,400	38,67	3 921,14
Toplam				153 551,41

İstihsal sonrası odun hammaddesi üretiminde, üretim maliyetleri Orman Genel Müdürlüğü'nün sorumluluğunda olduğundan Göcek 22 nolu bölmenin üretim maliyetleri hesaplanmış, Tablo 2'den de görüleceği üzere toplam maliyet 47 434,80 TL olarak bulunmuştur.

Tablo 2. Göcek şefliği 22 no'lu bölmenin vahidi fiyatlara göre üretim maliyetleri

Çıkan Ürün Cinsi	Miktarı m ³	Birim Maliyeti TL	Toplam Maliyet TL
Tomruk	617,415	55,95	34 544,37
Tomruk Uzun Boy	83,270	60,38	5 027,84
Sanayi	53,701	55,95	3 004,57
Maden Direk	16,741	58,96	987,05
İbrelili Lif Yonga	105,000	19,44	2 041,20
İbrelili Yakacak Odun	95,400	19,18	1 829,77
Toplam			47 434,80

Fethiye Orman İşletme Müdürlüğü Göcek Orman İşletme Şefliği 22 nolu bölmenin üretimini vahidi fiyat usulü ile yapmış olsaydı yaklaşık olarak 47 434,80 TL masraf ederek 153 551,41 TL gelir elde edecekti ve bu üretim sonunda gelirler ile fiili giderler arasındaki fark 106 116,61 TL olacaktı. Dikili Ağaç Satışında 786,841 m³ dikili ağaç damgası ve 149,00 TL tahsis fiyatıyla birlikte elde edilen gelir 117.239,31 TL dir. Fethiye Orman İşletme Müdürlüğü'nün 22 nolu bölme üretim işini dikili ağaç satışı yöntemi ile gerçekleştirmiş olmasından doğan muhtemel pozitif gelir fazlası 11 122,70 TL 'dir.

3.1.2. Kemer Orman İşletme Müdürlüğü Yapraktepe Orman İşletme Şefliği 151-B Nolu Bölme Açık Arttırmalı Dikili Satış

Yapraktepe Orman İşletme Şefliği 151-B nolu bölmede 1 473,141 m³ dikili ağaç damgası yapılmış, bölme açık arttırmalı dikili satışa konu edilmiş ve 81,00 TL muhammen bedel belirlenmiştir. Yapılan açık arttırma sonrası 81,10 TL fiyatla satılmıştır. Dikili ağaç satışından elde edilen gelir 119 471,74 TL olmuştur.

Yapraktepe İşletme Şefliği 151-B nolu bölme vahidi fiyat usulü ile üretime verilecek olsaydı, öncelikle üretim birim fiyatlarının tespit edilmesi gerekmektedir. Birim fiyat için gerekli kriterler, bölmenin ortalama eğimi % 35, sürütme mesafesi 102 mt, 0,40 km ham yol, 1,60 km stabilize yol, 11,90 km asfalt yol verileri ile üretim birim fiyatları tespit edilir.

Bölme verim yüzdesi tespitinde deneme ağaçları alındıktan sonra çıkması öngörülen ürün cins ve nev'ileri ve ürün miktarları bilinmektedir.

Dikili satış sonrası 151-B nolu bölmeden çıkan ürünler yuvarlak ağaç ölçü tespit tutanağında ürün cinsleri itibari ile belirlenmiştir. Nev'ileri ayrıca belli değildir. Kemer Orman İşletme Müdürlüğü 2013 yılı açık arttırmalı depo satışlarında ürünlerin nev'ileri arasında anlamlı farklılıklar bulunmaktadır.

Yapraktepe 151-b nolu bölme verim yüzdesi % 95,63 hesaplanmış ve uygulama sonunda, % 94,28 verim yüzdesi çalıştığı görülmüş ve tomruk ve sanayi için çıkan cinsleri, çıkması öngörülen cins ve nev'ilere oranlamak yoluna gidilerek tüm nev'ilere üretilen miktar dağıtılmıştır.

Çıkan ürün cins ve nev'ilerinin miktarlarına Kemer Orman İşletme Müdürlüğü 2013 yılı depo açık arttırmalı orman emvali ürün cins ve nev'ilerinin ortalama satış fiyatları uygulandığında 192 352,93 TL muhtemel bir gelir elde edilebileceği elde edilebileceği belirlenmiş olup, bu hesaplamalar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Yapraktepe şefliği 151-b no'lu bölmeden istihsal sonrası odun hammaddesi üretiminden elde edilmesi muhtemel gelirler

Ürün Cinsi ve Nev'i si	Çıkması Öngörülen Ürün Miktarı m ³	Çıkan Ürün Miktarı m ³	2013 Yılı Ortalama Depo Satış Fiyatı TL	Muhtemel Gelir TL
3.S N.B Kalın Kızılcım Tomruk	423,185	456,342	192,60	87 891,47
3.S K.B. Kalın Kızılcım Tomruk	154,123	166,199	173,30	28 802,29
3.S N.B. İnce Kızılcım Tomruk	81,233	87,598	160,90	14 094,52
3.S K.B. İnce Kızılcım Tomruk	6,025	6,497	155,90	1 012,88
Maden Direk	22,246	17,602	148,23	2 609,14
Kalın Sanayii	205,694	163,504	147,30	24 084,14
İnce Sanayii	91,724	72,910	136,10	9 923,05
Kâğıtlık Odun	52,414	16,260	115,96	1 885,51
İbrelî Lif Yonga	284,712	302,470	58,50	17 694,50
İbrelî Yakacak	87,418	99,53	43,76	4 355,43
Toplam				192 352,93

İstihsal sonrası odun hammaddesi üretiminde, üretim maliyetleri de Orman Genel Müdürlüğü'nün sorumluluğunda olduğundan Yapraktepe 151-B nolu bölmenin üretim maliyetleri hesaplanmış, Tablo 4'te de görüleceği üzere 65 032,25 TL toplam maliyet bulunmuştur.

Tablo 4. Yapraktepe şefliği 151-b no'lu bölmenin vahidi fiyatlara göre üretim maliyetleri

Çıkan Ürün Cinsi	Miktarı m ³	Birim Maliyeti TL	Toplam Maliyet TL
Tomruk	716,636	53,60	38 411,69
Tomruk Uzun Boy	236,414	60,70	14 350,33
Sanayi	17,602	67,99	1 196,76
Maden Direk	16,260	60,70	986,98
İbrelî Lif Yonga	302,470	25,17	7 613,17
İbrelî Yakacak Odun	99,530	24,85	2 473,32
Toplam			65 032,25

Kemer Orman İşletme Müdürlüğü, Yapraktepe Orman İşletme Şefliği 151-B nolu bölmenin üretimini vahidi fiyat usulü ile yapmış olsaydı yaklaşık olarak 65 032,25 TL masraf ederek 192 352,93 TL gelir elde edecekti ve bu üretim sonunda gelirler ile fiili giderler

arasındaki fark 127 320,68 TL olacaktır. Dikili Ağaç Satışında 1 473,141 m³ dikili ağaç damgası ve 81,10 TL tahsis fiyatıyla birlikte elde edilen gelir 119 471,74 TL dir. Kemer Orman İşletme Müdürlüğü'nün Yapraktepe Orman İşletme Şefliği 151-B nolu bölme üretim işini dikili ağaç satışı yöntemi ile gerçekleştirmiş olmasından dolayı negatif fark 7 848,94 TL 'dir.

3.1.3. Artvin Orman İşletme Müdürlüğü Zeytinlik Orman İşletme Şefliği 33 No'lu Bölme Açık Arttırmalı Dikili Satış

Zeytinlik Orman İşletme Şefliği 33 nolu bölmede 2631,129 m³ dikili ağaç damgası yapılmış, bölme 85,00 TL muhammen bedelle açık arttırmalı dikili satışa konu edilmiş ve 85,10 TL fiyatla açık arttırmada satılmıştır. Dikili ağaç satışından elde edilen gelir 223 909,08 TL olmuştur.

33 nolu bölme vahidi fiyat usulü ile üretime verilecek olsaydı, öncelikle üretim birim fiyatlarının tespit edilmesi gerekmektedir. Birim fiyat için gerekli kriterler, bölmenin ortalama eğimi %70, sürütme mesafesi 220 m, 13 km ham yol, 26 km asfalt yol verileri ile üretim birim fiyatları tespit edilir.

Bölme verim yüzdesi tespitinde deneme ağaçları alındıktan sonra çıkması öngörülen ürün cins ve nev'ileri ve ürün miktarları bilinmektedir.

Dikili satış sonrası 33 nolu bölmeden çıkan ürünler, yuvarlak ağaç ölçü tespit tutanağında ürün cinsleri itibari ile belirlenmiştir. Nev'ileri ayrıca belli değildir. Artvin Orman İşletme Müdürlüğü 2012 yılı açık arttırmalı depo satışlarında ürünlerin nev'ileri arasında anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. Zeytinlik şefliği 33 nolu bölme verim yüzdesi Sarıçam %83,87, Gökmar %85,02 ve Ladin %85,40 olarak hesaplanmış ve uygulama sonunda %82,44 verim yüzdesi ile çalıştığı görülmüş ve tomruk için çıkan cinsleri, çıkması öngörülen cins ve nev'ilere oranlamak yoluna gidilerek tomruk nev'ilerine üretilen miktar dağıtılmıştır.

Çıkan ürün cins ve nev'ilerinin miktarlarına Artvin Orman İşletme Müdürlüğü 2012 yılı depo açık arttırmalı orman emvali ürün cins ve nev'ilerinin ortalama satış fiyatları uygulandığında 378 537,87 TL muhtemel bir gelir elde edilebileceği ortaya çıkmış olup, bu hesaplamalara ilişkin rakamlar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Zeytinlik şefliği 33 no'lu bölmeden istihsal sonrası odun hammaddesi üretiminden elde edilmesi muhtemel gelirler

Ürün Cinsi Ve Nev'i Si	Çıkması Öngörülen Ürün Miktarı m ³	Çıkan Ürün Miktarı m ³	2012 Yılı Ortalama Depo Satış Fiyatları TL	Muhtemel Gelir TL
3.S N.B Kalın Gökmar Tomruk	341,871	272,180	219,60	59 770,73
3.S N.B İnce Gökmar Tomruk	142,030	113,077	192,05	21 716,44
3.S N.B. Kalın Ladin Tomruk	675,323	511,285	218,24	111 582,84
3.S N.B. İnce Ladin Tomruk	313,681	237,487	197,82	46 979,68
3.S NB. Sarıçam Tomruk	20,033	14,887	212,36	3 161,40
Gökmar Kâğıtlık	151,360	250,309	154,64	38 707,78
Ladin Kâğıtlık	426,176	547,045	155,56	85.098,32
Sarıçam Kâğıtlık	6,265	8,496	157,59	1 338,88
İbrelî Lif Yonga	79,658	131,60	44,16	5 811,46
İbrelî Yakacak	86,887	101,40	43,10	4 370,34
Toplam				378 537,87

İstihsal sonrası odun hammaddesi üretiminde, üretim maliyetleri de Orman Genel Müdürlüğü' nün sorumluluğunda olduğundan Zeytinlik şefliği 33 nolu bölmenin üretim maliyetleri Tablo 6'dan da görüleceği üzere 177 437,59 TL olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6. Zeytinlik şefliği 33 no'lu bölmenin vahidi fiyatlara göre üretim maliyetleri

Çıkan Ürün Cinsi	Miktarı m ³	Vahidi Fiyatlara Göre Birim Maliyeti TL	Toplam Maliyet TL
Tomruk	1 148,916	85,83	98 611,46
Kâğıtlık Odun	805,850	85,83	69 166,11
İbrelî Lif Yonga	131,600	41,69	5 486,40
İbrelî Yakacak Odun	101,400	41,16	4 173,62
Toplam			177 437,59

Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Zeytinlik Orman İşletme Şefliği 33 nolu bölmenin üretimini vahidi fiyat usulü ile yapmış olsaydı yaklaşık olarak 177 437,59 TL masraf ederek 378 537,87 TL gelir elde edecekti ve bu üretim sonunda gelirler ile fiili giderler arasındaki fark 201 100,28 TL olacaktır. Dikili Ağaç Satışında 2 631,129 m³ dikili ağaç damgası ve 85,10 TL satış fiyatıyla birlikte

elde edilen gelir 223 909,08 TL'dir. Tablo 7'de görüldüğü gibi, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü'nün 33 nolu bölme üretim işini dikili ağaç satışı yöntemi ile gerçekleştirmiş olmasından doğan dikili satış lehine pozitif fark 22 808,80 TL'dir.

Tablo 7. Araştırma yapılan bölmelerde dikili satışlar ve sonradan satış yapılması durumunda ortaya çıkan sonuçların karşılaştırılması

İşletme Şefliği	Vahidi Fiyat İle Üretim İle Yapılan Sonradan Satış			Dikili Satış Geliri TL	Dikili Satış ve Sonradan Satışın Karşılaştırılması TL
	Satış Geliri	Maliyet	Net Kar		
	TL	TL	TL		
Göcek Orman İşletme Şefliği 22 nolu Bölme	153 551,41	47 434,80	106 116,61	117 239,31	+ 11 122,70
Yapraktepe Orman İşletme Şefliği 151-B nolu Bölme	192 352,93	65 032,25	127 320,93	119 471,74	- 17 848,94
Zeytinlik Şefliği 33 nolu Bölme	378 537,87	177 437,59	201 808,80	223 909,08	+ 22 808,80

3.1.4. Mülakat Bulguları

Araştırma alanı olarak çalışılan orman işletmelerinde, İşletme Şefi olarak görev yapan orman mühendisleri ile yapılan mülakatta kendilerine hem istihsal öncesi satış ve hem de istihsal sonrası odun satışı uygulamalarını yaptıkları için, 2 satış yönteminin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajlarını sorulmuştur. Cevaplarda her 2 satış yönteminde iş yükü açısından bir fark olmadığı belirtilmiştir. Genel olarak dikili ağaç satışı faaliyetlerinde, denetim konusunda daha titiz davrandıklarını belirtmişlerdir. Denetim sırasında artan iş yükünün yanında standardizasyon ve nakliye iş kalemlerinde işlerinin hafiflediğini belirtmişlerdir. Dikili ağaç satışının üretim maliyetlerini düşürdüğü, orman depolarında ürünlerin beklemesinden kaynaklanan değer kayıplarını ortadan kaldırdığını dile getirmişlerdir.

Çevik vd. (1996)'de çalışmalarında, dikili satış yönteminin işletmelere önemli bir uygulama kolaylığı ve işgücü tasarrufu sağlamadığı, sadece, üretilen mallar işletme depolarına getirilmediğinden standardizasyon, istif ve tasnif işlerinde iş gücü tasarrufu sağlandığı, buna karşılık koruma problemlerinin çıkacağı kuşkusuyla denetim amacıyla gerekenden bir miktar daha fazla personelin işlendirildiği sonucuna ulaşmıştır.

Orman köylülerine kalkındırma yönünden bakıldığında istenilen sonuçlara ulaşamadıklarını söylemişlerdir. Tahsisli dikili satış fiyatının, açık arttırılmalı dikili satış fiyatından daha yüksek çıkması sebebi ile orman köylülerinin ve kalkındırma kooperatiflerinin işi tescimlenmeye pek yanaşmadıklarını, ayrıca üretimde tecrübeli olsalar da ürettikleri orman ürünlerinin satışı noktasında yeteri kadar tecrübe sahibi olmamaları sebebi ile sorunlar yaşadıklarını dile getirmişlerdir. Bu konuda orman köylülerine yardımcı olunması gerektiğini belirtmişlerdir.

Verim yüzdesinin tespiti ve fiyatların belirlenmesinde mevcut yönetmeliğin yeterli olmadığını söyleyen uygulayıcılar, hem üreticiyi hem de kurumlarını zarara uğratmaktan endişe ettiklerini dile getirmişlerdir. Fiyat belirlenirken müteahhit karının da dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. İki satış yönteminin de kendi çalışmaları açısından herhangi bir farkı olmadığını dile getiren uygulayıcılar, dikili ağaç satışının henüz yeni bir uygulama olduğunu ve yaşanan aksaklıkların dikkate alınarak hem kendilerinin hem de üreticilerin sorunlarını gidermek maksadıyla oluşturulacak yönetmeliklerle geliştirilebileceğini söylemişlerdir.

Orman Genel Müdürlüğü İşletme Pazarlama Dairesi Başkanlığı yetkileri ile yapılan görüşmeler de ise; dikili ağaç satışının üretim maliyetlerini azaltması, depolarda mükerrer yükleme ve beklemekten kaynaklı değer kayıplarını ortadan kaldırması, orman köylülerinin kalkındırılması, piyasanın taleplerine daha iyi cevap verilebilmesi gibi faydalarının yanında, koruma faaliyetlerinin dikkatli yapılması durumunda büyük suistimaller oluşabilmesi ve verim yüzdesinin üretim alanını doğru temsil edememesi durumunda hem orman teşkilatının hem de üreticinin maddi zararlar yaşayabileceğini söylemişlerdir.

Orman Genel Müdürlüğü'nün tüm üretimini dikili ağaç satışı olarak gerçekleştirmesinin gerekli olup olmadığı noktasında ise, üretimdeki oranı biraz daha arttırılmasının gerektiğini belirtmişlerdir. Orman Genel Müdürlüğü'nün üretiminin tamamını dikili ağaç satışı olarak gerçekleştirmesinin, piyasanın her türlü odun hammaddesi ihtiyacını karşılamak ve piyasada oluşabilecek anormal fiyatlanmaları engelleyebilmek adına çok sağlıklı olmadığını söylemişlerdir. Alıcıların gerek pazarlama faaliyetlerindeki yetersizlikleri gerekse ürettikleri ürünleri depolayabilecekleri fiziki donanımına sahip olmamaları sebebi ile yeri geldiğinde ürünlerini bir an evvel elden çıkartmak için piyasa değeri yüksek kaliteli ürünleri üretmek yerine daha kolay satılabildiği ürünleri üretmek istemeleri, piyasanın odun hammaddesi ihtiyacının gerektiği gibi karşılanamamasına ve milli servetin değer kayıplarına yol açabilme riskinden endişe edilmesi gerektiğini söylemişlerdir. Ancak özellikle bozulan ve çabuk değer kaybeden türlerde, kayın gibi, muhakkak dikili ağaç satışının uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir. Çevik vd. (1996) çalışmalarında, yükleniciler piyasa değeri yüksek kaliteli ürünler elde etmek yerine alıcıyı en kısa sürede bulabilecek ürün çeşitlerinin üretilmesine yönelmiştir. Kesimlerin yapıldığı mevsimin kış aylarına rastlaması durumunda yakacak odun ürün çeşidinin üretimini tercih edilir duruma getirmektedir. Böyle olunca yakacak odunun üretim içerisindeki payının azaltılması bir yana, sanayide kullanılması söz konusu olabilecek tel direk, maden direk, lif yonga, kâğıtlık, sanayi odunu gibi ürün çeşitlerinin ya çok az miktarlarda üretildiği ya da hiç üretilmediği

görülmüştür. Hatta tomruk olabilecek ürünlerin bile yakacak oduna dönüştürüldüğü tespit edilmiştir. Bu durumun, müteahhidin kârlılığı açısından olduğu kadar yurt ekonomisi açısından da olumsuzluk yarattığını belirtmiştir.

4. Tartışma

Dikili ağaç satışı bir satış yöntemi olmayıp, sadece satışın zamanı ile ilgili bir kavramdır. Burada ağaçlar daha hasat edilmeden, ormanda canlı haldeyken satılmaktadır. Devlet ormanındaki ağaçlar dikili halde ve dikili hacim üzerinden satılırlar. Belirli bir orman alanında amenajman planına göre kesilmesine karar verilen ağaçların orman idaresince tespiti yapıldıktan sonra dikili halde satılması, alıcının da bu ağaçları keserek ormandan çıkartması işlemidir. Tüm hasat, bölmeden çıkartma, taşıma işleri ve üretim masrafları alıcıya aittir. Alıcı, orman idaresince kesilmek üzere damgalanmış ağaçları dikili olarak satın almakta, şartname kurallarına uygun olarak ve orman idaresinin denetimi altında ağaçları hasat ederek, ürün çeşitlerine ayırmakta ve değerlendirecekleri yere kadar taşımaktadır. Bölmenin satışa sunulmasından sonra Orman Genel Müdürlüğü sadece koruma ve usulsüzlüklerin takibi dışında, gerek üretim maliyetleri ve faaliyetleri ile pazarlama maliyetleri ve faaliyetleri dâhil hiçbir sorumluluk da taşımamaktadır.

Orman Genel Müdürlüğü'nün yıllara göre odun hammaddesi satışlarına ve tamimin güncellenmesinden de anlaşılacağı gibi, odun hammaddesi üretiminde dikili ağaç satışı ülkemizde artarak devam edeceği düşünülmektedir. Bu süreç içerisinde Orman Genel Müdürlüğü'nün dikili ağaç satışı ile ilgili olarak faaliyetlerinde farklılık yaratmayı düşündüğü faktörler incelendiğinde hedeflerine tam olarak ulaşamadığı görülmektedir. Dikili ağaç satışı ile ilgili olan tüm paydaşların görüşlerini dikkate alarak, yeterli sayıda olduğu bilinen dikili satış örneklerini de incelemek suretiyle, bir kez daha gözden geçirilmesi ve aksayan yönlerin giderilmesi için yapılabileceklerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Orman işletmelerinin odun hammaddesi üretiminde, işletmelerinin dinamikleri, pazar koşulları, itilaflar, bölgesel ve sektörel darboğazlar, orman köylülerinin kalkındırılması, ormanların korunması, karlılık ve bunlar gibi çok yönlü kriterler çerçevesinde bir analiz sonrası karar vermelerinin sağlanması gerekmektedir. İşletmelere dikili ağaç satışını rakamsal bir hedefle sunmak yerine, üretim faaliyetlerinde ellerini güçlendirecek, birçok etmeni göz önünde bulundurarak en efektif kararı verebilecekleri bir alternatif olarak sunmak gerekir.

Her ne kadar Orman Genel Müdürlüğü dikili ağaç satışı ile elde etmeyi düşündüğü faydaları değerlendirirken karlılığı ön planda düşünmese de dikili ağaç satışının vahidi fiyat yöntemi ile yapılan istihsal sonrası odun hammaddesi üretimi ile karlılık açısından karşılaştırılması gerekmektedir. Deneme alanları çerçevesinde yapılan değerlendirmede Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, Fethiye Orman İşletme Müdürlüğü, Göcek Orman İşletme Şefliği 22 nolu bölmede yapılan tahsisli dikili ağaç satışından Fethiye Orman İşletmesi yaklaşık 11 122,70 TL daha fazla net gelir elde etmiştir. Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, Kemer Orman İşletme Müdürlüğü, Yapraktepe Orman İşletme Şefliği 151-B bölmesinde yapılan açık arttırılmalı dikili ağaç satışından Kemer İşletme Müdürlüğü yaklaşık olarak 7 848,94 TL zarara uğramıştır. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Zeytinlik Orman İşletme Şefliği 33 nolu bölmede yapılan açık arttırılmalı dikili ağaç satışından ise Artvin Orman İşletme Müdürlüğü yaklaşık olarak 22 808,80 TL net gelir elde etmiştir. Zarar etmiş gözükten Yapraktepe İşletme Şefliği 151-B nolu bölme için dikili ağaç satışı için hesaplanan 95,07 TL maliyet bedelinden, ağaçların kalite durumu, üretimdeki güçlük ya da kolaylık kriterleri, tüketim merkezlerine uzaklığı, üretilecek ürünlerin, tüketim merkezlerine ulaştırılmadaki zorluk ve kolaylıklar, piyasa şartları ile son dikili ağaç satış ortalamaları gibi faktörler dikkate alınarak piyasada satılabileceği düşünülen en uygun fiyat olacak şekilde %14,80 oranında bir indirim yapılmış ve 81,00 TL muhammen bedel belirlenmiştir. Belirlenen indirim oranı bu çalışmanın deneme alanları içerisinde oldukça anlamlı bir farklılık göstermektedir. Fethiye Orman İşletme Müdürlüğü hesaplanan tahsis bedeline %0,25 bir artış eklemiştir. Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, ladin için 78,81 TL maliyet bedeli hesaplamış ve %7,9 bir artış yapmış, göknar için 80,13 TL maliyet bedeli hesaplamış %6,1 artış yapmış ve sarıçam için 87,20 TL hesaplanan maliyet bedelinden %2,5 indirim yaparak hepsi için 85,00 TL muhammen bedel belirlemiştir.

Yapılan çalışmadan da anlaşılacağı üzere aslında verim yüzdesinin ve dolayısı ile çıkması öngörülen ürünlerin bölmeyi temsil edecek şekilde tespit edilebildiği durumlarda, işletme müdürlüklerinde üretim faaliyetlerine, pazarın dinamiklerine hakim uygulayıcıların olağan üstü durumlar dışında, hangi üretim metodu ile daha avantajlı olacaklarını yaklaşık olarak tahmin etmeleri mümkündür.

Orman Genel Müdürlüğü dikili ağaç satışından beklentilerini konu ile ilgili hazırlanan tüm tamimlerde açıkça belirtmektedir. Bu beklentiler, alıcıların isteklerine uygun standartta orman ürünlerinin üretilerek kullanım alanlarına kısa sürede kaliteli ve taze olarak ulaştırılması, ekonomik olmayan kesme, sürütme, istifleme, taşıma ve depolama işlemlerinden kaynaklanan yüksek maliyetin önlenmesi, üretim masraflarından tasarruf edilmesi, ürünlerin satış istif yerlerinde beklemesiyle oluşan değer kayıplarının (çatlama, çürüme, ardaklanma, esmerleşme gibi) ortadan kaldırılması ve istiflemeye gerek kalmadan üretim-pazarlama periyodunun kısaltılmasına imkân vermesi gibi çok yönlü faydaları, ağaçların dikili halde satışının rasyonel ve çağdaş orman işletmeciliğine sağlayacağı düşünülen önemli katkılardır. Böylece bir yandan üretim ve pazarlama faaliyetleri daha ekonomik ve rasyonel hale gelecek diğer yandan da standardizasyon, ölçümleme hataları konusunda karşılaşılan sorunlar ortadan kalkacaktır (Anonim, 2013).

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen ülke genelindeki uygulama sonuçları, deneme alanlarından elde edilen veriler ve gözlemler ile yine uygulayıcılar ve merkezdeki yöneticiler ile yapılan yapısal olmayan mülakatlar çerçevesinde Orman Genel Müdürlüğü'nün dikili ağaç satışıyla ilgili beklentilerinin bir kısmının karşılandığı, bir kısmının ise beklenildiği gibi neticeleri olmadığı görülmüştür. İstihsal sonrası odun hammaddesi satışı ile istihsal öncesi dikili ağaç satışının birbirlerine karşı zayıf ve güçlü yönleri arasında bu beklentilerin değerlendirilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Beklentilerin karşılanması dikili ağaç satışının güçlü yönleri olurken, karşılanamayan beklentiler zayıf yönlerini oluşturmaktadır. Fakat zayıf yönlerinin de hazırlanacak yeni bir tamimle düzenlenmesi mümkün gözükmektedir.

Dikili ağaç satışının, istihsal sonrası odun hammaddesi satışına göre üstünlükleri aşağıda belirtilmiştir;

- Dikili ağaç satışı üretim maliyetlerini azaltmaktadır. Fakat bu, üretim faaliyetlerini üçüncü şahıslara yaptırarak tasarruf etmek anlamına gelmemektedir. Bu hususu en uygun şekilde, Çevik vd. (1996) çalışmalarında, “dikili satışta 1 m³ dikili ağacın

muhammen bedeli (ihale fiyatı) hesaplanırken kesme, taşıma ve depolama işlemi, işi alan tarafından yapılacağından bu işler için idarenin harcayacağı para (fiili masraf) satış fiyatına dahil edilmemiştir. İşletme üretimi kendisi yaptığı zaman ise, orman emvalinin satış fiyatına fiili masrafı dahil etmektedir. Dikili satışlarda kesme, taşıma ve depolama işlerinin idare tarafından yapılamamasını parasal yönden tasarruf olarak kabul etmek bu nedenle güç olsa gerek” şeklinde belirtmiştir.

- İstihsal sonrası odun hammaddesi satışında, odun hammaddesinin kesimiyle değerlendirilmesi arasındaki zamanda, bekleme nedeniyle görülen ardaklanma, kuruma, esmerleşme ve çürüme gibi bozulma ve değer kayıplarından, dikili ağaç satışıyla kurtulmak mümkündür. Azalan değer kayıpları da ürünlerin ekonomik değer bakımından verimliliğinin artmasını sağlamaktadır. Gerek açık arttırılmalı dikili ağaç satışı alan müdahatler gerekse tahsisli dikili ağaç satışı alan orman köylüleri pazarlama yeteneklerini arttırdıklarında ve dikili ağaç satışı ile elde ettikleri ürünleri makul bir süre depolayabildiklerinde, hem ürünleri gerçek piyasa değerlerine ulaşacak hem de piyasa isteklerine uygun üretim yapabilme olanağı ile alıcıların ihtiyaçlarına daha hızlı cevap verebilecek ve ticari faaliyetlerini daha rasyonel planlayabilecektir. Bu durumun, dikili ağaç satışına ilgiyi arttıracığı, ülkenin odun hammaddesi ihtiyacı sürekli ve kaliteli bir şekilde karşılanacağı ve ortaya çıkan koruma endişesini de azalacağı düşünülmelidir.
- Orman Genel Müdürlüğü'nün geleneksel yöntemle yapılan üretim sürecinde yaşadığı bir diğer değer kaybı da kesim sırasında ve standardizasyon esnasında yaşanabilen sorunlardır. Üretim işi vahidi fiyatla yaptırıldığından ve işin halen sahibi işletme olduğundan üretim içinde çalışanlar yüksek kesim, standartlara uygun standardizasyon işlemleri gibi dikkatli ve titiz olunmadığından değer kayıplarına yol açabilecek faaliyetlerde titiz davranmayabilmektedir. Dikili ağaç satışı yönteminde tüm mamulden üretici sorumlu olduğundan üretici yüksek kesimlere müsaade etmemektedir. Standardizasyon konusunda ise karar tamamen kendisinde olduğundan, işletmeyi ilgilendiren bir zarardan bahsetmek mümkün değildir.
- Orman Genel Müdürlüğü, pazarlama sürecinin uzun olması sebebi ile bu zaman kaybından kurtulmak için de dikili ağaç satışını faydalı görmektedir. Üretime başlanıp depolardan açık arttırma usulü ile ürünlerin satışına kadar geçen süre gerçekten çok uzun sürmektedir. Dikili ağaç satışı ile Orman Genel Müdürlüğü ağaçları dikili olarak yerinde satıldığından ve üretim ve satış ile ilgili süreçlere dâhil olmadığından pazarlama sürecini oldukça kısaltmaktadır.

Dikili ağaç satışının geleneksel yöntemle göre zayıflıkları arazide belirlenmiştir;

- Ormanların korunması açısından dikili ağaç satışı uygulamasında orman idaresi çok daha dikkatli olmalıdır. Gerekli kontroller yapılmadığı takdirde suiistimallere neden olduğu görülmektedir. Bu sebeple dikili olarak satışı yapılan ağaçların ormandan çıkarılıncaya kadar çok titiz bir şekilde takibi ve kontrolü yapılmalıdır.
- Dikili ağaç satışında önemli bir fayda gibi gözüken pazarın isteklerine uygun üretim yapabilme imkanı her zaman mümkün olmamaktadır. Üretim konusunda oldukça tecrübeli olan yüklenicilerin pazarlama hususunda gerekli donanımına sahip olmadıkları, pazar ihtiyaçlarını doğru tespit edemedikleri ve depolama imkanlarının da olmaması sebebi ile ürettikleri malları bir an önce satmak istemeleri, kolay satabilecekleri ürünlere yönelmelerine sebep olmaktadır. Bu durum kendi karları açısından olumsuz olduğu kadar milli servetin israfına, piyasanın isteklerinin karşılanmamasına ve dolayısı ile global bir zarara sebebiyete vermektedir. Eraslan (1971)'a göre “*Ülke orman ürünleri piyasasında, arz ve talep arasındaki ilişkinin normal olması ve fiyatların kararlılığı için, orman ürünlerini tüketen kullanma yerlerinin ve orman edüstri kollarının ayakta kalabilmesi ve istikrarlı bir şekilde varlıklarını koruyabilmeleri için, orman ürünleri kullanan her endüstri kolunun belirli kalitedeki ve boyutlardaki ürün çeşitlerinden belirli miktarlarda hammaddeye ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaçların devamlı ve sürekli olarak karşılanması lazımdır. Aksi halde bu işletmelerin, toplum içerisindeki fonksiyonlarını yapabilmesi ve ayakta kalabilmeleri imkânsızdır*”.

Özler (2013) yüksek lisans çalışmasında, Çevik vd. (1996) yaptıkları çalışmada dikili ağaç satışı ile pazar değeri yüksek mal üretimi beklentisinin karşılanmadığını belirtmiştir. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü için dikili ağaç satışında çözüm bekleyen sorunlardan biri olarak bunu göstermiştir.

- Bir başka zayıflık ise orman köylüsün kalkındırılması noktasındadır. Orman Genel Müdürlüğü dikili ağaç satışı ile orman köylülerinin kalkındırılması noktasında geleneksel yöntemle göre daha fazla fayda sağlayacağını düşünse de, orman köylüleri ve kooperatifleri dikili ağaç satışına beklenen ilgiyi göstermemiştir. En önemli sebep tahsis fiyatlarının açık arttırılmalı dikili ağaç muhammen bedelinden yüksek çıkmasıdır. Ayrıca orman kanununun 34. maddesinden doğan haklarını dikili ağaç satışında alamamaları, üretimde yeterli tecrübeye sahip olsalar bile pazarlama bilgilerinin yetersiz olması ve depolama kabiliyetlerinin olmaması da dikili ağaç satışına beklenildiği kadar sıcak bakmalarına sebep olmuştur.

5. Sonuç

Dünyada ve dolayısı ile ülkemizde de devam eden ekonomik darboğazlar, maliyetleri düşük odun hammaddesi ithalatı, nüfus artışının doğal olarak doğurduğu artan odun hammaddesi ihtiyacı ve yurt içinde ormancılığın, zorlu arazi ve iklim koşullarında yapıyor olması, Türker vd. (2009)'ünde belirttiği gibi Orman Genel Müdürlüğünün, geçmişte büyük oranda tekel pozisyonunda işletmecilik yapması, bu sebeple araştırma-geliştirme, halkla ilişkiler ve pazarlama gibi işletme işlevlerine önem vermemesi, yasal mevzuat gereği orman köylülerini istihdam ederek emek-yoğun teknoloji ile gerçekleştirdiği işletmecilik faaliyetleri sonucunda ürettiği odun hammaddesinin yüksek maliyet ve düşük nitelikte olması, kaldırılan gümrükler ile artan kıyı ve sınır ticareti neticesinde değişen ulusal pazarlardaki pazar payını kaybetmeye başlaması gibi kısıtlar göz önüne alındığında, Orman Genel Müdürlüğü'nün İşletme Pazarlama politikalarını gözden geçirirken dikili ağaç satışını da tekrar düzenlemelidir.

Türkiye genelinde yıllara göre odun hammaddesi üretim miktarları, satış tutarları ve üretim masrafları incelendiğinde, dikili ağaç satışının önümüzdeki yıllarda artarak devam edeceği açıkça görülmektedir. 1996 yılında başlayan dikili ağaç satışı uygulamasında

günümüze kadar dikili ağaç tamiminde görülen aksaklıkları gidermek maksadıyla dört kez değişiklik yapılmıştır. Bu çalışmalar, Orman Genel Müdürlüğü'nün dikili ağaç satışı geliştirerek yaygınlaştırmak istediğinin en önemli göstergelerinden birisidir. Bu sebeple, toplumun artan odun hammaddesi ihtiyaç ve taleplerini, ekonomik ve kaliteli olarak karşılamak için, Orman Genel Müdürlüğü'nün, pazarın ihtiyaçlarına daha hızlı cevap verebilen, pazarlama faaliyetleri esnasında meydana gelen zaman kayıplarına bağlı ürün değer kayıplarının ortadan kaldıran, üretim ve imalat kayıplarını azaltan dikili ağaç satışı yöntemini devam ettirebilmesi için, bu faaliyetin icrasında, konuyla ilgili her türlü paydaşın karşılaştığı aksaklıkların, faaliyetin gelişimi, ilerlemesi ve karşılıklı faydasının artırılması yönünde yasal düzenlemelerin, hızlı şekilde hayata geçirilmesine devam edilmesinin tüm paydaşların menfaatine olacağı açıktır. Daşdemir (2011)'inde belirttiği gibi *“Dikili ağaç satış yönteminde yaşanan sorunların çözümü amacıyla öncelikle ilgi gruplarının bir araya gelerek katılımcı yaklaşımla dikili ağaç satışı tamiminin yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.”*

Orman Genel Müdürlüğü'nün endişeleri; ormanların korunması, suistimaller, bedellerin zamanında tahsil edilememesi, orman-halk ilişkilerinin zedelenmesi, orman köylüsün kalkınmaması, ülkenin her türlü odun hammaddeli ihtiyacının karşılanamaması iken diğer paydaşlar ise verim yüzdesinin düşük çıkması, muhammen bedelin yüksek olması, tahsisli dikili ağaç satış bedelinin açık arttırılmalı dikili ağaç satışı bedelinden yüksek olması, 6831 sayılı Orman Kanunu'nun özellikle 34. maddesinden doğan haklarını alamadıkları gibi daha çok ekonomik ve sosyal kaygılar barındırmaktadır.

Bu kaygıların giderilmesi yönünde asgari müşterekte buluşmak, gelişmiş ülkelerin hemen hemen hepsinde ağırlıklı olarak uygulanan dikili ağaç satışı yöntemini ülkemizde de daha fazla ivmelenmesini sağlayacaktır.

Dikili ağaç satışında hem satıcı hem de alıcı için en hassas noktaların başında verim yüzdesinin tespiti gelmektedir. Ortaya çıkan en önemli dezavantaj kesinlikle verim yüzdesi tespitinin halen en fazla tartışılan konu olmasıdır. Konunun tüm paydaşları, verim yüzdesi tespiti hususunda hemfikir değildir. Verim yüzdesinin olağandan yüksek hesaplanması üreticinin zarar etmesine sebep olurken, düşük hesaplanması da orman idaresinin zararına sebep olmaktadır. Bu durum bir diğer sorunu da ortaya çıkartmaktadır. Zarar edeceğini anlayan üretici zararını azaltmak için kanun dışı yolları başvurabilmekte ve ormanların korunması hususunda ciddi problemler doğmaktadır. Orman idaresi yetkilileri verim yüzdesinin tespitinde çok hassas davranmalı, yeteri kadar deneme ağacı alındığından ve deneme ağaçlarını alırken bölmede, üretime konu edilen ve dikili damgaları yapılan ağaçların iyi temsil edildiğinden emin olmalıdırlar. Hem orman idaresinin hem de dikili ağaç satışı alan yüklenicinin kar ve zararı üzerinde doğrudan etkisi olan verim yüzdesinin gerçekçi tespiti, muhammen bedelin doğru belirlenmesinde en önemli faktördür. Bu durum her iki tarafın haklarının korunması açısından önemlidir. Verim yüzdesinin tespiti ile ilgili olarak yeni bir çalışma muhakkak gündeme alınmalıdır. Çevik vd. (1996) yaptıkları çalışmada bu konuda *“Amenajman planlarında verilen ve önemli miktarlarda hata ile yüklü olan tek girişli ağaç hacim tabloları bu amaçlarla kullanılmamalıdır. Aynı şekilde çift girişli hacim tabloları da bir miktar hata taşımaktadır. Ancak tek girişli hacim tablolarına göre çok daha sağlıklı hacimlendirme yapılmasına olanak tanımaktadır.”* sonucuna varmışlardır. Yine Erkan vd. (2010) çalışmalarında dikili ağaç satışı uygulamalarında hacmin belirlenmesinde çift girişli hacim tablolarının kullanımını araştırmış ve dikili ağaç satışına konu olan hacmin belirlenmesinde halen kullanılan tek girişli hacim tablosuyla hesaplanan hacim değerlerinin, çift girişli hacim tablosu kullanılarak daha sağlıklı belirlenebileceğini ortaya koymuştur.

Gültekin ve Çar (2010) dikili ağaç satışının istenilen düzeyde uygulanabilmesi için kooperatifler, üst birlikler ve müteahhitler için cazip hale getirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Dikili ağaç satışlarında birim fiyatlar hesaplanırken, alıcıya kar marjı bırakılmamaktadır. Tüm birim fiyatlarda olduğu gibi belli oranda müteahhit karı konulması dikili ağaç satışına talebi arttıracaktır. Bir başka talep artırıcı unsur ise; orman köylülerine ve kooperatiflerine verilen tahsisli dikili satışın tahsis fiyatları ile açık arttırılmalı dikili satışın muhammen bedelleri arasındaki, açık arttırılmalı dikili satış lehine oluşan fiyat farkının giderilmesi olacaktır. Bu fark orman köylüsünün ve kooperatiflerinin eleştirilerine, tahsisli dikili satışa soğuk bakmalarına ve üretim işlerinden uzaklaşmalarına sebep olmaktadır. Orman köylülerinin kalkındırılması ve dikili satışın özendirilmesi için, tahsis fiyatlarının ayrıca hesaplanması yerine, açık arttırılmalı dikili ağaç satışı muhammen bedeli üzerinden yapılacak indirimle orman köylülerine ve kooperatiflerine teklif edilmesi, verilecek miktarların hem üretim hem de pazarlama noktasında iş güçlerini aşmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca kooperatiflerin %25 hakkı bedellerinin ve ödenecek sigorta primlerinin dikili ağaç satışı muhammen bedelleri hesaplanırken de dikkate alınması, kooperatifler tarafından ödenen vergilerde devlet tarafından çeşitli indirimler ve kolaylıklar sağlanması, toplam satış bedelinin dikili kabuklu gövde hacmi üzerinden hesaplanan verim yüzdesi yerine üretim işi bittikten sonra çıkan ürünler üzerinden yapılması gibi düzenlemeler yapılabilir. İş gücü tespitinde ise sadece üretim faaliyetlerindeki kapasiteleri değil, üretilen ürünlerin pazarlanması noktasındaki yeterlilikleride iyi tespit edilmelidir. Orman köylüleri ve kooperatiflerinin üretim noktasında bilgili ve deneyimli olmalarına rağmen üretilen ürünlerin pazarlanması noktasında tecrübesiz ve yetersiz olabilecekleri göz önüne alınmalıdır.

Yüklenicilerin kısa vadede çözümlerinin zor olduğu belli olan pazarlama yetenekleri ve pazar ihtiyaçlarının tespiti ile depolama kapasitelerini artırılması noktasında Orman Genel Müdürlüğü gerekli yasal düzenlemeleri de yaparak imkân, bilgi ve tecrübelerinden faydalandırma yoluna gidebilir. 6877 Sayılı Dikili Ağaç Satışı Tamimi'nde *“Açık Arttırılmalı Dikili Ağaç Satış Şartnamesi”* madde 28 ile *“Tahsisli Dikili Ağaç Satış Şartnamesi”* madde 20'de belirtildiği gibi *“Her türlü kesim, sürütme ve taşıma araç ve gereçleri ile malzemeleri alıcıya aittir. Üretim makinesi talep edilmesinde halinde, kirası mukabilinde idarece verilebilir”* denilmektedir. Üretim faaliyetleri esnasında Orman Genel Müdürlüğü'nün sahipliğinde bulunan üretim makinalarının üreticilere kiralanması gibi mevcut depoların yüklenicilere kiralanması, mevcut tahsislerin dikili ağaç satışı yapan yüklenicilere yönlendirilmesi, pazar ihtiyaçları noktasında danışmanlık hizmetlerinin verilmesi gibi yöntemler izlenebilir.

Orman Genel Müdürlüğü'nün dikili ağaç satışını hem kendi uygulayıcıları ve denetleyicilerine hem de üreticilere daha iyi anlatması gerekmektedir. Üreticilerin kafalarındaki soru işaretlerini giderecek eğitimlerin yanında, dikili ağaç satışı ile kolay satabildikleri ürünlere yönelmek yerine pazarın ihtiyaçları çerçevesinde kaliteli ve geliri daha yüksek ürün cins ve nevelerine yönelmelerinin kendileri açısından daha karlı olacağı örneklerle anlatılmalıdır. Pazar istekleri dikkate alınmadan yapılacak olan üretim faaliyetlerinde daha az kar elde etme hatta zarar etme ihtimalleri yanında, doğal kaynak olan odun hammaddesinin yanlış kullanımı

dolayısı ile ülke ekonomisinin karşılaşacağı kayıplar da anlatılmalıdır. İşletmelerde görevli uygulayıcılar ve denetleyicilerin de dikili ağaç satışı ile ilgili bilgi düzeyleri, yapılacak hizmet içi eğitimlerle artırılmalıdır. Uygulama örnekleri incelenmeli ve karşılaşılan kolaylıklar ve zorluklar birlikte değerlendirilerek dikili ağaç satışı daha anlaşılabilir bir hale getirilmelidir. İşletmelere dikili ağaç satışı rakamsal olarak ulaşılacak bir hedef değil, belirli zorluklar ve zorunluluklar karşısında uygulayabilecekleri farklı bir yol olarak sunulmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tamamlanan “Orman İşletmelerinde Odun Hammaddesi Satışlarının Satış Zamanı Açısından Karşılaştırılması” konulu yüksek lisans çalışmasının bir özeti. Çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 4009-YL1-14 nolu proje ile desteklenmiş olup, bu desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

6. Kaynaklar

Anonim, 2013. “6877 No ‘lu Dikili Ağaç Satış Tamimi”, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

Çevik, İ., Taşçı, A., Şirin, G., 1996. “Kızılçam Ormanlarında Ağaçların Dikili Satılması Üzerine Araştırmalar”, *Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülteni*, No:3, 86s, İzmir.

Daşdemir, İ., 2011. “Dikili Ağaç Satışlarının Uygulanması Üzerine Değerlendirmeler” *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (20), 71-79.

Eraslan, İ., 1971. “Orman Amenajmanı”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi*, Yayın No: 169, 488s, İstanbul.

Erkan, N., Aydın, A.C., Birkan, M.B., 2010. “Dikili Satış Uygulamalarında Hacim Belirlenmesinde Çift Girişli Hacim Tablosunun Kullanımı” *Orman Mühendisliği Dergisi*, 47 (1-2-3), 22-25.

Gültekin, Y.S. ve Çar, E., 2010. “Ormanlıkta Dikili Ağaç Satışı Yönteminin Uygulanması Üzerine Araştırmalar” Erişim Tarihi: 01.11.2012. <http://akademikpersonel.duzce.edu.tr/selmangultekin/bildiri/selmangultekin> 01.03.2010_11.32.23bildiri.pdf

Özler, T., 2013. “Isparta Orman Bölge Müdürlüğünde Dikili Satışların Değerlendirilmesi” Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, 119s, Isparta.

Özmen, Z. M., 2010. “Bir Lisansüstü Öğrencisinin Telekonferans ve Uzaktan Eğitim Uygulamaları Dersindeki Deneyimleri”, *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 1 (2), 217-232.

Türker, M., F., Barlı, Ö., Ayyıldız H., 2009. “Türkiye Ormanlık Teşkilatında İşletme Kültürünü Belirlemeye Yönelik Bir Çalışma”, *Ormanlık ve Tabiat Koruma Vakfı*, 125s, Erzurum.

GEDİZ HAVZASI'NDA DEVLET FISTIK ÇAMI (*PINUS PINEA L.*) ORMANLARININ YÖRESEL HALK TARAFINDAN YARARLANMA ÖZELLİKLERİ

Ahmet Tolunay^{1*}, Akın Güleç², Mehmet Özmiş³

¹*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta, Türkiye*

ahmettolunay@isparta.edu.tr

²*Orman Genel Müdürlüğü, Milas Orman İşletme Müdürlüğü, Muğla, Türkiye*

akin_gulec@hotmail.com

³*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta, Türkiye*

mehmetozmis@gmail.com

**Sorumlu Yazar*

Özet

Bu çalışma, Gediz Havzasında yer alan İzmir ve Manisa İllerinde, mülkiyeti devlete ait olan fıstık çamı ormanlarının kullanım ve yararlanma özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışma, Gediz Havzasında geçmiş yıllarda yapılmış devlet fıstık çamı ağaçlandırma projeleri ile tesis edilmiş fıstık çamı ormanları ve fıstık çamının tabii olarak yayılış gösterdiği ormanların civarında bulunan köyler bazında yürütülmüştür. Bu alanların seçiminde kozalak verimine geçmiş, yani köy köylülere toplanmak veya toplatılmak suretiyle yöre halkına gelir sağlayan fıstık çamı ormanları dikkate alınmıştır. Çalışmada Gediz Havzasında geniş yayılış gösteren fıstık çamının önemli bir yan ürünü olan çam fıstığının sosyoekonomik önemini, bu ürünü kozalak halinde toplayarak gelir elde eden orman köylülerini ve ürünün ticaretini yapan ve tesislerde işleyen şahıs ve firmaların yöre ekonomisine sağladığı katkılar belirlenmiştir. Köy muhtarları/köylüler ile yapılan anket çalışmasının sonuçlarına göre; genel olarak çam fıstığı üretimi ile ilgilenen grubun yaş ortalamasının 46 ve üzerinde olduğu, genç nüfusun bu üretime ilgisiz olduğu saptanmıştır. Üreticiler ürünlerini aracı/tüccara satmakta olduklarını ve çam fıstığından elde edilen gelirlerinin düşük olmasından dolayı aynı zamanda tarım ve hayvancılık yaptıklarını belirtmişlerdir. Köy muhtarlarının diğer köylülerden farklı olarak ürünlerini ormanda ağaç üstünde pazarladıkları ve çoğu yerde toplanan ürün miktarından dahi haberdar olmadıkları görülmüştür. Orman idaresine tarife bedeli olarak ödenen ve kayıt altına alınan çam fıstığı kozalak miktarının gerçek üretim miktarının % 20'si civarında olduğu tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Kalkınma, Kırsal Kalkınma, Orman Kaynakları, Odun Dışı Orman Ürünleri, Fıstık Çamı, Gediz Havzası, Türkiye.*

1. Giriş

Orman içi ve kenarında yaşayarak yaşamını orman kaynaklarına bağlı olarak idame ettiren 21.226 adet orman köyünde de 7,1 milyon orman köylüsü (1985 yılında 10,2 milyon idi) bulunmaktadır. Orman köylüsünün başlıca geçim kaynağı ormanlardır (Orköy, 2008).

Ormanlarımız çoğunlukla odun hammaddesi kaynağı olarak görülmektedir ve ormanların diğer fonksiyonları yeterli seviyede dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle yaklaşık 7,1 milyon orman köylüsü için odun üretimi çalışmalarında yaratılabilen istihdam miktarı (orman köylüleri için), her yıl değişmekle birlikte yaklaşık 300.000 hane civarındadır. Odun üretiminin sürekliliğe sahip olmaması, orman köylülerinin sosyal güvenlikten mahrum olmaları ve zor coğrafik şartlarda yaşıyor olmalarından ötürü yaşam standartları Ülkenin kırsal kesim ortalamasının çok altındadır. Bu ise orman köylerinde göçün artması, genç nüfusun azalması, orman köylerinin boşalması gibi birçok sosyal soruna yol açmaktadır (Or-Koop, 2009).

Ülkemizdeki orman köylerinin neredeyse tümüne yakını tarım arazisine sahip değildir. Orman dışında herhangi bir gelir kaynağına sahip olmayan orman köylüsünün yaşam standardının yükseltilebilmesi ormanların çok amaçlı fonksiyonlarının artırılması ve orman köylüsünün yararına sunulmasıyla mümkün olacaktır (Or-Koop, 2009).

Ülkemizde ormancılık sektöründe, odun dışı orman ürünlerinin üretimi temelde iç ve dış taleplere bağlı olarak gerçekleşmekte olup, ülkemizin mevcut potansiyelinin yurt içi talebe göre yüksek olması ve endemik türlerce zengin olması nedeniyle ihracat şansı yüksektir (Geray, 1998).

İç ve dış pazarlarda değerlendirilebildiği için gelir sağlayan, daha çok orman içi ve orman kenarı köylülerini ilgilendirmekte olduğundan, gelir seviyesinin artırılması yönünden önemli pek çok odun dışı orman ürünü söz konusudur (Or-Koop, 2009).

Dünyada halen dış ticarete önem sahibi odun dışı orman ürünü sayısı 150 ve yıllık dış ticaret hacmi ise 1,1 milyar dolar olarak tahmin edilmektedir (DPT, 2001). Dünya odun dışı orman ürünleri ihracatından en büyük payı 1,3 milyar \$'la 2010 yılında Çin almıştır. Dünya ihracatının %15,8'ini gerçekleştiren Çin'i, 939 milyon \$'la Hindistan takip etmektedir. Dünya ihracatından %11 pay alan Hindistan'ı 908 milyon \$'la ABD üçüncü sıradan takip etmektedir. Bu üç ülkeden sonra odun dışı orman ürünleri sektöründe söz

sahibi olan ülkeler sırasıyla Almanya (%8,6) ve Mısır (%3,5) olmuştur. Türkiye ise 196 ülke arasından dünyanın en fazla odun dışı orman ürünü ihracatı yapan 21. ülkesi olarak yerini almıştır (OAİB, 2011).

Türkiye ormanlarının zengin biyolojik çeşitliliği, ülkenin değişik yörelerinde yayılış gösteren zengin odun dışı orman ürünleri kaynaklarının yer almasına imkân sağlamaktadır. Odun dışı orman ürünleri kaynaklarının yönetimine verilen önem ve ağırlık ile bu alandaki kurumsal kapasite yeterli değildir. Odun dışı orman ürünlerinin ihracat gelirleri yılda 100 milyon doların üzerinde tahmin edilmektedir. Yerel halkın geçiminde katkı değeri oldukça önemli olan odun dışı orman ürünleri kaynaklarının potansiyel değerleri hesaplanan değerlerinin çok üzerindedir. Odun dışı orman ürünleri; otsu bitkilerle odunsu taksonların odunları dışındaki her türlü uçucu yağları, meyve, tohum, çiçek, yaprak, kabuk, kök, genç dal ve sürgünleri, soğan, yumru ve rizomları ile mantarları kapsamaktadır. Son yıllarda odun dışı orman ürünlerine olan talep çok artmıştır. Kültür türleri ve genleri ile oynanmış ürünlerin olumsuzlukları ile ilgili yayınlar insanların doğal ürünlere talebini artırmıştır. Bu yöneliş odun dışı orman ürünleri talebini ve ticaretini olumlu etkilemiştir. Bu ürünlerin ticaretinde ülkemiz önemli pay sahibidir. Ülkemiz coğrafyasının ve ekolojilerinin sağladığı avantajlar ile bazı ürünlerde dünya ticaretinde avantajlı konumda bulunmaktadır (DPT, 2006).

Ülkemizde doğadan toplanarak ticareti yapılan tür sayısı 346 olup bunların 98'inin ihracatı gerçekleştirilmektedir. Ticareti yapılan türler içerisinde 24 endemik tür bulunup bunların 7'si de ihraç edilmektedir. Örnek olarak adaçayı, kekik, çöven ve şalba'nın bazı türleri endemik olup ihraç edilmektedir. Yine doğadan toplanan ve aktarlar, semt pazarları ve marketler aracılığıyla ticareti yapılan türlerin sayısının 179 olduğu tespit edilmiştir (Özhatay, 1997).

Son yıllarda odun dışı orman ürünlerine olan talep çok artmıştır. Kültür türleri ve genleri ile oynanmış ürünlerin olumsuzlukları ile ilgili yayınlar insanların tabii ürünlere talebini artırmıştır. Bu yöneliş odun dışı orman ürünü talebini ve ticaretini olumlu etkilemiştir. Bu ürünlerin ticaretinde Ülkemiz önemli pay sahibidir. Ülkemiz, coğrafyasının ve ekolojilerinin sağladığı avantajlar ile bazı ürünlerde dünya ticaretinde avantajlı konumda bulunmaktadır (OAİB, 2011).

Ülkemizin odun dışı orman ürünü ihracat gelirinin yılda 100 milyon doların üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. İhracatın büyük bölümü az sayıdaki özel sektör ihracatçı firmaları tarafından İzmir'den yapılmaktadır. İhraç gelirleri içinde önemli yeri olan ürünler arasında ise kekik, çam fıstığı, defne yaprağı, mantarlar, keçiboynuzu, tarçın, kimyon, ardıç, kişniş v.b. yer almaktadır. Yerel halkın geçimine katkı değeri oldukça önemli olan odun dışı orman ürünü kaynaklarının potansiyel değerleri hesaplanan değerlerinin çok üzerindedir (OAİB, 2011).

2010 yılında dünyanın en büyük odun dışı orman ürünleri ithalatçısı 1,3 milyar \$'lık ithalatı ile ABD'dir. Onu sırasıyla Almanya (%8), Japonya (%5,8), Fransa (%4,5) ve Hong Kong (%4,4) takip etmiştir. Türkiye, odun dışı orman ürünleri ithalatı yapan 219 ülkeden 32.'si olarak dünya sıralamasında yerini almıştır (OAİB, 2011).

2006 yılı verilerine göre; İspanya da ortalama iç fıstık fiyatı (yetiştirildiği bölgeden bölgeye değişmekle birlikte) 35 €/kg olarak belirtilmiştir (Berrahmouni, et al., 2007). İspanya, Portekiz ve İtalya da yıllık kozalak verimliliği 1000 kg/ha'nın üstünde olan verimli sahalardan bulunduğu bildirilmektedir. İspanya da yıllık kozalak verimliliği (meşcerenin bonitetine ve yıllara göre değişmekle birlikte) 150-570 kg/ha dır (Montero et al., 2004). Portekiz de çam fıstığı üretiminin % 62'sinin Alcaacer do Sol şehrinde yapıldığı ve ekonomik getirisinin üreticiye 20 milyon euro, bölge ekonomisine ise 40 milyon euro olduğu belirtilmiştir (Costa et al., 2008).

Odun dışı orman ürünlerinin tüm bu özellikleri dikkate alındığında, Ormanlık ilkelerimiz arasında yer alan; sürdürülebilirlik, çok amaçlı yönetim ve faydalanma, katılımcılık, biyolojik çeşitliliğin korunması ve toplumun kalkınmasına; önemli bir katkı sağlayacağına inanılmaktadır (OGM, 2004).

Ormanlık sektörü özellikle odun dışı orman ürünleri sayesinde, orman içinde ve civarında yaşayan orman köylülerinin yaşam standartlarının artırılmasına da olanak sağlayacaktır. Odun dışı orman ürünlerin bu özellikleriyle gerek Ülke ekonomisine gerekse orman köylülerine sağlayacağı katkı göz önüne alındığında önemi bir kat daha artmaktadır.

Bu çalışmada Gediz Havzası kapsamında Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından işletilen ve Gediz Havzasında yer alan, mülkiyeti devlete ait olan fıstık çamı ormanlarının civar köy tüzel kişiliklerine ve yöresel ekonomiye sağladığı katkıların miktarı ve mahiyeti ortaya koymaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada birincil ve ikincil verilerden yararlanılmıştır. Birincil verileri, çalışmada seçilen köylerde köy tüzel kişiliğini temsil eden muhtarlar ve köylülere uygulanan anketler sonucunda elde edilen veriler oluşturmaktadır. Çalışmada ikincil veriler olarak, İzmir Orman Bölge Müdürlüğü bünyesinde yer alan orman işletme şefliklerine ait veriler, geçmiş yıllarda tesis edilmiş ve fiili olarak kozalak verimine geçmiş devlet fıstık çamı ormanları, Orman Genel Müdürlüğü değerlendirme raporları, çam fıstığı üretim ve pazarlaması yapan kişi, kurum ve kuruluşların verilerinden yararlanılmıştır.

Veri toplamak amacıyla hazırlanan anket formunda yer alan sorular, fıstık çamı kozalağından gelir elde eden köylü ve yöre halkının elde ettiği gelir ve bu geliri kullanım biçimini belirlemeye yöneliktir. Anket soruları, teknik olarak çoktan seçmeli ve açık uçlu olarak hazırlanmıştır. Çalışmanın amaçlarına göre hazırlanmış anket formları araziye gidilerek, köy muhtarları ve köylülerle yapılan yüz yüze görüşmelerle doldurularak toplanmıştır.

Gediz Havzası içerisinde kalan fıstık çamı alanları taranmış, kozalak verimine geçmiş olduğu saptanan fıstık çamı ormanları civarında yer alan İzmir ve Manisa İlleri içerisinde kalan köyler belirlenmiştir. Belirlenen bu köylerden Manisa İli Sarıgöl (Dadağlı, Selimiye, Aşar, Baharlar, Bahadırılar, Çimentepe, Kahramanlar, Dindarlı, Güneydamları, Yeşiltepe, Sığırtmaçlı), Alaşehir (Matarlı, Soğanlı, Söğütüdere, Türkmenköy, Tepeköy, Kasaplı, Evrenli), Akhisar (Beyoba, Sazoba), Kula (Hayallı, Esenyazı), Salihli (Poyrazdamları, Kurttutan, Kemer, Yağbasan, Hacıhıdır), Saruhanlı (Kumkuyucak, Kemiklidere, Hacımusa, Osmaniye, Apak,

Tablo 2. Fıstık çamı ormanlarının orman işletme şefliklerine dağılışı (Bektaş, 2013)

Şeflik Adı	Alanı	Şeflik Adı	Alanı	Şeflik Adı	Alanı
Kozak	15937,4	Zeytinliova	867,8	Kavakalan	149,8
Saruhanlı	3035,3	Gaziemir	856,5	İncecikler	149,7
Uluderbent	2442,8	Gölmarmara	804,7	Salihli	123,5
Borlu	1935,8	Ödemiş	607,9	Bergama	89,5
Torbalı	1655,8	Güneşli	545,6	Bayındır	86,1
Gördes	1549,8	Selçuk	526,6	Urla	83,7
Sarıgöl	1456,5	Poyracık	477,8	Başalan	70,9
Demirci	1212,0	Yuntdağı	460,5	Şahinkaya	70,1
Adala	1103,3	Karaburun	450,1	Gümüldür	69,0
Menemen	1096,6	Selendi	432,1	Kiraz	67,2
İzmir	1045,6	Alaşehir	411,4	Seferihisar	67,2
Kula	1036,4	Sarıçam	393,3	Göktepe	54,7
Kınık	995,0	Akhisar	297,1	Turgutlu	51,4
Dikili	970,1	Manisa	282,1	Karabel	38,8
Kırkağaç	965,3	Gökseki	229,8	Bornova	28,4
Soma	944,5	Tire	197,1	Kemalpaşa	15,7
Yenişakran	926,9	Madra	173,3		
Ovacık	892,0	Göçbeyli	170,5	Genel Toplam	48720,7

33455.7 hektar fıstık çamı ormanının %63'ü Manisa ilinde %37'lik kısmı ise İzmir ili sınırları dâhilinde yer almaktadır. Kozak ve Madra Orman İşletme Şefliklerinde 15265,1 ha tapulu fıstık çamı ormanı bulunmaktadır.

Tablo 3. Fıstık çamı ormanlarının orman işletme müdürlüklerine dağılışı (Bektaş, 2013)

İşletme Müdürlükleri								
Fıstıkçamı	Manisa	Demirci	Bergama	Akhisar	Bayındır	İzmir	Gördes	Toplam
Alan (ha)	9881,3	4687,2	4623,8	4083,9	4032,6	3751,6	2395,3	33455,7

Son yirmi yıldan beri yoğun olarak yapılan ağaçlandırma faaliyetlerinde fıstık çamı türüne ağırlık verilmesi İzmir ve Manisa illerinde fıstık çamı ormanlarının varlığını artırmıştır.

Orman İşletme Müdürlüklerinin son 5 yıllık fıstık çamı kozalağı üretim ve satış miktarı Tablo 4'te gösterilmiştir. Tablo da görüldüğü üzere orman işletme müdürlüklerine ait tarife bedeli ile üretilen fıstık çamı kozalağı miktarlarının yıllık değişkenliğinde büyük farklar bulunmaktadır. 2012 yılı itibariyle üretim miktarında hızlı bir düşüş meydana geldiği görülmektedir. Bu durum iki ihtimali akla getirmektedir. Birincisi köylü toplamış olduğu fıstık çamı kozalağını kayıtsız ve izinsiz olarak satışını gerçekleştirmektedir. İkincisi ise genel alanda fıstık çamı kozalağının rekoltesinde düşüş yaşanmaktadır. Bilindiği üzere fıstık çamı ağaçlarına arız olmuş ve kozalak içinde yer alan tohumların büyümesini engelleyen, tohumun kozalak içerisinde çürümesine neden olan bir zararlının varlığı bilinmektedir. Ege Ormançılık Araştırma Müdürlüğü'nün kozalak zararlısının tespiti ve alınabilecek önlemler üzerine yürütmüş olduğu çalışma devam etmektedir.

Tablo 4. Fıstık çamı kozalağı üretiminin orman işletme müdürlüklerine dağılımı

İzmir Orman Bölge Müdürlüğü								
Odun Dışı Ürünler	Fıstık Çamı Kozalağı (Kg)							
	İşletme Müd.	Akhisar	Bayındır	Bergama	Demirci	Gördes	İzmir	Manisa
2009	50.000	3.530	147.313	1.000	10.820	3.000	13.460	229.123
2010	122.935	12.990	121.917	0	4.000	0	27.300	289.142
2011	155.864	1.880	70.723	4.000	0	0	20.295	252.762
2012	97.722	10.000	42.768	0	0	7.000	4.310	161.800
2013	39.469	1.000	2.399	0	0	9.780	0	52.648
Toplam	465.990	29.400	385.120	5.000	14.820	19.780	65.365	985.475

Orman idaresine gelen ihbar ve şikâyetler neticesinde fıstık çamı kozalaklarının olgunlaşma zamanından önce ağustos- eylül aylarında orman idaresinin bilgisi ve izni dışında yöre halkı tarafından toplandığı ve idare kayıtlarına alınmadığı bilinmektedir. Tüm bu sebepler kayıtlı üretimde yer alan düşüşü açıklamada bize ışık tutacaktır.

Sarıgöl Orman İşletme Şefliği Fıstık Çamı Tali Ürün Üretim Planında meşcere tiplerine göre öngörülen kozalak miktarı Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Sarıgöl Orman İşletme Şefliği 2013 yılı fıstık çamı ormanlarının durumu

Mescere Tipi	Alanı (ha)	Ağaç Adedi	Tek Ağaçta Kozalak (adet)	Kozalak (Kg)	Kabuklu Fıstık (Kg)
Çfa	644.5				
Çfab2	214.8	34,589	2	23,060	4,612
Çfb2	339.9	81,908	4	109,211	21,842
ÇzÇfab2	63.4	4,625	2	3,168	634
ÇzÇfb3	139.9	20,363	4	27,151	5,430
TOPLAM	1456.5	141,486	12	162,589	32,518

İzmir Orman Bölge Müdürlüğü kayıtları baz alınarak (Çukur, 1994) hazırlanan tabloda bir adet olgun ağacın 100 - 200 adet kozalak verdiği; bir adet kozalağın ortalama 350 - 450 gr olduğu; bir adet normal kozalakta 60 - 80 adet tohum bulunduğu ve bundan 13 - 15 gr iç fıstık elde edildiği belirtilmiştir. Buna göre ortalama 3 kozalak 1 kg gelmekte, 4 kg tohumdan da 1 kg iç fıstık elde edilmektedir. Fırat (1943) tarafından yapılan çalışmaya göre Kozak yöresinde iyi gelişmiş bir tepe yapısına sahip 60-90 yaşları arasındaki fıstık çamı bireylerinde ortalama 150-350 adet ve Mazon yöresinde ise ortalama 500 adet kozalak alınabileceği belirlenmiştir. Sülüsoğlu (2004) tarafından yapılan çalışmada ise bu miktarın 15-20' li yaşlardaki fıstık çamı bireylerinde ortalama 50 kozalak civarında olduğu bildirilmektedir. Kozak ve Mazon yörelerinde fıstık çamı ormanlarında bir ağaçtaki kozalak miktarı 22 ve 56 adet, hektardaki ortalama verim ise 68.3 kg ve 11,85 kg iç fıstık olarak belirlenmiştir (Şafak ve Okan, 2004. atfen Bilgin ve Ay, 1997). 283 no.lu Tebliğde, 20-80 yaşları arasındaki ağaçlardan azami 100-120 kg (Yaklaşık 300 adet) kozalak elde edilebilmekte, bunun da 6-8 kg. kadar iç (kabuksuz) çam fıstığı elde edilmektedir. 1 kg iç (kabuksuz) fıstık, 4 kg kabuklu fıstıktan elde edilmektedir. İzmir Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı şefliklerde yapılmış fıstık çamı ODOÜ planları içerisinde, ağaç başına 62 adede kadar kozalak öngörülmüştür. Görüldüğü gibi çok farklı ürün tahminleri bulunmaktadır. Meşcerenin çağ sınıfı, bonitet sınıfı, bakısı, rakımı gibi pek çok faktöre göre hektarda elde edilen kozalak miktarı değişiklik göstermektedir.

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Anket çalışması sırasında çam fıstığı üretimi yapan köylüler tespit edilmeye çalışılmış olup toplam 128 kişiyle görüşülmüştür. Tablo 6'da görüldüğü gibi çalışmaya katılanların %1,6'sı kadınsa %98,4 ü erkektir. Çam fıstığı hasadı sırasında ağaç üzerine çıkılmak suretiyle toplama yapılması gerekmektedir. Kadınların üretim faaliyetlerine katılımı, işin zorluğu sebebiyle sınırlı oranda kalmaktadır

Tablo 6. Çam fıstığı üretim faaliyetlerine katılanların cinsiyet durumu

Cinsiyet	Yüzde (%)
Kadın	1,6
Erkek	98,4
Toplam	100

Çam fıstığı üretimi yapan köylülere bakıldığında, yaş ortalaması 46 olarak tespit edilmiştir. Tablo 7'de görüldüğü gibi Çalışmaya en çok %47 oran ile 45-54 yaş aralığında, en az ise %1 oran ile 65 ve üzeri yaş aralığında katılım olmuştur.

Tablo 7. Çam fıstığı üretim faaliyetlerine katılanların yaş dağılımı

Yaş aralıkları	Yüzde (%)
16-24	2
25-34	13
35-44	21
45-54	47
55-64	16
65 ve üzeri	1
Toplam	100

Anket çalışmasında ilk olarak köy muhtarları/köylülere bir yıllık dönemde ortalama ne kadar üretim yaptığı, ürünün satışından elde etmiş oldukları gelir sorulmuş ve ilgili sonuçlar Tablo 8’de gösterilmiştir.

Bazı köylerde fıstık çamı kozalağının tüccara götürü bedel karşılığı verildiği, bu tip yerlerde kozalak toplama işinin aracı/tüccar tarafından köylülere yaptırıldığı, çıkan üründen bağımsız olmak üzere köy tüzel kişiliği ile tüccar arasında üç yıllık sözleşme yapılmak suretiyle üretimin gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu şekilde üretimin yapıldığı köylerde aracı/tüccar köy tüzel kişiliğine eşit miktarlar halinde yıllık olarak kozalak bedeli ödediği görülmüştür. Bu köylerde yıllık toplanan kozalak miktarı hakkında kesin bir bilgi bulunmadığı belirlenmiştir. Bunun dışında köy tüzel kişiliklerinden bağımsız olarak köylülerin de kendi adlarına fıstık çamı kozalağı toplama işi yaptıkları görülmüştür. Toplamış oldukları kozalakları köye gelen aracı/tüccarlara kilogram bedeli üzerinden sattıkları belirlenmiştir. Aracı/tüccara satılan fıstık çamı kozalak bedelinin 1.00 TL/Kg - 1.60 TL/Kg arasında olduğu belirlenmiştir.

Çalışma konusu köylerin tamamına yakın kısmında çam fıstığının kozalak olarak satıldığı, kabuklu fıstık ve iç fıstık satışının bulunmadığı görülmüştür. Yalnızca Gördes İlçesine bağlı Yakaköy köyünde toplanan fıstık çamı kozalaklarının kırma ve eleme makinelerinde işlenerek iç fıstık halinde satıldığı görülmüştür. Ayrıca köyde çam fıstığı üretimi yapan bir adet kooperatifin faaliyet gösterdiği bilinmektedir. Bu köyde iç fıstığın 2014 yılı kilogram satış fiyatının kalitesine göre değişmekle birlikte 100 ile 125 lira arasında değişiklik gösterdiği bilinmektedir.

Bir işçinin günde ortalama 100 kg kozalak topladığı, mahalli rayice göre kozalak toplama işinde çalışan işçi yevmiyesinin 50 TL olduğu bilinmektedir. 100-120 kg kozalaktan 6-8 kg iç fıstık elde edilmektedir.

Tablo 8 Çam fıstığından elde edilen yıllık gelir (2013)

Gelir aralıkları	Yüzde (%)
0-5000	62
5001-10000	31
10001-15000	2
15001-20000	2
20001-25000	0
25001-30000	1
30001-35000	0
35001-40000	2
Toplam	100

Çalışmaya konu olan köy tüzel kişilikleri ve köylülerin % 62’lik kısmı 5000 TL ye kadar gelir elde ettiği, yıllık 10000 TL’nin üzerinde gelir sağlayanların oranının ise % 7’ye tekabül ettiği görülmüştür.

Diğer bir soruda köy muhtarları/köylülere çam fıstığı ile nasıl tanıştıkları ve üründen faydalanmayı kimden öğrendikleri sorulmuştur. Tablo 9’da görüldüğü gibi, ankete katılan kişilerin %25’i orman idaresi vasıtası ile öğrendiğini, %55’i ise köye kozalak satın alamaya gelen aracı/tüccardan öğrendiğini belirtmiştir. Köylüler ormancılardan yılda en az iki kez köylerine fıstık çamı kozalağı toplatılması ile ilgili olarak bilgilendirme amaçlı geldiğini, yakın zamanda fıstık çamı ormanlarında kozalak verimini artırmaya yönelik budama faaliyeti yapıldığını ve köye bu hususta ilanlar yapıldığını belirtmişlerdir. Ancak çam fıstığı üretimi yapan köylülerin %65’lik kısmının üretim tekniğini orman ve tarım idaresi dışında yetkisiz kişilerden öğrendiği görülmüştür. Buda üretim sürecinde farklı, eksik ve yanlış uygulamaların oluşmasına neden olmaktadır.

Tablo 9. Çam fıstığı toplama/üretim işinin öğrenildiği kişilere ait bulgular

Kişiler	Yüzde (%)
Orman idaresi çalışanları	25
Ziraatçiler	10
Komşu veya arkadaş	4
Aile bireyleri	6
Aracı veya Tüccar	55
Toplam	100

Yapılan çalışma sırasında köylerde çam fıstığı ile ilgili kişilerin yaş ortalamasının yüksek olduğu dikkati çekmiştir. Tablo 10’da görüldüğü gibi genç kesimin çam fıstığı üretimi ile ilgili olup olmadığı sorulmuş, ankete katılanların %54’ü gençlerin ilgili olduğunu,

ancak gençlerin genellikle okumak ve çalışmak amaçlarıyla büyük şehirlere gittiğini belirtmişlerdir. Fıstık çamından elde edilen gelirin gençleri tatmin etmediğini söylemişlerdir. Tarımsal gelir seviyesinin yüksek olduğu, gelir kalemleri içerisinde bağıcılık ve zeytinciliğin önemli yer tuttuğu Sarıgöl, Alaşehir, Salihli, Akhisar, gibi ilçelere bağlı köylerde fıstık çamından elde edilecek gelirin köylüler açısından cazip olmaması nedeniyle bu köylerde köy muhtarları köyü civarında yer alan fıstık çamı ormanlarının, fıstık çamı kozalaklarını götürü bedel karşılığı aracı/tüccarlara sattığı ve elde edilen geliri köyün imar, bakım, onarım giderlerinde kullandığı görülmüştür. Gelir seviyesinin nispeten daha düşük olduğu kırsal köy tabir edilen yerlerde ise ova köylerinde tarım işçisi olarak çalışmanın parasal açıdan köylülere daha cazip geldiği gözlemlenmiştir.

Tablo 10. Genç kesimin çam fıstığına olan ilgisi

Durumları	Yüzde (%)
İlgili	54
Yalnızca üretim faaliyetinde yer alan	20
İlgisiz	26
Toplam	100

Tablo 11’de görüldüğü gibi köy muhtarları/köylülere üretim yaptıkları alanların mülkiyet durumu sorulduğunda, ankete katılanların %1’si kendi tapulu arazilerinde, %5’i köy tüzel kişiliğine (KTK) ait arazilerde, büyük çoğunluğunun ise orman veya hazine arazilerinde üretim yaptığı görülmüştür.

Tablo 11. Çam fıstığının toplandığı/üretildiği alanın mülkiyet durumu

Araziler	Yüzde (%)
Özel tapulu arazi	1
KTK ait arazi	5
Orman veya hazine arazisi	94
Toplam	100

Köy muhtarları/köylülere çam fıstığı üretimi sırasında ne gibi zorluklarla karşılaştığı sorulmuş, çam fıstığı üretiminde en büyük zorluğun ağaca çıkmaktaki güçlük olduğu belirtilmiştir. Özellikle yaşlı çam fıstığı üreticileri ağaca çıkmak için tecrübeli işçi bulmakta zorluk çektiklerini söylemişlerdir. Arazinin yer yer engebeli taşlık, kayalık olması sebebiyle arazide çalışmanın zor olduğunu söylemişlerdir. Üretimin genellikle ormanda yapılıyor olması ve orman yol ağının yetersiz olması sebebiyle toplanan kozalakların hayvanlarla (katır vb.) taşınıyor olması işin yapılma süresini artırmakta ve zorlaştırmakta olduğunu söylemişlerdir.

Çam fıstığı için üretim şekli sorulan üreticilerin tamamından alınan yanıt ise uzun sopalarla dallara vurularak kozalakların düşürüldüğü şeklindedir.

Tablo 12’de görüldüğü üzere köy muhtarı/köylülere ürünlerinin herhangi bir kısmını veya miktarını kendileri için ayırıp ayırmadıkları sorulduğunda % 90’ı ‘‘küçük bir kısmını tüketiyorum, çoğunu satıyorum’’ şeklinde yanıtlamıştır. Örneğin 3 - 5 ton çam fıstığı üretimi yapan üretici bunun en fazla 3-5 kilosunu kendi kullanımı için sakladığını belirtmiştir.

Tablo 12. Topladığı fıstık çamını kullanma durumu

	Yüzde (%)
Tamamını satıyorum	10
Küçük bir kısmını kendime ayırıyorum, geri kalanı satıyorum	90
Tamamını kendim kullanıyorum	0
Toplam	100

Köy muhtarları/köylülere ürünlerini kimlere sattığı sorulduğunda alınan cevaplar Tablo 13’de verilmiştir. Buna göre 42 köy muhtarı ürününü aracı/tüccar vasıtasıyla ağaç üzerinde kozalak olarak satmakta, köylüler ise evinin önünden, deposundan, pazara gitmeye gerek duymadan satabilmektedir. Aracı/tüccar dışında satın almayı gerçekleştiren ikinci bir unsur kooperatif olmuştur. Gördes ilçesinde bulunan bir adet kooperatifin ürün alımı yaptığı bilinmektedir. Bunların dışında ihracatçı ve aktar/baharatçılar direk köy muhtarı/köylülerden ürün aldığına dair herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. Topladığı ürünü kooperatife sattığını belirten yalnızca

%2'lik kesim olmuştur. Bu da Manisa'nın Gördes ilçesinde bulunan, çam fıstığı alımı yapan kalkınma kooperatifine sattığını söylemiştir.

Kooperatifçiliğin yanlış yönetim ve yetersiz denetimler sonucu köylüye geçmiş yıllarda kötü deneyimler yaşatmasından dolayı köylü toplamış olduğu ürünü kooperatiflere verme konusunda temkinli yaklaşmaktadır.

Tablo 13. Ürünü toplayıcı/üreticiden satın alan kesimler

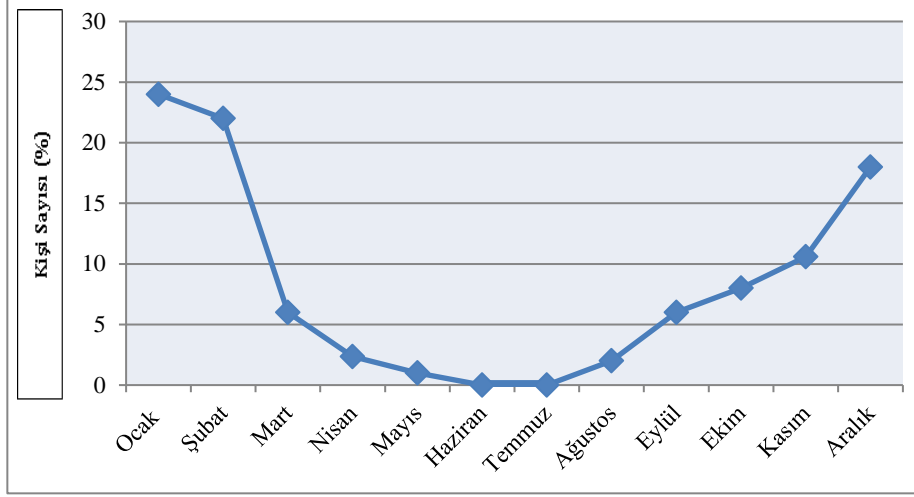
	Yüzde (%)
Aracı veya tüccar	98
Fabrika	0
Kooperatif	2
Toplam	100

Çalışmaya katılan köy muhtarları/köylülere çam fıstığı üretimi dışında başka bir uğraşları veya gelir kaynakları olup olmadığı sorusuna alınan cevaplar Tablo 14'da verilmiştir. Buna göre ankete katılanların %48'i çam fıstığı üretimi dışında tarım yaptığını söylemiştir. İzmir ve Manisa köylerinde çam fıstığı dışında köylünün üzüm, incir, tütün, zeytin, buğday, arpa, kestane, badem, ceviz, kiraz tarımı yaptığı görülmüştür. Tarım işinin yanında %21'i hayvancılık yaptığını, %4'ü de emekli maaşı olduğunu belirtmiştir. Bunlardan başka sayıları az olmakla beraber %2'si kamu çalışanı, %4'ü serbest meslek sahibi, %15'i tarım işçiliği yapan ve özellikle Manisa'nın köylerinde tarımın da yapılmadığı yerlerde yaşlılık parası ile geçinen köylüler saptanmıştır. Ankete katılanların içinde sadece %2'si tek işinin çam fıstığı üreticiliği olduğunu belirtmiştir.

Tablo 14. Çam fıstığı üretimi dışında yapılan işler

	Yüzde (%)
Tarım	48
Hayvancılık	21
Emekli	4
Kamu çalışanı	2
Serbest meslek	4
Tarım işçisi	15
Yaşlılık parası	4
Tek işim çamfıstığı üretimi	2
Toplam	100

Fıstıkçamı kozalağı olgunlaşma süresi 2.5 yıl olup, toplama zamanı ise Ocak ayıdır. Toplama zamanı Ocak - Haziran ayları arasındaki süredir. Köy muhtarları/köylülere ürün hasadını hangi aylarda yaptıkları sorulduğunda, çam fıstığı için hasat zamanının ağustos ayı sonu ile birlikte başlayıp Aralık, Ocak ve Şubat aylarında en yoğun dönemini yaşayarak, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında azalarak devam ettiği, Haziran ayı geldiğinde hasat işleminin bitmiş olduğu görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Çam fıstığının hasat ayları

Son yıllarda aracı/tüccarların baskısı nedeniyle çam fıstığı hasadı Ağustos- Eylül ayı gibi başlayıp kış gelmeden sona erdiği görülmektedir. Bunun sonucunda olgunlaşmamış kozalağın toplanması nedeniyle ürün ve kalite kayıpları yaşanmaktadır.

Tablo 15’te görüldüğü üzere köy muhtarı/köylülere çam fıstığının hangi alanlarda kullanıldığı sorulmuş olup %5’i bu soruya “bilmiyorum” cevabını vermiştir. Büyük çoğunluğu, çam fıstığını için, sadece yemeklerde kullanıldığını söylenmiştir. Yörede çam fıstığı pilav vb. yemeklerin hazırlanışı dışında, orta irilikte öğütüldükten sonra süzme bal ile karıştırılarak da tüketildiği söylenmiştir.

Tablo 15. Çam fıstığının kullanım alanları

	Yüzde (%)
Yemeklerde	93
Bal ile karıştırılarak	2
Bilmiyorum	5
Toplam	100

Tablo 16’da görüldüğü üzere köy muhtarları/köylülere çam fıstığı üretimi ile ilgili bilgi aldıkları, danıştıkları herhangi bir kurum veya kişi olup olmadığı sorulmuştur. Ankete katılanların %20’si herhangi birine veya kuruma bu konuda danışmaya gerek duymadıklarını söylemişlerdir. Geriye kalan kişilerin ise %43’ü aracı/tüccarlara, %4’ü ailesine, %23’ü orman teşkilatına, %8’i tarım teşkilatına ve %2’si de ilgili kooperatife danıştığını belirtmiştir. Çalışma yapılan kişilere orman idaresine neden danışmadıkları sorulduğunda, orman idaresine sormaya çekindiklerini, tarife bedeli ödemededen topladıkları için ceza almaktan korktuklarını belirtmişlerdir.

Tablo 16. Çam fıstığı üretimi ile ilgili danışılan birimler

	Yüzde (%)
Hayır, yok	20
Aracı veya Tüccar	43
Aile	4
Orman idaresi	23
Tarım idaresi	8
Kooperatif	2
Toplam	100

Ormandan fıstık çamı kozalağı toplamak isteyen köylünün ilgili orman işletme müdürlüğüne ödemesi gereken ücrete tarife bedeli denilmektedir. Kozalak toplamak isteyen köylünün ilgili orman işletme müdürlüğüne giderek tarife bedelini yatırması ve sözleşme imzalaması gerekmektedir. Ancak genellikle köylü ormana gidip toplama işini gerçekleştirmekte ve topladığı ürünü aracı/tüccara satmaktadır. Köy muhtarları ise götürü bedel karşılığında köyü civarındaki fıstık çamı kozalaklarını aracı/tüccara satmaktadırlar.

Tablo 17’de görüldüğü gibi ankete katılanların %45.8’i bu bedeli aracı/tüccarın ödediğini, %50’si ise böyle bir bedelden haberdar olmadığını, %3.2’si ödemediğini, yalnızca %1’i kendisinin tarife bedeli ödeyerek toplayıcılık yaptığını belirtmiştir.

Tablo 17. Toplayıcının OGM’ ye ödediği ücret (tarife bedeli)

	Yüzde (%)
Aracı veya Tüccar ödüyor	45.8
Haberim yok	50
Ödüyorum	1
Ödemiyorum	3.2
Toplam	100

Çam fıstığı için pazarlama ile ilgili problemlerinin olup olmadığı sorusuna köy muhtarları/köylülerin hepsinin verdiği cevap; pazarlama sıkıntısı yaşamıyorum olmuştur.

Tablo 18’de görüldüğü üzere köy muhtarları/köylülere çam fıstığı satış fiyatını kimin belirlediği sorulduğunda, ankete katılanların %94’ü kendinden sonraki halka olan aracı/tüccarın belirlediğini söylemiştir. Aracı/tüccarın dışında %2’si arz/talep dengesine göre kendiliğinden oluştuğunu, %1’i ihracatçılar tarafından belirlendiğini ve aracı/tüccarın kendilerine dikte ettiğini, %2’si kooperatif tarafından belirlendiğini, %1’i de fabrika/imalatçılar tarafından belirlendiğini kaydetmiştir.

Tablo 18. Çam fıstığında satış fiyatının belirlenmesi

	Yüzde (%)
Aracı veya tüccar	94
Arz / Talep	2
İhracatçı	1
Kooperatif	2
Fabrika	1
Toplam	100

Tablo 19’da görüldüğü üzere fiyatlardan memnun olup olmadığı sorulan fıstık çamı üreticisi köy muhtarları/köylülerin % 87’si fiyat memnuniyetini ifade etmiş, % 13’lük bir kesim de memnun olmadığını belirtmiştir. Köy muhtarlarının tamamının fiyatlardan memnun olduğu, toplayıcılık işini kendileri yapan köylülerin bir kısmının fiyatlardan memnun olmadığı görülmüştür.

Tablo 19. Fiyat memnuniyeti

	Yüzde (%)
Memnunum	87
Memnun değilim	13
Toplam	100

Tablo 20’de görüldüğü üzere köy muhtarları/köylülere çam fıstığı üretimi ile ilgili devletin teşvik/destek vermesi ile ilgili fikirleri sorulduğunda, ankete katılanların %95’inden “evet olabilir, neden olmasın, makine desteği olabilir” gibi cevaplar alınmıştır. Bu cevabı verenler genellikle köy muhtarları ve yıllık 10000 TL nin üzerinde gelir sağlayan köylülerdir. “Hayır, gerek yok” cevabı veren %5’lik kısım ise ormandan toplayan köylülerdir.

Tablo 20. Devlet teşviği/desteği

	Yüzde (%)
Evet vermeli	95
Hayır gerek yok	5
Toplam	100

Tablo 21’de görüldüğü üzere köy muhtarları/köylülere herhangi bir kooperatife üye olup olmadıkları sorulduğunda %77’sinin herhangi bir üyeliği olmadığı, % 23’ünün ise bir kooperatife üyelikleri olduğu belirlenmiştir. Kooperatif üyeliği olanların %2’si çam fıstığı ile ilgili bir kooperatife, %9’u tarımsal kalkınma, %5’i hayvancılık ve süt üreticiliği, %5’i sulama ve %2’si orman köylülerini kalkındırma ile ilgili kooperatiflere üye olduklarını belirtmişlerdir.

Tablo 21. Kooperatife üye olma durumu

	Yüzde (%)
Tarımsal kalkınma	9
Hayvancılık ve süt üreticiliği	5
Sulama	5
Orman köylülerini kalkındırma	2
Çam fıstığı ile ilgili	2
Üye değilim	77
Toplam	100

Tablo 22’de görüldüğü üzere köy muhtarları/köylülere çam fıstığından kazanmış oldukları geliri hangi ihtiyaçlarının karşılanmasında kullandığı sorulduğunda, ankete katılanların %2’si ailesinin geçimini sağlamada temel unsur olduğu, köy muhtarlarının köyün imar, bakım, onarım faaliyetlerinde kullandığı, %65’i ise ek gelir olarak kullandığını belirtmiştir. Köy muhtarlarının elde etmiş oldukları geliri köy karar defterine işlediği, aracı/tüccara satmış oldukları ürün karşılığında köy makbuzu düzenledikleri görülmüştür. Bu şekilde basit muhasebe sistemine göre borç ve alacak düzeni oluşturdukları görülmüştür. Bazı köylerde cami, okul, sağlık ocağı yapım ve onarım işlerinde kullanıldığı, bazı köylerde köyde bulunan tarımsal amaçlı kullanılan sondaj kuyularının elektrik kullanım bedelinin ödenmesinde harcandığı görülmüştür.

Tablo 22. Gelirin kullanılma durumu

	Yüzde (%)
Temel geçim kaynağı	2
Köy imar/bakım/onarım	33
Ek gelir	65
Toplam	100

Tablo 23’te görüldüğü üzere köy muhtarları/köylülere çam fıstığı üretim aşamalarından kozalak toplama, kabuklu fıstık, iç fıstık hangi şekilde satıldığı sorulmuş, tamamına yakınında kozalak olarak satıldığı görülmüştür. %2’si ise köyde var olan kooperatif vasıtasıyla alınan kırma ve eleme makinelerinde kozalakтан iç fıstık elde edildiğini ve satışın iç fıstık olarak gerçekleştirildiği belirtilmiştir.

Kozalak olarak satış yapan köylülerin 1 kilogram kozalağın satışından 1.00-1.60 TL arası kazanç elde ettikleri, iç fıstık olarak satış yapan köylülerin ise 1 kg iç fıstığın satışından 100-120 TL gelir elde ettikleri belirlenmiştir. İç fıstık olarak satışı yapılması durumunda elde edilen kg kazancına ulaşması için aynı köylünün ortalama 100 kg civarı kozalak satması gerekmektedir. 100-120 kg kozalakтан 6-8 kg iç fıstık elde edildiği bilindiğine göre, kazanç farkı 4 kattan fazla olmaktadır.

Tablo 23. Çam fıstığı satış şekli

	Yüzde (%)
Kozalak olarak	98
Kabuklu fıstık olarak	0
İç fıstık olarak	2
Toplam	100

Tablo 24’te görüldüğü üzere köy muhtarları/ köylülere kozalakтан iç fıstık elde etmek için makine satın almak isteyip istemedikleri sorulmuş, %83’ü isterim ancak devletin makine desteği vermesi lazım, %2’si istemiyorum, %15’i de isterim şeklinde cevaplanmıştır.

Tablo 24. Makine/ekipman alma isteği

	Yüzde (%)
İsterim	15
Devlet desteği olursa isterim	83
İstemiyorum	2
Toplam	100

Tablo 25'te görüldüğü üzere köy Köy muhtarları/ köylülere köyünüz civarında orman idaresi yeterli miktarda fıstık çamı ağaçlandırması yaptı mı diye sorulduğunda alınan cevaplar; %34'ü yeterli miktarda yapıldı, %59'u yeterli değil, daha ağaçlandırılacak yerler var, %7'si çok fazla yapıldı hayvanlarımızı otlatmak için yeterli yer kalmadı şeklinde olmuştur.

Tablo 25. Fıstık çamı ormanı yeterlilik durumu

	Yüzde (%)
Yeterli miktarda	34
Yeterli değil	59
Gereğinden çok	7
Toplam	100

4. Sonuç ve Öneriler

Ormandan çam fıstığı toplayan köylü üreticilerin üretim miktarı, tapulu arazilerinde ve köy tüzel kişiliklerine ait arazilerde toplayanlara göre daha yüksektir. Ormandan toplama yolu ile üretim yapan köylülere bakıldığında yaş ortalaması 46 olarak tespit edilmiş olup, gençlerin genellikle çalışma amacıyla ova köylerine, yaş meyve-sebze işleme tesislerine işçi olarak gittikleri görülmüştür. Köylerdeki gençler çam fıstığından elde edilen gelirleri düşük bulduğundan ve çok zahmetli olduğundan çam fıstığı ile fazla ilgilenmemektedir. Köy muhtarları/köylüler çam fıstığı üretimi dışında genellikle tarım ve hayvancılık ile uğraşmaktadır.

Çam fıstığı için köy muhtarları/köylülerin hemen hemen tamamına yakını toplamış olduğu çam fıstığını sattığı, çok düşük bir miktarda (3-5 kg) kendi kullanımı için ayırdığı tespit edilmiştir. Köy muhtarları/köylülerden satın alan en büyük grup ise aracı/tüccarlar olmuştur.

Üretim ve hasat zamanları çam fıstığında kış aylarında (Aralık-Mart) olmaktadır. Ancak son yıllarda aracı/tüccarların baskısıyla Ağustos ayı sonu itibarıyla hasat çalışmalarının başladığı görülmüştür. Köy muhtarları/köylüler çam fıstığı kozalağına genellikle herhangi bir işlem yapmamakta, kozalak olarak satışını yapmaktadır.

Ormandan toplama yapılmadan önce ödenmesi gereken tarife bedeli genellikle aracı/tüccar tarafından ödenmektedir. Orman Genel Müdürlüğü tarafından çok düşük olarak belirlenen bu bedel aracı/tüccar tarafından ödenerek çam fıstığının nakliyesi gerçekleştirilmektedir. Köylü toplayıcının pazarlama konusunda herhangi bir problemi olmayıp, toplayacağı ürün için bile alım garantisi aracı/tüccar tarafından verilmektedir.

Köy muhtarları/köylüler çam fıstığı satış fiyatını aracı/tüccarın belirlediğini ve fiyatlardan memnun olduklarını belirtmişlerdir. Köy muhtarları/köylüler kendilerinden alınan çam fıstığının nereye satıldığı konusu ile ilgilenmemektedirler.

Çam fıstığı üreten kesim devletin destek veya teşvik vermesi konusuna tedbirli yaklaşmakla beraber, tarımda uygulanan makine ve ekipman desteğinin verilebileceğini belirtmişlerdir.

Tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu Gediz Havzasında çam fıstığı hasat işlerinin fiyatın düşük olduğu yıllarda, zahmetli ve tehlikeli olması sebebiyle, köylüler ormana gidip toplamayı tercih etmemektedir. Bu sebeple köy muhtarları ilgili tüccarlara fıstık çamı ormanlarında yer alan kozalakları pazarlamaktadır. Çoğu kez satılan kozalakların miktarı muhtarlar tarafından dahi bilinmemekte, götürü bedel üzerinden satış gerçekleşmektedir.

Ormandan toplama yolu ile üretim yapan köylülere bakıldığında ise bu işe yeni başladığı ve devamlılığı konusunda tereddütlerinin bulunduğu görülmüştür. Ayrıca hasat zamanı hususunda kozalağın olgunlaştığı ve toplamaya elverişli hale geldiği Ocak- Mart ayları dışında çok daha erken zamanda topladıkları görülmüştür. Erken toplamadan dolayı ürün ve kalite kaybı oluşmakta, bu nedenle toplayıcılar ürünlerini piyasa değerinin çok altında değerlendirmektedir.

Devlet fıstık çamı ormanlarından toplama yapılmadan önce ödenmesi gereken tarife bedelinin genellikle ödenmediği, ödenen kısmın ise toplam miktarın yaklaşık %20'si civarında kaldığı görülmektedir.

Erken toplama nedeniyle toplanan fıstık çamı kozalaklarının önemli kısmı kaçak yollardan toplanmakta ve satışı yapılmaktadır. Bu işlem köylüler ve köy muhtarları tarafından kolay satış yöntemi olarak görülsede bir takım problemleri beraberinde getirmektedir.

Bazı köylerde sattıkları ürünün parasal karşılığını alamamak gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca toplatılması ve satışı izne tabi olan odun dışı ürünün kaçak yollardan el değiştirmesine ve amaçlanan faydanın sağlanamamasına neden olmaktadır.

Köy muhtarları fıstık çamı kozalağı satışından elde ettikleri gelirleri köyün imar ve ihya giderlerini karşılamak ve köy bütçesine katkı sağlamak amaçlı kullandıkları görülmüştür. Bu işleri belgelerken köy karar defterine işleme ve satış işlemi için köy makbuzu kesmek gibi yasal dökümanlar kullanmaktadırlar. Böylelikle yapılan işler bir nevi yasal kimlik kazanmaktadır.

Köylere ilgili orman idaresi tarafından fıstık çamı kozalağı toplama zamanını bildiren ve toplamak isteyenler için davetiye niteliğindeki yazı gelmesine rağmen bu yazıya cevap veren köylü ve muhtar sayısının azlığı göze çarpmaktadır. Genellikle toplama zamanı köylere gelen tüccarlar tarafından belirlenmektedir. Bu durum uygulamaların her köyde farklı şekilde yapılmasına neden olmaktadır.

Çalışmanın yürütüldüğü köylerde; köy muhtarlarının çam fıstığı satışından elde etmiş oldukları geliri köyün imar, bakım ve onarım giderlerinde kullandığı, köylülerin büyük kısmının ek gelir sağladığı, köylülerin bir kısmının da tek geçim kaynağının çam fıstığı hasadından elde etmiş olduğu gelir olduğu görülmüştür. Fıstık çamı ormanlarının bu mahiyette yöre halkına ekonomik gelir sağlayan önemli bir unsur olduğu görülmüştür.

Çam fıstığı üretiminde faaliyet gösterenler, topladığı ürünün bir bölümünü kendi ihtiyaçları için kullanmakta, kalanını ise araçlara satmaktadır. Araçlar, ürünleri büyük kentlerde bulunan ihracatçı firmalara ulaştırmaktadır. Odun dışı orman ürünleri ticaretindeki toplam gelirden Orman Genel Müdürlüğü %3 oranında, orman köylüleri %30 oranında, aracı ve ihracatçılar ise %67 oranında pay almaktadır (Kızmaz, 2001). Yaratılan gelirin paylaşım oranının toplayıcılar açısından pasta payının düşük olduğu görülmektedir. Çam fıstığının gelir paylaşımında büyük payın aracı ve ihracatçılara ait olması aslında büyük bir sorun teşkil etmektedir. Orman Genel Müdürlüğünün uygulamış olduğu tarife bedeli ve tevzi masrafı fiyatlandırma politikasının tekrar gözden geçirilmesi ve orman köylüleri lehine acil önlemler alınması gerekmektedir.

Çalışma alanında hasat edilen yıllık toplam fıstık çamı kozalağı miktarı 300 ton civarındadır. 1 kilogram fıstıkçamı kozalağının satış bedeli 1,00-1,60 TL arasında değiştiği göz önüne alındığında toplam satış bedeli 400.000 TL civarında olduğu tahmin edilmektedir. 1 kilogram iç fıstığın satış bedeli 100-120 TL civarında olduğu bilinmektedir. 300 ton kozalaktan; 60 ton kabuklu fıstık, 15 ton iç fıstık elde edildiğine göre; iç fıstık olarak satış yapılsaydı, satıştan elde edilecek tutar 1.600.000 TL civarında olacaktır. Boş kozalaklar biyoyakıt olarak satışı yapılmak suretiyle değerlendirilmektedir. 300 ton fıstıkçamı kozalağından iç fıstık alındıktan sonra geriye kalan kozalak ve fıstık kabuğu miktarı işlenmemiş kozalağa oranla % 5-6 oranında azalmaktadır. Fıstığı alınmış kozalak ve fıstık kabuğunun kilogram satış bedeli 0.18- 0.22 TL arasında değişmektedir. İşlenmiş kozalak ve fıstık kabuğunun satışından 55.000 TL civarı kazanç elde edilecektir. Tüm bu hesaplamalar göstermektedir ki, iç fıstık olarak satış yapılması kozalak olarak satış yapılmasından yaklaşık 4 (dört) kat daha fazla kârlıdır. Bu sebeple iç fıstık olarak üretim teşvik edilmeli, orman köylüsünün cebine daha fazla kazanç sağlanmalıdır.

Gediz havzası içerisinde fıstık çamı üretimi yapan üreticilerin büyük çoğunluğunun kozalak halinde satış yaptığı görülmüştür. Köylüye daha fazla ekonomik katkı sağlaması açısından iç fıstık olarak üretim ve satış yapılması teşvik edilmelidir. Orman Genel Müdürlüğü iç fıstık üretim ve pazarlamasını teşvik edici önlemler almalıdır. Orköy faaliyetleri kapsamında üretici köylülere gerekli üretim makinelerini hibe veya düşük faizli kredi olanakları ile sağlamalıdır. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı çam fıstığı üretimi için ürün, mazot, makine- ekipman desteği sağlamalıdır.

Çam fıstığı üretimi yapanlar için yerleşmiş bir üretim ve pazarlama düzeni bulunmamaktadır. Üreticiler pazarlama kanalı içerisinde köy muhtarı ve aracı/tüccarlar dışındaki aktörleri tanımamaktadırlar. Pazardaki diğer alıcıların tanınmaması nedeniyle köy muhtarları ve aracı/tüccarlar ürün üzerinde büyük ağırlığa sahiptir. Bu nedenle pazar içerisindeki aktörlerin kimler olduğunu belirleyerek, köylüyü bilgilendirmeye yönelik çalışmalara gereksinim bulunmaktadır. Bu tip çalışmalar toplayıcıların müşterisini bulmasına, seçmesine fiyatlandırmasına ve olumlu gelir paylaşımına yardımcı olacaktır. Üretici ile nihai tüketici arasındaki iletişimin kurulması ve etkili bir biçimde sürdürülmesinde orman idaresi ağabeylik görevi üstlenmelidir.

Civar fıstık çamı ormanlarının yöre halkına parsel düzeyinde ve adet/ağaç şeklinde dağıtılması, üretim miktarını artırıcı bir unsur olduğundan orman idaresince değerlendirilmesi gerekmektedir.

5. Kaynaklar

Bektaş E., 2013. İzmir Orman Bölge Müdürlüğü, 17. "Amenajman Başmühendisliği, Fıstık Çamı Odun Dışı Ürün Envanterinin Yapılması ve Hâsılat Bileşenleri Yönünden İrdelenmesi".

Berrahmouni, N., Escuté, X., Regato, P., Stein, C., 2007. Beyond Cork—A Wealth of Resources for People and Nature, WWF.

Bilgin F. ve Ay Z., 1997. "Ege Bölgesinde Çam Fıstığı İşletmeciliği Üzerine Araştırmalar. Orman Bakanlığı, Ege Ormanlık Araştırma Müdürlüğü", *Teknik Bülten No: 8, Orman Bakanlığı Yayın No: 045*, 50 s.

Costa, R., Evaristo I., Batista D., Afonso S., Carrasquinho I., Sousa E., Inácio L., Capelo J. Santos L., 2008. Condição de Povoamentos de Pinheiro Manso e Características Nutricionais do Pinhão. Projecto AGRO 945. INRB, ANSUB, DGRF. Instituto Nacional dos Recursos Biológicos, Oeiras. Internet Erişim Sitesi <http://www.pluridoc.com/Site/FrontOffice/default.aspx?Module=Files/FileDescription&ID=1805&lang=pt>,

Çukur, H., 1994. "Ege Bölgesinde Fıstık Çamı (Pinus pinea) Topluluklarının Yetiştirme Ortamı Doğal Potansiyeli Bölge ve Ülke Ekonomisine Olan Katkıları". Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya A.B.D., *Yayınlanmamış Doktora Semineri*, 27 s.

I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos 2019, Pamukkale,Denizli/Türkiye
I. International Science and Innovation Congress, 26-29 August 2019, Pamukkale,Denizli/TURKEY

- DPT, 2001. "VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Ormancılık Özel İhtisas Komisyon Raporu", Ankara.
- DPT, 2006. "X. Beş Yıllık Kalkınma Planı Ormancılık Özel İhtisas Komisyon Raporu", Ankara.
- Fırat, F., 1943. "Fıstık Çamı Ormanlarımızda Meyve ve Odun Verimi Bakımından Araştırmalar ve Bu Ormanların Amenajman Esasları", *Yüksek Ziraat Enstitüsü Yayınları*, 141, Ankara.
- Geray U., 1998. "Ulusal Çevre Eylem Planı, Orman Kaynakları Yönetimi", *DPT Yayınları*, Ankara.
- Kızmaz M., 2001. "Policies to Promote Sustainable Forest Operations & Utilization of Non-wood Forest Products. Ministry of Forestry of Turkey", *Seminar Proceedings, Harvesting of Non-Wood Forest Products*. p.97-113, Ankara.
- Montero, G., Candela, J. A., Rodríguez, A., (Coords.), 2004. "El pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en Andalucía. Ecología", *Distribución Selvicultura. Consejería de Medio Ambiente*, Seville.
- OAİB, 2011. "Odun Dışı Orman Ürünleri Sektör Raporu", Ankara.
- OGM, 2004. "Türkiye Ormanlarında Odun Dışı Ürünler", Ankara.
- ORKÖY, 2008. "Orman Köy Nüfus Sayıları Verileri", Ankara.
- OR-KOOP Merkez Birliği, 2009. "Genel Kurul Kayıtları", Ankara.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013. "Erozyonla Mücadele Eylem Planı" (2013-2017).
- Özhatay, N., Koyuncu M., Atay, S. & BYFIELD, A., 1997. "Türkiye'nin Doğal Tıbbi Bitkilerinin Ticareti Hakkında Bir Çalışma", *DHKD*, ISBN 975-96081, İstanbul.
- Sülüoğlu M., 2004. "The Management of Villagers Owned Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Plantations in Kozak Region", Ankara.
- Şafak İ., Okan T., 2004. "Kekik, Defne ve Çam Fıstığının Üretimi ve Pazarlaması", *DOA Dergisi*, s. 101-129.

YEREL YÖNETİMLERİN BÜYÜKŞEHİR OLMASININ KIRSAL YERLEŞİMLER ÜZERİNE GETİRDİĞİ ETKİLER (GÖRDES GÜNEŞLİ MAHALLESİ ÖRNEĞİ)

Ahmet Tolunay^{1*}, Mehmet Özmiş², Çağrı Gündoğdu¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta, Türkiye

ahmettolunay@isparta.edu.tr, gundogducaagri4550@gmail.com

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta, Türkiye

mehmetozmis@gmail.com

*Sorumlu Yazar

Özet

Büyükşehir yasasının yürürlüğe girmesi ile birlikte Türkiye’de yeni bir idari yapılanma süreci başlamıştır. Kırsal kesimlere hizmet götüren il özel idareleri kaldırılarak bu görev il sınırları içerisinde büyükşehir belediyelerine verilmiştir. Büyükşehir sınırları içerisine giren belediye ve köylerin tüzel kişiliklerinin sona erdirilip mahalle statüsüyle ilçe belediyelerine bağlanmaları, 6360 sayılı kanunun en tartışmalı düzenlemelerinden biridir. Bu yeni düzenleme ile birlikte kırsal kesime götürülecek olan temel hizmetlerin etkilenip etkilenmeyeceği merak konusu olmuştur. Bu yeni yapılanma ile Manisa İlinin Gördes İlçesi’ne bağlı bir belde belediyesi iken, 6360 sayılı kanunla Gördes İlçesi’ne bağlı bir mahalleye dönüşen Güneşli Belde Belediyesi halkının bu karara ilişkin ve hizmetlere yönelik algısının ortaya koyulması, bu çalışmanın temel amacıdır. Araştırmada 102 kişiye anket uygulanmış olup çıkan sonuçlar SPSS programı ile analiz edilerek yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Büyükşehir Belediyeleri, 6360 Sayılı Kanun, Güneşli, Belde Belediyesi, Manisa, Türkiye*

1. Giriş

Yerel Yönetim, merkezi idarenin alt birimi olarak yerel halkın ortak ve yerel gereksinimlerini karşılayan ve genel karar organları oradaki halk tarafından seçilen bir kamu tüzel kişisidir. Yerel Yönetimler, sosyal politika ve hizmetleri yerine getiren halka en yakın olan kamu yönetim birimleridir. Türkiye’de üç türde yerel yönetim kuruluşu vardır. Bunlar; “İl Özel İdaresi”, “Belediye” ve “Köy” dür.

Temeli 1864 tarihli Vilayet Nizamnamesi ile atılan İl Özel İdareleri, 1913 yılında “İdare-i Umumiye-i Vilayet Kanunu Muvakkati” ile şekillendirilmiştir. 2005 yılında kabul edilen 5302 sayılı kanunla il özel idarelerine yönelik düzenlemeler getirilmiştir. İl özel idareleri, genel olarak illere yönelik yerel hizmetlerin yürütülmesiyle yetkilendirilmiştir (Keleş, 2009). Zaman içinde il özel idaresi sorumluluğunda olan alanlarda merkezi yönetim teşkilatının organlarının işlevselleşmesi, il özel idarelerinin geri planda kalmasına, il özel idarelerinin yerel nitelikli hizmet sunumlarında etkisiz kaldığı algısının oluşmasına neden olmuştur (Karakılıçık, 2013). İl özel idarelerinin, teşkilat ve görevler açısından merkezi yönetim organları ile iç içe olduğu algısı, il özel idarelerini belediyeler gibi halkın kolay benimsediği yerel yönetim birimleri olmaktan uzaklaştırmıştır (Gül vd., 2014).

İdari yapılanmanın içinde yer alan ikinci yerel yönetim birimi belediyelerdir. Bir mahalli idare birimi olan belediye; beldenin ve belde halkının mahalli mahiyette müşterek ve medeni ihtiyaçlarını karşılamak üzere kurulan ve karar organları kanunla gösterilen seçmenler tarafından seçilerek oluşturulan bir kamu tüzel kişisidir (Acar, 1997).

Osmanlı İmparatorluğu döneminde vakıflar, loncalar, kadılık kurumu, İhtisap Nazırlığı ve Müdürlükleri ile idare edilen kent hizmetleri 1855 yılında 6. Belediye Dairesi ve İstanbul Şehremanetinin kuruluşuyla belediye yönetimleri ile tanışmıştır (Eryılmaz, 2013; Tanör, 2012). 1876 Anayasasının (m.112) “yerel hizmetlerin İstanbul ve taşra belediye meclisleri eliyle yürütülmesinin esas olduğu” hükmüne dayanarak 1877 tarihli Dersaadet Belediye Kanunu’yla yeni belediye daireleri kurularak belediyelerin sayıları artırılmıştır. Bu kanun 1930 tarihli 1580 sayılı belediye kanununa kadar yürürlükte kalmıştır. 1924 tarihli Köy Kanunu’nda yer alan 2 bin nüfus şartı, belediye kurabilme ölçütü olarak belirlenmiştir. 2005 yılında çıkarılan 5393 sayılı Belediye Kanunu’yla etkinlik, verimlilik, katılım, çoğulculuk, saydamlık, hesap verebilirlik gibi kavramlar etrafında merkezi yönetim ve yerel yönetimler arasındaki görev, yetki, sorumluluk ve kaynak dağılımında yeniden düzenlemelere gidilmiş, belediyelerin kuruluş koşullarında değişiklikler yapılmıştır (Keleş, 2009; Eryılmaz, 2013; Tortop vd., 2006).

İdari yapılanma içindeki 3. yerel yönetim birimi olan köyler, 1924 yılında kabul edilen 442 Sayılı Köy Kanunu’na göre idare edilmektedir. Kanuna göre (m.2) köy; “Nüfusu İki binden aşağı yuurtlara denir. Cami, mektep, otlak, yaylak, baltalık gibi orta malları bulunan ve toplu veya dağınık evlerde oturan insanlar bağ ve bahçe ve tarlalarıyla birlikte bir köy teşkil ederler”. Türkiye’de nüfus ve yönetsel kapasite açısından, yerel yönetim birimleri içinde ön plana çıkan birim, belediyelerdir. Belediyeler içinde de büyük yerleşim yerlerine ilişkin kentsel hizmetlerden sorumlu olan büyükşehir belediyeleri daha da ön plana çıkmaktadır (Zengin, 2014).

Ülkemizde 1950’li yıllarda başlayan sosyal ve ekonomik değişimler, sanayileşme ve kentleşmenin artması sonucunda kırsal alanlardan kentlere olan doğru hızlı göç hareketleri sonucunda kentlerin nüfusu beklenmedik şekilde hızla artmaya başlamıştır. Böyle şehirleşmenin yoğun olduğu alanlarda belediye hizmetlerinin yürütülmesinde kolaylık sağlanması amacıyla 1984 yılından itibaren

büyükşehir belediyeleri kurulmaya başlanmıştır. Bu doğrultuda ilk düzenleme 1984 yılında yürürlüğe giren 3030 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu ile gerçekleştirilmiştir. Bu yasanın çıktığı dönemde İzmir, İstanbul ve Ankara illerinin belediyeleri büyükşehir belediyelerine dönüştürülmüştür. Devam eden yıllarda Adana (1986), Bursa, Gaziantep, Konya (1987), Kayseri (1988), Antalya, Diyarbakır, Eskişehir, Erzurum, Mersin, Kocaeli, Samsun (1993) ve Adapazarı (2000) büyükşehir statüsü kazanarak büyükşehir belediye sayısı 16'ya ulaşmıştır (Ayyıldız, 2016). 2012 yılına kadar 16 olan büyükşehir statüsüne sahip belediye sayısı bu yılda yürürlüğe giren 6360 sayılı yasa ile (nüfusu 750.000 den fazla olan iller) 30 olmuştur. Yıllara göre büyükşehir olan iller ve yasal dayanakları Tablo 1. de gösterilmiştir.

Tablo 1. Yıllara Göre Büyükşehir Belediyeleri ve Yasal Dayanağı

Kuruluş Yılı	Belediye	Yasal Dayanak
1984	Ankara, İstanbul, İzmir	3030
1986	Adana	3306
1987	Bursa	3391
1987	Gaziantep	3398
1987	Konya	3399
1988	Kayseri	3508
1993	Antalya, Diyarbakır, Erzurum, Eskişehir, İzmit, Mersin, Samsun	504 sayılı KHK
1999	Sakarya	593 sayılı KHK
2014	Aydın, Balıkesir, Denizli, Hatay, Malatya, Manisa, Kahramanmaraş, Mardin, Muğla, Ordu, Tekirdağ, Trabzon, Şanlıurfa, Van	6360

Bu yasa ile büyükşehir olan belediyelerin hizmet sınırı tüm ilin sınırı olarak kabul edilmiştir. İllerde bulunan tüm beldeler kapatılmış ve köy tüzel kişilikleri kaldırılarak mahalle statüsüne alınmıştır. Bu yasanın uygulanması sonucunda Türkiye’de 2012 yılında 388 olan şehir sayısı 2013 yılında 212’ye gerilemiş, % 74,6 olan şehir nüfusu ise % 89,8’e yükselmiştir. Bir yıllık sürenin ardından şehir nüfusuna % 15’lik kırsal nüfusun eklenmesi sonucu oluşan bu oran şehirleşmenin Dünya’da yüksek düzeyde olduğu Batı Avrupa Ülkeleri (% 84,1), Güney Kore ve Japonya gibi gelişmiş Uzakdoğu ülkeleri (% 81,3) ile ABD’nin (% 81,4) çok üzerinde bir şehir nüfus oranına karşılık gelmektedir.

2012 yılının Kasım ayında yürürlüğe giren 6360 sayılı Yasa, yalnızca BŞB yapısında önemli değişikliklere neden olmamış, genel olarak tüm yerel yönetim birimleri üzerinde etkileri olmuştur. 6360 sayılı Yasa, büyükşehir tanımını değiştirmiştir. Yeni yasaya göre BŞB, “Sınırları il mülki sınırı olan ve sınırları içerisindeki ilçe belediyeleri arasında koordinasyonu sağlayan; idarî ve malî özerkliğe sahip olarak kanunlarla verilen görev ve sorumlulukları yerine getiren, yetkileri kullanan; karar organı seçmenler tarafından seçilerek oluşturulan kamu tüzel kişisini” ifade etmektedir. Görüleceği gibi, yeni tanımlamaya göre, BŞB sınırları ilin mülki sınırlarını kapsamaktadır. Yeni yasa, “toplam nüfusu 750.000’den fazla olan illerin il belediyeleri kanunla BŞB’ne dönüştürülebilir” biçimindeki düzenlemesiyle, BŞB kurulması için gerekli olan nüfus ölçütünde, artık ilin toplam nüfusunun dikkate alınacağını belirtmektedir (Adıgüzel, 2012).

Bu çalışma da 6360 sayılı Kanun uyarınca tüzel kişiliği kaldırılarak Manisa ilinin Gördes ilçesine mahalle olarak bağlanan Güneşli Belde Belediyesi halkının, kapatılma kararını nasıl algıladığının ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Materyal Ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırmanın birincil verileri anket tekniğinden yararlanılarak elde edilmiştir. İkincil veriler ise bu konuda yapılan çalışmalar, kitaplar taranarak elde edilmiştir. Araştırmaya konu olan Güneşli Mahallesi, Gördes’in belediye olarak örgütlenen ilk beldesidir. 1969’da belediye kurulmuştur. Gördes’e 21, Demirci’ye 16 km’lik asfalt yolla bağlıdır. Ekonomisi tarım ve hayvancılığa bağlıdır. Önceki yıllarda halıcık yaygındı. Nüfusu her geçen yıl dışarıya verilen göçler sonucunda azalmaktadır. Yerel yönetimlerin büyükşehir olmasının kırsal yerleşimler üzerine getirdiği etkilerin sonuçlarını incelemek amacıyla Güneşli Mahallesi halkından oluşan 102 kişilik bir gruba anket uygulanmıştır. Anket formu toplam 20 sorudan oluşmaktadır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi için SPSS 20.0 istatistik paket programından yararlanılmış ve istatistiksel analizlerde 0,05 anlamlılık düzeyi ölçüt alınmıştır. Verilerin güvenilirliğinin hesaplanmasında Cronbach’s Alpha katsayısı kullanılmıştır. Cronbach alfa katsayısı, sürekli, aralıklı ya da ardışık 4 ya da 5 seçeneği cevaplar içeren k sayıdaki soruyu barındıran bir ölçeğin, herhangi bir yargıyı sorgulama gücünü, yeterliliğini, güvenilirliğini, genel tutarlılığını ve soru türdeşliğini ölçen bir katsayıdır (Özdamar, 2013). Bağımsız değişkenleri açıklayan ifadelere uygulanan güvenilirlik analizi sonucunda, Cronbach’s Alpha katsayısı, 0,632 bulunmuştur. Tablo 2’de güvenilirlik analizi sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 2. Güvenilirlik Analizi Sonuçları

Cronbach's Alpha	Soru Sayısı
0,632	20

2.2. Yöntem

Anket tekniği ile elde edilen verilerin değerlendirilmesinde (Parametrik veya Parametrik olmayan testler) kullanılacak testlerden hangisinin uygun olduğunu belirlemek amacıyla Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri ile normallik testi yapılmıştır Bu sebeple H0 ve H1 hipotezleri aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

H0: %95 güven aralığında veriler normal dağılımlıdır.

H1:%95 güven aralığında veriler normal dağılımlı değildir.

Veri sayısının az olduğu durumlarda kullanılması tercih edilen Kolmogorov-Smirnov testi ve çok tercih edilen ve kullanılan Shapiro-Wilk Testlerinin her ikisinden de faydalanılmıştır. Shapiro-Wilk gerekse Kolmogorov-Smirnov testi sonuçlarında değerlerin 0.05' den küçük olduğu için H1 hipotezi kabul edilerek verilerin, % 95 güven aralığında veriler normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir. Verilerin normal dağılıma sahip olmaması sebebiyle parametrik olmayan testlerden Kruskal Wallis testi ile veriler analiz edilmiş ve çapraz tablolarla görüş farklılıklarının hangi gruptan kaynaklandığı araştırılmıştır. Ayrıca, görüşlere ilişkin bulgular frekans ve yüzde analizi ile sunulmuştur.

3. Bulgular Ve Tartışma

3.1. Araştırmada Yer Alan Katılımcıların Sosyoekonomik ve Demografik Özelliklerine Ait Bulgular

Araştırmada yer alan 102 kişi üzerinde uygulanan anket formundan elde edilen diğer sosyoekonomik ve demografik bilgiler Tablo 3'te özetlenmiştir

Tablo 3. Deneklerin bazı sosyoekonomik ve demografik özellikleri

Sosyoekonomik ve demografik özellikleri	Değer	Sayı	Yüzde (%)
Yaşadığımız yer	Köy	31	14,7
	Kasaba	6	2,8
	Belde	3	1,4
	İlçe	39	18,5
	İl	132	62,6
	< 20	9	8,8
Yaş	21-30	33	32,4
	31-40	22	21,6
	41-50	17	16,7
	51>	21	20,6
Cinsiyet	Kadın	17	16,7
	Erkek	85	83,3
	İlköğretim	38	37,3
Eğitim durumu	Lise	33	32,4
	Ön lisans	13	12,7
	Lisans	18	17,6
Medeni hal	Bekar	46	45,1
	Evli	56	54,9
	Memur	19	18,6
Meslek grubu	İşçi	11	10,8
	Esnaf	16	15,7
	Çiftçi	14	13,7

	Ev Hanımı	14	13,7
	Emekli	11	10,8
	Öğrenci	15	14,7
	Çalışmıyor	2	2,0
	7	6,9	7
	23	22,5	23
	30	29,4	30
Hane halkı sayısı	22	21,6	22
	17	16,7	17
	3	2,9	3
	0	0	0
	0-2020	50	49,0
	2021-3000	32	31,4
Kişi başı aylık gelir (t)	3001-4500	13	12,7
	4501-6000	5	4,9
	6001>	2	2,0
	0-2020	34	33,3
	2021-4000	46	45,1
Hane halkı toplam gelir (t)	4001-6000	18	17,6
	6001-8000	2	2,0
	8001>	2	2,0

Buna göre araştırmaya katılan kişilerin yarısından fazlası 21 ile 40 yaşları arasındayken % 38'lik kısım 41-51 yaşları arasında, % 8 ise 20 yaşının altındadır. Araştırmaya katılan kişilerden 17'si kadın iken 85'i ise erkektir. Araştırmaya katılan kişilerden yaklaşık % 70'inin aldığı eğitim düzeyi İlköğretim ve Lise düzeyindedir. Ön Lisans düzeyinde eğitim alan kişi sayısı 13, lisans düzeyinde eğitim alan kişi ise 18 kişidir. Ankete katılan kişilerden hemen hemen yarısı evli, yarısı ise bekârdır Meslek dağılımları genel olarak birbirine çok yakındır. Ankete katılım sağlayan en fazla meslek grubu % 18,6 ile "Memur" dur. Onu takip eden % 15,7 "Esnaf", % 15 "Öğrenci", % 14 "Çiftçi" ve "Ev Hanımı", % 11 "İşçi" ve "Emekli" dir. % 2 ise çalışmamaktadır. Ankete katılan kişiler genelde hanede iki, üç ya da dört kişi olarak kalmaktadırlar. Yedi kişi ve üstü olarak kalan yoktur. Ankete katılan kişilerden yaklaşık yarısının aylık geliri 1600 ₺ altındadır. % 31,4'lük kısmın geliri ise 1600 ile 3000 ₺ arasındadır. Geri kalan % 20 ise 3000 ₺ ve üzeri aylık gelire sahiptir. Ankete katılanların çoğunun hane halkı olarak aylık toplam gelirleri 0-4000 ₺ arasındadır. Geri kalan % 4 ise 4000 ₺ ve üstü aylık toplam gelire sahiptir.

3.2. Güneşli belde belediyesinin 6360 Sayılı Kanun Uyarınca Mahalleye Dönüştürülmesine Ait Bulgular

Tablo 4. Güneşli belde belediyesi halkının 6360 sayılı Kanun uyarınca mahalleye dönüştürülmesine ait algıları

Öneriler	Kesinlikle Katılmıyor (%)	Katılmıyor (%)	Fikrim Yok (%)	Katılıyor (%)	Kesinlikle Katılıyor (%)
1) Güneşli Beldesinin büyükşehir kapsamında mahalle olmasından dolayı memnundur.	44,1	13,7	7,8	22,5	11,8
2) Büyükşehir belediyesi olması hizmette kalite ve verimliliği arttırmıştır	17,6	31,4	9,8	29,4	11,8
3) Büyükşehir belediyesi olması kırsal alanda olumlu etkiler yaratmıştır	18,6	25,5	11,8	35,3	8,8
4) Büyükşehir belediyesi olduktan sonra içme suyunun temini konusunda sorun yaşanmaktadır	11,8	10,8	11,8	20,6	45,1

5) Büyükşehir belediyesi olduktan sonra çöplerin toplanması konusunda sorun yaşanmaktadır	10,8	33,3	28,4	21,6	5,9
6) Büyükşehir belediyesi olması cenaze hizmetlerinin daha etkili bir şekilde yürütülmesini sağlamıştır.	2,9	13,7	7,8	45,1	30,4
7) Büyükşehir belediyesi olması ulaşım hizmetlerini olumlu yönde etkilemiştir.	2	21,6	10,8	27,5	38,2
8) Büyükşehir belediyesi olması itfaiye hizmetlerini olumlu yönde etkilemiştir.	8,8	25,5	23,5	25,5	16,7
9) Büyükşehir belediyesi olması sosyal ve kültürel alanda olumlu etkiler yaratmaktadır.	19,6	31,4	27,5	10,8	10,8
10) Büyükşehir olması kırsal kalkınmayı olumlu etkilemiştir.	18,6	30,4	19,6	19,6	11,8
11) Büyükşehir belediyesinin kırsal yerleşimler üzerine yaptığı yatırımlar yeterlidir.	34,3	32,4	7,8	15,7	9,8
12) Büyükşehir belediyesi olması kırsal alanda yaşayan insanlara istihdam sağlamıştır.	17,6	21,6	9,8	26,5	24,5

Güneşli Beldesinin büyükşehir kapsamında mahalle olmasından, ankete katılanların yarısından fazlası yaklaşık % 57,8'lik kısmı, Güneşli'nin belde belediyesi olarak devam etmesi gerektiği savunarak memnuniyetsizliğini belirtmiştir. %34,3'lük kısım ise belde belediyesinin kalkarak mahalle statüsüyle büyükşehir belediyesine bağlanmasından memnundur. % 7,8'lik kısım ise bu konu hakkında kararsızdır. Genel olarak salt çoğunluk belediyenin kalkmasından rahatsızdır ve kasaba belediyesi iken her şeyin daha iyi yürütüldüğünü, hizmetlerde aksama olmadığını belirtmiştir.

Ankete katılanlardan hemen hemen yarısı %49'luk kısmı büyükşehir belediyesi olmasının hizmette kalite ve verimliliği arttırmayacağını savunurken % 41,2'lik kısım ise hizmetin daha kaliteli ve verimli olacağını savunmuştur. % 9,8 ise bu konuda fikir belirtmemiştir.

Katılımcıların %44,1'i büyükşehir olmasının kırsal alana olumlu etkiler yarattığı görüşünderken diğer %44,1'i bunun tam tersini düşünmektedir. Kırsal alandaki insanlara olumlu etkileri olduğunu düşünen ve düşünmeyen kişi sayısı aynıdır. Geri kalan %11,8 ise bu konuda kararsızdır.

Ankete katılanların kişilerin yaklaşık %66'sı büyükşehir belediyesi olduktan sonra içme suyunun temin edilmesi konusunda sorun yaşamıştır cevabını vermiştir. Çoğu kişinin bu cevabı vermesinde etkili olan faktör; Güneşli 'ye gelen içme suyunun komşu köylere dağıtılması sonucu bazı günlerde su sıkıntısının yaşanmasıdır. Geriye kalanı %22,6 ise sorun yaşamamış, %11,8 bu konu hakkında fikir belirtmemiştir.

Katılımcıların %44'ü çöplerin toplanmasında sorun yaşanmadığını belirtirken %27,5 sorun yaşandığını söylemiştir. %28,4 ise bu konuda fikrini belirtmemiştir.

Katılımcıların dörtte üçünden fazlası (%75,5) cenaze hizmetlerinin Manisa Büyükşehir Belediyesi'ne geçmesine olumlu bakmaktadır ve daha etkili yürütüleceğini düşünmektedir. Böyle düşüncelerinde etkili olan faktör büyükşehir belediyesinin gelişmiş imkânlarla sahip olması ve bu işler için daimi çalışan bir işçi bulundurmasıdır. Geriye kalan %17 ise belde belediyesi iken daha etkili yürütüldüğünü düşünmektedir. % 7,8'lik kısım ise bu konuda kararsızdır.

Ankete katılım sağlayan kişilerden %65,7'si büyükşehir belediyesi olduktan sonra ulaşım hizmetlerinin daha etkili yürütüldüğünü düşünmektedir. %10,8 ise bu konuda kararsız iken %23,6 ulaşım hizmetlerinin belde belediyesi iken daha etkili olduğunu belirtmiştir.

Katılımcıların %42,2'si itfaiye hizmetlerinin olumlu etkilediğini düşünürken %34,3 bunun tam tersini düşünmektedir. %23,5 dibi yüksek bir çoğunluk ise bu konuda kararsızdır.

Katılımcıların yarısı sosyal ve kültürel alanda olumlu etkiler olmadığını düşünüyordur. %27,5'lik kısmın bu konuda fikri yoktur. Geri kalan %21,6' ise tam tersini düşünmektedir.

Ankete katılan kişilerden %49'luk kısım kırsal kalkınmayı olumlu olarak etkilediğini düşünmemektedir. %19,6'lık kısım kararsız, %31,4 ise bu konuda olumlu düşünmektedir.

Katılımcıların yarısından fazlası %66,7'lik kısım, büyükşehir belediyesinin kırsal yerleşimler üzerine yaptığı yatırımları yeterli düzeyde bulmamaktadır. %7,8'in ise bu konuda fikri yoktur. Geriye kalan ise yatırımları yeterli bulmaktadır.

Ankete katılan kişileri yarısı %51'lik kısmı büyükşehir belediyesinin kırsal alanda yaşayan insanlara iş olanağı sunduğunu düşünmektedir. %39,2 ise bu konuda tersine düşünmektedir. Geri kalan %9,8 ise bu konuda kararsızdır.

3.3. Araştırmaya Katılanların Eğitim Durumlarına Göre Görüş Farklarının Araştırılması

Araştırmaya katılan eğitim durumlarına göre yapılan Kruskal Wallis Testi (K Bağımsız Örneklem Testi) sonuçları Tablo 5'te ve farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığını tespit etmek için yapılan çapraz tablo analizlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 5. Eğitim durumlarına göre görüş farklılıklarının araştırılması

	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
1) Güneşli Beldesinin büyükşehir kapsamında mahalle olmasından dolayı memnunum.	7,582	3	0,55
2) Büyükşehir belediyesi olması hizmette kalite ve verimliliği arttırmıştır.	9,212	3	0,27*
3) Büyükşehir belediyesi olması kırsal alanda olumlu etkiler yaratmıştır	3,574	3	0,311
4) Büyükşehir belediyesi olduktan sonra içme suyunun temini konusunda sorun yaşanmaktadır	0,343	3	0,952
5) Büyükşehir belediyesi olduktan sonra çöplerin toplanması konusunda sorun yaşanmaktadır	1,161	3	0,762
6) Büyükşehir belediyesi olması cenaze hizmetlerinin daha etkili bir şekilde yürütülmesini sağlamıştır.	0,881	3	0,830
7) Büyükşehir belediyesi olması ulaşım hizmetlerini olumlu yönde etkilemiştir.	1,735	3	0,629
8) Büyükşehir belediyesi olması itfaiye hizmetlerini olumlu yönde etkilemiştir.	2,815	3	0,421
9) Büyükşehir belediyesi olması sosyal ve kültürel alanda olumlu etkiler yaratmaktadır.	9,790	3	0,020*
10) Büyükşehir olması kırsal kalkınmayı olumlu etkilemiştir.	6,072	3	0,108
11) Büyükşehir belediyesinin kırsal yerleşimler üzerine yaptığı yatırımlar yeterlidir.	4,704	3	0,195
12) Büyükşehir belediyesi olması kırsal alanda yaşayan insanlara istihdam sağlamıştır.	9,983	3	0,019*

* 0,05 Anlamlılık düzeyi

Katılımcıların eğitim durumlarına göre, “Büyükşehir belediyesi olması hizmette kalite ve verimliliği arttırmıştır” önermesine verilen cevaplarda istatistiksel olarak anlamlı görüş farklılıkları tespit edilmiştir. Yapılan çapraz tablo analizinde “İlköğretim” mezunlarının %11,8’i ve “lise” mezunlarının %10,8’i “katılmıyorum” diyerek anlamlı farklılıklar oluşturmuşlardır.

“Büyükşehir belediyesi olması sosyal ve kültürel alanda olumlu etkiler yaratmaktadır” önermesine verilen cevaplarda istatistiksel olarak anlamlı görüş farklılıkları tespit edilmiştir. Yapılan çapraz tablo analizinde “lisans” mezunlarının %8,8’i “katılıyorum” diyerek anlamlı farklılıklar oluşturmuşlardır.

“Büyükşehir belediyesi olması kırsal alanda yaşayan insanlara istihdam sağlamıştır” önermesine verilen cevaplarda istatistiksel olarak anlamlı görüş farklılıkları tespit edilmiştir. Yapılan çapraz tablo analizinde “lise” mezunlarının %17,7’si “katılmıyorum” diyerek anlamlı farklılıklar oluşturmuşlardır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, 6360 Sayılı Kanun ile büyükşehir statüsüne alınan Manisa ilinin Gördes ilçesine bağlı Güneşli Mahallesi, yöre halkının belde belediyesinin kalkarak mahalle olmasına ilişkin bakış açılarını değerlendirmek amacıyla 102 kişiye anket uygulanmıştır. Görüşleri sorularak alınan yanıtlar değerlendirilmiştir. Ankete katılım sağlayan kişilerin büyük çoğunluğu yaklaşık %83'lük kısmı “Erkek”, geri kalan kısmı ise “Kadın”dır. Katılan kişilerin yaş dağılımı olarak çoğu 21-40 yaş arasındadır. Meslek grupları dağılımı olarak en fazla memur, esnaf ve öğrenci bulunmaktadır. Katılanlardan, kişi başı aylık gelir olarak yarısı 0-1600 ₺ arası gelire sahiptir.

Araştırmada yer alan katılımcıların yarısından fazlası, yaklaşık olarak %59, Güneşli Mahallesi'nin 6360 Sayılı Kanun ile belediyesinin kaldırılarak mahalle olmasından memnun değillerdir. Belde belediyesi iken kendine ait bütçesi olması ve hizmetlerin gecikme olmadan sağlanması, büyükşehir olduktan sonra ise hizmette aksamaların olması ve zamanında yapılamaması çoğu kişinin şikâyetçi olduğu bir durumdur. Yıllardır yapılması beklenen su altyapı yenileme çalışmalarının yapılamaması ve en ufak bir su patlağı sorununda MASKİ (Manisa Su ve Kanalizasyon İdaresi) ekiplerinin beklenmesi bu durumu desteklemektedir. Memnun olan %35'lik kısım ise eskiden İl Özel İdare'sinin yaptığı hizmetlerin Manisa Büyükşehir Belediyesi'ne geçmesiyle daha etkili yürütüldüğünü düşünerek bu cevabı vermişlerdir.

Araştırmaya katılan her üç kişiden ikisinin yani yaklaşık %66'sının verdiği “içme suyu temininde sorun yaşandı” ifadesi Manisa Büyükşehir Belediyesi'ne bağlandıktan sonra yaşanan sorunlardan biridir. Katılımcıların bu konuda şikâyetçi olmalarının nedeni; yıllar öncesinde “Sığıroba” denilen mevkiden ımece usulüyle Güneşli Kasabası'na getirilen içme suyunu (Manisa Su ve

Kanalizasyon İdaresi) MASKİ'nin civar köylere dağıtmasıdır. Gelen su miktarı azaldığı için bazı önemli günlerde mahalle sakinleri su sıkıntısı çekmektedirler. Bu durum tepkilere neden olmuş hatta suyun dağıtılmaması için imza kampanyası bile yapılmıştır.

Bu olumsuz durumlar dışında katılımcılar Manisa Büyükşehir Belediyesi'nin sağladığı diğer hizmetler için memnuniyetlerini belirtmişlerdir. Bunlardan bir tanesi ulaşım hizmetlerinin Manisa Büyükşehir Belediyesi'ne geçmesiyle daha etkili yürütülmesidir. Geçmeden önce ulaşım sadece Güneşli Belediyesi'ne ait bir küçük otobüs ile sağlanmaktaydı ve Gördes, Demirci, Akhisar gibi çevre ilçelerden sadece Gördes'e belediye otobüsü ile ulaşım sağlanabiliyordu. Ancak Manisa Büyükşehir Belediyesi'nin halk otobüsleri ile çevre ilçelere ve en ücradaki köylere kadar çıkan otobüs seferleri, ulaşımın artık daha etkili ve ucuz olarak yürütülmesini sağladı.

Katılımcıların memnuniyetlerini belirttiği bir diğer konuda cenaze ve itfaiye hizmetlerinin Manisa Büyükşehir Belediyesi'ne geçmesiyle daha etkili yürütüldüğüdür. Cenaze ve mezarlık işlemleri artık daha planlı şekilde yapılmaktadır. Mezarlıklar artık daha düzenli ve temiz, cenaze hizmetleri ise daha etkili yürütülmektedir. Araştırmaya katılanların %75'inden fazlası bu konudaki memnuniyetlerini ankette belirtmişlerdir. İtfaiye hizmetleri de yeni düzenlemeyle birlikte Manisa Büyükşehir Belediyesi'ne bağlanarak tek elden yürütülmeye başlamıştır. Belde belediyesi iken tek ve küçük olan itfaiye aracı sayısı ikiye çıkarılarak büyütülmüş ve yeni merkezi ile olası bir yangın durumuna hazır hale getirilmiştir.

Sonuç olarak araştırmaya katılan kişilere, genel olarak Manisa'nın büyükşehir belediyesi olmasından ve yerel yönetimlerin kalkmasından dolayı memnuniyetleri sorulduğunda yarısından fazlasının memnun olmadığını geri kalanının ise kararsız ve memnun olduğu görülmüştür. Ancak, bazı hizmetlerin Manisa Büyükşehir Belediyesi'ne geçmesiyle daha etkili ve hızlı yürütüldüğünü katılımcılar memnuniyetleriyle birlikte belirtmişlerdir.

5. Kaynaklar

- Acar, A., (1997). "Büyükşehir Belediyelerinin İlçe ve Alt Kademe Belediyeleri Üzerindeki İnceleme ve Uygulamayı Denetleme Yetkisinin Sınırı", *Sayıştay Dergisi*, Sayı:26, s. 47.
- Adıgüzel, Ş., (2012). "6360 Sayılı Yasa'nın Türkiye'nin Yerel Yönetim Dizgesi Üzerine Etkileri: Eleştirel Bir Değerlendirme". *Toplum ve Demokrasi Dergisi* 6: 153-176
- Ayyıldız, M., Çiçek, A. & Ayyıldız, B., (2016). "6360 Sayılı Büyükşehir Yasasının Kırsal Kesime Olası Etkileri", *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5: 280-285
- Eryılmaz, B., (2013). "Kamu Yönetimi Düşünceler-Yapılar-Fonksiyonlar-Politikalar", *Kocaeli: Umuttepe Yayınları*.
- Genç, F. N. (2008). "Söke Kentsel Alanının Yönetimi ve Sorunları, Dönüşen Kentler, Değişen Yerel Yönetimler", *Gazi Kitabevi*, Ankara.
- Gül, H, M. Kiriş, N. Negiz & İ. Gökdayı., (2014). "Türkiye'de Yerel Yönetimler ve Yerel Siyaset" *Detay Yayıncılık*, Ankara
- Karakılçık, Y., (2013). "Yeni Yerel-Bölgesel Politikalar Işığında Yerel Yönetimler" *Seçkin Yayınevi*, Ankara.
- Keleş, R., (2009). "Yerinden Yönetim ve Siyaset", *Cem Yayınevi*, Ankara.
- Özdamar, K., (2013). "Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi" *Cilt 1. Nisan Kitabevi*, 6428-51-1.
- Tortop, N. & B. Aykaç, (2006). "Mahalli İdareler", *Nobel Yayın Dağıtım*, İstanbul.
- Zengin, O., (2014). "Büyükşehir Belediyesi Sisteminin Dönüşümü: Son On Yıllık Değerlendirmesi", *Ankara Barosu Dergisi*, s: 91-116, Ankara.

MOTION CONTROL OF MICROROBOT IN LAMINAR FLOW

Ali Anil Demircali, Tunahan Vatansver¹, Eda Nur Saruhan¹, Abdurrahim Yılmaz¹, Hakan Gules¹, Kadir Erkan¹, Hüseyin Uvet¹

¹*Mechatronic Engineering, Yildiz Technical University, İstanbul, Turkey*

aanil@yildiz.edu.tr

** Correnponding Author*

Abstract

In this study, the problem of motion of microrobots located in a microfluidic channel under higher flow rates is investigated. The drag force which can be changed exponentially with increasing flow velocity prevents the robot from positioning and even keeping it at a constant levitation height. In order to overcome this problem, the lateral forces of the robot must be increased. As a solution, instead of using a single magnet to position the robot, N52 grade ring-type magnets are used above and below the microfluidic channel. The magnets used were mounted on automatic microstage with nano position sensitivity in three axis and robot levitation was performed. By using this configuration, the magnetic field lines are intensified on both sides of the robot and an extra tension on the robot surface was generated. With this tension, the lateral forces of the robot were increased (284.65 nN) and the robot was reached to 94 mm/s at 65 mL/min flow rate. The motion behavior of the robot under different flow rates (5-65 mL/min) was also investigated. While under flow, the robot was both held stationary and moved 4 mm in the flow with maximum position error 2.106%..

Keywords: *Magnetic Levitation, Increasing Stability, Lateral Force, Mobilization*

1. Introduction

Recently, researches have shown that microrobots have a wide range of applications such as cell-driven drug transportation [1], artificial insemination [2] and cellular treatments [3]. In particular, microrobots are used in similar applications in order to carry out drug transportation to a certain region within a microfluidic channel. Advantages such as ease of use in biomedical sense, efficiency of energy and minimal damage to the desired cite are provided. As the flow regime is laminar, inertial terms of viscous force and surface tension should be taken into account in small length scales [4]. Depending on the dimensions of the microrobot and microfluidic channel, the precise position control and locomotion of the microrobot are also important. To achieve this, different microrobot levitation techniques are used, such as electromagnetic [5], permanent magnet [6], thermal effects [7] and optics [8]. Studies with these systems in the air environment [9], different liquid environments [10], and robot mobility in the flow [5] have been reported. In these studies, the mobility profiles of the microrobots, drag force and Re (Reynolds number) effects on the robot during their locomotion are examined [10]. However, since the liquid is stationary in these studies, no flow characteristics can be mentioned.

In these studies, it can be observed that the fluid used is either stationary or in very low flow profiles (<0.2 mL/min). This is because of the drag force acting on the microrobot increases exponentially depending on the flow rate. It is seen that the lateral forces acting on the robot cannot be increased sufficiently to resist the exponentially increasing drag force. Therefore, higher lateral forces are applied in order to increase the precision of locomotion and be able to move robot against higher flow rates. Levitation and orientation of the microrobot under higher flow rates in the lab-on-a-chip will have the potential to be used in cell-culture and cell-harvesting areas.

Khalil and his team studied the locomotion of an object in a microfluidic channel in the creeping flow regime. They used 4 electromagnets for the levitation, and the effects of different controller techniques on the robot's speed, rise time and motion sensitivity were examined. Although the applied flow is at very low levels (<0.6 mL/min), the position error appears to be ~16 µm [11]. Belharet and his team carried out the manipulation of a 500µm diameter microrobot in water and glycerin with different viscosity values under laminar flow regime. However, it is seen that robot motion is tested at varying flow rates in the range of 2.8 mL/min and 10 mL/min with an error margin of approximately 100 µm. Therefore, it is difficult to position the robot, which has high error values while positioning the microrobot in microfluidic channels [10]. Sanchez and his team reported the control and movement of the catalytic microrobot in a fluid microchannel, whose width is 150 µm [12]. Permanent magnets are used to control the motion of the microrobot. When a flow of 73 µm/s was applied to the system, the speed of the microrobot was increased to 78 µm/s. However, they could not move the microrobot faster even at lower flow rates because of the inability to increase the lateral forces of the microrobot. Thus, the use of a microrobot in the opposite direction to the flow in order to transport microparticle appears to be unsuitable. Sitti and his team showed that a robot whose dimensions are 250µm x 130µm x 100µm can produce a lateral force of 52 nN when it is moved in contact to the surface. When it is moved without friction, the robot could only produce a lateral force of 1.7 nN [13].

As a contribution to robotic field, in this article, a methodology to increase on lateral magnetic forces of an untethered microrobot were aimed to enable motion in laminar flow regime. A microrobot driving configuration with pyrolytic graphite and 2 ring-type permanent magnets were used to increase lateral forces acting on an untethered microrobot. Microrobot motion at higher flow rates (65 mL/min in channel) was achieved by this method. Different aspects of the results are discussed to show the potential of the

proposed system. The basis of the proposed configuration was based on the concentration of the magnetic field force lines on the microrobot and the formation of a force vector on both sides on the vertical axis of the robot. Furthermore, in the literature, for the best of our knowledge, microrobot analyses against any of laminar flow regime and lower Re values (10^4), which effect on the drag force coefficient, were not studied sufficiently. Here, the motion characteristics of our microrobot at different flow rates were presented with simulation results and confirmed by experimental results.

2. Basic Mathematical Model

In this section, the theoretical calculation of the forces acting on a microrobot, which was located in a fluidic channel under laminar flow condition was presented. The microrobot which has carrier magnet shows levitation characteristic above pyrolytic graphite and balances with permanent magnets (2 lifter magnets). The experimental setup was illustrated in Fig. 1. In this figure, all equipments are modeled in Solidworks ® and shown. In (B), magnified image of (A) is given with forces acting on microrobot for clarification. In (C) microrobot and N52 grade magnet with their sizes are given.

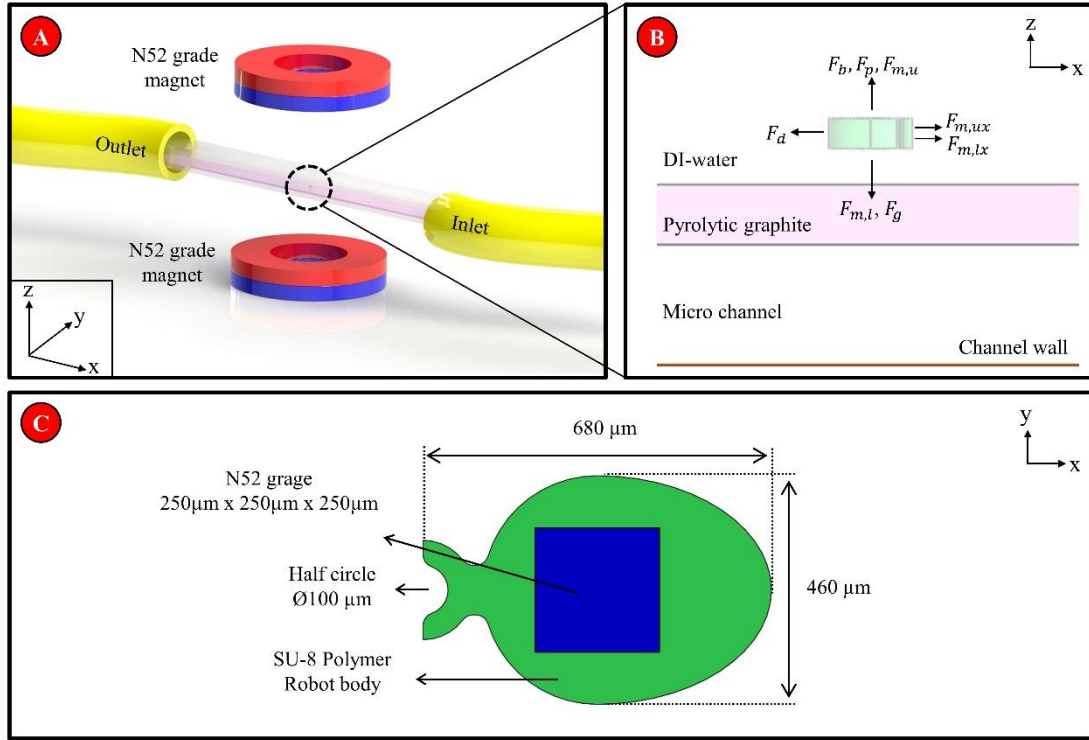


Fig. 1. The concept used in the microrobot levitation system is expressed in (A). Two ring-type magnets are positioned above and below the channel. Yellow syringe tires were used to transfer water from the flow pump to the channel. The forces acting on the robot in the flow are shown in (B). In (C), the dimensions of the microrobot and the permanent magnet in the center are shown. The magnet and robot thicknesses are both 250 μm .

The analysis of magnetic forces exerted on microrobot in a fluid medium, was studied in detail previously [4, 14]. In addition to free-body diagrams and force vectors in previous studies, the effect of the flow and additional lower lifter-magnet forces were also added to mathematical model. The expression (2) is substituted to (1) and the integral was taken for each axis of the pyrolytic graphite. In this way, the force between the graphite and the stabilize magnet were calculated as follows:

$$F_{dia,z} = \frac{\chi_d}{2\mu_0} \iint_V \left(\frac{\partial \|B\|^2}{\partial z} \right) dv \quad (1)$$

where diamagnetic force in z direction, $F_{dia,z}$; magnetic susceptibility, χ_d ; magnetic permeability of vacuum, μ_0 ; remanent flux density, B . The attractive magnetic force, which is applied by the lifter magnet, acting on the microrobot surface, is expressed in surface form,

$$F_m = \frac{\mu_r - 1}{2\mu_0\mu_r} \iint_S B^2 ds \quad (2)$$

where magnetic force, F_{mp} ; magnetic permeability, μ_r . Gravitational force, buoyant force, and drag force can be calculated with the equations (3) through (5).

$$F_g = m_r g \quad (3)$$

$$F_b = V_r (\rho_r - \rho_f) g \quad (4)$$

$$F_s = \frac{1}{2} c_d \rho_f A_r v^2 \quad (5)$$

where robot mass, m_r ; gravitational acceleration, g ; robot volume, V_r ; robot area A_r ; robot density, ρ_r ; fluid density, ρ_f ; drag force coefficient, c_d . When Re becomes smaller ($<10^4$), c_d can be calculated by using (6).

$$C_d = \frac{24}{Re} \quad (6)$$

The two lifter magnets were positioned above and under the channel and aligned along with z-axis. They are N52 grade and have dimensions of $\varnothing 20\text{mm} \times \varnothing 40\text{mm} \times 8\text{mm}$. The dimensions of the pyrolytic graphite on the surface was 7mm width, 30mm depth and 0.5 mm thickness. It was expected that the levitated microrobot would not be able to maintain its position relative to the “center line” due to drag force caused by stream flow applied in the x-axis direction. Since the microrobot would have a certain displacement during flow, the carrier magnet in microrobot’s center would also have a displacement, τ , relative to the centers of the magnets. Because of this displacement, the angle between the upper lifter magnet with the “center line” was indicated as α . Under these circumstances, the proposed model turns into a second order mathematical system. In this model, the drag force exerted on microrobot’s surface was modeled as disturbance input and microrobot was modeled as a mass, the robot-liquid environment pair was modeled as a damping element and the robot-magnets pair was modeled as a spring. The reason behind using damping and spring elements in the model was to facilitate the mathematical determination of the hydrodynamic structure of the liquid and the relationship between the robot and liquid environment in the model. The same parameters α and τ were also valid here and were not shown again for a clearer representation. The microrobot’s dimensions are 460 μm (width) and 680 μm (length). A cube-shaped magnet was placed in the microrobot body, made by SU-8 based polymer material. It has semicircular front-head, designed for object manipulation in future studies.

3. Simulation of Different Configurations

This section shows the analysis of second order system modeling of microrobot and its behaviour in microfluidic channel by using COMSOL[®]. A parametric solid mechanics and laminar flow modules are used with time-dependent analysis was performed for different flow values ranging from 0-100 mL/min to the microrobot in a rectangular channel measuring 3.5mm x 7mm. For simplicity, during 5 mL/min flow rate with microrobot displacement is given in Fig. 2. In this figure the variation of the flow rate in the channel in the -x direction is side-view shown when the flow is 5 mL/min. The arrows on the figure (A) show the direction and characteristic the flow flows, and in the upper-left in all figures represent time series.

In (A) microrobot is held for levitation position without flow, (B) after 0.4 s. It has 772.14 μm displacement, (C) 0.8 s. With 1077.50

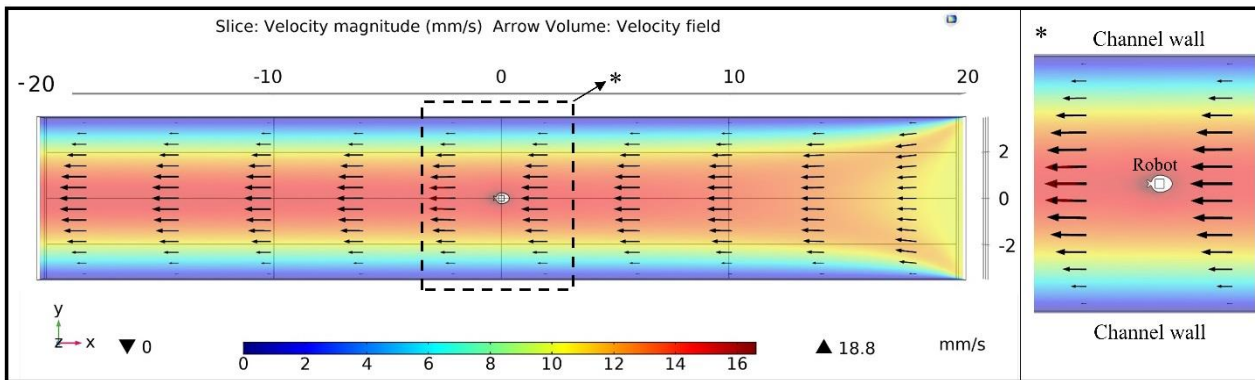


Fig. 2. Shows the analysis result when the robot in a rectangular channel has a flow rate of 5 mL/min.

μm displacement, (D) 1.2 s. It has 580.65 μm displacement, (E) 1.6 s. It has 1094.30 μm displacement, (F) 2 s. It has 691.00 μm displacement are presented. In accordance with this analysis’ result, robot oscillated in the range of $\sim 497 \mu\text{m}$.

4. Experimental Studies

According to the results obtained in the theory and analysis sections, the immobilization of the microrobot and its movement in the flow are shown. The microrobot lateral motion characteristics were experimented at different flow rates (5-65 mL/min) and recorded by the optical microscope system (Olympus SZX-7, Olympus Corporation, Tokyo, Japan and PointGrey GS3-U3, FLIR Integrated Imaging Solutions Inc., Richmond, BC, Canada). The microrobot was levitated in a 3.5mm x 7 mm microfluidic channel. A syringe pump (NE-1010 Higher Pressure Variant, Wantagh, New York, US) capable of applying a flow rate from 0 to 2120 mL/h was used to provide higher flow rates through the channel. For robot levitation, ring type $\varnothing 20\text{mm} \times \varnothing 40\text{mm} \times 8 \text{mm}$ N52 grade magnets were used below and above the channel. The magnet positions were controlled by a high accuracy 3 axes positioning stage (M-126.PD2 / 20mm x 20mm x 20mm, Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Germany).

The behavior of the robot displayed laterally is shown in Figure-3. Microrobot oscillated between 585.6-1125.9 μm in Figure 3-A, 3494.4 –3843.5 μm in B and 9727.9-10388.0 μm in C. Due to the nature of the robot, flow and magnetic field, the displacement value at increasing values shows exponential characteristics. The experiment was repeated 10 times to demonstrate reproducibility and the flow was performed as a step function, not continuous. The aim is to prevent the robot from constantly being exposed to a

constant flow and drag force. Thus, it has been shown whether the application of the flow at different times over an experimental period has an effect on the microrobot behavior. The detachment point of the microrobot was determined by the flow rate starting at 5 mL / min and increased at 10 mL / min intervals. Although the microrobot was resistant to flow at 65 mL / min, the stability of the levitation began to deteriorate at this flow value. It was calculated that the distance from the point where the detachment occurs to the center of the carrier magnet was 10388.0 μm . At this point, the upper lifter magnet is 20 mm from the graphite surface and the lower carrier magnet at 25 mm away from graphite surface. All experiments were performed with the robot at a levitation height of 100.0 μm

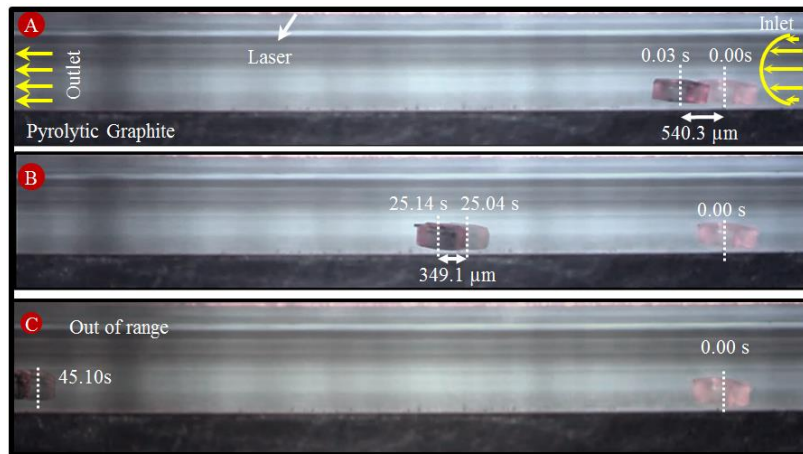


Fig. 3. (A) 5 mL / min, (B) 35 mL / min, (C) 65 mL/min, two different flow rates are given. The oscillation values are indicated in these two flow rates.

After the experiments shown 61atüre61 microrobot held constant under the flow, the axial displacement of the robot relative to the center, the lateral movement of 4 mm under the flow was moved in the opposite direction and in the same direction as the flow. This experiment was repeated 10 times for robot speeds in the range of 10-50 mm / s for each flow value. Step spacing 10 mm / s was selected and in each experiment the robot was moved twice for each speed value. Fig. 4 represents a side view of this experiment at flow rate of 25 mL/min and microrobot speed of 50 mm/s. In the beginning, the microrobot was standing in the levitation state in the initial position. With flow, the first oscillation point (1.05-1.07 sec) was moved by 4 mm and the final oscillation point (2.04-2.06 sec) was reached by the effect of drag force.

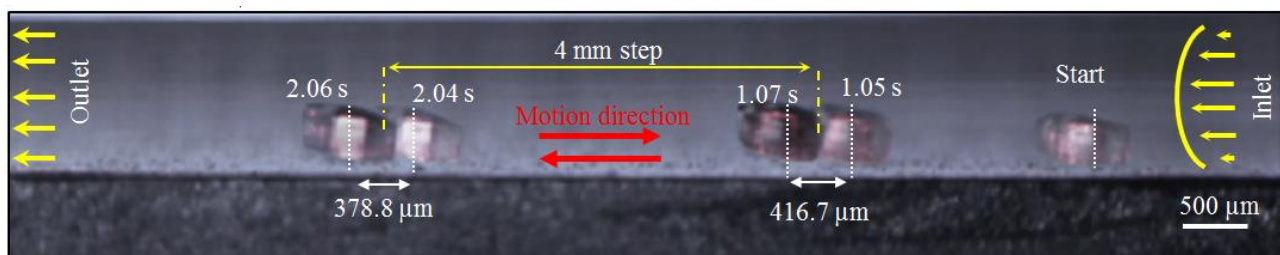


Fig. 4. The initial position, the first oscillation point (1.05-1.07 sec), the last oscillation point (2.04-2.06 sec) and displacement values 61atüre61 50 mm / s velocity of the microrobot are shown when applying a flow of 25 mL / min.

The robot between the two oscillations was not immediately moved; therefore, there is a difference of about 1 second between oscillations.

5. Conclusion

In this study, the motion of a microrobot in a microfluidic channel is investigated. For a microrobot to be moved against the flow and in the same direction as the flow under a flow, the laterally generated force is very important. In order to increase these forces, the movement of the microrobot against the flow was successfully realized with the proposed configuration. At a flow rate of 65 mL/min, the robot performed a lateral movement of 4 mm up to 40 mm/s. Characteristic. Thanks to this configuration, the magnetic field lines are intensified and the lateral force at the breaking point is calculated as 284.6 nN and increased by ~5.5 times according to similar studies.

5.1. Displacement Experiment in Flow

After obtaining the theoretical and analysis results of all required parameters and overlapping of these values, experiments were conducted in the flow. Firstly, in order to calculate the oscillation and breaking point of the microrobot; increasing flows were applied in 5-65 mL/min and 10 mL/min steps. During these experiments, we also have observed that the microrobot had oscillations behavior depending on the flow rates. It had oscillations ranging from 585.6-1125.9 μm at 5 mL/min, 1775.6-2281.3 μm at 15

mL/min, 2757.8-3120.6 μm at 25 mL/min, 3494.4-3843.5 μm at 35 mL/min, 4400.1-4780.7 μm at 45 mL/min, 6027.8-6556.7 at 55 mL/min and 9727.9-10388.0 μm at 65 mL/min. These values were obtained as a result of 10 experiments under the same conditions. It was observed that microrobot had higher oscillation frequency at the flow rate of 5 and 15 mL/min. This can be explained by the resonance width of the system. Electrical loads during rest are more dominant in micro-scale systems than gravitational forces. It was also observed that the stability of the microrobot was increased at these speeds. However, some distortions (peaks) were detected in the microrobot position momentarily, which was due to the non-linearity of the magnetic field and flow. These peaks at 65 mL/min distorted the microrobot levitation and shifted from the lifter magnets' central region and caused loss of control. The distance of this point to the center was calculated as 10388.0 μm and called as detachment point. The distance of this point to the center was calculated as 10388.0 μm and it was calculated that it generated a lateral force value of 284.6 nN at this point.

5.2. Lateral Motion Experiment in Flow

After the displacement test, the movement of the microrobot parallel to the surface was observed against the same flow rates. To do this, the robot was moved under flow with a flat trajectory of 4 mm with 5 different speed values between 10-50 mm/s. When the drift force acting on the microrobot increases due to laminar flow, the microrobot can move against flow rate of 65 mL/min at a velocity of 40 mm/s. However, when trying to move the microrobot at a speed of 50 mm/s, the levitation distortion followed the rupture. It was calculated that there was a flow rate of 44.21 mm / s in the channel at the maximum flow value. 5 different speed values (10-50 mm / s) with 4 mm lateral step intervals of the robot's motion accuracy was achieved with a maximum error of 2.1%. As a result of this experiment, it has been shown that a long trajectory can be traced under a high flow velocity and the microrobot is capable of precise positioning even in the flow medium.

Acknowledgment

This work was supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) under Grant 116E743

6. References

- Li, J., Li, X., Luo, T., Wang, R., Liu, C., Chen, S., ... & Sun, D. (2018). Development of a magnetic microrobot for carrying and delivering targeted cells. *Sci. Robot*, 3(19).
- Mariana Medina-Sánchez, Lukas Schwarz, Anne K. Meyer, Franziska Hebenstreit, and Oliver G. Schmidt *Nano Letters* 2016 16 (1), 555-561
- Huang HW, Sakar MS, Petruska AJ, Pané S, Nelson BJ (2016) Soft micromachines with programmable motility and morphology. *Nat Commun* 7:12263.
- Demircali A.A., Uvet H. Stabilization of Microrobot Motion Characteristics in Liquid Media. *Micromachines* 2018, 9, 363.
- [Islam S. M. Khalil](#); [Veronika Magdanz](#); [Samuel Sanchez](#); [Oliver G. Schmidt](#); [Sarathak Misra](#) "The Control of Self-Propelled Microjets Inside a Microchannel With Time-Varying Flow Rates" [IEEE Transactions on Robotics](#) (Volume: 30 , [Issue: 1](#) , Feb. 2014)
- A. W. Mahoney and J. J. Abbott, "Generating Rotating Magnetic Fields With a Single Permanent Magnet for Propulsion of Untethered Magnetic Devices in a Lumen," in *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 30, no. 2, pp. 411-420, April 2014
- O. Sul, M. Falvo, R. Taylor, S. Washburn, and R. Superfine, "Thermally actuated untethered impact-driven locomotive microdevices," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 89, pp. 203512–203514, 2006.
- Hu, W.; Ishii, K.S.; Ohta, A.T. Micro-assembly using optically controlled bubble microrobots. *Appl. Phys. Lett.* 2011, 99, doi:10.1063/1.3631662.
- Soukeyna Bouchebout, Aude Boloignon, Jean-Ochin Abrahamians ,Stéphane Régnier "An overview of multiple DoF magnetic actuated micro-robots" *Journal of Micro-Nano Mechatronics* December 2012, Volume 7, [Issue 4](#), pp 97–113
- Belharet, Karim et al. "Control of a magnetic microrobot navigating in microfluidic arterial bifurcations through pulsatile and viscous flow." 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (2012): 2559-2564.
- Khalil, I. S. M., Abass, H., Shoukry, M., Klingner, A., El-Nashar, R. M., Serry, M., & Misra, S. (2016). Robust and Optimal Control of Magnetic Microparticles inside Fluidic Channels with Time-Varying Flow Rates. *International Journal of Advanced Robotic Systems*.
- [Samuel Sanchez*](#), [Alexander A. Solovey](#), [Stefan M. Harazim](#), and [Oliver G. Schmidt](#) "Microbots Swimming in the Flowing Streams of Microfluidic Channels" [J. Am. Chem. Soc.](#) 2011, 133, 4, 701-703
- Floyd, Steven Paul et al. "Two-Dimensional Contact and Noncontact Micromanipulation in Liquid Using an Untethered Mobile Magnetic Microrobot." *IEEE Transactions on Robotics* 25 (2009): 1332-1342.
- Uvet, H.; Demircali, A.A.; Kahraman, Y.; Varol, R.; Kose, T.; Erkan, K. Micro-UFO (Untethered Floating Object): A Highly Accurate Microrobot Manipulation Technique. *Micromachines* 2018, 9, 126.

INCREASING LATERAL FORCE OF MICROROBOT USING PASSIVE DIAMAGNETIC LEVITATION

Ali Anil Demircali^{1,*}, Tunahan Vatanserver¹, Eda Nur Saruhan¹, Abdurrahim Yılmaz¹, Hakan Gules¹, Kadir Erkan¹, Hüseyin Uvet¹

¹*Mechatronic Engineering, Yildiz Technical University, İstanbul, Turkey*

aanil@yildiz.edu.tr

**Corresponding Author*

Abstract

In this study, we have developed a novel configuration that improves the lateral stability of microrobot levitation system which aims to control it with permanent magnetic field in untethered manner. Lateral forces are very important for locomotion of the robot in the liquid, the transport of cells and drugs, and the mobilization of the robot in a desired site under flow. Therefore, increasing the lateral force increases the precision of the microrobot and its stabilization. The proposed configuration consists of two magnets, one under and one over the micro robot; also one magnet is larger than the other. The magnets used at the top and bottom are cube shaped and have dimensions of 15mm x 15mm x 15 mm and 10mm x 10mm x 10 mm respectively. It was observed that the magnetic field force lines had a more linear effect from the larger magnet to the smaller one and from smaller one to the air environment to the microrobot. In addition, an extra surface tension is generated on the robot due to the magnets used on both sides. The linearized force lines increased the robot stability while the surface tension generated by the robot increased the lateral forces.

Keywords: *Diamagnetic Levitation, Configuration, Magnetic Field Lines*

1. Introduction

The importance of high-precision positioning and control of microrobots plays a big role in cell and drug transport, movement of micro-objects, medical applications and measurement systems [1-5]. It is seen that different levitation techniques such as permanent magnet [6-8], electromagnet [9], optical [10] and acoustic [11] are applied to make lateral movements of microrobots in the liquid more stable and controlled. In these studies, active levitation using electromagnet, passive levitation using permanent magnet and robot imaging are discussed. However, despite the use of expensive and complex feedback mechanisms and high energy consumption in these studies, there is no information about increasing the lateral forces of the robot. Particularly in viscous liquid environments and when it is desired to move the robot to a certain area in the flow, lateral forces that cannot be increased sufficiently will reduce the position accuracy. Even in the laminar flow regime in microfluidic chips, the robot has the risk of breaking off the levitation point due to lateral forces that are not sufficiently generated. When the robots designed and used at the micro level are examined, the laminar flow characteristic of the medium due to the shrinking dimensions causes the Re (Reynolds number) effects to be ignored.

Nelson and his team studied the effects of Re's laminar flow regime and friction force [12]. The low precision in calculating friction force and mathematical modeling reduced the robot's mobility. Arai and his team performed microrobot levitation by permanent magnets in a microfluidic channel environment [13]. Although the speed of the micro robot reached 282.6 mm/s, they were only able to provide movement in a narrow Reynolds range. Misra and his team have provided levitation in a fluid channel using four electromagnetic coils of the micro-robot [14]. They only manipulated the Micro Robot against a flow of 7 $\mu\text{L} / \text{min}$. However, it was found that it was impossible for the robot to reach the specified position because the lateral force produced was smaller than the drag force. Schmidt and his team used a microfluidic tube with 150 μm width with its own drive system [15]. However, it was observed that the velocity slowed down during the transport and the reasons were: increasing the number of cells carried with the flow force, and the second as the upward flow of high flow blocking the inlet of the tube. Ferreira and his team discussed the control of the intravenous micro-robot and examined it especially in different viscosity environments [16]. The system was tested in a microfluidic chip with a diameter of 1000 μm . However, it was observed that microrobot was not resistant to disturbing inputs and noise. In the analysis, it was stated that resistance to drift forces can be shown at lower Reynold values. Khalil and his team, using 4 electromagnets in their work, and a microfluidic channel measuring 1.5mm x 2mm, aimed to provide control of a microparticle [17]. It was only able to be moved against the flow at a rate of 150 $\mu\text{m}/\text{s}$ and when it came to a fixed position, the error rate was observed to be 10 μm . At this speed, it was observed that the error rate increased to 64 μm while the microparticle was in the stagnant state, and as a result, precise positioning could not be achieved.

In our study, passive magnetic levitation was applied to the microrobot in a fluidized liquid with a new magnet configuration. A cube-shaped permanent magnet (0.25mm x 0.25mm x 0.25mm) is used in the center of the microrobot and cube-type magnets (Large: 15mm x 15mm x 15mm, Small: 10mm x 10mm x 10mm) are used above and below the channel for levitation. The magnets used for levitation are connected to the carrier trays with nano motion sensitivity and 3 degrees of freedom. In addition to these movements, the magnets are connected to one servo motor to obtain additional degree of freedom. The proposed microrobot levitation system is more compact and has lower energy requirement than other systems due to the equipments used. In the experiments carried out with the microrobot, the robot was able to move at 50 mm / s and levitation height of 250 μm . During the movement, the parallelism to the surface was not disturbed and therefore the levitation height did not change. The results obtained in

the experiments are shown by the finite element method 64atüre64 lateral force value and the drag force coefficient acting on the robot due to its movement in the flow. 64atüre6464, magnetic field physics and Maxwell stress tensor method in AC / DC 64atüre are used in COMSOL®.

64atüre64 first time, rapid (50 mm/s) lateral motions, lateral forces and stabilization problems of microrobots have been investigated and solution method has been developed as a contribution to the 64atüre6464re. With the developed method, the robot moves parallel to the surface at high speed and positioning is performed with error margin less than 1µm. With this method, it has been shown that, as a result of the elimination of the friction force with the mechanical non-contact microrobot in a liquid medium, expensive feedback mechanisms and large and large number of electromagnets are not needed. In this way, more precise (nano) level position tracking is made possible and problems such as vibrations during levitation, keeping at constant levitation height and moving within the laminar flow regime are solved. Thus, the proposed configuration has the potential to be used for more precise, faster and more stable movement of the microrobot, particularly in flow-through applications within the intravenous and microfluidic channels.

2. Mathematical Model

In this section, the forces acting on a microrobot in a microchannel filled with de-ionized water is shown. For these forces acting on the microrobot, the brownian forces and the intermolecular forces are omitted because these forces are more prominent in nano scale 64atüre64 negligible in micro scale. The forces are shown in 64atüre 1, which are drag force F_d , buoyancy force F_b , gravitational force F_g , diamagnetic force F_{dia} , and magnetic force F_m . In the same 64atüre, the double magnet configuration and the magnet sizes, the microchannel and its dimensions are shown in front view. It can also be seen how the magnets on both sides of the microrobot with poles in N-S-N-S order pull the microrobot in both ways. Through maintaining the stabilization of the microrobot with this specific configuration, a steadier movement was aimed.

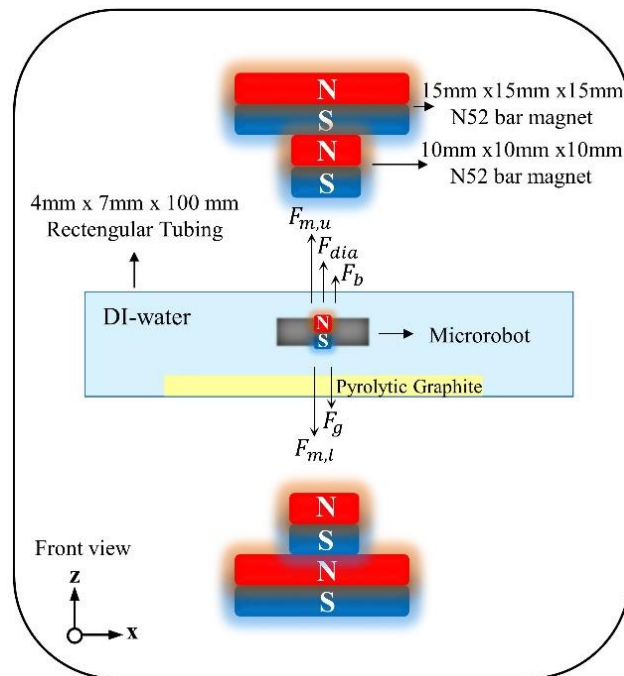


Fig. 1 The recommended configuration 64atüre64 microrobot levitation system and the materials used are expressed with their dimensions.

According to the forces shown in the free body diagram in 64atüre 1, there is levitation at every point where the net force equals zero. All the parameters necessary to calculate the z components of the forces are shown in table 1. The parameters given in table 1 are used in equations 1 through 7.

TABLE I. Parameters used in force calculations

Parameter	Description	Unit	Parameter	Description	Unit
B	Magnetic flux	T	m_r	Mass of the microrobot	kg
H	Manyetik field	A/m	g	Gravitational acceleration	m/s ²
M	Magnetization vector	A/m	V_r	Volume of microrobot	m ³
χ	Magnetic susceptibility	-	ρ_f	Fluid density	kg/m ³
μ_r	Magnetic permeability	-	ρ_r	Robot density	kg/m ³
μ_0	Permeability of vacuum	Wb/Am	c_d	Drag force coefficient	-
$n_{x,y,z}$	Surface normal	-	A	Robot cross-sectional area	m ²

Because the pyrolytic graphite has magnetic permeability less than 1, it constantly applies a force in the opposite direction to the applied magnetic field due to diamagnetic 65atüre. This force compressed the magnetic field lines on the microrobot and assures stability during levitation.

$$F_{d,z} = \frac{\chi_d}{\mu_0} \iiint_V \left(B_x \frac{\partial B_x}{\partial z} + B_y \frac{\partial B_y}{\partial z} + B_z \frac{\partial B_z}{\partial z} \right) dv \quad (1)$$

Volume and surface integrals can be interpreted as shown in (2) and (3).

$$F_{d,z} = \frac{\chi_d}{2\mu_0} \iiint_V \left(\frac{\partial ||\mathbf{B}||^2}{\partial z} \right) dv \quad (2)$$

$$F_{d,z} = \frac{\chi_d}{\mu_0} \oint_S ||\mathbf{B}||^2 n_z ds \quad (3)$$

The magnetic field on the microrobot can be calculated in volumetric form in (4). Here, μ_0 and μ_r are air and the magnet's magnetic permeability respectively.

$$F_m = \frac{\mu_r - 1}{2\mu_0\mu_r} \iiint_V \nabla B^2 dv \quad (4)$$

Gravity force, buoyant force, and drag force can be calculated with the equations (5) through (7).

$$F_g = m_r g \quad (5)$$

$$F_k = V_r (\rho_r - \rho_f) g \quad (6)$$

$$F_s = \frac{1}{2} c_d \rho_f A v^2 \quad (7)$$

To calculate the c_d coefficient in laminar flow regime,

$$C_d = \frac{24}{Re} \quad (8)$$

different Re values can be substituted in (8). The values of force vectors in figure 1 are calculated according to these equations. The force values are given in table 2 when the levitation height is 250 μ m, the distance between pyrolytic graphite and the upper magnet is 40mm and the lower magnet 45mm, and when the microrobot moves with 50mm/s.

TABLE II. Force calculation theoretically * taken directly from 3D SOLIDWORKS® with 1 to 1 scaling.

Parameter	Values
F_g	1.588 μ N
F_b	0.944 μ N
F_d	1.074 μ N (50 mm/s lateral)
F_{dia}	0.484 μ N
F_m	0.160 μ N
ρ_f	997.050 kg/m ³ (25 °C)
ρ_r	*2882.150 kg/ m ³
m_r	*0.162x10 ⁻⁶ kg

3. Simulation of Different Configurations

In this part, according the values in the mathematical model and using finite elements method, the stability and lateral force calculations of the proposed model were shown. To achieve this, magnetic field, solid mechanics and moving mesh were combined and analyzed according to time using COMSOL® AC/DC module. In this analysis, the effect of magnetic field lines on a microrobot with 250 μ m levitation height was examined using two different configurations. In the second analysis, the microrobot was moved away from the upper and lower magnet's center and a phase difference, ζ , was created. The magnetic force on the sides of the microrobot was calculated using this distance from the center of magnets. According to this, it was shown how much more lateral force this new configuration can generate. Firstly, the parameter values accepted in the mathematical model were transferred to COMSOL®. Magnetic flux density 1.43T for permanent magnets with N52 valence and magnetic insulating coefficient for pyrolytic graphite [18],

$$\chi_d = - \begin{bmatrix} 85 & 0 & 0 \\ 0 & 85 & 0 \\ 0 & 0 & 450 \end{bmatrix} \times 10^{-6} \quad (9)$$

diagonal (9) according to the analysis given in Fig. 2. In this analysis, one magnet is placed on both sides of the magnet in (A). In (B), the effect of the proposed configuration was examined by adding smaller ones to the magnets in (A). Magnetic flux density around 1 T was observed in both configurations around the robot.

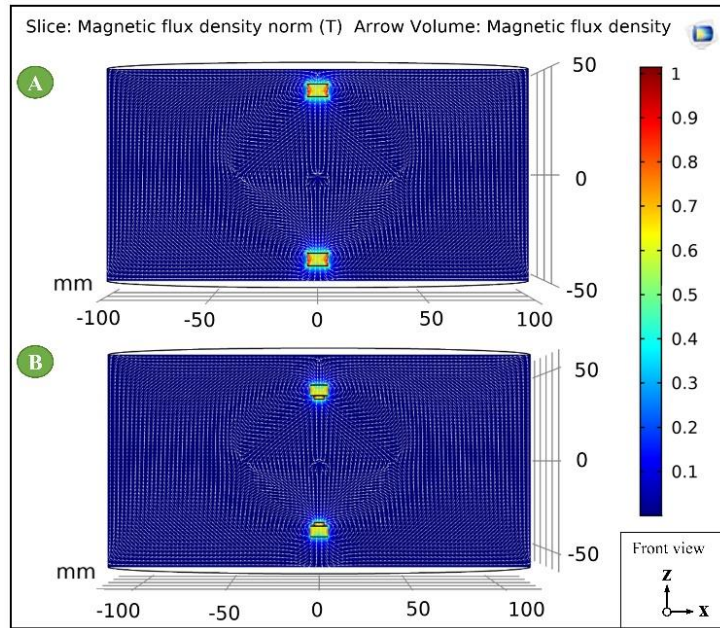


Fig. 2 The effect of the configurations on the robot is shown. The right-hand bar indicates the magnetic flux density. (A) shows the old configuration (single) and (B) shows the new configuration (double).

According to the analysis given in Fig. 3, the change in the magnetic field force lines in the robot region is expressed in With the new configuration, it is observed that the lateral force remains the same even though it is far from the center due to magnetic field lines on a robot have more linear characteristic.

4. Experimental Studies

The theoretical results and the simulation results based on the mathematical model are in agreement with each other. In this section two different flows, 25 ml / min and 50 ml / min, are applied when the microrobot is in a rectangular channel. When the flow is applied, the microrobot has a phase difference with respect to the center of the magnets. The smaller the value in this phase difference under the same flow rate, the more the lateral forces of the microrobot are increased. For this comparison, the NE-1010 syringe pump (Higher Pressure Variant, Wantagh, New York, US) capable of delivering 0-2120 ml / h flow was used. This experiment was repeated 5 times under the same conditions for testing repeatability and stability. In Figure 4-A, a flow of 25 ml / min was applied to the microrobot and (B) it was observed that there was a difference of 231.2 μ m with the old configuration. In Figure 4-C and D, when another flow of 50 ml/min was applied to the levitation system, the difference between them was 374.6 μ m. When the two applied flows were examined, it was seen that the microrobot had more phase difference due to the less lateral forces when the system was fed using the old method. However, with the new configuration applied, the stability of the microrobot was improved by increasing the lateral force by increasing the magnetic field strength lines and the linearized magnetic flux density in the vertical axis. Thus, it was observed that the micro robot moves less on the horizontal axis.

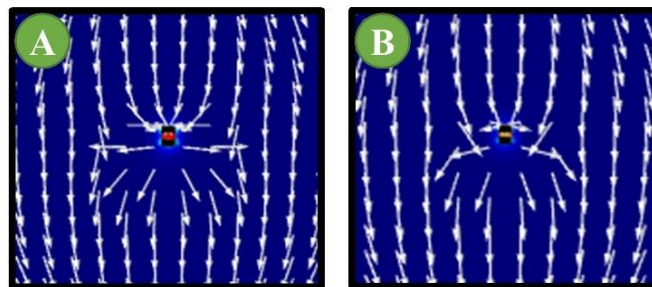


Fig. 3 A) shows the change in the magnetic field strength lines as a result of the old configuration (A) and the new configuration. Accordingly, with the new configuration, a more linear structure is observed in the lines and an improvement of 47° is obtained.

When the 25 mL/min and 50 mL/min flows are compared with each other, the drag force acting on the microrobot shows an exponential characteristic. However, considering the movement in the bearing axis, it is seen that the difference between the old and the new configuration is greater than that of Figures 4-B and D compared to A and C. As the speed of flow applied to the system increased, the resistance of the new model to this flow increased gradually. It was previously explained that lateral forces were increased using different magnet configurations in experimentally.

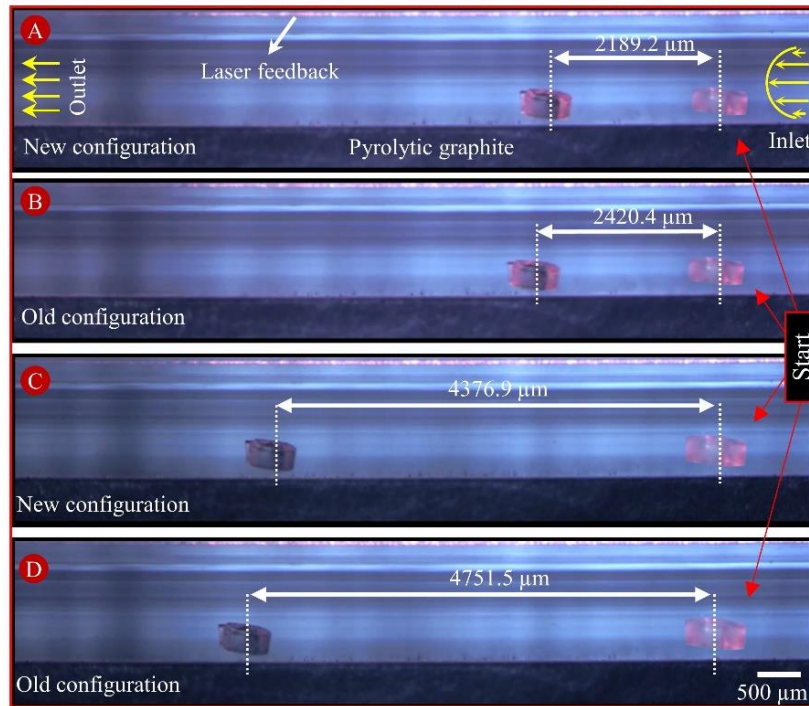


Fig. 4 Two different configurations with two different flow rates: (A) The new configuration with 25 ml / min flow rate, (B) old configuration with 25 ml / min flow rate, (C) New configuration with 50 ml / min flow rate, and (D) old configuration with 50 ml / min flow rate. A lower phase difference value was obtained as expected with the new configuration.

By using new configuration, microrobot can be rotated 90 degrees laterally against to flow and it is shown in Fig. 5. In this figure robot starts motion from (A), then it follows square shaped trajectory with 4 mm step (B), (C), (D) and back to the starting position. This experiment is successfully achieved due to yaw moment is also increased which generated on the robot, so that it can move without leaving the rotation. Thus, the problem of stabilization against higher flow values of the microrobot is improved by using the new configuration. When the experimental studies on increasing the lateral forces of the system both lateral and vertical are examined; theoretical and simulation results have been found to be in harmony and the new model works successfully

5. Conclusion

In this paper, the stabilization of a microrobot through passive diamagnetic levitation, and the lateral force problems were mentioned. The microrobot was put on pyrolytic graphite in a rectangle microchannel and was tested with two different configurations. The parameter values used in mathematical model were analyzed using COMSOL® and the results were examined. According to the results of the first analysis with the new configuration, the magnetic field lines were observed to be more linear. It has also been shown that there is a 47° improvement in the angle of magnetic field lines. In the second analysis, the microrobot was moved with 0.1mm steps with respect to the magnets' center both above and below the microchannel. As a result of these analyses, the new configuration was observed to have 0.178 μN greater lateral force than the other configuration. Additionally, with the new configuration, the maximum force that can be applied was calculated to be 1.674 μN . To test the results, the microrobot was levitated at 250 μm and this value was also measured using a nano scale laser, which supported the results. 5 different experiments were conducted under the same circumstances with 25ml/min and 50ml/min flow rate. It was seen that the new configuration had 231.2 μm less phase difference compared to the old configuration. In 50ml/min flow rate, taking into account the drag force, the new configuration drifted 374.6 μm less. As a result, it was proven mathematically, through simulations and experiments, the new configuration was shown to have a great potential to be used in applications such as microfluidic channels and microchips which require high lateral forces and precise positioning.

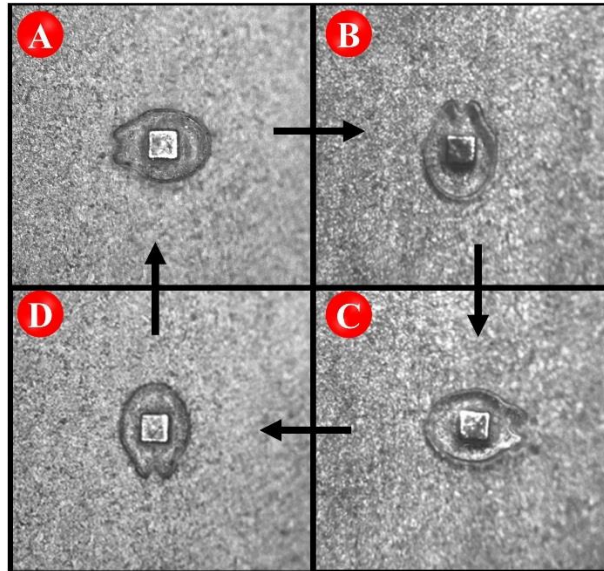


Fig. 5 The microrobot can be rotated 90 degrees each (A), (B), (C), (D) laterally in laminar flow by using new configuration.

Acknowledgment

This work was supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) under Grant 116E743

6. References

- Zhao, Xuanhe, et al. Active scaffolds for on-demand drug and cell delivery, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108.1 (2011):
- Petrina, A. M. (2010). Robotics: from “micro” to “nano”. *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*, 44(2), 89-101.
- Turan, M., Almalioglu, Y., Araujo, H., Konukoglu, E., & Sitti, M. (2018). Deependo: Are current convolutional neural network (rcnn) based visual odometry approach for endoscopic capsule robots. *Neurocomputing*, 275, 1861-1870.
- Ichikawa, A., Arai, F., Yoshikawa, K., Uchida, T., & Fukuda, T. In situ formation of a gel microbead for in direct laser micromanipulation of microorganisms, *Applied Physics Letters*, 87(19), 191108.
- Byun S, Lim J-M, Paik S-J, Lee A, Koo K, et al. Barbed micro-spikes for micro-scale biopsy, *J. Micromech. Microeng.* 15:127984.
- Demircali, A., Erkan, K., & Uvet, H. (2017). A study on finding optimum parameters of a diamagnetically driven untethered microrobot. *Journal of Magnetism*, 22(4), 539-549.
- Uvet, H., Demircali, A., Kahraman, Y., Varol, R., Kose, T., & Erkan, K. (2018). Micro-UFO (untethered floating object): A highly accurate microrobot manipulation technique. *Micromachines*, 9(3), 126.
- Demircali, A., & Uvet, H. (2018). Stabilization of Microrobot Motion Characteristics in Liquid Media. *Micromachines*, 9(7), 363.
- Bracker, G., Xiao, X., Lee, J., Reinartz, M., Burggraf, S., Herlach, D., ... & Hyers, R. (2019). Modeling of Fluid Flow Effects on Experiments Using Electromagnetic Levitation in Reduced Gravity. In *Materials Processing Fundamentals 2019* (pp. 171-180). Springer, Cham.
- Diehl, R., Hebestreit, E., Reimann, R., Tebbenjohanns, F., Frimmer, M., & Novotny, L. (2018). Optical levitation and feedback cooling of a nanoparticle at sub wavelength distances from a membrane. *Physical Review A*, 98(1), 013851.
- Watanabe, A., Hasegawa, K., & Abe, Y. (2018). Contactless fluid manipulation in air: Droplet coalescence and active mixing by acoustic levitation. *Scientific reports*, 8(1), 10221.
- Tottori, S., & Nelson, B. J. (2013). Artificial helical microswimmers with mastigoneme-inspired appendages. *Biomicrofluidics*, 7(6), 061101.
- Hagiwara, M., Kawahara, T., Iijima, T., & Arai, F. (2012). High-speed magnetic microrobot actuation in a microfluidic chip by a fine V-groove surface. *IEEE Transactions on Robotics*, 29(2), 363-372.
- Khalil, I. S., Magdanz, V., Sanchez, S., Schmidt, O. G., & Misra, S. (2013). The control of self-propelled microjets inside a microchannel with time-varying flow rates. *IEEE Transactions on Robotics*, 30(1), 49-58.
- Sanchez, S., Solovov, A. A., Harazim, S. M., & Schmidt, O. G. (2010). Microbot swimming in the flowing streams of microfluidic channels. *Journal of the American Chemical Society*, 133(4), 701-703.

- Belharet, K.,Folio, D., &Ferreira, A. (2012, October). Control of a magnetic microrobot navigating in microfluidic arterial bifurcations through pulsatile and viscous flow. In *2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 2559-2564). IEEE.
- Khalil, I. S.,Abass, H., Shoukry, M., Klingner, A., El-Nashar, R. M., Serry, M., &Misra, S. (2016). Robust and optimal control of magnetic microparticles inside fluidic channelswith time-varying flowrates. *International journal of advanced roboticsystems*, *13*(3), 123.
- Simon, M. D.,&Geim, A. K. (2000). Diamagneticlevitation: flying frogs and floating magnets. *Journal of appliedphysics*, *87*(9), 6200-62

KOBALT KAPLI TiO₂ ELEKTROTUN HAZIRLANMASI, KARAKTERİZASYONU VE HİDROJEN GAZI ÇIKIŞININ ARAŞTIRILMASI

Hasan Uzal¹, Ali Döner^{2*}, Hüseyin Bayrakçeken³

¹Şırnak Üniversitesi, Şırnak Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojisi Bölümü,

huzal266@gmail.com

^{2*}Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği,

alidoner27@gmail.com

³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü,

bceken@aku.edu.tr

*Sorumlu Yazar

Özet

Hidrojen sahip olduğu üstün özellikler nedeniyle geleceğin yakıtı ve enerji taşıyıcısı olarak görülmektedir. Suyun elektrokimyasal indirgenmesi, yüksek saflıkta ve karbon emisyonu olmadan hidrojen üretimi için etkili bir yoldur ve bu sistem efektif, düşük maliyetli, geniş yüzey alanlı ve kararlı elektrokatalizörlere ihtiyaç duyar. Bu nedenle bu çalışmada, titanyum (Ti) yüzeyi, geniş yüzey alan elde etmek için anodik voltaj uygulanarak anodize edilmiştir (TiO₂-NTs). Sonra, farklı miktarlarda kobalt (Co) nano-tanecikler TiO₂-NTs üzerine elektrokimyasal olarak çöktürülmüştür. Taramalı elektron mikroskobu (SEM), enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX) ve dönüşümlü voltametri (CV) yüzey karakterizasyonunu analiz etmek için kullanılmıştır. Hazırlanan nano-yapılı elektrokatalizörlerin hidrojen çıkış davranışı, katodik akım-potansiyel eğrileri, elektrokimyasal impedans spektroskopisi (EIS) ve hidrojen gazı ölçümleri kullanılarak belirlendi. Sonuçlar, TiO₂-NTs'in yüzey yapısı ve elektrokatalitik aktivitesi Ti yüzeyinin anodizasyon edilmesiyle değiştiğini gösterdi. Ayrıca, TiO₂-NTs üzerine Co'nun çöktürülmesi elektrokatalitik aktiviteyi daha da arttırdı. Bu artış, TiO₂-NTs'in geniş yüzey alanına ve Co'nun spesifik katalitik aktivitesine dayandırılabilir.

Anahtar Kelimeler: Hidrojen çıkış reaksiyonu, kobalt, titanyum dioksit nanotüp, elektroliz

1. Giriş

Artan dünya nüfusu ve gelişen teknolojiyle birlikte enerjiye olan bağımlılığımız her geçen gün artmaktadır. Enerjiye duyulan ihtiyacın dünya genelinde 2016 ile 2040 yılları arasında %40 artması beklenmektedir [1]. Bu enerjinin %85'lik bir kısmı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır [2]. Fosil kaynakların sınırlı olması ve çevresel etkileri, alternatif enerji kaynaklarına yönelmeyi zorunlu kılmaktadır. Bu kaynaklarda aranan özelliklerin başında yenilenebilir ve çevre dostu olması gelmesi gelmektedir. Hidrojenin sıfır emisyon, çevre dostu ve yenilenebilir olmasından dolayı fosil yakıtlara alternatif olabilecek temiz bir enerji kaynağıdır [3]. Hidrojen üretiminde çeşitli yöntemler olup, bunlardan bir tanesi de suyun elektrolizidir. Bu teknikte asidik veya alkali çözeltiler elektroliz edilerek, yüksek saflıkta ve temiz hidrojen elde edilmektedir [4]. Elektrolizin katot reaksiyonu hidrojen çıkış reaksiyonu (HER) olup, verimliliği elektrot olarak kullanılan malzemelere bağlı olmaktadır. HER için ideal bir elektrotta olması gereken özellikler; düşük aşırı gerilim, geniş yüzey alan, fiziksel ve elektrokimyasal kararlılık, düşük maliyet, kullanımı kolay ve mükemmel elektrik iletkenliğidir [5]. Bilindiği üzere platin (Pt), katalitik aktivitesi yüksek bir metaldir. Ancak yüksek maliyeti ve kaynağının sınırlı olması endüstriyel anlamda kullanımını sınırlandırmaktadır. Bunun için yüksek elektrokatalitik aktiviteye sahip ve düşük maliyetli katalizör için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Geçiş metalleri arasında kobaltın HER için yüksek elektrokatalitik aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir. HER için elektrokatalitik aktivitenin artırılmasında bir başka strateji nanoyapılar ile aktif yüzey alanını artırmaktır [6]. Çeşitli oksit bileşikler TiO₂ [3,7], CdS[8,9], ZnO[10], WO₃ [11] daha yüksek elektron hareketliliği ve uzun dönem kimyasal kararlılıkları gibi özelliklerinden dolayı HER için uygun elektrot olmaya elverişli malzemelerdir. Özellikle TiO₂ düşük maliyet, yüksek korozyon direnci, toksik olmamasından dolayı ideal katalizör olmaya elverişlidir [4]. TiO₂'nin HER performansını artırmak için: Yüzey morfolojisini nano yapıda tasarlamak gerekir. Örneğin nanoçubuk, nanotel ve nanotüplerdir. Nanotüpler (NT) hızlı elektron iletimi ve geniş yüzey alanı gibi verimli özelliklere sahiptir [12]. Anodizasyon yöntemiyle kolaylıkla TiO₂-NTs'e hazırlanmaktadır.

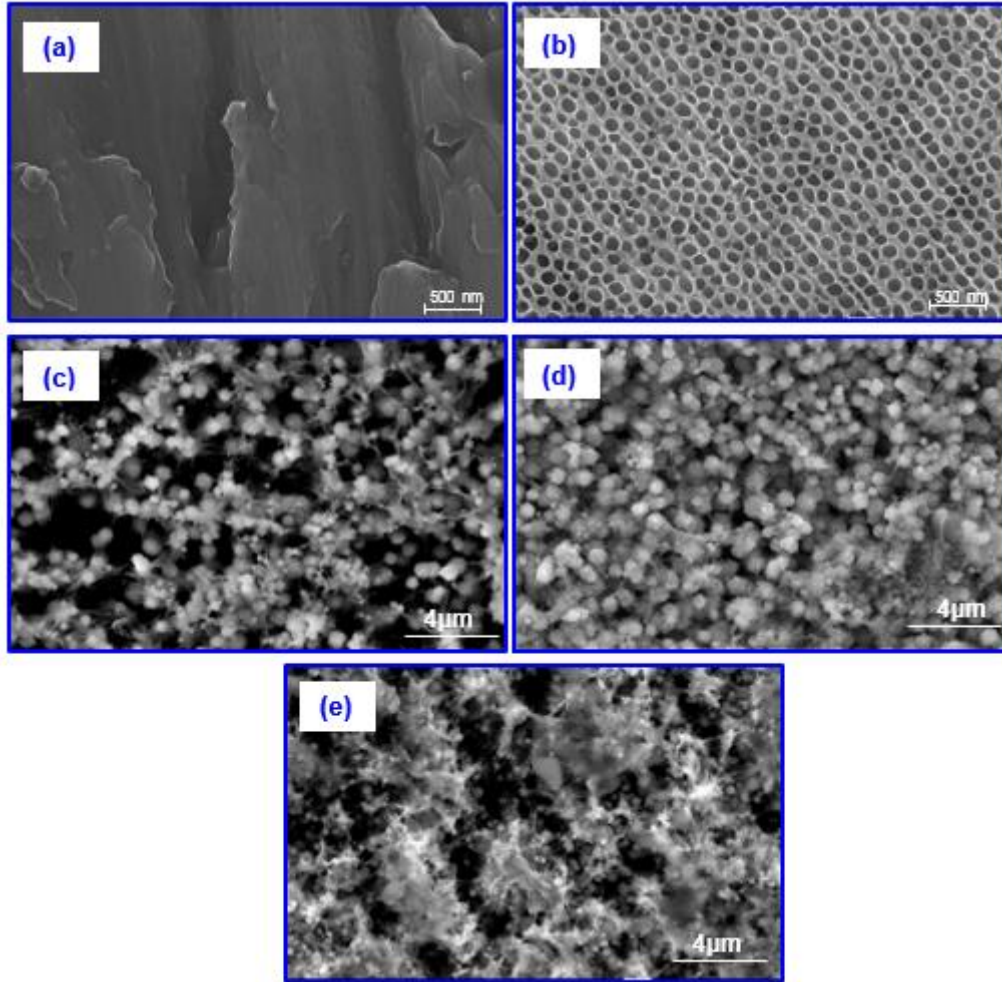
Bu çalışmanın amacı TiO₂-NTs yüzeyine az miktarda Co çöktürerek HER için elektrokatalitik aktivitesi yüksek elektrokatalizörü belirlemektir. Bunun için çıplak Ti yüzeyinde tek adım anodizasyon yöntemiyle TiO₂-NTs'ler oluşturulmuştur. Oluşan yüzeye farklı sürelerde Co çöktürmesi yapılarak elde edilen elektrokatalizörlerin HER için etkinliğine bakılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Co kaplı TiO₂-NTs yapısına sahip elektrotların HER için uygun olduğu ve suyun elektroliz işleminde uygun elektrot olarak önerilebileceği söylenebilir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada yaklaşık 4 cm uzunluğunda ve 0,283 cm² yüzey alanına sahip ticari Titanyum GR2 çalışma elektrotu olarak kullanılmıştır. Yüzey alanı haricinde diğer kısımlar polyester blok ile kaplanmıştır. İletkenliği sağlamak için orta kısmından delinerek ucuna bakır tel geçirilmiştir. Yüzeyi çeşitli kalınlıklarda zımpara kâğıdı ile zımparalandıktan sonra (320-1200), saf sudan geçirilerek aseton, izopropanol ve metanolden geçirilerek yağdan arındırılmış ve tekrar saf su ile yıkanmıştır. Tek adım anodizasyon yöntemiyle iki elektrot tekniğinde Pt katot ve Ti anot olarak sisteme bağlanmış ve TiO₂-NTs yapısı oluşturulmuştur. Anodizasyon çözeltisi hacimce %2,0 su, ağırlıkça %0,5 NH₄F ve etilen glikolden oluşmaktadır. Anodizasyon işlemi Y-0013 simetrik DC güç kaynağında sabit 60 V, 2 saat boyunca uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Sonra saf sudan geçirilmiş ve kronopotansiyometri tekniği ile Co banyosunda 240, 600 ve 900 s süreyle ve sabit 10 mA cm⁻² akım yoğunluğunda Co kaplamaları yapılmıştır. Co banyosu bileşimi: Ağırlıkça %30 CoSO₄·6H₂O, %1,0 CoCl₂·6H₂O, %1,25 H₃BO₃ şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan elektrotlar; herhangi bir işlem yapılmamış titanyum Ti, 60 V, 2 saat anodizing uygulanan elektrot TiO₂-NTs, Co kaplı elektrotlar Co kaplama süresine göre adlandırılmıştır. Bunlar 240 s için 1-TiO₂-Co, 600 s için 2-TiO₂-Co ve 900 s için 3-TiO₂-Co.

Tüm elektrokimyasal ölçümler 1 M KOH çözeltisi içerisinde, oda sıcaklığında (~25 °C), açık hava koşullarında ve İvium Vertex Gavlanostat/Potentiostat cihazında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde üç elektrot tekniği kullanılmış ve Pt karşı elektrot, TiO₂-NTs çalışma elektrotu ve Ag/AgCl (3 M KCl) referans elektrot olarak kullanılmıştır. Dönüşümlü voltametri (CV) deneyleri hidrojen ve oksijen çıkış bölgelerinde 100 mV s⁻¹ tarama hızında yapılmıştır. Katodik akım-potansiyel eğrileri 5 mV s⁻¹ tarama hızında, açık devre potansiyeli ile -1,8 V potansiyelleri arasında gerçekleştirilmiştir. Açık devre potansiyelinin belirlenmesi için elektrotlar kaplamalardan sonra 1 saat 1 M KOH çözeltisinde açık hava ve oda sıcaklığında bekletilmiştir. Elektrokimyasal İmpedans Spektroskopisi (EIS) ölçümleri 5 mV genlikte ve 100 kHz ile 0,003 Hz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. Nyquist eğrileri Zview yazılımı kullanılarak fit edildi. Hidrojen gazı hacimleri sabit 3 V potansiyel ve 30 dakika boyunca elektroliz işlemi ile belirlenmiştir.

3. Bulgu ve Tartışma



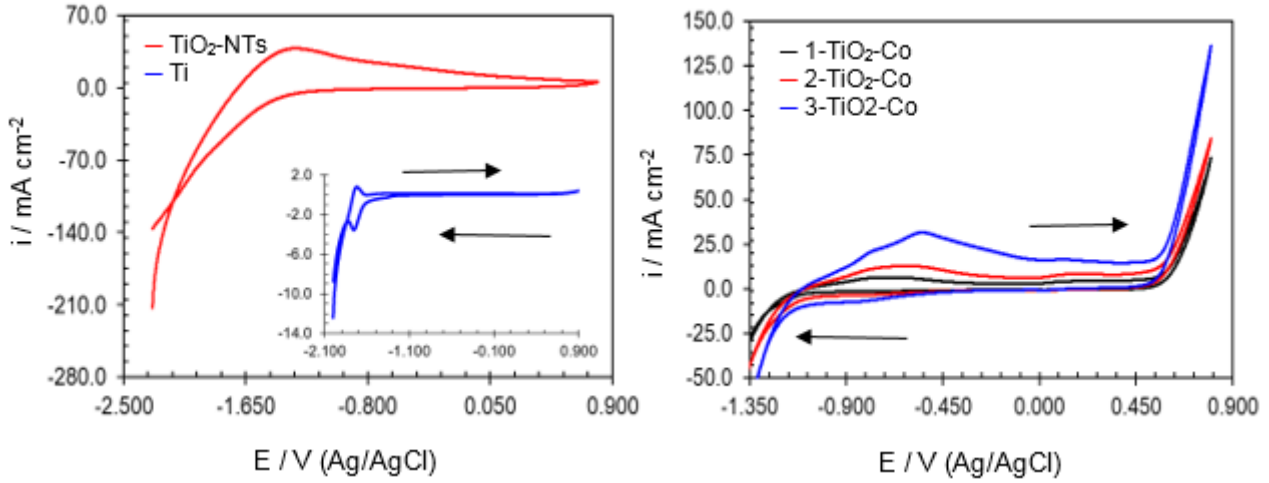
Şekil 1: Hazırlanan elektrotların SEM görüntüleri: Çıplak Ti (a), TiO₂-NTs (b), 1-TiO₂-Co (c), 2-TiO₂-Co (d), 3-TiO₂-Co (e)

Çıplak Ti, TiO₂-NT ve TiO₂-Co kaplamalara ait SEM görüntüleri Şekil 1’de verilmektedir. Zımpara işleminde sonra herhangi bir işlem yapılmamış çıplak Ti düzgün bir yüzeye sahiptir (Şekil 1a). Ti yüzeyine 60 V, 2 saat süreyle uygulandığında nanotüp oluşumu ve yüzey yapısının değiştiği açıkça görülmektedir. Bu şekilde oluşan nanotüplerin uzunluğu 37,7 μm ve por çapları yaklaşık olarak

93,6 nm dir. NTs'lerin gözenekli yüzeye sahip olmasından dolayı HER için geniş yüzey alanı sağladığı söylenebilir. TiO_2 -NT yüzeyine çeşitli sürelerde Co kaplanmasıyla oluşan görüntüler ise Şekil 1c, d, e'de verilmiştir. Oluşan şekiller incelendiğinde nanotüp yapının değiştiği ve süreye bağlı olarak küresel tanecikler oluştuğu görülmektedir. Buda kobaltın yüzeye başarılı bir şekilde kaplandığını göstermektedir. Genel olarak yapılan çalışmalarda, yüzeye çöktürülen kobalt konsantrasyonu arttıkça yüzey yapısının küresel modele dönüştüğü görülmektedir [13,14]. Sonuç olarak Co partikülleri yüzeye homojen olarak dağılmış ve NTs'lerle birlikte güçlü bir şekilde etkileşime girmiştir. Yüzeyde bulunana elementlerin varlığını onaylamak için EDX analizleri yapılmış ve % elementlerin miktarı Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, yüzeyde oksit yapının varlığı açıkça görülebilir. F elementinin varlığı ise anodizasyon çözeltisinden kaynaklı olabilir. Co kaplı elektrotlara bakıldığında ise, Co kaplama süresinin artmasıyla birlikte yüzeyde oluşan Co miktarının arttığı görülmektedir. Bu da yüzeyde Co'nun varlığını açıkça göstermektedir.

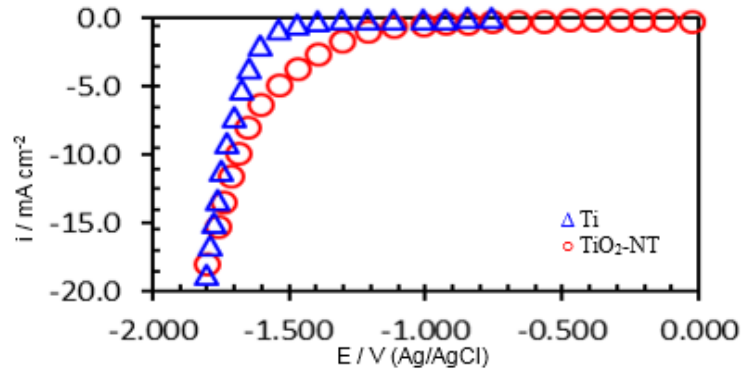
Tablo 1: Elektrokatalizörlerin EDX sonuçlarından elde edilen atomik oranları (%)

Elektrokatalizörler	O	F	Ti	Co
TiO_2 -NT	56.52	15.87	27.61	-
1- TiO_2 -Co	59.64	12.76	27.16	0.45
2- TiO_2 -Co	55.50	10.14	18.77	15.59
3- TiO_2 -Co	51.61	8.08	22.46	17.85



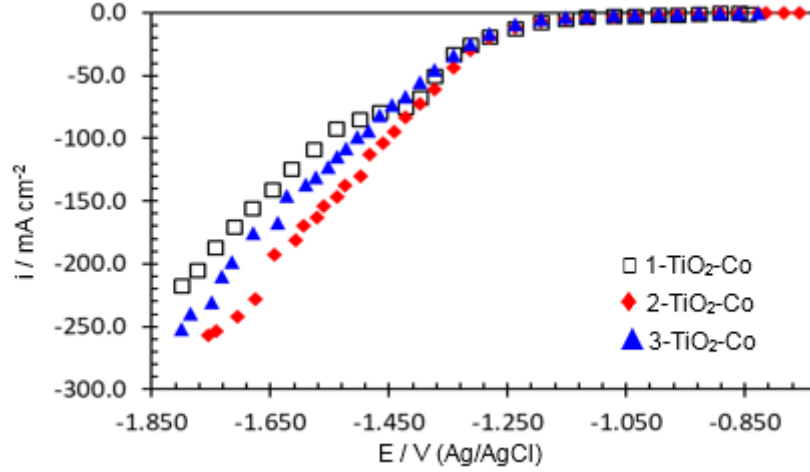
Şekil 2: 1 M KOH çözeltisinde elde edilen CV görüntüleri (100 mV s⁻¹ tarama hızı)

Şekil 2'de elektrokatalizörlere ait CV görüntüleri verilmektedir. Şekil 2'nin sol taraftaki CV incelendiğinde Ti ve TiO_2 -NTs yapısına sahip elektrotlarda ileri yönlü taramada bir ve geri yönlü taramada bir pik olmak üzere toplam iki pik oluşumu mevcuttur. Ti'nin CV incelendiği zaman, -1,7 V (Ag/AgCl)'daki pik hidrojenin oksidasyonuna ve Ti^{+3}/Ti^{+4} dönüşümüne karşılık gelmektedir [4,15]. Geri yönlü taramadaki -1,4 ve -1,75 V (Ag/AgCl) pikler ise Ti^{+4}/Ti^{+3} indirgenmesine karşılık gelmektedir [15]. TiO_2 -NTs yapısının CV eğrisine bakıldığında ise bu pikler genişlemekte ve pik akımları artmaktadır. Buda yüzeyin oldukça poröz ve geniş alanlı olduğunu göstermektedir. TiO_2 -Co'ların pikleri ise ileri yönlü taramada üç, geri yönlü taramada ise iki pik oluşumu mevcuttur. Co kaplama ile birlikte, TiO_2 -NTs yüzeyinin yapısında değişme olarak TiO_2 -NT'ye ait olan pikler Co pikleri tarafından kapatılmış olabilir. Co kaplama süresinin artmasına paralel olarak Co'nun karakteristik piklerinin şiddetleri de artmıştır. CV sonuçlarına göre Co kaplama, TiO_2 -NT üzerinde başarılı şekilde yapılmıştır.



Şekil 3: 1 M KOH çözeltisinde elde edilen katodik akım-potansiyel eğrileri

Şekil 3’de Ti ve TiO₂-NT yapısına sahip elektrokatalizörlere ait katodik akım-potansiyel eğrileri verilmektedir. Çıplak Ti’ye ait açık devre potansiyeli (E_{ocp}) -0,677 V (Ag/AgCl) olarak ölçülmüş ve bu değerden sonra akım değerleri bir müddet sabit kalmış ve daha sonra aniden yükselmiştir. TiO₂-NT’ye ait E_{ocp} değeri ise -0,03 V (Ag/AgCl) olarak ölçülmüş ve çıplak Ti’ye göre daha pozitif değere kaymıştır. Tablo 2’de elektrokatalizörlerin katodik akım-potansiyel eğrilerinden ölçülen değişik aşırı gerilimlerdeki akım yoğunluğu değerleri verilmektedir. TiO₂-NT elektrokatalizörün -1,35 V aşırı gerilimdeki akım yoğunluğu değeri çıplak Ti elektrota göre yaklaşık

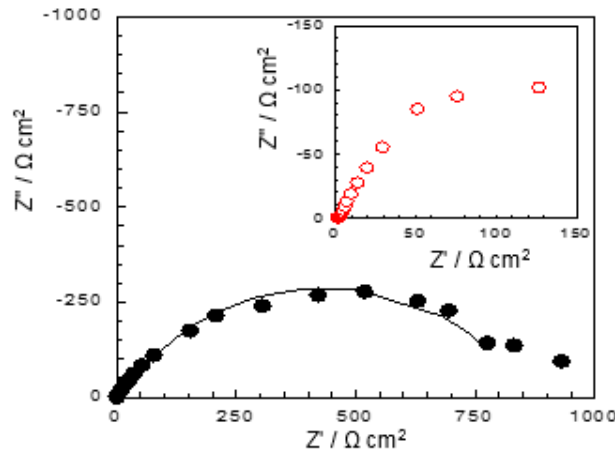


Şekil 4: 1 M KOH çözeltisinde elde edilen katodik akım-potansiyel eğrileri

olarak 11 kat artmıştır. Dolayısıyla Ti yüzeyinde TiO₂-NT oluşturulması HER için katalitik aktiviteyi arttırmıştır. Şekil 4’de TiO₂-Co kaplamalarına ait katodik akım-potansiyel eğrileri verilmektedir. E_{ocp} değerleri 1-TiO₂-Co, 2-TiO₂-Co ve 3-TiO₂-Co için sırasıyla -0,844, -0,758 ve -0,830 V (Ag/AgCl) olmuştur. E_{ocp} değerleri çıplak Ti ve TiO₂-NT’ye göre daha katodik bölgeye kaymıştır ve hidrojen çıkış potansiyeli daha erken olmuştur. Akım yoğunluğu değerleri ise Ti ve TiO₂-NT’ye göre çok daha yüksektir. Tablo 2 incelendiğinde en yüksek akım yoğunluğu değerlerinin 2-TiO₂-Co yapısına sahip elektrota meydana geldiği görülmektedir.

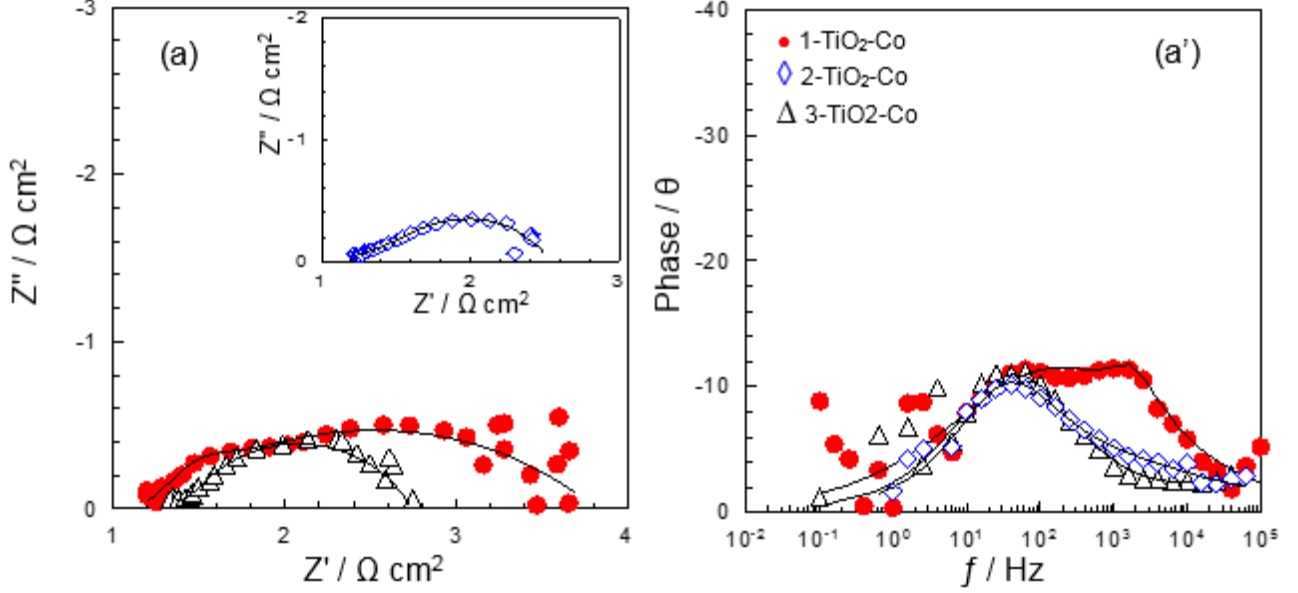
Tablo 2: Elektrokatalizörlerin katodik akım-potansiyel eğrilerinden çeşitli aşırı gerilimlerde elde edilen verileri

Elektrokatalizörler	i _{-1.15} /mA cm ⁻²	i _{-1.25} /mA cm ⁻²	i _{-1.35} /mA cm ⁻²	i _{-1.45} /mA cm ⁻²	i _{-1.55} /mA cm ⁻²
Ti	-	-	0,18	0,33	0,86
TiO ₂ -NT	-	-	2,03	3,31	5,01
1-TiO ₂ -Co	4,40	14,11	35,43	77,19	96,22
2-TiO ₂ -Co	5,00	13,26	48,32	97,47	154,81
3-TiO ₂ -Co	3,22	11,10	36,58	74,44	123,38



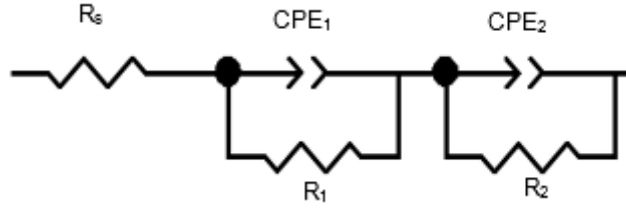
Şekil 5: 1 M KOH çözeltisi içerisinde -1,35 V aşırıgerilimde elde edilen Nyquist eğrileri Ti (●) ve TiO₂ (○)

Hazırlanan elektrokatalizörlerin HER davranışını araştırmak için ayrıca EIS ölçümlerinden yararlanıldı. Şekil 5’de Ti ve TiO₂-NT’ye sahip elektrotların -1,35 V aşırıgerilimde elde edilen Nyquist eğrileri verilmektedir ve bu eğriler Zview yazılımı ile fit edildi. Fit esnasında kullanılan eşdeğer devre diyagramı Şekil 7’de ve fit parametreleri ise Tablo 3’de verildi. R_p elektrotların toplam polarizasyon direnci olup, Ti ve TiO₂-NT elektrotlarına ait R_p 843,88 ve 300,3 Ω cm² olmuştur. Ti yüzeyinin yapısının anodizing ile değişmesiyle oluşan nanoyapılar oksitli elektrotun R_p değerini düşürmüştür. Bu durum iyonların yük transferini hızlandırmakta ve HER için katalitik



Şekil 6: 1 M KOH çözeltisi içerisinde -1,35 V aşırıgerilimde elde edilen Nyquist (sol) ve Bode (sağ) eğrileri

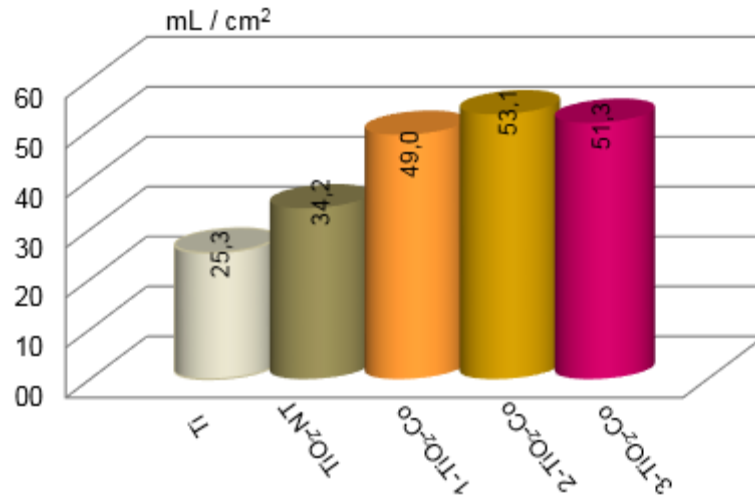
aktiviteyi arttırmaktadır. Yüzeye çeşitli sürelerde Co çöktürülerek elde edilen Co kaplı elektrotların -1,35 V aşırıgerilimde elde edilen Nyquist ve Bode eğrileri Şekil 6’da verilmektedir. R_p değerlerinin TiO₂-Co’lar arasında birbirlerine yakın olmasına rağmen, Ti ve TiO₂-NT’lerden çok çok daha düşük değerler gözlemlenmiştir. Tablo 3’e göre en iyi katalitik aktiviteye sahip elektrot 2-TiO₂-Co olarak belirlenmiştir. Katalitik aktiviteyi belirlemede bir diğer önemli parametre sabit faz elementidir (CPE). Genelde yüksek katalitik aktiviteye sahip elektrotların yüksek CPE değerine sahiptirler [16]. Burada çift tabaka kapasitansı (C_d) yerine, CPE kullanılmıştır ve n ise faz kaymasını göstermektedir. Tablo 3’e bakıldığında Co kaplı elektrotlar arasında en yüksek CPE değerinin 2-TiO₂-Co elektrokatalizöründe olduğu görülmektedir. Bu yüksek katalitik aktivite, TiO₂-NT’nin geniş yüzey alanına, hidrojen iyonlarının adsorpsiyonu için artan aktif bölge sayısına ve Co’nun spesifik aktivitesine bağlanabilir [17].



Şekil 7: Eşdeğer elektrik devre şeması

Tablo 3: EIS sonuçlarından elde edilen elektrokimyasal veriler

Elektrokatalizörler	$-\eta / V$	R_1 ($\Omega \text{ cm}^2$)	CPE_1 ($F \text{ s}^{-1}$)	n_1	R_2 ($\Omega \text{ cm}^2$)	CPE_2 ($F \text{ s}^{-1}$)	n_2	R_p ($\Omega \text{ cm}^2$)
Ti	1,35	36,98	0,0013	0,83	806,9	0,0010	0,79	843,88
	1,45	10,26	0,0012	0,90	421	0,0015	0,76	431,26
	1,55	5,076	0,0020	0,78	162,3	0,0020	0,88	167,38
TiO ₂	1,35	3,20	0,031	0,21	297,1	0,069	0,83	300,3
	1,45	3,23	0,067	0,22	212,0	0,16	0,85	215,2
	1,55	3,01	0,41	0,20	93,6	0,34	0,86	96,6
1-TiO ₂ -Co	1,15	0,61	0,0066	0,59	10,33	0,024	0,67	10,94
	1,25	0,62	0,0034	0,65	3,57	0,024	0,63	4,19
	1,35	0,11	0,0001	0,98	2,56	0,032	0,45	2,67
2-TiO ₂ -Co	1,15	1,33	0,020	0,20	7,73	0,046	0,60	9,06
	1,25	1,90	0,099	0,13	2,52	0,039	0,65	4,42
	1,35	0,62	0,090	0,37	0,80	0,024	0,78	1,42
3-TiO ₂ -Co	1,15	1,53	0,020	0,17	9,6	0,027	0,68	11,13
	1,25	0,25	0,0055	0,71	4,16	0,036	0,58	4,41
	1,35	0,32	0,0028	0,50	1,32	0,023	0,68	1,64



Şekil 8: Elektroliz işlemi sonucu elde edilen hidrojen gazı hacimleri

Hazırlanan elektrotların 3 V sabit potansiyel ve 30 dakika boyunca elektroliz işlemi sonucunda elde edilen hidrojen gazı hacimleri Şekil 8'da gösterilmektedir. Çıplak Ti, TiO₂-NT yapısına dönüştüğünde yüzey alanının artmasından dolayı hidrojen gazı hacminin arttığı görülmektedir. TiO₂-NT yüzeyine az miktarlarda Co çöktürülerek oluşturulan elektrotların hidrojen gazı hacimleri ise TiO₂-NT'den oldukça fazla çıkmaktadır. Bu sonuç geniş yüzey alanı olması ve katalitik aktivitenin artmasına dayandırılabilir. En yüksek hidrojen gazı hacmi 53,1 mL cm⁻² ile 2-TiO₂-Co elektrotunda meydana gelmiştir. Bu elektrotun HER aktivitesinin diğer çalışma elektrotlarına göre yüksek katalitik aktiviteye sahip olduğu ve HER için kullanılabileceği söylenebilir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada Ti yüzeyinde TiO₂-NT yapısı başarılı bir şekilde oluşturularak geniş yüzey alanı elde edildi. TiO₂-NT yapısının HER aktivitesini artırmak için ise yüzeye farklı sürelerde Co çöktürmesi başarılı bir şekilde yapıldı. SEM, EDX ve CV eğrilerinden yüzeyde Co metalinin varlığı tespit edildi ve yüzey morfolojisinin değiştiği gözlemlendi. Katodik akım-potansiyel ve impedans eğrilerinden ise yüksek akım yoğunlukları ve düşük polarizasyon dirençleri yine Co kaplı elektrotlar üzerinde elde edildi. En yüksek aktivitenin ise 2-TiO₂-Co elektrokatalizöründe olduğu belirlendi. Eğer büyük ölçekli elektroliz sistemlerinde bu elektrokatalizör katot olarak kullanılırsa, gerekli elektrik enerjisi ihtiyacını düşürerek ekonomiye katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

NOT: Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: 118Z658). Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

- [1] Z. Yin and P. Linga, "Methane hydrates: A future clean energy resource," *Chinese J. Chem. Eng.*, Jan. 2019.
- [2] I. Dincer and C. Acar, "Review and evaluation of hydrogen production methods for better sustainability," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 40, no. 34, pp. 11094–11111, Sep. 2015.
- [3] Y. Sun and K.-P. Yan, "Effect of anodization voltage on performance of TiO₂ nanotube arrays for hydrogen generation in a two-compartment photoelectrochemical cell," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 39, no. 22, pp. 11368–11375, Jul. 2014.
- [4] E. Baran and B. Yazici, "Effect of different nano-structured Ag doped TiO₂-NTs fabricated by electrodeposition on the electrocatalytic hydrogen production," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 41, no. 4, pp. 2498–2511, Jan. 2016.
- [5] S. M. A. Shibli and J. N. Sebeelamol, "Development of Fe₂O₃-TiO₂ mixed oxide incorporated Ni-P coating for electrocatalytic hydrogen evolution reaction," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 38, no. 5, pp. 2271–2282, Feb. 2013.
- [6] G. B. Darband, M. Aliofkhaezai, A. S. Rouhaghdam, and M. A. Kiani, "Three-dimensional Ni-Co alloy hierarchical nanostructure as efficient non-noble-metal electrocatalyst for hydrogen evolution reaction," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 465, pp. 846–862, Jan. 2019.
- [7] Z. Liu, B. Pesic, K. S. Raja, R. R. Rangaraju, and M. Misra, "Hydrogen generation under sunlight by self ordered TiO₂ nanotube arrays," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 34, no. 8, pp. 3250–3257, May 2009.
- [8] X. Cui *et al.*, "TiO₂/CdS composite hollow spheres with controlled synthesis of platinum on the internal wall for the efficient hydrogen evolution," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 38, no. 22, pp. 9065–9073, Jul. 2013.
- [9] H. Zhou *et al.*, "Biomass-derived hierarchical porous CdS/M/TiO₂ (M = Au, Ag, Pt, Pd) ternary heterojunctions for photocatalytic hydrogen evolution," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 39, no. 29, pp. 16293–16301, Oct. 2014.
- [10] S. Guo *et al.*, "Self-assembly synthesis of precious-metal-free 3D ZnO nano/micro spheres with excellent photocatalytic hydrogen production from solar water splitting," *J. Power Sources*, vol. 293, pp. 17–22, Oct. 2015.
- [11] K. Ketpang, M. Kim, S. Kim, and S. Shanmugam, "High performance catalyst for electrochemical hydrogen evolution reaction based on SiO₂/WO_{3-x} nanofacets," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 38, no. 23, pp. 9732–9740, Aug. 2013.
- [12] M. Radecka, A. Wnuk, A. Trenczek-Zajac, K. Schneider, and K. Zakrzewska, "TiO₂/SnO₂ nanotubes for hydrogen generation by photoelectrochemical water splitting," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 40, no. 1, pp. 841–851, Jan. 2015.
- [13] B. Bakhit and A. Akbari, "Nanocrystalline Ni-Co alloy coatings: electrodeposition using horizontal electrodes and corrosion resistance," *J. Coatings Technol. Res.*, vol. 10, no. 2, pp. 285–295, Mar. 2013.
- [14] A. Karpuz, H. Kockar, M. Alper, O. Karaagac, and M. Hacıismailoglu, "Electrodeposited Ni-Co films from electrolytes with different Co contents," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 258, no. 8, pp. 4005–4010, Feb. 2012.
- [15] W. Liao, J. Yang, H. Zhou, M. Muruganathan, and Y. Zhang, "Electrochemically Self-Doped TiO₂ Nanotube Arrays for Efficient Visible Light Photoelectrocatalytic Degradation of Contaminants," *Electrochim. Acta*, vol. 136, pp. 310–317, Aug. 2014.
- [16] V. Bachvarov, E. Lefterova, R. Rashkov, "Electrodeposited NiFeCo and NiFeCoP alloy cathodes for hydrogen evolution reaction in alkaline medium," *Int J Hydrogen Energy* vol. 41, no:30, pp. 12762-12771, Aug. 2016.
- [17] AR. Shettyi AC. Hegde, "Effect of TiO₂ on electrocatalytic behavior of Ni-Mo alloy coating for hydrogen energy," *Mater. Sci. Energy Technol.*, vol.1, no:2, pp. 97-105, Dec. 2018.

STANDART BETONARME YAPILARDA MERDİVEN-YAPI ETKİLEŞİMİ ÜZERİNE BİR PARAMETRİK ÇALIŞMA

Ayberk Karaaslan^{1*}, Özgür Avşar²

¹Uludağ Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

ayberk.karaaslan@gmail.com

²Eskişehir Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

ozguravsar@eskisehir.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Binalar projelendirilirken yapısal analiz aşamasında veya mevcut binaların sismik performans değerlendirilmeleri yapılırken merdivenler sisteme sadece ölü yük olarak dahil edilmekte ve merdiven-yapı etkileşimi çoğunlukla ihmal edilmektedir. Geçtiğimiz yıllarda yapılan çalışmalar merdivenlerin binaların yapısal davranışını değiştirebileceğini ve bazı kritik yapısal elemanlarda öngörülme kapasite aşımına yol açabileceğini ortaya koymuştur. Bu parametrik çalışmada, merdiven-yapı etkileşimi farklı kat ve açıklık sayısı ve farklı merdiven konumlarına sahip sayısal modeller üzerinde incelenmiştir. Modellerin merdivenli ve merdivensiz olma durumları göz önünde bulundurulmuştur. Merdivenlerin hesapta ihmal edilme durumunun simüle edilmesi için merdivenli modellerin ana taşıyıcı elemanlarının detayları merdivensiz olanlarla aynı tutulmuştur. Modeller, modal analizlere ve zaman-tanım alanında doğrusal olmayan analizlere tabi tutulup bunların sonucunda oluşan modal özelliklerdeki değişimler, görel kat ötelemeleri, plastik mafsallarda dağılımları ve merdiven sahanlığını taşıyan kolonlardaki kesme kuvveti değişimi incelenmiştir. Sonuçlar, merdivenlerin bu parametrelerin bazılarında dikkate alınabilir ölçüde etki ettiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme, Merdiven-Yapı Etkileşimi, Kısa Kolon, Sismik

1. Giriş

Mevcut binaların analiz modelleri incelendiğinde, projelerin büyük çoğunluğunda merdivenlerin analiz modeline dahil edilmeyerek sistemden bağımsız çözüldüğü ve sadece sisteme etkileyen bir kalıcı yük kaynağı olarak göz önünde bulunduruldukları görülmektedir. Bu yaklaşım çoğunlukla merdivenlerin ana sisteme katıldığında oluşacak karmaşıklıktan kaçınmak için veya kullanılan analiz programının bina modeline entegre bir merdiven modeli seçeneği sunmadığı durumlarda mühendislerce benimsenmektedir.

Yerinde dökme betonarme binalarda kullanılan merdivenler geometrik şekilleri itibarıyla deprem esnasında kafes eleman davranışına benzer bir davranış sergileyerek dahil oldukları sistem üzerine dikkate alınabilecek miktarda sismik kuvvet alabilmektedirler. Buna ek olarak üzerlerine mesnetlenmiş oldukları elemanların serbest boylarının kısalmasına sebep olarak bu elemanlara daha da çok sismik kuvvetin etki etmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, bir binanın projesinde merdiven-yapı etkileşiminin ihmal edilmesi binada yerel hasara sebep olabileceği gibi, oluşan yerel hasarın büyüklüğü ve konumuna göre toptan göçmeye de sebep olabilmektedir.

Li ve Mosalam (2013) tarafından yapılan saha gözlemi raporunda merdiven-yapı etkileşimi ihmalinin sonuçları fiziksel olarak görülebilmektedir. Rapor, 2008 yılında gerçekleşen Wenchuan Depremi'nden etkilenen binalarda oluşan hasar mekanizmaları ve dağılımları ele alınmıştır. Yapılan gözlemlere göre birincil yapısal elemanlar merdivenlerin mesnetlendiği kısımlardaki kısa kolon ve kısa giriş oluşumları sebebiyle hasar tespit etmişlerdir. Ayrıca, bu sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından sayısal olarak da ortaya konmuştur. Cosenza ve ark. (2008) farklı merdiven türlerine ve aynı tip çerçeveye sahip farklı numuneleri doğrusal olmayan artımsal itme analizi altında incelediler. Çalışmanın sonucunda, merdiven döşemesini taşıyan kolonlarda oluşan kesme hasarının eğilme hasarından önce oluştuğu belirtilmiştir. Jiang ve ark. (2012) merdivenlerin, sismik enerjinin tüketilmesi için ilk olarak hasarı üstlenen elemanlar olduğunu ve kolonları depremde daha kritik ve hasar almaya açık hale getirdiğini belirtmişlerdir. Singh ve Choudhury (2012), Xu ve Li (2012), Zaid ve ark. (2013), Tegos ve ark. (2013), Cao ve ark. (2014), çalışmalarında merdivenlerin deprem esnasında binada oluşacak olan iç kuvvetlerdeki dağılıma etki ettiğini ve merdivenlerin, mesnetlendikleri giriş ve kolonlara hasar verebileceğini söylemişlerdir. Onkar ve ark. (2015), altı kata sahip farklı betonarme modelleri merdivenleri dikkate almadan tasarlayıp doğrusal olmayan artımsal itme analizine tabi tutmuşlar ve analiz sonucunda bu binalardan yüksek süneklilikte bir performans elde etmişlerdir. Bu binalara merdiven modelini sonradan dahil edince önceden elde etmiş oldukları performansın önemli ölçüde düştüğünü gözlemlemişlerdir.

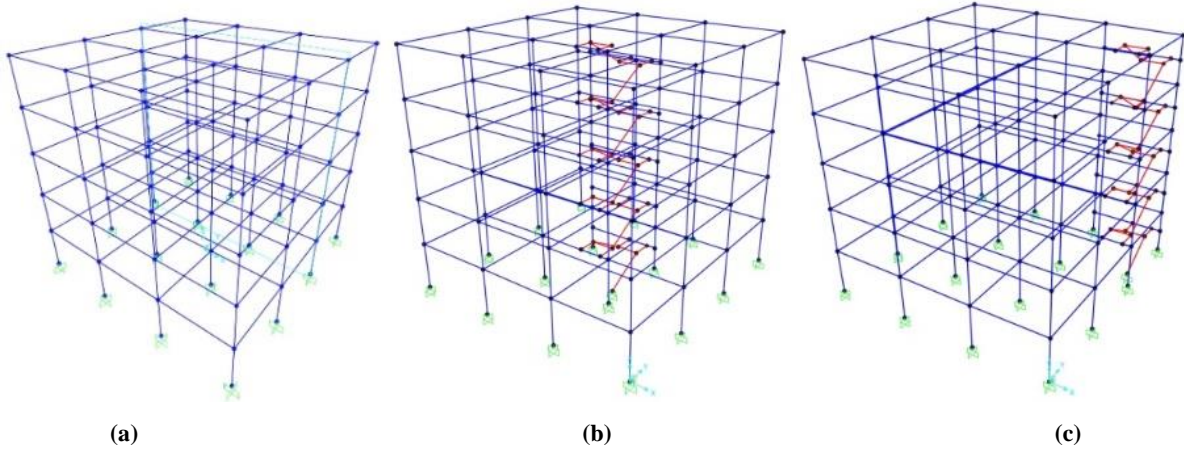
Yukarıda bahsedilen çalışmalarda araştırmacılar, farklı parametreleri göz önünde bulundurarak merdivenlerin binaların genel sismik davranışına etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada, daha kapsamlı bir rapor sunabilmek ve konuya derinlemesine bir bakış sağlayabilmek adına bahsi geçen diğer çalışmalarda kullanılan parametrelerin birçoğu kombine edilmiş ve bu parametrelerin birbirlerine etkilerinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için, farklı açıklık ve kat adedine sahip 18 farklı betonarme bina, merdivenler göz önünde bulundurulmadan IDECAD programında dizayn edilmiştir. Merdivensiz duruma göre IDECAD programında tasarlanmış olan binaların kesit özellikleri SAP2000 programında yeniden oluşturulmuş olan merdivenli ve merdivensiz

modellere tanımlanmıştır. Merdivenin planda asimetrik olarak bulunmasının burulmaya yol açıp açmayacağına incelenmesi için merdivenli modellerde merdivenlerin, planda köşe aksları içine konumlandırıldığı durum ve merdivenlerin merkezde bulunması durumu göz önünde bulundurulmuştur. Merdivenlerin binaların modal özelliklerindeki, görelî kat ötelemelerindeki, plastik mafsâl dağılımlarındaki ve merdiven ara kat döşemesini taşıyan kolonlardaki kesme kuvvetindeki değişimi değerlendirmek için tüm modeller modal analiz ve zaman-tanım alanında doğrusal olmayan analizlere tabi tutulmuştur.

2. Modellerin Özellikleri ve Analiz Detayları

Bu çalışmada, aksları arası 5 metre olan 3 ve 5 açıklıklı, kat yüksekliği 3 metre olan 3, 5 ve 8 katlı, merdivensiz ve merdiveni kat planının merkezinde veya köşesinde olan betonarme çerçevesel modeller kullanılmıştır. Modellerde kullanılan beton C25, donatı ise S420a çeliği olarak seçilmiş olup, bina modelleri, IDECAD programında 1. derece deprem bölgesi ve Z3 zemin sınıfı seçilip tepki spektrumu analizine tabi tutularak TDY 2007'ye göre detaylandırılmış ve gereken kolon ve kiriş kesitleri elde edilmiştir. (Kesitler için bkz. Karaaslan (2018)). Bu kesitler SAP2000 programında oluşturulmuş olan modellere tanımlanmıştır. Binayı ve merdiveni oluşturan tüm elemanlar (merdiven kolları ve sahanlıkları) çerçeve eleman olarak tasarlanmış olup, bu elemanların birbirlerine ankastre olarak mesnetildiği kabul edilmiştir. Kat döşemeleri kabuk eleman gibi modellenmeyip, sisteme tam rijit diyafram ve kalıcı yük olarak dahil edilmişlerdir. Kiriş ve kolonların öz ağırlığı program tarafından otomatik olarak hesaplanmış olup, 7.5 kN/m²'lik duvar kalıcı yükü ve döşemelerden gelen 5 kN/m²'lik döşeme kalıcı yükü ile 2 kN/m²'lik döşeme hareketli yükü kirişlere yüklenmiştir. Bu bilgilere göre oluşturulmuş olan 18 sayısal modelden 3 tanesi Şekil 1'de örnek olarak verilmiştir.

Modellerin adlandırılması, "Kat adedi" x "X eksenindeki açıklık adedi" x "Y eksenindeki açıklık adedi" _ "merdiven durumu" (merdivensiz model için "msiz", merkezi merdivenli model için "merk" ve köşe merdivenli modeller için "köşe") formatında yapılmıştır (Örneğin; 3 katlı ve iki ekseninde de 5'er adet açıklığa sahip olan köşe merdivenli bir model "3x5x5_köşe" şeklinde adlandırılmıştır.).



Şekil 1: Sap2000 programında oluşturulmuş olan 5katlı örnek analiz modelleri; (a) 5x3x3_msiz (b) 5x3x3_merk (c) 5x3x3_köşe

XTRACT (2007) programı ile betonarme kesitlerin doğrusal olmayan davranışının modellenmesinde kullanılacak olan moment-eğrilik verileri elde edilmiştir. Elastik ötesi davranışta kullanılacak olan hasar limitleri ve malzeme özellikleri TDY 2007'de uygun şekilde modellere tanımlanmıştır. Rijit diyaframı oluşturan döşemeleri taşıyan kirişlere M3 eğilme mafsalları, kolon ve merdiveni oluşturan elemanlara ise P-M2-M3 eğilme mafsalları tanımlanırken, kısa kolon oluşumuna bağlı kesme kuvveti taşıma kapasitesi aşımını gözlemlemek üzere kolonlara kuvvet kontrollü kesme mafsalları tanımlanmıştır. Bu kesme mafsallarının kesme kuvveti taşıma kapasiteleri ise her bir kolon türü için TS 500'de (2000) verilen formüllere göre hesaplanmıştır. Zaman-tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde kullanılmak üzere TDY 2007'deki koşullara uygun olacak şekilde yedi adet önceden kaydedilmiş deprem kaydı (Düzce, Imperial Valley, Kobe, Kocaeli, Landers, Morgan Hill ve Superstition Hills (kısaca S.St) depremleri) seçilip Z3 zemin sınıfına göre ölçeklenmiştir.

3. Modal Analiz

Tablo 1'de, tüm modeller üzerinde yapılmış modal analizlerden elde edilmiş sonuçlar görülebilmektedir. Bu sonuçlar modal kütle katılım oranı (MPMR (%)) ve birinci mod (Tüm modellerde Y doğrultusunda yatay ötelenme hareketi veren mod.) doğal titreşim periyodu (T₁ (s)) cinsinden elde edilmiş olup bunlar üzerindeki değişim yüzdelik olarak (%) verilmiştir.

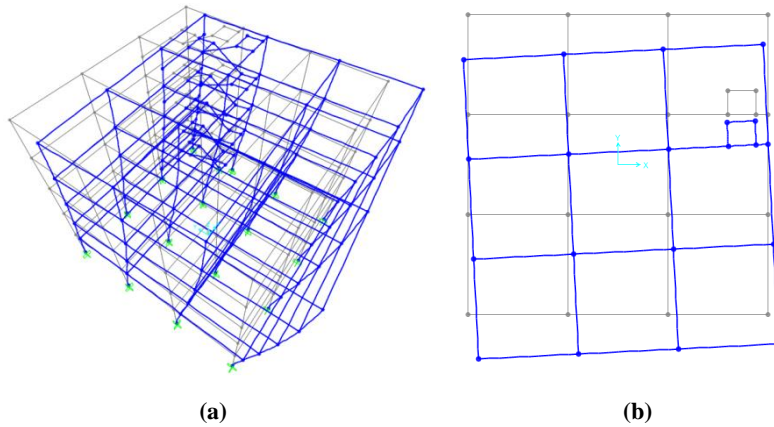
Modal analiz sonuçlarına bakıldığında, merdivenlerin sisteme dahil edilmesinin merdiven çıkış doğrultusunda olan (Y doğrultusu) yatay ötelenme hareketini veren birinci modun doğal titreşim periyodunu azalttığı görülebilir ve buradan merdivenlerin sisteme ilave bir rijitlik kattığı yargısına varılabilir. Buna ek olarak, köşe merdivenli modellerin MPMR'ları merkezi merdivenli ve merdivensiz modellerinkine göre daha düşük çıkmıştır. Bu durum, köşede bulunan merdivenlerin sisteme kattığı rijitliğin, binanın rijitlik merkezini merdivenlere doğru kaydırmasından dolayı birinci modda burulma davranışının modal kütle katılım oranının artmasıyla açıklanabilir. Köşe merdivenli modellerde, yatay ötelenme davranışına sahip olan 1. modda rol almaya başlayan burulma davranışı Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Modellerin MPMR ve T_1 değerleri ve bunlar üzerindeki değişim miktarları

3 Katlı Modeller										
	msiz			köşe			merk			
Açıklık	MPMR	MPMR	%fark	MPMR	%fark	T_1 (s)	T_1 (s)	%fark	T_1 (s)	%fark
3x3	0.865	0.771	10.9	0.855	1.2	0.511	0.490	4.1	0.482	5.7
5x5	0.865	0.629	27.3	0.852	1.5	0.530	0.522	1.5	0.516	2.6

5 Katlı Modeller										
	msiz			köşe			merk			
Açıklık	MPMR	MPMR	%fark	MPMR	%fark	T_1 (s)	T_1 (s)	%fark	T_1 (s)	%fark
3x3	0.832	0.763	8.4	0.826	0.7	0.806	0.774	4.0	0.761	5.6
5x5	0.832	0.589	29.2	0.818	1.6	0.840	0.829	1.3	0.817	2.7

8 Katlı Modeller										
	msiz			köşe			merk			
Açıklık	MPMR	MPMR	%fark	MPMR	%fark	T_1 (s)	T_1 (s)	%fark	T_1 (s)	%fark
3x3	0.807	0.759	6.0	0.805	0.3	1.195	1.154	3.4	1.128	5.6
5x5	0.807	0.644	20.3	0.805	0.3	1.216	1.202	1.2	1.192	2.0



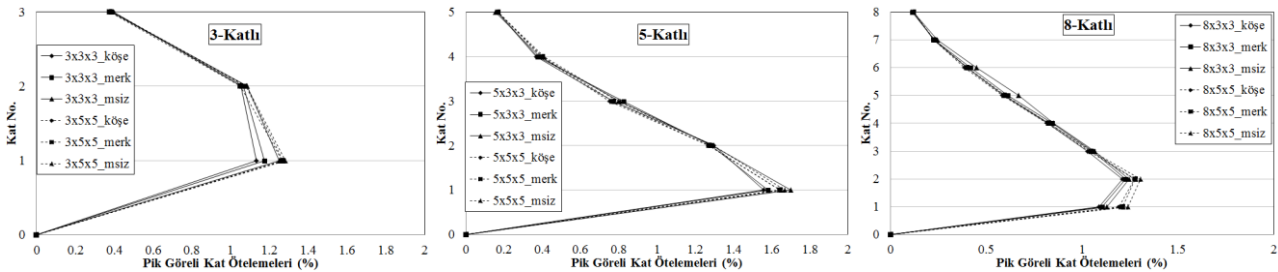
Şekil 2: Birinci modda gözlemlenen burulma davranışı; (a) perspektif görünüm, (b) üstten görünüm

4. Zaman-Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları

Bu bölümde, zaman-tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları ortalama pik görelî kat ötelemeleri, merdiven sahanlığını taşıyan birinci kat kolonlarındaki kesme kuvveti talebindeki değişim ve plastik mafsal dağılımındaki değişim cinsinden elde edilmiş ve irdelenmiştir.

4.1. Ortalama Pik Görelî Kat Ötelemeleri (ISDR) Sonuçları

Katların, yer hareketi esnasında birbirlerine göre yaptığı rölatif ötelemelerin kat yüksekliğine bölünmesiyle elde edilen ISDR, modern deprem yönetmeliklerinde büyük deplasmanları sınırlamak ve yapısal hasarları değerlendirmek için kullanılan bir parametredir. Merdiven tırmanma doğrultusu olan Y doğrultusu boyunca tüm modellerin ilgili yer hareketleri altında ISDR'leri incelenmiş ve sonuçlar, her bir katta meydana gelen pik ISDR değerlerinin ortalaması alınarak Şekil 3'te verilmiştir.

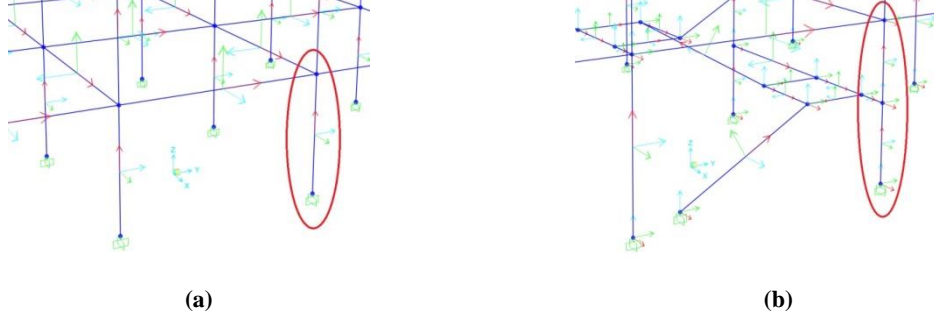


Şekil 3: Katlarda meydana gelen ortalama pik görelî kat ötelemeleri

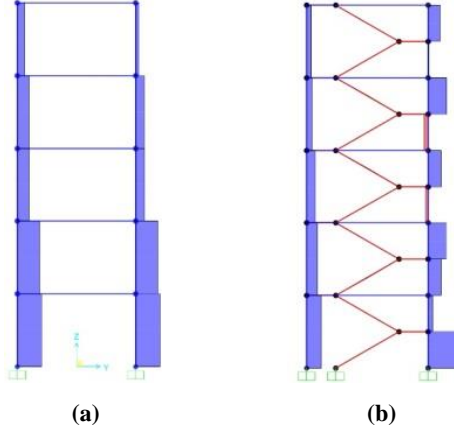
Şekil 3'teki grafiklerden, merdivenlerin binaların görelî kat ötelemelerini az da olsa azalttığı ve dolayısıyla sisteme bir miktar rijitlik kazandırdığı çıkarımı yapılabilir.

4.2. Kolonların Merdivenli ve Merdivensiz Durumlardaki Kesme Kuvveti Talebindeki Değişim

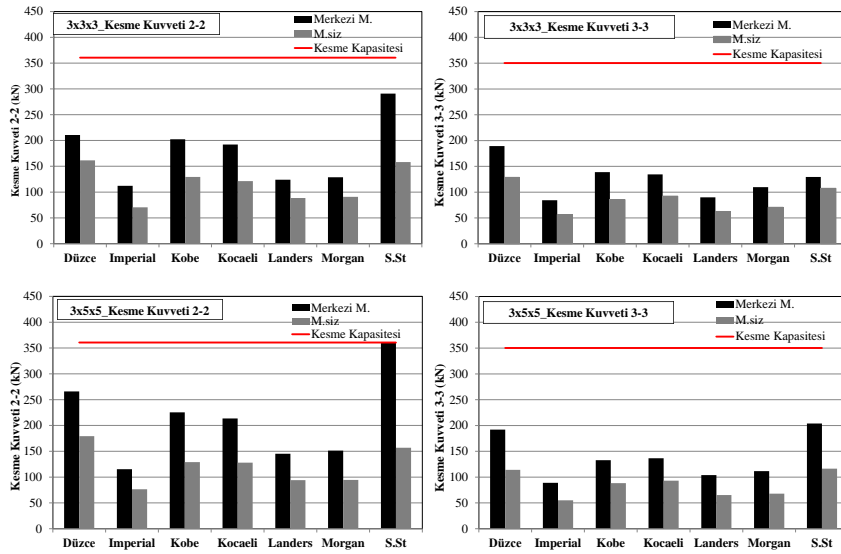
Bu bölümde, Şekil 4'te gösterilen merdiven sahanlık döşemesini taşımakta olan kolonun merdivensiz ve merdivenli durumlarda oluşan kesme kuvveti taleplerindeki değişim ve bu kolonların her iki doğrultusundaki (2-2 ve 3-3 doğrultuları) kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin seçili depremler altında aşılmış aşılmadığı incelenmiş ve sonuçlar Şekil 6'da paylaşılmıştır. Şekil 4'te ilgili elemanların lokal aksları görülebilmekte ve 2-2 lokal aksı yeşil oklar ile, 3-3 lokal aksları ise mavi oklar ile temsil edilmiştir. Şekil 5'te sunulmuş olan merdivenli ve merdivensiz durumlarda kolonlar üzerinde oluşan kesme kuvveti dağılımına bakarak merdivenlerin kolonlarda oluşan kesme kuvvetinde dikkate alınacak ölçüde bir sıçramaya neden oldukları görülebilir. Bu durum, eleman boyunun kısalmasıyla oluşan rijitlik artışından kaynaklanan kısa kolon oluşumu ile ilişkilendirilebilir. Kısa kolon oluşumu, Şekil 6'da da görülebileceği gibi bazı durumlarda kolonların kesme kapasitesinin aşılmamasına yol açabilmektedir.



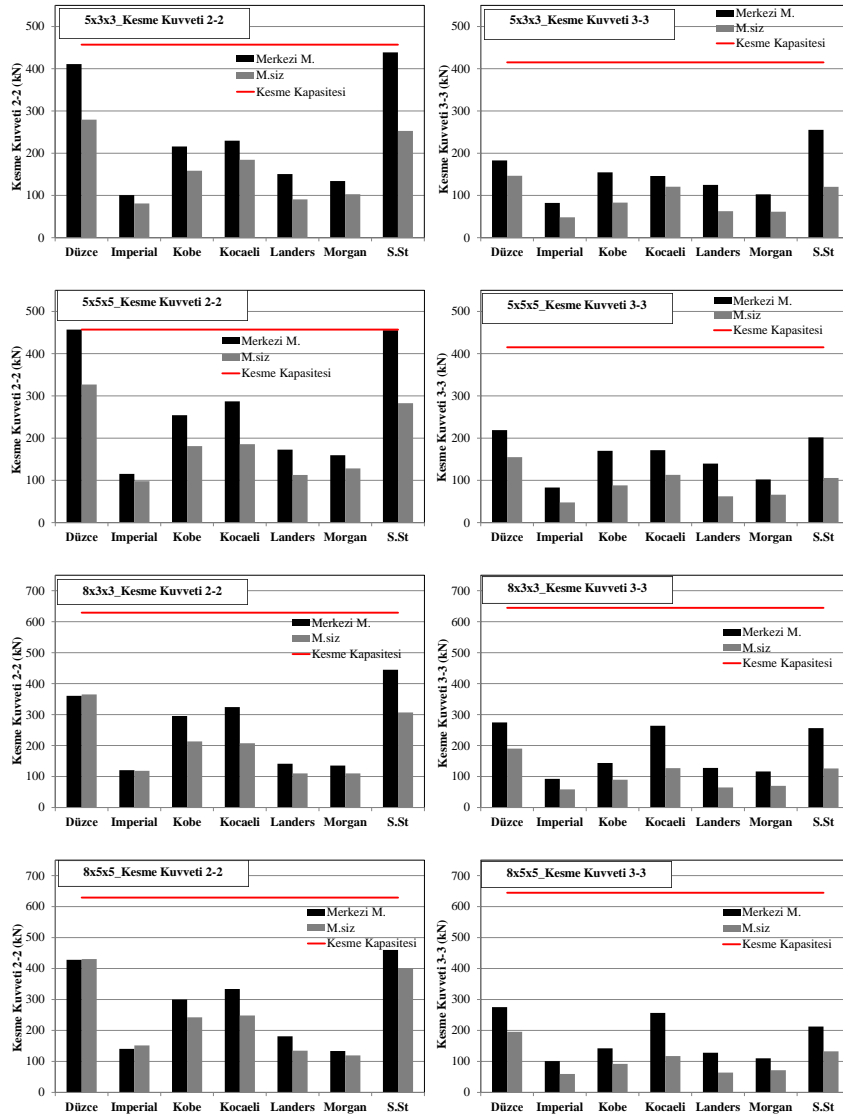
Şekil 4: Referans kolonun konumu; (a) merdivensiz, (b) merdivenli durum



Şekil 5: Referans kolonun bulunduğu çerçevedeki kesme kuvveti dağılımı; (a) merdivensiz durum, (b) merdivenli durum



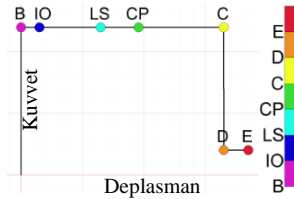
Şekil 6. Referans kolonun çeşitli depremler altında oluşan kesme talepleri



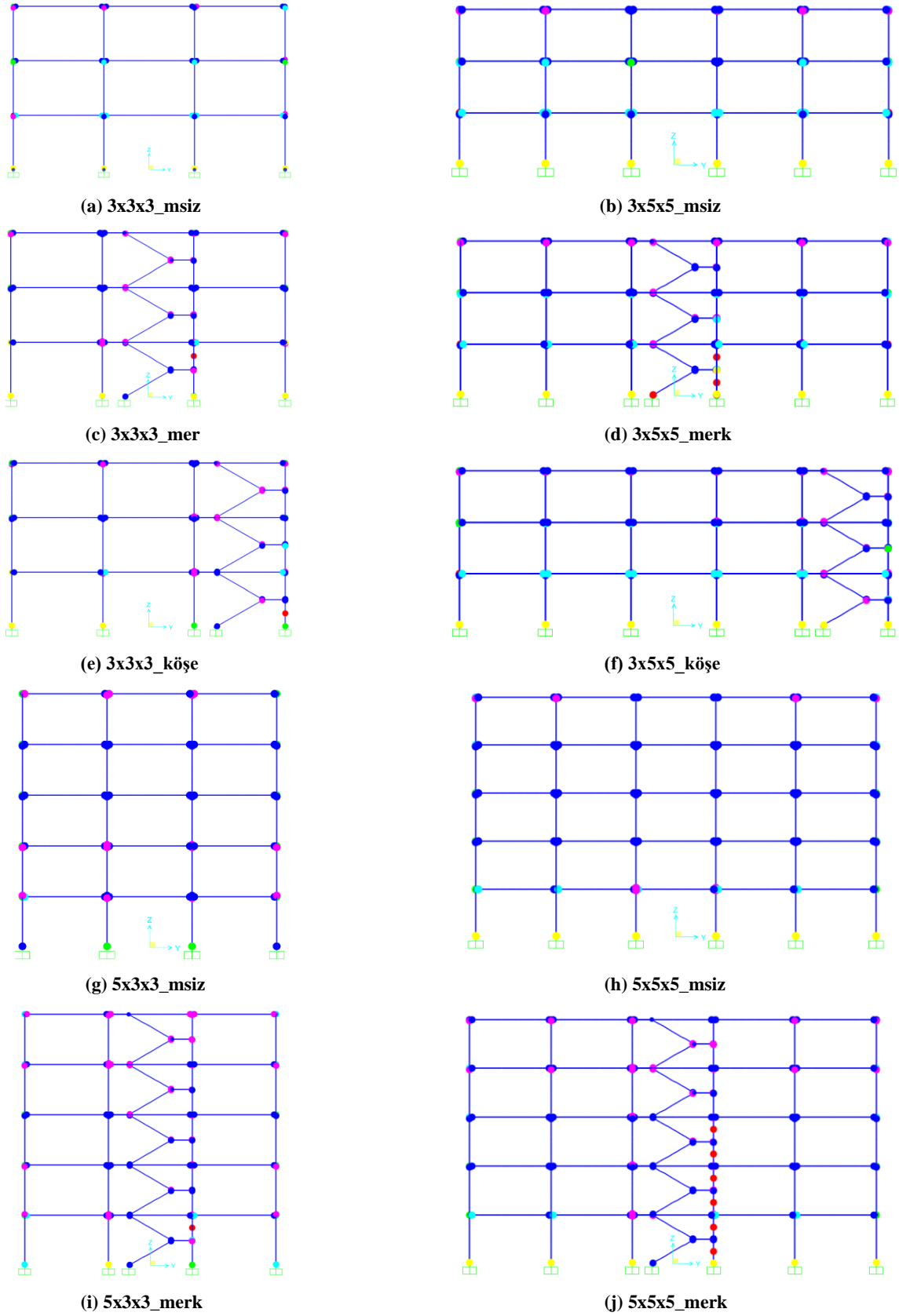
Şekil 6. (devamı) Referans kolonun çeşitli depremler altında oluşan kesme talepleri

4.3. Plastik Mafsalların Merdivenin Bulunduğu Çerçeve Üzerindeki Dağılımı

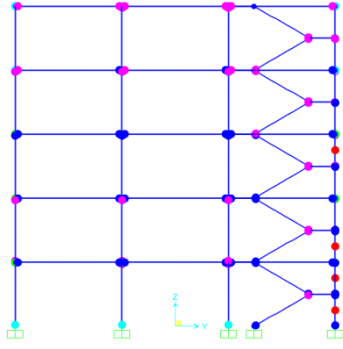
Bu bölümde, mafsalların merdivenin bulunduğu çerçeve üzerindeki dağılımı TDY 2007'deki kurallara göre 1.3 kat ölçeklenmiş Superstition Hills Depremi'ne ait yer hareketi kaydı altında incelenmiştir (Bkz. Karaaslan- Δ (2018)). Eğilme mafsallarında oluşan hasar, Şekil 7'de verilmiş olan kuvvet-deplasman grafiğindeki verilere göre incelenebilir. Kesme mafsalları sünek davranış sergilemediği ve kapasitelerine ulaştığı anda kırmızı renk mafsallarla temsil edilmiştir. Şekil 8'deki mafsal dağılımları incelendiğinde, merdivensiz modellerde kesme hasarı oluşmazken, merdiven hesaba katılmadan detaylandırılmış bazı merdivenli modellerde kısa kolon oluşumuna bağlı olarak kesme mafsallarının oluştuğu gözlenebilir. Buna ek olarak, merdivenin etkisinin binanın kat sayısı arttıkça daha önemsiz hale geldiği görülebilir. 3 katlı bazı merdivenli modellerde kirişlerin üzerinde oluşan eğilme mafsallarındaki hasarın durumu merdivensiz modellerdekine kıyasla daha azdır. Bu durum, merdivenin kendi üzerine bir miktar kuvvet çekerek moment çerçevelerinin üzerine daha az eğilme kuvveti tesis etmesine sebep olmasıyla ilişkilendirilebilir.



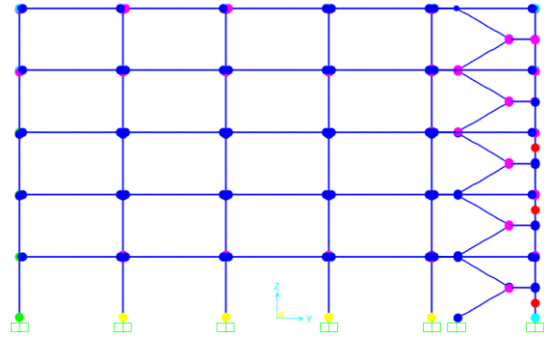
Şekil 7: Eğilme mafsallarındaki hasar limitleri



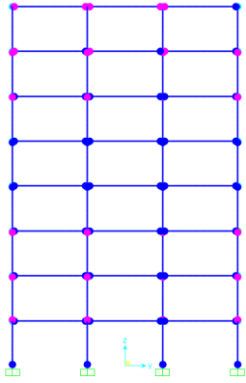
Şekil 8: Modellerin Plastik Mafsalları Dağılımları



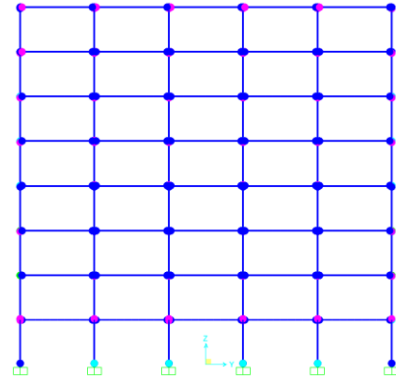
(k) 5x3x3_köse



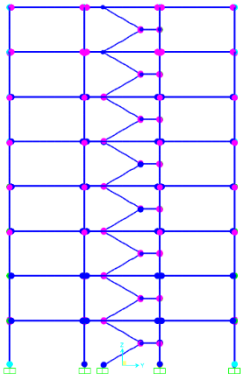
(l) 5x5x5_köse



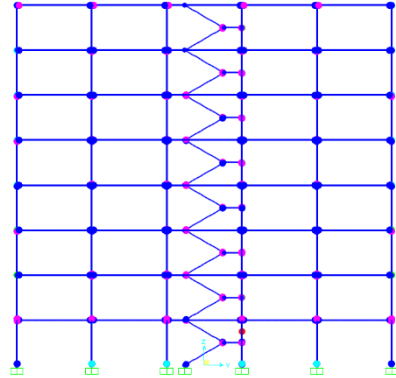
(m) 8x3x3_msiz



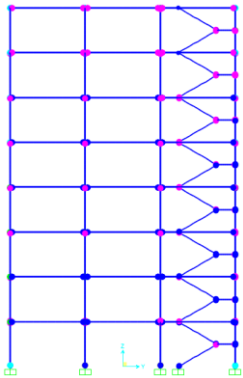
(n) 8x5x5_msiz



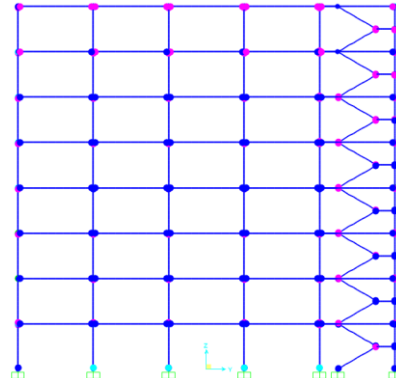
(o) 8x3x3_merk



(p) 8x5x5_merk



(r) 8x3x3_köse



(s) 8x5x5_köse

Şekil 8: (devamı) Modellerin Plastik Mafsalları

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, farklı sayıda kat ve açıklığa sahip olan merdivensiz, merdivenli ve köşe merdivenli betonarme çerçeveli modeller merdivenler hesaba katılmadan dizayn edilip, merdivenler dahil edilerek yeniden modellendi ve modal analiz ile zaman-tanım alanında doğrusal olmayan analizlere tabi tutuldular. Bu analizler ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Merdivenler sisteme ilave rijitlik sağlamaktadırlar. Bu sebeple binaların doğal titreşim periyotlarını ve görelî kat ötelemelerini azaltabilmektedirler.
- Merdivenlerin konumu binalarda yatay kuvvet altında burulmaya yol açabilmektedir.
- Proje aşamasında hesap modeline dahil edilmeyen merdivenler, mesnetlendikleri kolonun boyunu kısaltarak kolonda öngörülmemeyen bir rijitlik artışına sebep olarak kısa kolon oluşumuna ve dolayısıyla da kolonun kesme kapasitesinin aşılmasına sebep olabilmektedir.
- Merdivenlerin etkisi binadaki kat adedi arttıkça azalmaktadır.

Yukarıdaki sonuçlara göre, proje aşamasında veya mevcut bir binanın performans değerlendirmesi sırasında merdiven-yapı etkileşiminin ihmal edilmesi, analiz verilerinin gerçeği yansıtmaya olasığını düşürebilmektedir.

6. Kaynakça

- Cao Z, Bian C, Xu C (2014). Analysis of the interaction between stair and frame under horizontal earthquake action based on ETABS. *International Conference on Mechanics and Civil Engineering (ICMCE 2014)*, 2352-5401 (İngilizce).
- Cosenza E, Vederame GM, Zambrano A (2008). Seismic performance of stairs in the existing reinforced concrete building. *The 14th World Conference on Earthquake Engineering (14WCEE)*, Beijing, China, October (İngilizce).
- Jiang H, Gao H, Wang B (2012). Seismic damage analyses of staircases in RC frame structures. *Advanced Materials Research*, **446-449**: 2326-2330 (İngilizce).
- Karaaslan A (2018). Effect of staircases to the seismic behavior of reinforced concrete structures. Yüksek Lisans tezi, İnşaat Müh. Bölümü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye.
- Li B, Mosalam KM (2013). Seismic performance of reinforced-concrete stairways during the 2008 Wenchuan Earthquake. *Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE*, **27**: 721-730 (İngilizce).
- Onkar GK, Ratnesh K, Shrabony A (2015). Effect of staircase on seismic performance of RC frame building. *Earthquakes and Structures*, **9(2)**: 375-390 (İngilizce).
- PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center) (2013). PEER strong motion database, University of California, Berkeley, CA (İngilizce).
- SAP2000 (2016). Structural Analysis Program, Berkeley: Computers and Structures Inc, V.19 (İngilizce).
- Singh NS, Choudhury S (2012). Effects of staircase on the seismic performance of rcc frame building. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, **4(4)**: 1336-1350 (İngilizce).
- TDY (2007). Türk Deprem Yönetmeliği: Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, *Resmi Gazete*, Ankara, Türkiye.
- Tegos IA, Panoskaltis VP, Tegou SD (2013). Analysis and design of staircases against seismic loadings. *4th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*, Kos Island, Greece, June (İngilizce).
- TS 500 (2000). Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, *Resmi Gazete*, Ankara, Türkiye.
- XTRACT (2007). Cross Section Analysis Program of Structural Engineers, Imbsen Software Systems, single user educational version, v. 3.0.8 (İngilizce).
- Xu C, Li T (2012). The impact of the stairs to the earthquake resistance of reinforced concrete frame structure. *2nd International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT-2012)*, Shenyang, China, September (İngilizce).
- Zaid M, Danish M, Shariq M, Masood A, Baqi A (2013). Effect of staircase on RC frame structures under seismic load. *International Conference on Trends and Challenges in Concrete Structures*, Ghaziabad, UP, India, December (İngilizce).

DETERMINATION OF POTASSIUM-40 ACTIVITY CONCENTRATION IN RICE

Aydan Altıkulaç^{1*}, Hasan Gümüş²

¹ Muğla Sıtkı Koçman University, Ula Ali Koçman Vocational School 48640 Ula, Muğla, Turkey

aydanaltikulac@mu.edu.tr

² Department of Physics, Faculty of Science and Letters, Ondokuzmayıs University, Samsun, Turkey

hgumus@omu.edu.tr

*Corresponding Author

Abstract

Foods have some radioactivity. The natural radioisotope of potassium-40 contained in food consumed through the food chain contributes to the effective internal dose after digestion. In this study, the activity concentration of potassium-40 natural radioisotope was determined as 33.27 Bq/kg-1 in rice, which is one of the most consumed foods by humans. Using this activity, the amount of potassium-40, which is vital for humans, was calculated.

Keywords: Rice, Gamma Spectrometer, Potassium-40

1. Introduction

Living beings are exposed to internal and external irradiation to the terrestrial and cosmic rays that are present in natural radiation, depending on the region and living conditions throughout their lives. External irradiation, natural uranium (²³⁸U), thorium (²³²Th) and actinium (²³⁵U) are cleaned up as ser radyanikans and radioactive potassium (⁴⁰K), causing one of the radionuclides to cause alpha and beta radiation. The average effective annual exposure of individuals before natural and artificial radionuclides is 2.8 mSv. Approximately 85% of this annual dose is caused by natural radiation [1]. Sources and effects of ionizing radiation It is responsible for a significant part of the dose of natural gamma radiation.

Potassium -40

Potassium is a soft, silver or white colored alkali metal. It is found in nature in sea water and many minerals due to other elements. It oxidizes rapidly in the air and is very active against water. Therefore, it should be used carefully and stored under oil. Potassium reacts violently with water to produce hydrogen gas. Potassium ions in water are colorless. The taste of potassium in water can be determined. It is sweet in dilute solution, sour in basic solution, basic or salty.

Potassium is an essential element of vital importance in the body. There are three isotopes of potassium found naturally in the Earth's crust. Of these, only ⁴⁰K isotope is unstable. The abundance of radioactive ⁴⁰K in natural potassium, which accounts for 2.6% of the Earth's crust, is 0.0118%. There is a gamma ray of 1,461 MeV which is released as a result of the conversion of ⁴⁰K into ⁴⁰Ar by capturing electron with a half-life of 1.30 x 10⁹ years. The radioactive 40K taken from the edible vegetables and fruits through the soil contributes to this dose. The average annual dose of radiation exposed in this way is 1.3 mSv.

Foods are known to contain 40K natural (and artificial) radioisotopes and contribute to the effective internal dose after digestion. It has been estimated that one-eighth of the annual effective effective dose is due to ingestion of foods containing natural radiation sources [2].

Measuring the concentrations of radioisotopes in food allows for the assessment of the dose received by nutrition. Such measurements also provide basic values for future studies.

Importance of potassium;

Potassium carries out important functions such as digestion, heart rhythm and water retention in cells. The amount of potassium in the body is kept constant through metabolic processes. Potassium helps to maintain the body's water balance. The main positive cation in cells. For this reason, potassium provides the balance of fluid and electrolyte in the body. It is necessary for muscle contraction and nerve current delivery. The risk of hypertension decreases in people who are fed high potassium foods. Potassium alcohol, excess water in the body, sugar and salt is involved in the removal of the body. Stress, caffeine and some medicines increase the need for potassium. Potassium is an important substance that must be present in the soil for plants to grow. Potassium chloride (KCl) is used instead of table salt (NaCl) or to stop the heart (heart surgeries or needles). Potassium is vital in animal cells for muscle contraction and nerve current delivery.

Malnutrition and diarrhea, diuretic drugs, vomiting or sweating through the body's mineral loss, excessive coffee consumption, smoking and stress can cause potassium deficiency. Potassium deficiency causes blood circulation disorder, muscle weakness, fatigue and weakness as a result, loss of appetite, nausea, constipation, confusion, headache and abdominal pain, cramps and heart

rhythm disorders. It is a fact that potassium deficiency increases the risk of heart attack in elderly people. It is known that the most important causes of athlete injuries are magnesium and potassium deficiency.

Excessive intake of potassium affects the kidneys and heart. It can cause discomfort such as muscle weakness, impaired heart rate and rhythm.

Within the framework of the International Atomic Energy Agency Basic Safety Standards (IAEA-BSS), the recommended levels for K are: 600 mg / day on average for babies up to 1 year of age. The need for potassium in children up to 10 years varies from 1000-2000 mg . In adults, the recommended level of potassium per day is about 2000-3000 mg [3]. The best way to get enough potassium is to eat different types of food, which means eating regularly. People with kidney problems should avoid potassium-rich foods.

2. Material and Method

2.1. Gamma Spectrometer

Gamma spectrometry is based on the separation of the emitted gamma rays from the nucleus of an excited atom according to their energies. The gamma-ray energy that an excited nucleus emits during its transition to the base level is equal to the difference between these two energy levels.

Gamma spectrometry is more preferred than other nuclear analysis methods. This method allows direct, non-destructive and rapid analysis of samples without radiochemical separation. It is also possible to see and analyze the gamma isotopes of several elements in the sample at the same time with a single measurement.

In a gamma spectrometer, the area under any photopic is equal to the number of gamma rays detected by the gamma detector at that energy. This number is proportional to the number of radioactive atoms emitting gamma rays in that energy in the sample. This count is obtained by taking into account factors such as the geometry factor of the system, the efficiency of the detector in the selected gamma energy, the dead time of the spectrometer, the intensity of the output of the gamma as it passes through the nucleus, and the activity and the number of radioactive atoms in the sample using appropriate standards.

Uranium and thorium cannot be analyzed directly by measuring the radiation they emit. Due to their very long half-life, the probability of disintegration per unit time and the average number of radiation they emit are very low. Therefore, the measurement of uranium and thorium can be done by measuring the activities of radioactive products in the degradation chain. In doing so, the presence of radioactive balance in the chain is assumed. The gamma spectrometer system consists of scintillation such as NaI (TI) or semiconductor detector system such as Ge (Li) and HPGe, as well as a pre-amplifier, linear amplifier, an electronic module called ADC (Analog to Digital Converter) and a multi-channel analyzer. The signals are stored in the memory of the multi-channel analyzer (MCA) in a suitable addressing scheme by means of a preamplifier, linear amplifier and an electronic module called ADC (Analog to Digital Converter) [4]. The gamma spectrum of the sample can be observed on the analyzer screen or output to a computer.

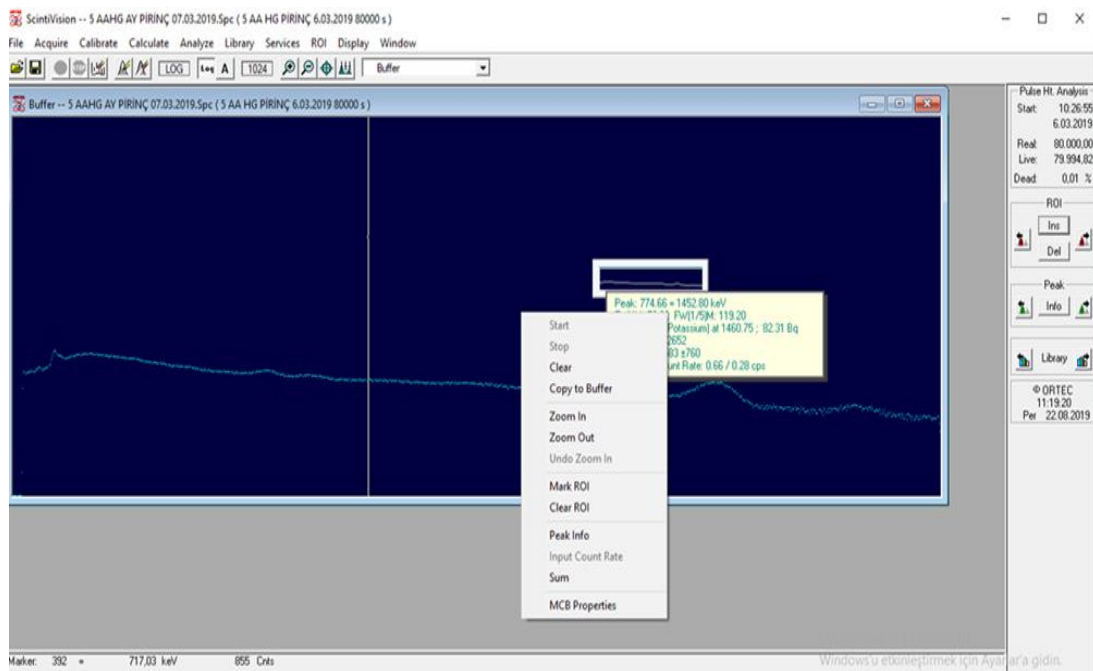


Figure 1: Spectrum of the rice sample

2.2. Efficiency Calibration

Efficiency; relate the number of gamma rays emitted from the source and the number of counts counted in the spectrum. In the gamma spectrometer system, the area below the peak of interest represents the amount of radioactivity. Therefore, we need peak area and yield to deter

mine the amount of radioactivity. Peak efficiency is determined using standard sources whose activity is known to be exact. Samples to be counted with standard welds must have the same geometry and density. Peak efficiency,

$$\varepsilon_{\gamma} = \frac{N_{net}}{AI_{\gamma}t} \quad (1)$$

equation is determined for the desired gamma energies.

Where ε_{γ} ; Count efficiency for E_{γ} energy, N_{net} ; E_{γ} is the net area of the peak formed by the photon, t ; the counting time of the standard source in the detector, A ; known activity of radioactive nuclei found in the gamma standard source used, I_{γ} ; is the probability of the photon being emitted in the decay of the radioactive nucleus [5].

2.3. Energy Calibration

Each pulse to the multichannel analyzer is counted in one channel according to their height. Each channel corresponds to an energy value. However, the pulse heights vary with the high voltage applied to the photomultiplier tube and the gain of the amplifier. This change changes the energy value corresponding to a channel. Therefore, it is necessary to perform energy calibration in the system.

Energy calibration allows a correlation between the peaks observed in the spectrum and the energy to which they belong for a given gain value.

2.4. Activity Concentration

After the energy and efficiency calibration of the detector, the efficiency and energy values of the peaks to be used in the activity calculations are obtained. The net areas of the peaks of interest in the spectrum obtained after counting are calculated by background radiation correction. Values obtained,

$$A(Bq / kg) = \frac{N_{net}}{\varepsilon_{\gamma} t I_{\gamma} m} \quad (2)$$

(2)

The activity is calculated using the expression. Where A ; calculated activity, N_{net} ; net peak area, ε_{γ} ; detector efficiency for peak of interest, t , counting time, m ; the mass of the sample (kg) and I_{γ} ; gamma energy .

In this study, in the gamma spectrometric measurements of the rice sample, the activity of the ^{40}K radioactive nucleus was directly determined from its peak in the gamma ray spectrum (1.461 MeV).

3. Calculations

3.1. Calculation of Potassium (K) Amount

Activity intensity is calculated using Equation 3

M : mass of sample

ε : detector efficiency

f_{γ} : indicates the intensity of activity by placing the detector in place of the probability of gamma emitting.

$$AY(Bq/kg) = A / (m \times \varepsilon \times f_{\gamma}) \quad (3)$$

$$A(Bq/kg) = N\lambda \quad (4)$$

Activity expression (A);

Where N is the number of radioactive ^{40}K nuclei per kg,

λ is also its number of decays [6].

N is calculated because it is known and measured in AY .

$$N = m(^{40}\text{K})NA/A(g) \quad (5)$$

If Equation 5 is written for $m(^{40}\text{K})$;

$$m(^{40}\text{K}) = N.A(g)/NA \quad (6)$$

the expression in Equation 6 is reached.

$A(g) = 40,$

$NA = 6,02 \cdot 10^{23}$

If the number of Avagadro is written instead of in Equation 2 , $m(^{40}\text{K})$ is found in grams .

100 g of potassium is not known to be 0.0117 g ^{40}K m (^{40}K) g potassium-40 is calculated how much internal potassium will be.

$A = 33.50 \text{ Bq kg}^{-1}$ was measured.

Equality between half-life and decay constant is written as follows.

$$N = \frac{m \times NA}{A(g)} = \frac{m(^{40}\text{K}) \times 6.02 \cdot 10^{23}}{40} \quad (7)$$

^{40}K mass in 1 kg of rice $m(^{40}\text{K}) = 1.26 \cdot 10^{-4}$ gr is obtained .

100gr K 0,0117 gr ^{40}K

m(K) 1.26 10^{-4} gr ^{40}K

m (K) = 1.076 g. As a result, 1 kg of rice contains 1.076 g of potassium.

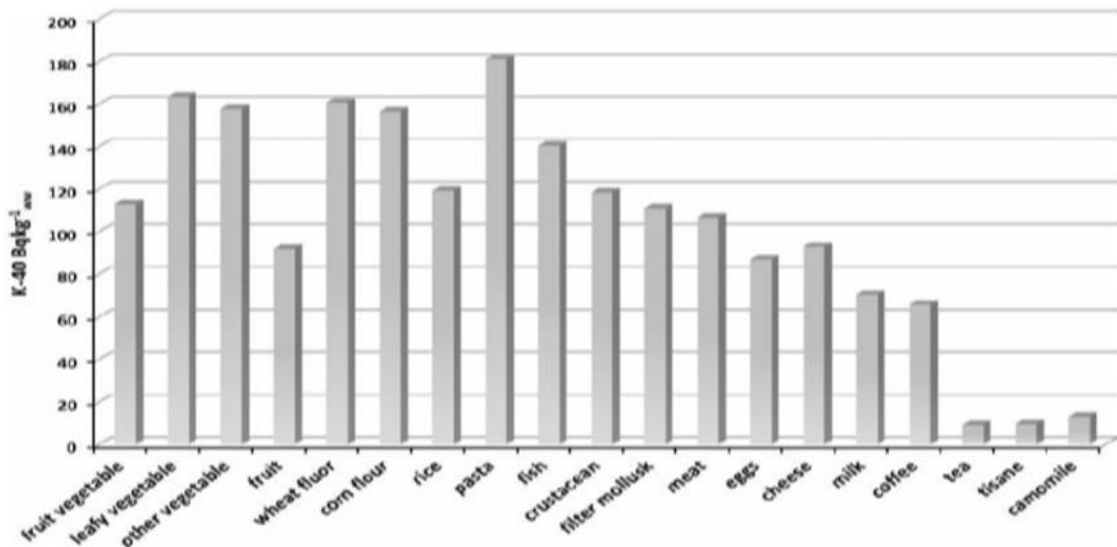


Figure 2: ^{40}K activity concentrations of nutrients analyzed in Italy [7]

4. Conclusions

In this study, ^{40}K activity concentration was determined in one kilogram of rice sample consumed in abundance by humans. Gamma spectrometer system was used for measurements. The ^{40}K activity concentration value was measured as 33.5 Bq kg^{-1} Using the measured ^{40}K activity value, the average potassium value in one kilogram of rice was calculated to be 1.076 grams. Figure 2 shows the activity concentrations of various food samples in Italy. In Italy, the measured value for rice is shown as approximately 120 Bq kg^{-1} . In our study, it can say that the rice produced in Turkey is lower than the ^{40}K activity concentrations. In addition, considering the required potassium value for adults (2000-3000 mg), it can be said that the rice consumed through nutrition is not potassium-poor.

5. References

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations Publications, New York, USA, 2008.
- [2] UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) Report to General Assembly, pp. 93-156 New York: United Nations, 2000.
- [3] IAEA (International Atomic Energy Agency), Technical Report Series 295, Vienna, Austria, 1989.
- [4] Canbazoglu ,C. Dogru, M., "A Preliminary Study on ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K and ^{137}Cs Activity Concentrations in Vegetables and Fruits Frequently Consumed by Inhabitants of Elazığ Region, Turkey", J. Radional Nucl Chem,295:1245-1249,2012.
- [5] Gilmore T.D. Rel. In, Encyclopedia of Cancer, 2nd Edition (M Schwab, editor). Springer-Verlag Publishers, Heidelberg, Germany,2008.
- [6] Krane, K. S., Nükleer Fizik, Başar Şarer, 1. Cilt, Palme Yayıncılık, Ankara, 2001.

[7] Donatella, D. Meli, M.A. Roselli, C. Forini N., Rongoni ,A.Feduzi, L.”Natural radionuclides in Italian diet and their annual intake”J Radioanal Nucl Chem 299:1461–1467, 2014.

RADIOGENIC HEAT PRODUCTIONS OF ZEOLITE MINERALS FROM QUARRIES FROM GORDES (MANISA), TURKEY

Aydan Altıkulaç^{1*}, Şeref Turhan²

¹Muğla Sıtkı Koçman University, Ula Ali Koçman Vocational School 48640 Ula, Muğla, Turkey

aydanaltikulac@mu.edu.tr

²Department of Physics, Faculty of Science and Letters, Kastamonu University, Kastamonu, Turkey

serefturhan63@gmail.com.tr

*Corresponding Author

Abstract

The long-lived natural radionuclides (uranium, thorium etc.) are very important source of the earth's internal heat. The kinetic energy of α and β particles and γ -ray emitted from these radionuclides as a result of the different radioactive decay processes is absorbed in the soils and rocks and finally transformed into heat. This paper presents the study of radiogenic heat generation caused by the decay of the unstable isotopes ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K of zeolite samples collected from four zeolite quarries in Gördes (Manisa) located in Western Anatolia of Turkey. The concentrations of ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K in zeolite samples were determined by using an energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) spectrometry. The values of radiogenic heat production calculated for zeolite samples varied from 1.3 to 1.5 $\mu\text{W}/\text{m}^3$ with an average of 1.15 $\mu\text{W}/\text{m}^3$. The average radiogenic heat production is higher than the average continental crust of 0.9 $\mu\text{W}/\text{m}^3$.

Keywords:

1. Introduction

The source of natural radiation is the radioactive isotopes of the earth's crust, as well as cosmic rays from space. Humans are exposed to natural radiation depending on the environment and quality of life throughout their lives. The amount of radionuclides, which are the main source of natural radiation such as ^{238}U , ^{232}Th , and ^{40}K , depends on the origin of the soil and the type of rock. Many minerals and minerals in the soil naturally contain radioactive isotopes such as ^{238}U , ^{232}Th , and ^{40}K . One of these mines is the zeolite mine, which is known as the environmentalist mineral and has many uses as raw material in the industry. By the decomposition of the radionuclides it contains alpha and beta particles release and electromagnetic wave emission occur. Absorption of these particles and electromagnetic waves in the environment causes an increase in the kinetic energy and temperature of the environment. The temperature of the environment increases with increasing temperature. This heat is called radiogenic heat [1]. In this study, the effect of radiogenic heat production of four samples taken from Manisa Gordes Zeolite quarries was investigated.

2. Materials and Methods

The general chemical formula of zeolites is: $\text{M}_x \text{D}_y [\text{Al}_x + 2y \text{Si} - (x + 2y) \text{O}_{2n}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$. In this formula, M: Na, K or other (+1) valued cations, D: Mg, Ca, Si, Ba and other (+2) valued cations [2]. Zeolites are a mineral group consisting of hydrated natural silicates of alkali and earth alkalis as a result of the change of volcanic ash in water environment millions of years ago. The conversion of feldspar and other aluminosilicates into zeolites is called zeolitization. There are more than 40 known natural minerals. The most important of these are clinoptilolite, hollidite shabasite, analcime, erionite, natrolite, phyllipsite, mordenite. There are also more than 150 synthetic minerals. Zeolite minerals are aluminosilicate structures consisting of an unlimited extensible three-dimensional network of tetrahedral AlO_4 and SiO_4 , which are connected to each other by sharing oxygen atoms. Their structures are similar to honeycomb or cage, and contain water with interchangeable cations. The micro-pores between the units combine with the micro-windows to form one, two or three-dimensional space systems and channels. The amount of space is between 20% and 50% of the total volume 1, physical properties of natural zeolites are given.

The most important feature of zeolite minerals; liquid and gas molecules that can easily enter and replace these spacesIt is the "molecular sieve" that comes from alkaline earth ions. Zeolites are also widely used. Zeolites are a mineral group consisting of hydrated natural silicates of alkali and earth alkalis as a result of the change of volcanic ash in water environment millions of years ago. For example; Due to its properties such as ion exchange, water and gas retention, it is used in agriculture, fishing, cleaning of water, gas and radioactive residues, drying, solar energy and gas storage, odor control, building element, good quality paper making and many other fields. Clinoptilolite is one of the most abundant natural zeolites in the world and one of the best technological features.

2.1. Structural Properties of Zeolites

2.1.1. Adsorption Property

Adsorption refers to the adherence of certain components dissolved in the fluidized phase to the surface seen from the phase surface, which is based on the adherence of a solid adsorbent surface. Substrates are called adsorbents. The adsorption material on the surface is adsorbent. This method removes impurities from waste water. It is particularly preferred for removal of heavy metals [3].

Adsorbents should be non-toxic, harmless for the environment, cheap and easily obtainable, should contain functional groups that can interact with adsorbents, should not be dissolved in water, can be recovered, and a good adsorbent will have a large surface area per unit mass.

2.1.2. Ion Exchange Property

Ion exchange is the reversible ion exchange between the insoluble solid phase (ion exchanger) and the solution phase in a solution. The amount of ion exchange is expressed in "ion exchange capacity" (IAC). The measure of IDC is the number of moles that can be changed per gram or 100 grams of zeolite. Sometimes the equivalent weight is used instead of the number of moles.

Table 1: Amount of loading capacity of some 1 gram zeolite according to ion exchange capacity [4]

Ion Exchange Capacity of Zeolites (meq/gr)	Ion type	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	NH ₄ ⁺	Cs ⁺⁴	Cu ⁺²	Pb ⁺²
		Amount of ion to be loaded according to ion exchange capacity of zeolite (g ion/g zeolite)	1.5	0.034	0.057	0.018	0.030	0.028	0.049
	1.75	0.040	0.068	0.021	0.035	0.023	0.058	0.056	0.181
	2	0.046	0.078	0.024	0.040	0.037	0.066	0.064	0.207
	2.25	0.052	0.088	0.027	0.045	0.042	0.074	0.071	0.233
	2.5	0.057	0.098	0.030	0.050	0.047	0.082	0.079	0.259
	2.75	0.063	0.108	0.033	0.055	0.051	0.091	0.087	0.285
	3	0.069	0.117	0.036	0.060	0.056	0.099	0.095	0.311
	3.25	0.075	0.127	0.040	0.065	0.061	0.107	0.103	0.327
	3.5	0.080	0.136	0.043	0.070	0.065	0.115	0.111	0.363
	3.75	0.086	0.147	0.046	0.075	0.070	0.123	0.119	0.389
	4	0.092	0.156	0.049	0.080	0.075	0.132	0.127	0.414

According to Table 1, one gram of zeolite with an ion exchange capacity of 3 is charged with 0.069 grams Na +, 0.117 grams K +, 0.036 grams Mg + 2, 0.060 grams Ca + 2, 0.056 grams NH₄ +, 0.099 grams Cs + 4 and 0.095 grams Cu + 2 .

2.1.3. Catalyst Property

Natural zeolites; they are used as catalysts in certain chemical reactions either as they are or by improving their properties. Zeolites show different properties compared to other catalysts. One of these properties is that the Si and Al quadrangles found in the crystal structures of the zeolites have certain and reproducible sequences. In most cases, the centers exhibiting catalytic activity are the locations of cations in their structures. Reasons for using zeolites as catalysts [5];

- The properties can be changed by ion exchange,
- Activity, selectivity, stability and so on. retain their properties for a long time,
- Regeneration is very easy and reproducible,

d) Temperature, pressure, etc. resistant to external influences.

2.1.4. Molecular sieve Property

Zeolite is a tectosilicate and, unlike other tectosilicates (feldspar, quartz), the skeleton of the zeolite is fully open and has a three-dimensional continuous tunnel and lattice system. This system allows the passage of molecules smaller than their apertures, and so zeolites have been called molecular sieves. Molecular screening is defined as the selective adsorption of cations in the adsorber depending on the physical properties and electrical charge distributions. The porous structure with uniform distribution allows the adsorption of certain molecules of a size that can only pass through the pores in a mixture.

2.2. The usage areas of Zeolites

Zeolites are known in the industry as environmentally friendly raw materials because of their crystal structure and chemical properties. It has many uses in environmental pollution control, energy sector, medical sector, paper production.

Table 2: Usage areas of zeolite in environmental pollution control

Features	Use of zeolite in environmental pollution control						
	Removal of heavy metals such as Pb, Cu, Zn, Cd and Hg from industrial wastewater	Removal of toxic ammonium (NH ₄ ⁺) from municipal wastewater and drinking water	Water hardness Lowering, pH, conductivity regulator and quality of drinking water upgrading	Flue gases cleaning	Oil Spills Cleaning	Cleaning of SO ₂ , CO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , NO _x gases that cause air pollution	Removal of radioactive substances such as Cs, Sr, Rb
Ion Exchange	x	x	x	x	x	x	x
The Adsorption	x			x	x	x	
Catalyzer						x	
Molecular Sieve		x		x	x	x	

2.3. X-Ray Fluorescence (XRF) Spectrometer System

Elemental analysis was carried out using energy dispersing x-ray fluorescence at Kastomonu University Research Center. This device is a versatile EDXRF spectrometer. Optimizes excitation using polarization and secondary targets. It has a self-sampler of up to 12 items and software modules. It uses a 50 watt end-window X-ray tube to stimulate the samples. The target changer with up to 8 polarizations and secondary targets offers a variety of different excitation conditions, which ensure the optimal determination of all elements 11Na to 92U. The measurements are carried out in a helium atmosphere. A spectral resolution of less than 155 eV is obtained in Mn K γ . The sample chamber is equipped with a sample collector for 40 mm sample containers [6,7].

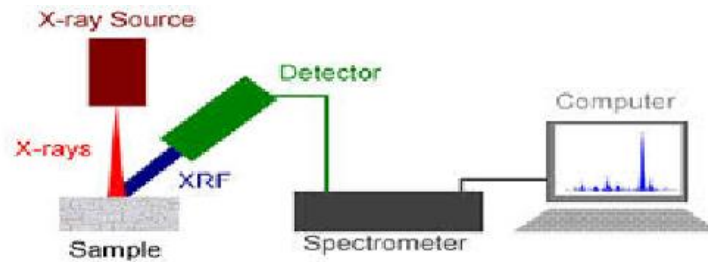


Figure 1: XRF Spectrometer [8]

3. Radiogenic Calculations

3.1. Radiogenic Heat Generation

Heat in the Earth's crust consists of the decomposition of mantle-borne and radiogenic elements. Radiogenic heat is generated by short and long half-life isotopes in the Earth's crust. Short half-life radioactive elements contribute to the generation of radiogenic heat in the early stages of world formation. Today, very long half-life radioactive elements ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K contribute to radiogenic heat generation. This heat is added to the heat flux of the lithosphere, resulting in an increase in the heat flux value. When evaluating the heat flux of a region, healthy evaluations can be made by considering the radiogenic heat contribution. Table 2 shows the concentrations of long-lived radioisotopes in some rock species, their contribution to radiogenic heat production and the mean continental crust value of $0.927 \mu\text{W m}^{-3}$, which is considered as the reference value in radiogenic heat production. Ryback empirical formula 1 was used for the calculation of radiogenic heat [9].

$$A (\mu\text{Wm}^{-3}) = 0.1325 \rho (0.718 \text{Cu} + 0.193 \text{CTh} + 0.262 \text{CK}) \quad (1)$$

Cu, uranium concentration (ppm),

CTh thorium concentration (ppm),

CK is the potassium concentration (wt.%), respectively

ρ (kgm^{-3}) is the density value.

Table 3: Measured activity concentrations and radiogenic heat production in zeolite samples

Sample ID	Concentration			The contributions of radioactive elements to radiogenic heat production (μWm^{-3})			Total radiogenic heat generation (μWm^{-3})
	K (%)	^{238}U (ppm)	^{232}Th (ppm)	^{40}K	^{238}U	^{232}Th	
Z1	2.124	10.1	32.6	0.062	0.804	0.698	1.5
Z2	1.845	8.6	26.1	0.054	0.684	0.559	1.3
Z3	2.115	9.8	31.9	0.062	0.780	0.683	1.5
Z4	1.798	8.3	26.6	0.052	0.661	0.569	1.3

Table 4: Some rock species of ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K concentrations and heat generation

Rock Type	Concentration			Radiogenic Heat Generation ($\mu\text{W/m}^3$)
	K (%)	U (ppm)	Th(ppm)	
Tholeiitic basalt	0.07	0.19	0.068	0.044
Granite	4.7	20	4.2	3.008
Shale	3.7	12	2.7	1.857
Chondritic meteorites	0.008	0.029	0.056	0.012
Average continental crust	1.42	5.6	1.43	0.927

4. Conclusion and Discussion

In this study, the effect of radiogenic heat on four different zeolite samples taken from Manisa Gördes mine was investigated. The concentration of natural radioactive elements in the samples was determined using the XRF spectrometer system. The radiogenic heat

resulting from these concentrations ranges from $1.3 \mu w / m^3$ to $1.5 \mu w m^{-3}$. Average radiogenic heat production was calculated as $1.15 \mu w m^{-3}$. This calculated value is greater than the average continental crust value of $0.927 \mu w m^{-3}$. As a result of the study, it was concluded that zeolite samples increased the heat value in the environment.

5. References

- [1] Rybach, L. and Buntebarth, G., “ Relationships between the petrophysical properties density, seismic velocity, heat generation, and mineralogical constitution” , Earth and Planetary Sciences Letters, 57,367-376, 1982.
- [2] Güney, Y. and Koyuncu, H., “The behavior of bentonite-zeolite landfill versus salt and metal pollution”, 6th International Symposium on Geoenvironmental Geotechnology and Global Sustainable Developments, Chung-Ang University, Seoul, Korea, 61-68, 2002.
- [3] Sarıkaya, Y., “Çevre Sorunları.”,A.Ü. Fen Fak., Bilge Yayıncılık, Ankara.1993.
- [4] URL-1: <http://www.gsaresources.com/cationexchange.htm>)
- [5] Gürel, O., “Moleküler eleklerde adsorpsiyonun termodinamiği”, Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fizikokimya Kürsüsü. Ankara.1977.
- [6] Anonymous. 2015. Spectro Xepos Brochure, Ametek, <http://www.spectro.com/products/xrf-x-ray-fluorescence-spectrometer/edxrf-spectrometer-xepos>.
- [7] Aslı, Kurnaz. Şeref, Turhan. Muazzez, Gezelge. Aybaba, Hançerlioğulları. Mehmet, Atıf Çetiner., “Elemental Composition of Soils Mixed with the Grape Molasses”, Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 4(9): 748-751, 2016
- [8] URL-2: <http://www.horiba.com/scientific/products/x-ray-fluorescence-analysis/tutorial/xrf-spectroscopy>
- [9] Cermak, V., Rybach, L., “Thermal conductivity and specific heat of mineralsnd rocks”, In: Angenheister, G. (Ed.), Physical Properties of Rocks, Sub Vol. a, Geophysics and Space Research, Group V. Springer, Berlin, pp. 305–343,1982.

HAVACILIK SEKTÖRÜNDE SSPC TEKNOLOJİSİNİN OPTİMİZASYONUNUN PATENT VERİ TABANI ANALİZİ

Beste Sezen¹, Ayşegül Bereketlioğlu²,

¹² TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü Patent Mühendisliği, Ankara, Türkiye

beste.sezen@tai.com.tr, aysegul.bereketlioglu@tai.com.tr,

Özet

Hava araçlarındaki elektriksel güç dağıtım sistemlerinin en önemli sistem elemanlarından biri devre kesicilerdir. SSPC'ler (Solid State Power Controller) diğer devre kesicilere göre sağladığı güvenilirlik, hızlı kapama yapma, geçici durumda yüksek koruma sağlama ve hacim tasarrufu gibi üstün avantajlarından dolayı yüksek gerilimli doğru akım iletim sistem tasarımı ve üretiminde kullanılan başlıca devre koruyuculardır. Ayrıca uzaktan kontrol, ark hatası bulma, mantık komutu tabanlı aktif olma, hata durumunda bakım sistemine ve/veya ekibe bilgi iletmeye gibi üstün özellikler dâhil edilmektedir. Bu çalışmada, güç elektroniği sektöründe öncü firmaların SSPC teknolojisine kattığı yenilikçi özellikler analiz edilmektedir. Patent analizi için Google Patent ve Derwent Innovation Tool veri tabanları kullanılmıştır. Elde edilen verilere göre kullanılan yarıiletken türleri, SSPC yapısı içerisindeki devrelerin optimizasyonu ve yıllara göre gelişen özellikler ana başlıkları altında derlenmiş ve teknolojik eğilim belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *havacılık, SSPC, güç elektroniği, patent, analiz*

1. Giriş

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte pnömatrik, hidrolik ve mekanik sistemlerin yerini elektrik ile çalışan sistemler almaya başlamıştır. Otomotiv, uzay ve havacılık sektörlerinde elektrik ile çalışan sistem ve parçaların artması ile gerilim ihtiyacı da artmıştır. Özellikle tam elektrikli veya daha fazla elektrik konsepti ile üretilmesi planlanan yeni nesil hava aracı tasarımları güç elektroniği alanındaki çalışmaların gelişmesine olanak sağlamıştır [1].

Hava araçlarında yer alan jeneratör ile üretilen enerji, birincil güç dağıtım kutusunu besler. Birincil güç dağıtım kutusu ise, yüksek gerilim talebi olan bazı yükleri ve uçakta yer alan daha düşük gerilim talebi olan diğer yükleri enerji veren ikincil güç dağıtım kutusunu besler. Yeni nesil hava araçlarında elektrik ile çalışan yüklerin artması ile daha yüksek gerilim seviyesinde çalışan devre kesicilere yönelik de ihtiyaç ortaya çıkmıştır.

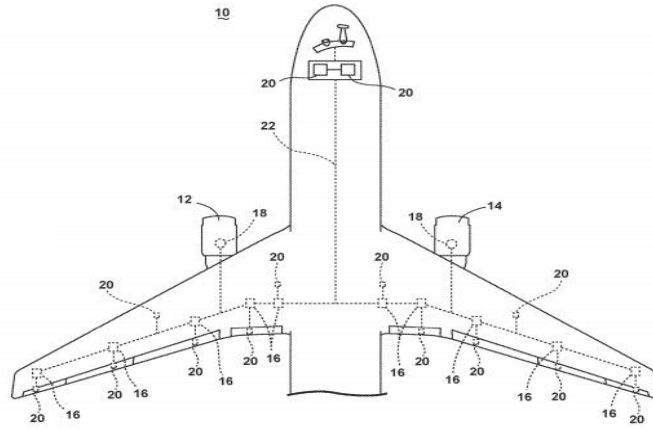
Klasik devre kesicilere göre daha güvenilir, hızlı durum değiştirebilen, geçici durumda yüksek koruma sağlayan ve hacimsel tasarruf sağlayan SSPC'lerin kullanımı hava araçlarında tercih edilmektedir. Ancak hâlihazırda SSPC'ler yaygın olarak ikincil güç dağıtım kutusunda kullanılmaktadır. Birincil güç dağıtım kutusunda SSPC kullanımına yönelik havacılık sektöründeki sertifikasyon isterlerini karşılayan uygulamalara yönelik çalışmalar sürmektedir. Sektöründe öncü firmalar tarafından yapılan uygulamaların takibi için patent veri tabanı analizi kullanılan yöntemler arasında öne çıkmaktadır. Bu bildiride odaklanılan SSPC gibi yeni gelişen teknolojilerin takibi, bir şirketin teknoloji yol haritasının doğru yönlendirilmesi için çok önemlidir. Bu çalışmada, SSPC içeren devrelerdeki teknolojik gelişmeler patent veri tabanı analizi ile ele alınmıştır. Analiz sonuçları topografik harita kullanılarak görselleştirilmiştir.

2. Solid State Power Controller

Yarıiletken malzemelerle üretilen SSPC'ler yüklerdeki güç kontrolünü sağlayan devre elemanlarıdır. Anahtarlamayı sağlayan FET (Field Effect Transistor), MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor), IGBT (Insulated Gate, Bipolar, and Transistor), SiC (Silikon Karbit) ve GaN (Galyum Nitrat) ile üretilen türleri bulunmaktadır. SSPC'ler ilk olarak FET'ler ile üretilmiş olup güç kayıplarını azaltmak, kullanılan sıcaklık aralığını arttırmak ve voltaj düşmesini önlemek gibi fonksiyonel özelliklere sahip olmaları için IGBT, SiC gibi yarıiletken malzemelerle üretilen türleri geliştirilmeye devam etmektedir. Güç dağıtım hattına bağlı farklı enerji ihtiyaçlarına göre farklı türdeki SSPC'ler kullanılmaktadır [2].



Şekil 1: Solid State Power Controller



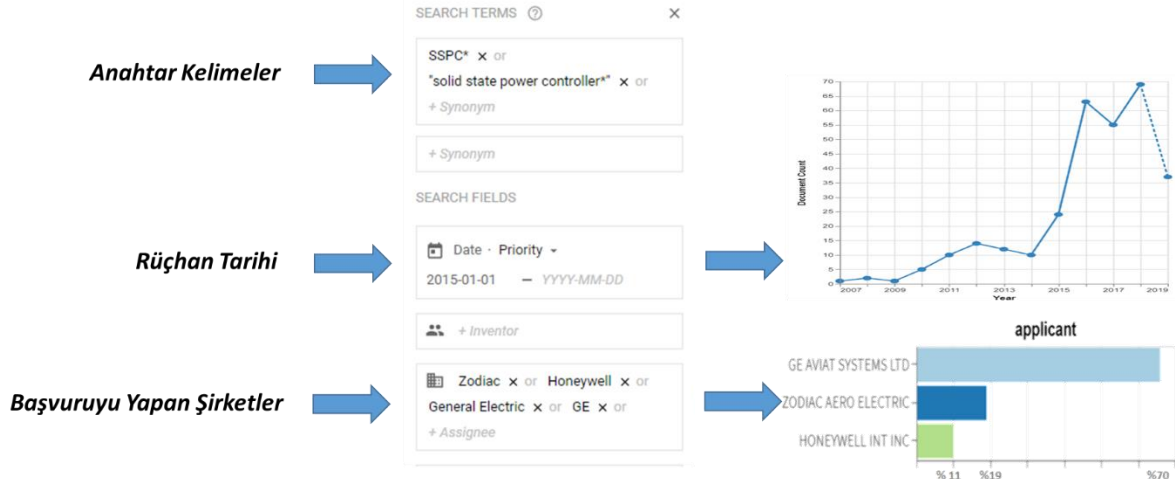
Şekil 2: US20190069430 Numaralı Patente Birincil ve İkincil Güç Dağıtım Kutularının Konumları

Uçaklarda birincil ve ikincil güç dağıtım kutularında kullanılan SSPC'ler, güç dağıtım sistemlerine bağlı olan yüklerin güvenli bir şekilde beslenmesi için kullanılan devre elemanlarıdır. SSPC kullanımı ile havacılık sektöründe önemli bir parametre olan ağırlık azaltılması sağlanır ve maliyet düşürülür. Ancak sistemde kullanılacak olan SSPC'nin seçimi yapılırken uzaktan kontrol edilebilirliği, bağlı bulunduğu güç iletim hattının sağlık durumunu ve adresini raporlama, SSPC'lerin birbirleri ve bağlı buldukları sistem ile konfigürasyon yeteneğine sahip olma ve yeniden programlanabilirlik gibi üstün özellikleri göz önünde bulundurulur.

2.1. Patent Veri Tabanı Analizi ile SSPC Teknolojisindeki Gelişmelerin İncelenmesi

Gelişen teknoloji ile birlikte havacılık sektöründe tam elektrikli hava araçları veya daha fazla elektrikli hava araçları üretimi hızla artmakta ve bu gelişmeler de gerilime duyulan ihtiyacın artmasına neden olmaktadır. Tam elektrikli veya daha fazla elektrikli hava araçları konseptinde yer alan aviyonik yüklerin, motorların ve diğer elektrikli yüklerin kontrolü elektrikli güç ile sağlanır. Üretilen yeni nesil hava araçları için elektrikli güç dağıtım sistemlerinin beslediği yüklerin korunmasını sağlayan en önemli sistem elemanı devre kesicilerdir. Yüksek güvenilirliğe sahip, kısa devre hatalarını önleyen, hızlı tepki süresine sahip olan SSPC teknolojisi hava araçlarında devre kesici olarak kullanılmaktadır [3].

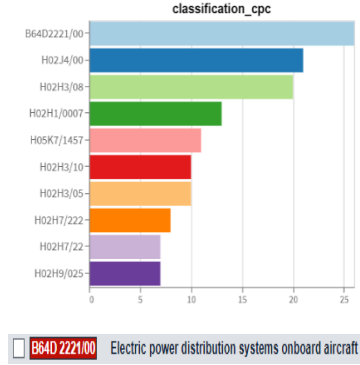
Bu çalışmada öncü şirketler tarafından yapılan patent başvuruları analiz edilerek SSPC teknolojisindeki gelişmeler ve eniyileme alanları belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan araştırma yöntemi aşağıda şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3: Aramada Kullanılan Kriterler

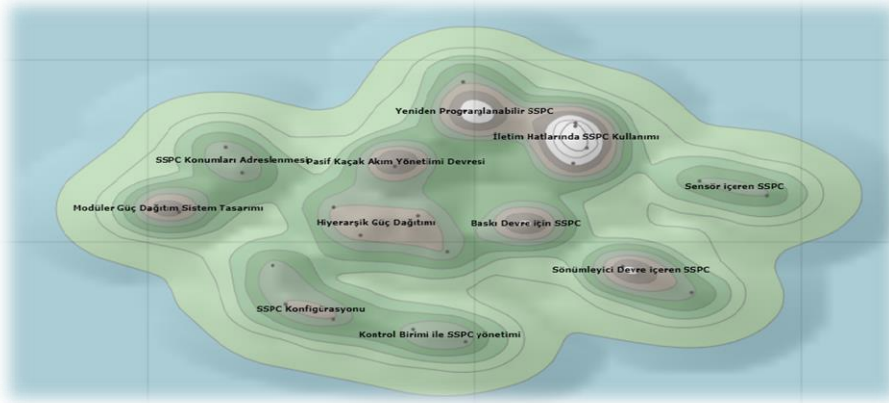
Veri tabanında yapılan patent araması sırasında anahtar kelime olarak SSPC* ve "solid state power controller" kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, patentlerin yıl dağılımına bakıldığında 2015 yılından sonra ivmelenen bir artış olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışmada rüçhan tarihi 2015 yılından sonra olan patentlere odaklanılmış ve sektörde lider konumda olan firmaların patent başvuruları filtrelenmiştir [4]. Kapsam dâhilindeki patentlerin firma dağılımını incelediğimizde Honeywell, Zodiac ve General Electric firmasına ait patentlerin oranlarının sırasıyla %11, %19 ve %70 olduğu görülmüştür [5].

Çalışmada INPADOC patent ailesine ait 36 patent inceleme kapsamına alınmıştır. Ele alınan patentlerin ait olduğu sınıflar aşağıdaki şekilde belirtilmiştir. Bu patentlerin %25'e yakınının B64D2221/00 havacılıkta elektrik güç dağıtım sistemi sınıfında olduğu görülmüştür.



Şekil 4: Patentlerin Sınıfları

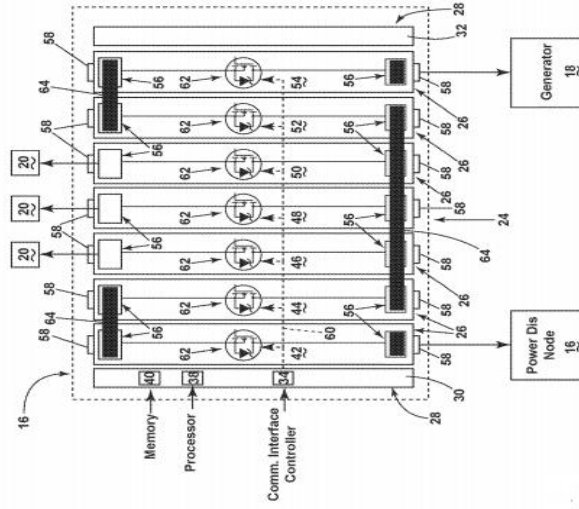
SSPC'ye yönelik teknolojik gelişmeler "Derwent Innovation Tool" ile oluşturulan topografik harita kullanılarak analiz edilmiştir [6]. Haritada yer alan her bir tepe bir gelişim alanını temsil etmektedir. Bu teknolojik gelişmeler modüler güç dağıtım sistem tasarımı, SSPC konumlarının adreslenmesi, hiyerarşik güç dağılımı pasif kaçak akım yönetimi, yeniden programlanabilir SSPC, iletim hatlarında SSPC kullanımı, baskı devre için SSPC, kontrol birimi ile SSPC yönetimi, SSPC konfigürasyonu, sönümleyici devre içeren SSPC ve sensör içeren SSPC olarak sıralanabilir. Her bir teknolojik gelişmeye yönelik açıklamalar ve örnekler aşağıdaki bölümlerde özetlenmiştir. Ayrıca teknolojik gelişmeler arası arayüz ve kesişim noktaları da açıklanmıştır.



Şekil 5: İncelenen Patentlere Ait Topografik Harita

2.1.1. Modüler Güç Dağıtım Sistem Tasarımı

Araştırma kapsamında tespit edilen patentlerin incelenmesiyle hava araçlarında bulunan güç dağıtım kutularının modüler olarak tasarlandığı görülmüştür. Modüllerin güvenli şekilde beslenmesi için SSPC'ler ile modüller arası haberleşmenin olduğu dikkat çekmiştir.

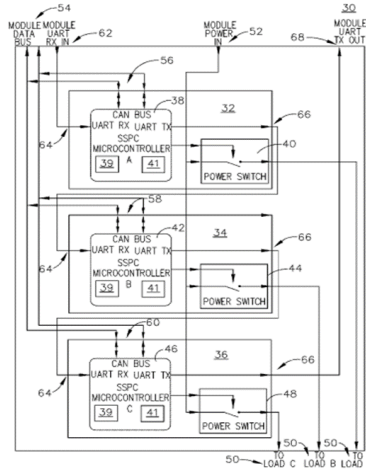


Şekil 6: US20190069430 Numaralı Patente Ait Modüler Güç Dağıtım Kutusu

US20190069430 numaralı **Method and apparatus for modular power distribution** isimli GE Aviation Systems Ltd firmasına ait patente modüler güç dağıtım sistemi (24) ortak kontrol modülü olarak faaliyet gösteren ve iletişim arayüz kontrolcüsüne (34) sahip birinci uç modülü (30), elektriksel güç arayüzü (56) olan en az bir SSPC (26) ve ikinci uç modülü (32) içermektedir. Modüller fiziksel olarak birbirlerine sabitlenmiştir. Her SSPC'ye ait anahtarlama elemanı (62), SSPC iletişim arayüzü vasıtası ile ortak kontrol modülü tarafından kontrol edilmektedir [7].

2.1.2. SSPC Konumlarının Adreslenmesi

Güç dağıtım kutusunda yer alan SSPC'lere kimlik atayarak gelen mesajın hangi SSPC'den geldiği bilgisinin tutulmasını kapsar.



Şekil 7: US20190163249 Numaralı Patente Ait Güç Dağıtım Kutusu

US20190163249 numaralı **Method and apparatus for initializing a power distribution circuit** isimli GE Aviation Systems Ltd firmasına ait patente güç dağıtım kutusu (60) iletişim girişi (62) ve iletişim çıkışı (68) içermektedir. Birinci güç kontrolcüsü birinci SSPC (32) içerir ve birinci kontrolcü modülü (38) birinci SSPC'yi yönetir. İkinci güç kontrolcüsü ikinci SSPC (34) içerir ve ikinci kontrolcü modülü (42) ikinci SSPC'yi yönetir. İkinci güç kontrolcüsü birinci iletişim çıkışı portuna bağlı ikinci iletişim girişini içerir ve ikinci iletişim çıkışı portunun iletişim çıkışı portuna bağlıdır. İlk ve ikinci güç kontrolcüleri sürekli iletişim kutusundan alınabilen iletilen veri sinyali ile uyumludur [8].

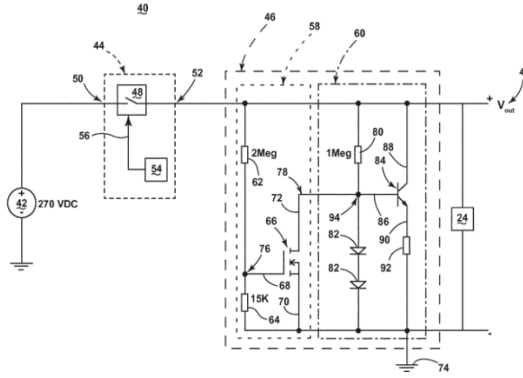


Şekil 8: Modüler Güç Dağıtım Sistem Tasarımı ve SSPC Konumlarının Adreslenmesi tepeleri

Modüler Güç Dağıtım Sistem Tasarımı ve SSPC Konumlarının Adreslenmesi teknoloji alanlarına ait ortak teknoloji gelişim alanı ise SSPC'lerin birbirleriyle haberleşmesidir.

2.1.3. Pasif Kaçak Akım Yönetimi Devresi

SSPC'de olası kaçak akımların yüke zarar vermesini engellemeyi sağlayan devre tasarımı kapsar. SSPC kapalı konumda iken yükü besler. Açık konumda iken kaçak akım olması durumunda ek devre tasarımı ile akım yüke değil toprağa akar.

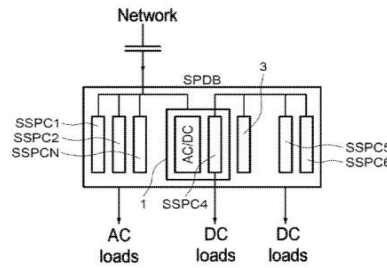


Şekil 9: US10320378 Numaralı Patente Ait Pasif Kaçak Akım Yönetimi Devresi

US10320378 numaralı **Passive leakage management circuit for a switch leakage current** isimli GE Aviation Systems Ltd firmasına ait patentte devre (40,46) ilk akım yoluna sahiptir ve ilk transistör içerir. SSPC çıkışı temelli ilk akım yolu boyunca ilk transistör akımı iletir. Kaçak akım yolu ikinci transistör içerir. İlk transistör akım iletimi temelli kaçak akım yolu boyunca ikinci transistör akım iletir. İlk akımların biri veya kaçak akım yolları SSPC çıkışı tabanlı otomatik olarak SSPC'nin açık kapalı durumundan bağımsız olarak akımı iletir [9].

2.1.4. Hiyerarşik Güç Dağıtım

Yüklerin ihtiyaç duyduğu gerilim seviyesini ve türünü sağlamak için SSPC kullanımı ile evirici ve dönüştürücü tasarlanmıştır.



Şekil 10: US20190006852 Numaralı Patente Ait Dönüştürücü

US20190006852 numaralı **Electrical power distribution box for onboard network of an aircraft and corresponding electrical power supply system** isimli Zodiac Aero Electric firmasına ait patente elektriksel güç dağıtım kutusu ilk voltaj seviyesindeki yükleri besleyen dağıtım modüllerinin bir setini içerir. SSPC kutunun girişindeki ilk voltaj seviyesini alır ikinci voltaj seviyesindeki beslenen yük gerilimine çevirir. SSPC (1) FET tabanlı anahtarlama elemanından anahtarlama modunda güç kaynağı içermektedir. SSPC gerilim evirici ve doğrultucu (rectifier) içermektedir. (DC-DC, AC-AC, DC-AC çeviriciler) [10]

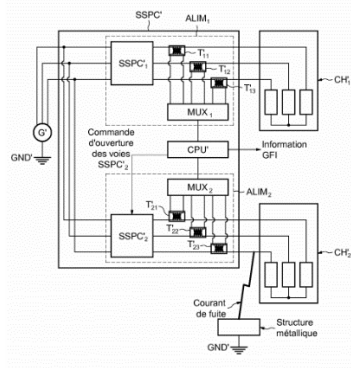


Şekil 11: Pasif Kaçak Akım Yönetimi Devresi ve Hiyerarşik Güç Dağıtımı tepeleri

Elektrik dağıtım sisteminde yer alan yükün korunması için SSPC kullanımı ya da SSPC'nin arızalanması durumunda ek devre tasarımı ile yükün korunması ile ilgilidir.

2.1.5. Yeniden Programlanabilir SSPC

Yükler için SSPC çıkışındaki akımı ölçerek dönüşüm yapan ve SSPC'leri yeniden programlayan CPU içerir.

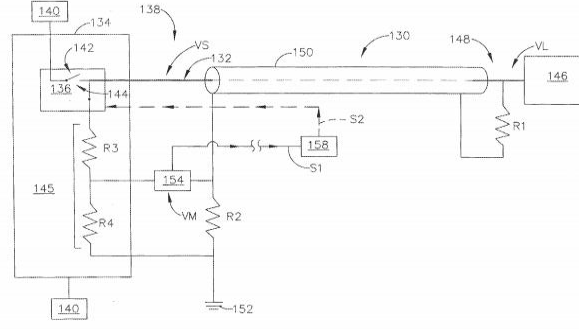


Şekil 12: WO2018202769 Numaralı Patente Ait Yeniden Programlanabilir SSPC

WO2018202769 numaralı **Device for measuring the reprogrammable leak current** isimli Zodiac Aero Electric firmasına ait patente avionik yüklerin gücünü kontrol etmek için SSPC'ler kullanılır. SSPC'lerin çıkış akımlarını ölçen ölçüm cihazları vardır. Ölçüm cihazı olarak yüksek frekanslı akım ölçüm dönüştürücüler kullanılır. Birinci ve ikinci bağlantı cihazı ölçüm cihazından SSPC'ye bağlanır [11].

2.1.6. İletim Hatlarında SSPC Kullanımı

Yüksek gerilim elektrik iletim hatlarında ark oluşumunu önlemek için hatları denetleyen SSPC ile ilgilidir.



Şekil 13: GB2563069 Numaralı Patente Ait Kablaj

GB2563069 numaralı **Apparatus to detect a fault in a wire** isimli GE Aviation Systems Ltd firmasına ait patentte aparat (130) birinci ve ikinci uçun arasında uzanan güç kablosundan (132) ayrı güç kablosunun bir kısmını çevreleyen iletim ekranı (150) içerir. Güç kablosu ve iletim ekranı arasında ilk direnç bileşeni bağlıdır. Gerilim görüntüleyici (154) ikinci uçtaki ekrandaki gerilimi ölçer. Eğer ikinci uçtaki ekranda ölçülen gerilimi referans gerilimden saparsa gösterge hatayı göstermek için ayarlanmıştır [12].

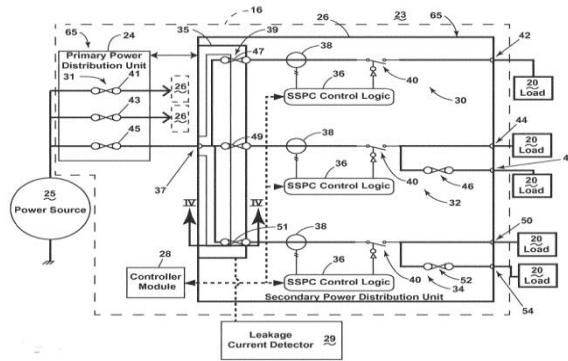


Şekil 14: Yeniden Programlanabilir SSPC ve İletim Hatlarında SSPC Kullanımı tepeleri

Sistemde oluşacak arkları ve kaçak akımları engellemek için SSPC kullanımına yönelik patentler bulunur.

2.1.7. Baskı Devre için SSPC

Baskı devrelerde yer alan SSPC yapısının eşik değerlerinden daha yüksek akım geçmesi durumunda sigorta ile korunması sağlanır. Yük ilk sisteme bağlandığında aşırı akım çekerek sistemin zarar görmesine neden olabilir. SSPC'lere ek olarak sigorta da sistemin zarar görmesini önler.



Şekil 15: GB2552982 Numaralı Patente Ait Baskı Devre Yapısı

GB2552982 numaralı **Method and apparatus for arranging fuses in a printed circuit board** isimli GE Aviation Systems Ltd firmasına ait patentte baskı devre, SSPC (40) ve yüke (20) bağlı ilk çıkış arasında yük sigortasına (46, 52) sahiptir. Giriş sigortası (47, 49, 51) güç girişi (37) ve SSPC arasında yük sigortasının trip oranından daha yüksek şekilde yer alır [13].

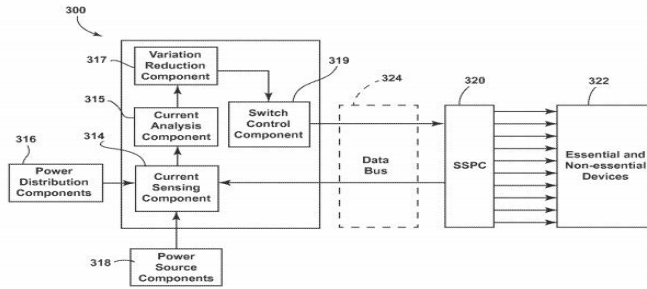


Şekil 16: Pasif Kaçak Akım Yönetimi Devresi, Hiyerarşik Güç Dağıtım, Yeniden Programlanabilir SSPC, İletim Hatlarında SSPC Kullanımı ve Baskı Devre için SSPC tepeleri

Haritada görülen patentler ile tanımlanan teknolojik gelişmeler herhangi bir hata durumunda sistemi korumaya alan yöntemler ile ilgilidir.

2.1.8. SSPC Konfigürasyonu

Devreye alınan ve devreden çıkarılan yüklerin enerjilenme haritası çıkarılarak yükleri koruyan SSPC'ler configure edilir.

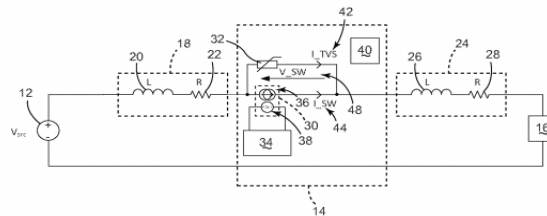


Şekil 17: WO2016178054 Numaralı Patente Ait Konfigürasyon Şeması

WO2016178054 numaralı **System and method for electric power distribution and load leveling on aircrafts** isimli GE Aviation Systems Ltd firmasına ait patente gerekli veya gerekli olmayan cihazlarla (322) akım kaynağından güç seviyesini tanımlamak için akım analiz elemanı (315) içeren bir sisteme sahiptir. Değişken azaltma elemanı (317) bus kontaktördeki akım kaynağından giriş gücündeki geçici değişken düşümü tabanlı gerekli veya gerekli olmayan cihazların enerjilenme haritasını çıkarır. SSPC (319) kontrol elemanı enerjilenme haritasına göre SSPC'ler ile ilişkilidir [14].

2.1.9. Kontrol Birimi ile SSPC Yönetimi

Kontrol biriminden gelen sinyal ile SSPC'nin iletim durumunu değiştirme ON/OFF durum kontrolünün sağlanmasıdır.



Şekil 18: CA2980554 Numaralı Patente Ait Elektriksel Devre

CA2980554 numaralı **Method for operating an electrical circuit** isimli GE Aviation Systems LLC firmasına ait patente SSPC ile kontrolcüdenden kontrol sinyali alınır. SSPC tasarlanan alınan kontrol sinyaline cevap olarak zamanda iletim modundan kesme moduna geçer. İlk moddan ikinci moda geçmek tasarlanan zamandan uzun olabilir. Gerilim kontrollü bir akım kaynağı, en azından kontrol sinyalindeki kısma göre kontrol edilir [15].

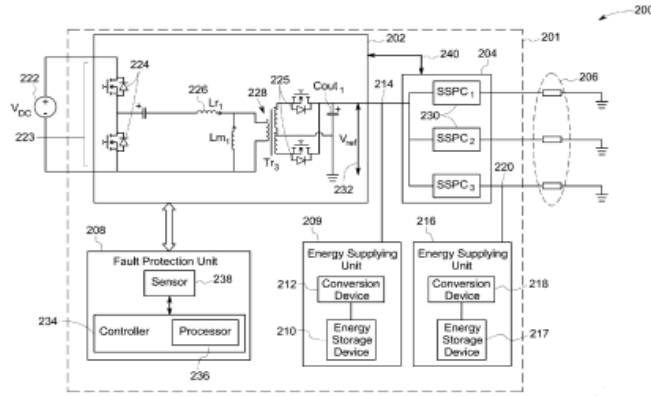


Şekil 19: SSPC Konfigürasyonu ve Kontrol Birimi ile SSPC Yönetimi Tepeleri

SSPC'lerin programlanabilirlik özelliği ile uzaktan kontrol edilmesi sağlayan yöntemlerin geliştirildiği patentler yer almaktadır.

2.1.10. Sensör içeren SSPC

Hava araçlarında yer alan SSPC'lerin çıkışları sensör ile ölçülerek hata koruma devresinde işlenmesi ve çeviriciye komut göndererek nominal gerilime dönüştürülmesi ile hata önlenir.

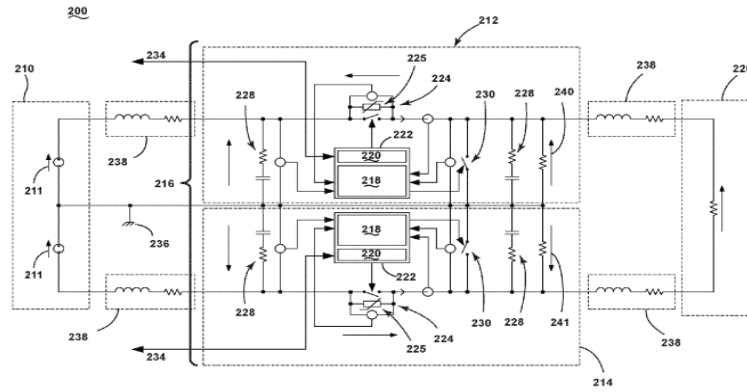


Şekil 20: CA2947465 Numaralı Patente Ait Sistem

CA2947465 numaralı **A system and method for fault ride through** isimli General Electric Co firmasına ait patente sistem (201) çevirici (converter) (202) ve SSPC (204) ile eşleşen hata önleme ünitesine (208) sahiptir. Hata önleme ünitesi sensör (238) içerir ve çevirici ve SSPC çıkışlarındaki (220) akımları ölçer. Ölçülen akımlar akımın olması gereken eşik değerleriyle kontrolcüde (234) karşılaştırılır. Kontrolcü yüklerdeki oluşan hatayı tanımlar. SSPC ve çevirici tabanlı karşılaştırma ve hatanın varlığı boyunca hatayı önlemek için gerekli koruma senaryosunu aktif eder [16].

2.1.11. Sönümleyici Devre İçeren SSPC

Yüke gücü dengeli dağıtmak ve geçici durumlarda oluşan akımı istenilen seviyeye getirmek için SSPC yapısı içerisinde yer alan sönümleme devresi ile akımı sınırlayarak alt sistemlere iletilen akımları aynı seviyede tutulmasını sağlar.



Şekil 21: CA2939740 Numaralı Patente Ait HVDC

CA2939740 numaralı **Systems, methods, and devices for bipolar high voltage direct current electrical power distribution** isimli GE Aviation Systems Ltd firmasına ait patentte SSPC'ler yüksek gerilim doğru akım kaynağı (HVDC) ve yük arasında açık kapalı pozisyona anahtarlama yaparlar. Geçici sönümleme bileşeni SSPC'de yer alır ve alt sistemler aynı durumda değilse SSPC'nin alt sistemlerinden geçen akımı sınırlandırır [17].

3. Sonuçlar

Bir şirketin gideceği yönü belirleyen teknoloji yol haritası şirketin stratejik hedefleri doğrultusunda yürüttüğü Ar-Ge ve İnovasyon çalışmalarını yönlendiren ana planlama aracıdır. Patent veri tabanı analizi ile belirlenen teknolojik eğilim, şirketin teknoloji yol haritası için önemli girdiler sağlar.

Bu çalışmada, SSPC'lere yönelik patent analizi gerçekleştirilmiş ve dünyadaki teknolojik eğilim incelenerek şirketin teknoloji yol haritası için girdiler kayıt altına alınmıştır.

Patentler aracılığıyla SSPC'lerin genellikle daha güvenli sistemler oluşturmak için devre kesiciler olarak kullanıldığı görülmektedir. SSPC alanında Pasif Kaçak Akım Yönetimi Devresi, Hiyerarşik Güç Dağıtımı, Yeniden Programlanabilir SSPC, İletim Hatlarında SSPC Kullanımı ve Baskı Devre için SSPC kullanımının da öne çıktığı anlaşılmaktadır. Herhangi bir hata durumunda SSPC'nin yer aldığı sistemin korumaya alınmasının da çalışılan bir alan olduğu patentler ile tespit edilmiştir. Modüler Güç Dağıtım Sistem Tasarımı, SSPC Konumlarının Adreslenmesi, SSPC Konfigurasyonu, Kontrol Birimi ile SSPC Yönetimi, Sensör içeren SSPC ve Sönümleyici Devre İçeren SSPC'ler de de gelişmeler görülmektedir.

4. Kaynakça

- [1] Faleiro, L. F., "Trends Towards a More Electrical Aircraft", Proc. ICAS 2006.
- [2] Simon, J. J., "State of the Art in Solid State Power Controller for Aeronautical Application". The European Power Electronics Association, September 1993: 121-126.
- [3] Komatsu, M.; Ide, N. and Yanabu, S., "A Solid-State Current Limiting Switch for Application of Large-scale Space Power Systems". Power Electronics Specialists Conference, 2007. PESC 2007. IEEE 17-21 June 2007:1471-1476.
- [4] "Google Patents Advanced Search", Patents.google.com, 2019. [Online]. Available: <https://patents.google.com/advanced>. [Accessed: 29- Aug- 2019].
- [5] "The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search", The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search, 2019. [Online]. Available: <https://www.lens.org/>. [Accessed: 29- Aug- 2019].
- [6] "Derwent Innovation - Derwent", Derwent, 2019. [Online]. Available: <https://www.derwentinnovation.com>. [Accessed: 20- Aug- 2019].
- [7] Russell Mark Compton, John Oliver Collins, 2017, "Method and apparatus for modular power distribution" , Patent Number: US20190069430
- [8] David Alan ELLIOTT, James Angelo ELDER, Peter James Handy, Denis Vaughan Weale, 2018, "Method and apparatus for initializing a power distribution circuit" , Patent Number: US20190163249
- [9] Peter James Handy, Nicholas George Tembe, 2015, "Passive leakage management circuit for a switch leakage current" , Patent Number: US10320378
- [10] Loïc Aoustin, Stéphane Guenot, 2018, "Electrical power distribution box for onboard network of an aircraft and corresponding electrical power supply system" , Patent Number: US20190006852
- [11] Loic Aoustin, 2017, "Device for measuring the reprogrammable leak current" , Patent Number: WO2018202769

- [12] Oliver Collins John, Mark Compton Russell, James Handy Peter, Vaughan Weale Denis, 2017, “Apparatus to detect a fault in a wire” , Patent Number: GB2563069
- [13] Alan Elliott David, 2016, “Method and apparatus for arranging fuses in a printed circuit board” , Patent Number: GB2552982
- [14] Michael David BAILEY, Colin John HALSEY, Ross Jonathan WILLIAMS, 2015, “System and method for electric power distribution and load leveling on aircrafts” , Patent Number: WO2016178054
- [15] Peter James Handy, Andrew Paul Wyer, 2015, “Method for operating an electrical circuit” , Patent Number: CA2980554
- [16] Pradeep Vijayan, Satish Prabhakaran, John Oliver Collins, Vishnu Mahadeva Iyer, 2016, “A system and method for fault ride through” , Patent Number: CA2947465
- [17] Peter James Handy, 2016, “Systems, methods, and devices for bipolar high voltage direct current electrical power distribution” , Patent Number: CA2939740

STUDY OF VIRTUAL WATER CONSUMPTION WITH OPTIMIZATION APPROACH ON WATER USED

Babak Mohammadi

College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 2110098, China

Babakmohammadi@aol.com

Abstract

Agricultural water footprint 92 percent of the world's fresh water is found that the 29 percent of the water needed to grow animal feed. Gilan state in cropping pattern of consumption goods such as rice, corn and animal feed forage can be seen that it formed part of this. So much so that one of the main sources of water users dependent on its agricultural and livestock sector in the province. Therefore, proper management of its consumption in this sector could save water and reduce the overall consumption of virtual water content of livestock products in the province of help. As a water-intensive industry, livestock industry in this province, including 2108 dairy herds is active. Which has a total capacity of 337,261 head of cattle among 20 865 185 cattle fattening cattle there. The share of total livestock of cattle and calves in Gilan province, 57 523 head of cattle and calves. The virtual water content calculated for a cow at slaughter and virtual water content for each kilo of meat with and without bones and 11055 and 19485 and 22800 cubic meters respectively. It is clear that animal production needs lots of water. Low daily weight gains and feed conversion ratio high (especially in indigenous breeds) the annual amount of food is wasted. Therefore, it is recommended that attempt to synthesize or through breeding meat breeds in the country or imported broiler breeds adapted to the environmental conditions necessary action be taken. Low daily weight gains speed and feed conversion ratio high (especially in indigenous breeds) annually due to the high volume of food is waste. Therefore, it is recommended that or through breeding attempt to synthesize breeds in the country and or that proportion to the imports broiler breeds according to the environmental conditions necessary action be done.

Key words: *Factory farms, virtual water, water resources management, water use in agriculture*

1. Introduction

Water common treasure of human beings that should be left to future generations. Although water is a renewable resource, but it is of limited amount and distribution of water resources in the ground is not balanced by the increase in population and urbanization of the world's process, water usage has increased exponentially.

Every year, parallel to the indiscriminate use of the chemical contamination, disposal of sewage and other pollution sources much of this valuable and limited resources cannot be used. Thus providing enough clean water has become one of the problems of human society. 33/0 of the world's population live in countries that are faced with intense pressure on water resources is partly due to increased demand resulting from economic growth and increasing human activities. In 2025, about 67/0 world's population will be faced with problems that caused severe water restrictions. According to the United Nations in the near future about 31 countries will face water shortages, as well as the global population expected by 2025 more than 67/0 and 33/0 in terms of water shortages put the rest in terms of water scarcity live (Porasghr Sangachin, 1390). In our country Iran, with 413 mm average rainfall, the lowest in central Iran, with an average of 50 mm per year and about 250 mm in the Caspian Sea which is less than a third of the global average annual rainfall. As a result, Iran is among the countries in the arid and semi-arid placed (Madani, 2014). It is thought that in countries where per capita renewable water is less than 1750 cubic meters will be faced with periodic tensions. And countries where per capita water from 1,000 cubic meters of water will face less stress and crisis. Based on these criteria, Iran now faces a period of water tension, but with the population increases goes to the constant tension. Gilan province is located in the center of the Iranian plateau and due to the large extent, includes several sections is mountainous and plain; As a result, the province generally dry and temperate climate but due to the influence of winds and distance (far and near) to a mountainous area in west and in East and Southeast Kavir Desert weather it can be divided into three desert, semi-desert and semi-humid and cold distinguished. The province covers an area of 107045 square kilometers and a population of about four million people with an average annual rainfall of 120 mm in the event of successive droughts over the past 6 years, in terms of quality and quantity of water resources is overshadowed. And since the people of this region in the last few years due to successive droughts, surface and underground water sources have been indiscriminate harvesting. The water crisis in the province is very serious and should be saving in water consumption in all fields. After Dublin Conference (1992), the motto of the water as an economic good must be considered suggestive and frequently repeated. It was suggested that if the water is properly treated as an economic good, water scarcity issues, overuse and reduce its quality will be solved. The emergence of virtual water could different countries due to the large flow of virtual water is flowing attracted by agricultural production. (Chapagain & Hoekstra, 2003).

Many arid and semi-arid countries import food, part of the water that is needed for domestic production of goods for other purposes are maintained. Virtual water trade issue is of particular importance in planning and macro water policy in the future.

Now, with exports and imports of goods and products between different countries, calculation of the amount of water imported or exported as a virtual water is treated. It can also manifest in the virtual water trade between the provincial (Allan, 2003). The virtual water Transfer embedded in food trade is as an important component of water management at the global level and also at regional

level, especially in arid areas water management at the global level and also at regional level, especially in arid areas.(Tamea et.al, 2013)

Yang et al (2003) Iran have brought the country since 2000, entered the list of countries with a water deficit and by 2030 renewable water resources below 1,500 cubic meters, will be per person per year.

Also Lkamv and colleagues (2000) found that the critical rate, i.e. the rate of access to water uptake, Iran has become more critical ratio of 8.0, and in 2025 will be in countries experiencing severe water stress.

In this regard Asmaktyn et al (2004) that water stress for human use of renewable water resources (after deducting the environmental requirements of the Water Resources) defines Iran as a country with high water stress is introduced. The impression that the consumption of meat and dairy products are an important driver of global water scarcity is widely published. It supports further discussion of virtual water content of livestock products the total volume of water used in the production of meat and other products, arises (Bradley et.al, 2012).

Increased consumption of animal products is likely to impose more pressure on freshwater resources. Nearly a third of the world's total agricultural water footprint is related to animal production. Water footprint any product of animal is bigger than water footprint crops with nutritional value to equal. Average water footprint per calorie of beef is 20 times larger than the roots and grains and starches. Poor feed conversion efficiency for livestock products is largely responsible for the relatively high footprint Water footprint and virtual water content of livestock products compared to crops. And compensate for the high amount of virtual water content , life cycle assessment can to conserve water, return water to cycle and help reduce energy costs.

In general, animal products derived from industrial systems, ground and surface water resources in the event of poor performance compared to complex systems and Grazing more does consume and pollute. Increased consumption of meat in the world and the intensification of animal production systems, more pressure on freshwater resources in the coming decades will be applied (Mekonnen & Hoekstra, 2012)

Meat production worldwide has nearly doubled over the period 1980-2004 And predicted that the upward trend in meat production will continue during the years 2000-2050. Numerous sources about the environmental consequences expected of increased consumption of animal products are mentioned Although it is clear that much water is consumed in animal products, But until now little attention to the impact of livestock on global demand and country and or region are not for fresh water resources. .

According to figures provided by the Iranian Statistical Center in 92 years The number of cattle in the Gilan province is active in filed 185 feedlot cattle breeding mentioned that The capacity of breeding 20865 cows are fattened.

If per capita consumption of livestock 100-150 liters per day for drinking and service (different in summer and winter) consider (Psychophysical experiments), 2086 cubic meters will be only a drink of livestock in the province and in calculating the total capacity for cattle this figure is 50589. In the past few years, LCA life cycle assessment principles for water use have been used for animal production. Of theoretical insight all stages of start the production process until produce animal products produced are including on special occasions consumed

And recycling is also considered. The system boundaries are mainly large. For example, the boundaries of the beef cow-calf and the overweight are often included. Studies in animal production are of farm level are therefore a measure of LCA is easier to understand of the water footprint

Many versions of LCA in water use by Kunyna been proposed. All of this LCA, including drinking water, maintenance, Farm and off-farm irrigation are redeemable for products. With the exception of Zandrind-Thomson and Lgard, the water blue, green and gray water footprint has been calculated, LCA has been limited to the blue water the most of LCA methods assume the water is green caused by the impact of land what is one of its inherent characteristics.

Two International organizations and ISO SETAC Life Cycle Assessment as a tool for environmental management have developed. In ISO 14040 life cycle assessment offered in the following definition:

"A series of systematic methods for collecting and evaluating material and energy inputs and outputs and environmental impacts of a product system throughout its life cycle."

According to the SETAC Life cycle assessment are defined as follows:

"Life Cycle Assessment is a process to evaluate the environmental impacts associated with a product, process or activity by identifying and quantifying energy and materials used and wastes released to the environment done, the effects of energy and materials consumption and emissions to environment and identify and evaluate opportunities to improve the environment covers the entire lifecycle of a product, process or activity, extraction and processing of raw materials, manufacturing, transportation and distribution, use, reuse, maintenance, recycling and final disposal of the be."

According to the definition Virtual water is the water that an agricultural product or a product during the manufacturing process used to reach the stage of development And it amounts are equivalent to the total water used in the different stages of the production chain from beginning to end."

Virtual epithet in this definition means that the bulk of the water used during the production process, in the final product has no physical presence and in fact tiny fraction of the water used in the end will be as real water in product tissues.

Climate and culture, production location and management and planning in the amount and volume of virtual water is quite effective and definitely amount of it in the case of a product in different regions is different world. In 2003 Arjun Hoekstra a fuller definition of virtual water to the description provided: Virtual water, the total water required to produce a certain amount of product, according to climatic conditions, time is the production and efficiency .

According to the description above, it can be said that the amount of virtual water is equal to the total volume of water required to produce the entire product. (Hoekstra,2003)

As a result, the virtual water can be an essential tool and the benchmark in calculating the actual consumption of a country or region. Virtual water in some sources have been defined to two ways:

The first approach, the virtual water as real water used in the production of goods defines, this net production sites that to conditions of produce, including time and location of local production and water use efficiency (exploitation of local waters) depends. Another approach, the virtual water content as water that has been used to produce this product in where the product is needed is defined (consumption site). The second concept, especially is important to understand that by entering a product instead of producing it, how much water will be stored (Chapagain & Hoekstra 2003).

Virtual water blue, green and gray in hydrologic cycle, water resources into three categories: water blue, green (Mekonnen & Hoekstra, 2010b) and gray (Chapagain & Hoekstra, 2003-) divided. Groundwater and surface water, blue water make up while soil moisture in the unsaturated zones, say green water. Virtual water consumption is to grow the plant and stored in plant tissue or during the process of transpiration losses also as Virtual water green is defined. (Mekonnen & Hoekstra, 2010)

Green virtual water first by (Falkenmark, 1995) was introduced in order to differentiate it from the blue water, the proper division of water resources, the easier it will be managed. Also with this new concept we can do more accurate assessment of the role of water in agricultural production in semi-arid areas. (Rockstrom & Falkenmark, 2007)

Green water contains two components of Green water flow and green water are known. The origin of blue and green water, is rain. After rain water penetrate in the soil and before reach the saturation area make up the green water; Groundwater and runoff from rainfall to rivers, lakes, dams and lagoons come, make up blue water. (Hoekstra& Mekonnen, 2012)

Green water is an important source of water supply for plants, especially in the drylands. Compared with blue water, green water largest source of freshwater reserves and is sharing in food production of % 65 Precipitation green water and blue water becomes rest (IWMI, 2006).

Grey water is the amount of water in the production process becomes contaminated and loses its original quality. Grey water is defined as the amount of water that needs to be consumed until the contaminated water pollution in the manufacturing process, reduce to achieve good condition and standards and desirable (Mekonnen & Hoekstra, 2011).

Virtual water trade as a means to achieve food security and optimal use of water in dry countries is beneficial. Net imports of virtual water can reduce pressure on water resources countries. If a country's water for their crops exported to another country, it says Virtual water trade or the virtual water export. In this way, some countries require water other countries eliminate.

For dry countries, providing water security by importing water for crops, inside supply all the water needed to products at home, will be the more attractive. Virtual water trade could be ideal as a tool to improve the efficiency of water use at global surface, country or even region, provide access to water security in water scarce regions. So a country or regional virtual water can with your choice as an importer of virtual water, to release the pressure on its water resources (Hoekstra, 2003).

2. Materials and Methods

To calculate the amount of water needed to produce each product, should the amount of water needed to irrigate the product obtained. This is in fact equal to the amount of evaporation from the soil and land surface. The amount of evaporation from the soil surface and the total water that lost in farm through evaporates from the soil and transpiration by plant, is called evapotranspiration. Factors affecting evaporation is much, such as solar radiation, relative humidity, wind speed, salinity and evaporation levels cited.

This study aimed to determine the amount of virtual water content of a kilogram of beef (calf), and optimize water use in the life cycle of a factory farm is done, so in this cycle, the cycle of input, output and farm animal feed production cycle, is slaughterhouses. In this cycle, the virtual water content will be studied, that

In this regard, the need to explore the virtual water content in two parts, Agricultural and Food production, including blue-green water used for farm irrigation and gray water resulting from the use of fertilizers and pesticides used.

In this section the required information includes the cultivation of animal feed products Province, the need for water used in animal feed, the virtual water content of the plants is. That the feed intake assignment of each food group livestock by a cattle feedlot, feed intake virtual water content will be achieved. Then, using the formulas for calculating the virtual water content of drinking and Virtual water content paid service, And the sum of the virtual water content of live cattle at slaughter is obtained, then with primary products of animal weight and Weight of Wight obtained product weight from any of the animal's is obtained.

Then calculate the value of, the virtual water content in terms of cubic meters per ton of meat products will be achieved. Information and data relating to the calculation reduce of value are taken of the Dorfak slaughterhouse.

In this study, the method of prepared by Chapagain & Hoekstra (2003) was used to estimate the virtual water content and has been used the method for estimating the gray virtual water (Hoekstra et al, 2011).

Blue virtual water consumption of water resources (surface and underground) along the supply chain of a product is defined in this study water for drinking and washing water used in irrigating crops for animal feed will include. Virtual water content refers to the use of water sources, green is the green water in dry farming products for animal feed in this is category not included in this study is rain-fed crop production. As a result, blue-green water been merged.

gray Virtual water content refers to the pollution and as the volume of fresh water to absorb the pollutant load with the natural background concentration and the current standards of water quality Contaminated water in each of the stages will be in this group. Virtual water crops (m³ / ton) VC by dividing the total amount of water needed for produce c of the entire product is obtained.

$$VC = \frac{UC}{YC} \quad (1)$$

for calculation Virtual water the product c at the national level should be for the total volume of water used in the production of this product in the country Divided to the entire product manufactured in that country.

$$VC = \frac{\sum UC}{\sum YC} \quad (2)$$

The amount of water required for the product c can be c of multiplying the amount of crop water requirement for the entire period of plant growth (m³ / ha) in Rc total cultivated land (ha) Ac achieved.

$$U_c = R_c \times A_c \quad (3)$$

It is assumed that the water requirement of the plant fully funded either through irrigation or rainfall.

This amount during plant growth (day) Ip of total evaporation from the farm (m / day) Ec is obtained.

$$RC = 1000 \times \sum_{d=1}^{d=ip} \times E_c \quad (4)$$

The amount of evaporation from the farm by multiplying the crop coefficient is calculated in reference evapotranspiration.

$$E_c = K_c \times E_r \quad (5)$$

Penman -Monteith equation Classic to calculate evapotranspiration is as follows.

$$E = \frac{\Delta (R_n - G) + C_p \rho_a \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{[\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)] \rho_w \lambda} \quad (6)$$

E: (m/day)

Evaporation and transpiration

λ : (MJ/kg) latent heat of vaporization

Δ : (kPa/°C) gradient of the curve Steam pressure and temperature

CP: (MJ/kg/°C) gradient of the curve Steam pressure and temperature

ρ_a : (kg/m³) The average density of air at constant pressure

ρ_w : (kg/m³) The density of water

γ : (kPa/ °C) Fixed psychrometrics

e_s : (kPa) Saturated vapor pressure

e_a : (kPa) Ambient vapor pressure

r_n : (MJ/m²/day) Net radiation on the surface of the product

G: (MJ/m²/day) Soil heat flux

r_a : (d/m) Aerodynamic resistance

r_s : (d/m) Product mass level resistance

To calculate the reference of evapotranspiration of plant from Penman Monteith equation is commonly used. In the original Penman-Monteith equation plant water requirement directly in one step using plant resistance coefficient, reflection coefficient and air resistance is determined.

But now due to lack of information FAO experts with selecting constants in this equation, it has been calibrated to estimate the reference plant evapotranspiration. In this way, water requirement is calculated using the coefficients in two stages. In this study from NETWAT software is used. To calculate the virtual water products, be sure to check as a first step, achieved virtual water in live animals and then distribute the water in the products acquired. Every living animal (cattle) are the three components of virtual water. The amount of virtual water an animal at the end of his life as the volume total virtual water. This amount water includes: the amount water is needed for consumption of food, service and cleanliness and drink.

Virtual water amount the consumption of feed consists of two parts. The first is the amount of water that is used for mixing food and drink. And the next, virtual water is available in food different materials by animals consumed (Mekonnen & Hoekstra,2010).

Calculating the virtual water to calculate the virtual water content of livestock and crop the following method was used: It is necessary that the first stage of the review, the virtual water available in live animal acquired and then distribute this water in the products acquired. Every living animal (cattle) are the three components of virtual water.

The amount of virtual water is an animal at the end of his life as the total volume of virtual water. This water amount includes: the amount of water needed to grow and consume food, service and cleanliness and drinking and preparing animal feed.

$$VWC_{serv} + {}^1VWC_{drink} + {}^2VWC_{feed} = {}^3VWC_a \quad (7)$$

Where VWC_a represents the virtual water content is per cubic meter / ton / the live animals. Virtual water amount of the feed consists of two parts.

The first is the amount of water that is used for mixing food and drink. Since the exact volume of water used in mixing the feed was not available according to the method of Makonenand and Hoekstra 2010 and approximate data Dorfak, the amount of 50% of the total animal feed consumption is estimated. The second virtual water content of food materials Different by animals is consumed. VWC_{drink} virtual water content in drinking and VWC_{serv} virtual water content, service and cleanliness. Calculating the virtual water content of animal feed

The virtual water amount feed content a cow at the end of life is calculated as follows.

$$VWC_{feed} = \frac{\int_{birth}^{slaughter} \{q_{mixing[e,a]} + \sum_{c=1}^n SWD \times C\} dt}{W_a} \quad (8)$$

Here VWC_{feed} virtual water content feed in terms of cubic meters per ton of livestock and q_{mixing} variable represents the volume of water required for mixing animal feed is (cubic meters per day).

C amount of product consumed are by animals that be expressed in ton per day.

SWD virtual water of product in the region is that can be expressed in terms of cubic meters of product.

W_a average (mean weight of live animals) is calculated at the end of life (in tons).

$$SWD = \frac{CWR}{CY} \quad (9)$$

Here CWR represents water requirement is expressed in terms of cubic meters per hectare.

CY yield in tons per hectare ¹²

SWD Virtual water is herbal product for animal feed (cubic meters per ton).¹³

Calculate the virtual water content in drinking water The amount of virtual water to drink, calculating the amount of drinking water throughout the lifetime of an animal head.

Here the amount of virtual water, water volume per ton animal is alive and is calculated as follows:

$$VWC_{drink} = \frac{\int q_d dt}{W_a} \quad (10)$$

¹ - Virtual water content from servicing water supply of live animal insofar related to use of service water.

² - VWC_{drink} : Virtual water content from drinking water supply of live animal insofar related to drinking.

³ - VWC_{feed} : Virtual water content from of live animal insofar related to feeding.

⁴ - VWC_a : Virtual water content of live animal.

Here q_d drinking water requirements animals in terms of cubic meters per day and W_a live animal weight in ton at the end of life. Calculation of water required for servicing, this amount includes cleaning animal and washing of animal shelters and it can be calculated as follows:

$$VWC_{serv} = \frac{\int q_{serv} dt}{W_a} \quad (11)$$

Here q_{serv} water used for cleaning the animal's whereabouts. W_a live animal weight in ton at the end of life. Virtual water content of live animals (VWCA)

$$VWC_a = VWC_{feed} + VWC_{drink} + VWC_{serv}$$

$$\frac{\text{The water used in drink}}{\text{animal weight}} + \frac{\text{Water used in service}}{\text{animal weight}} + \frac{\text{Water used in food}}{\text{animal weight}}$$

Calculating the virtual water content of meat using the calculations previously mentioned virtual water content of a head of cattle can be achieved, to obtain water content virtual goods, in order to analyze systematically, products are divided into two categories primary and secondary primary products directly derived from living animals.

For example, raw milk dairy products and meat and skin that obtained from the carcass of the cow is secondary products. So the first level of the process in this study the amount of virtual water a living animal is plus water needed for processing meat.

$$PWR_{[e,a]} = \frac{Q_{prod}}{W_a} \quad (12)$$

In this equation, $PWR_{[e,a]}$ (16 process water requirement for the production of primary products a (carrion) e is a ton of live animals. And $17Q_{prod}$ [e,a] ($\frac{\text{Cubic meters}}{\text{ton}}$)

The volume of water required of processed product that is per cubic meter. For every animal of water required to process the product is intended to end the slaughter process (output life cycle) that does not include meat packing. Water-related data processing requirements include water used in the slaughter, carcass piece and separate leather, which is obtained from animal studies.

The virtual water total content of a live animal (VWC) and process water requirement (PWR) should be attributed to the primary products of any living animal body, in order to rationalize the ratio, product deductions and the fraction the of value is introduced.

Product fraction obtained as the primary product weight of one ton of live animal is defined.

$$Pf = \frac{W_p}{W_a} \quad (13)$$

Here W_p 18 is weight of primary products (carcasses), and W_a is Weight of Wight. In general, the objective of this study fraction of the product is always less than one, because the product was taken only part of the animal. But if a product obtained in all animal life (milk and eggs), this figure could be greater than 1.

Value fraction, the ratio of market value to total market value of a product of animal products (derivatives)of the animals.

$$Vf_{[e,p]} = \frac{V[p] \times PF_{[e,p]}}{\sum (V[p] \times PF_{[e,p]})} \quad (14)$$

The variable $V[p]$ is market value the product of p. (Rials per tonne) therefore the virtual water content of the primary product is calculated as follows:

$$VWC_p = (VW_a[e,p] + PWR[e,a]) \times \frac{VF[e,p]}{PF[e,p]} \quad (15)$$

Cubic meters

As mentioned above, for calculating the virtual water content of livestock and livestock products need to have a virtual water content of plant product used in animal feed is through the method of (Hoekstra & Hung, 2002) is obtained.

To calculate the amount of water needed to produce each product, should the amount of water needed to irrigate the product obtained. Where considered to be the rate of evaporation and transpiration from the surface of earth and soil and plant. Therefore, information such as crop water requirements total during growth the rate of evapotranspiration, annual yields product and crop yields is required.

Virtual water crops (cubic meters per tons) V_c by dividing the total amount of water needed to produce crop C to the entire product is obtained.

$$VC = \frac{UC}{YC} \quad (16)$$

To calculate virtual water, the product C should total Volume water be consumed (water needs) to produce this product to the crop total produced (performance) divided.

$$WVC = \frac{\sum UC}{\sum YC} \quad (17)$$

The amount of water required for product C can be found by multiplying the amount of crop water requirement for the entire period of plant growth (cubic meters per hectare) R_c total cultivated land (Hectare) A_c acquired.

In this study, is used data on crop water requirement of software net W_{at} . Therefore, the average product water requirement in all regions of planting specified the product then was taken average.

3. Results and discussion

The amount of feed consumed by cattle depends on several factors such as weather conditions in the region, season, race, and determine specialized ration whether cattle has been nourished for meat production or not it depends.

The amount of animal feed consumption, according to data from the study have been received for cattle, compared with an average feed on studies in European and American countries (Hoekstra & Champaign, 2010) more amount obtained that this difference is two main reasons in the method of feeding cattle the one during the period of growth and another one the period of fattening returns that cattle feed especially in the fattening period is mostly protein supplements and food concentrates.

Water footprint by an average of 15 thousand liters for per kilo of meat, and 3 thousand liters for each milk kg often in standard systems with high production is in developed countries. Pimentel water footprint per kilo of beef of 200 thousand liters have estimated. (Pimentel&Pimentel ,2003)

This amount in the global average for the virtual water of the meat and milk respectively 23685 and 1464 (Chapagain & Hoekstra 2003) is obtained. If per kilo of meat is 15 thousand liters of virtual water content, meat annual production of 1,200 billion cubic meters of water needs and this is a quarter of the world's fresh water reserves is estimated that 5 trillion liters. Therefore, the component of water footprint and virtual water content was a valuable tool for water management, LCA method is the most accurate approach to estimate the effect of water consumption on fresh water will be evacuated.

According to different methods, there are large differences in estimates of water consumption for example in the production of milk. Despite the differences between LCA and water footprint and virtual water and difference in ways of LCA, major differences were observed for blue water. In addition to regional differences, there are differences in the calculations because that irrigation can be calculated or estimated by climatic data. The difference in the blue water for irrigation and the ratio is intensive systems in each country.

Difference in Grey waters is also a similar pattern. Moreover, when animal's system to be considered as a whole, produce more to means reducing water consumption per kilo of product. In addition to differences between countries, large differences from one year to another year and because of the climate changes are seen. Climate impacts on water use not only to animals but also to the place of production of their (such as slaughterhouses) also is depends agricultural systems also a huge impact on water consumption.

Recent studies have begun to assess through a variety of methods, including methods for water footprint, life cycle assessment and have virtual water content. Knowing the water needs for animal production can improve water efficiency in the sector to be managed. The consumption of feed the virtual water content Water used in feed will be calculated as follows: Virtual water content of herbal products + water used in mixing food = Virtual water content food, Virtual water content of herbal products in cattle feed is in the table below.

As described in Chapter 3 amount and the type of feed the cattle in each two-year period of life is determined based on the virtual water content of the feed (SWR) according to Tables 3-1, 3-2 and 3-3 by multiplying the feed per period in the SWD, virtual water product (CWR) Will be obtained.

Table 1: virtual water content of feed in part of concentrate by mature cow consumed in 20 months of life

Feed Type	CWR virtual water content (Cubic meters)
Barley	2023.56
Corn	903.16
Soya	759.36
Wheat	509.04
Rapeseed	22.43
cottonseed	6.33
Sunflower	-----
Sugar beet	1.81
Clover	2.24
Alfalfa	4.58
Protein	-----
Total	4232.17

Table 2: virtual water content of the forage intake in adult cattle at 20 months of life

Feed Type	CWR	Virtual water content(Cubic meters)
Maize silage	487.2	
Alfalfa	932.4	
beet scum	1375.2	
total	2795.38	

Table 3: Virtual water content in calf intake starter during 4 months of life

Feed Type	CWR	Virtual water content) Cubic meters(
Corn	45.82	
Soya	76.01	
Sunflower	-----	
Rapeseed	24.69	
Bran	-----	
Protein Supplements	-----	
total	130.8	

Due to the volume of virtual water in each section and the sum them eventually virtual water content the cattle before slaughter (breeding period) according to the table (4) is obtained.

Table 4: Total virtual water content feed cows to slaughter age (24 months)

course	CWR	Virtual water content (Cubic meters)
Calf	130.8	
Mature concentrate	4232.17	
Mature forages	2795.38	
total	7158.35	

Table (5): the amount of water required for mixing feed at the time of consumption (Related to the concentrate and forage feed for cattle)

Total consumption	age	The volume of water mixed	The amount of food consumed	Cow
	600 days	10 liters per day	20 kg per day	
6.06 Cubic meters	120 days	5/0 liters per day	1 kg per day	calf

Source: (Dorfak livestock farming)

The total water used in feed: $35/7158 + 06/6 = 7164$

As a result, the virtual water content of beef cattle is calculated as follows:

$$VWC_a = \frac{15.6}{0.65} + \frac{6.24}{0.65} + \frac{7164/41}{0.65} \quad (18)$$

Cubic meters per ton= 11055.76

Secondary product production to requirement water also. (Process water requirements 19): Here is the carcass primary product that beef from its secondary product. If the water used for the slaughter and preparation of carcass and consider its contents 10 cubic meters, PWR carcass will be equal to 38/15. Thus, with a product fraction and value fraction the virtual water content of the carcass (chopped) will be achieved.

Virtual water content of a kilogram of meat with bone (the carcass): cubic meters per ton

$$PWR = \frac{Q_{prod}}{W_a} = \frac{10}{0.65} = 15.38 \quad (19)$$

$$PF = \frac{W_p}{W_a} = \frac{0.36}{0.65} = 0.55 \quad (20)$$

Here R is a production fraction is equal to: 55/0

And VF is the value fraction and can be obtained by using the following equation:

$$VF[e, p] = \frac{V[p] \times PF[e, p]}{\sum(V[p] \times PF[e, p])} \quad (21)$$

Table (6): computing product fraction and value fraction for meat and bone

Parameter	Carcass	Offal	Sperm	skin
Product fraction $PF = \frac{W_p}{W_a}$	0.40	0.08	0.00013	0.04
The market value of Rials per ton V	82500000	110000000	2624000000	62000000
The value obtained per ton animal $PE \times V$	60000000	8800000	341120	2480000
Value fraction $VF = \frac{V \times PF}{\sum(V \times PF)}$	0.899	0.122	0.047	0.034

Value fraction is the ratio of the market value of an animal product to the market value of all the animal products. $V[p]$ product value carcass to the Toman per ton = $15000000 \times$ product fraction (55/0) = 82.5 million divided by total remaining value primary products include semen, skin and offal (92,121,120) = 9.0

And finally the virtual water content of the carcass (bone with meat as the first product is obtained: Cubic meters per ton

$$VWC_{Carcass} = (11055 + 15.38) \times \frac{0.97}{0.55} = 19485.2 \quad (22)$$

Virtual water content of a kg of boneless meat

$$PWR = \frac{Q_{prod}}{W_a} = \frac{1}{0.65} = 1.53 \quad (23)$$

Product fraction, by dividing the initial product weight of beef (carcasses) on live weight of cattle ready to be earned:

(carcass weight 0/36) Statistical Yearbook of Gilan Province, 2011

Mature cow weight ready: 0/65

$$PF = \frac{W_p}{W_a} = \frac{0.28}{0.36} = 0.77 \quad (24)$$

PF (product fraction) = 0/77

Fractional value:

Fractional value for lean meat is the one to be considered.

$$VF[e, p] = \frac{V[p] \times PF[e, p]}{\sum(V[p] \times PF[e, p])} = \frac{32000000 \times 0.77}{32000000 \times 0.77} = 1 \quad (25)$$

Value fraction is the ratio of the market value of an animal product to the market value of all the animal products.

Table 7: Calculation of product fraction and value fraction the boneless meat

Parameter	meat
$PF = \frac{W_p}{W_a}$ Product fraction	0.77
The market value of Rials per ton V	350000000
The amount of value obtained per ton animal $V \times PF$	269500000
Value fraction $VF = \frac{V \times PF}{\sum(V \times PF)}$	1

The virtual water content of boneless meat as the second product obtained from cows will be calculated as follows:

$$VWC_{\text{Carcass}} = (19485.2 + 1/53) \times \frac{1}{0.77} = 25137 \quad (26)$$

Cubic meters per ton

4. Conclusion

International comparisons in comparison to Asian countries Iran after, Kyrgyzstan, Par with Iraq has the highest and the China and North Korea have the lowest are virtual water content of meat. Among African countries, Chad and Tunisia are respectively having the least and the most meat virtual water content. Among United states countries, Canada and Venezuela are respectively having the least and the most meat virtual water content. Among European countries, Poland and the Netherlands have the lowest and Portugal, and Greece has the largest are virtual water content of meat. Those are involved in the production of animal products to meet the needs of society, should the understanding of production systems to a holistic vision to expand.

Since water is a vital resource for the production of animal protein, it is necessary continuously monitor the quality and quantity. However, different methods of water management in animal production chain should be proposed, evaluated and implemented.

This methods, information and new indices for water usage and production of animal products are created and planning and management and evaluation are possible. Implementation of integrated management practices leads to internalisation of water management, cost reduction and the conflict between animal production and society and water security is increased. An effective method of reducing irrigation in areas where at least some time during the year has been considerable rainfall or select the region or province in terms of area plants need less water (precipitation, soil moisture) needs less irrigation.

Table 4.1 shows this difference. If use of agricultural products from the provinces suggested 4177/19 cubic meters per breeding in the feed will be save water. Table 8. Compare the virtual water content of products in different provinces

Table 4.1 shows this difference. If use of agricultural products from the provinces suggested

In selected provinces	province	product
Ghom: 2101	3349	Rapeseed
Hamedan: 126.9	303.16	Sugar beet
Tehran: 45.08	1212.21	Wheat
Mazandaran: 231	1606.81	Barley
Fars: 84.19	116.16	Corn Silage

Irrigation with the maximization of human food security, food production increases, however, is lower groundwater reserves and in more severe cases the water salinity increases. Irrigation efficiency is increasing in different ways. The first step is to optimize the timing and amount of irrigation, transfer water as a result of technological solutions. Minimum and maximum efficiency water use in farms under Gilan study by 6/17 and 1/59 percent have been measured (Abasi and Sohrab 1384) Therefore, increasing the efficiency of the agricultural province sector is a major step forward in reducing water consumption. An Alternatively, is the reduce water use

by crops. Maize as a staple food for animals whose performance depends heavily on water supply during periods of low rainfall in need of watering is very in different areas. Primary species can be cultivated so that the maximum growth of the plant coincided with the availability of water.

Acquaintance is essential to the flow of water in the fields and basins and calculating the water footprint approach beside the virtual water could help to increase the knowledge. The interaction between livestock and water resources needs to be more analysis of this through the design, implementation and monitoring of sustainable agricultural systems take place. With the help of biotechnology organic agriculture can increase crop yield and so reach to reduce in the virtual water content.

In calculating the virtual water in this research, to evapotranspiration the irrigation water, and a water evaporation from artificial surface waters reservoirs built for irrigation water storage, and evaporation of water from the transmission channels that be use for bring irrigation water from the source to the farm, is ignored. Storage and transmission of water two are processes that process grow a crop in farm carry out and have virtual water content specific to their own. Evaporation losses can be very significant in this two-step process. Subsequent processes during irrigation: water supply transferring water, the farm Irrigation in the stage process water footprint and virtual water specific for its own. Although is a small part of the total virtual water content, related to the cleaning and maintenance of cattle in animal husbandry (In the case of cow this is not trivial and is 90-80 liters per day) Changes in the process of doing things can be part of the long-term impact on water use. Use pressure system in cleaning byre, that makes water consumption and less time is recommended.

As is clear in calculations, the efficiency amount of any cattle, to mean the amount of meat from slaughtered animals relative to the total weight is obtained, a great impact has on the virtual water content because relative to food has been eaten by animals More product was generated so the virtual water content of a product that can be obtained, will be less. As a result of masses genetic cattle the breeds indigenous and foreign (mainly dairy) milk production is used for two purposes. Of course Holstein cow's milk production to the highest with the lowest percentage of fat known but beef cattle breeds for meat production, arisen, that of high daily weight gain and feed conversion ratio are low.

High daily weight gain speed, duration of fattening period reduces resulting in more efficient use of energy and protein intake by the animal increases. In addition, the meat breeds in a certain weight the reduce amount of fat stored in the body and are the ratio of lean meat to bone and more fat. These factors lead to increased feed intake and the amount of meat produce to prevent food waste. For example, Holstein dairy cows in the Iran cattle will breeding and research not race-specific meat, Cow it a good choice for the production of milk and beef bulls is to produce a low yield in meat production. Animal weighing about 700-600 kg at 2 years of age is slaughtered and carcass weight of produces 370-360, Compared with breeds such as race BelanBelube lzh that in most cases that there is double muscle activity, and weight of male animals in the breed at the age of puberty 1,250 kg and cow weight is 750 kg, and meat yield at slaughterhouses of 65 to 70 percent, and or limousine is the best beef cattle, and has the delicate bones and therefore the percentage of meat to the bone in this race more than other races, meat yield it at (live and carcass weight) between 62 and 64 percent is not a good option. Low daily weight gain speed and feed conversion ratio high (especially in indigenous breeds) annually due to the high volume of food is waste.

Therefore it is recommended that or through breeding attempt to synthesize breeds in the country and or that proportion to the imports broiler breeds according to the environmental conditions necessary action be done. Virtual water content of livestock products is an important factor in the diet because animal feed is the largest water consumption so you can use products with lower water requirements and nutritional content equal of the virtual water content of livestock industries and products obtained is greatly reduced. The other part of the water used in animal feed to the amount of water required for mixing with animal feed is related to the amount of 5% of animal feed to be included. Part of the water in storage silos and feed improving by washing the place and some foods for ensiling is related that No data of the exact amount of water in this section is not available but using the methods reduce water consumption can be reduced consumption in this sector and to achieve optimal consumption. In the end of the change in diet and reducing consumption of meat products and replacing red meat with food with the food content equal Can play a big role in saving water at the national level and at the global level is created.

5. References

- Agricultural statistical yearbook of 2011. Fourth Season Institute of Industrial Research of Iran ISIRI 1053 "water-physical and chemical properties. Standard
- Alcamo, J., Henrichs, T. and Rosch, T. (2000). "Global modeling and scenario analysis for the World Commission on Water for the 21st Century." Kassel World Water Series.
- Allan, J. (1993). "Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible." *Priorities for water resources allocation and management* 26.
- Allan, J. A. (2003). "Virtual water eliminates water wars A case study from the middle East. pp.137-145. in: A.Y. Hoekstra (Ed.), *Virtual water trade, proceeding of the international Export meeting on virtual water trade, Value of Water Research Report Series NO NO.12, IHE, Delft, the Netherlands. A case study from the Middle East.*" this volume.
- Cederberg, C. and M. Stadig (2003). "System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 8(6): 350-356.
- Chapagain, A. K. and A. Y. Hoekstra (2003). *Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products, UNESCO-IHE Delft, The Netherlands.*

I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos 2019, Pamukkale,Denizli/Türkiye
I. International Science and Innovation Congress, 26-29 August 2019, Pamukkale,Denizli/TURKEY

- Chapagin, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G, Gautam, R (2006). "The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries." *Ecological economics* **60**(1): 186-203.
- Falkenmark, M. (1995). Coping with water scarcity under rapid population growth. Conference of SADC ministers, Pretoria.
- FAO. 1995. World livestock production system, food and agriculture organization.
- FAO 2009. FAOSTAT database. **Hata! Köprü başvurusu geçerli değil.** Rome: Food and Agriculture organization.
- Gerben-Leenes,P. W., Mekonnen, M. M., Hoekstra, A.Y. (2011). "A comparative study on the water footprint of poultry, pork and beef in different countries and production systems." *Value of water research report series* (55).
- Gerben-Leenes,P. W., Mekonnen, M. M., Hoekstra, A.Y.. (2011). "A comparative study on the water footprint of poultry, pork and beef in different countries and production systems." *Value of water research report series* (55).
- Gohari, A., et al. (2013). "Water transfer as a solution to water shortage: a fix that can backfire." *Journal of Hydrology* **491**: 23-39.
- Hoekstra, A. Y. and M. M. Mekonnen (2012). "The water footprint of humanity." *Proceedings of the national academy of sciences* **109**(9): 3232-3237.
- Hoekstra, A. (2003). Virtual water: An introduction. Virtual water trade: Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade. *Value of water research report series* (11).
- Hoekstra, A. Y. and A. K. Chapagain (2007). "Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern." *Water resources management* **21**(1): 35-48.
- Hoekstra, A. Y. and P. Q. Hung (2002). "Virtual water trade." A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of water research report series* **11**: 166.
- ISIRI-ISO 14040 1st.edition "Invironmental management-life cycle assessment-principles and framework.
- IWMI (International Water Management Institute). 2006. Water for food, water for life. from the comprehensive assessment of water management in agriculture. Stockholm world week.
- Madani, K. (2014). "Water management in Iran: what is causing the looming crisis?" *Journal of Environmental Studies and Sciences* **4**(4): 315-328.
- Mekonnen, M. M. and A. Y. Hoekstra (2012). "A global assessment of the water footprint of farm animal products." *Ecosystems* **15**(3): 401-415.
- Mekonnen, M. M., Hoekstra, A.Y. 2010. The green blue and gray water footprint of farm animals and animal products. Volume 1-main report, series NO.48.
- Mekonnen, M. M. and A. Y. Hoekstra (2011). "The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products." *Hydrology and Earth System Sciences* **15**(5): 1577-1600.
- Mohammad Vali Samani, c .1389. "Water resources management and sustainable development", Vice Chancellor for research infrastructure studies office.
- Pimentel, D. and M. Pimentel (2003). "Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment." *The American journal of clinical nutrition* **78**(3): 660S-663S.
- Purasghar Sangachin, F 0.1389. "The scarcity of water resources, challenges the international community in the third millennium"
- Reckmann, K, Traulsen, I., J, Krieter.(2013). "Life Cycle Assessment of pork production: A data inventory for the case of Germany." *Livestock Science* **157**(2): 586-596.
- Renault, D. (2003). "Value of virtual water in food: Principles and virtues." Hoekstra, AY (Ed.).(AGL) workshop on virtual trade.
- Ridoutt, B. G., Peerasak, Sanguansri, Nolan, M. Marks, N., (2012). "Meat consumption and water scarcity: beware of generalizations." *Journal of Cleaner Production* **28**: 127-133.
- Rockstrom, J., Lonnerstan, M., Falkenmark, M. 2007. Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries. *Proc. Nat. Acad. sci.* 104: 6253 -6260.
- Rosegrnt, M.W., Cai, X., and Cline, S.A. Rosegrant, M. W., et al. (2002). "Global water outlook to 2025." Averting an impending crisis. IWMI, Colombo, Sri Lanka.
- Smaktin,V., Revenga, C. and Doll, P. (2004). Taking into account environmental water requirements in global-scale water resources assessments, IWMI.
- Statistical center of Iran 2011, Statistics slaughter slaughterhouse the country, 2011.
- Statistical center of Iran 2012. The results of Statistical the industrial dairies.

Steinfeld, H., 2013. Save our water: the vegetarian way.

Stenfeld, H., Gerber, Wassenaar, T., Cactel, V., Rosales, M., Dehaan, C. 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and options, food and agriculture organization. Rome. ISBN:978-92-5-105571-7.

Tamea, S.P., Allamano, J.A., Carr, P., Claps, F., Laio., L., Ridolfi. 2013. Local and global perspective on the virtual water trade. Hydrol.Erth Syst. Sci 17,1205-1215.

Vicolas Franke., Ruth Mathews. 2011. Water footprint indicator of water pollution in the production of organic vs. conventional cotton in India. Water footprint network C&A foundation 2011.

Yang, H., Reichert, P., Abbaspour, K and Zehnder, A. J. B., (2003). "A water resources threshold and its implications for food security." Environmental science & technology **37**(14): 3048-3054.

Yang,H., Zehnder, A.J. 2008. Globalization of water resources trout virtual trade.Swiss federal institute for aquatic science and technology(eawag).

HAVACILIK SEKTÖRÜNDE MEMS VE NEMS NANOTEKNOLOJİK ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PATENT VERİ TABANI ANALİZİ

Ayşegül Bereketlioğlu¹, Beste Sezen²

^{1,2} TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü Fethiye Mah. Havacılık Blv., No:17
Kahramankazan, 06980, Ankara

^{1,2} Patent Mühendisliği

aysegul.bereketlioglu@tai.com.tr , beste.sezen@tai.com.tr

Özet

Son yıllarda nanoteknoloji ve nanobilim alanındaki teknolojilerin gelişmesi ile boyut olarak çok küçük ve hafif cihazlar üretilmeye başlanmıştır. Bu teknolojik gelişmeler havacılık sektöründe de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yeni üretim tekniklerinin geliştirilmesi ile MEMS ve NEMS sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Havacılık ve uzay uygulamalarında hafif malzeme kullanımı esastır. Havacılık ve uzay uygulamalarında kullanılan bazı bileşenlerin minyatürize edilmesi bu teknolojiler sayesinde kolaylaşmıştır. Bu ve benzeri ileri teknolojik ürünün imalatı ve gelişiminde diğer rakiplerin hangi aşamada olduğunu bilmek bir firmanın ilgili teknolojik planlamaları için fayda sağlar. Patent veri tabanı analizi yöntemi ile teknolojinin bilinen durumu ve gelişebilecek unsurlar tespit edilir ve teknoloji yol haritasına dahil edilebilecek konular belirlenir. Bu çalışmada havacılık sektöründe MEMS teknolojisi üzerine gelişmeler ve firmaların genel durumları patent veri tabanı analizi ile incelenmiştir. Patent analizi ticari ve kamuoyuna açık veri tabanları ile yapılmıştır. İncelenen patentler; malzeme, üretim teknikleri, firma ve yıl ana başlıkları altında sınıflandırılmış ve bu sonuçlara göre teknoloji yönelimi belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havacılık, nanoteknoloji, MEMS, patent, analiz

1. Giriş

Patentler ülkelerin ekonomileri ve gelişmeleri için oldukça önemlidir. Özellikle ileri teknoloji ürünlerinin patentler ile korunması ülkelerin gelişmelerinde büyük rol oynamaktadır. Özellikle Ar-Ge firmaları için teknolojinin gelişimine katkı sağlamakta ve teknoloji yol haritasını belirlemek için patent veritabanı analizine başvurulmaktadır.

Bu çalışmada özellikle MEMS ve NEMS gibi ileri teknoloji ürünlerinin patent veritabanı analizi yapılmıştır. Buna göre firmaların ilgili alanda teknoloji eğilimleri ortaya çıkarılmıştır.

2. MEMS ve NEMS Nanoteknolojik Üretim Teknolojileri

Günümüzde teknolojinin ilerlemesi ve daha akıllı cihazların ortaya çıkması ile daha yüksek kapasiteli, daha hızlı çalışan ve daha hafif cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacın karşılanması yeni gelişmekte olan nanoteknoloji ile mümkün olmaktadır. Nanoteknoloji, 1-100nm boyutundaki cisimlerin üretimi, kullanımı ve entegrasyonunu karşılayan teknolojilerdir. Cisimler ve sistemler nanometre boyutuna indiğinde makro boyutlarından farklı davranışlar göstermektedir.

Makro boyutta bulunan tüm elektromekanik sistemler mikro ve nano boyutlarına küçültülebilmektedir. Bu minyatürize edilmiş sistemler sayesinde oldukça hafif cihazlar elde edilmektedir. Çipler küçüldükçe birim kareye düşen çip sayısı artmaktadır. Bu da çipler küçüldükçe cihazların işleme kapasitelerinin yükselmesi anlamına gelmektedir. Nanoteknolojik üretim yöntemleri, geleneksel yöntemlerden farklı olarak cisimlerin temiz odalarda, toz veya diğer cisimlerin cihazlara bulaşmasını engelleyecek şekilde hassas üretim yöntemlerini barındırmaktadır. Bunlardan en genel kullanılan yöntem litografidir. Litografi, nanometre veya mikrometre büyüklüğündeki desenlerin, maske yardımı ile silikon üzerinde bulunan ultraviyole ışığa duyarlı polimer malzemeye aktarılması ile sağlanır. Bu yöntem sırasında tozların yüzeye ulaşmaması için temiz oda kullanılmaktadır.

MEMS (Mikro Elektromekanik Sistemler), 1-100mikrometre aralığında bulunan elektromekanik sistemler anlamına gelmektedir. MEMS cihazları sensörler, aktivatörler, motorlar, çipler ve jiroskoplardır. Bunlar küçük ve hafif oldukları için ileri teknoloji cihazlara entegre edilirler.

NEMS(Nano Elektromekanik Sistemler), 1-100 nanometre boyutunda olan sistemlerdir. Bu sistemler MEMS cihazlarından daha küçüktürler. Henüz gelişim aşamasındadırlar. MEMS ve NEMS cihazlarının üretiminde litografi, buhar biriktirme, kimyasal dağıtma, plazma ve cam bağlama gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Havacılıkta hafiflik, küçüklük ve yüksek performans elzem olduğu için bu sistemlere sıklıkla başvurulmaktadır [1].

2.1. Patent Veri Tabanı Analizi ile MEMS ve NEMS Teknolojilerinin İncelenmesi

Patentler, teknik bir probleme çözüm getirmek için geliştirilen buluşların ve unsurların istemlerle korunduğu, teknolojinin sanayiye uygulanması için gerekli olan teknik ve hukuki belgelerdir. Bir buluş, literatüre yenilik getiriyor, sanayiye uygulanabiliyor ve teknik çözüm niteliğinde ise patentlenebilir ve yasal olarak korunabilir. Patentler bilimin sanayiye uygulanması, değerlendirilmesi ve seri üretime geçebilmesi açısından kilit önem taşır. Bir buluşun yasal olarak korunması patentler sayesinde sağlanmaktadır. Patentler oldukça geniş teknik bilgi içermekte ve kolaylıkla erişilebilmektedir. Sektörde ileri gelen firmalar genelde yüksek sayıda patente

sahip olanlardır. Özgün teknolojilerin gelişimi patentler ile kayıt altına alınmaktadır. Rakip firmaların teknoloji çalışmalarını takip etmek için de bu firmaların patentleri incelenir ve bunlara göre rakibi yakalamak isteyen firmanın teknoloji yol haritaları şekillendirilir. Kısaca patent araştırmaları, firmaların kazanımını hedefleyeceği teknolojilerin belirlenmesinde katkı sağlamaktadır [2].

Espacenet, Türk Patent ve Google Patents siteleri sayesinde ücretsiz ve geniş patent veri tabanlarına ulaşılabilir. Bu çalışmada de bu araçlardan faydalanılmıştır.

Patent veri tabanlarında akıllı hızlı tarama veya ayrıntılı araştırma yapılabilir. Ayrıntılı araştırmalarla istenilene daha yakın sonuçlar elde edilmektedir. Bunun için konu ile alakalı anahtar kelimeler belirlenmelidir. Bu anahtar kelimeleri çeşitlendirmek daha çok patente erişmeye olanak sağlayacaktır. Anahtar kelimelere anlamca çok yakın veya eş anlamlı kelimeler kullanılabilir. Eş veya yakın anlamlı kelimeler araştırma esnasında kullanılırken aralarında OR bağlacı ile bağlanırlar. Farklı anlamlı kelimelerin arasına ise AND bağlacı koyulmalıdır. Kelimeler ayrı ayrı parantez içine yazılmalıdır. İkinci bir yol olarak sınıflandırmalar ile araştırma yapılabilir. Kelimelerin sınıflandırma araması yapılarak hangi tasnif sınıflandırmaya ait olduğu bulunur. Bu şekilde kelime kombinasyonu gibi sınıf kombinasyonları yapılır. Kelimeler ve sınıflar da kombinasyon yapılarak araştırmaya devam edilebilir. Bu şekilde arama kapsamı ile en ilgili olan patentlere ulaşılır [3], [4].

Çalışmada INPADOC patent ailesine ait 24 patent incelenmiş olup kullanılan yöntem aşağıdaki alt bölümlerde açıklanmıştır..

2.1.1. Anahtar Kelime Araması

Havacılık	Çip ve mems	Malzeme	Üretim
<ul style="list-style-type: none">aircraftaviationaerospaceairplaneaeronautics	<ul style="list-style-type: none">ChipMemsnems	<ul style="list-style-type: none">siliconglassmetalconductorsemiconductor	<ul style="list-style-type: none">manufactureproductionprocessingmethod

Şekil 1: MEMS ve NEMS ürünlerinin havacılıkta kullanımı ile ilgili patent araştırması için kullanılan kelimeler

2.1.2. Sınıf ile Arama

Cooperative Patent Classification

Search for: mems nems

View section | Index | A | B | C | D | E | F | G | H | Y

Symbol	Classification and description
B81C 1/00	Manufacture or treatment of devices or systems in or on a substrate (B81C 3/00 takes precedence)
B81C 2203/00	Forming microstructural systems
B81B 2203/00	Basic microelectromechanical structures
B81C 2201/00	Specific applications of microelectromechanical systems
B81C 2201/00	Manufacture or treatment of microstructural devices or systems
B81B 2207/00	Microstructural systems or auxiliary parts thereof
H01L 21/00	Processes or apparatus adapted for the manufacture or treatment of semiconductor or solid state devices or of parts thereof (Testing or measuring during manufacture or treatment, or reliability measurements H01L 22/00; multistep manufacturing processes for passive two-terminal components without a potential-jump or surface barrier for integrated circuits H01L 28/00;) processes or apparatus peculiar to the manufacture or treatment of devices provided for in groups H01L 31/00 - H01L 51/00 or of parts thereof, see these groups; single-step processes covered by other subclasses, see the relevant subclasses, e.g. C23C, C30B, photomechanical production of textured or patterned surfaces, materials or originals therefor, apparatus specially adapted therefor, in general G03F)
B81B 3/00	Devices comprising flexible or deformable elements, e.g. comprising elastic tongues or membranes (B81B 5/00 takes precedence)
G01P 15/00	Measuring acceleration; Measuring deceleration; Measuring shock, i.e. sudden change of acceleration
H01L 2924/00	Indexing scheme for arrangements or methods for connecting or disconnecting semiconductor or solid-state bodies as covered by H01L 24/00

Selected classifications: B64 /low

Clear Find patents Copy to search form

Şekil 2: Espacenet Sınıflandırma Araması [5]

Cooperative Patent Classification

Search for: Search

View section | Index | A | B | C | D | E | F | G | H | Y

Quick help

- What is the Cooperative Patent Classification system?
- How do I enter classification symbols?
- What do the different buttons mean?
- Can I retrieve a classification using keywords?
- Can I start a new search using the classifications listed?
- Where can I view the description of a particular CPC class?
- What is the meaning of the stars in front of the classifications found?
- What does the text in brackets mean?

Selected classifications

B64 /flow x

Clear

Find patents

Copy to search form

Symbol	Classification and description
★ ★ ★ ★	<input type="checkbox"/> B64C 39/00 Aircraft not otherwise provided for
★ ★ ★ ★	<input type="checkbox"/> B64C 2201/00 Unmanned aerial vehicles; Equipment therefor
★ ★ ★ ★	<input type="checkbox"/> B64C 1/00 Fuselages; Constructional features common to fuselages, wings, stabilising surfaces and the like (aerodynamical features common to fuselages, wings, stabilising surfaces, and the like B64C 23/00; flight-deck installations B64D)
★ ★ ★ ★	<input type="checkbox"/> B64C 3/00 Wings (stabilising surfaces B64C 5/00; ornithopter wings B64C 33/02)
★ ★ ★ ★	<input type="checkbox"/> G05D 1/00 Control of position, course or altitude of land, water, air, or space vehicles, e.g. automatic pilot (radio navigation systems or analogous systems using other waves G01S)
★ ★ ★ ★	<input type="checkbox"/> B64D 11/00 Passenger or crew accommodation; Flight-deck installations not otherwise provided for
★ ★ ★ ★	<input type="checkbox"/> G08G 5/00 Traffic control systems for aircraft [e.g. air-traffic control (ATC)]
★ ★ ★ ★	<input type="checkbox"/> B64D 45/00 Aircraft indicators or protectors not otherwise provided for (camouflage F41H 3/00)
★ ★ ★ ★	<input type="checkbox"/> B64D 27/00 Arrangement or mounting of power plant in aircraft; Aircraft characterised thereby (altitude, flight direction, or altitude control of aircraft by jet reaction B64C)
★ ★ ★ ★	<input type="checkbox"/> B64F 1/00 Ground or aircraft-carrier-deck installations (specially adapted for captive aircraft B64F 3/00)

Şekil 3: Espacenet sınıflandırma araştırması [6]

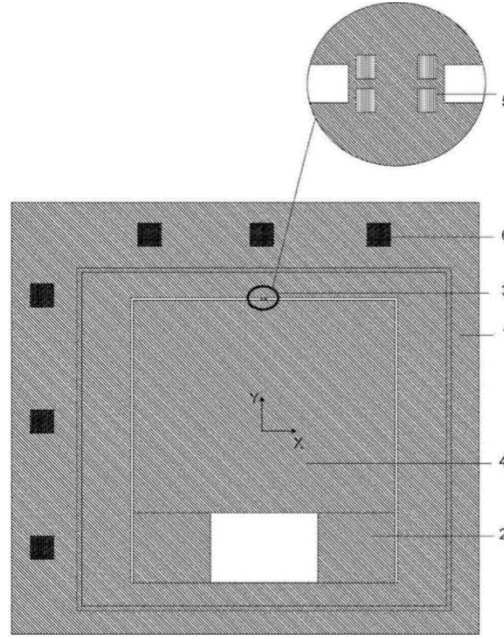
2.1.3. Google Patents Sitesinde Kullanılan Kelime Kombinasyonları ve Algoritma

- ((aircraft) OR (aviation) OR (aerospace) OR (airplane) OR (aeronautics)) ((MEMS) OR (NEMS)) AND ((chip) OR (transistor))
- (B81C1/00) ((aircraft) OR (aviation) OR (aeroplane) OR (aeronautics)) (product*)
- (B82Y40/00) ((aircraft) OR (aerospace)) ((micro) OR (nano))
- ((H01L21/6835) ((aircraft) OR (aerospace))) after:priority:20090101
- (B81B2203/00) ((aircraft) OR (aviation) OR (aeroplane) OR (aeronautics)) (chip NEAR2 system) (micro NEAR2 system)

2.2. MEMS ve NEMS Ürünlerinin Kullanım Alanları

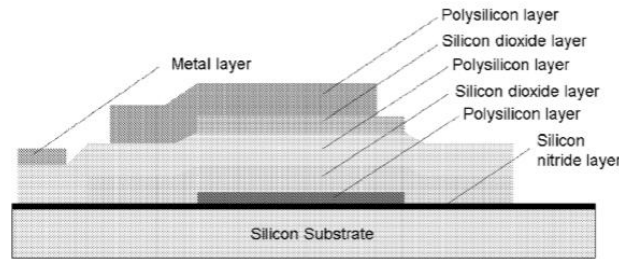
Bu bölümde incelenen patentlere ait açıklayıcı bilgiler sunulmaktadır.

Çin menşeli CN104391133B numaralı bir MEMS patentinde piezoresistif ivmeye duyarlı bir sensörden (jiroskop) bahsedilmektedir. Bu sensör silikon bazlı bir destek, ve onun üzerine iyon dağılması ile oluşturulmuş devrelere sahiptir. Sensörün içerisinde mikro boyutlarda algılayıcılar, kontrol üniteleri ve resistörler mevcuttur. Ayrıca patentte bu küçük birimlerin bir araya gelerek MEMS cihazına entegre olduğundan bahsedilmektedir. Cihazdaki devreler iyon dağılma yöntemi ile oluşturulmaktadır. Devreler oluşturulurken istenilen şekli elde etmek için mikro şekillendirme yöntemi kullanılmıştır. Mikro şekillendirme yöntemi, geleneksel şekillendirmelerden farklı olarak kimyasal veya fiziksel olarak yüzeyden molekül kaldırma veya yüzeye molekül kaplama şeklinde olmaktadır. Patentteki cihaz için de kullanılan yöntemin bu şekilde olduğu belirtilmiştir [7].



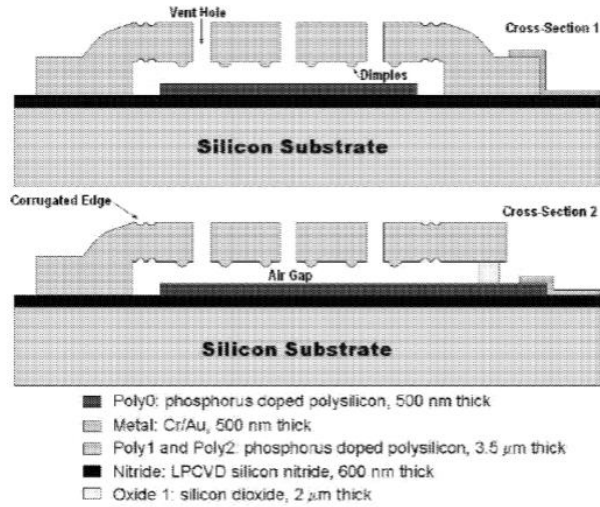
Şekil 4: CN104391133B numaralı patente geçen MEMS sensor [7]

Amerika Birleşik Devletler menşeli US20110138902A1 numaralı patent başvurusunda havacılıkta kullanılmak üzere üretilmiş olan mikroçip üzerinde oluşturulmuş bir mikrofondan bahsedilmektedir. Silikon bazlı desteğin üzerine kimyasal veya fiziksel buhar biriktirme yöntemi ile üretilmiş olan bu MEMS cihazı çoğunlukla sesin algılanması, iletilmesi veya depolanması gereken bölgelerde kullanılmak için üretilmiştir. Üretim esnasında silikon destek üzerine oluşturulmuş silikon nitrit katman, şekil vermek ve devre oluşturmak adına kullanılmıştır. Yeni teknoloji MEMS ürünlerinde elektrik iletimini daha hassas sağlayabilmek ve cihazın ısınmasını engelleyebilmek adına yarı iletkenler kullanılmıştır. Silikon nitrit katman üzerine buhar biriktirme yöntemi ile iletken metal şekiller oluşturulmuştur. Üretim esnasında çeşitli yollarla buhar haline getirilen metaller moleküller halinde silikon desteğin üzerine işlenmiştir. Böylece mikro boyuttaki mikrofondun nihai şekli ve deseni oluşturulmuştur [8].



Şekil 5: US20110138902A1 numaralı patente geçen MEMS cihazının üretim aşaması [8]

Figure 9



Şekil 6: US20110138902A1 numaralı patente geçen MEMES cihazının üretim aşamaları [8]

Figure 3

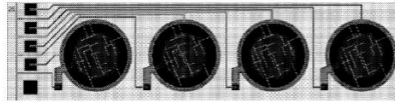
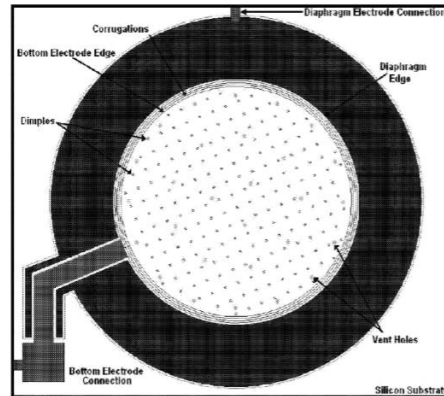
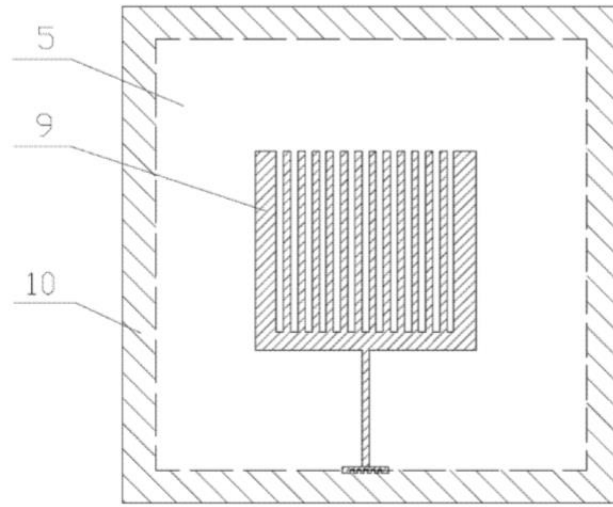


Figure 4



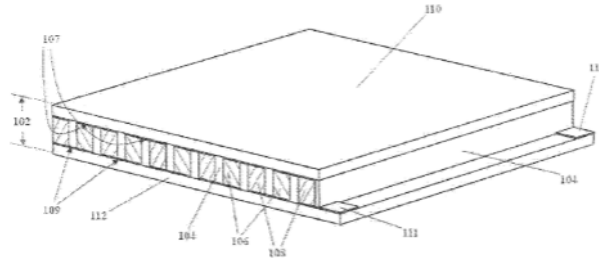
Şekil 7: US20110138902A1 numaralı patente geçen MEMS cihazı[8]

Çin menşeli CN102589762A numaralı başka bir patent başvurusunda ise yüksek piezoresistif basınç sensörü kullanılmıştır. Hava araçlarında özellikle elektronik sistemlerde uyarı amaçlı kullanılan kritik bir MEMS cihazı olduğu görülmektedir. Bu cihaz ise cam üzerinde oluşturmuş devrelerden oluşmaktadır. Birden fazla mikro boyutta sistemler ve devreler içeren çipte cama bağlama yöntemi kullanılmıştır. Elektrotların cama yapıştırılması için kimyasal uygulamalar yapılmıştır. Kimyasal olarak birbirine bağlanan elektrotlar ve cam yüzey sayesinde çip oluşturulmuştur [9].



Şekil 8: CN102589762 numaralı patente geçen MEMS cihazı ve elektrotları[9]

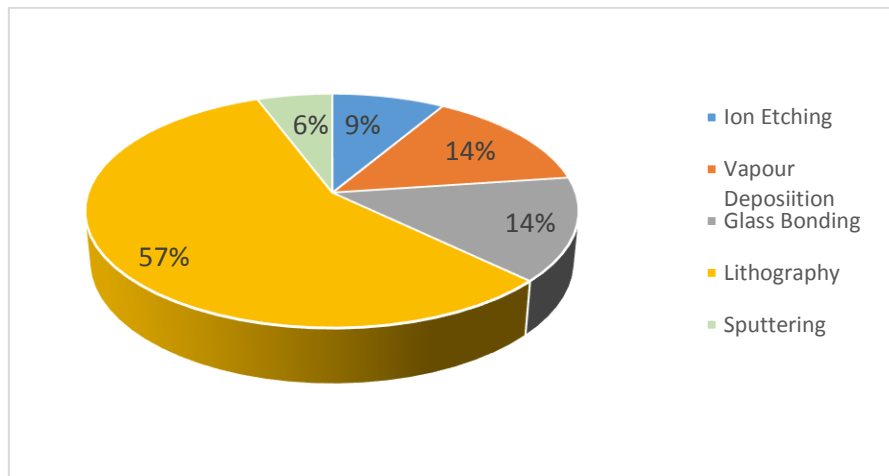
Amerika Birleşik Devletleri menşeli US9490414B2 numaralı patente mikro boyutta üretilmiş olan termoelektrik modülden bahsedilmektedir. Bu sistemde silikon destek üzerine devreler ve elektrotlar katman katman işlenir. Buluşta iki adet iletken katman, silikon destek üzerinde kaplanmıştır. Ardından tekrar yarı iletken kullanılarak iletkenliğin hassasiyeti ve kontrolü sağlanmıştır. Burada cihazı ısıya hassasiyeti olan bir sensör olarak görev yapmaktadır. Çip üretilirken fotolitografi yöntemi kullanılmıştır. Üretim esnasında ultraviyole ışınlar duyarlı polimer silikon bazlı destek üzerine kaplanmıştır. Daha sonra bir maske yardımıyla ultraviyole ışınlar kullanılarak devre desenleri yaratılmıştır. Ardından üzerine metal kaplanarak iletkenlerin nihai şekilleri oluşturulmuştur [10].



Şekil 9: US9490414B2 numaralı patente geçen MEMS cihazı.[10]

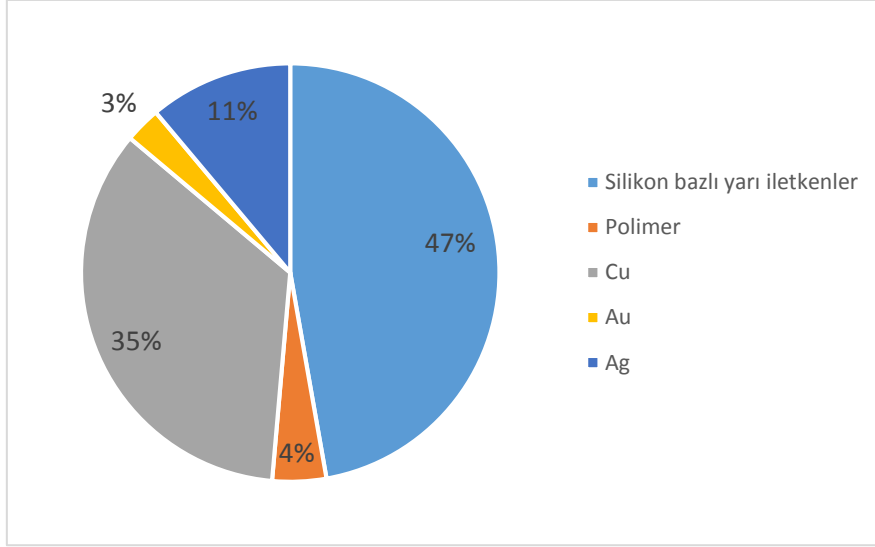
3. Sonuçlar

MEMS ve NEMS teknolojilerine yönelik yapılan patent veri tabanı analizi ile elde edilen sonuçlar bu bölümde belirtilmiştir.



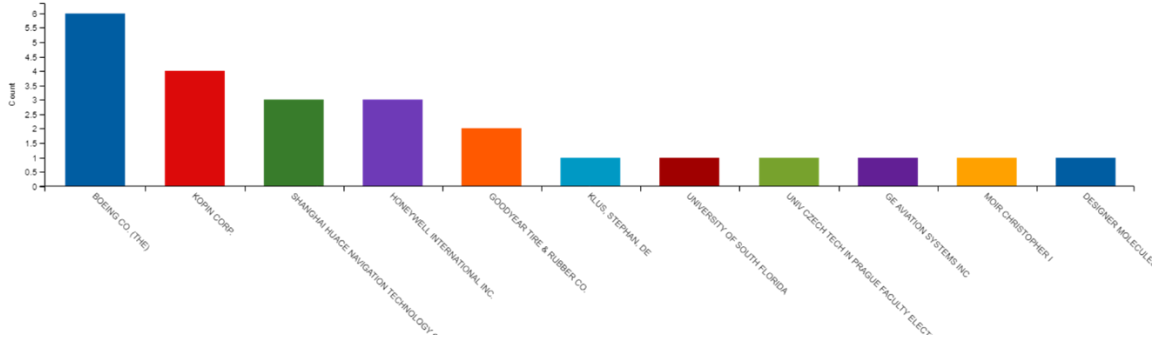
Şekil 10: Patent analizi sonucu MEMS ve NEMS ürünlerinin üretiminde kullanılan yöntemler

Şekil 10'da havacılıkta kullanılan MEMS ve NEMS ürünlerinin üretim yöntemleri görülmektedir. Patentlere göre en yaygın kullanılan üretim yöntemi litografidir. Litografi yöntemini %14'lük bir dilim ile cam bağlama (glass bonding) ve buhar depolama (vapour bonding) yöntemleri takip etmektedir. Daha az kullanılan yöntemler %9 ile iyon dağlama (ion etching) ve %6 ile sputtering yöntemidir. Özellikle sensör üretiminde daha yaygın kullanıldığından dolayı litografi yöntemini önde gelen üretim yöntemi olarak gözlemlenmektedir.



Şekil 11: Havacılıkta kullanılan MEMS ve NEMS ürünlerinin üretiminde kullanılan malzemeler

Şekil 11'de havacılık sektöründeki MEMS ve NEMS ürünlerinde en yaygın olarak kullanılan malzemeler görülmektedir. Patentlere göre en çok kullanılan malzeme %47 oranı ile silikon bazlı yarı iletkenlerdir. Onu yüksek iletkenliğe sahip dayanıklı metal bir malzeme olan bakır (Cu) %35'lik bir oranla takip etmektedir. Sonrasında %11 ile gümüş gelmektedir. En az kullanılan malzemeler ise %4 ile polimer malzemeler ve %3 ile de altın takip etmektedir.



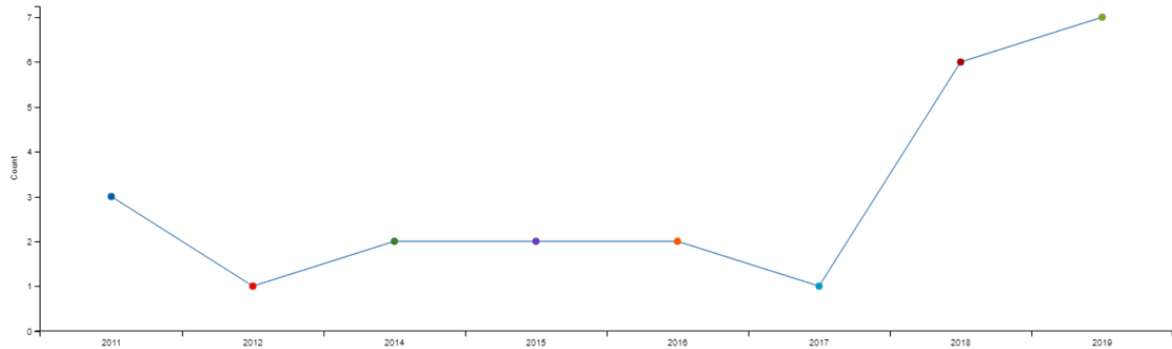
Şekil 12: Havacılıkta kullanılan MEMS ve NEMS ürünleri üreten firmaların patent başvurusu dağılımı

Şekil 12'de havacılıkta kullanılan MEMS ve NEMS ürünlerini en çok üreten firmalar görülmektedir. İncelenen patentlere göre en çok MEMS ve NEMS patentine sahip olan firmanın Boeing olduğu görülmektedir. Onu Rohr, Shanghai Huace, Honeywell, Goodyear, Klus, GE Aviation systems, Designer Molecule gibi firmalar takip etmektedir. Ayrıca Florida Üniversitesi de bu konuda patent başvurularına sahiptir.



Şekil 13: Dünyada Havacılık Sektöründe MEMS ve NEMS Ürünleri ile İlgili Başvuru Yapan Patent Ofisleri Dağılımı

Şekil 13'te havacılık sektöründe kullanılan MEMS ve NEMS ürünleri için en çok başvuru yapan ülkeler görülmektedir. Konu hakkında Amerika ve Avrupa menşeli patentler bulunmaktadır. Ayrıca İngiltere, Kanada ve Rusya gibi ülkelerde de bu konu hakkında patentler bulunmaktadır.



Şekil 14: 2009 Sonrası Rüşan Yıllarına Göre Havacılık Sektöründe MEMS ve NEMS Kullanımı ile İlgili Patent Başvurusu Dağılımı

Şekil 14'de 2009 sonrası rüşan yıllarına göre MEMS ve NEMS patent başvuru dağılımları görülmektedir. MEMS ve NEMS teknolojileri, yeni teknolojiler oldukları için son 2 yılda kullanımı artmıştır.

4. Değerlendirme

Şirketlerin gelişimi, Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları ile kazanılacak teknolojilerin yönlendirilmesi açısından patent analizi kilit rol üstlenmektedir. Bu çalışmada MEMS ve NEMS Nanoteknolojik üretim teknolojileri kapsamında gerçekleştirilen patent veritabanı analizi ile ilgili teknolojilerin hangi yöne doğru ilerlediği, rakiplerin hangi aşamada olduğu ve yeni çalışılan alt teknoloji konuları hakkında bilgi edinilmiştir. Buna göre MEMS ve NEMS teknolojilerini gelişme aşamasında olduğu ve son birkaç yılda havacılık sektörüne uygulandığı görülmektedir. MEMS ve NEMS teknolojileri geliştikçe ve yaygınlaştıkça havacılık gibi hafifliğin çok önemli olduğu sektörlerde kullanımı yaygınlaşacaktır.

5. Kaynakça

[1] Osiander, R. , Darrin, M. , Champion, J. , L. , MEMS and Microstructures in Aerospace Applications. Boca Raton, CRC Press, 2006

[2] Fattore, V. , "Importance and Significance of Patents" , Catalysis Today, 34, 379-392, 1997

[3] "Reasons for Patenting Your Inventions- WIPO" , Reasons for Patenting Your Inventions. [Online]. Available ; https://www.wipo.int/sme/en/ip_business/importance/reasons.htm . [Accessed: 02- Sep-2019]

- [4] “Search for patents-USPTO” , Search for patents. [Online]. Available; <https://www.uspto.gov/patents-application-process/search-patents> .[Accessed: 02-sep-2019]
- [5] “Cooperative Patent Classification-Espacenet”. Cooperative Patent Classification. [Online], Available; https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP#!q=mems%20nems . [Accessed: 20-Aug-2019]
- [6] “Cooperative Patent Classification-Espacenet”. Cooperative Patent Classification. [Online]. Available; https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP#!q=aircraft%20or%20aerospace%20or%20aviation . [Accessed: 20-Aug-2019].
- [7] Chuai Rongyan; Dai Quan; Wang Jian; Zhang Xiaomin; Yi Chang, 2017, “ Piezoresistive high-natural-frequency MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) acceleration sensitive chip and manufacturing method thereof” , Patent Number: CN104391133B
- [8] White Robert D, Krause Joshua S, 2011, “Mems Microphone Array On A Chip” , Patent Number: US2011138902A1
- [9] Yulong Zhao, Zhongliang Yu, Xiawei Meng, Bian Tian, Weizhong Wang, 2012, “Micro-voltage high-overload sensor chip of beam membrane single island structure” , Patent Number: CN102589762A
- [10] De Rochemont L Pierre, 2013, “Fully integrated thermoelectric devices and their application to aerospace de-icing systems” , Patent Number: US2013061605A1.

EFFECT OF BORIC ACID CONCENTRATION ON THE WATER RESISTANCE AND MECHANICAL PROPERTIES OF COLLAGEN HYDROLYSATE FILMS

Sukru Omur¹, Bugra Ocak^{2*}

¹ Adnan Menderes University, Aydin Vocational High School, Aydin, Turkiye

sukruomur@gmail.com

² Faculty of Engineering, Department of Leather Engineering, Ege University 35100, Bornova, Izmir, Turkiye

bugraocak@gmail.com

* Corresponding Author

Abstract

Nowadays, there is a growing interest to develop biodegradable films obtained from renewable resources based polymers has become a very attractive option and the demand for biodegradable protein based packaging is increasing worldwide. Collagen hydrolysate is a biodegradable biopolymer with functional properties obtained by collagen denaturation and a potential alternative to non-degradable petrol-based plastics. However, collagen hydrolysate suffers from its hydrophilic character and relatively poor mechanical stability which remain low in comparison with common forms of plastic. In this study, collagen hydrolysate films incorporated with boric acid (H_3BO_3) was developed by solution casting method. The effects of boric acid concentrations of 0%, 2%, 4% and 6% on the mechanical and water resistance properties of boric acid incorporated collagen hydrolysate films was investigated. The results showed that, as the boric acid content increased from 0% to 6% into the collagen hydrolysate films, enhanced tensile strength and lessened the elongation at break, swelling ratio and water uptake of the films. In conclusion, this study expects to provide a pathway to improve the collagen hydrolysate film properties by boric acid, and these results showed that boric acid had enhanced mechanical and water resistance properties of collagen hydrolysate films.

Keywords: collagen hydrolysate, boric acid, mechanical, water resistance

1. Introduction

Development of leather manufacture is growing significantly and generates huge amounts of solid wastes. These wastes were usually incinerated or discarded in landfills, and cause a serious threat to the environment as well as the waste of natural resources [1,2]. Nowadays, the major problem of leather industry is to reduce the waste and pollution from these solid wastes with discovering effective method [2,3]. These wastes is rich in collagen, which is composed of three intertwining α -chains that forms its triple helix structure [2,4]. Collagen hydrolysate is a water-soluble biopolymer, which is obtained by hydrolysis of collagen, and a valuable biomass resource [5]. Extracted collagen hydrolysate is a low-cost and easily available material and has attracted much attention for its biocompatibility, biodegradability, filling and film-forming [2,3].

Petroleum-based synthetic films have been widely used for packaging purposes because of their low cost, light weight, excellent barrier properties, flexibility, durability and transparency [6,7]. However, the usage of packaging plastic materials from non-biodegradable petroleum based materials has aroused series of adverse effects on the environment [6,8].

Research and development of natural biodegradable packaging polymers derived from renewable sources as an alternative to synthetic polymers have received an increasing attention in recent years [8,9,10]. In terms of environmental issues, biopolymer materials derived from the renewable sources has received great interest from the research community, because of their renewable, biodegradable and eco-friendly properties, as compared to synthetic polymers [9,11,12]. Biodegradable polymer films have been prepared from proteins, lipids and polysaccharides have great potential to decrease the environmental impact of petroleum-based materials [13,14]. Among various biopolymers, proteins have been gained a high level of interest by researchers to apply in packaging industry due to their renewability, biodegradability, low cost, sustainability and film-forming property [13,15].

In spite of their numerous advantages of protein based films, the industrial use of collagen hydrolysate has been limited due to its relatively poor mechanical and low water stability [13,16]. To overcome these limitations, reinforcing collagen hydrolysate molecules with chemical agents, can enhance the mechanical strength and resistance to water solubility and swelling capability of biodegradable collagen hydrolysate films [13,16]. At present, synthetic chemical agents including glutaraldehyde, formaldehyde, glyoxal and carbodiimide usually was used to improve film properties, but they would bring healthy and security problems [13,15].

Boron as a trace element in different forms such as borax, boric oxide and boric acid, which displays numerous interesting properties, and the use of boron compounds has become prominent since 1980s [17,18]. The 72% of the world's total boron deposits are located in Turkey and in the last years, these compounds has been used many different industries as a reinforcement material owing to its nontoxic, eco-friendly, low cost, and superior mechanical properties [9,19].

However, there are no reports about the characteristics of the collagen hydrolysate films treated with boric acid has not been studied. It was therefore the main objective of this work was to investigate the influence of boric acid concentration on the water resistance and mechanical properties of collagen hydrolysate films.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

Collagen hydrolysate (powder, nitrogen content 15.0 – 17.0 %) and glycerol were purchased from Sigma-Aldrich (USA). Boric acid (H_3BO_3) was kindly supplied by the National Boron Research Institute–BOREN (Ankara, Turkey). All materials were consumed as provided by the suppliers without any further modifications.

2.2. Methods

2.2.1. Preparation of film-forming solutions

Collagen hydrolysate/boric acid films were prepared by the solution-casting method and the pure collagen hydrolysate and glycerol film samples were used as control. For the preparation of collagen hydrolysate film-forming solution, 8 g of collagen hydrolysate powder were dissolved in 80 mL of distilled water by using a Hotplate-stirrer for 30 min at 40 °C, until uniformly mixed solutions obtained. After that, glycerol (25% dry basis of collagen hydrolysate) was added into the earlier collagen hydrolysate aqueous solution as plasticizer. The mixture was stirred continually for another 30 min. Then, different amounts of boric acid (2, 4, and 6% dry basis of collagen hydrolysate) were separately immersed in 20 mL distilled water at 40 °C and added separately into the collagen hydrolysate solution containing glycerol and the solutions were stirred continuously for another 30 min. Finally, the film forming solutions containing different boric acid concentrations casted into polypropylene petri dish plates (90 mm diameter), and dried at room temperature for 48 h. Subsequently, the dried collagen hydrolysate films were carefully removed from the petri dishes and kept in a desiccator prior to further characterization.

2.2.2. Film thickness

Film thickness of each film sample was measured to the nearest 0.001 mm at five different measurements at different positions with a digimatic micrometer (Mitutoyo Co., Japan). The measurements were carried out in triplicate and the average value was taken as the test result.

2.2.3. Mechanical analysis

After dried to a constant weight, the tensile strength and elongation at break (%) of the collagen hydrolysate based films were examined by texture analyzer (TA.XT plus, Stable Micro Systems, UK) equipped with tensile load cell of 5 kg, according to the ASTM-D882 testing method. Before the test, film specimens were cut into the 50 mm x 20 mm rectangle strips. The film strips of each formulation were stretched with an initial grip separation of 50 mm and drawn into opposite directions at a speed of 50 mm/min until the film was torn. All film measurements were done in triplicate and averaged.

2.2.4. Swelling property

The films were cut into 1 × 3 cm strips for the swelling analysis and subsequently put in an air-circulating oven for 24 h at 100 ± 2 °C and weighed accurately to determine their initial weight (W_i). Swelling experiments were performed by immersing each completely dried film samples into a beaker containing distilled water for 24 h at 25 °C. Finally, the weight of wet film samples (W_f) was determined after the removal of the excess surface water with filter papers. Each film was tested for three times. The swelling percentage was calculated as follows:

$$\text{Swelling (\%)} = \frac{W_f - W_i}{W_i} \times 100$$

2.2.5. Water vapor uptake ratio

The films (2.5 × 2.5 cm) were dried in desiccators at concentrated H_2SO_4 (0% RH) for 72 h to constant weight were achieved (m_i). After being weighed accurately in an electronic balance, film samples was conditioned at 100% relative humidity at constant temperature for 7 days in desiccators and then increment in weight of the samples was measured (m_f). The water vapor uptake ratio was calculated as follows:

$$\text{Water vapor uptake ratio (\%)} = \frac{m_f - m_i}{m_f} \times 100$$

2.2.6. Statistical analysis

Statistical tests were performed with ANOVA statistical test using SPSS 25.0 for Windows. The difference of mean values were compared using Duncan's multiple range tests and the significant differences between the groups were determined with 95% confidence level. Data were given as the mean ± standard deviation.

3. Results

3.1. Mechanical properties

The mechanical properties of collagen hydrolysate film samples including tensile strength and elongation at break (%) were examined. These properties are the favorable characteristics of the packaging films, which are important to ensure the film integrity and stability during transportation, handling and storage [20,21]. Therefore, effect of the incorporation of boric acid on the thickness, tensile strength and elongation at break (%) values of the collagen hydrolysate films were measured and presented in Table 1.

Table 1: The effect of boric acid concentration on the tensile strength, elongation at break (%) and thickness of collagen hydrolysate films.

Film type	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Film thickness (mm)
Control	27.50 ± 1.19 ^d	91.60 ± 4.78 ^d	0.20 ± 0.04 ^d
Boric acid – 2%	34.9 ± 0.62 ^c	102.84 ± 5.75 ^c	0.21 ± 0.01 ^c
Boric acid – 4%	35.76 ± 1.10 ^b	121.64 ± 5.06 ^b	0.23 ± 0.02 ^b
Boric acid – 6%	37.65 ± 0.97 ^a	127.05 ± 4.10 ^a	0.24 ± 0.01 ^a

Mean values with different letters within a column show significant difference ($p < 0.05$).

Tensile strength values of the films samples indicates the required tensile stress to break the film and as can be seen from Table 1, the tensile strength of the pure collagen hydrolysate film was 27.50 ± 1.19 MPa. The tensile strength values of boric acid incorporated film samples were ranging from 34.9 ± 0.62 MPa to 37.65 ± 0.97 MPa at 2% and 6%, respectively. The test results indicated that the tensile strength values of boric acid incorporated collagen hydrolysate films at all concentrations had much higher tensile strength values than the control films. The tensile strength of collagen hydrolysate films are increased from 27.50 MPa to 37.65 MPa, an increase of 26.90%, suggesting a good improvement.

On the other hand, the test specimens' extensibility before breaking is indicated by determining its elongation and the elongation at break (%) of the pure collagen hydrolysate film was 91.60 ± 4.78%. As the boric acid content increased from 0% to 6% into the collagen hydrolysate films, the elongation at break significantly reduced ($p < 0.05$). It can be explained that, boric acid interacted with OH groups of collagen hydrolysate, restricts the mobility of collagen hydrolysate units. The results showed that the strong bonds formed by boric acid and collagen hydrolysate units improved the tensile strength of boric acid containing films. In addition, the elongation at break decreases, which also made the film denser, as we observed from the film thickness up to certain boric acid concentration level (Table 1) [22].

3.2. Water resistance of collagen hydrolysate films

It is well known that collagen hydrolysate is a hydrophilic material, which contains many hydrophilic groups such as hydroxyl, carboxyl and amino groups in molecules, that is expected to absorb and sensitive to molecule of water [20]. The results obtained for the water resistance of collagen hydrolysate films were summarized in Table 2.

Table 2: Water resistance of collagen hydrolysate films

Film type	Swelling ratio (%)	Water vapor uptake ratio (%)
Control	248.08 ± 2.67	111.21 ± 3.52
Boric acid – 2%	206.20 ± 4.11	99.71 ± 2.54
Boric acid – 4%	192.78 ± 1.94	93.40 ± 2.60
Boric acid – 6%	178.37 ± 4.41	89.74 ± 1.98

Values in the columns marked with various letters are significantly different at $p < 0.05$.

3.2.1. Swelling ratio of collagen hydrolysate films

The swelling capacity is an important property describing the water-holding capacity of polymeric films and the swelling degrees of the collagen hydrolysate and collagen hydrolysate/boric acid films containing different amounts of boric acid are shown in Table 2.

The swelling ratio for pure collagen hydrolysate films was 248.08 ± 2.67. Compared with the pure collagen hydrolysate film, incorporation of boric acid into the film formulation led to a decrease in the swelling degree of collagen hydrolysate films, which showed the water resistance, even at low boric acid concentration. In addition, higher concentrations of boric acid in the collagen hydrolysate films led to significantly lower swelling degrees. It can be ascribed to; the boric acid restricts the water penetration to collagen hydrolysate owing to the noncovalent interactions.

3.2.2. Water vapor uptake ratio

Water vapor uptake ratio of collagen-based films is one of the important criteria in technical applications; therefore, it is essential to know the water absorption tendency of these films is a key parameter for their applications [23,24].

As observed in Table 2, the water vapor uptake ratio increasing the boric acid content appeared to decrease the water vapor uptake ratio of collagen hydrolysate/boric acid films. The water vapor uptake ratios of collagen hydrolysate/boric acid films at the concentration ratios of 2%, 4% and 6% were determined to be 99.71%, 93.40% and 89.74%, respectively as opposed to 111.21% for neat collagen hydrolysate counterparts. This is attributed to the incorporation of boric acid, increase the compaction degree of collagen hydrolysate matrix with new formation of hydrogen bonds between collagen hydrolysate and boric acid [25].

4. Conclusion

In this work, boric acid reinforced collagen hydrolysate films was prepared successfully through solution casting method and the mechanical properties and water resistance of obtained films characterized. From the obtained results, the mechanical and water resistance properties of the films can be enhanced by the boric acid concentration in the film matrix. Increased concentration of boric acid content enhanced the tensile strength of the collagen hydrolysate films was noticed. Further, a reduction in elongation at break (%) values was noticed for higher boric acid concentrations. Additionally, the higher percentage of boric acid incorporated films had lower swelling (%) and water vapor uptake (%) as compared to the control film samples. It was revealed that the incorporation of boric acid significantly improved the mechanical and water resistance of collagen hydrolysate films and the prepared collagen hydrolysate/boric acid films is suitable for packaging industries. Therefore, these results highlight the potential use of collagen hydrolysate/boric acid films as eco-friendly packaging films with higher water resistance and tensile strength.

Acknowledgements

The authors would like to thank the National Boron Research Institute BOREN (Ankara, Turkey) for the support of providing boric acid.

5. References

- [1] Cavalcante, D.G.S.M., Gomes, A.S., Santos, R.J., Kerche-Silva, L.E., Danna, C.S., Yoshihara, E. and Job, A.E. "Composites Produced from Natural Rubber and Chrome-Tanned Leather Wastes: Evaluation of their In Vitro Toxicological Effects for Application in Footwear and Textile Industries", *Journal of Polymers and the Environment*, 26, 980-988, 2018.
- [2] Wang, X., Chen, K., Li, W., Hao, D. and Guo, P. "A Paper Sizing Agent Based on Leather Collagen Hydrolysates Modified by Glycol Diglycidyl Ether and Its Compound Performance", *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, 1205-1212, 2019.
- [3] Dang, X., Shan, Z and Chen, H. "Biodegradable Films Based on Gelatin Extracted from Chrome Leather Scrap", *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 1023-1029, 2018.
- [4] Gomez-Estaca, J., Montero, P., Fernandez-Martin, F., Aleman, A. and Gomez-Guillen, M.C., "Physical and Chemical Properties of Tuna-skin and Bovine-hide Gelatin Films with Added Aqueous Oregano and Rosemary Extracts", *Food Hydrocolloids*, 23, 1334-1341, 2009.
- [5] Chang, O.K., Ha, G.E., Jeong, S.G., Seol, K.H., Oh, M.H., Kim, D.W., Jang, A., Kim, S.H., Park, B.Y. and Ham, J.S., "Antioxidant Activity of Porcine Skin Gelatin Hydrolyzed by Pepsin and Pancreatin", *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 33, 493-500, 2013.
- [6] Argin, S., Gülerim, M. and Şahin, F., "Development of Antimicrobial Gelatin Films with Boron Derivatives", *Turkish Journal of Biology*, 43, 47-57, 2019.
- [7] Sun, S., Liu, P., Ji, N., Hu, H. and Dong, H., "Effects of Various Cross-linking Agents on the Physicochemical Properties of Starch/PHA Composite Films Produced by Extrusion Blowing", *Food Hydrocolloids*, 77, 964-975, 2018.
- [8] Chen, C., Chen, Y., Xie, J., Xu, Z., Tang, Z., Yang, F. and Fu, K., "Effects of Montmorillonite on the Properties of Cross-linked poly(vinyl alcohol)/boric acid films", *Progress in Organic Coatings*, 112, 66-74, 2017.
- [9] Bindhu, B., Renisha, R., Roberts, L. and Varghese, T.O., "Boron Nitride Reinforced Polylactic Acid Composites Film for Packaging: Preparation and Properties", *Polymer Testing*, 66, 172-177, 2018.
- [10] Martucci, J.F. and Ruseckaite, R.A., "Tensile Properties, Barrier Properties, and Biodegradation in Soil of Compression-Molded Gelatin-Dialdehyde Starch Films", *Journal of Applied Polymer Science*, 112, 2166-2178, 2009.
- [11] Hou, X., Xue, Z. and Xia, Y., "Preparation of a Novel Agar/Sodium Alginate Fire-retardancy Film", *Materials Letters*, 233, 274-277, 2018.
- [12] Kaur, R., Sharma, A., Puri, V. and Singh, I., "Preparation and Characterization of Biocomposite Films of Carrageenan/Locust Bean Gum/Montmorillonite for transdermal delivery of curcumin", *BioImpacts*, 9, 37-43, 2019.
- [13] Choi, I., Lee, S.E., Chang, Y., Lacroix, M. and Han, J., "Effect of Oxidized Phenolic Compounds on Cross-linking and Properties of Biodegradable Active Packaging Film Composed of Turmeric and Gelatin", *LWT-Food Science and Technology*, 93, 427-433, 2018.
- [14] Hu, Z., Hong, P., Liao, M., Kong, S., Huang, N., Ou, C. and Li, S., "Preparation and Characterization of Chitosan-Agarose Composite Films", *Materials*, 9, 816, 2016.

- [15] Li, Y., Cao, C., Pei, Y., Liu, X. and Tang, K., “Preparation and Properties of Microfibrillated Chitin/Gelatin Composites”, *International Journal of Biological Macromolecules*, 130, 715-719, 2019.
- [16] Catalina, M., Attenburrow, G.E., Cot, J., Covington, A.D. and Antunes, A.P.M., “Influence of Crosslinkers and Crosslinking Method on the Properties of Gelatin Films Extracted from Leather Solid Waste”, *Journal of Applied Polymer Science*, 119, 2105-2111, 2011.
- [17] Oz, M., Inanan, B.E. and Dikel, S., “Effect of Boric Acid in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Growth Performance”, *Journal of Applied Animal Research*, 46, 990-993, 2018.
- [18] Cavdar, A.D., Mengelolu, F. and Karakus, K., “Effect of Boric Acid and Borax on Mechanical, Fire and Thermal Properties of Wood Flour Filled High Density Polyethylene Composites”, *Measurement*, 60, 6-12, 2015.
- [19] Cicek, B., Karadagli, E. and Duman, F., “Use of Boron Mining Waste as an Alternative to Boric Acid (H₃BO₃) in Opaque Frit Production”, *Ceramics International*, 44, 14264-14280, 2018.
- [20] Kavooosi, G., Dadfar, S.M.M. and Purfard, A.M., “Mechanical, Physical, Antioxidant, and Antimicrobial Properties of Gelatin Films Incorporated with Thymol for Potential Use as Nano Wound Dressing”, *Journal of Food Science*, 78, 244-250, 2013.
- [21] Ahmed, S., and Ikram, S., “Chitosan and Gelatin Based Biodegradable Packaging Films with UV-light Protection”, *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology*, 163, 115-124, 2016.
- [22] Chen, J., Li, Y., Zhang, Y. and Zhu, Y., “Preparation and Characterization of Graphene Oxide Reinforced PVA Film with Boric Acid as Crosslinker”, *Journal of Applied Polymer Science*, 132, 42000, 2015.
- [23] Tao, F., Shi, C. and Cui, Y., “Preparation and physicochemistry properties of smart edible films based on gelatin–starch nanoparticles”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 5470-5478, 2018.
- [24] Julinova, M., Slavik, R., Vyoralova, M., Kalendova, A. and Alexy, P., “Utilization of Waste Lignin and Hydrolysate from Chromium Tanned Waste in Blends of Hot-Melt Extruded PVA-Starch”, *Journal of Polymers and the Environment*, 26, 1459-1472, 2018.
- [25] Mohammadzadehmoghadam, S. and Dong, Y., “Fabrication and Characterization of Electrospun Silk Fibroin/Gelatin Scaffolds Crosslinked with Glutaraldehyde Vapor”, *Frontiers in Materials*, 6, 91, 2019.

DEĞERLİ NUTRIENTLERİN POPÜLER KAYNAKLARI: YENİ NESİL TAHILLAR

Sinem Seydan, Buket Aydeniz-Güneşer*

Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Uşak, Türkiye

sinemseydan@hotmail.com; buket.guneser@usak.edu.tr

Özet

Minimum düzeyde su ve besin maddesi tüketimi gerektiren, değerli nutrientlere sahip bitkilerin tarımı son yıllarda giderek dikkat çeken bir araştırma konusudur. 2000’li yılların başından bugüne kadar ülkemizde de bu alanda araştırma-geliştirme faaliyetleri hız kazanmış olup, halen de artan bir ilgi ile devam etmektedir. Çok yönlü bir kullanım alanına sahip tam tahıl türleri endosperm, embriyo, kepek gibi temel bileşenlerinin tamamını içeren bütün formda veya kırılmış, öğütülmüş, pulcuk formunda bulunan tahıllar olarak tanımlanmaktadır.

Tüketicilerin fonksiyonel gıdalara olan ilgilerinin artması, üretilen birçok farklı gıda formülasyonunda “süper gıda” olarak bilinen tam tahılların kullanımını teşvik etmektedir. Tam tahıl türleri yüksek düzeyde protein, nişasta, diyet lif, B vitamini ve mineral içerikleriyle de dikkat çekmektedir. Doymamış ve özellikle esansiyel özellik gösteren değerli yağ asitlerince zengin olmaları, tam tahılları birer yağ kaynağı olarak da değerli kılmaktadır. Bu çalışmada FDA’in tam tahıl listesinde yer alan amarant, chia, kaniwa, karabuğday, kinoa, siyah pirinç, sorgum ve tef tohumlarının kompozisyonel özellikleri, sağlık üzerindeki fonksiyonları ve farklı gıda formülasyonlarının oluşturulmasında ki rolleri irdelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Tam tahıllar · Tohum yağları · Amarant · Sorgum · Tef

1. Giriş

FDA (Amerikan Besin ve İlaç Dairesi)’a göre, nişastalı endosperm, embriyo ve kepek gibi temel anatomik bileşenlerinin tamamını içeren bütün, kırılmış, öğütülmüş veya pulcuk halinde bulunan tahıllar “tam tahıl” olarak adlandırılmaktadır. Bu sınıfın içerisinde yer alan tam buğday, yulaf, sorgum, bulgur, kara buğday gibi türler yaygın bilinmekle birlikte, kinoa, kaniwa, amarant, siyah pirinç gibi türlerin üretim ve tüketim miktarları daha düşük değerlerde kalmaktadır (De Moura ve ark., 2009)

Bir tam tahıl tanesi herbiri farklı kompozisyonlara sahip başlıca 3 kısımdan meydana gelmektedir. Bunlar sırasıyla endosperm (%75-80), kepek (%12-17) ve embriyo (%3-5) kısımlarıdır. Tam tanenin rafine edilmesi neticesinde değerli nutrientlerce zengin kepek ve embriyo (rüşeym) kısımları uzaklaştırılmakta, tanenin besinsel ve ticari açıdan değer kaybetmesine yol açmaktadır (Beloshapka ve ark., 2016).

2017 yılı için ülkemiz üretim rakamlarına göz atıldığında, buğday, arpa ve mısırın 21.500, 7.100 ve 5.900 bin tonluk değerlerle sıralamada ilk 3 te yer aldığı bilgisine ulaşılmıştır öze çarpmaktadır (TUIK, 2019).

Gün geçtikçe değişim sergileyen beslenme ve yaşam alışkanlıkları, günlük rejim içerisinde rafine olmuş hazır besin tüketiminin ivme kazanmasına ve dolayısıyla da sağlık problemlerinin ortaya çıkışına neden olmaktadır. Bu ve benzeri durumlar hem üreticilerin hem de tüketicilerin doğala yakın ve sağlıklı alternatif gıda kaynaklarını aramalarına yol açmıştır (Sarı ve Tiryaki, 2018).

Bu çalışmada FDA’in tam tahıl listesinde yer alan amarant, chia, kaniwa, karabuğday, kinoa, siyah pirinç, sorgum ve tef tohumlarının kompozisyonel özelliklerinin, biyoaktif ve fonksiyonel yönlerinin ele alınması amaçlanmıştır.

2. Kompozisyonel ve Fonksiyonel Açıdan Yeni Nesil Tahıllar

2.1. Amarant (*Amaranthus spp L.*)

Amarant (*Amaranthus spp*), Amaranthaceae familyası içerisinde yer alan bir cins olup, bu cinse ait bazı türler sebze (*Amaranthus blitum L.*, *Amaranthus tricolor L.*, *Amaranthus spinosus L.*), bazıları da tahıl veya süs bitkisi (*Amaranthus cruentus L.*, *Amaranthus hypochondriacus L.*, *Amaranthus caudatus*) olarak değerlendirilmektedir (Ergun ve ark., 2014). Pseudo-tahıl olarak bilinen amarant yetiştiriciliği özellikle tropik, yarı tropik ve sıcak lokasyonlarda sürdürülürken, tohum geçmişinin Aztek uygarlığına dayandığı bildirilmiştir (Boz, 2013).

Tahıl olarak değerlendirilen amarant türleri beyaz-gri renkli veya sarı, kahverengi özellikte olduğu ve 1 gram amarant tohumunda 3000 adete varan tohumun bulunabileceği bildirilmiştir (Ergun ve ark., 2014).

Besin içeriği açısından bir değerlendirme yapıldığında tohumların %12-16 aralığında değişen protein ve zengin esansiyel amino asit içeriğine sahip olduğu, gluten hassasiyetine sahip kişiler tarafından güvenle kullanılabilirliği göze çarpmaktadır. Bunlara ek olarak, tohumun fenolik asit ve flavonoid kompozisyonunun antioksidan, antimikrobiyal, antihipertansif ve antiinflamatuvar özelliklerinde olumlu etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. (Boz, 2013; Babu ve ark., 2018).

Cherian ve Sheela (2016), tarafından yapılan bir çalışmada farklı amarant türlerinin *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus substilis*, *Klebsiella pneumoniae* bakterileri ile *Rhizopus oligosporus*, *Aspergillus niger* ve *Aspergillus flavus* küflerine karşı antibakteriyel ve antifungal etki sergilediği ve bitkinin alkaloid içeriğinin her iki etki üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Yakın tarihte yapılan bir çalışmada ise (Mudgil ve ark., 2019), amarant ve kinoa tohum unlarından ekstrakte edilen proteinlerin antioksidan, antimikrobiyal ve antihemolitik aktivite sergilediği, kinoa tohum protein hidrolizatlarının amaranttan daha fazla antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu ve her iki tohumunda biyoaktif peptid kaynağı olarak değerlendirilebileceği bulgusuna ulaşılmıştır.

Tahıl türleri için normal kabul edilebilecek düzeyde (%2-10) sabit yağ içeriğine sahip olan amarant tohumlarının yağ asiti kompozisyonlarının pirinç kepeği ve mısır özü yağları ile benzerlik sergilediği kaydedilmiştir. Amarant tohumlarının % 2.2'den % 7.5'e değişen oranlarda squalen içermesinin ise kolesterol ve trigliserit düzeylerinin indirgenmesinde rol oynadığı bildirilmiştir (Robert, 2018).

Amarant yapraklarının karakteristik tat ve kokusu nedeniyle, çiğ yada ısıtılmış formlarda gıda endüstrisinde aroma verici olarak kullanılabilirliği bildirilmiştir. Amarant tohumlarının ise direkt yada öğütülmüş formlarda katkılandığı unlu mamüller raflardaki yerini almaya başlamıştır.

2.2. Chia (*Salvia hispanica*)

Lamiaceae familyasında yer alan birçok farklı tür olmakla birlikte, en yaygın kullanılan tür, sıcak ve ılık iklimlerde yetişen tek yıllık *Salvia hispanica*'dır. İspanyolca kökenli bir kelime olan chia, yağlı anlamında kullanılan chian/chien sözcüğünden türemiştir (Yurt ve Gezer, 2018).

Milattan önceki zamanlarda evsel ve geleneksel tıp ölçeğinde hayli geniş kullanım alanı bulan chia tohumlarının, halen dahi günümüzde gıda, kimya ve eczacılık gibi farklı endüstriyel alanlarda uygulamaları mevcuttur (Gazem ve ark., 2016; Boukhary ve ark., 2018).

Chia tohumunun besinsel kompozisyonunun % 28 yağ, % 20 protein ve % 17 karbonhidrattan meydana geldiği rapor edilmiştir. Tohum diyet lifin (% 18.5) yanısıra kemik, diş ve kas sağlığı için önem taşıyan majör mineraller (kalsiyum, fosfor ve magnezyum) açısından önemli bir kaynak niteliğindedir (Gazem ve ark., 2016).

Güncel bir çalışmada, tohumun yanısıra bitki yapraklarının antioksidan ve antidiyabetik fonksiyona sahip olduğu, özellikle ağızda ve boğazda oluşan inflamasyonların tedavisinde aktif etkide bulunduğu gözlenmiştir (Boukhary ve ark., 2018).

Barreto ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, chia tohumlarının LDL ve trigliserit düzeylerini, dolayısıyla kardiyovasküler hastalık riskini indirgeyici etkilerinin yağ asitleri kompozisyonu ile yakından ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Chia tohumlarının alfa-linolenik asit (ALA) düzeyi (%68) dikkat çeken bir başka unsurdur. İnsan metabolizması tarafından sentezlenemeyen EPA ve DHA gibi yağ asitleri de chia tohumunun yapısında yer almaktadır.

Gazem ve ark. (2016), chia tohumlarının (% 68) keten tohumundan (% 57) çok daha yüksek ALA içeriğine sahip oluşunun antiinflamasyon aktivitesinde kritik rol oynadığını ifade etmiştir.

Chia tohumlarının toplam fenol içeriğindeki artışın, antioksidan kapasitesini doğrudan etkilediği ve tohum aminoasitlerinin biyoaktif potansiyele, ACE inhibisyon, antihipertansif ve antihipoglisemik aktivitelere sahip olduğu rapor edilmiştir (Grancier ve ark., 2019).

Yüksek su tutma kapasitesi ile dikkatleri üzerine çeken chia tohumunun jel-esaslı gıda formülasyonlarının hazırlanmasında, özellikle de hacim artışının önemli olduğu unlu mamüllerde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Optimum su tutma kapasitesine, emülsiyon aktivitesine ve emülsiyon stabilitesine sahip chia musilajının elde edilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, 85°C operasyon sıcaklığı ve 1:31 su:tohum (ağırlık:ağırlık) oranı optimum koşullar olarak tanımlanmıştır (Orifici ve ark., 2018)

2.3. Kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*)

Güney Amerika ve özellikle de And Dağları civarında yetişen tek yıllık bir bitki türü olan kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) tohumları kinoaaya benzer eşsiz besinsel kompozisyonuyla dikkat çekmektedir. Tohumlar çorba, ekmekek ve kek yapımında direkt olarak kullanılabilirliği gib, öğütülmek suretiyle un biçiminde de satışa sunulmaktadır (Sanchez, 2012)

Rafine dilmiş tahıllara kıyasla kaniwa tohumlarının çok daha yüksek diyet lif (% 25), protein (% 15), karbonhidrat (% 58), yağ (% 5), esansiyel yağ asitleri ve biyoaktif maddeler içermesinin, iştah kontrolü ve doyunluk hissini teşviğinde rol aldığı bildirilmiştir. Tohumun gluten içermemesi çölyak hastaları için umut verici olmakla beraber, kinoanın aksine düşük triterpen saponin içeriğiyle de dikkat çekmektedir (Repo-Carrasco-Valencia ve ark., 2010).

Majör minerallerin vücuda alınması içinde önem taşıyan kaniwa tohumlarının 100 g tüketilmesi neticesinde günlük demir, fosfor ve kalsiyum ihtiyaçları sırasıyla % 83, 50 ve 17 oranlarında karşılanabilmektedir. Buna ek olarak tohumların % 8 civarında lignan ve 0.008 ppm düzeyinde fitat içerebildiği bildirilmiştir (Repo-Carrasco-Valencia ve ark., 2009).

Tohumların yüksek lipid ve diyet lif içeriğinin makarna formülasyonuna etkisinin test edildiği bir çalışmada (Bustos ve ark., 2019), nişasta-gluten matrisi oluşumunu olumlu yönde teşvik ettiği, protein kalitesi ve diyet lif içeriğini artırmak suretiyle besinsel kaliteyi de geliştirdiği ortaya konulmuştur. Makarna yapımında buğday ununun %20'si kadar kaniwa tohumunu kullanılması duyuusal ve nutrisyonel açıdan daha yüksek skorlara sahip olduğu gözlenmiştir.

2.4. Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench)

Polygonaceae familyası altında yer alan karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) bir pseudo-tahıl olmasına rağmen, tahıla benzer yönleri de farklı yönleri de bulunmaktadır. Ekolojik ve tarımsal isteklerinin az olması nedeniyle, yetiştiriciliği teşvik edilen başlıca 2 tür rapor edilmiştir; *Fagopyrum esculentum* Moench ve *Fagopyrum tartaricum* Gaerth (Hayit ve Gül, 2015).

Karabuğday tanesinin içerdiği aminoasit kompozisyonu, protein ve diyet lif düzeyleri tohumun ticari ve besinsel kalitesini etkileyen temel 2 parametredir. Bununla birlikte, B vitamini, C vitamini ve linoleik asit (C18:2) içeriği de dikkat çeken bileşenlerdir (Bonafaccia ve ark., 2003; Dizlek ve ark., 2009).

Diğer pseudo-tahıllarda rastlanmayan, antioksidatif etkiye sahip ve insan vücudunda sentezlenemeyen rutin ve quersetin gibi flavonoidlerin diyete sağlanmasında da karabuğday tohumları öne çıkmaktadır (Kreft ve ark., 200; Zhang ve ark., 2017).

Tohumun içerdiği tanen, fitik asit ve proteaz inhibitörlerinin protein sindirimini yavaş seyretmesi gibi olumsuz etkilere yol açabildiği bildirilmiştir (Skrabanja ve ark., 1998).

Karabuğday tohumunun rapor edilen sağlık üzerindeki olumlu etkileri arasında kolesterol ve trigliserit düzeylerinin indirilmesi, HDL düzeyindeki artışın teşvik edilmesi, diyabet, kanser ve kardiyovasküler bozukluklar gibi kronik rahatsızlıkların önüne geçilmesi (Stringer ve ark., 2013; Hosaka ve ark., 2014) yer almaktadır.

Sedej ve ark (2012) karabuğday kavuz kısmının, kavuzsuz taneye kıyasla çok daha yüksek rutin ve antioksidan kapasite değerine sahip olduğunu gözlemlemiştir. Benzer bir başka çalışmada ise (Zhang ve ark., 2017), karabuğday tanesinin kavuz, kepek ve endosperm kısımlarının farklı fenolik kompozisyona sahip olduğu tespit edilmiş ve Kavuz, kepek, endosperm kısımları için majör fenolik bileşenler sırasıyla vitexin/isovitexin, epicatechin gallate ve 1-O-Caffeoyl-6-O-rhamnopyranosyl-glycopyranoside biçiminde rapor edilmiştir.

Karabuğday unları glutensiz ürün formülasyonlarının hazırlanmasında sıklıkla tercih edilmeye başlanmıştır. Bunun yanısıra, yeşil gübre, kök boya gibi farklı kullanım alanları da bildirilmiştir (Birer, 2017).

2.5. Kinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)

Pseudo-tahıllar arasında yer alan kinoa tohumları, kaniwa tohumuna benzer şekilde And dağları civarından dünyaya yayılan, yüksek besinsel ve biyolojik değere sahip tek yıllık bir bitkidir. Yüksek protein, yağ, diyet lif ve mineral içeriğine ek olarak, mükemmel bir esansiyel aminoasit dengesine sahip olması onun “21 yüzyılın tahıllarından biri” olarak tanımlanmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca kinoa tohumlarının metabolik, kardiyovasküler ve hastrointestinal sistem üzerinde olumlu etkilere sahip saponinleri, steroller, fenolikleri ve fitoekdisteroidleri içermesi de birçok araştırmaya konu olmuştur (Vilcacundo ve Hernández-Ledesma, 2017).

Kompozisyonel açıdan incelendiğinde kinoa tohumlarının çoğunluğu albümin ve globülin fraksiyonlarından oluşmak üzere % 13-17 aralığında protein içeriğine sahip olduğu görülmektedir (James, 2009).

Protein içeriği kadar protein kalitesiyle de öne çıkan kinoa tohumları lizin, methionin ve treonin esansiyel aminoasitlerini de sırasıyla (2.4-7.8 mg, 0.3-9.1 mg ve 2.1-8.9 mg/100 gram düzeyinde içerdiği bildirilmiştir (Dini ve ark., 2005).

Toplam diyet lif içeriği (7-11 g/100 g) bakımından buğdaya yakın aralıklarla sergileyen kinoa tohumlarının şeker kompozisyonunda ise maltoz, D-galaktoz ve D-riboz'un baskın olduğu belirlenmiştir (James, 2009).

Diğer tahıllara kıyasla daha yüksek yağ içerdiği (5.5-7.4 g/100 g) rapor edilen kinoa tohumları, % 88 doymamış yağ asidi kompozisyonuyla ve E vitamini içeriğiyle dikkat çekmektedir (Repo-Carrasco ve ark., 2003).

Renk olarak 3 farklı türüne rastlanan (kırmızı, beyaz, siyah) kinoa tohumlarının her biri için yapılmış farklı klinik çalışmalar mevcuttur. Gluten içermeyen kinoa tohumları çölyak diyetinde önem taşımalarının yanısıra, laktoz intoleransı, kansızlık, diyabet, obezite gibi kronik rahatsızlıklara sahip kişilerin diyetinde de sıklıkla yer almaktadır (Navruz-Varlı ve Sanlier, 2016). Özellikle kinoanın dış kabuğunun saponinlerce zengin olması sindirimini engelleyen kritik bir faktör olmakla beraber, saponinlerin tohumun antifungal, antiviral, antitrombotik, diüretik ve antiinflamatuvar aktivitesi üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu rapor edilmiştir (Graf ve ark., 2015).

Kuljanabhagavad ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, kinoa bitkisinin farklı kısımlarından ekstrakte edilen triterpen saponinlerin rahim ağzı kanser hücreleri üzerinde sitotoksik etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Bunlara ek olarak kinoanın antioksidan, immunomodulator, sinir sistemini koruyucu, cilt yüzeyini koruyucu, mide bağışark sistemini düzenleyici, ACE inhibitör ve antidiyabetik özellikleri, literatürde rapor edilen biyolojik aktiviteler arasında yer almaktadır (Vilcacundo ve Hernández-Ledesma, 2017).

2.6 Siyah Pirinç (*Oryza sativa L.*)

- 1 Pirinç tüm dünya genelinde yaygın olarak tüketilen ve en iyi bilinen tahıl türlerinden bir tanesidir. Asya kıtası, özellikle de Çin dünya pirinç üretiminde % 95 lik bir paya sahip olup, tüketimde de önemli bir kısmı karşılamaktadır (Chaudhary, 2003).
- 2 Pirinç tanesinin perikarp, kepek ve aleuron tabakalarında yer alan bileşenlerin türüne ve miktarına bağlı olarak pirinç türleri beyaz, siyah, kırmızı ve kahverengi şeklinde adlandırılmaktadır. Polifenolik bileşenler pirinç varyetelerinin antioksidan kapasitesine katkı sağlayan majör bileşenler olarak kabul edilirler. Fenolik bileşenin türü varyeteye göre değişim sergilemekte olup, beyaz pirinç için fenolik asitler, kırmızı pirinç için de prosiyanidinler majör konumdadır (Zaupa ve ark., 2015). Siyah pirincin karakteristik rengi ise beyaz pirince kıyasla daha yüksek antosiyanin (327 mg/100g), özellikle de cyanidin-3-glukozid içeriğine (22.3-140.3 mg/100 g) sahip olmasıyla ilişkilendirilmektedir (Abdel-Aal ve ark., 2006; Frank ve ark., 2012).

- 3 Beyaz pirinçe kıyasla protein, B vitamini ve mineral içeriği bakımından da daha zengin olan siyah pirinç, rengi sebebiyle daha sağlıklı beslenmek isteyen tüketicilerin giderek daha fazla dikkatini çekmektedir (Suzuki ve ark., 2004).
- 4 Siyah pirinçten ekstrakte edilen antosiyaninlerin kanser hücrelerinin çoğalmasında inhibitör etki sergilediği (Chen ve ark., 2006), endotel hücreleri oksidasyon reaksiyonlarından koruduğu (Zhang ve ark., 2006), LDL ve trigliserit düzeylerindeki indirgenmeyle kalp krizi ve damar sertliği riskini azalttığı (Zawistowski ve ark., 2009) tespit edilmiştir.
- 5 Ling ve ark. (2001) tarafından yapılan bir araştırmada, beyaz, kırmızı ve siyah pirinç türlerinin hiperkolesterolemik deneklerde aterosklerotik plak oluşumu üzerine etkisi incelenmiştir. Beyaz pirinçle beslenen deneklerin serum HDL ve apolipoprotein düzeylerinin, kırmızı ve siyah pirinçle beslenen deneklere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna ilaveten kırmızı ve siyah pirinçle beslenen deneklerin kanında HDL kolesterol, antioksidan kapasite ve superoksit dismutaz değerleri de daha yüksek bulunmuştur.
- 6 İçerdiği antosiyaninlerden ötürü pH, sıcaklık ve ışığa karşı duyarlı olması, proses stabilitesini ve dolayısıyla endüstriyel uygulamalarını sınırlandıran etmenlerin başından gelmektedir. Siyah pirinç içeren kahvaltılık gevrekler, kurabiyeler ve siyah pirinç unu katkılı ekmekler raflarda yerini almaya başlayan ürünlerdir (Savaş, 2011).
- 7 **2.7 Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench)**
- 8 Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench), buğdaygiller ailesinin Andropogoneae familyasında yer alan, yüksek mahsul oluşturan, tek yıllık ve yazlık bir bitkidir. Sıcak iklim şartları ve su kıstıtlılığı gibi durumlara dayanıklı olması nedeniyle Afrika, Asya, Kuzey ve Güney Amerika'da yaygın olarak yetiştirilmektedir. Sorgum tanesinde ortalama %69-72 nişasta, %9-14 ham protein, %3 ham yağ, %2 ham selüloz ve %1.5 kül bulunduğu tespit edilmiştir (Kaplan ve Kızıllımşek, 2012; Girard ve Awika, 2018). Türkiye'de geniş ekim alanı bulunmayan sorgumun çoğu bölgede tane ve silajlık olarak ekimi gerçekleştirilmektedir (Akmeşe ve ark. 2016).
- 9 Sorgum ilave edilen diyetlerin metabolik olarak olumlu etkilere yol açtığı rapor edilmiştir. Tanenin özellikle de kepek fraksiyonunun içerdiği fenolik bileşenlerin, kondanse tanenlerin, polikosanollerin, stilbenlerin ve sterollerin özellikle kanser ve kalp-damar hastalıkları üzerinde pozitif sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Yüksek diyet lif içeriği ise diyabet ve obezite ile savaşılan bireylerin diyetinde avantaj sağlamakta ve gluten içeriğinin arpa, buğdaya kıyasla çok daha düşük olması nedeniyle gluten intoleransı olan bireyler tarafından tercih edilmektedir (Keskin ve ark. 2005; Dykes, 2019).
- 10 İn-vivo koşullarda gerçekleştirilen çalışmalar, sorgumda bulunan polifenollerin glukoz metabolizması ve insülin duyarlılığının iyileştirilmesinde, yağ akümüasyonu ve oksidatif stresin azaltılmasında rol oynadığını göstermektedir (Girard ve Awika, 2018).
- 11 Agah ve ark. (2017) beyaz sorgumdan ekstrakte edilen flavonların, kötü huylu tümörlere karşı antiinflamatuvar aktivite sergilediğini tespit etmiştir. Benzer diğer çalışmalarda, sorgum apigenin ve naringeninlerinin yetişkin farelerdeki kanser hücreleri (Yang ve ark. 2015), sorgum ekstraktındaki 3-Deoxyantosiyaninin ise insan akciğer kanser hücrelerinin çoğalması üzerine (Suganyadevi ve ark., 2013) engelleyici etkileri rapor edilmiştir.
- 12 Sorgumda bulunan polifenolik bileşenler, fonksiyonel gıda formülasyonları içinde dikkat çekicidir. Hafif aroması nedeniyle, diğer tahıl unları ile karıştırılmak suretiyle unlu mamüllerin üretiminde kullanılmaktadır. Sorgum pigmentlerinin ısıya dayanıklı olması gıda işleme koşulları için önemli bir avantajdır (Yang ve ark., 2014).

13 **2.8 Teff (*Eragrostis teff*)**

Teff, Kuzey Afrika'da bulunan Kuzey Etiyopya dağlık alanlarına has, çayırgüzeli bitkisinin bir türü olarak bilinen ve yılda bir kez ekilen bir tahıl grubudur. Beyaz, kırmızı ve kahverengi gibi üç çeşidi olan teff, dünyadaki en küçük hububat tanesi (çapı 1 mm'den daha küçük) olarak da bilinir ve bu küçük tohum özelliği sayesinde el yardımıyla geniş bir alana ekilip yetiştirilebilmektedir (Üke, 2016).

Teff tohumunun besinsel kompozisyonu incelendiğinde tanenin büyük kısmının (% 73) karbonhidratlardan oluştuğu görülmektedir. Dengeli aminoasit içeriğiyle dikkat çeken teff tohumunun içerdiği yağ miktarı ise, arpa ve çavdara kıyasla daha yüksek, mısır ve sorgumdan ise daha düşük kaydedilmiştir (Sarı ve Tiryaki, 2018).

Demir içeriğince zengin olan teff demir eksikliğinin giderilmesinde mühim bir alternatif bitki olarak kabul edilmektedir. Yapılan bir çalışmada % 30 düzeyinde teff unu ile zenginleştirilen buğday ekmeğinin demir içeriğinin iki kat fazla olduğu ortaya koyulmuştur (Alaunyte ve ark., 2012).

Teff tohumlarının ve unlarının ısıyla yoğun bir kıvam almasından ötürü çorbalarda kıvam artırıcı olarak kullanılabilceği ve çiğ olarak da salatalarda tüketilebileceği bildirilmiştir (Sarı ve Tiryaki, 2018).

3. Kaynaklar

- [1] Abdel-Aal, E. S. M., Young, J. C., & Rabalski, I. (2006). Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(13), 4696-4704.
- [2] Agah, S., Kim, H., Mertens-Talcott, S. U., & Awika, J. M. (2017). Complementary cereals and legumes for health: Synergistic interaction of sorghum flavones and cowpea flavonols against LPS-induced inflammation in colonic myofibroblasts. *Molecular nutrition & food research*, 61(7), 1600625.
- [3] Akmeşe, V., Sertkaya, E., Yücel, C. (2016). Türkiye’de sorgumda yeni bir zararlı, *Atherigona varia* (Meigen, 1826) (Diptera: Muscidae). *Türk. entomol. bült.*, 2016, 6(3): 261-268 ISSN 2146-975X
- [4] Alaunyte, I., Stojceska, V., Plunkett, A., Ainsworth, P., & Derbyshire, E. (2012). Improving the quality of nutrient-rich Teff (*Eragrostis tef*) breads by combination of enzymes in straight dough and sourdough breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 55(1), 22-30.
- [5] Babu, N. R., Divakar, J., Krishna, U. L., & Vigneshwaran, C. (2018). Study of antimicrobial, antioxidant, Anti-inflammatory activities and phytochemical analysis of cooked and uncooked different spinach leaves. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 1798-1803.
- [6] Barreto, A. D., Gutierrez, É. M., Silva, M. R., Silva, F. O., Silva, N. O., Lacerda, I. C., ... & Araújo, R. L. (2016). Characterization and Bioaccessibility of Minerals in Seeds of *Salvia hispanica* L. *American Journal of Plant Sciences*, 7(15), 2323.
- [7] Beloshapka, A., Buff, P., Fahey, G., & Swanson, K. (2016). Compositional analysis of whole grains, processed grains, grain co-products, and other carbohydrate sources with applicability to pet animal nutrition. *Foods*, 5(2), 23.
- [8] Birer, E. (2017). Türkiye’de Karabuğday Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Sosyo-Ekonomik Yapısı ve Geliştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Isparta, Türkiye
- [9] Bonafaccia, G., Marocchini, M., & Kreft, I. (2003). Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food chemistry*, 80(1), 9-15.
- [10] Boukhary, R., Aboul-Ela, M., Al-Hanbali, O., & El-Lakany, A. (2018). Chemical Constituents from *Salvia fruticosa* libanotica. *Pharmacognosy Journal*, 10(1).
- [11] Boz, H. (2013). *Amaranthus* Spp: Kimyasal Bileşimi ve Fırın Ürünlerinde Kullanımı. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2013, Cilt 27, Sayı 2, 147-153
- [12] Bustos, M. C., Ramos, M. I., Pérez, G. T., & León, A. E. (2019). Utilization of Kañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Flour in Pasta Making. *Journal of Chemistry*, 2019.
- [13] Chaudhary, R. C. (2003). Speciality rices of the world: Effect of WTO and IPR on its production trend and marketing.
- [14] Chen, P. N., Kuo, W. H., Chiang, C. L., Chiou, H. L., Hsieh, Y. S., & Chu, S. C. (2006). Black rice anthocyanins inhibit cancer cells invasion via repressions of MMPs and u-PA expression. *Chemico-biological interactions*, 163(3), 218-229.
- [15] Cherian, P., & Sheela, D. (2016). Antimicrobial activity of Amaranth Alkaloid against pathogenic microbes. *International Journal of Herbal Medicine*, 4, 70-72.
- [16] De Moura, F. F., Lewis, K. D., & Falk, M. C. (2009). Applying the FDA definition of whole grains to the evidence for cardiovascular disease health claims. *The Journal of nutrition*, 139(11), 2220S-2226S.
- [17] Dini, I., Tenore, G. C., & Dini, A. (2005). Nutritional and antinutritional composition of *Kancolla* seeds: an interesting and underexploited andine food plant. *Food Chemistry*, 92(1), 125-132.
- [18] Dizlek, H., Özer, M. S., İnanç, E., Gül, H. (2009). Karabuğday’ın (*Fagopyrum Esculentum* Moench) Bileşimi ve Gıda Sanayiinde Kullanım Olanakları. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana.
- [19] Dykes, L. (2019). Sorghum Phytochemicals and Their Potential Impact on Human Health. In *Sorghum* (pp. 121-140). Humana Press, New York, NY.
- [20] Ergun, M., Özbay, N., Osmanoglu, A., Çalkır, A. (2014). Sebze ve Tahıl Olarak Amaranth (*Amaranth spp*) Bitkisi. Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 4(3): 21-28, 2014
- [21] Frank, T., Reichardt, B., Shu, Q., & Engel, K. H. (2012). Metabolite profiling of colored rice (*Oryza sativa* L.) grains. *Journal of Cereal Science*, 55(2), 112-119.
- [22] Gazem, R. A., Puneeth, H. R., Madhu, C. S., & Sharada, A. C. (2016). Physicochemical Properties and in Vitro Anti-Inflammatory Effects of Indian Chia (*Salvia hispanica* L.) Seed Oil. *Journal of Pharmacy and Biological Science*, 11, 1-8.
- [23] Girard, A. L., & Awika, J. M. (2018). Sorghum polyphenols and other bioactive components as functional and health promoting food ingredients. *Journal of cereal science*.
- [24] Graf, B. L., Rojas-Silva, P., Rojo, L. E., Delatorre-Herrera, J., Baldeón, M. E., & Raskin, I. (2015). Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 14(4), 431-445.
- [25] Grancieri, M., Martino, H. S. D., & Gonzalez de Mejia, E. (2019). Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as a source of proteins and bioactive peptides with health benefits: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 480-499.
- [26] Hayit, F., Gül, H. (2015). Karabuğdayın Sağlık Açısından Önemi ve Unlu Mamüllerde Kullanımı. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2015, Cilt 29, Sayı 1, 123-13
- [27] Hosaka, T., Sasaga, S., Yamasaka, Y., Nii, Y., Edazawa, K., Tsutsumi, R., ... & Sakai, T. (2014). Treatment with buckwheat bran extract prevents the elevation of serum triglyceride levels and fatty liver in KK-Ay mice. *The journal of medical investigation*, 61(3.4), 345-352.
- [28] James, L. E. A. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in food and nutrition research*, 58, 1-31.
- [29] Kaplan, M., Kızıllı, Şimşek, M., (2012). Farklı tane sorgum (*Sorghum bicolor* L.) hat ve çeşitlerinin besleme değerlerinin belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 28(1): 11-14. ISSN 1012-2354

- [30] Kreft, I., Fabjan, N., & Yasumoto, K. (2006). Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products. *Food Chemistry*, 98(3), 508-512.
- [31] Kuljanabhagavad, T., Thongphasuk, P., Chamulitrat, W., & Wink, M. (2008). Triterpene saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. *Phytochemistry*, 69(9), 1919-1926.
- [32] Ling, W. H., Cheng, Q. X., Ma, J., & Wang, T. (2001). Red and black rice decrease atherosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits. *The Journal of nutrition*, 131(5), 1421-1426.
- [33] Mudgil, P., Omar, L. S., Kamal, H., Kilari, B. P., & Maqsood, S. (2019). Multi-functional bioactive properties of intact and enzymatically hydrolysed quinoa and amaranth proteins. *LWT*, 110, 207-213.
- [34] Navruz-Varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 69, 371-376.
- [35] Orifici, S. C., Capitani, M. I., Tomás, M. C., & Nolasco, S. M. (2018). Optimization of mucilage extraction from chia seeds (*Salvia hispanica* L.) using response surface methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(12), 4495-4500.
- [36] Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. E. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food reviews international*, 19(1-2), 179-189.
- [37] Repo-Carrasco-Valencia R, Acevedo de la Cruz A, Icochea Alvarez JC, and Kallio H. (2009). "Chemical and functional characterization of kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) grain, extrudate and bran." *Plant Foods Hum Nutr*. 64: 94-101.
- [38] Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J. M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1), 128-133.
- [39] Robert, B. (2018). *Amaranth Oil: Composition, Processing, and Nutritional Qualities*. *Amaranth Biology, Chemistry, and Technology*, 133-141.
- [40] Sanchez, K. A. (2012). Observations regarding consumption of Peruvian native grains (Quinoa, Amaranth and Kañiwa), weight status, and perceptions of potential risk factors, warning signs and symptoms of type 2 diabetes among Peruvian adults: a case study (Doctoral dissertation).
- [41] Sarı, U., Tiryaki, İ. (2018). Alternatif Tahıl: Eskinin Unutulmuş Yeni Bitkisi Tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter). *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 21(3):447-456 DOI:10.18016/ksudobil.328540
- [42] Savaş, G., 2011, Farklı Pişirme Yöntemlerinin Siyah Pirincin Fenolik Bileşenleri ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [43] Sedej, I., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., Tumbas, V., & Čanadanović-Brunet, J. (2012). Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grain and fractions: antioxidant compounds and activities. *Journal of food science*, 77(9), C954-C959.
- [44] Skrabanja, V., Laerke, H.N., Kreft, I. Effects of hydro-thermal processing of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats on starch enzymatic availability in vitro and in vivo in rats. *Journal of Cereal Science*, 28 (1998), pp. 209-214
- [45] Stringer, D. M., Taylor, C. G., Appah, P., Blewett, H., & Zahradka, P. (2013). Consumption of buckwheat modulates the post-prandial response of selected gastrointestinal satiety hormones in individuals with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism*, 62(7), 1021-1031.
- [46] Suganyadevi, P., Saravanakumar, K. M., & Mohandas, S. (2013). The antiproliferative activity of 3-deoxyanthocyanins extracted from red sorghum (*Sorghum bicolor*) bran through P53-dependent and Bcl-2 gene expression in breast cancer cell line. *Life sciences*, 92(6-7), 379-382.
- [47] Suzuki, M., Kimura, T., Yamagishi, K., Shinmoto, H., & Yamaki, K. (2004). Comparison of mineral contents in 8 cultivars of pigmented brown rice. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology* (Japan).
- [48] Üke, Ö., 2016, Kinoa ve Teff Bitkilerinde Hasat Zamanının Ot Verim ve Kalitesi Üzerine Etkisi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri
- [49] Vilcacundo, R., & Hernández-Ledesma, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Current Opinion in Food Science*, 14, 1-6.
- [50] Yang, L., Allred, C. D., & Awika, J. M. (2014). Emerging evidence on the role of estrogenic sorghum flavonoids in colon cancer prevention. *Cereal Foods World*, 59(5), 244-251.
- [51] Yang, L., Allred, K. F., Dykes, L., Allred, C. D., & Awika, J. M. (2015). Enhanced action of apigenin and naringenin combination on estrogen receptor activation in non-malignant colonocytes: implications on sorghum-derived phytoestrogens. *Food & function*, 6(3), 749-755.
- [52] Zaupa, M., Calani, L., Del Rio, D., Brighenti, F., & Pellegrini, N. (2015). Characterization of total antioxidant capacity and (poly) phenolic compounds of differently pigmented rice varieties and their changes during domestic cooking. *Food chemistry*, 187, 338-347.
- [53] Zawistowski, J., Kopec, A., & Kitts, D. D. (2009). Effects of a black rice extract (*Oryza sativa* L. indica) on cholesterol levels and plasma lipid parameters in Wistar Kyoto rats. *Journal of Functional Foods*, 1(1), 50-56.
- [54] Zhang, M. W., Zhang, R. F., Guo, B. J., Chi, J. W., Wei, Z. C., & Xu, Z. H. (2006). The protective effects of anthocyanidin extracted from black rice fraction on endothelial cells injured by oxidative stress. *Acta Nutrimenta Sinica*, 28(3), 216-220.
- [55] Zhang, W., Zhu, Y., Liu, Q., Bao, J., & Liu, Q. (2017). Identification and quantification of polyphenols in hull, bran and endosperm of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) seeds. *Journal of functional foods*, 38, 363-369.

FARKLI GIDA ZİNCİRLERİNDE TAKLİT VE TAĞŞIŞ RİSKLERİ

Fatma Şener, Ayşe Merve Aydoğan, Buket Aydeniz-Güneşer*

Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü 1 Eylül Kampüsü, Uşak, Türkiye

fatma.senerr@outlook.com; merveyaydogan000@gmail.com; buket.guneser@usak.edu.tr

*Sorumlu Yazar

Özet

Gıdalarda taklit ve tağşış tüm dünya genelinde rastlanan önemli bir problem halini almıştır. Taklit ve tağşış olgusu sadece gıda güvenliği ve insan sağlığı için problem olmayıp, ülkelerin ekonomileri üzerinde de etkili olmaktadır. Tüketici bilinci ve duyarlılığı gıdalarda taklit ve tağşışın önlenmesinde kritik role sahiptir.

Gıda tağşışleri başlıca 3 alt grupta sınıflandırılabilir; metalik kontaminasyon, tesadüfi/rastlantısal tağşış ve planlanmış/bilinçli tağşış. Arsenik, kurşun, civa gibi metalik kontaminasyonlar kazara oluşabileceği gibi üretim hattında kullanılan makine-ekipmanlardan, konserve kutularından ve sudan kaynaklanabilmektedir. Pestisit kalıntıları, kemirgenler, larva gibi tesadüfi/rastlantısal tağşışler, işçilerin dikkatsizliği, ihmalkarlığı yada uygun olmayan üretim ve hasat koşulları vasıtasıyla ortaya çıkabilmektedir. Kum, çakıl, çamur, mineral yağ gibi planlanmış/bilinçli tağşış unsurları ise gıda maddesine üretim maliyetlerinin azaltılması ve yasal olmayan amaçlarla katılmış olup, insan vücudu üzerinde zararlı etkilere yol açmaktadır. Rapor edilen gıda tağşışleri arasında, süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri, yemeklik yağlar, fırıncılık ürünleri, meyve suları gibi popüler gıda grupları yer almaktadır. Bununla birlikte baharatlar, pekmez ve bal ürünleri de tağşışe imkan veren ürünler olarak kabul edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Taklit · Tağşış · Gıda güvenliği · Gıda zinciri

1. Güvenli Gıda ve Güvenilir Gıda

Tüm dünyada insanların yaşamlarını kaliteli bir şekilde sürdürebilmeleri, fiziksel ve zihinsel bakımdan gelişebilmeleri için vücutlarına yeterli miktarda gıda almaları elzem olup, tercih edilen gıda maddesinin insan sağlığını herhangi bakımdan tehdit etmemesi gerekmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ‘ne göre en temel hak olan gıda hakkı, bireyin yaşaması için yeterli ve güvenilir gıdaya erişim sağlaması anlamına gelmektedir. Toplumlarda öncelikli amaç, yeterli düzeyde gıda sağlarken aynı zamanda insan sağlığını da en üst düzeyde korumaktır. Tam bu noktada ise karşımıza iki kavram çıkmaktadır; gıda güvenliği ve güvenilir gıda (Anonim, 2018a).

Gıda güvenliği, insan sağlığı ve ekonomik açıdan son yıllarda sık sık karşımıza çıkan ve önemi gün geçtikçe artan bir sorun haline gelmeye başlamıştır. Bunun yanısıra, toplumların ve sektörlerin sosyal hayatlarını ve yaşam kalitesini de etkilemektedir. Yani geniş anlamda bakılacak olursa, gıda güvenliği toplum sağlığını ciddi anlamda etkileyeceği için dolaylı yoldan iş veriminin düşüşüne ve en nihayetinde ülke ekonomisinin olumsuz etkilenmesine sebep olacaktır (Anonim, 2018b)

Gıda güvenliği; sorunsuz ve hiçbir kusur bulundurmayan anlamda gıdaları tüketime uygun hale getirmek amacıyla gıdaların birincil üretiminden tüketimine kadar geçen sürede gerekli kural ve mevzuatlara uyulması ve önlemlerin alınması olarak tanımlanabilmektedir. Yani kısaca gıda güvenliği tüketime uygun tüm gıdalarda karşılaşılabilecek her türlü zararın uzaklaştırılması ve önlenmesi için alınan tüm tedbirlerin bütünü olarak ifade edilebilmektedir. Gıda güvenilirliği ise; gıdalarda hastalık oluşturabilecek her türlü etkenleri önleyerek ve gerekli tedbirleri alarak, üretimden tüketime kadar sorunsuz bir şekilde tüketiciye ulaştırılmasını tanımlayan bir döngü olarak tanımlanabilir. (Anonim, 2018c)

Genel olarak tüketiciler, piyasaya sunulan gıdalarda bilinçli ya da bilinçsiz şekilde tağşış yapıldığını ve tağşış edilen gıdaların olumsuz etkilerine maruz kaldıklarını düşünmektedirler. Gıdalara yapılan taklit ve tağşışın ölçütünü ve tüketicinin hem sağlık hem de ekonomik açıdan kaybını göz önünde bulundurursak, gıdaların tağşış edilmesiyle oluşan riskler endişe edilebilecek seviyelere ulaşmaktadır. Çeşitli süt ürünlerinde, et ürünlerinde, bal, baharat, yemeklik yağlar gibi ürünlerde tağşış yapılması, ticari açıdan kar elde etme düşüncesiyle tüketiciyi aldatmak, yanıltmak, taklit etmek için gıda katkı maddelerinin kullanımının yaygınlaşması mevzuata uygun olmayan oranlarda gıdaya ilave edilmesi ve hijyenik kurallarla alakasız uygulamaların sık sık yapıldığı gözler önündedir (İlbeği, 2003).

2. Gıdalarda Taklit ve Tağşış

Gıdalarda tağşış, ürünlere temel özelliğini veren madde, madde bileşimi veya besin unsurlarının mevzuata aykırı bir şekilde o üründen çıkarılması, miktarının azaltılması/arttırılması, içindeki bir maddenin başka bir maddeyle yerinin değiştirilmesi ya da ürüne dışarıdan tamamen yabancı madde karıştırılıp ürünün safsızlığının bozulması anlamına gelmektedir. Gıda sektöründe ise tağşışın önemli iki amacı vardır; bunlardan ilki insan sağlığına herhangi olumsuz bir etkide bulunmadan, daha sağlıklı, daha uzun raf ömrüne sahip, fonksiyonel gıda üretimini amaçlarken, diğeri ise daha yüksek kalitedeki ürüne daha düşük kalitede maddeler katılarak maliyeti düşürmeyi, kar amacı güderek yapılan değişiklikleri ve düşük kalitede ürün üretmeyi hedef almaktadır (Bucak, 2016).

Gıdalarda taklit ise hepimizin daha yakından bildiği gibi gıda maddesinin veya gıdayla temastaki madde ve malzemelerin şeklinin, bileşiminin, niteliklerinin veya kendisinde olmayan özelliklerinin var gibi gösterilmesidir. Ürünlerin şekil, bileşim, bazı nitelikler,

görünüş olarak başka bir ürünün aynısı gibi gösterilmesi olarak da tanımlanabilir (Bucak, 2016). Bu derlemede kırmızı et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, meyve suları, yemeklik yağlar, ekmekek ve pekmezde rastlanan taklit ve tağşişlere ait bilgiler ele alınacaktır.

2.1. Kırmızı Ette Rastlanan Taklit ve Tağşişler

Kırmızı et iyi bir besin kaynağı olması sebebi ile bu üründen daha fazla yararlanabilmek için çeşitli teknolojilerle kırmızı et ürünleri üretilmektedir. Kırmızı etin bu denli popüler olması ve ürün çeşitliliğinin giderek artması sebebinin altında et proteinlerinin %95-96, et yağlarının ise %93-94 düzeyinde sindirilebilir nitelikte olması, esansiyel amino asitleri içermesi ve yüksek biyolojik değere sahip olması yatmaktadır. Kahvaltılarımızı ve sofralarımızı çeşitlendiren bu tür ürünler üretim aşamaları sebebiyle ve üreticilerin güttüğü kar miktarı nedeniyle bir takım hilelere açıktır ve gıdalara yapılan bu hileler sağlığımız için de çeşitli riskler oluşturabilirler. Kırmızı ette yapılan ve risk arz eden taklit ve tağşişleri aşağıdaki başlıklar altında inceleyebiliriz;

2.1.1. Nitrat ve Nitrit Tuzları Kullanımı

Et ürünlerinin dayanıklılığının artırılması, lezzet-aroma verilmesi ve çeşitli risklerden korumak için kütleme yapılması gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan en yaygın katkı maddesi nitrit ve nitrat tuzlarıdır. Bazı ülkelerde (örneğin Norveç) nitrat ve nitritin zararlı etkilerinden korunmak için bunların kullanımı tamamen yasaklanmıştır. Diğer ülkelerde ise bir mevzuata uymak şartıyla, nitrat ve nitrit tuzlarının kullanımına izin verilmiştir (Öztañ & Vural, 1991). Emülsifiye et olarak bilinen salam ve sosis gibi ürünlere Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne göre 150 mg/kg sodyum nitrit kullanılabilirken, bu değere sodyum nitrat için 300 mg/kg' a kadar çıkmaktadır (TGK, 2012a).

Nitrat ve nitrit kullanımında kullanılan doz çok önemlidir. Kullanılması gereken miktarın altında olması halinde, mikrobiyolojik bozulmalar ve üründe istenmeyen renk değışiklikleri meydana gelebilirken, aşırı kullanımında ise kalıntı nitrit miktarı artarak toksik etkiye ve kanserojen özelliğe sahip nitrozaminleri oluşturmaktadır (Öztañ, Vural, & Helvacı, 1991).

2.1.2. Soya Ürünleri Kullanımı

Türk Gıda Kodeksine (2018) göre, sucuk çeşitlerine, köfteye, dönere ve pastırmaya hayvansal ürünlerden elde edilen proteinler, soya veya nişasta ve hatta soya ve nişasta içeren ürünler ilave edilemeyecektir (TGK, 2018). Ancak bu tebliğ emülsifiye et ürünleri için geçerli değildir. Fermente edilmemiş soyanın, protein sindiriminde rol alan tripsin aktivitesini düşürebileceği, içerdiği fitatların mineral maddeleri bağlayarak kandaki miktarlarını azaltacağı, D vitamini eksikliği, alerji, osteoporoz, hazımsızlık, tiroid hastalıkları gibi kronik rahatsızlıklara yol açabileceği bildirilmiştir. Fermantasyonun bu olumsuz etkileri giderdiği rapor edilmişse de piyasada satışı sunulan salam ve sosisin içine çoğunlukla fermente olmamış soyanın katkılındığı tespit edilmiştir (Serkan, 2006).

2.1.3. Mekanik Kıyma Katılması

Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği'nin eski uygulamalarında emülsifiye et ürünlerinde, kemiğe yapışmış olan etin mekanik olarak ayrılması (mekanik olarak ayrılmış kanatlı et) kullanımına belli şartlar altında izin verilirken, son yapılan düzenlemelere bakılarak tebliğin kapsadığı hiçbir ürüne ilave edilmesi uygun görülmemektedir. Bu tip etlerin maliyetinin olması gerekenden daha düşük olması ve merdiven altı diye tabir edilen biçimde üretilmesi, kullanılması olanağını ortadan kaldırmaktadır. Mekanik olarak ayrılmış etlerin hamur kıvamında olması mikroorganizma yükünü artırdığı için elle ayrılmış etlere göre mikrobiyolojik açıdan bozulması daha kolaydır (Yuste, Mor-Mur, Capellas, Guamis, & Pla, 1998). Mekanik olarak ayrılmış etler olarak üretilen ürünlerin diğer bir problemi ise hamur halinde olması ve yüzey alanının geniş olması sebebi ile hızlı acılaşıma, kötü koku ve oksidatif değışimlere olanak sağlamasıdır (Lee, Williams, Sloan, & Littell, 1997).

2.1.4. Farklı Et Türlerinin Varlığı

Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği'nin daha önceki uygulamalarında et ürünleri üretiminde kırmızı et ve kanatlı etlerinin belirli miktarlarda karıştırılmasına izin verilirken, Bakanlık tarafından emülsifiye et ürünlerinde hileli gıda üretiminin önüne geçebilmek için, Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği (2018)'nde son yapılan düzenleme ile bu uygulama tamamen yasaklanmıştır. Bu düzenlemeye göre kırmızı etler kendi içerisinde, kanatlı et gruplarının ise kendi içerisinde belirli miktarda karıştırılmasına izin verilmiştir. Örneğin tavuk eti ile hindi etinin karışımından sucuk, salam, sosis gibi ürünler elde edilebilmektedir (TGK, 2018).

Daha önce yapılmış bir araştırmaya göre, 450 adet et ve et ürününün analizi esnasında normalde ürünün etiketi üzerinde tamamen sığır eti yazmasına rağmen % 19'unun kanatlı etinden ve % 16'sının ise at etinden olduğu tespit edilmiştir (Günşen, Aydın, Ovalı, & Coşkun, 2006).

2.2. Kırmızı Et Ürünlerinde Rastlanan Taklit ve Tağşişler

Kırmızı et direkt olarak satılabildiği gibi çeşitli işlem ve kombinasyonlarla köfte, kıyma, salam, sucuk, sosis, pastırma gibi birçok ürün halinde piyasaya sunulmaktadır (Gürbüz, 2016).

2.2.1. Taze Kırmızı Et

Kasap reyonlarında yapılan taklitlerin başında reyonların ışıklandırılmaları gelmektedir. Reyon ışıklandırılmasında kullanılan lambalar taze etlerin daha canlı görünmesini sağlarken renklerinin de daha farklı görünmesine olanak sağlar. Taze etlerde yapılan diğer önemli olan hile ise parça etlere kimyasal bir madde enjekte edilerek etin hacim ve ağırlığının artırılmasıdır. Genellikle enjekte ile ağırlığı artırılmış etler daha sulu görünümle birlikte renkleri de olması gerekenden daha parlaktır (Anonim, 2018d).

2.2.2. Kıyma

Kıyma; kasaplık etlerin kemiklerinden ayrılıp farklı yöntem ve yollarla küçük parçalar haline getirilen et ürünü olarak tanımlanmaktadır. Kıymada en çok rastlanan taşışların başında piyasada daha ucuz mal edilen hindi ve tavuk gibi kümes hayvanlarının deri, kemik, kafa, boyun, ayak, tırnak, sakatat gibi kısımlarının kıyma makinasından geçirilip kırmızı boya ilave ederek piyasaya sunulmasıdır. Bazı durumlarda da gıda boyası yerine direkt hayvanın kanın ilavesiyle de yapılmaktadır. Günümüzde çokça rastlanan taşışlara bir başka örnek olarak at, eşek, domuz gibi tüketime uygun olmayan hayvanların et ve sakatatlarından kıyma yapıp piyasaya sürülmesidir (Anonim, 2018d).

2.2.3. Köfte

Köfte; büyükbaş ve küçükbaş hayvan etlerinin küçük parçalara ayrıldıktan sonra en az birinin veya birkaçının etlere karıştırılarak ya da karıştırılmadan lezzet vericiler ile belli kombinasyonlarda hazırlanan pişmiş ya da pişirilmeye hazır et ürünüdür (TGK, 2018). Köfte, yapısı ve içeriği nedeni ile taşış davetiye çıkarıcı et ürünüdür. Çünkü köftenin ana malzemesi zaten en çok taşış yapılabilen et ürünü olan kıymadır. Ayrıca köftede yapılacak olan taşış baharatlar ile kolayca ört bas edilebildiği gibi gıda boyası ile de aynı etki sağlanabilmektedir. Köftede kullanılan kıymanın taşışlı olması dışında köfte yapım aşamasında yapılan diğer bir hile, köftede kullanılacak kıyma yerine et kaynaklı olmayan fakat ürüne ilave edildiğinde fark edilmeyen tüketiciyi tamamen aldatmak amaçlı ürünlerin köfte içinde kullanılmasıdır. Ayak, tırnak, kafa, yağ, kemik gibi tüketime uygun olmayan hayvan parçalarının da üretim esnasında hile amacıyla katıldığı bildirilmiştir (Anonim, 2018d).

2.2.4. Sucuk

Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği'ne (2018) göre sucuk fermente sucuk ve ısıtılmış sucuk olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. İki ürün arasındaki en temel fark, fermente sucukta ki nem oranının %40 olması iken, ısıtılmış sucuktaki nem oranının %50 olması ve ısıtılmış sucuk olmasıdır (TGK, 2018). Köftele benzer biçimde sucukta baharat açısından zengin bir içeriği sahip olduğundan dolayı yapılan hilelere ve taşış açığı bir et ürünüdür. Sucuk yapımında dana eti yerine kümes hayvanlarının, sakatatları, derileri, kemikleri vb. kısımlarının sucuğun içine ilave edilmesi, satış bayilerince küflenme, bozulma ve tavsiye edilen tüketim tarihinin geçmesi gibi sebeplerden dolayı iade edilmiş sucukların yeni üretilecek olan sucukların içerisine karıştırılması en bilinen taklit ve taşışler arasında yer almaktadır (Anonim, 2018d).

2.3. Süt Endüstrisinde Rastlanan Taklit ve Taşışlar

Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği 'ne (2000) göre süt; bir veya daha fazla inek, keçi, koyun veya mandanın sağılmasıyla elde edilen, 40°C' nin üzerine ısıtılmamış veya eşdeğer etkiye sahip herhangi işlem görmemiş kolostrum dışındaki meme bezi salgısıdır (TGK, 2000).

Süt ve süt ürünleri grubu içerisinde peynir, tereyağı, yoğurt, kaymak, krema, kefir, ayran ve süt tozu gibi ürünler kalsiyum, fosfor, protein, B2 ve B12 vitaminleri başta olmak üzere değerli öğelerinin önemli kaynakları kabul edilmektedir (Bilgiç & Ayar, 2014).

2.3.1. Çiğ Sütte Rastlanan Taklit ve Taşışlar

Koruyucu Madde Kullanımı

Uygun sağım, depolama ve transfer koşullarının (0-4°C) sağlanmadığı durumlarda başvurulan en tehlikeli taşışların başında süt içerisine soda, hidrojen peroksit ve benzeri kimyasal katkı maddelerinin katılması gelmektedir. Çiğ süte bu tür koruyucuların eklenmesi sonucu ısıtılmış ve fermentasyon proseslerinde sorunlar açığa çıkmaktadır. Böylelikle üretici kar ettiğini düşünürken, tüketici yapılan taşış sebebi ile maddi zarara uğramaktadır (Bilgiç & Ayar, 2014).

Süte Su Katılması:

Süte su ilave etmek yapılabilen en ucuz ve basit hilelerin başında gelmektedir. Üretici süte su ilave ederek süt miktarını arttırdığını düşünüp kar elde etmek istese de, bu olay süt kalitesini oldukça düşürerek hem üretici firmayı hem de tüketiciyi olumsuz etkilemektedir (Bilgiç & Ayar, 2014).

Sütün Yağını Almak:

Sütün maliyetini düşürüp daha fazla kazanç elde etmek isteyen bazı firmalar ve üreticiler sütün yağının bir kısmını alarak farklı süt ürünlerinin yapımında (tereyağı, krema ve benzeri) kullanımda kullanılabilir. Normal bir inek sütündeki yağ oranı %3.5-4.2 arasında olması gerekirken kısmen de olsa yağı alınmış sütlerde ki yağ oranı %1.5-2 oranına kadar düşebilmektedir. Bu tür sütler ile yapılan süt ürünleri kısmen daha yağsız olmaktadır (Bilgiç & Ayar, 2014).

2.3.2. Süt Ürünlerinde Rastlanan Taklit ve Taşışlar

Yoğurt

Türk Gıda Kodeksi, Fermente Süt Ürünleri Tebliği' ne göre (2009) fermentasyonda spesifik olarak Streptococcus thermophilus ve Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus' un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünü yoğurt olarak tanımlanmaktadır. Tüketici yoğurt yapısının sert ve kıvamlı olmasını daha çok tercih ettiğinden dolayı, bazı üreticiler yoğurt yapım aşamasındaki sütlere nişasta, un, pektin gibi yoğurdun içerisinde bulunmaması gereken maddeler ilave edip yoğurdun yapısını hileli bir biçimde değiştirebilmektedirler. Örneğin, jelatin kullanılması başlı başına bir hile olduğu gibi bu jelatin maddesinin domuzdan elde edilmiş olma olasılığı hem taşış açısından hem de müslüman ülkelerde manevi açıdan tüketicileri zor bir duruma

sokabilmektedir. Yoğurt yapımında yapılan bir başka taşış ise kaymaklı olarak piyasaya sürülen yoğurtlarda yağı çekilmiş olan bir süt kullanarak, bu sütün üzerine ince bir peçete yerleştirip sütteki yağın peçete üzerine toplanmasını sağlamak ve kaymak görünümünü oluşturmaktır. Süt değerlerinin olması gerektiği değerlerin altında olduğu durumlarda süte, süt tozu ve peynir altı suyu tozu gibi maddelerin ilave edilerek yoğurt yapılması ise başka bir taşış örneğidir (Anonim, 2018e).

Beyaz Peynir

Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (2015)'ne göre beyaz peynir, hammaddenin peynir mayası kullanılarak pıhtılaştırılması ile elde edilen telemenin, tekniğine uygun olarak işlenmesiyle üretilen, üretim aşamalarındaki farklılıklara göre taze veya olgunlaştırılmış olarak tanımlanabilen, çeşidine özgü karakteristik özellikler gösteren salamuralı peyniri ifade etmektedir. Normal şartlarda beyaz peynir yapım aşamasında normal süt kullanılması gerekirken maliyeti düşürüp daha fazla kazanç elde etmek için bazı firma ve üreticiler peynir altı suyunu kaynatarak ayrıca bu suya da kıvam sağlamak için peynir yapımında kullanılmaması gereken nişasta, un, kireç gibi maddeler ilave ederek hileli bir ürün elde edebilmektedir (Anonim, 2018e).

Kaşar Peyniri

Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (2015)'ne göre kaşar peyniri, hammaddenin peynir mayası kullanılarak pıhtılaştırılması ile elde edilen telemenin tekniğine uygun olarak işlenmesi ile üretilen, üretim aşamalarındaki farklılıklara göre taze veya olgunlaştırılmış olarak tanımlanabilen ve çeşidine özgü karakteristik özellikler gösteren telemesi haşlanan peyniri ifade etmektedir. Kaşar peynirlerinde en sıklıkla yapılan taşışların başında, son tüketim tarihi dolmuş ve geri iade edilmiş kaşar peynirlerinin eritilip tekrar yeniden üretimde kullanılması gelmektedir. Diğer yapılan bir hile ise kaşarda kullanılması gereken süt miktarının azaltılıp bunun yerine kıvam sağlaması için üretim aşamasında kaşar peynirine patates püresi ilave edilmesidir. Bu durumda kaşar peynirinde maliyet düşer, üretici bu durumda avantajlı bir duruma geçerken tüketici hem maddi anlamda hem de manevi anlamda zararlara maruz kalmaktadır (Anonim, 2018e).

Tereyağı

Türk Gıda Kodeksi Tereyağı, Diğer Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürünler ve Sadeyağ Tebliği (2005b)' ne göre tereyağı, ağırlıkça en az %80, en fazla %90 oranında süt yağı, en fazla %2 oranında yağsız süt kuru maddesi ve en fazla %16 oranında su içeriğine sahip ürün olarak tanımlanmaktadır. Ancak bazı hilekâr gıda üreticileri maliyeti düşürmek amacıyla süt kreması yerine mevzuata aykırı bir biçimde bitkisel yağlar, başka hayvansal yağlar ve margarinler ilave ederek taşış yapmaktadır. Diğer yaygın olarak yapılan taşış ise taşış yapılmış olan tereyağlarının gerçek tereyağı gibi algılanmasını sağlamak için yapım aşamasında içerisine sarı renkte gıda boyası ilave edilmesidir (Anonim, 2018e).

Süt Tozu

Türk Gıda Kodeksi Koyulaştırılmış Süt ve Süttozu Tebliği(2005a)'ne göre süttozu, yağlı, yağı kısmen veya tamamen alınmış süttten, kremadan veya bu ürünlerin karışımından suyun doğrudan uzaklaştırılması ile elde edilen ve son üründe nem içeriğinin ağırlıkça en fazla %5 oranında olduğu katı ürün olarak ifade edilmektedir. Süt tozu maliyet ve üretimi açısından peynir altı suyu tozuna göre daha aşamalı ve pahalı bir üründür. Bu yüzden bazı gıda üreticileri süt tozu adı altında satılan ürünlere maliyeti süt tozuna oranla daha düşük olan peynir altı suyu tozu ilave ederek maliyeti düşürmekle birlikte kendisi kazanç elde ederken tüketiciyi de kandırılmış olmaktadır (Anonim, 2018e).

Peynir Altı Suyu Tozu

Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (2015)' ne göre, peyniraltı suyu tozu, peyniraltı suyundan suyun uzaklaştırılmasıyla elde edilen ve son üründeki nem içeriğinin ağırlıkça en fazla %5 oranında olduğu toz ürün olarak tanımlanmaktadır. Zaten ucuz ve kolay olarak elde edilebilen bu süt ürününe olan rağbetin giderek artması sebebiyle hilekâr üreticiler kar oranını arttırmak amacıyla peynir altı suyu tozuna tebeşir tozu, kireç ve renk ağartıcı gibi sağlığa ve tüketime uygun olmayan maddeler ilave ederek ağırlığını artırıp bu yoldan kar elde etmektedir (Anonim, 2018e).

2.4. Yemeklik Yağlarda Rastlanan Taklit ve Taşışlar

2.4.1. Zeytin Yağı

Zeytinyağının gerek terapötik ve kozmetik amaçlarla, gerekse tüketim amacıyla yüzyıllardır kullanıldığı bilinmektedir. Soğuk presleme yöntemiyle elde edilmesi yağın lezzeti ve kokusu üzerinde kritik faktör olmakla birlikte, içerdiği biyoaktif maddelerin korunması bakımından da öneme sahiptir. Eşsiz kompozisyonu nedeniyle değerli bir yağ türü olan zeytinyağı, taşış ve taklit yapılan ürünler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Örneğin; kanola yağının renklendirilip değerinin çok üstünde olan zeytinyağı gibi algılatılıp piyasaya sürülmesi yapılan bu taşışların başında gelmektedir. Rafine edilmiş ayçiçek, pamuk ve fındık yağlarının zeytinyağı ile karıştırılarak maliyetinin bir nebze düşürülüp satılması da çok fazla yapılan ve gündeme gelen taşışlar arasındadır. Zeytinyağının üretiminde artık ürün olarak ayrılan prinadan alınan yağın, tüketiciye sızma zeytinyağı olarak sunulduğu da bildirilmiştir. Bu ve benzeri taşışlar bazen sağlık bazen de yağ kalitesi açısından olumsuzluklara yol açabilmektedir. Ayrıca tüketici bu yağı satın alırken zeytinyağı almış olma düşüncesiyle aldığı için maddi anlamda ve manevi anlamda kandırılmış olmaktadır (Timuroğulları, 2017).

2.4.2. Ayçiçek Yağı

Ülkemizde yemeklik amaçlı kullanılan en popüler yağlardan biri rafine ayçiçek yağıdır. Rafine yağlarda rastlanabilecek en yaygın taşış, maliyeti daha düşük olan diğer rafine yağlarla karıştırmaktır. Bu amaçla rafine soya, pamuk ve kanola yağları sıklıkla tercih

edilmektedir. Rafinasyon prosesinin yağın karakteristik renk, koku ve lezzet bileşenlerini uzaklaştırmasından ötürü bu ve benzeri tağışişleri anlamak duyuşsal olarak mümkün olmamaktadır (Timuroğulları, 2017).

2.5. Unlu Mamüllerde (Ekmek) Rastlanan Taklit ve Tağışişler

Her yaş grubundaki tüketicinin, günlük diyeti içerisinde sıklıkla tükettiğı önemli bir karbonhidrat ve enerji kaynağı olan ekmeğ, ne yazık ki son yıllarda tağışiş yapılan gıda ürünleri arasında ki yerini almıştır.

Resmi kurumlarca belirlenen bir ekmeğ gramajı ve fiyatı olmasına rağmen, kar etmek amacıyla hile amaçlı bu gramajın altına inilebilmektedir. Sağlık açısından risk oluşturan bir diğere tağışiş ise, özellikle beyaz ekmeğ (rafine buğday tanesi) olarak adlandırılan ekmeklerin unlarına kireç, karbonat gibi renk ağartıcı maddelerin ilavesidir (Yüce, 2015). Tam tane unundan üretilen esmer renkteki ekmekler de, beyaz ekmeklere benzer şekilde tağışişe açık hale gelmiştir. Ekmeğ içi renginin esmer görünmesi için karamel, malt ilavesinin yapıldığı ürünler tespit edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Ekmeğ ve Ekmeğ Çeşitleri Tebliğı (2012b)'ne göre ekmeğ üretiminde hacmi, besinsel ve diğere yapısal özellikleri üzerinde değışikliğe yol açacak katkı maddesi kullanımları tamamen yasaklanmış ve tağışiş/taklit gibi hilelerin bir nebze olsun önüne geçilmiştir

2.6. Meyve Sularında Rastlanan Taklit Ve Tağışişler

Meyve çeşitliliğı ve yetiştiriciliğinin yoğun olduğı ülkemizde hem evsel hemde endüstriyel ölçekte üretilen meyve suları severek tüketilmektedir. Sezonal değışiklikler, verim düşmesi vb. nedenlerle fiyat dalgalanması meydana geldiğinde üretilen meyve suyu miktarını artırmak için bazı hilelere başvurulduğı bildirilmiştir.

2.6.1. Su veya Başka Bir Meyve Suyu Katılması

Meyve sularına uygulanan tağışişlerin en bilinenidir. Normal içme suyuna ek olarak, maliyeti daha düşük meyve sularının da katılabilirdiğı bildirilmiştir. Bu durum meyve oranının ve meyve suyu konsantrasyonunun azalmasına yol açarak, tüketicinin fiyat ve lezzet beklentisini karşılamamaktadır (Ekşi, 1979).

2.6.2. Şeker İlavesi

Şeker ve asitliğı düzenleyicilerin ilavesiyle formüle edilen meyve nektarlarından farklı olarak, 'meyve suyu' yada '%100 meyve suyu' olarak satışı sunulan ürünlere şeker de dâhil hiçbir katkı maddesinin katılması Türk Gıda Kodeksi Meyve Suyu Ve Benzeri Ürünler Tebliğı (2014)' ne göre tamamen yasaklanmıştır (TGK, 2014).

2.7. Üzüm Pekmezinde Rastlanan Taklit Ve Tağışişler

Türk Gıda Kodeksi Üzüm Pekmezi Tebliğı (2017)'ne göre göre 'fermente olmamış taze üzüm veya kuru üzüm ekstraktının uygun yöntemlerle asitliliğinin azaltılıp durultulmasından sonra tekniğine uygun olarak vakum altında veya açıkta koyulaştırılması ile elde edilen kıvamlı ürün' üzüm pekmezi olarak tanımlanmaktadır. Aynı tebliğde yer alan "üzüm pekmezinin ticari glukoz, fruktoz ve benzeri şekerler ile seyreltilmesi ve/veya çoğaltılması yoluyla meyveli şekerli şurup, üzüm tatlısı ve üzüm pekmezi şurubu üretilemez" ifadesi bu alanda yapılabilecek tağışiş gözler önüne sermektedir. Glikoz ve fruktoz şuruplarının ilavesiyle hiç üzüm içermeyen, sadece pekmez rengi kazandırılan ürünlere piyasa rastlandığı bildirilmiştir. Ayrıca üzüm pekmezine üzüm dışındaki meyvelerin kaynatılması sonucu elde edilen koyu kıvamlı ürünlerin katılması da tağışiş olarak kabul edilmektedir. Açık kazanda oksijen ve aşırı ısıya mauz kalarak yapılan benzer tüm üretimlerin, kanserojen etkisi klinik olarak da kanıtlanmış HMF oluşumuna ivme kazandırdığı rapor edilmiştir (Artık, 2018).

3. Kaynakça

- [1] Anonim. (2018a). <https://www.gidahatti.com/gida-guvenilirligi-mi-guvenilir-gida-mi-11847/>
- [2] Anonim. (2018b). <https://www.szutest.com.tr/gida-guvenliginin-onemi/>
- [3] Anonim. (2018c). <https://www.gidahatti.com/gida-guvenilirligi-mi-guvenilir-gida-mi-11847/>
- [4] Anonim. (2018d). <http://gidabilgi.com/Makale/Detay/et-ve-et-urunlerinde-yapilan-hile-ve-tagsisler-7bb0fa>
- [5] Anonim. (2018e). <http://gidabilgi.com/Makale/Detay/sut-ve-sut-urunlerinde-yapilan-hile-ve-tagsisler-80d168>
- [6] Artık, N. (2018). Gıdalarda Taklit ve Tağışiş. <https://www.gidahatti.com/gidalarda-taklit-tagsis-70094/>
- [7] Bilgiç, N., & Ayar, A. (2014). Tüketime Sunulan Bazı Süt Ürünlerinde Hile İlave Amacıyla İlave Edilen Bitkisel Yağların Gaz Kromatografisi İle Tespiti . Gıda Teknolojiler Elektronik Dergisi, Cilt :9, No:3, 18-28.
- [8] Bucak, Y. (2016). TAKLİT VE TAĞŞİŞ - GIDA ÜRETİMİNDE ETİK. <https://docplayer.biz.tr/7105784-Gida-uretiminde-etik-taklit-ve-tagsis.html>
- [9] Ekşi, A. (1979). Meyve Sularında Olası Tağışişler ve Kanıtama Olanakları. The Journal of Food, Cilt 4, Sayı 4, 153-160.
- [10] Günşen, U., Aydın, A., Ovalı, B., & Coşkun, Y. (2006). Çiğ et ve ısıtılmış işlem görmüş et ürünlerinde ELISA tekniğı ile farklı et türlerinin tespiti., 32 (2): İstanbul Üniv. Vet. Fak. Derg., 45-52.
- [11] Gürbüz, Ü. (2016). Kırmızı Et. <https://www.esk.gov.tr/tr/10998/Kirmizi-Et>
- [12] İlbeğli, İ. (2003). GIDA GÜVENLİĞİ ve TÜKETİCİNİN KORUNMASI. GIDA MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, 13-16.

I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos 2019, Pamukkale,Denizli/Türkiye
I. International Science and Innovation Congress, 26-29 August 2019, Pamukkale,Denizli/TURKEY

- [13] Lee, T. G., Williams, S. K., Sloan, D., & Littell, R. (1997). Development and evaluation of a chicken breakfast sausage manufactured with mechanically deboned chicken meat. *PoultryScience*, 76, 415-421.
- [14] Öztan, A., Vural, H., & Helvacı, R. (1991). Sosis üretiminde nitrozomyoglobin ve kalıntı nitrit miktarlarını etkileyen faktörler. *Gıda* 16 (2), 117-121.
- [15] Öztan, H., & Vural, H. (1991). Et ürünlerinde nitrozamin oluşumunun laktik asit bakterileri kullanımıyla önlenmesi. *Gıda* 16(4), 237-240.
- [16] Serkan, Y. (2006). Doğru Beslenmeyle İlgili Yanlış Bildiklerimiz. İstanbul: Hayykitap.
- [17] Timuroğulları, B. (2017). <http://www.foodtime.com.tr/makale/yemeklik-yaglarda-taklit-ve-tagsis-m159.html>
- [18] TGK, 2000. Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği (Tebliğ No: 2000/6). Resmi Gazete, 14, 23964. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, Türkiye .
- [19] TGK, 2005a. Türk Gıda Kodeksi Koyulaştırılmış Süt ve Süttozu Tebliği (Tebliğ No: 2005/18). Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, Türkiye .
- [20] TGK, 2005b. Türk Gıda Kodeksi Tereyağı, Diğer Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürünler ve Sadeyağ Tebliği (Tebliğ No: 2005/19). Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- [21] TGK, 2009. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 2009/25) Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- [22] TGK, 2012a. Türk Gıda Kodeksi Gıdalarda Kullanılan Renklendiriciler Ve Tatlandırıcılar Dışındaki Katkı Maddelerinin Saflık Kriterleri Tebliği (Tebliğ No: 2012/33). Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- [23] TGK, 2012b. Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri (2017/23). Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, Türkiye .
- [24] TGK, 2014. Türk Gıda Kodeksi Meyve Suyu Ve Benzeri Ürünler Tebliği (Tebliğ No: 2014/34). Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, Türkiye .
- [25] TGK, 2015. Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (Tebliğ No: 2015/6). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- [26] TGK, 2017. Türk Gıda Kodeksi Üzüm Pekmezi Tebliği (Tebliğ No: 2017/8), Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- [27] TGK, 2018. Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları Ve Et Ürünleri Tebliği (Tebliğ No, 2018/52). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- [28] Yuste, J., Mor-Mur, M., Capellas, M., Guamis, B., & Pla, R. (1998). Microbiological quality of mechanically recovered poultry meat treated with high hydrostatic pressure and nisin. *Food Microb*, 15: 407-414.
- [29] Yüce, P. (2015, 09 16). Ekmekte Yapılan Hileler. <http://www.gidagundemi.com/makale/ekmekte-yapilan-hileler-m134.html>

BANKA TAHSİS İŞLEMLERİNDE KULLANILAN LİMİT VE TEMİNAT BİLGİLERİNİN BLOK ZİNCİRİ ALTYAPISI İLE PAYLAŞILMASI

Bulut Karadağ^{1*}, Eda Arıkan²

^{1,2}Vakıf Katılım Bankası

bulut.karadag@vakifkatilim.com.tr, eda.arikan@vakifkatilim.com.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Günümüzde bankacılığın en temel konularından biri kredilerin tahsilatıdır. Kredilerin gecikmeye düşmeden tahsil olmasını sağlamanın ilk şartı ise, doğru müşteriye doğru kredinin kullanılmasıdır. Kredi değerlendirme aşamasında, tahsis mercilerine ışıktutacak en kritik veriler istihbarat sorgulamaları ile elde edilmektedir. İstihbarat verileri genellikle Risk Merkezi ve KKB (Kredi Kayıt Bürosu) gibi merkezi kurumlardan sağlanmaktadır. Ancak KKB ve Risk merkezi tarafından sağlanan veriler mevcut haliyle ihtiyacın tamamını karşılayamamaktadır. Bankalarca müşterilere tahsis edilen kredi limitleri ve yapılan kullandırmalar için istenen ve müşteri tarafından sağlanmış olan teminat bilgileri bu kurumlar tarafından teminat grubu bazında topluca sağlanmakta ve teminat türünün detayı (kefalet, gayrimenkul ipotegi, araç rehini vb.) ile hangi kredi ürününe karşılık olduğu bilgisine yer verilmemektedir. Yapılan bu çalışmada, her bankanın kredi tahsisi yaptığı müşteriye ait teminat bilgileri detaylı olarak blok zinciri altyapısı yoluyla eş zamanlı olarak paydaş olan tüm bankalarda paylaşılmaktadır. İstihbarat birimleri bu bilgilere ulaşmak istediğinde ise hızlı bir şekilde TC Kimlik numarası veya vergi kimlik numarası üzerinden sorgulayarak teminat bilgilerine ulaşabilmektedir. Bunun sonucunda, müşteriye ait kredi riskleri daha net bir biçimde tespit edilerek, müşterilere kredi tahsisi süreci hızlanmakta ve bu sayede müşteri memnuniyeti artırılma yoluna gidilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Blockchain, Collateral Information Sharing, Ethereum, Truffle Framework*

1. Giriş

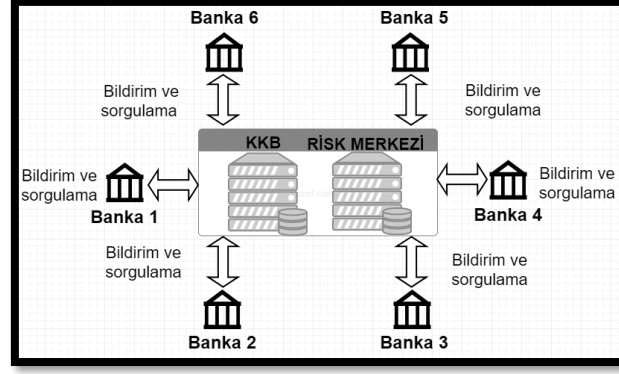
Bankacılık ile ilgili faaliyetler gün geçtikçe daha da artmaktadır. Buna paralel olarak, yeni ürünler ve bu ürünlerin satışına yönelik yapılan pazarlama çalışmalarında da dikkate değer bir artış gözlemlenmektedir. Bulunan her yeni müşteri banka için bir maddi kazanç olurken aynı zamanda bir risk de getirmektedir. Müşterilerin mali verileri ve istihbarat bilgileri iyi analiz edilmez ise verilen kredilerin geri dönüşü sağlanamayabilir. Mali verileri elde etmek için KKB (Kredi Kayıt Bürosu) ve Risk Merkezi gibi merkezi kurumlardan yararlanılır. Bu kurumların elinde bulunan ve bankalara sundukları risk ve limit bilgileri, aslında bankaların Risk Merkezi ve KKB'ye vermiş olduğu verilerin konsolide edilmiş halidir. Bu kurumlar, müşterilere ait birçok risk ve limit bilgilerini sunmuş olsalar da teminat bilgileri gibi önemli bir veriyi eksik olarak sunarlar. Teminat bilgileri bir müşterinin kullandığı kredi limitini neyin karşılığında taahhüt ettiğini gösterir ve oldukça değerli bir bilgidir. Eğer bu bilgiye ulaşılabilirse, müşteri bir bankadan kredi kullanmak istediğinde daha doğru mali analiz edilmiş olur.

Kredi Kayıt Bürosu (KKB), önde gelen dokuz bankanın ortaklığında 11 Nisan 1995 tarihinde kurulmuştur. KKB'de üye statüsünde bulunan kuruluşlar, müşterilerine ait kredi bilgilerini Nisan 1999'dan bu yana birbirleriyle paylaşmaktadır. 25 Şubat 2011 tarihinde Türkiye Bankalar Birliği (TBB) nezdinde, kredi kuruluşları ile Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu'nca uygun görülecek finansal kuruluşların müşterilerinin risk bilgilerini toplamak ve söz konusu bilgileri bu kuruluşlar ile gerçek veya tüzel kişilerin kendileriyle ya da onay vermeleri koşuluyla özel hukuk tüzel kişileri ve üçüncü gerçek kişiler ile de paylaşılmasını sağlamak üzere Risk Merkezi (RM) kurulmuştur. KKB, TBB Risk Merkezi'ne vekâleten tüm operasyonel ve teknik faaliyetleri kendi bünyesinde yürütenin yanı sıra 177 Risk Merkezi üyesi finansal kuruluşa veri toplama ve paylaşım hizmeti vermektedir. (kbb.com.tr, 2017)

KKB ve Risk Merkezi tarafından bankalara sorgu yoluyla sağlanan veriler, finansal kuruluşlardan toplanıp bir model üzerine konsolide edilmiş veri kümesidir. Finans kuruluşları müşterilerine ait risk, limit, çek, teminat vb. verilerini aylık olarak FTP (File Transfer Protokol) veya çevrimiçi yolla KKB ve RM ile paylaşır. (Risk Merkezi, 2017) KKB bu verileri bir model üzerinde geliştirir ve hem bireysellerin hem finans kuruluşların çevrimiçi sorgu yapmasını sağlayacak altyapıyı sunar. Bu yolla bir bankanın bir müşteri için ihtiyaç duyacağı birçok veri KKB veya RM aracılığıyla sağlanmaktadır. Ancak bu veriler içerisinde teminat bilgileri yetersizdir. RM tarafından sağlanan verilerde bir müşteriye ait teminatın türü, tutarı ve teminata alındığı tarih bilgileri bulunmaktadır. Ancak teminatın neyin karşılığında ve hangi oranda verildiği bilgisi bulunmamaktadır. Bu verinin sağlanmış olması, müşteri için daha doğru bir istihbarat çalışması yapılmasının önünü açacaktır.

Bu çalışmada, teminat bilgileri, blok zinciri (blockchain) altyapısı sayesinde bankaların ortak veri paylaşımına açılmış olacaktır. Bir banka kredi kullandırdığı bir müşterisinin teminat bilgilerini, uygun formatta detaylı olarak blok zinciri ağındaki bloklara ekler. Eğer bu müşteri ile başka bir banka da çalışmak isterse blok zinciri ağına dâhil olarak bu bilgilere ulaşabilir. Bu kapsamda, teminat bilgilerine ulaşmak isteyen her bankanın aynı zamanda veri sağlayan bir ağ olması da beklenmektedir. Her bir banka tarafından eklenen teminat bilgilerinin toplamı, blok zinciri ağına dâhil olmuş tüm bankaların kullanımına sunulmuş olur. Bu toplam veri her bankanın kendi tarafında ayrı ayrı senkron bir şekilde tutulur.

Çalışmada, içerik açısından öncelikli olarak teminat bilgileri ve blok zinciri teknolojisinden bahsedilip daha sonra uygulamanın nasıl gerçekleştirildiği açıklanacaktır. Bu sayede katılım bankalarının daha farklı veri paylaşımı platformlarının da önü açılmış olacaktır.



Şekil 3 - KKB ve Risk Merkezinin finansal kuruluşlarla veri paylaşım modeli

1.1. Teminat

Finans kurum ve kuruluşları, kredilendirme işlemleri sırasında maruz kalabilecekleri ekonomik ve finansal riskleri en aza indirmek için kullandıkları risk azaltma enstrümanlarından biri teminat alınmasıdır. Kredi kullandırılan gerçek veya tüzel kişi, borcunu ödeyememesi durumunda, bankanın alacağını tahsil etmesi teminatlar yoluyla sağlanır. Bunun için kredilendirme sürecinde, kredi kullanmak isteyen gerçek ve tüzel kişiden teminatların talep edilmesi önem taşımaktadır. Hukuki olarak, alacakların garanti altına alınmasından doğan teminat vasıtaları ilke olarak hep var olmuştur. (Wigmore, 1897)

Kredi değerlendirmesine tabi tutulacak gerçek ve tüzel kişinin, talep ettiği limitin yüksek olması durumunda aynı oranda teminat istenmesi yanlış olmasının yanında, her teminat sağlayan kişi ve kurumlara kredi limiti sağlamak da yanlış sonuçlar doğurabilmektedir. Finans kuruluşlarının, kredilendirme işlemine tabi tuttuğu kişi ve kuruluşların, teminat istemesinin temel nedenleri şu şekilde açıklanmaktadır; (Akgüç, 2014)

- Bankanın kredi kullanacak müşteriye tam güven duymaması
- Kredi talebinde bulunan gerçek veya tüzel kişiliğin, mali açıdan istenen seviyede olmaması ve limit talebinin yapıldığı mevcut finans kurum ve kuruluşunda daha önceden var olan borçluluğunun yüksek olması
- Daha önceki kullanmış olduğu kredilerde düzenli bir ödeme performansı sergileyememesi
- Krediyeye ait bazı ürün türlerinde teminat istenmesi, kredinin özelliğinden dolayı bir gelenek haline gelmesi veya kredi sunacak kurum ve kuruluş tarafından zorunlu tutulması
- Teminat alınması, kredi talebinde bulunan borçlu üzerinde kredinin zamanında ödenmesi konusunda caydırıcı bir rol oynaması
- Teminat alınmasıyla krediden sağlanan verimliliğin artırılması

1.2. Teminat Türleri

Bankaların sunmuş oldukları kredi hizmeti güven esasına dayanmaktadır. Kredi verilecek gerçek veya tüzel kişiliğin kendi nezdinde saygınlığı olmalı ve kendisine güvenilmelidir. Bu güven esası temel olarak teminat ile sağlanmaktadır. Finans kuruluşları müşterilerine sağlamış oldukları nakdi ve gayri nakdi kredilerin, tamamını veya bir kısmını güvence altına alınmasını sağlayan menkul, gayrimenkul, kefalet ve sözleşmeler yoluyla elde ettiği farklı teminat yolları bulunmaktadır. (Yazıcı, Bankacılıkta Kredi Tahsis, 2010) Teminatın asıl amacı kredi kullanan gerçek ve tüzel kişiliğin yükümlüğünü yerine getirmemesine karşın finans kuruluşunun kendisini korumasıdır. (Özdemir, 2010)

Kredi sürecinde, kredi talebinde bulunanlardan alınan teminatlar kredi kuruluşları tarafından maddi teminatlar ve şahsi teminatlar olarak iki ana başlıkta ele alınmaktadır.

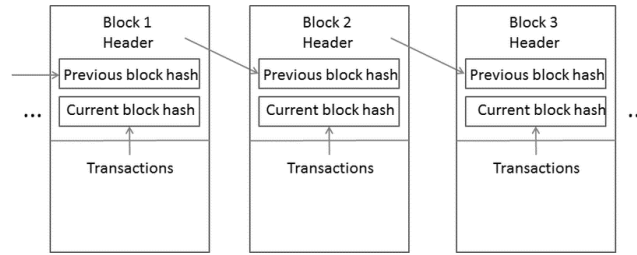
Tablo 1 - Teminat türleri

<i>Maddi Teminatlar</i>	<i>Şahsi Teminatlar</i>
Gayrimenkul ipotegi	Kefalet
Ticari İşletme Rehni	
Alacağın Temliki	
Nakdi Rehin	
Kambiyo Senedi	
Teminat Mektubu	
Taşınır Rehni	

2. Blok Zinciri Mimarisi ve Özellikleri

Blok zinciri, bir ağ içinde yer alan işlem bilgilerini içeren blokların birbiriyle bağlanmasıdır. İşlem bilgileri, ağ içinde gerçekleşen token transferi veya veri alışverişi ile ilgili olabilir. Her bir blok temel olarak, başlık (header) ve gövde (body) kısmından oluşur. Her bloğun başlığı, bir önceki bloğun bilgisini içerirken, işlemler bloğun gövde kısmında saklanmaktadır. Bu yüzden bloklar zincir benzeri birbirine bağlanmış bir şekilde Şekil 4’de gösterildiği haliyle tutulmaktadır. Zincirdeki ilk blok “genesis” blok olarak adlandırılır. (P. Mueller, A. Rizk, and R. Steinmetz, 2017)

Blok zinciri teknolojisi ilk olarak Bitcoin’in ortaya çıkması ile duyuldu. Genel olarak blok zinciri ismi duyulduğunda çoğu kez Bitcoin ile kavram kargaşasına takılmaktadır. Bitcoin, bu teknoloji ile ortaya çıkan bir uygulamadır. Blok zinciri ilk duyulduğunda yeni bir teknoloji olarak düşünülse de, aslında şimdiye kadar var olan teknolojilerin birleşimidir. Birleştirilmiş bu teknoloji bize yeni bir platform sunmaktadır. Blok zincirlerine genel olarak merkezi olmayan dijital defter denilir. Bunun örneğini vermek gerekirse, bir not defterini gösterebiliriz. Bir blok zincirindeki bir blok tasviri yapmamız durumunda, bunun en iyi örneği bir not defterinin bir sayfasıdır. Her sayfa üzerine istenilen tüm veriler kaydedilebilir. Bir blok yani her sayfa, üzerine ne yazıldığını bilemez. Bu sayfaların her birinde, bir önceki sayfanın bilgisini de içerdiği için birbirleriyle bağlanmış olur. Eğer geriye doğru dönüp herhangi bir sayfadaki bilgiyi değiştirmek isterseniz, bloklar arasındaki bağ kopar ve bu durum blok zincirinin değişmezlik özelliğini açıklar.



Şekil 4 - Basit bir blok zinciri mimarisi

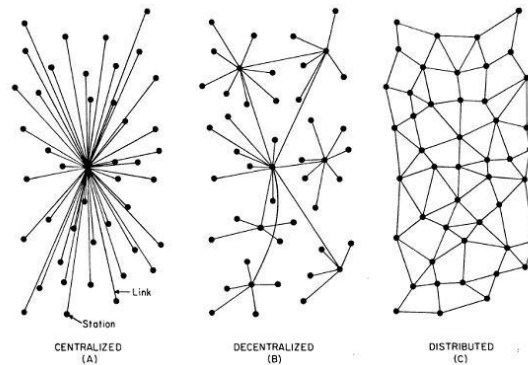
Şekil 4’de de görüldüğü üzere bloklara ait veriler hash fonksiyonu ile şifrelenip tutulmaktadır. Bitcoin SHA-256 ve Ethereum Keccak-256, 256 bitlik kriptografik hash fonksiyonunu kullanmaktadır. Kriptografik hash fonksiyonu, kendisine verilen bir veriyi çözülemez ve tahmin edilemez şekilde şifreler. Girilen verinin sadece bir karakterin değişmesi durumunda bile tüm hash çıktısı değişmektedir. Tablo.1 de “Bulut” metin veri girdisinin hem SHA-256 hem de KECCAK-256 hash çıktısı görülmektedir. Eğer girdi verisinde bir karakter bile değişseydi veya büyük harf yazılan bir karakter küçük olarak yazılsaydı, tüm hash çıktısı değişmiş olacaktı.

Tablo 2 - Girdi verisinin SHA-256 ve KECCAK-256 Hash çıktısı

Fonksiyon	Girdi	Çıktı
SHA-256	Bulut	398a28a097bd77d641670a5b6b98b21305ff946acee3cb05626eba974ca814f1
KECCAK-256	Bulut	6bc48d006b22747ea89c722d9bd9d9f7a203e7de215ca5894d24c72c38e6b8cd

2.1.1. Merkezi Olmayan (Decentralized) Yapısı

Blok zinciri teknolojisini farklı kılan en önemli özelliği, merkezi bir denetimden uzak olmasıdır. Bunun sebebi ise, bir sahibi olmadan merkezi olmayan bir ağ üzerine inşa edilmesidir. Merkezi yapı olmadan oluşacak bir teknolojik altyapı fikri ilk olarak 1990’lı yıllarda ortaya atılmıştır. Ross. J. Anderson’ın 1996’da yazdığı makalede kaydedilen güncellemelerin silinemeyeceği merkezi olmayan bir veri depolama sisteminden bahsetmektedir (Anderson, 1996). Bu teknolojiyi kullanan Bitcoin, hiçbir merkezi sisteme bağlı olmadan çalışabilen, kullanıcılarının ve dışarıdan kişilerin manipülasyona yönelik müdahalelerine karşı gerekli önlemlerin alındığı, bir dijital para birimi olarak karşımıza çıktı (Ahmet Usta,Serkan Doğantekin, 2017). Şekil 5’te Bitcoin’in de kullandığı merkezi olmayan ağ topolojisi, diğer ağ tipleriyle karşılaştırması yapılmaktadır.



Şekil 5 - Merkezi, merkezi olmayan ve dağıtık ağ yapısı

2.1.2. Açık ve Özel Blok Zinciri Ağları

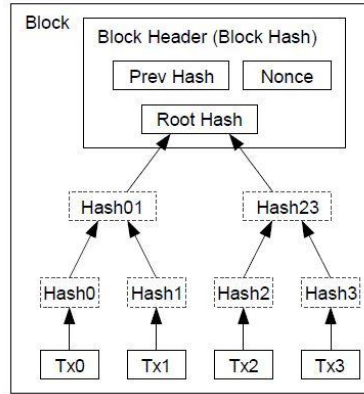
Bitcoin 2008 yılında ilk ortaya çıktığından itibaren, blok zinciri ağı üzerinde sadece para transferi işlemlerini gerçekleştirmektedir. Ancak bunun yeterli olmadığını düşünen Vitalik Buterin isimli Rus yazılım geliştirici, 2015 yılında Ethereum olarak adlandırılan kodlanabilir bir platform geliştirdi. Ethereum, hem bir kripto para hem de Solidity yazılım diliyle akıllı sözleşmelerin yazılıp uygulanabileceği bir platformdur.

Ethereum, uygulama geliştiricilerin merkezi olmayan uygulamaları geliştirmesi ve devreye sokmasına olanak tanıyan yenilikçi bir Blok zinciri teknolojisine dayanan bir platformdur. Ethereum'un yaratıcıları, Bitcoin'i "1. nesil Blockchain", Ethereum'u ise "2. nesil Blockchain" olarak tanımlamaktadır. (Ahmet Usta,Serkan Doğanekin, 2017).

Bitcoin ve Ehtereum açık blok zincirinin (public blockchain) en iyi örnekleridir. Açık olmasından anlamamız gereken şey, herkes tarafından erişilebilir ve kullanılabilir olmasıdır. Eğer Ethereum bloklarına bir akıllı sözleşme eklemek isterseniz, öncesinde tüm Ethereum bloklarını kendi lokal sunucunuza indirip sisteme senkron hale gelmeniz gerekmektedir. Bu durum sizi açık blok zinciri ağına dâhil edecektir.

Özel blok zinciri ağına ise, tüm herkese açık olmadan belli sayıda üyenin bir arada bulunduğu bir ağıdır. Herkes, özel blok zinciri ağına dâhil olamaz ve sadece izin verilenler bu ağda bulunurlar. Örneğin, sadece noterlerin kendi aralarında oluşturmuş oldukları blok zinciri ağı, özel ağıdır.

2.1.3. Merkle Ağacı



Şekil 6 - İşlemlerin merkel ağacı içinde şifrenmesi

Bitcoin'e ait blok zincirindeki her bir blok, birden fazla işlem (transaction) içermektedir. Her bir işleme SHA-256 kriptografik hash fonksiyonu uygulanır. Bu sayede, girdi verisi her bir işlem için ayrı ayrı şifrelenmiş olur. Şifrelenmiş her işlem ikili bir grup oluşturarak yeni bir şifreleme (hash) işlemine tabi tutulur. Tüm işlemler tek bir hash oluşturana kadar bu şekilde devam eder. Nihayetinde root hash (kök şifre) dediğimiz değer oluşur. Şekil 6'te her bir işlemin ikili diziler halinde root hash oluşana kadar izlediği adımlar görülmektedir.

2.1.4. Proof of Work (PoW)

Bitcoin üretimi sırasında her bir blok 10 dakika civarı bir süre ile üretilmesi gerekmektedir ve blok üretimini sağlayan madenciler tarafından çözülmesi gereken bir dizi matematiksel işlemler yer almaktadır. Madenciler, her bir blok ekleneceği zaman bazı kriptografik işlemleri yapmaları gerekmektedir. Blok üretimi sırasında madencilerin matematiksel olarak yapmış oldukları işin ispatına "Proof of Work" (PoW) denir.

Bu durumu daha açık bir şekilde bir örnekle şu şekilde açıklayabiliriz; Bitcoin'in ilk üretilmesi sırasında madenci sayısı nispeten azdı. Bu madenciler bitcoin kazanmak için bir dizi matematiksel işlemleri çözmeleri gerekmektedir. İstenen matematiksel işlem, bloktaki üretilen hash değerinin ilk basamağının "0" (sıfır) olarak bulunması olsun. Bitcoin madencilerinin tüm olasılıkları deneyerek başında bir sıfır olan hash değerini bulmaları kolaydır. Ancak zaman geçtikçe madenci sayısı artmakta ve buna paralel olarak bulunması gereken matematiksel işlem de zorlaşmaktadır. Böyle olmalı ki blok üretimi süresi yaklaşık 10 dakika civarı kalsın. Matematiksel işlemlerin zorlaşması için, başında iki sıfır, üç sıfır, dört sıfır diye ilerleyen hash değerlerini madenciler bulmak zorundadır. Bu hash değerlerinin bulunmasının matematiksel olarak ispatı "Proof of Work" ü açıklar. (Dylan Yaga,Peter Mell,Nik Roby,Karen Scarfone, 2018)

2.1.5. Nonce (Number of Used Once) Değeri

Nonce değeri 32 bit rastgele bir değerdir. "Proof of Work" açıklanırken, madencilerin bir dizi matematiksel işlemleri çözmeleri gerektiğinden bahsedildi. Bloğun (head) kısmında verinin özet bilgisine ait hash değeri oluşturulurken, verinin içeriği değişmeden bir nonce değeri eklenerek "Proof of Work" ün sağlanması için gerekli matematiksel işleme ait sonuç bulunmuş olur. (Dylan Yaga,Peter Mell,Nik Roby,Karen Scarfone, 2018)

$SHA256("blockchain" + Nonce) = 6 \text{ adet sıfır ile başlayan hash değerinin bulunması } "000000"$

Tablo 3 - Nonce Değeri artırılarak matematiksel sonucun bulunması

Veri Girdisi	Hash Çıktısı	Sonuç
SHA256("blockchain0")	0xbd4824d8ee63fc82392a6441444166d22ed84eaa6dab11d4923075975acab938	Çözülmedi
SHA256("blockchain1")	0xdb0b9c1cb5e9c680dff7482f1a8efad0e786f41b6b89a758fb26d9e223e0a10	Çözülmedi
SHA256("blockchain10730895")	0x 000000 ca1415e0bec568f6f605fcc83d18cac7a4e6c219a957c10c6879d67587	Çözüldü

Tablo 3’de de görüldüğü üzere, nonce değeri, sıfırdan başlayarak hash çıktısının ilk 6 değeri sıfır olan değeri bulmaya çalışır. Nonce değeri 10730895 olduğunda hash değerinin ilk 6 hanesi sıfır olan hash değeri sağlanmış olur.

2.1.6. Proof of Stake

Bitcoin üretmek için madencilik işi yapan makinelerin yüksek güçte olması, “Proof of Work” (PoW) algoritmasının diğer madencilere göre daha hızlı gerçekleştirilmesine sebep olur ve sonucunda coin kazanılır. “Proof of Work” ün temel bağlamı, madencilik için kullanılan cihazın gücü nispetindedir. Bunu sağlanması için ilave donanım ve elektrik maliyeti gerekmektedir.

“Proof of Stake” (PoS) modelinde ise, kişilerin ellerinde tuttıkları coin miktarına bağlı olarak gerçekleştirdikleri doğrulama söz konusudur. Her coin bir hesaptan başka bir hesaba transfer edilirken en az %51 oranında doğrulama gerçekleştirilmesi gereklidir. Eğer bir kişinin elinde çok fazla sayıda coin varsa, diğer kullanıcılara ait coin’lerin transferi sırasında yapacağı doğrulama oranı yüksek olacaktır, işlemlerden daha çok pay alır. (Vasin, 2014)

2.1.7. Akıllı Sözleşme (Smart Contract)

Bitcoin, 2008 yılında ilk ortaya çıktığında kullanıcılar tarafından programlanabilecek herhangi bir kodlama altyapısı içermemekteydi. Daha sonra Ethereum’un Vitalik Buterin isimli yazılım geliştirici tarafından duyurulmasıyla, hem kripto para hem de programlanabilir bir platform imkanı sunuldu. Bu yüzden Bitcoin, blockchain 1.0 olarak kabul edilirken, Ethereum blockchain 2.0 olarak bilinmektedir. (Ahmet Usta,Serkan Doğantekin, 2017)

Ethereum Sanal Makinesi - EVM (Ethereum Virtual Machine) üzerinde, yazılımcıların Solidity programlama dili ile kodlayabileceği bir akıllı sözleşme (smart contract) yapısı bulunmaktadır.

Akıllı sözleşmeler EVM üzerinde çalışır ve blok zinciri ağında yer alan tüm düğümler (nodes) tarafından çağrılabilir. Akıllı sözleşmelerin her çağrılmasının bir maliyeti bulunmaktadır. Bu maliyete işlem ücreti (gas free) denir.

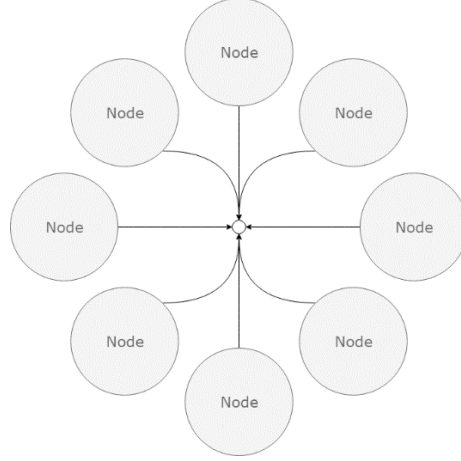
3. Uygulama

3.1. Mimari Yapı

Blok zinciri teknolojisi yeni bir teknoloji değil, şimdiye kadar var olan teknolojilerin birleştirilmiş halidir. Kendine özgü bir protokol yapısı bulunan blok zincirinin en önemli özelliği ise, merkezi olmayan bir platform olmasıdır. Blok zinciri ağında bulunan her bir düğüm (node) senkron bir şekilde tüm verileri kendi tarafında bulundurmaktadır. Şekil 7’te görüldüğü üzere düğümler birbiriyle bağlı ve merkezi olmayan bir yapıdadırlar. Ağdaki tüm düğümler aynı blokları barındırır. Eğer ağa yeni bir düğüm daha dahil olursa, başlangıçtan dahil olduğu ana kadarki tüm blok verilerini kendi tarafına alır ve o blok zinciri ağında senkron olur.

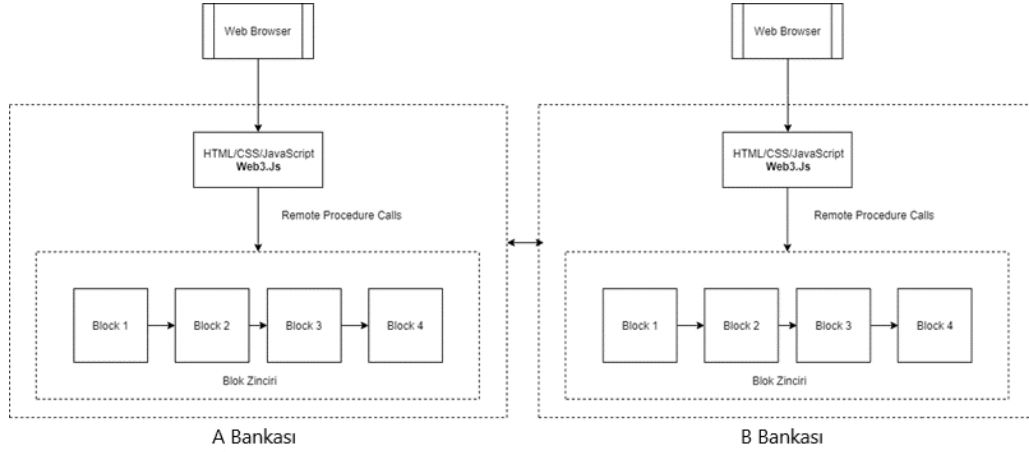
Katılım bankaları arasında teminat verilerinin paylaşılması için kurulacak altyapıda, her bir düğümü bir banka olarak düşünebiliriz. Bir katılım bankası tarafında yapılacak teminat detay veri girişi, ağa bağlı tüm katılım bankalarında eş zamanlı olarak görülebilecektir. Daha sonra ağa dahil edilecek yeni bir banka olursa, o banka da geriye dönük tüm blokları kendi tarafına alabilecektir.

Şekil 8’da sistemin mimari yapısı incelendiğinde, her bir düğüm içinde sadece bloklar yer almaz, bunun yanında verilerin gösterimi için altyapı desteği gerekmektedir. Verilere ait çıktılarının görüntülenmesi bir internet tarayıcıda çalışacak web sitesi aracılığı ile sağlanacaktır.



Şekil 7 - Blok zinciri ağ yapısı

Eklentileri desteklemesi sebebiyle bu çalışmada Chrome tarayıcısı kullanılmıştır. Görüntülenecek internet sayfasının gösteriminde html, css, ve javascript dillerine ait kodlarla geliştirme yapılmıştır. Bloklara ait verilerin kayıt edilmesi ve gösterimi bu kod dillerine ait geliştirmeler ile sağlanmıştır. Her bir katılım bankasını bir düğüm olarak kabul ettiğimizde, Şekil 8'deki gibi her banka düğüm yapısına ait kodları kendi tarafında bulundurmaktadır.



Şekil 8 - Sistemin mimari yapısı

3.2. Uygulamanın Yazılması

Bitcoin, blok zinciri teknolojisini kullanarak 2008 yılında ortaya çıktığında, programlanabilir bir özellik sağlamıyordu. Ethereum'un ortaya çıkmasıyla programlanabilir bir özellik kazandı. Kullanıcılar, Ethereum altyapısını kullanarak, akıllı sözleşmeler programlayabilmekte ve bu sözleşmeler ağdaki diğer kullanıcılar tarafından da çağırılabilir. Bu çalışmada Ethereum altyapısıyla bir akıllı sözleşme hazırlanmıştır. Akıllı sözleşme yardımıyla limit, risk ve teminat bilgileri bloklar üzerinde tutulmaktadır.

3.3. Test

Hazırlanan Solidity dilindeki kod, web üzerindeki çevrimiçi ara yüz ekranları veya lokal üzerinde yaygınlaştırma sonrası test edilebilmektedir. Web üzerinden çevrimiçi olarak test etmek istenildiğinde <https://remix.ethereum.org> programı kullanılabilir.

3.4. Sonuçların Gözlenmesi

Tc Kimlik No
1234567890

Müşteri Adı
Mahmut Mehmet Mustafa

Banka Seçiniz
Vakıf Katılım

Ürün Seçiniz
ARAC

Ürün Limit
100000

Teminat Seçiniz
Araç Rehni

Alt Limit
0

Üst Limit
100000

Marjin
% 100

Gönder

Şekil 9 - Lokal sunucu üzerinden teminat detay bilgilerinin girilmesi

Gönder butonuna basıldığında, Ethereum bloklarıyla iletişimi sağlayan bir ağ geçidi (gateway) aracılığıyla Chrome eklentisi açılır ve eklenti üzerinde yapılacak onaylama işlemi ile blok zinciri ağı üzerindeki bloklara veriler kaydedilir.

Bu verilerin gösterimi ise yine lokal web sitesi üzerinden yapılmaktadır. Şekil 10'de görüldüğü üzere, TC kimlik numarası girilebilmesi için bir metin kutusu alanı bulunur. Bu alana teminat detay bilgileri öğrenilmek istenilen müşterinin TC kimlik numarası girilir. Butona basıldığında tekrardan bir ağ geçidi aracılığıyla eklenti üzerinden yapılan onaylama ile veriler ekrana getirilir. Şekil 10'de aranan TC kimlik numarasına ait müşterinin teminat detay verileri blok zinciri ağından getirilip ekranda gösterilmektedir.

Teminat Sonuçları

Tc Kimlik No
1234567890

Ara

#	TCKN	Adı	Banka	Ürün	Limit	Teminat	Alt Limit	Üst Limit	Marjin
	1234567890	Mahmut Mehmet Mustafa	Vakıf Katılım	ARAC	100000	Araç Rehni	0	100000	100

Şekil 10 - Lokal sunucu üzerinden teminat detay bilgilerinin sorgulanması

4. Sonuçlar

Blok Zinciri teknolojisi yeni bir teknoloji olması yanında gelecek yıllarda adından çokça söz ettireceği düşünülmektedir. İnternet web teknolojisinin mevcutta web 3.0 sürümü olduğunu düşünürsek, bu teknolojinin çoğu otorite tarafından henüz emekleme aşamasında olduğunu söylenmesi pek de yanlış olmaz. Bitcoin 2008 yılında ortaya çıkışı Blok Zinciri 1.0, Ethereum'un ortaya çıkışı ise sürüm 2.0 olarak kabul edilmektedir.

Bu çalışmada, katılım bankaları arasında ihtiyaç duyulan, KKB ve Risk Merkezi tarafından sunulmayan teminat detay bilgilerinin, katılım bankaları arasında paylaşılmasının bir uygulama ile anlatılması sağlanmıştır. KKB ve Risk merkezi bankalardan topladığı müşteri bilgilerini tekrardan konsolide şekilde bankalara sunmaktadır. Bu verilerin içinde teminat verisi bulunmaktadır ancak ihtiyacı tam anlamıyla karşılamamaktadır. Bu çalışmada sunulan teminat detay bilgileri, bir müşteri için tahsis hazırlığı sürecinde ihtiyaç duyulan önemli bir veri olma özelliği taşımaktadır. Böyle bir çalışmanın katılım bankaları arasında farkındalık yaratarak ileride yapılacak ortak veri paylaşımı projelerine de kapı açması beklenmektedir. Bulduğumuz çağın veri çağı olduğunu ve verinin ne kadar değerli olduğunu düşünürsek, blok zinciri teknolojisi üzerinde kurgulanacak projelerin ileride yaygınlaşması oldukça muhtemeldir.

Şu andaki mevcut blok zinciri teknolojisi üzerine kurgulanacak projeler, altyapı eksikliği sebebiyle bir müddet daha bekleme durumunda kalacaktır. Ancak bu durum bu teknoloji üzerine projeler geliştirilmeyeceği anlamına gelmemektedir. 1990'lı yılların başında web siteleri sayıları yok denecek kadar azken bugün milyonlarca web sitesi internet üzerinde hizmet vermektedir. Bu durum blok zinciri teknolojisi için de aynı şartlardadır. Teknoloji otoriteleri tarafından 2028 yılında blok zinciri teknolojisinin birçok alanda

söz sahibi olacağı ve internet teknolojisinin ortaya çıkıp her alana ulaştığı gibi blok zinciri teknolojisinin de benzer etkiyi yapacağı söylenmektedir.

5. Referanslar

- Ahmet Usta,Serkan Doğantekin. (2017). Blockchain 101. İstanbul: Kapital Medya Hizmetleri A.Ş.
- Akgüç, Ö. (2014). Kredi Taleplerinin Değerlendirilmesi. İstanbul: Avcıol Basım Yayım.
- Anderson, R. J. (1996). The Eternity Service. 4.
- Dylan Yaga,Peter Mell,Nik Roby,Karen Scarfone. (2018). Blockchain Technology Overview. NISTIR 8202, 19-20.
- kkb.com.tr. (2017). Kredi Kayıt Bürosu 2017 Faaliyet Raporu. İstanbul: KKB.
- Özdemir, İ. (2010). Merkez Bankacılığında Teminat Sistemleri. TCMB, 3.
- P. Mueller, A. Rizk, and R. Steinmetz. (2017). Retrieved from Efinancelab: http://www.efinancelab.de/fileadmin/documents/results/video/2017/20171129_Mueller/20171129_Mueller.html
- Prof. Dr. M. Kemal Oğuzman, Prof. Dr. Özer Seliçi. (2018). Eşya Hukuku. İstanbul: Filiz Kitabevi Basım.
- Resmi Gazete. (2011, 02 04). Retrieved from <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/02/20110204-1.htm>
- Risk Merkezi. (2017, 4 27). Krm Sadeleştirme. Retrieved from <https://www.riskmerkezi.org/tr/risk-merkezi/>
- Serozan, P. D. (2006). Taşınmaz Rehni. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası.
- Vasin, P. (2014). Blackcoin's proof-of-stake protocol v2,. Blackcoin, Tech., 1-2.
- Wigmore, J. H. (1897). The Pledge-Çdea: A Study in Comparative Legal Ideas. Harvard Law Review, 321-322.
- Yazıcı, M. (2010). Bankacılıkta Kredi Tahsisi. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

PATENT VERİ TABANI ANALİZİ: HAVACILIK SEKTÖRÜNDE BUZ ÖNLEYİCİ VE BUZ ÇÖZÜCÜ SİSTEMLER

Can Bozdoğan

TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., ARGE ve Prototip Başkanlığı Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü Patent Mühendisliği, Ankara, Türkiye

can.bozdogan@tai.com.tr

Özet

Teknolojik gelişmeler, buluşların ve fikirlerin ticari korumasını sağlayan patentlerin incelenmesi ve analiz edilebilmesi ile takip edilebilmektedirler. Bu çalışmada, hava araçlarının uçuşu sırasında atmosfer şartları ve akışın sebep olduğu, genellikle aerodinamik kontrol yüzeyleri ve motor-fan ağızlarının hücum kenarlarında oluşan buzlanma probleminin çözümüne yönelik geliştirilen buzlanma önleyici ve çözücü sistemlerin patent başvurularının incelenmesi amaçlanmıştır. Patent veri tabanı analiz araçları kullanılarak problemin çözümü için tercih edilen yenilikçi sistemlerin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada, son on sene içerisindeki buzlanma önleyici ve çözücü sistemlerin patent başvuruları yorumlanarak sektörde buzlanma problemi için çalışan lider firmalar belirlenmiştir. Bu lider firmaların son dört yıl içerisindeki hava araçlarında buz önleyici ve buz çözücü sistemler için yaptıkları patent başvuruları ve tescillenmiş patentleri incelenmiştir. Patentlerdeki, teknolojinin bilinen durumu, buluşun amacı, farklı yenilikçi çözümler, yenilikler ve ilk koruma kapsamı incelenmiş, yoğunluk yapılan çalışmalar ve teknolojik eğilim belirlenmiştir.

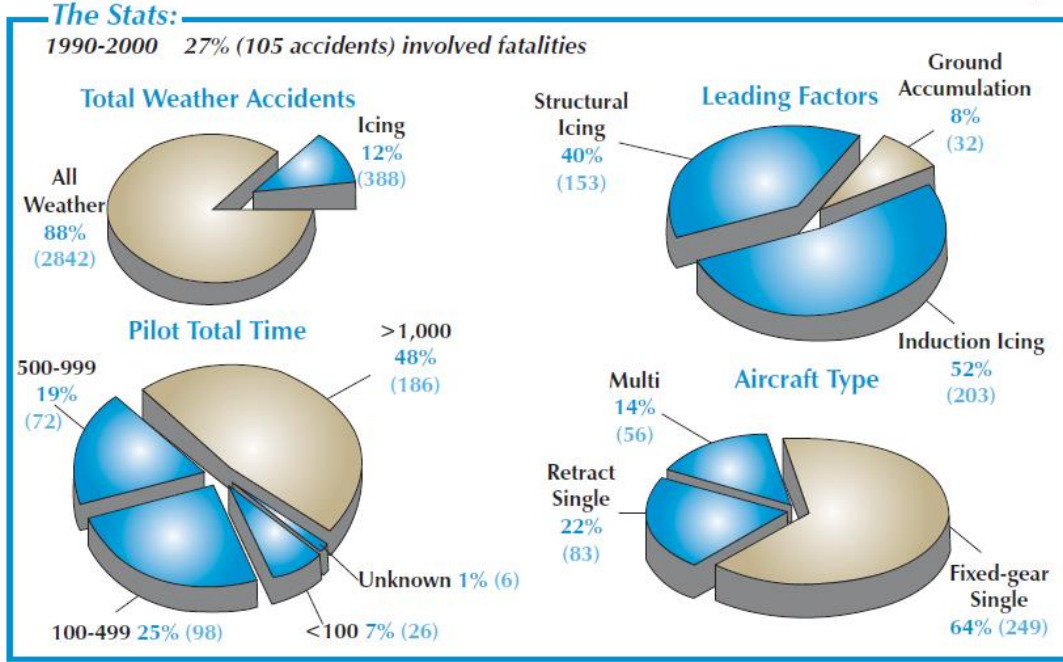
Anahtar Kelimeler: Patent, Havacılık, Buzlanma, Patent Veri Analizi

1. Giriş

Günümüzde bilgi teknolojilerindeki gelişmeler insanlığın teknik bilgiye erişiminin pratikleşmesini ve insanlar arasındaki iletişimin kolaylaşmasını sağlamaktadır. Bu sebeple, geçmiş dönemlere kıyasla teknolojinin hızla geliştiği modern dünyada çok daha zorlu ve büyük bir rekabet ortamı mevcuttur. Güncel ticari rekabet ortamında tüzel ve/veya gerçek kişiler geliştirdiği, ürettiği buluşların ve/veya fikirlerin ticari koruma haklarını almaktadırlar. Özellikle havacılık gibi büyük teknolojik hacme sahip ve piyasa değeri yüksek olan sektörlerdeki rekabet ortamı oldukça zorludur. Yüksek teknoloji içeren bu sektörlerde Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarına büyük bir kaynak ayrılmaktadır. Bu teknoloji geliştirme çalışmalarının sayısına bağlı olarak yüksek sayıda patent başvuruları da yapılmaktadır. Bununla birlikte bir endüstride patent veri tabanı analizi gerçekleştirilerek teknolojik eğilim, yapılan çalışmalar ve yenilikçi buluşlar hakkında güvenilir bilgiler elde edilebilir.

Bu bildirinin amacı havacılıkta buzlanma problemi için geliştirilen buzlanma önleyici ve/veya çözücü sistemler için patent veri tabanı analizi gerçekleştirilmesi ve bu yapılan analiz sonucunda buz önleyici ve çözücü sistemler alanında sektörde lider firmaların tespit edilmesidir. Ayrıca, buz önleyici ve çözücü uygulamaların alt türlerinin patent veri tabanı analizi ile belirlenmesi ve lider firmaların yoğunlaştıkları alt sistemlerin saptanmasıdır. Ek olarak, bazı farklı ve yenilikçi buluşların patent veri tabanı analizi ile tespit edilip bildiride sunulmasıdır.

Havacılıkta uçuş güvenliği açısından buzlanma riski kritik bir problemdir. Buzlanma, hava aracı aerodinamik performansı ve hava aracı kontrol kabiliyetini olumsuz etkilemektedir. Hava aracı buzlanmaya maruz kaldığında, hava aracının tırmanabilme kapasitesi, ortalama seyir hızı, servis tavanı (service ceilings), pas geçme performansı, azami menzil mesafesi düşmektedir. Yakıt tüketiminde artış yaşanmaktadır. En önemlisi ise hava aracı havada tutunabilme yeteneğini kaybedebilmektedir (stalling). Örneğin, kanatların hücum kenarları üzerinde buz birikimi, kanatların kesit alanı formunun değişmesine sebep olabilmektedir. Bu sebeple kanat üzerine akan hava akışı düzensiz bir şekilde karşılanacaktır. Bunun sonucunda kanatların oluşturduğu kaldırma kuvvetine azalma, sürüklenme kuvveti, ağırlık ve perdövites hızında artış gözlemlenmektedir. Hava aracı seyir sırasında oluşabilecek olan buzlanma üç faktöre indirgenebilir. Bunlar; sıcaklık, nem ve tanecek boyutudur [1].

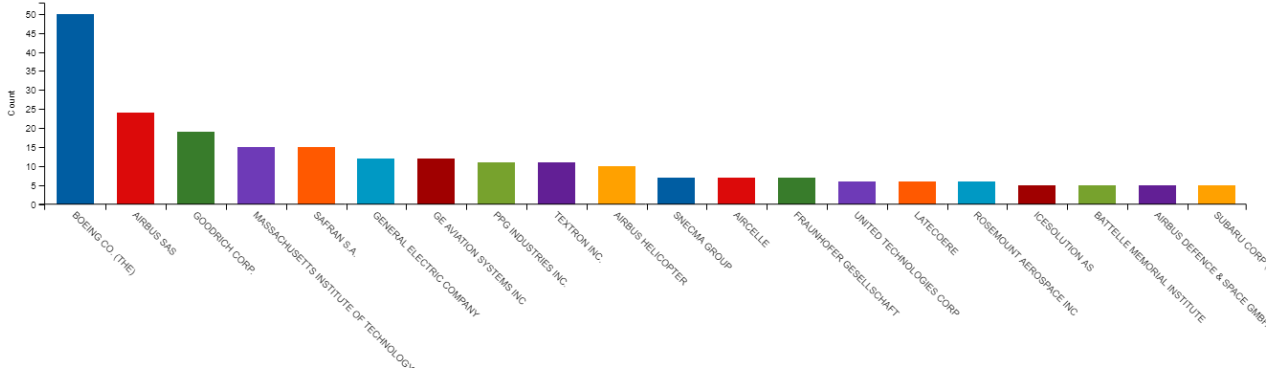


Şekil 11: 1990-2000 yılları arasında havacılıkta buzlanma problemi nedeniyle kaynaklanan kazalar hakkında istatistiksel bilgiler [2]

Şekil 1 göz önünde bulundurularak hava araçlarında buzlanmanın sektör içinde önemli bir problem olduğu gözlemlenebilmektedir. Bu nedenle, günümüzde ticari ve askeri havacılıkta bu problemi gidermek için çalışmalar ve çalışmaların bulunduğu patentler ortaya çıkmaktadır. Patent veri tabanı analizi ile buz önleyici ve giderici sistemler hakkında yapılan çalışmaların ve önemli buluşlar gözlemlenmiştir.

2. Araştırma

2.1. Patent Veri Tabanı Analizi ile Verilerin Elde Edilmesi



Şekil 12 B64D15/00 sınıflandırma kodunda son on yıl içerisinde yapılan başvuruların firma dağılımı [3]

İlk olarak, Avrupa Patent Ofisi'nin patent arama aracı olan "Espacenet" isimli web adresi kullanılarak, havacılıkta buzlanmayı önleyen ve gideren sistemlere ait sınıflandırma kodu tespit edilmiştir. Patent başvurularında "B64D15/00" sınıflandırma kodu hava araçlarında buzlanma önleyici ve/veya çözücü sistemlerin sınıflandırılması olarak atanmıştır; herhangi bir patent başvurusunda hava araçlarındaki buzlanma problemini giderilmesi ve önlenmesi ile ilgili yenilik, buluş, geliştirme olması dâhilinde hazırlanan dokümanlar "B64D15/00" sınıflandırmasına dâhil olacaktır. Dolayısıyla, "B64D15/00" sınıflandırma kodu kullanılarak buz önleyici ve/veya çözücü sistemleri içeren patent dokümanlarına kolaylıkla ulaşılabilmektedir. B64D15/00 sınıflandırılması DERWENT INNOVATION TOOL yazılımında aratılarak son on yıl içerisindeki buzlanma önleyici ve/veya çözücü sistemler hakkında yapılan başvurular listelenmiştir. Yazılım vasıtasıyla, buzlanma önleyici ve/veya çözücü sistemlerde son on yıl içerisinde en çok Boeing ve Airbus firmalarının başvuru yaptığı gözlemlenmiştir. Başvuru sayılarındaki fazlalıktan dolayı teknolojik eğilim ve alt türler üstüne daha çok çalışma yapıldığı hakkındaki analizler için Boeing ve Airbus firmalarının başvurularının incelenmesine karar verilmiştir.

The screenshot shows the Espacenet Patent search interface. The search term is B64D15. The results are displayed under the heading "Cooperative Patent Classification". The search results are as follows:

Symbol	Classification and description
<input type="checkbox"/> B	PERFORMING OPERATIONS; TRANSPORTING
TRANSPORTING	
<input type="checkbox"/> B64	AIRCRAFT; AVIATION; COSMONAUTICS
<input type="checkbox"/> B64D	EQUIPMENT FOR FITTING IN OR TO AIRCRAFT; FLYING SUITS; PARACHUTES; ARRANGEMENTS OR MOUNTING OF POWER PLANTS OR PROPULSION TRANSMISSIONS IN AIRCRAFT
<input type="checkbox"/> B64D 15/00	De-icing or preventing icing on exterior surfaces of aircraft (motor vehicles specially adapted for carrying de-icing equipment B60P)

Selected classifications: nothing selected

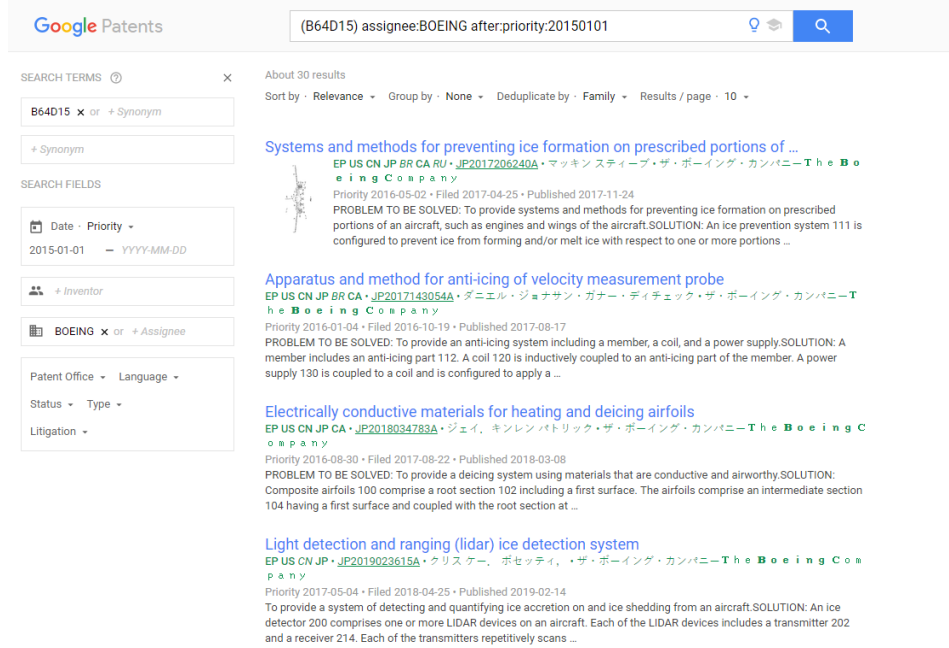
Buttons: Find patents, Copy to search form

Şekil 13: “Espacenet” web adresi [4]

Boeing ve Airbus firmalarının son dört yıl içerisindeki B64D15/00 sınıflandırma kodu altında yayınlanan patent dokümanları Google Patents aracı ile bulunmuş ve incelenmiştir. Yapılan başvurular içerisinde:

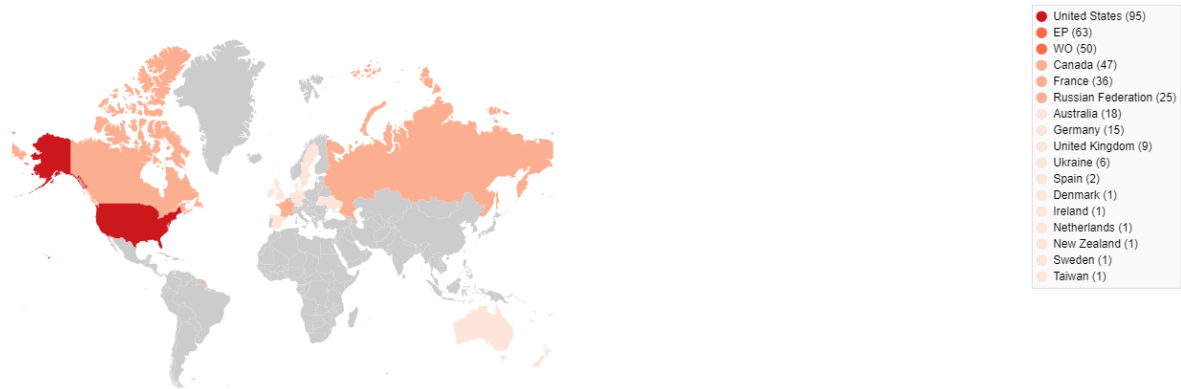
- Tekniğin bilinen durumu
- Buluşun amacı
- Buluş özeti
- İlk koruma kapsamı incelenmiştir.

Doküman içerisinde analiz edilen bölümler doğrultusunda, söz konusu başvurunun hangi türde bir buz önleyici ve/veya çözücü sistem olduğu, farklı bir yenilikçi çözüm içerip içermediği belirlenmiştir. Sonrasında ise toplanılan bilgiler düzenlenerek, Buz önleyici ve/veya çözücü sistemlerin iki firma bazında dağılımları hesaplanmıştır. Böylelikle, hangi tür sistemler için daha fazla araştırma ve geliştirme çalışması yapıldığı hakkında net ipucu verebilmektedir. Diğer yandan, B64D15/00 sınıfı genel olarak taratılarak yenilikçi çözümler saptanmıştır.

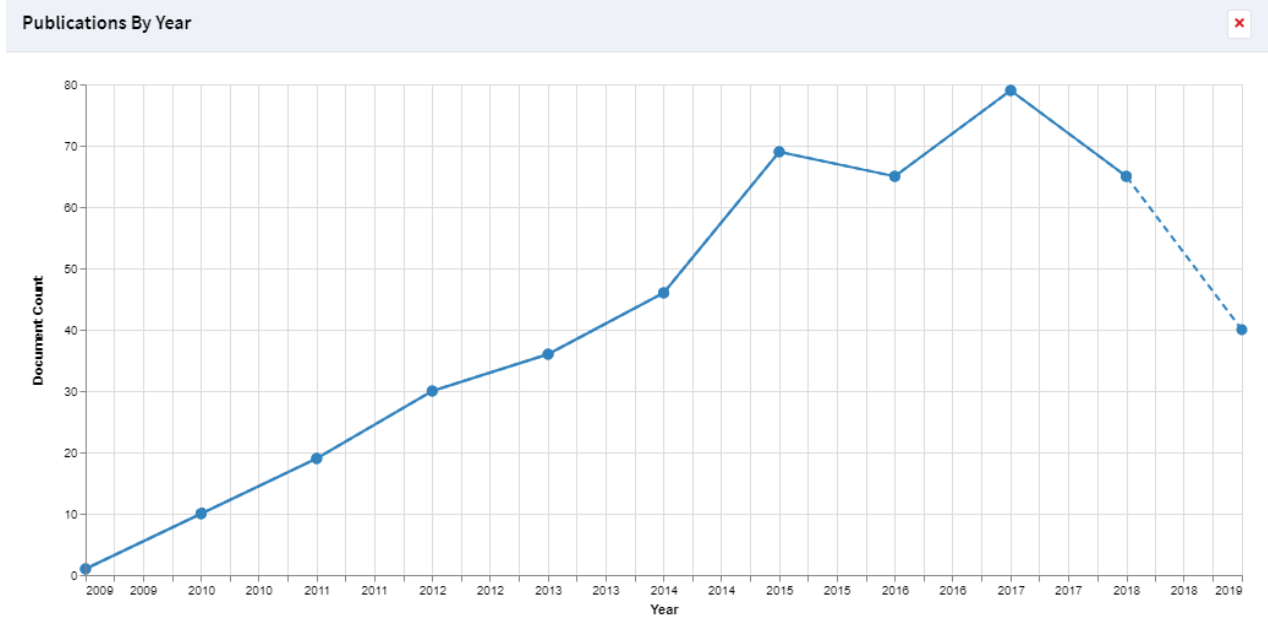


Şekil 14: Google Patent son dört sene içerisinde B64D15/00 kodu ve Boeing firma filtresi ile arama yapılması [5]

Aşağıda verilen Şekil 5'te son 10 yıl içerisinde "B64D15/00" sınıflandırma koduna sahip başvuruların ülke dağılımları verilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde toplam 95 patent başvurusu yapılmıştır [3]. Dolayısıyla buz çözücü ve/veya önleyici sistemler hakkında en çok çalışma yapılan ve en çok koruma istenen bölge olduğu yorumlanabilmektedir.



Şekil 15: Son 10 yıl içerisinde "B64D15/00" sınıflandırma koduna sahip başvuruların ülke dağılımları [3]



Şekil 16: Son 10 yıl içerisinde “B64D15/00” sınıflandırma kodu altında, buz önleyici ve/veya çözücü sistemler için yapılan başvuru sayılarının yıllara göre grafiği [6]

Şekil 6’da son 10 yıl içerisinde “B64D15/00” sınıflandırma kodu altında, buz önleyici ve/veya çözücü sistemler için yapılan başvuru sayılarının yıllara göre grafiği verilmiştir [6]. Son on yıl içerisinde havacılıkta buzlanma problemi hakkında yapılan çalışmaların artışı gözlemlenebilmektedir. Fakat 2018 sonrasında yayınlanan başvuru sayısında düşüş yaşanmıştır.

2.2. Havacılıkta Buzlanma Problemini Önlemek ve/veya Gidermek için Geliştirilen Geleneksel Uygulamalar

Buz çözücü sistemler (De-ice systems); bir yüzey üzerinde oluşan buzlanmayı ortadan kaldıran sistemler olarak sınıflandırılırlar, buz önleyici sistemler (Anti-ice systems) ise herhangi bir yüzeyde buzlanma oluşmasını engelleyen sistemler olarak bilinir. Günümüzde hem buz oluşmasına engel olan hem de oluşan buzlanmayı ortadan kaldıran sistemlerde mevcuttur. Gaz türbininden aldığı havayı kanatlara tahliye eden hava tahliyesi sistemleri buz önleyici sistemlerdendir. Gövde içerisinde yer alan şişirilebilir veya hareket ettirilebilir buz kırmak için tasarlanan pabuçlu sistemler ise buz çözücü sistemlere bir örnektir [7].

2.2.1. Hava Tahliyesi Sistemleri (Bleed Air Systems)

Hava tahliyesi sistemleri gaz türbini içerisinde bulunan kompresör elemanından çıkan sıcak hava gazını kanat hücum kenarları ve motor giriş ağızına yönlendirerek bu bölgelerde oluşabilecek olan buzlanma problemini engeller ve/veya giderir. Fakat hava tahliyesi sistemleri için hava aracı içerisinde hava kanalları işçiliği yapılması söz konusudur. Aynı zamanda, gaz türbininden çıkan hava yüksek sıcaklıklarda olduğu için tahliye sırasında gerçekleşebilecek herhangi olası bir sızıntı hava aracının parçalarına zarar verebilmektedir. Dolayısıyla, gaz türbininden çıkan havanın sıcaklığının düşürülmesi için de zorlayıcı ve maliyetli tasarımlar yapılmaktadır [7].

2.2.2. TKS Sistemleri (Tecalemit Killfrost Sheepbridge)

TKS sistemleri günümüzde en yaygın olarak bilinen sistemlerdendir. TKS sistemlerinde glikol temelli sıvı karışımlar hava aracı gövdesine aktararak, su taneciklerinin donma noktasını düşürülmektedir. Böylece hava aracı aerodinamik yüzeyinde su taneciklerinin donması standart koşullara nazaran daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşeceğinden, yüzeyler üzerinde buzlanma oluşumu engellenebilmektedir. Fakat glikol temelli karışımların maliyeti yüksektir, bu sebeple kullanımı maddi açıdan bir dezavantaj olabilmektedir [7].

2.2.3. Genel Pnömatik/ Mekanik Buz çözücü sistemler (Pneumatic/Mechanical de-icing boots)

Pnömatik/Mekanik buz çözücü sistemler esnek ve dayanıklı (örneğin kauçuk) pabuçlar içermektedirler. Pabuçlar kanat, kanatçık ve/veya motor giriş ağızı içerisinde yer alırlar. Bu bölgelerde belirli miktarda buz birikimi oluşması halinde ultrasonik, pnömatik, mekanik vb. bir eyleyici sayesinde pabuç veya benzeri elemanların hareketlendirilerek buzların, kırılarak hava akışına bırakılmasına olanak sağlanmaktadır. Pabuç sistemlerinin etkili bir şekilde kullanılabilmesi için yeterli miktarlarda buzun yüzey üzerinde birikmesi gerekmektedir aksi takdirde yüzey üzerinde oluşan buz birikimini giderilememektedir [7].

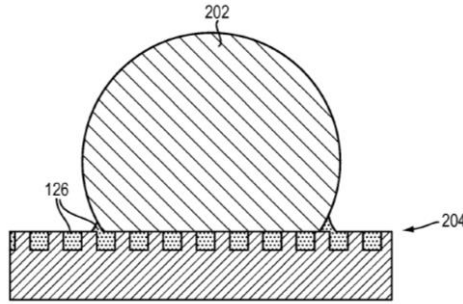
2.2.4. Elektrikli buz önleyici ve çözücü sistemler (Electrical anti-icing systems)

Elektrikli buz önleyici ve çözücü sistemler genellikle kanat, kanatçık ve/veya motor giriş ağızına gömülü bir şekilde yer almaktadırlar. Elektrik akımı verilen direnç, etrafına ısı enerjisi yayarak buz oluşumunu engeller ve/veya giderebilmektedirler. Dirençlere sağlanan elektrik akımı gaz türbini içerisinde yer alan yüksek basınç şaftının dönmesiyle üretilmektedir, dolayısıyla gaz

türbini çekirdeğine fazladan yük bindirilmesine neden olmaktadır. Bu sebeple hava aracı tasarım aşamasında bu tür sistemlerin kullanımı hesaba katılmak zorundadır. Bu durum hava aracı motorunun boyutlarını, ağırlığını ve maliyetini olumsuz bir şekilde etkileyebilmektedirler. Ek olarak, gaz türbininden buzlanma önleyici sisteme fazladan enerji sağlanması pilotun iniş sırasında veya hava aracını belirli bir irtifada tutmaya çalışması sırasında dezavantajlı olabilecek motor hızı arttırmasına neden olabilmektedir [8].

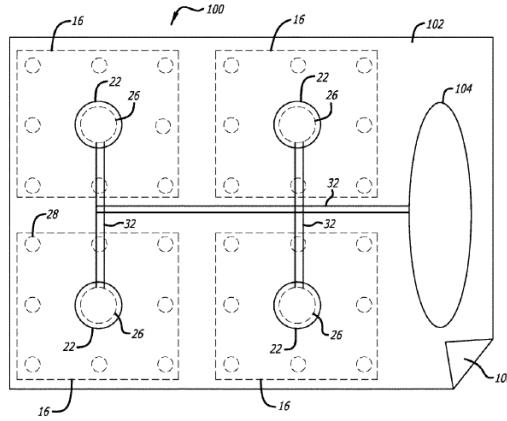
2.3. Havacılıkta Buzlanma Problemini Önlemek ve Gidermek için Geliştirilen Önemli Buluşlar

US8574704 numaralı “LIQUID-IMPREGNATED SURFACES, METHODS OF MAKING, AND DEVICES INCORPORATING THE SAME” isimli MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY üniversitesine ait patente tanımlanan buluş, sıvı emdirilmiş hidrofob (non-wetting) özelliği kazandırılmış yüzeyleri içermektedir. Sıvı emdirilmiş yüzeyler üzerinde su taneciklerinin birikmesine karşı dirençli üretildiğinden, sıvı emdirilmemiş standart dokuya sahip yüzeylere kıyasla üzerinde çok daha düşük adezyon kuvveti göstermektedir, bu nedenle önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanarak yüzeyler buzdan arındırılabilir. Diğer yandan, sıvı emdirilmiş yüzeyler, atomik olarak pürüzsüz ve düşük enerjili yüzeylere sahip olduğundan üzerinde su tutmayacağı için buz oluşumu gözlemlenmez. Şekil 7’de sıvı emdirilmiş yüzey (204) üzerinde bulunan su taneciği (202) şematik olarak gösterilmektedir. Su taneciğinin (202) hareketi ve hareket kabiliyeti, emdirilen sıvının (126) özelliklerinden etkilenir ve yüzeyin su taneciğini üzerinde tutmaması sağlanmaktadır. Bu sayede, sıvı emdirilmiş (204) yüzey üzerinde oluşabilecek buzlanma engellenmektedir [9].



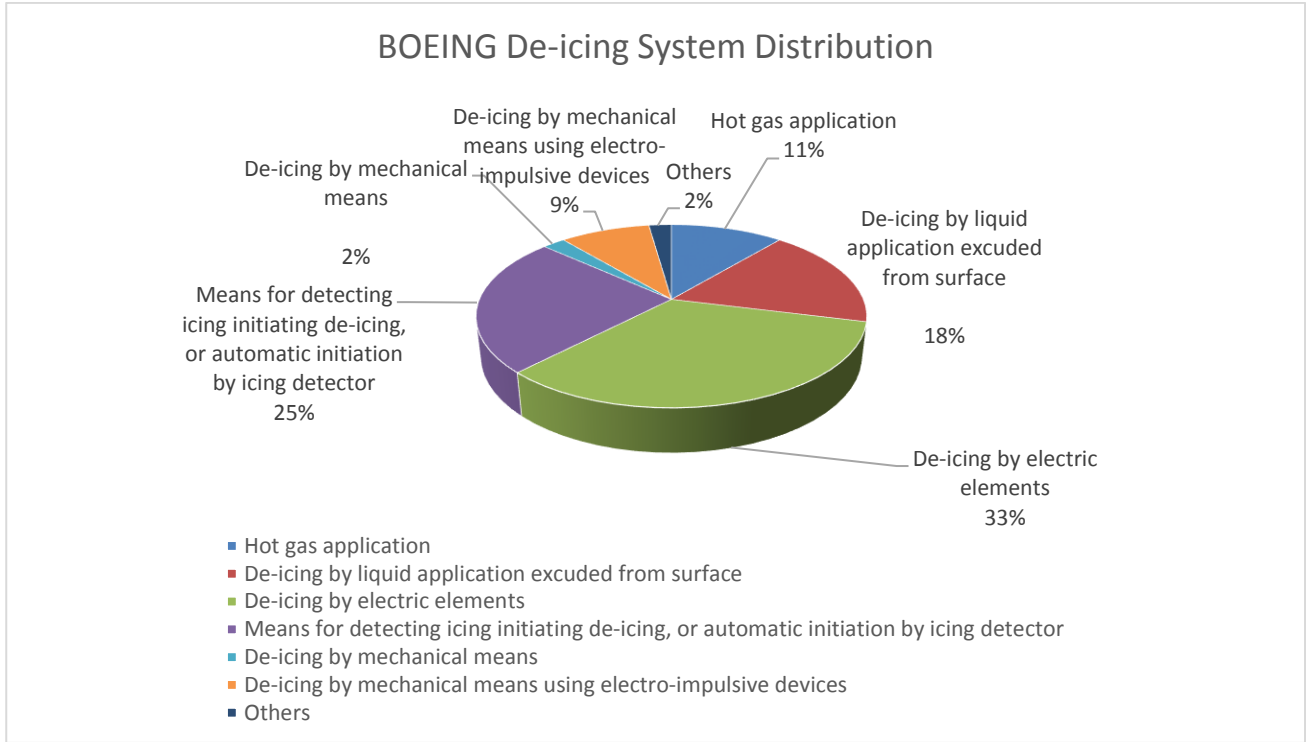
Şekil 17: Sıvı emdirilmiş yüzey üzerinde bulunan su taneciğinin şematik görünümü [9]

US20180162556A1 numaralı “NANO-ENERGETIC APPLICATIONS FOR AIRCRAFT” isimli Boeing firmasına ait patent başvurusunda, yapısal eleman nano enerjitik eyleyiciler içeren tahribatsız muayene (NDE: non-destructive examination system) sistemini içermektedir. Sistem, algıladığı termal enerjiye göre kontrollü bir yanma ve titreşim indüklemektedir. Böylece yüzey üzerinde oluşan buz giderilebilmektedir [10].



Şekil 18: Yapısal eleman üzerinde kullanılan uygulamanın üstten görünüşü [10]

Yapısal eleman üzerinde kullanılan uygulamanın üstten görünüşü Şekil 8’de verilmiştir. Uygulama (100), nano enerjitik eyleyiciler (22), ateşleme elemanları (26), ara bağlantılar (32), sensörler (28), alt katman (102), endüktif bobin (104), yapışkan (106) içermektedir [10].

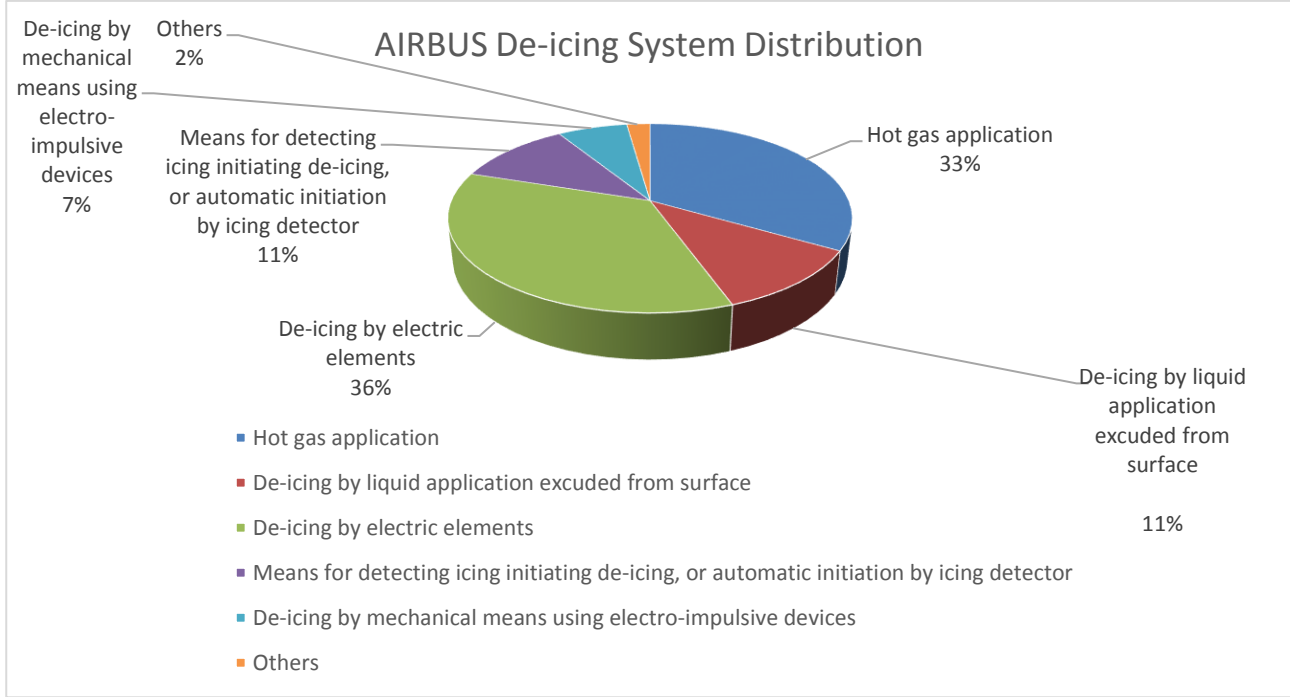


Şekil 19: Boeing firmasına ait Buz Önleyici ve Giderici alt sistemlerinin 2015-2019 yılları arasındaki dağılımı

Şekil 9’da Boeing firmasının 01-01-2015 tarihinden itibaren buzlanma önleyici ve/veya çözücü sistemler alanında hazırladığı patent başvurularının incelenerek hangi alt türlerine ait olduğu pasta dilimi dağılımı ile verilmektedir. Elektrikli ısıtıcı ve/veya manyetik alan kullanılan sistemler hakkında toplam 15 başvuru yayınlanmıştır ve %33’lük oranı ile üzerinde en çok çalışma yapılan sistemler olarak hesaplanmıştır. %2’lik oranı ile genel mekanik sistemlerin üzerinde daha az çalışma yapıldığı görülebilmektedir. Diğer yandan, buzlanmanın saptanabilmesine olanak sağlayan ve buz çözücü ve/veya önleyici sistemleri tetikleyen sistemler ve/veya yöntemler hakkında %11’lik oranı ile toplam 11 çalışma gerçekleştirilmiştir. Tablo 1’de Boeing firması tarafından son dört yıl içerisinde alt türlerine göre buz önleyici ve/veya çözücü sistemlere yaptığı başvuru sayıları verilmiştir.

Tablo 4: Boeing firmasına ait Buz Önleyici ve Giderici alt sistemlerinin 2015-2019 yılları arasındaki başvuru sayıları

Sistemler	Başvuru Sayısı
Hava tahliyesi sistemleri (Hot gas application)	5
Yüzeyden dışarı sıvı verilmesi ile buzlanma önleyici/çözücü uygulamalar (De-icing by liquid application exuded from surface)	8
Elektrikli ısıtıcı ve/veya manyetik alan kullanılan sistemler (De-icing by electric elements)	15
Buzlanmanın saptanabilmesine olanak sağlayan ve buz çözücü ve/veya önleyici sistemleri tetikleyen sistemler ve/veya yöntemler (Means for detecting icing initiating de-icing, or automatic initiation by icing detector)	11
Mekanik Sistemler Genel (De-icing by mechanical means)	1
Mekanik Sistemler Elektro-impulsif (De-icing by mechanical means using electro-impulsive devices)	4
Diğerleri (Others)	1

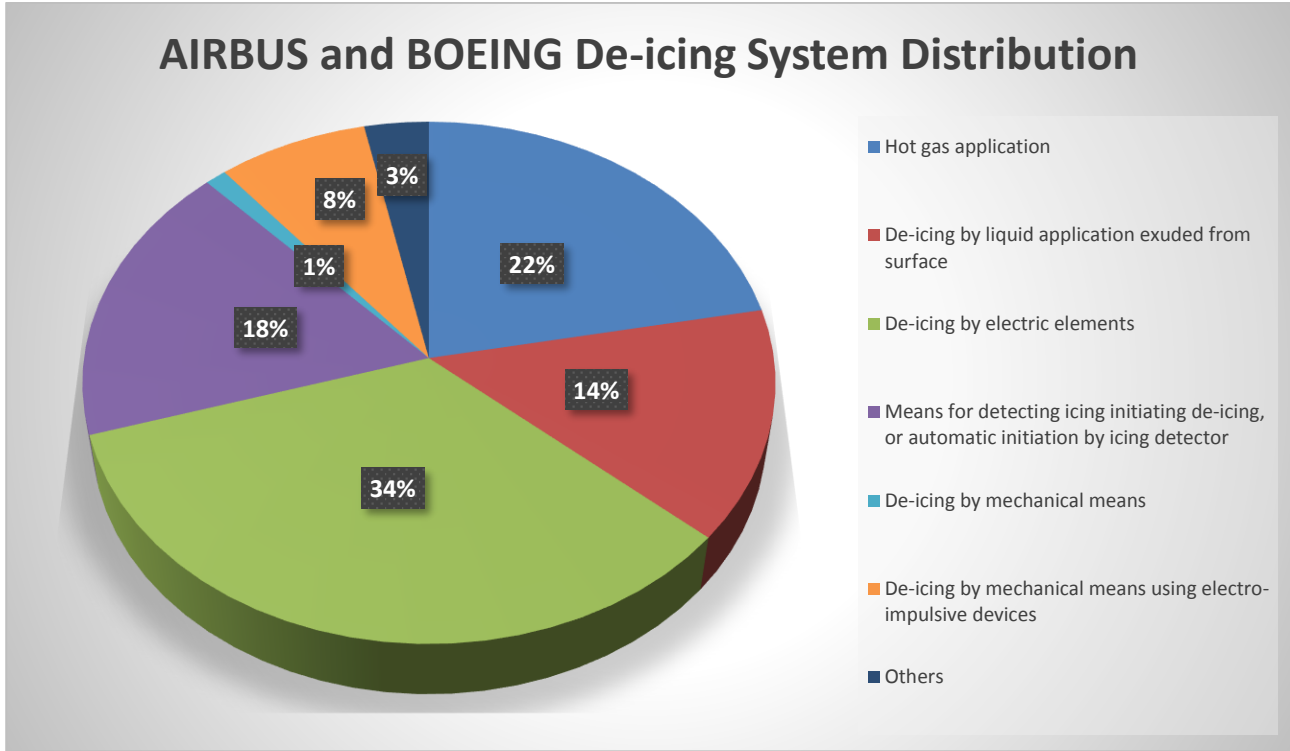


Şekil 20: Airbus firmasına ait Buz Önleyici ve Giderici alt sistemlerinin 2015-2019 yılları arasındaki dağılımı

Şekil 10’da Airbus firmasının 01-01-2015 tarihinden itibaren buzlanma önleyici ve/veya çözücü sistemler alanında hazırladığı patent başvurularının incelenerek hangi alt türlerine ait olduğu pasta dilimi dağılımı ile verilmektedir. BOEING firması için yapılan analiz sonucuna benzer olarak elektrikli ısıtıcı ve/veya manyetik alan kullanılan sistemler için toplam 16 patent başvurusu yayınlamıştır ve % 36’lık bir orana sahiptir. Boeing firmasından farklı olarak Airbus, hava tahliyesi sistemleri hakkında, buzlanmanın saptanabilmesine olanak sağlayan ve buz çözücü ve/veya önleyici sistemleri tetikleyen sistemler ve/veya yöntemlere göre daha fazla çalıştırma gerçekleştirmiştir. Sıcak hava tahliye eden sistemler % 33’lük bir oran ile toplam 15 başvuru yapılmıştır. Tablo 2’te Airbus firması tarafından son dört yıl içerisinde alt türlerine göre buz önleyici ve/veya çözücü sistemlere yaptığı başvuru sayıları verilmiştir.

Tablo 5: Airbus firmasına ait Buz Önleyici ve Giderici alt sistemlerinin 2015-2019 yılları arasındaki başvuru sayıları

Sistemler	Başvuru Sayısı
Hava tahliyesi sistemleri (Hot gas application)	15
Yüzeyden dışarı sıvı verilmesi ile buzlanma önleyici/çözücü uygulamalar (De-icing by liquid application exuded from surface)	5
Elektrikli ısıtıcı ve/veya manyetik alan kullanılan sistemler (De-icing by electric elements)	16
Buzlanmanın saptanabilmesine olanak sağlayan ve buz çözücü ve/veya önleyici sistemleri tetikleyen sistemler ve/veya yöntemler (Means for detecting icing initiating de-icing, or automatic initiation by icing detector)	5
Mekanik Sistemler Elektro-impulsif (De-icing by mechanical means using electro-impulsive devices)	3
Diğerleri (Others)	1



Şekil 21: Airbus ve Boeing firmalarına ait Buz Önleyici ve Giderici alt sistemlerinin 2015-2019 yılları arasındaki dağılımı

Şekil 11'de AIRBUS ve BOEING firmalarının 01-01-2015 tarihinden itibaren rüçhan tarihi alınan, buzlanma önleyici ve/veya çözücü sistemlere dâhil alt türlerinin dağılımı verilmektedir. Toplam yayınlanan 31 patent başvurusu ile elektrikli ısıtıcı ve/veya manyetik alan kullanılan sistemler %34'lük bir orana sahiptir. Son dört yıl içerisinde sadece iki farklı yeni sistem türü patent başvurusuna rastlanılmıştır. Tablo-3'te AIRBUS ve BOEING firmaları tarafından son dört yıl içerisinde türlerine göre buz önleyici ve/veya çözücü sistemlere yaptıkları başvuru sayıları verilmiştir.

Tablo 6: Airbus ve Boeing firmalarına ait Buz Önleyici ve Giderici alt sistemlerinin 2015-2019 yılları arasındaki toplam başvuru sayıları

Sistemler	Başvuru Sayısı
Hava tahliyesi kullanılan sistemler (Hot gas application)	20
Yüzeyden dışarı sıvı verilmesi ile buzlanma önleyici/çözücü uygulamalar (De-icing by liquid application exuded from surface)	13
Elektrikli ısıtıcı ve/veya manyetik alan kullanılan sistemler (De-icing by electric elements)	31
Buzlanmanın saptanabilmesine olanak sağlayan ve buz çözücü ve/veya önleyici sistemleri tetikleyen sistemler ve/veya yöntemler (Means for detecting icing initiating de-icing, or automatic initiation by icing detector)	16
Mekanik Sistemler Genel (De-icing by mechanical means)	1
Mekanik Sistemler Elektro-impulsif (De-icing by mechanical means using electro-impulsive devices)	7
Diğerleri (Others)	3

3. Sonuç

Bildiri içerisinde yer alan araştırma kısmında verilen havacılıkta buzlanma problemini önleyici ve/veya çözücü sistemler hakkındaki bütün bilgiler ve analiz verileri patent veri tabanı analizi ile elde edilmiştir. Firmaların belirli bir alan içerisinde yaptıkları çalışmaların dağılımı, yöneleceği alt sistemler, önemli ve yenilikçi buluşları patent veri tabanı analizi sayesinde saptanabilmekte veya yorumlanabilmektedir. Ek olarak, herhangi bir teknik alandaki teknik bilgi birikimi, o teknik alandaki patentlerin incelenmesi ile elde edilebilmektedir.

Havacılık sektöründe buzlanma çözücü ve/veya önleyici sistemler içerisinde genel mekanik sistemlerin yerine elektriksel donanımların ve yazılım araçların kullanılması patent veri tabanı analizi sonucunda görülebilmektedir. Patent veri tabanı analizi gerçekleştirildiğinde Boeing ve Airbus firmalarının havacılık sektöründeki buzlanma problemi için diğer tüzel veya gerçek kişilere göre daha ağırlıklı ve başarılı çalışmalar gerçekleştirdikleri görülmüştür. Bu sonuçlar Boeing ve Airbus firmalarının havacılık sektöründe buzlanma önleyici ve çözücü sistemler çalışmalarında lider firmalar olduğunu gösterir. Sektörde lider konuma ulaşmak isteyen bir şirket için belirlenen teknolojik eğilimler, yürüteceği Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları için girdi teşkil eder.

4. Kaynakça

- [1] M. Wadel, "Aircraft Icing Training," NASA. [Online]. Available: <https://aircrafticing.grc.nasa.gov/>. [Accessed: 05-Sep-2019].
- [2] B. Landsberg, "Aircraft Icing," AOPA Safety Advisor, AOPA Air Safety Foundation.
- [3] "Derwent Innovation," Login | Derwent Innovation. [Online]. Available: <https://www.derwentinnovation.com/login/>. [Accessed: 05-Sep-2019].
- [4] "Espacenet," Espacenet. [Online]. Available: <https://worldwide.espacenet.com/>. [Accessed: 05-Sep-2019].
- [5] Google Patents Advanced Search. [Online]. Available: <https://patents.google.com/advanced>. [Accessed: 05-Sep-2019].
- [6] The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. [Online]. Available: <https://www.lens.org/>. [Accessed: 05-Sep-2019].
- [7] Steve G. Mackin, "WEEPING FERROFLUID ANTI-ICE SYSTEM", U. S. 10 144 522, Dec. 4, 2018.
- [8] Steve G. Mackin, "AIRCRAFT AND ASSOCIATED METHOD FOR PROVIDING ELECTRICAL ENERGY TO AN ANTI-ICING SYSTEM", Patent Number: U. S. Patent 20170 210 478, Jul. 27, 2017
- [9] J. David Smith, Rajeev Dhiman, Kripa K. Varanasi, Ernesto Reza-Garduno Cabello, "Liquid-impregnated surfaces, methods of making, and devices incorporating the same", Patent Number: U.S. Patent 8 574 704, Nov. 5, 2013
- [10] John H. Belk, Om Prakash, 2018, "NANO-ENERGITIC APPLICATIONS FOR AIRCRAFT", U. S. Patent 2018 162 556, Jun. 14, 2018

NITRITE AND PHOSPHATE CONCENTRATIONS IN DRINKING WATER OF ENEZ DISTRICT (SOUTHERN PART OF EDİRNE PROVINCE, TURKEY)

Cem Tokatlı

Department of Laboratory Technology, İpsala Vocational School, Trakya University, Bayrambey Quarter, Enez Street,
No: 140, 22400, İpsala/Edirne, TURKEY

tokatlicem@gmail.com

Abstract

This study was conducted to assess the drinking water quality of Enez District of Edirne Province in terms of nitrite and phosphate accumulations. Drinking water samples were collected from 11 villages in winter season of 2019 and nitrite (NO₂) and phosphate (PO₄) concentrations were determined. The detected data were assessed according to water quality criteria in Turkey. Cluster Analysis (CA) according to Bray Curtis was applied to results in order to classify the villages in terms of similar groundwater quality characteristics. As a result of this study, nitrite values in groundwater of Enez District were recorded among the range of 0 (Abdürrahim and Şehitler Villages) – 0.031 (Çeribaşı Village) ppm and phosphate values in groundwater of Enez District were recorded among the range of 0.08 (Büyükevren Village) – 0.9 (Yenice and Vakıf Villages) ppm. It was also determined that Enez District has I. – II. Class water quality in terms of nitrite parameter and has III. – IV. Class water quality in terms of phosphate parameter, in general. As a result of CA, three clusters were occurred that were corresponded to polluted, moderate polluted and unpolluted villages.

Keywords: Enez District, Drinking water quality, Cluster Analysis, Nitrite, Phosphate

1. Introduction

Enez district is located in the south west corner of Edirne Province. The only mountain is Çandır (Çan Hıdır) Mountain. Its elevation is close to 400 meters. The eastern half of the district lies on the Pelin Plateau extending north of the Gulf of Saroz. The altitude of this plateau ranges from 50 to 150 meters. The wide valley floor to the east is called Enez and Yenice Plain. The only river in the district is Meriç. Platin, Gökgür, Ayana, Incirlidere are the main streams and the natural lakes of the disitrikt are Çeltik, Dalyan, Küçük Tuzla, Bücürmene and Taşaltı. The district is located in the Marmara Type of Mediterranean climate. The winds are mostly from the north and moderate. Summers are hot and dry, winters are cool and rainy. The district is semi-humid in terms of precipitation. Natural vegetation is dry forest. The hillsides facing the sea are covered with maquis. The scrub is made up of dwarf trees and arid grasses. Enez is surrounded by Keşan in the east, Greece in the west, İpsala in the north and Aegean Sea in the south. 1/3 of the land is forested. The area is 458 km² and the distance to the city center is 172 km. [1, 2]. The purpose of this research was to evaluate the groundwater quality of Enez District in terms of nitrite and phosphate accumulations.

2. Materials and Methods

In this study, groundwater samples were collected in winter season of 2019 from 11 villages located in the Enez District. Map of investigated study area is given in Figure 1 and coordinate – locality information of selected villages are given in Table 1.

Nitrite (NO₂) and phosphate (PO₄) parameters were performed by using Hach branded (DR890) Colorimeter Device during the laboratory studies.

“PAST” package program was used for statistical analysis (Cluster Analysis).

Table 1: Location properties of villages

Villages	North	East	Villages	North	East
Yenice	40.700	26.149	Şehitler	40.692	26.293
Çavuşköy	40.688	26.171	İşıklı	40.719	26.309
Büyükevren	40.651	26.228	Çeribaşı	40.664	26.256
Abdürrahim	40.641	26.258	Karaincirli	40.627	26.297
Hasköy	40.665	26.317	Vakıf	40.616	26.258
Kocaali	40.666	26.345			

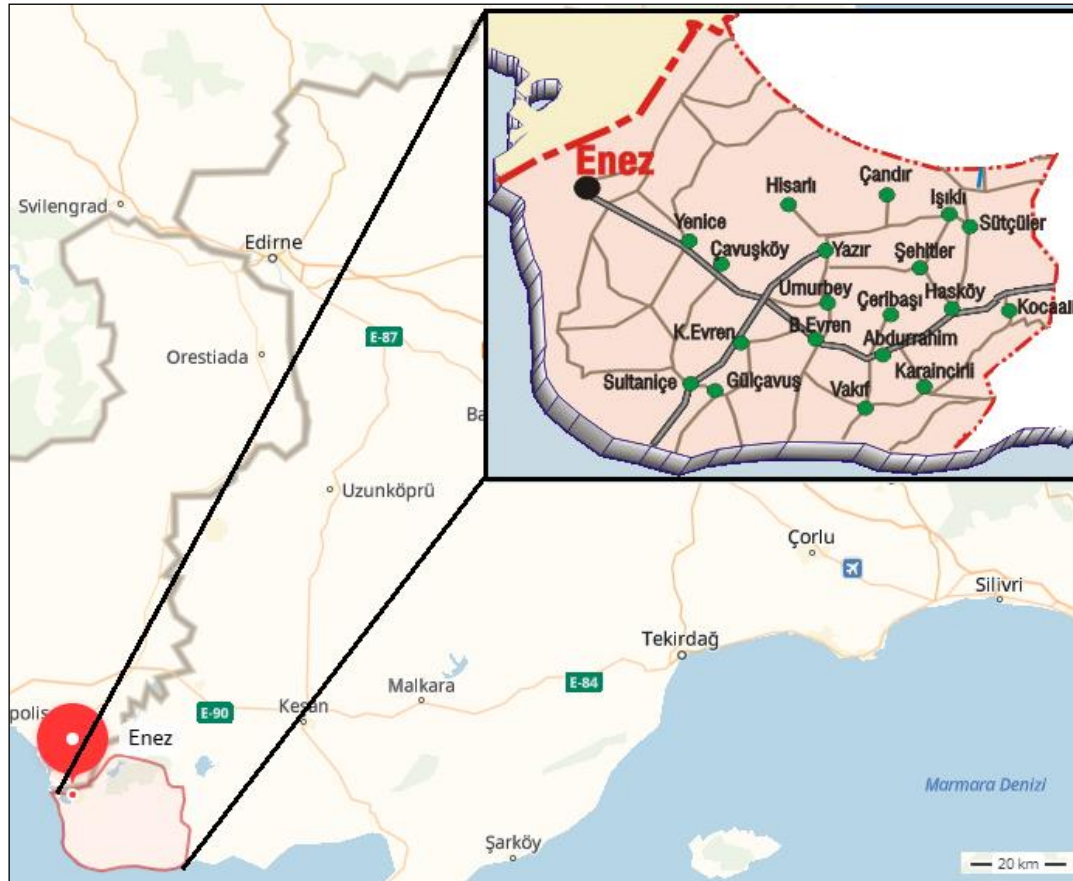


Figure 1: Study area

3. Results and Discussion

Results of detected chemical data in the drinking water of Enez District with some water quality limits are given in Table 2 and nitrite – phosphate accumulation graphic of the villages is given in Figure 2.

Table 2: Results of nitrite and phosphate parameters and some water quality limits

Water Quality Standards and the Current Results		Parameters	
		NO ₂ (ppm)	PO ₄ (ppm)
Turkish Regulations Water Quality Classes [3]	I. Class (Very Clean)	0.01	0.02
	II. Class (Less Polluted)	0.06	0.16
	III. Class (Much Polluted)	0.12	0.65
	IV. Class (Extremely Polluted)	>0.3	>0.65
Drinking Water Standards	TS266 (Turkish Standards Institute) [4]	0.5	-
	EC (European Communities) [5]	0.5	-
	WHO (World Health Organization) [6]	0.2	-
Drinking Water of Enez District	Min	0	0.08
	Max	0.031	0.9
	Mean	0.011	0.32
	SD	0.01	0.29

^aUslu and Türkman, 1987 [7]

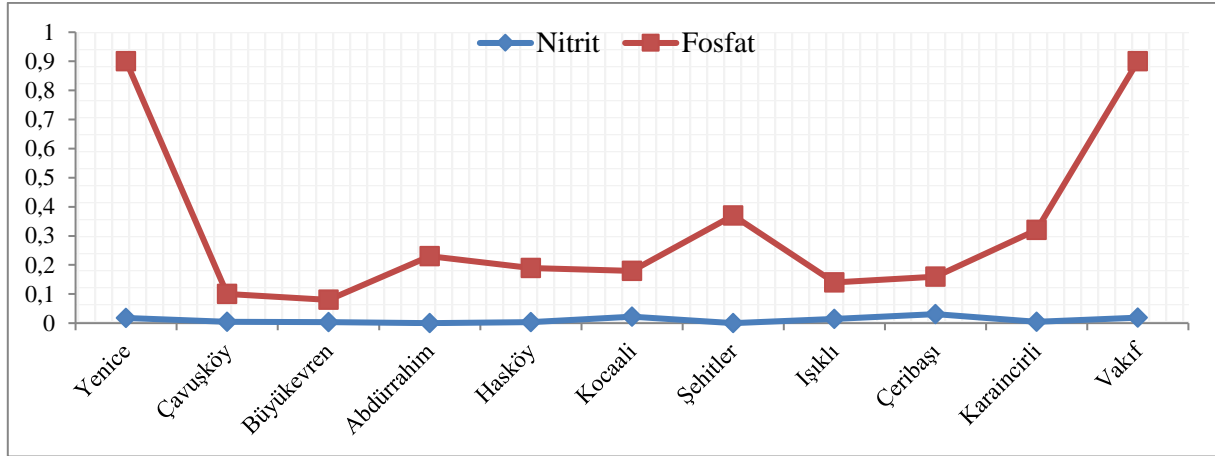


Figure 2: Nitrite and phosphate concentrations (ppm)

CA diagram made by using nitrate – phosphate values of groundwater samples of Enez District is given in Figure 3. As a result of CA, three clusters were formed. Cluster 1 corresponded to Vakıf and Yenice Villages, where were determined as the polluted stations on the region. Cluster 2 corresponded to Abdürrahim, Hasköy, Kocaali, Işıklı, Çeribaşı, Şehitler and Karaincirli Villages, where were determined as the moderate polluted stations on the region. Cluster 3 corresponded to Çavuşköy and Büyükevren Villages, where were determined as the unpolluted stations on the region.

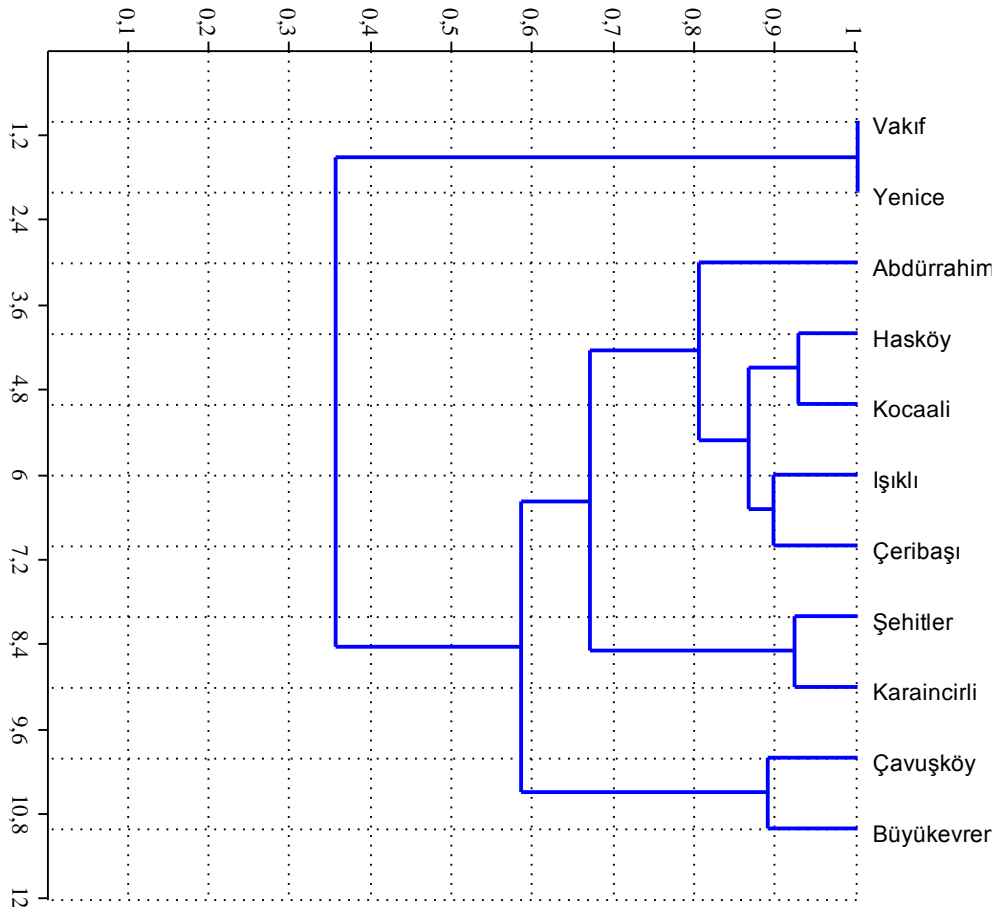


Figure 3: CA diagram

According to the water quality criteria of Turkish Regulations, Enez District has I. – II. Class water quality in terms of nitrite parameter and has III. – IV. Class water quality in terms of phosphate parameter in general [3, 7]. It is clearly known that organic and inorganic fertilizers used in agricultural activities increase the level of nitrogen and phosphorus compounds in water and soil in especially rural areas [8, 9]. The main sources of nitrogen and phosphorus compounds in drinking water are anthropogenic activities including mainly nitrogen – phosphate rich fertilizers, animal feedlots and municipal wastewater [10 – 13]. The main livelihood of

Enez people is agriculture and animal husbandry [1, 2]. The main reason of the detected quite high nitrite and phosphate accumulations in drinking water of the villages located on Enez District is thought to be intensive agricultural and animal husbandry activities conducted around the region.

4. Conclusion

In this study, nitrite and phosphate concentrations in drinking water of villages located in Enez District were investigated. Cluster Analysis (CA) was also performed to chemical results in order to evaluate the results statistically. According to detected data, nitrite – phosphate contents in drinking water resources of the region were detected in a bit of high levels and as a result of CA, three statistically significant clusters were occurred that were corresponded to polluted, moderate polluted and unpolluted villages selected on the region.

5. References

- [1] Anonymous, "*Edirne İl Çevre Durum Raporu (Environment Status Report of Edirne Province)*", Edirne Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2012.
- [2] <http://www.edirnekulturturizm.gov.tr>
- [3] Turkish Regulations, "*Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği*", 15 Nisan 2015 tarihli Resmi Gazete, Sayı: 29327, 2015.
- [4] TS 266, "Sular-İnsani tüketim amaçlı sular", Türk Standartları Enstitüsü, ICS 13.060.20, 2005.
- [5] EC (European Communities), "*European Communities (drinking water) (no. 2), Regulations 2007*", S.I. No. 278 of 2007, 2007.
- [6] WHO (World Health Organization), "*Guidelines for Drinking-water Quality*", World Health Organization Library Cataloguing-in-Publication Data, NLM classification: WA 675, 2011.
- [7] Uslu, O., Türkman, A., "*Su Kirliliği ve Kontrolü*", T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Dizisi I, Ankara, 1987.
- [8] Wetzel, R. G., "*Limnology: Lake and River Ecosystems*", Elsevier Academic Press, 1006 pages, 2001.
- [9] Manahan, S. E., "*Water Chemistry: Green Science and Technology of Nature's Most Renewable Resource*", Taylor & Francis Group, CRC Press, 398 pages, 2011.
- [10] Self, J. R., Waskom, R. M., "*Nitrates in Drinking Water*", Colorado State University Extension. 7/95. Revised 11/13, 2013.
- [11] Tokatlı, C., "Drinking Water Quality of a Rice Land in Turkey by a Statistical and GIS Perspective: İpsala District", *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (6): 2247-2258, 2014.
- [12] Köse, E., Tokatlı, C., Çiçek, A., "Monitoring Stream Water Quality: A Statistical Evaluation", *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (5): 1637-1647, 2014.
- [13] Tokatlı, C., "Water And Sediment Quality Assessment Of The Lifeblood Of Thrace Region (Turkey): Meriç River Basin", *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (5): 4131-4140, 2019.

NOTE: The authors would like to thank for the financial and technical supports supplied by Trakya University, Turkey. This investigation has been supported by the project numbered as 2018/154 accepted by Trakya University, Commission of Scientific Research Projects.

NITRITE AND PHOSPHATE CONCENTRATIONS IN DRINKING WATER OF SÜLOĞLU DISTRICT (NORTHERN PART OF EDİRNE PROVINCE, TURKEY)

Cem Tokatlı

Department of Laboratory Technology, Ipsala Vocational School, Trakya University, Bayrambey Quarter, Enez Street,
No: 140, 22400, İpsala/Edirne, TURKEY

tokatlicem@gmail.com

Abstract

This study was conducted to assess the drinking water quality of Süloğlu District of Edirne Province in terms of nitrite and phosphate accumulations. Drinking water samples were collected from 11 villages in winter season of 2019 and nitrite (NO₂) and phosphate (PO₄) concentrations were determined. The detected data were assessed according to water quality criteria in Turkey. Cluster Analysis (CA) according to Bray Curtis was applied to results in order to classify the villages in terms of similar groundwater quality characteristics. As a result of this study, nitrite values in groundwater of Süloğlu District were recorded among the range of 0 (Tatarlar, Yağcılı, Geçkinli Villages and Süloğlu District) – 0.178 (Taşlısekban Village) ppm and phosphate values in groundwater of Süloğlu District were recorded among the range of 0.11 (Tatarlar Village) – 0.36 (Domurcalı Village) ppm. It was also determined that Süloğlu District has I. Class water quality in terms of nitrite parameter (except Taşlısekban Village, it has IV. Class water quality) and has II. – III. Class water quality in terms of phosphate parameter, in general. As a result of CA, two clusters were occurred that were corresponded to polluted and unpolluted villages.

Keywords: Süloğlu District, Drinking water quality, Cluster Analysis, Nitrite, Phosphate

1. Introduction

Süloğlu district is on the Lalapaşa plateau in the northern half of Edirne Province. It is adjacent to Kırklareli province in the east, Edirne central district in the west, Lalapaşa in the north and Havsa district in the south. The area of the district is 250 km² and the distance to the city center is 32 km. There is no mountain in the district, there are sparse hills with little elevation. Its main valley belongs to Süloğlu Creek. The main river of the district is the Süloğlu Stream, which is a significant branch of the Ergene River. The water of the dam lake on this stream is sent to the fields and Edirne city. The district is in the area of the Thracian Passage type climate, which is connected to the Mediterranean climate. This climate is quite harsh land climate. The winds are mostly from the north. The district is semi-humid in terms of precipitation. Natural vegetation is dry forest. There are oak groves and shrubbery in the district [1, 2]. The purpose of this research was to evaluate the groundwater quality of Süloğlu District in terms of nitrite and phosphate accumulations.

2. Materials and Methods

In this study, groundwater samples were collected in winter season of 2019 from 11 villages located in the Süloğlu District. Map of investigated study area is given in Figure 1 and coordinate – locality information of selected villages are given in Table 1.

Nitrite (NO₂) and phosphate (PO₄) parameters were performed by using Hach branded (DR890) Colorimeter Device during the laboratory studies.

“PAST” package program was used for statistical analysis (Cluster Analysis).

Table 1: Location properties of villages

Villages	North	East	Villages	North	East
Domurcalı	41.816	26.819	Küküler	41.715	26.896
Sülecek	41.814	26.850	Akardere	41.681	26.930
Tatarlar	41.835	26.886	Büyükgerdelli	41.735	26.951
Taşlısekban	41.802	26.877	Keramettin	41.787	26.977
Yağcılı	41.784	26.829	Süloğlu	41.767	26.911
Geçkinli	41.731	26.848			

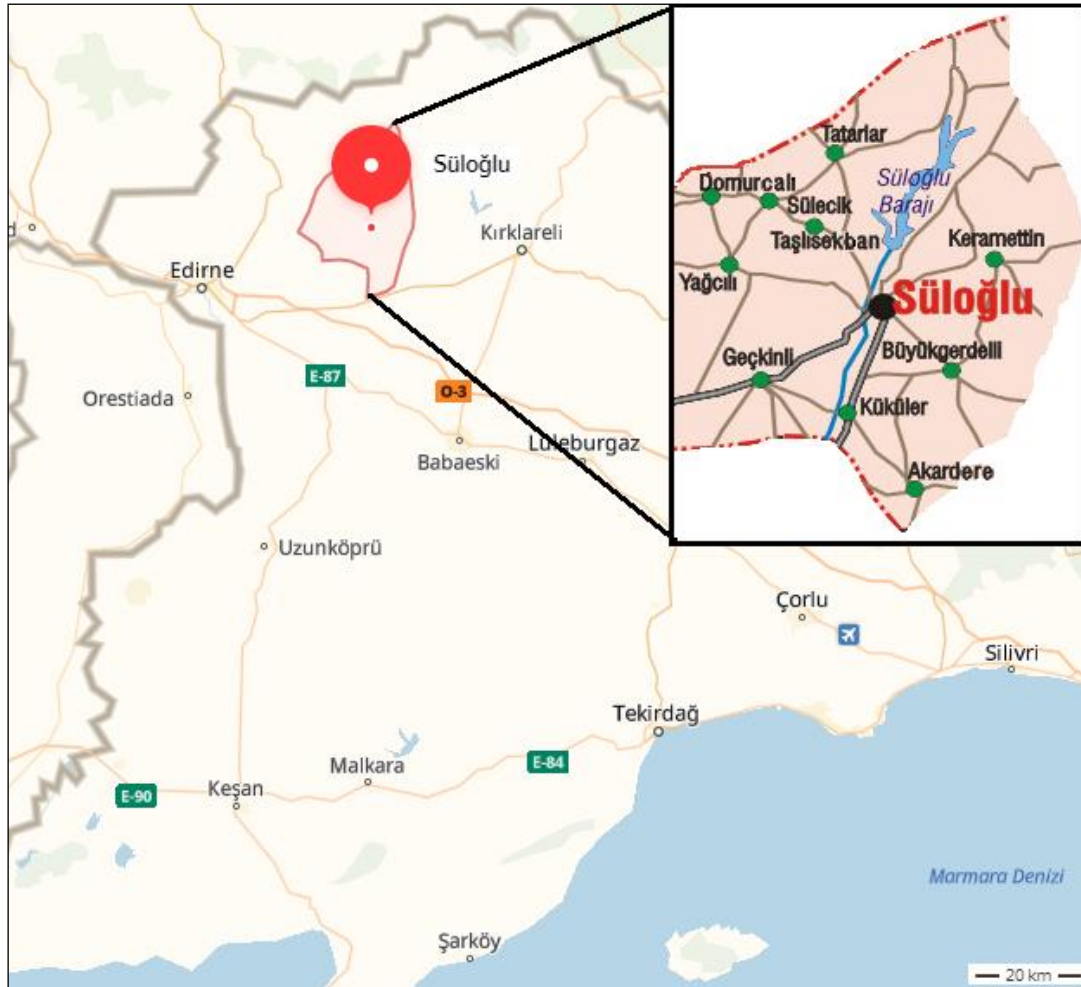


Figure 1: Study area

3. Results and Discussion

Results of detected chemical data in the drinking water of Süloğlu District with some water quality limits are given in Table 2 and nitrite – phosphate accumulation graphic of the villages is given in Figure 2.

Table 2: Results of nitrite and phosphate parameters and some water quality limits

Water Quality Standards and the Current Results		Parameters	
		NO ₂ (ppm)	PO ₄ (ppm)
Turkish Regulations Water Quality Classes [3]	I. Class (Very Clean)	0.01	0.02
	II. Class (Less Polluted)	0.06	0.16
	III. Class (Much Polluted)	0.12	0.65
	IV. Class (Extremely Polluted)	>0.3	>0.65
Drinking Water Standards	TS266 (Turkish Standards Institute) [4]	0.5	-
	EC (European Communities) [5]	0.5	-
	WHO (World Health Organization) [6]	0.2	-
Drinking Water of Süloğlu District	Min	0	0.11
	Max	0.17	0.36
	Mean	0.01	0.22
	SD	0.05	0.09

^aUslu and Türkman, 1987 [7]

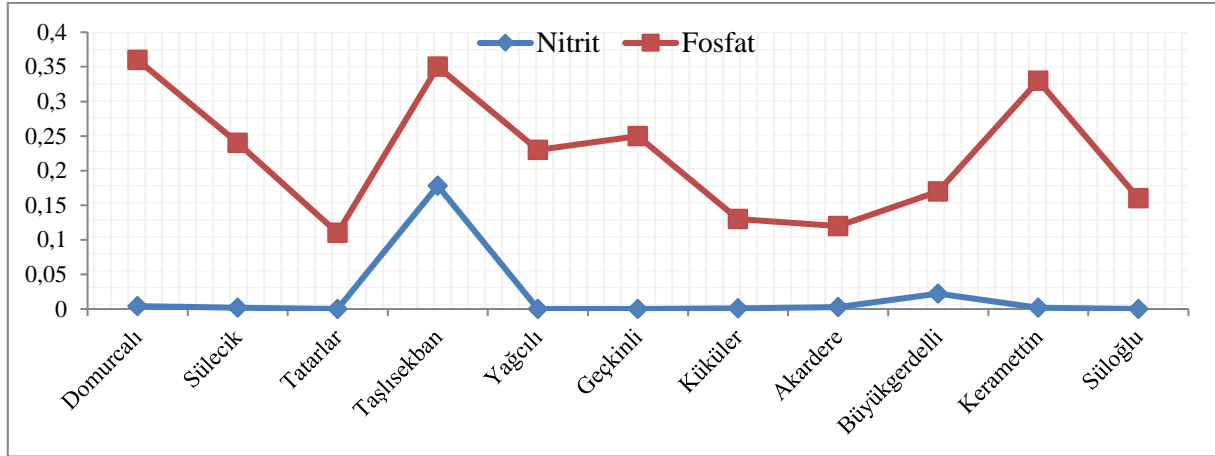


Figure 2: Nitrite and phosphate concentrations (ppm)

CA diagram made by using nitrate – phosphate values of groundwater samples of Süloğlu District is given in Figure 3. As a result of CA, two clusters were formed. Cluster 1 corresponded to Büyükgerdelli, Tatarlar, Küküler and Akardere Villages and Süloğlu District, where were determined as the unpolluted stations on the region. Cluster 2 corresponded to Yağcılı, Sülecik, Geçkinli, Kerametlin, Domurcalı and Taşlısekban Villages, where were determined as the polluted stations on the region.

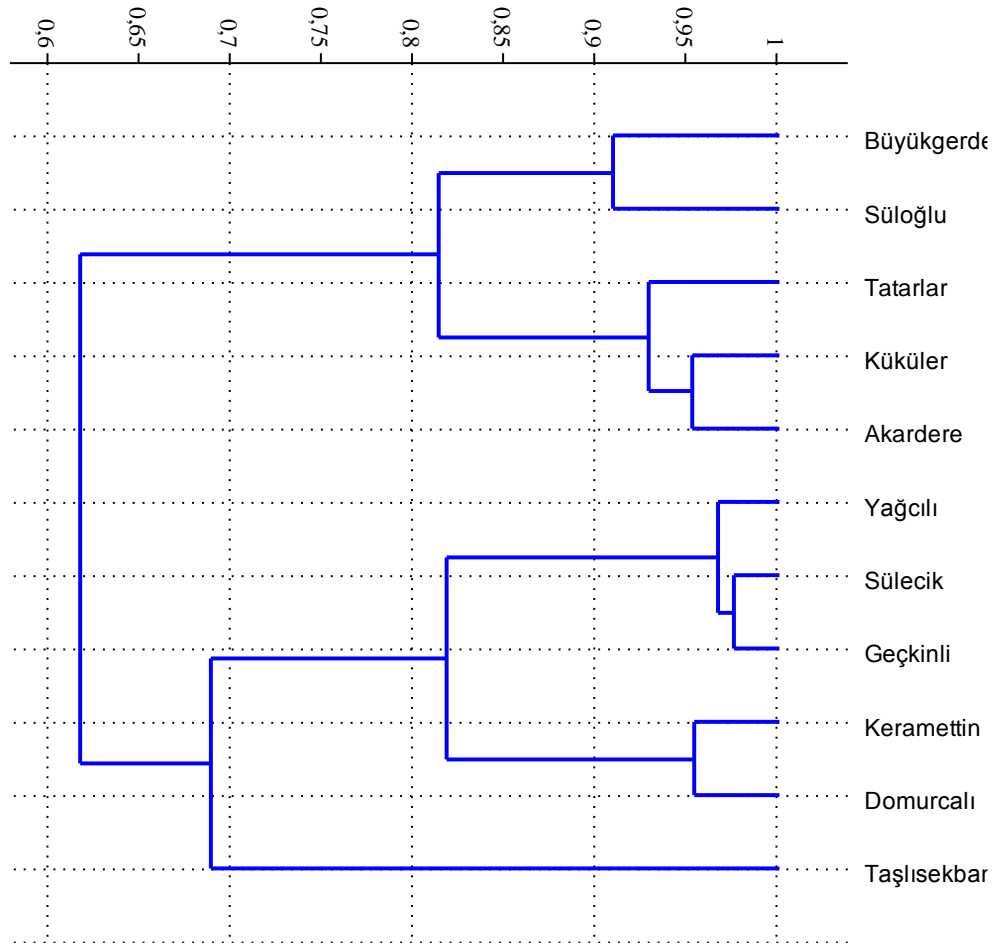


Figure 3: CA diagram

According to the water quality criteria of Turkish Regulations, Süloğlu District has I. Class water quality in terms of nitrite parameter (except Taşlısekban Village, it has IV. Class water quality) and has II. – III. Class water quality in terms of phosphate parameter in general [3, 7]. It is clearly known that organic and inorganic fertilizers used in agricultural activities increase the level of nitrogen and phosphorus compounds in water and soil in especially rural areas [8, 9]. The main sources of nitrogen and phosphorus compounds in

drinking water are anthropogenic activities including mainly; nitrogen – phosphate rich fertilizers and municipal wastewater [10 – 13]. Süloğlu District economy is predominantly agriculture. County agriculture based on mainly wheat, sunflower, corn and vegetable products. The total area of the district is 24954 hectares. 16380 hectares of this area are agricultural land, 1100 hectares of forest land and 7110 hectares of meadow-pasture land. The non-agricultural area is 173 hectares [1, 2]. The main reason of the detected quite high nitrite and phosphate accumulations in drinking water of the villages located on Süloğlu District is thought to be intensive agricultural activities conducted around the region.

4. Conclusion

In this study, nitrite and phosphate concentrations in drinking water of villages located in Süloğlu District were investigated. Cluster Analysis (CA) was also performed to chemical results in order to evaluate the results statistically. According to detected data, nitrite – phosphate contents in drinking water resources of the region were detected in a bit of high levels and as a result of CA, two statistically significant clusters were occurred that were corresponded to polluted and unpolluted villages selected on the region.

5. References

- [1] Anonymous, "Edirne İl Çevre Durum Raporu (Environment Status Report of Edirne Province)", Edirne Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2012.
- [2] <http://www.edirnekulturturizm.gov.tr>
- [3] Turkish Regulations, "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği", 15 Nisan 2015 tarihli Resmi Gazete, Sayı: 29327, 2015.
- [4] TS 266, "Sular-İnsani tüketim amaçlı sular", Türk Standartları Enstitüsü, ICS 13.060.20, 2005.
- [5] EC (European Communities), "European Communities (drinking water) (no. 2), Regulations 2007", S.I. No. 278 of 2007, 2007.
- [6] WHO (World Health Organization), "Guidelines for Drinking-water Quality", World Health Organization Library Cataloguing-in-Publication Data, NLM classification: WA 675, 2011.
- [7] Uslu, O., Türkman, A., "Su Kirliliği ve Kontrolü", T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Dizisi I, Ankara, 1987.
- [8] Wetzel, R. G., "Limnology: Lake and River Ecosystems", Elsevier Academic Press, 1006 pages, 2001.
- [9] Manahan, S. E., "Water Chemistry: Green Science and Technology of Nature's Most Renewable Resource", Taylor & Francis Group, CRC Press, 398 pages, 2011.
- [10] Self, J. R., Waskom, R. M., "Nitrates in Drinking Water", Colorado State University Extension. 7/95. Revised 11/13, 2013.
- [11] Tokatlı, C., "Drinking Water Quality of a Rice Land in Turkey by a Statistical and GIS Perspective: İpsala District", *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (6): 2247-2258, 2014.
- [12] Köse, E., Tokatlı, C., Çiçek, A., "Monitoring Stream Water Quality: A Statistical Evaluation", *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (5): 1637-1647, 2014.
- [13] Tokatlı, C., "Water And Sediment Quality Assessment Of The Lifeblood Of Thrace Region (Turkey): Meriç River Basin", *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (5): 4131-4140, 2019.

NOTE: The authors would like to thank for the financial and technical supports supplied by Trakya University, Turkey. This investigation has been supported by the project numbered as 2018/154 accepted by Trakya University, Commission of Scientific Research Projects.

SIMULATION APPROACH FOR DUE DATE ASSIGNMENT RULES IN FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS

Sakhi Mohammad Hamidy ¹, Cenk Şahin^{1*}

¹ Cukurova University, Department of Industrial Engineering

cenksahin@cu.edu.tr, sakhimh@gmail.com

* Sorumlu Yazar

Abstract

As a precaution against the dynamic product demands, the plants turned to new policies based on flexible structure in production to make the products ready on time. Therefore, determining due dates in production scheduling becomes crucial problem for plants. Disruptions in production lines and changes in the customer profile makes assigning correct due-dates difficult. There are two main dimensions of the system; machines and material handling systems, which are mostly Automated Guided Vehicles (AGVs). There are two types of AGV in general: Single load and Multi load. Some assignment rules have been developed in the literature in order to determine which job will take priority in the processes carried out on the machines and in the transportation. However, most of studies on due date assignments are for flexible manufacturing systems which is formed of machines and single load AGVs. The main aim of this study is to observe the effect of existing due date assignment rules on FMS where multi-load AGVs operate. Simulation models have been developed to compare the due date assignment rules in the system.

Keywords: *Flexible Manufacturing System, Due Date, Assignment Rules, Scheduling, MultiLoad AGVs*

1. Introduction

Nowadays, there are lots of studies in literature on Flexible Manufacturing System (FMS) basing different dimensions of the system. There are two main dimensions of the system; machines and material handling systems, which are mostly AGV (Automated Guided Vehicles). There are two types of AGV in general: Single load and Multi load. The scheduling of FMSs happens based on the availability of machines and AGVs. Taking in to account these schedules, due dates for new coming jobs are assigned. Due date assignment is a problem studied by many literatures. However, most of studies on due date assignments are based on machines and single load AGVs.

For example, Duzgit (2015), studies due date assignment in a single machine dynamic and stochastic environment with family setups. In this study, a mixed integer programming model and a heuristic algorithm are developed for each phase. Yenigun (2010), studies due date assignment in ready-make door and window workshop. A system which gives due date for an order given by customer is proposed. The system uses regression models to provide a due date. Sertdemir (2011), proposes due a date assignment model in a single machine dynamic environment and family setups. In this study, a rolling horizon approach following periodic rescheduling strategy is developed to quote due dates. Ozturk (2018), chooses a company with make-to-order production and flexible flow type production for due date assignment. A mixed integer mathematical model is developed to determine the due date.

When a multi load AGV (MAGV) is being used in an FMS, there are some issues that affect the performance of system directly. Ho and Liu (2006), have summarized these issues as shown in the Figure 1. They are defined as task determination problem, delivery point selection problem, pickup point selection problem and load selection problem.

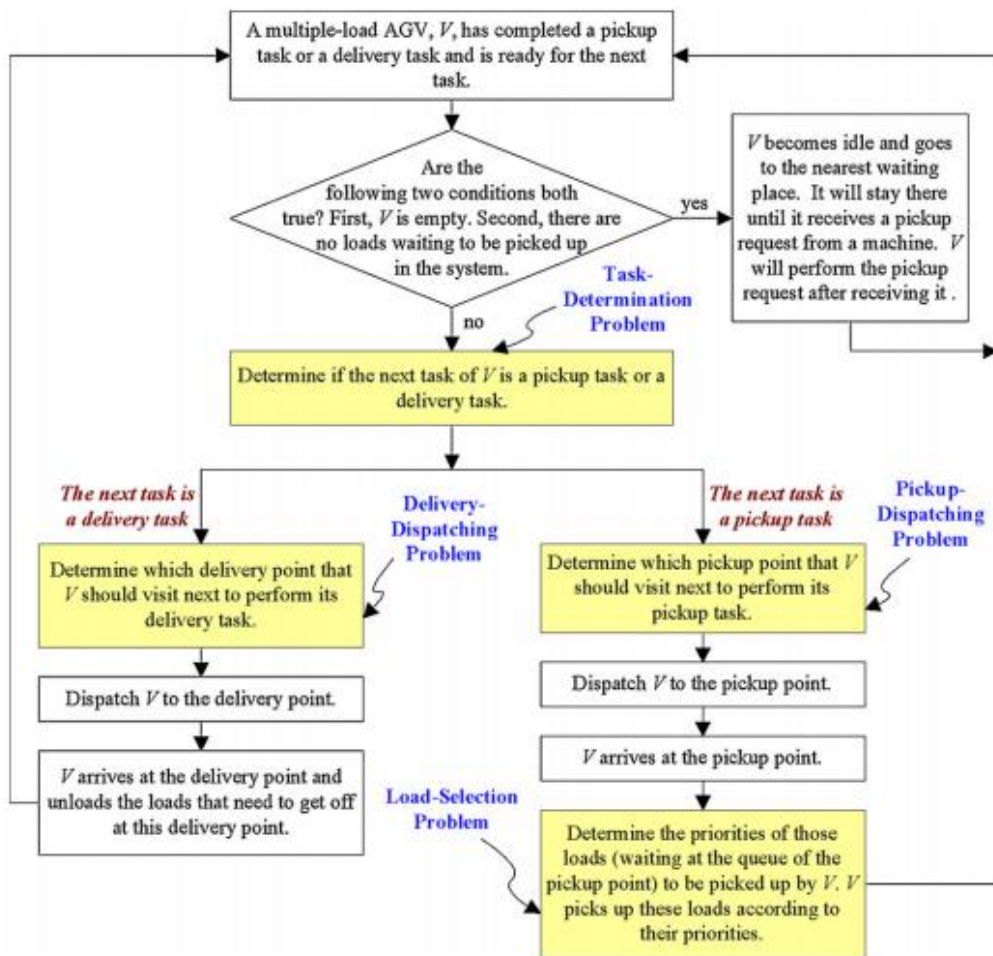


Figure 5: Flow chart of MAGV system (Ho and Lui, 2006)

In their different studies of Ho and Liu (2006, 2009), they observe different rules for these problems and as a result they present the best rule for each problem. Delivery Task First named DTF (Ho and Liu, 2006), Shortest Distance named SD (Ho and Liu, 2006), Greatest Output Queue named GOQ (Ho and Liu, 2009) and Identical Load named ID (Ho and Liu, 2009) rules are said to be the best rules for task determination problem, delivery point selection problem, pickup point selection problem and load selection problem, respectively. In DTF rule, AGV chooses the delivery task as its next task while both delivery and pickup tasks are available. AGV chooses the pickup task if and only if there is not any load on the AGV (Ho and Liu, 2006). When an AGV chooses the delivery task as its next task to perform, the distances between AGV's current position and destination point of each load currently on AGV is calculated and the load which has the nearest destination point is selected to be delivered first (Ho and Liu, 2006). When an AGV chooses the pickup task as its next task to perform, the length of queue of all points which are waiting for the AGV is calculated and the point with the longest length of queue is selected as the point to visit for the pickup task (Ho and Liu, 2009). While AGV arrives to the pickup point of a workstation for a pickup task, the loads which are waiting to be loaded and have the same destination with any of the load currently on the AGV are loaded as the first. If there still remains any empty space on the AGV, FIFO rule is applied until AGV is full or the output queue of the point is null (Ho and Liu, 2009).

The main aim of this study is to observe the effect of existing due date assignment rules on FMS where multi-load AGVs operate. Simulation models have been developed to compare the due date assignment rules.

2. Material

The problem environment is taken from the study of Ho and Lui (2006) to test the due date assignment rules. The layout of the problem is shown in the Figure 2. There are 12 workstations in the system. Every workstation has been designed in a way so that when AGV arrives to the station it will reach the delivery point of the station at first and then it will reach to the pickup point of the station. Every station has a place for AGV to wait in case it is null. Among these 12 workstations, 10 of them are processing resources. The 1st and 12th workstations are the entry and exit stations respectively; there are not any processing resources in these points.

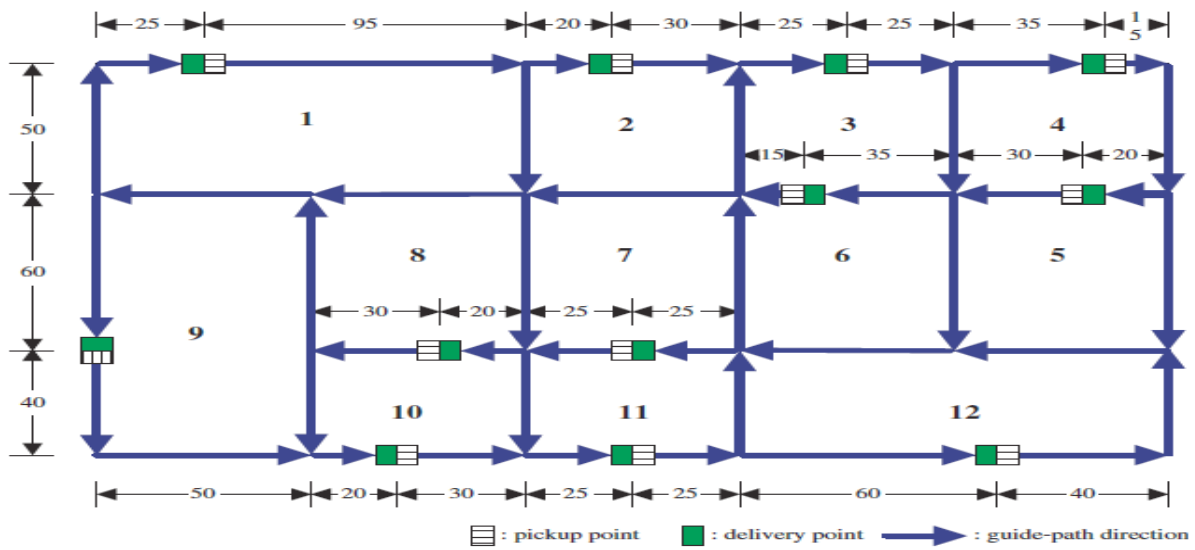


Figure 6: System layout (Ho and Lui, 2006)

There are 6 types of jobs that arrives in the system, the production volume and the operation sequences of the jobs are listed according to their types in the Table 1.

Table 5: Attributes of jobs

Part Type	Production Volume	Operation Sequence
1	16	1-3-5-7-9-11-12
2	17	1-2-4-6-8-10-12
3	18	1-4-5-7-9-10-12
4	15	1-3-4-5-9-11-12
1	16	1-3-5-7-9-11-12
2	17	1-2-4-6-8-10-12

The processing time for each resource corresponds to the normal distribution; the parameters for the distributions are given in the Table 2.

Table 6: Processing time distribution

Workstation	Processing Time (min)
2	N(1,0.1)
3	N(1.5,0.15)
4	N(2,0.2)
5	N(1,0.1)
6	N(2,0.2)
7	N(2,0.2)
8	N(1.5,0.15)
9	N(1.5,0.15)
10	N(2,0.2)
11	N(1,0.1)

The test problem has the following distinctive characteristics and assumptions:

- All AGVs are multiple-load vehicles.
- The number of AGVs in the system is known.
- The layout of guide paths and machines has been determined.
- All guide paths are unidirectional.
- The Nearest Vehicle (NV) rule is used for a workstation to request an AGV to come and pick up the load it has just completed.
- There are 3 AGVs working in the system.
- Load capacity for each AGV is 4.
- Average speed of each AGV is 7.2 km/h
- It takes 30 seconds for an AGV to perform a loading/unloading operation

3. Method

There are lots of due date determining rules in both industry and literature, but this study is based on those rules that are being used mostly (Ayhan, 2004). These rules are as following:

3.1. Total Work Content (TWK)

According to TWK rule, a due date is calculated multiplying the sum of the processing times of related job with a constant parameter using Equation 1.

$$D_j = A_j + k * \sum P_j \quad (1)$$

Where D_j , A_j and P_j stand for due date of job j, arrival time of job j, and processing time of job j, respectively. The constant parameter k can be calculated by regression analysis or chosen randomly.

3.2. Number of Operations (NOP)

According to NOP rule, a due date is assigned multiplying the number of the processes of related job with a constant parameter using Equation 2.

$$D_j = A_j + k * M_j \quad (2)$$

Where D_j , A_j and M_j stand for due date of job j, arrival time of job j, and number of operations of job j, respectively. The constant parameter k can be calculated by regression analysis or chosen randomly.

3.3. Total Work + Number of Operations (TWK + NOP)

This rule is a combination of TWK and NOP. According to this rule, due date is calculated as Equation 3.

$$D_j = A_j + k_1 * \sum P_j + k_2 * M_j \quad (3)$$

Where D_j , A_j , P_j and M_j stand for due date of job j, arrival time of job j, processing time of job j and number of operations of job j, respectively. The constant parameters k_1 and k_2 can be calculated by regression analysis or chosen randomly.

3.4. Job In Queue (JIQ)

This rule considers the number of waiting jobs in the queues, that are on the routes of related job. According to this rule due date is calculated as Equation 4.

$$D_j = A_j + k_1 * \sum P_j + k_2 * \sum Q_j \quad (4)$$

Where D_j , A_j , P_j and Q_j stand for due date of job j, arrival time of job j, processing time of job j and length of queue that job j enters, respectively. The constant parameters k_1 and k_2 can be calculated by regression analysis or chosen randomly.

4. Results and Discussion

In this study, four simulation models are built for the assignment rules defined in pervious section. Models vary according to the due date assignment rules. Every model is simulated to finish 6000 jobs. %30 of the simulation length has accepted to be enough as warm up period. The number of replication for every model is 20. The mean lateness of jobs is chosen as the performance measurement for the models. The lateness for each job is calculated as shown in the Equation 5.

$$L_j = \text{Max} (T_j - D_j, 0) \quad (5)$$

Where T_j and D_j stand for the due date for job j and the time that job j exits the system, respectively.

Simulation results for each model are analyzed. Table 3 shows the average mean lateness of models. Figure 3 also shows this information graphically. As it can be seen in the table and figure, TWK+NOP rule has the smallest mean lateness value while JIQ rule has the largest value for the average mean lateness (minutes).

Table 7: Average mean lateness results

Due Date Assignment Rule	Average Mean Lateness (minutes)
TWK	350,51
NOP	357,05
TWK+NOP	319,49
JIQ	365,05

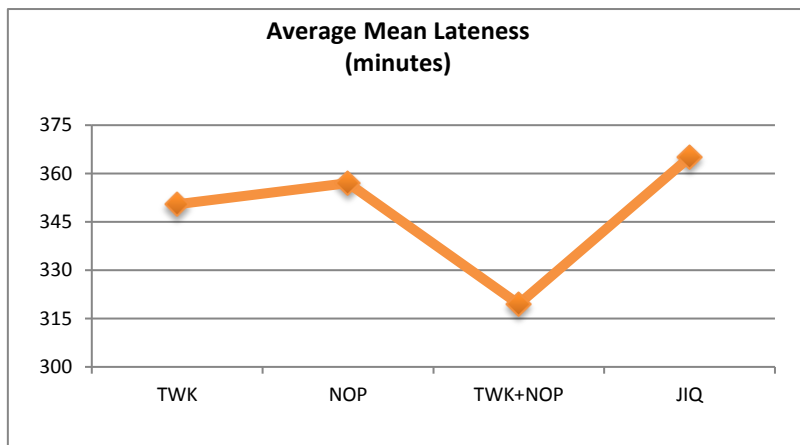


Figure 7: Average mean lateness results (graphical)

The average for a performance measurement is not enough to make a comment about performances of models. To be sure about that, statistical analysis is required. In the study, ANOVA statistical analysis is done, and hypotheses are as following:

H₀: The mean lateness of jobs is same for all 4 models.

H₁: At least for one model the mean lateness of jobs is different.

The result for ANOVA is shown in the Table 4. According to calculated p-value, it can be said that at least one model is different for the mean lateness of jobs ($\alpha=0.05$).

Table 8: ANOVA test results

ANOVA					
MEAN LATENESS					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23751,892	3	7917,297	343,092	,000
Within Groups	1753,801	76	23,076		
Total	25505,693	79			

To know the exact variety among the models SNK and Tukey tests are applied. Table 5 shows the result of these tests. According to both tests all models are different form each other in their mean lateness. And the best model is TWK+NOP rule that is combination of total work and the number of operations rules in its mean lateness.

Table 9: SNK and Tukey test result

MEAN LATENESS						
	DUE DATE RULES	N	Subset for alpha = 0.05			
			1	2	3	4
Student-Newman-Keuls ^a	TWK+NOP	20	319,484			
	TWK	20		349,484		
	NOP	20			357,047	
	JIQ	20				365,047
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Tukey HSD ^a	TWK+NOP	20	319,484			
	TWK	20		349,484		
	NOP	20			357,047	
	JIQ	20				365,047
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.						

In this study, the all machines perform their operations according FIFO rule. As a future study, the combination of different machine rules and different due date assignment rules will be observed to analysis which groups of rules give the best performance.

5. References

- Ayhan, M. B., (2004), Analyzing and Evaluating Priority Rules For Job Shop Scheduling Problems, MSc thesis, Pure and Applied Science Institute, Marmar University, Istanbul.
- Duzgit, Z., (2015), Online Due Date Assignment In Dynamic And Stochastic Scheduling Environments With Family Setups Under Tardiness And Quoted Lead Time Considerations, PhD thesis, Graduate Program in Department of Industrial Engineering, Boğaziçi University.
- Ho, Y. C., & Chien, S. H. (2006), A Simulation Study on the Performance of Task-Determination Rules and Delivery-Dispatching Rules for Multiple-Load AGVs. *International Journal of Production Research*, 44(20), 4193-4222.
- Ho, Y. C., & Liu, H. C. (2006), A Simulation Study on The Performance of Pick up-Dispatching Rules For Multiple-Load AGVs. *Computers & Industrial Engineering*, 51(3), 445-463.
- Ho, Y. C., & Liu, H. C. (2009), The Performance of Load-Selection Rules and Pick up-Dispatching Rules for Multiple-Load AGVs. *Journal of Manufacturing Systems*, 28(1), 1-10.
- Ozturk, H., (2018), Determination Of Due Date With Hybrid Flexible Flow Shop Scheduling And An Application, MSc thesis, Department of Intelligent Systems Engineering, Graduate School of Sciences, Ondokuz Mayıs University, Samsung.
- Sertdemir, S., (2011), Due Date Assignment With Family Setups, MSc thesis, Graduate Program in Industrial Engineering Boğaziçi University, Istanbul.
- Yenigun, E., (2010), Due Date Determination In Workshop-Type Production, Industrial engineering department, MSc thesis, Science institute, Sakarya University, Sakarya.

A NUMERICAL APPROACH FOR SOLVING THE RICCATI DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH FRACTIONAL ORDERS

Eda Akarsu ^{1*}, Mustafa Gulsu ²

¹Mugla Sitki Kocman University, Department of Mathematics

edaakarsu@posta.mu.edu.tr

²Mugla Sitki Kocman University, Department of Mathematics

mgulsu@mu.edu.tr

* Corresponding Author

Abstract

In this study, the shifted Legendre operational matrix method of fractional derivative of arbitrary order is introduced for solving non-linear fractional Riccati differential equations. For the numerical solution of Riccati differential equation of fractional order, by the means of the shifted Legendre polynomials an equation system is obtained with the operational matrix. The equation system obtained from the shifted Legendre operational matrix method is solved by using Newton iteration method. Illustrative examples indicate that the present method is very effective and convenient for non-linear fractional Riccati differential equations. Effects of different values of fractional order alpha are shown graphically. The results obtained by the present method are compared with solution of the other methods. Maple15 program is used for the calculations required in the study.

Keywords: Riccati Differential Equations Of Fractional Order, Shifted Legendre Polynomials, Caputo Fractional Derivative

1. Introduction

The idea of fractional calculus has been known since the development of the regular calculus. Fractional calculus is a generalization of ordinary differentiation and integration to arbitrary non-integer order. Although fractional analysis has a history of 300 years, this topic has been of interest to researchers for only a few years. Fractional calculus plays major role in mathematics, biology, physics, chemistry, finance and engineering in recent years[1, 4]. Fractional differential equations can be use for many physical models. They have been used extensively in such areas as electromagnetism, control theory of dynamical systems, robotics, viscoelasticity, diffusion, acoustics, signal processing[5,12]. Most fractional differential equations haven't exact solutions, therefore approximate and numerical techniques should be used. These techniques: Variational iteration method, homotopy perturbation method, homotopy analysis method, Adomian' s decomposition method, collocation method and finite difference method[13, 18]. There is no single definition of the fractional derivative. There are some accepted and common definitions in the literature. Most common definitions: Riemann – Liouville' s, Grünwald - Letnikov' s, Laurent' s and Caputo definitions.

Riccati differential equation is named after Italian Jacopo Riccati. The Riccati differential equation is an important fractional differential equation. Riccati differential equations has different applications in engineering, financial mathematics and applied science. The applications include diffusion, optimal control problems ,linear systems with Markovian jumps, network synthesis, control theory ,and the newer applications include such areas as financial mathematics.

In this study, we consider non-linear fractional Riccati equation

$$D^\alpha y(x) = A(x) + B(x)y(x) + C(x)y^2(x), \quad x > 0, \quad 0 < \alpha \leq 1, \quad (1)$$

with the initial condition

$$y(0) = y_0. \quad (2)$$

where $A(x)$, $B(x)$, $C(x)$ are known functions. D^α denotes the Caputo fractional derivative of order α .

The study is organized as follows: In section 2, we introduce some preliminaries of Legendre polynomials , the operational matrix of fractional derivatives and the Legendre operational matrix of fractional derivative is obtained. In section 3, is used the Legendre operational matrix of fractional derivative for solving the non - linear fractional Riccati differential equations. In section 4, an illustrative example is given. In last section, the conclusions are given.

2. Preliminaries

Definition 1: The Caputo fractional derivatives D^α of order α is defined as

$$D^\alpha y(x) = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \int_0^x (x-s)^{(n-\alpha-1)} \frac{d^n}{ds^n} y(s) ds, \quad n-1 < \alpha \leq n, \quad n \in N, \quad (3)$$

Similar to integer-order derivative, Caputo fractional derivative operator is a linear operation

$$D^\alpha (\eta y(x) + \mu f(x)) = \eta D^\alpha y(x) + \mu D^\alpha f(x),$$

where η and μ are constants.

$$D^\alpha C = 0 \quad (C \text{ is a constant}).$$

In Caputo sense fractional derivative of the power function is given by following formula[19],

$$D^\alpha x^\beta = \begin{cases} \frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+1-\alpha)} x^{\beta-\alpha}, & n-1 < \alpha < n, \beta \leq n-1, \beta \in N, \\ \frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+1-\alpha)} x^{\beta-\alpha}, & n-1 < \alpha < n, \beta > n-1, \beta \in R. \end{cases}$$

2.1. The Shifted Legendre Polynomials

Legendre polynomials are defined on the $[-1,1]$ and given by following recurrence relation[20],

$$L_{i+1}(z) = \frac{(2i+1)}{(i+1)} z L_i(z) - \frac{i}{(i+1)} L_{i-1}(z), \quad i = 1, 2, \dots$$

where $L_0(z) = 1$ and $L_1(z) = z$. Change of variable $z = 2x - 1$ is performed and interval $[-1, 1]$ is converted to interval $[0, 1]$. Shifted Legendre polynomials are denoted by $P_i(x)$. $P_i(x)$ can be obtained as follows:

$$P_{i+1}(x) = \frac{(2i+1)(2x-1)}{(i+1)} P_i(x) - \frac{i}{(i+1)} P_{i-1}(x), \quad i = 1, 2, \dots \quad (4)$$

$P_0(x) = 1$ and $P_1(x) = 2x - 1$. $P_i(x)$ is given in analytical form as following [18],

$$P_i(x) = \sum_{k=0}^i (-1)^{i+k} \frac{(i+k)!}{(i-k)! (k!)^2} x^k, \quad (5)$$

Note that $P_i(0) = (-1)^i$ and $P_i(1) = 1$. The orthogonality condition is

$$\int_0^1 P_i(x) P_j(x) dx = \begin{cases} \frac{1}{2i+1}, & \text{for } i = j, \\ 0, & \text{for } i \neq j. \end{cases} \quad (6)$$

The function $y(x)$, square integrable in interval $[0,1]$, $y(x)$ may be expressed as

$$y(x) \approx \sum_{j=0}^{\infty} c_j P_j = C^T \Phi(x).$$

where coefficients c_j are given by

$$c_j = (2j+1) \int_0^1 y(x) P_j(x) dx, \quad j = 1, 2, \dots \quad (7)$$

If only the first $(n+1)$ term from shifted Legendre polynomials are taken. Then we can write

$$C^T = [c_0, \dots, c_n], \quad \Phi(x) = [P_0(x), P_1(x), \dots, P_n(x)]^T. \quad (8)$$

Shifted Legendre polynomials of vector of coefficient is denoted by C and shifted Legendre polynomials of vector is denoted by $\Phi(x)$ [21].

The derivative of the vector $\Phi(x)$ can be given following

$$\frac{d\Phi(x)}{dx} = \mathbf{D}^{(1)} \Phi(x). \quad (9)$$

Theorem: [21] Let $\Phi(x)$ be shifted Legendre vector and $\alpha > 0$ then

$$D^\alpha \Phi(x) \approx \mathbf{D}^\alpha \Phi(x), \quad (10)$$

where D^α is the $(n + 1) \times (n + 1)$ operational matrix of fractional derivative of order α in the Caputo sense and is defined as

$$D^{(\alpha)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \sum_{k=[\alpha]}^{[\alpha]} \theta_{[\alpha],0,k} & \sum_{k=[\alpha]}^{[\alpha]} \theta_{[\alpha],1,k} & \dots & \sum_{k=[\alpha]}^{[\alpha]} \theta_{[\alpha],n,k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{k=[\alpha]}^i \theta_{i,0,k} & \sum_{k=[\alpha]}^i \theta_{i,1,k} & \dots & \sum_{k=[\alpha]}^i \theta_{i,n,k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{k=[\alpha]}^n \theta_{n,0,k} & \sum_{k=[\alpha]}^n \theta_{n,1,k} & \dots & \sum_{k=[\alpha]}^n \theta_{n,n,k} \end{pmatrix}, \quad (11)$$

here $\theta_{i,j,k}$ is given by

$$\theta_{i,j,k} = (2j + 1) \sum_{l=0}^j \frac{(-1)^{i+j+k+l} (i+k)! (l+j)!}{(i-j)! k! \Gamma(k-\alpha+1) (j-l)! (l!)^2 (k+l-\alpha+1)}. \quad (12)$$

Note that in $D^{(\alpha)}$, the first $[\alpha]$ rows, are all zero.

3. Operational Matrix of Fractional Derivative

The Legendre operational matrix of fractional derivatives is applied to solve with the non - linear fractional Riccati differential equations.

We consider the following general non - linear fractional Riccati differential equation of the type

$$D^\alpha y(x) = A(x) + B(x)y(x) + C(x)y^2(x), \quad x > 0, \quad 0 < \alpha \leq 1$$

with the initial condition

$$y(0) = y_0.$$

We approximate $y(x)$ with shifted Legendre polynomials as given following

$$y(x) \approx \sum_{i=1}^n c_i P_i = C^T \Phi(x). \quad (13)$$

Where C^T is an unknown coefficient $(1 \times n)$ matrix,

$$D^\alpha y(x) \approx C^T D^\alpha \Phi(x) \approx C^T D^\alpha \Phi(x). \quad (14)$$

By substituting (14) in equation (1) we obtain

$$C^T D^\alpha \Phi(x) - A(x) - B(x)[C^T \Phi(x)] - C(x)[C^T \Phi(x)]^2 = 0. \quad (15)$$

By substituting (13) in equation (2) we get

$$y(0) = C^T \Phi(0) = y_0. \quad (16)$$

To find approximate solution $y(x)$, equation (15) is collocated for $(n - 1)$ points. For appropriate collocation points the first $(n - 1)$ shifted Legendre roots of $P_{n+1}(x)$ are applied. In addition to these equations, from equation (16) is obtained another equation. These equations together generate $(n - 1)$ nonlinear equations which can be solved using Newton's iterative method for unknown coefficients of vector. Consequently $y(x)$ can be found.

4. Examples

In this section ,we applied the method proposed in section 3 to solve fractional Riccati differential equation. The results obtained by the method are compared with the exact solution. In example, absolute error Δx between approximate values x and the corresponding exact values x_{ex} , $\Delta x = |x - x_{ex}|$ is determined.

Example 1 : Consider the Riccati Differential equation[22]

$$D^\alpha y(x) = 1 - y^2(x), \quad 0 < \alpha \leq 1, \quad y(0) = 0$$

subject to the initial condition. The exact solution for the case is $\alpha = 1$

$$y(x) = \frac{e^{2x}-1}{e^{2x}+1}$$

We solve this example with proposed technique for $n = 1$ and $\alpha = 1$. The approximate solution of the example is

$$y(x) = c_0P_0 + c_1P_1 + c_2P_2 + c_3P_3 + c_4P_4 = C^T\Phi(x). \quad (17)$$

Equation (15) is transformed to the following matrix - vector form

$$C^TD^1\Phi(x) - 1 + [C^T\Phi(x)]^2 = 0. \quad (18)$$

Equation (18) is collocated at the roots of $P_5(x)$ and the initial condition is found another equation. From these equations are obtained a system of non - linear algebraic equations which contains five equations for the unknowns $C^T = [c_0 \ c_1 \ c_2 \ c_3 \ c_4]$. The system of equations is solved using the Newton iteration $\alpha = 1$ to find unknowns. If substituting known coefficients in equation (17) finds the approximate solution $y(x)$ as follows,

$$y(x) = 0.41 \cdot 10^{-6} - 0.000564x - 0.05472x^2 + 0.241074x^3 - 0.537963x^4.$$

Table 1: Comparison of solutions of example with other method

x	Exact Solution	Present Method	Error	[22]	[22]Error
0	0.000000	-0.6e-9	0.22e-6	0.000000	0.000e-0
0.1	0.099669	0.0997201	0.532e-4	0.099668	0.100e-5
0.2	0.197375	0.197469	0.95e-4	0.197375	0.000e-0
0.3	0.291313	0.291396	0.83e-4	0.291312	0.100e-5
0.4	0.379949	0.380006	0.57e-4	0.379944	0.500e-5
0.5	0.462117	0.462163	0.46e-4	0.462078	0.390e-4
0.6	0.537050	0.537086	0.36e-4	0.536857	0.193e-3
0.7	0.604378	0.604357	0.11e-4	0.603631	0.737e-3
0.8	0.664037	0.663907	0.130e-3	0.661706	0.133e-3
0.9	0.716298	0.716029	0.269e-3	0.709919	0.637e-2
1.0	0.761594	0.761376	0.218e-3	0.746032	0.155e-1

Exact solution and approximate solution are compared in Table 1. The absolute error for $\alpha = 1$ and comparisons between the present method's error, and iterative decomposition method's error are shown in Table 1.

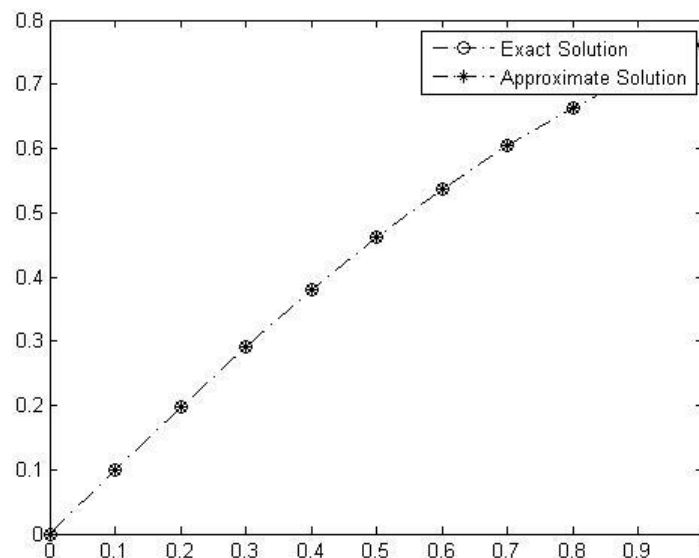


Figure 1: Plot of approximate and exact solution for $\alpha=1$

In Figure 1 is shown a comparison the exact solution and the approximate solution using the present method at for $\alpha = 1$. The graphic results are in good agreement with the results of the exact solution.

5. Conclusion

In this study, effective method is offered for solving the fractional Riccati differential equation. The fractional derivative is used Caputo sense. The main purpose of this study is to introduce a operational matrix using shifted Legendre polynomials and implement for solve non-linear fractional Riccati differential equations. Obtain operational matrix is used to solve a system of nonlinear algebraic equations solved by the Newton iteration method. An illustrative example is given to demonstrate the applicability and accuracy of the presented technique. From the table and figure, it has seen that the present method gives good results. From the obtained numerical results, it can conclude that present method give results with an good agreement with the exact solution. All numerical results are using Maple 15 and Matlab programs.

6. References

- [1]Podlubny, I., Fractional differential equations, Academic Press, (1999).
- [2]Magin, R.L., Fractional Calculus in Bioengineering (2006).
- [3]Douglas, J. F., Some applications of fractional calculus to polymer science, Advances in chemical physics, 102, (2007).
- [4]Origueira, M. D., Fractional Calculus for Scientists and Engineers, Springer, (2011).
- [5]Anastasio, T.J., Non uniformity in the linear network model of the oculomotor integrator produces approximately fractional-order dynamics and more realistic neuron behavior, BiolCybern.79, 377–391, (1998).
- [6]Craiem, D. and Armentano, R.L., A fractional derivative model to describe arterial viscoelasticity, Biorheology, 44, 251–263, (2007).
- [7]Arikoglu, A. and Ozkol, I., Solution of Fractional Differential Equations by Using Differential Transform Method, Chaos, Solutons and Fractab, 34(5), 1473-1481, (2007).
- [8] Baleanu, O. Alipous, N. and Jafari, H., The Bernstein Operational Matrices for Solving the Fractional Quadratic Riccati Differential Equations with The Riemann-Liouville Derivative, Abstract and Applied Analysis, (2013).
- [9] Baleanu, D. Diethelm, K., Scalas, E. Triyillo, J. J., Fractional Calculus: Models and Numerical methods, World Scientific, (2012).
- [10]Soczkiewicz, E., Application of fractional calculus in the theory of viscoelasticity Molecular and Quantum Acoustics 23, 397-404, (2002).
- [11]Monje, C. A., Chen, Y., Vinagre, B. M., Xue, D. and Feliu, V., Fractional-order Systems and Controls: Fundamentals and Applications Adva. Indus. Con. Springer-Verlag, (2010).
- [12] Vinagre, B. M. and Chen, Y.Q., Fractional Calculus Applications In Automatic Control and Robotics, 41st IEEE Conference on decision and control Tutorial Workshop 2, (2002).
- [13]Lasiiecka, I. and Triggiani, R., Differential and algebraic Riccati equations with application to boundary/point control problems: continuous theory and approximation theory, Lecture notes in control and information sciences, Berlin: Springer, 164, (1991).
- [14]Wazwaz, A. M., A comparison between Adomian decomposition method and Taylor series method in the series solution, Applied Mathematics and Computation, 97, 37-44, (1998).
- [15]Sweilam, N. H., Khader, M. M. and Mahdy, A. M. S. Crank-Nicolson finite difference method for solving time-fractional diffusion equation, Journal of Fractional Calculus and applications, 2(2), 1-9, (2012).
- [16]El-Sayed, A. M. A., El-Mesiry, A. E. M. and El-Saka, H. A. A. On the fractional-order logistic equation, Applied Mathematics Letters, 20(7), 817-823, (2007).
- [17]He, J. H. Variational iteration method-a kind of non-linear analytical technique: some examples, International Journal of Non-Linear Mechanics, 34, 699-708, (1999).
- [18]Momani, S. and Shawagfeh, N. Decomposition method for solving fractional Riccati differential equations, Applied Mathematics and Computation, 182, 1083-1092, (2006).
- [19]Ishteva, M. K., Properties And Applications Of The Caputo Fractional Operator, Master Thesis, Karlsruhe University, (2005).
- [20]Khalil, H. and Khan, R.,A., A new method based on Legendre polynomials for solutions of the fractional two dimensional heat conduction equation, Comp. & Mat. with App. 67, 1938-1953, (2014).
- [21]Saadatmandi, A. and Dehghan, M., A new operational matrix for solving fractional-order differential equations, Computers and Mathematics with Applications, 59 , 1326-1336, (2010).

[22]Odetunde, O. S. and Taiwo, O. A., A Decomposition Algorithm for the Solution of Fractional Quadratic Riccati Differential Equations with Caputo Derivatives, American Journal of Computational and Applied Mathematics, 4(3), 83-91, (2014).

NOTE: “This presentation has been granted by the Mugla Sitki Kocman University Research Projects Coordination Office through Project Grant Number: (17/106)”.

INVESTIGATION OF WEAR MORPHOLOGY OF BEECH WOOD REINFORCED POLYPROPYLENE COMPOSITE

Yalçın Boztoprak¹, Eda Yeniay^{1*}, Mehmet Ali Oral²

¹ Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

yboztoprak@marmara.edu.tr

yeniayeda@gmail.com

² Polyone Tekno Polimer, İstanbul, Türkiye

mehmetali.oral@polyone.com

* Corresponding Author

Abstract

Polypropylene (PP), 180 micron beech flour, tetrabromobisphenol A bis (TBBPA) and antimony trioxide were used to produce natural and economic composite materials that would not cause environmental problems. Within the scope of this study, specimens were produced by adding various amounts of flame retardant (FR) to polypropylene. At the end of various tests applied to the specimens, the most optimum ratio was found to be 20% TBBPA and 10% antimony trioxide. Masterbatches (MB) consist of PP, TBBPA and FRs materials were produced in the specified ratio to provide a homogeneous mixture between wood flour and flame retardant. Then 10%, 15%, 20%, 25% and 30% wood flour were added into MB and wood reinforced polymer composites (WPC) were obtained. Wear test was performed to examine the wear properties of the obtained WPC composites. It has been found that beech wood flour increase the wear resistance of WPC materials. It has been determined that the materials can be used in products such as flooring applications, kitchen worktops, park and garden benches due to their wear characteristics and aesthetic appearance.

Keywords: Biocomposites, beech wood flour, wear, flame retardant

1. Introduction

Materials, different and that do not chemical interaction among them of which materials are prepared by combining at a micro or macro level in order to improve the weaknesses of each other and obtain superior properties. Prepared these materials are called composite materials[1]. We can achieve the desired performance and properties by designing the right materials in composite materials. Composite materials are light, easy to shape, provide ease of design and can be colored by adding pigment in desired color. Since there is no need for processes such as coating and painting, cost savings and aesthetic appearance can be provided. Since final shaping processes such as cutting are not required, material loss is minimal. They have a long service life. They are used in various chemical environments due to their resistance to chemicals and corrosive environments. Transparent, opaque, electrically conductive or insulating composite products can be produced. Product design options are improved because of the variety of materials. In this way, composite materials are used in many fields such as health, automotive, electronics, kitchenware, aviation, construction and defense industries. Biocomposites are composite materials containing one or more phases derived from a biological source [2] Natural products used in biocomposite materials provide many advantages in terms of economy and health and materials can be easily obtained from renewable sources. Biocomposite material design can be done by selecting the appropriate material according to the demand. Natural fibers are frequently used in biocomposite material design. Natural fibers are light, inexpensive, renewable, recyclable, biodegradable materials with high specific hardness and strength, and are highly preferred in the composite industry[3].

Since natural fiber composites are more environmentally friendly, they can be used in transportation (automobiles, train cars, aviation), military applications, construction and construction industries (ceiling panels, partition panels), packaging, consumer products, etc. is used [4]. There are many types of natural fibers such as cotton, flax, hemp and wood. Wood fibers, which are natural fibers, due to their renewability, low density and price as well as their satisfactory mechanical properties are an attractive ecological alternative for glass, carbon and synthetic fibers used in the production of composites [5].



Figure 8: Properties of wood flour

Thermoplastic composites using wood or other lignocellulosic fibers as natural fibers are defined as wood plastic composite (WPC) materials. Beech wood flour were used in our study due to its durable, strong and frequent fiber structure, its availability and ease of supply. Due to the hydrophilic character of natural fibers and the possibility of degradation, the processing temperature is low, these form the disadvantages of wood fibers. Due to the thermal decomposition of wood fibers at temperatures above 220 ° C, the matrix material should melt at a temperature of below the wood fiber decomposition temperature, about 200-220 ° [6]. Among the polymer materials that provide these properties, we used polypropylene polymer which has low water absorption rate and is resistant to living organisms such as bacteria and fungi. Dibromopropyl ether (tetrabromobisphenol A bis), which has low toxicity, UV resistance and antimicrobial activity, is preferred as fireproof additive in order to provide combustion resistance to the composite material. Antimony trioxide was used to increase the reaction rate of the fireproof additive. WPC materials were produced using the same techniques as thermoplastic polymers. Then, wear tests were performed on the specimens and the wear properties were determined.

2. Experimental Study

2.1. Materials

Homopolymer polypropylene matrix with high MFI was supplied from DUCOR Petrochemicals (Rotterdam, The Netherlands). Antimony trioxide and TBBPA(tetrabromobisphenol A bis) were obtained from AMİK Italia (Milano, ITALY). Fine beech wood flour belonging to Fagaceae family (180 micrometers in size) were obtained from Bayram Ticaret company located in Keresteciler Industrial Site. In order to find the most suitable PP / TBBPA / FRs ratio, 7 specimens were successfully produced and tested. At the end of various tests applied to the specimens, the most optimum ratio was found to be 20% TBBPA and 10% antimony trioxide. The properties of the test specimen determined as the most suitable flame retardant additive ratio are shown in Table 1.

Table 1. Characteristic of PP / TBBPA / FRs specimens

	PP/TBBPA/FRs Den.
UL94	V2
GWIT	875°C
Tensile Strength	32,8 ± 0,46 MPa
Izod Notched Impact Strength	1,82 ± 0,23 kJ/m ²
MFR	80,58 ± 0,18 g/10 min

Since the density of wood flour is low, even if it is mixed with flame retardant and fed into the extruder, most of the wood flour remains on the screw wall under the effect of centrifugal force and the flame retardant additive is fed to the extruder. Therefore, a homogeneous structure does not occur. For this reason, we produced masterbatch (MB) in this study. The proportions of the materials we use to produce the test specimens were shown in Table 2.

Table 2. Material Ratios

		PP (%)	TBBPA (%)	FRs (%)	Wood Flour (%)	MB (%)
PP/TBBPA/FRs	Sample 1	77,5	15	7,5	-	-
	Sample 2	70	20	10	-	-
	Sample 3	62,5	25	12,5	-	-
	Sample 4	70	22,5	7,5	-	-
	Sample 5	70	15	15	-	-
	Sample 6	85	10	5	-	-
	Sample 7	92,5	5	2,5	-	-
Masterbatch	MB	50	33,40	16,60	-	-
WPC	Sample 1	30	-	-	10	60
	Sample 2	25	-	-	15	60
	Sample 3	20	-	-	20	60
	Sample 4	15	-	-	25	60
	Sample 5	10	-	-	30	60

2.2. Preparation of The Composite Materials

2.2.1. Wood Flour Drying Process

The moisture content of the wood flour was examined and determined to be around 10 %. Wood flour were dried at 140°C for 15 minutes. The wood flour, which were dried at 140°C temperature, were transferred to extrusion production after cooling in vacuum oven.

2.2.2. Extrusion Process

Granules were produced in the extruder (Extruder; Coperion, ZSK26 MC18, Stuttgart, Germany). The raw materials and additives were fed from different feed zones in the extruder. The flame retardant and antimony trioxide were added to the side feed portion of the extruder after mixing according to the specified proportions. Homopolymer polypropylene was added from the raw material feed part of the extruder (main feed). The template of the extruder device is shown in Figure 2.

Twin screw extruder were preferred for homogeneous mixing of compounds with different contents. The lowest possible temperature values have been preferred to avoid burning or degradation problems of wood flour. Wood flour were fed from the powder feed (side feed) zone to the extruder, which is the third temperature zone. the first two temperatures do not affect wood flour. After the 3rd temperature value of the extruder, the temperature of all WPC specimens was kept constant. The melt flow decreased as the amount of wood flour increased, so the screw speed was increased in example 3, 4 and 5 to avoid production difficulty and to obtain a homogeneous material.

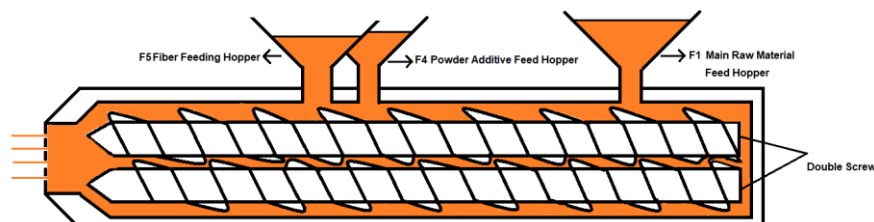


Figure 2: Schema of Extruder

Table 3. Extruder parameters

	PP/TBBPA/FRs	MB	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Heat 1 (°C)	180	190	190	200	200	200	200
Heat 2 (°C)	180	200	200	220	220	220	220
Heat 3 (°C)	170	200	190	190	190	190	190
Heat 4 (°C)	170	200	180	180	180	180	180
Heat 5 (°C)	170	170	170	170	170	170	170
Heat 6 (°C)	170	170	170	170	170	170	170
Heat 7 (°C)	160	170	170	170	170	170	170
Heat 8 (°C)	160	170	170	170	170	170	170
Heat 9 (°C)	160	170	170	170	170	170	170
Heat 10(°C)	160	180	180	180	180	180	180
Mold Temp.(°C)	160	160	160	160	160	160	160
Melt Temp.(°C)	146	154	150	152	154	154	156
Screw speed (rpm)	400	400	500	500	520	530	550

2.2.3. Injection Process

The PP / TBBPA / FRs granules were dried in an oven at 50°C for 3 hours before being injection molded. WPC granules were dried in an oven at 100 ± 5°C for 6 hours. The dried granules were molded injection machine (ARBURG 370 Allrounder-Loßburg, Germany). The injection start temperature was 40°C, back pressure 80 bar, screw rotation speed 35 m/min and injection speed 80 ccm/sec for all specimens.

Table 4. Injection parameters

	Heat 1 (°C)	Heat 2 (°C)	Heat 3 (°C)	Heat 4 (°C)	Inj. nozzle temp. (°C)	Pack-hold Pressure (bar)
PP/TBBPA/FRs	170	170	170	160	170	600-550-500
WPC Samples	175	180	185	190	195	700-650-600

2.3. Wear Morphology

The loss of material caused by friction on the surfaces of the two materials in contact with each other is called "wear". In order to determine the wear resistance of the materials and to observe the effect of wood flour on the WPC material, the wear test was performed on the "Gotech GT-7012-T" model device. The wear test of the samples was carried out on the Pin On Disk Tester according to ASTM G-99 standard under 250 g load at a speed of 72 rpm. The weight measurements was taken in a every 50 meters (200 cycle) and in a total distance of 250 meters (1000 cycle). The weight loss resulting from the wear of the material is calculated according to formula 2.1. The wear rate of the material is calculated according to formula 2.2.

The material density ρ , the distance L, the applied load value F_n , the first weight value: m_1 , the last weight value: m_2 .

$$\Delta m \text{ (gr)} = \text{Weight Loss} = m_1 - m_2 \quad (2.1)$$

$$\text{Wear Rate (cm}^3\text{/Nm)} = \Delta m / (\rho \times L \times F_n) \quad (2.2)$$

3. Results and Discussion

The results obtained from the wear test are shown in Table 5. Since the weight loss of the PP/TBBPA/FRs sample is higher than the WPC samples, it is understood that the wear resistance of the PP/TBBPA/FRs sample not reinforced with beech wood flour lower. Wood flour increased the wear resistance of WPC materials. It was determined that the loss of material decreased and wear resistance increased with increasing amount of wood flour in the material content.

Table 5. Weight loss and wear rate of PP/TBBPA/FRs sample 2 and WPC specimens

Sample No	Weight Loss (gr)	Abrasion Rate (cm ³ /Nm)
PP/TBBPA/FRs 2	0,0017 ± 1	2.473.10 ⁻⁶ ± 0.14
WPC 1	0,0012 ± 3	1.755.10 ⁻⁶ ± 0,3
WPC 2	0,0012 ± 2	1.524.10 ⁻⁶ ± 0.22
WPC 3	0,0011 ± 2	1.498.10 ⁻⁶ ± 0.22
WPC 4	0,0009 ± 1	1.169.10 ⁻⁶ ± 0.13
WPC 5	0,0007 ± 3	0.981.10 ⁻⁶ ± 0,3

4. Conclusion

Beech wood flour reinforced composite materials have been successfully produced and an aesthetically pleasing material has emerged. The light brown appearance turned into a dark brown appearance with increasing wood flour. Due to its high wear resistance, it can be easily used in places that can be exposed to wear. It has been found that WPC materials can be used in flooring applications and kitchen worktops due to their aesthetic appearance and wear resistance.

5. References

- [1] Saçak, M., *Polimer Teknolojisi*. Gazi Yayinevi, Ankara, 2005
- [2] Fowler, P., Hughes, J., Elias, R., Biocomposites: technology, environmental credentials and market forces. *J Sci Food Agric*, 86, 1781–1789, 2006
- [3] Hietala, M., *Extrusion Processing of Wood-Based Biocomposites*. Doktora Tezi, Luleå University of Technology, İsveç, 2013
- [4] Kozłowski, R., Władysław-Przybylak, M., Flammability and fire resistance of composites reinforced by natural fibers. *Polym. Adv. Technol*, 19, 446–453, 2008
- [5] Kozłowski, R., Władysław-Przybylak, M., Natural fibers as reinforcing materials for composites. *Textile Processing: State of the Art & Future Developments*, 4(3), 961-968, 2007

[6] Oksman, K., Bengtsson, M., Wood Fibre Thermoplastic Composites: Processing, Properties and Future Developments. In: Fakirov, S., & Bhattacharyya, C. (ed.), Handbook of engineering biopolymers: homopolymers, blends and composites. Carl Hanser Verlag, Münih, 2007

INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF BEECH WOOD REINFORCED POLYPROPYLENE COMPOSITE

Yalçın Boztoprak¹, Eda Yeniay^{1*}, Mehmet Ali Oral²

¹ Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

yboztoprak@marmara.edu.tr

yeniayeda@gmail.com

² Polyone Tekno Polimer, İstanbul, Türkiye

mehmetali.oral@polyone.com

* Corresponding Author

Abstract

Polypropylene (PP), 180 micron beech flour, tetrabromobisphenol A bis (TBBPA) and antimony trioxide were used to produce natural and economic composite materials that would not cause environmental problems. Within the scope of this study, samples were produced by adding various amounts of flame retardant (FR) to polypropylene. At the end of various tests applied to the samples, the most optimum ratio was found to be 20% TBBPA and 10% antimony trioxide. Masterbatches (MB) consist of PP, TBBPA and FRs materials were produced in the specified ratio to provide a homogeneous mixture between wood flour and flame retardant. Then 10%, 15%, 20%, 25% and 30% wood flour were added into MB and wood reinforced polymer composites (WPC) were obtained. Tensile test, impact test (izod notch, charpy notch) and hardness test were applied to the samples to determine the mechanical properties of the WPC. As a result, it was seen that tensile strength and charpy impact strength decreased and izod impact strength and hardness increased with increasing wood flour. It has been determined that it can be used in various applications due to its aesthetic appearance.

Keywords: Biocomposite, beech wood flour, PP, flame retardant

1. Introduction

Composite structures obtained by using natural resins, natural fibers (sisal, flax, hemp, bamboo, wool, silk) or natural rubber instead of synthetic fibers (carbon fibers, glass fibers, etc.), are called bio-composite materials. Scientists' efforts to find new materials to turn the disadvantages of synthetic fibers into advantage have led them to nature. Wood fibers, which are a natural type of fiber, are highly preferred due to their ease of supply and environmentally friendly structure. In addition, wood fibers are economical. They have high specific strength and increase thermal stability. It does not corrode processing equipment. Thermoplastic composites used with wood or other lignocellulosic fibers are defined as wood plastic composite (WPC) materials [1]. Produced WPC material is easy to maintain.

Beech wood flour were used in our study because of their strong, durable and frequent fiber structure. Wood fibers absorb moisture due to their hydrophilic character and cause problems in production. In addition, wood fibers deteriorate at temperatures above 220 °C [2]. This is undesirable since wood fiber degradation will also affect mechanical strength. For these reasons, our option of polymer matrix material is limited. Among the polymer materials that provide these properties, we preferred polypropylene polymer. Polypropylene is a promising matrix material for the formation of natural or synthetic fiber reinforced polymer composites suitable for additives and reinforcing elements [3].

Table 1. Polypropylene material properties

Flexible
Low moisture absorption
High mechanical strength
Low melting point
Lightweight
Resistant to living organisms such as bacteria and fungi.
Cheap

As a result of direct daylight exposure of WPC materials, covalent bonds are damaged and surface roughness increases, mechanical properties decrease and become brittle [4,5]. At the same time, the formation of bacteria, fungi occurs rapidly within the wood fiber. This reduces the strength and lifetime of the wood. In order to prevent these events and to delay combustion; In this study, we used dibromopropyl ether (tetrabromobisphenol A bis) additive because of its low toxicity and UV resistance to prevent these events and increase fire resistance. Antimony trioxide (FRs) was used to increase the reaction rate of the flame retardant. WPC materials were produced using the same techniques as thermoplastic polymers. Then, tensile, impact and hardness tests were performed on PWC samples and these mechanical properties were determined.

2. Experimental Study

2.1. Materials

Homopolymer polypropylene matrix with high MFI was supplied from DUCOR Petrochemicals (Rotterdam, The Netherlands). Antimony trioxide and TBBPA(tetrabromobisphenol A bis) were obtained from AMİK Italia (Milano, ITALY). Fine beech wood flour belonging to Fagaceae family (180 micrometers in size) were obtained from Bayram Ticaret company located in Keresteciler Industrial Site. In order to find the most suitable PP / TBBPA / FRs ratio, 7 specimens were successfully produced and tested. At the end of various tests applied to the samples, the most optimum ratio was found to be 20% TBBPA and 10% antimony trioxide. The properties of the test specimen determined as the most suitable flame retardant additive ratio are shown in Table 2.

Table 2. Characteristic of PP / TBBPA / FRs sample

	PP/TBBPA/FRs Den.
UL94	V2
GWIT	875°C
Tensile Strength	32,8 ± 0,46 MPa
Izod Notched Impact Strength	1,82 ± 0,23 kJ/m ²
MFR	80,58 ± 0,18 g/10 min

Since the density of wood flour is low, even if it is mixed with flame retardant and fed into the extruder, most of the wood flour remains on the screw wall under the effect of centrifugal force and the flame retardant additive is fed to the extruder. Therefore, a homogeneous structure does not occur. For this reason, we produced masterbatch (MB) in this study. The proportions of the materials we use to produce the test samples were shown in Table 3.

Table 3. Material Ratios

		PP (%)	TBBPA (%)	FRs (%)	Wood Flour (%)	MB (%)
PP/TBBPA/FRs	Sample 1	77,5	15	7,5	-	-
	Sample 2	70	20	10	-	-
	Sample 3	62,5	25	12,5	-	-
	Sample 4	70	22,5	7,5	-	-
	Sample 5	70	15	15	-	-
	Sample 6	85	10	5	-	-
	Sample 7	92,5	5	2,5	-	-
Masterbatch	MB	50	33,40	16,60	-	-
WPC	Sample 1	30	-	-	10	60
	Sample 2	25	-	-	15	60
	Sample 3	20	-	-	20	60
	Sample 4	15	-	-	25	60
	Sample 5	10	-	-	30	60

2.2. Preparation Of The Composite Materials

2.2.1. Wood Flour Drying Process

The moisture content of the wood flour was examined and determined to be around 10 %. Wood flour were dried at 140°C for 15 minutes. The wood flour, which were dried at 140°C temperature, were transferred to extrusion production after cooling in vacuum oven.

2.2.2. Extrusion Process

Granules were produced in the extruder (Extruder; Coperion, ZSK26 MC18, Stuttgart, Germany). The raw materials and additives were fed from different feed zones in the extruder. The flame retardant and antimony trioxide were added to the side feed portion of the extruder after mixing according to the specified proportions. Homopolymer polypropylene was added from the raw material feed part of the extruder (main feed).

Twin screw extruder were preferred for homogeneous mixing of compounds with different contents. The lowest possible temperature values have been preferred to avoid burning or degradation problems of wood flour. Wood flour were fed from the powder feed (side feed) zone to the extruder, which is the third temperature zone. the first two temperatures do not affect wood flour. After the 3rd temperature value of the extruder, the temperature of all WPC samples was kept constant. The melt flow decreased as the amount of

wood flour increased, so the screw speed was increased in example 3, 4 and 5 to avoid production difficulty and to obtain a homogeneous material.

Table 4. Extruder parameters

	PP/TBBPA/FRs	MB	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Heat 1 (°C)	180	190	190	200	200	200	200
Heat 2 (°C)	180	200	200	220	220	220	220
Heat 3 (°C)	170	200	190	190	190	190	190
Heat 4 (°C)	170	200	180	180	180	180	180
Heat 5 (°C)	170	170	170	170	170	170	170
Heat 6 (°C)	170	170	170	170	170	170	170
Heat 7 (°C)	160	170	170	170	170	170	170
Heat 8 (°C)	160	170	170	170	170	170	170
Heat 9 (°C)	160	170	170	170	170	170	170
Heat 10(°C)	160	180	180	180	180	180	180
Mold Temp.(°C)	160	160	160	160	160	160	160
Melt Temp.(°C)	146	154	150	152	154	154	156
Screw speed (rpm)	400	400	500	500	520	530	550

2.2.3. Injection Process

The PP / TBBPA / FRs granules were dried in an oven at 50°C for 3 hours before being injection molded. WPC granules were dried in an oven at 100 ± 5°C for 6 hours. The dried granules were molded injection machine (ARBURG 370 Allrounder-Loßburg, Germany). The injection start temperature was 40°C, back pressure 80 bar, screw rotation speed 35 m/min and injection speed 80 ccm/sec for all samples.

Table 5. Injection parameters

	Heat 1 (°C)	Heat 2 (°C)	Heat 3 (°C)	Heat 4 (°C)	Inj. nozzle temp. (°C)	Pack-hold Pressure (bar)
PP/TBBPA/FRs	170	170	170	160	170	600-550-500
WPC Samples	175	180	185	190	195	700-650-600

2.3. Mechanical Tests

Tensile, impact and hardness tests were performed to determine the mechanical properties of the obtained composite materials.

2.3.1. Tensile Tests

The samples placed in the tensile testing jaws were drawn in one direction accordance to the determined test speed. Maximum tensile strength, yield strength, modulus of elasticity and % elongation values of composite specimens were determined by Instron 3367L4848 model tensile testing device (Figure 3.3A, Massachusetts, USA) at room temperature. For PP / TBBPA / FRs samples tensile test was performed with 50 mm / min speed and for WPC samples with 5 mm/min test speed. Specimen dimensions were determined as "type B" according to ISO 527-2 standard. For each experiment 5 samples were tested, the average value obtained at the end of the test is shown in Tables 6 and 7.

2.3.2. Impact Tests

Impact tests were performed using Izod (notched) and Charpy (unnotched) test methods (Zwick Roell, HIT5.5P, Ulm, Germany) to determine the impact strength of the composite samples. Specimens produced in 80x10x4 mm dimensions according to ISO 179 and ISO 180 standards (type 1) were tested. A pendulum of 1 kJ was used for Izod impact test and 5 kJ was used for Charpy impact test. 10 samples were tested for each WPC group. Impact strength was determined by calculating the test average of the samples.

2.3.3. Hardness Tests

Hardness test is a type of mechanical test which is done to learn the hardness and strength of the materials and to have information about the machinability. Since the samples were soft plastic materials, hardness tests were performed according to Shore A method. Shore A hardness test was performed because the samples were soft plastic material. Five separate measurements were taken from the sample surface at intervals of at least 6 mm and the arithmetic average of the measurements was calculated.

3. Results and Discussion

Tensile test results of the PP/TBBPA/FRs samples are shown in Table 6. It was observed that the modulus of elasticity and tensile strength decreased with increasing total additive ratio in PP / TBBPA / FR samples. Comparing PP/TBBPA/FRs specimen 1 and 4, it was observed that the elastic modulus increased and the tensile strength decreased when the antimony trioxide ratio was kept constant and the TBBPA ratio increased. Comparing PP / TBBPA / FR specimen 1 and 5, it was determined that elasticity modulus and tensile strength increased when TBBPA ratio was kept constant and antimony trioxide ratio was increased.

Table 6. Tensile test results of the PP/TBBPA/FRs samples

Sample No	PP/TBBPA/FRs			
	Elasticity Modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Elongation at Break (%)
1	1701 ± 17,01	33,5 ± 0,21	33,5 ± 0,21	7,79 ± 1,50
2	1681 ± 26,19	32,8 ± 0,46	32,8 ± 0,46	8,61 ± 0,63
3	1571 ± 37,19	32,8 ± 0,42	32,8 ± 0,42	7,75 ± 1,47
4	1827 ± 48,48	27 ± 1,26	27 ± 1,45	2,14 ± 0,28
5	1781 ± 31,71	34,9 ± 0,12	34,9 ± 0,12	8,01 ± 0,49
6	1711 ± 43,33	34,5 ± 0,83	34,5 ± 0,83	7,23 ± 1,11
7	1834 ± 37,12	36,6 ± 0,64	36,9 ± 0,17	7,35 ± 1,50

Tensile test results of the WPC samples are shown in Table 7. It was observed that tensile strength and yield strength decreased and elasticity modulus increased with increasing wood flour ratio. It was determined that WPC samples were more easily broken by increasing the amount of wood flour in the material content. According to the results obtained, the elongation at break was found to be inversely proportional to the amount of wood flour, in other words the % elongation value decreased with increasing amount of wood flour. Ramazan K. et al. in the study conducted by; tensile strength was found to be 15.68 ± 0.51 MPa by adding 25% APP flame retardant to polypropylene (67%), pine wood flour (30%) and MAPP (3%) content [6]. In comparison to WPC sample 5, which has a 30% wood flour ratio, although we did not use any compatibilizer, the tensile strength of our sample was found to be approximately 30% higher.

Table 7. Tensile test results of the WPC samples

Sample No	WPC			
	Elasticity Modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Elongation at Break (%)
1	1846 ± 13,20	24 ± 0,14	23,9 ± 0,14	4,22 ± 0,32
2	2027 ± 25,91	22,6 ± 0,21	22,6 ± 0,21	3,59 ± 0,18
3	2249 ± 27,6	21,7 ± 0,26	21,7 ± 0,26	3,40 ± 0,18
4	2489 ± 54,60	21,4 ± 0,27	21,4 ± 0,27	2,95 ± 0,23
5	2602 ± 61	20,4 ± 0,33	20,4 ± 0,33	2,33 ± 0,17

Izod and Charpy impact test results of the all specimens are shown in Table 8. In PP / TBBPA / FR specimens, it has been observed that the increase in total additive amount decreases charpy impact resistance and the increase in antimony trioxide amount increases the impact strength in direct proportion. When the total additive amounts of specimens 2, 4 and 5 were examined, it was found that Charpy impact strength increased in direct proportion with the increase in antimony trioxide content. Charpy impact strength decreased with increasing amount of wood flour. It was determined that Charpy impact strength was decreased significantly by adding wood flour in the most suitable PP / TBBPA / FR 2nd sample.

As a result of the izod impact test for PP / TBBPA / FR samples, it is seen that the impact resistance value increases with the increase of flame retardant and antimony trioxide value. When samples 2, 4 and 5 are examined, it is understood that the impact strength of sample 4 is lower as the antimony trioxide amount is lower. It was determined in the Izod impact test that the impact strength increased with increasing amount of wood flour. In one study, it was observed that the Izod (notched) impact resistance value of the biocomposite material produced by adding 20% and 40% pine wood flour and 3% wax to 250 micron particle size in MAPP was found to be around 1.85-1.86 kJ / m² [7]. Although 20% wood flour and flame retardants were used in WPC sample 3 material, it was found that the Izod (notched) impact strength value was the same value, ie 1.86 kJ / m². This means that beech wood flour increase the impact strength even more compared to pine wood flour

Table 8. Results of Izod and Charpy impact tests

Sample No	PP/TBBPA/FRs	
	Izod Notched Impact Strength (kJ/m ²)	Charpy Unnotched Impact Strength (kJ/m ²)
1	1,62 ± 0,25	37,48 ± 2,18
2	1,82 ± 0,23	31,43 ± 2,36
3	1,9 ± 0,36	25,85 ± 2,49
4	1,68 ± 0,19	29,83 ± 8,13
5	1,82 ± 0,12	32,12 ± 6,64
6	1,66 ± 0,12	44,94 ± 3,94
7	1,66 ± 0,14	55,9 ± 5,19
WPC		
1	1,83 ± 0,22	8,86 ± 1,08
2	1,86 ± 0,08	7,87 ± 1,1
3	1,86 ± 0,04	7,02 ± 1,01
4	1,9 ± 0,15	6,06 ± 0,54
5	1,98 ± 0,11	5,49 ± 0,65

Shore A Hardness test results of the all specimens are shown in Table 9. When the PP / TBBPA / FRs samples were examined, it was found that hardness increased with increasing antimony trioxide ratio and TBBPA didn't have much effect on hardness. It is stated in Hietala's thesis that the addition of a wood component increases the hardness of the polymer matrix [8]. In our study, it was found that the hardness increased as the amount of beech wood flour increased.

Table 9. Shore A hardness values of samples

		Hardness
PP/TBBPA/FRs	Sample 1	84.4 ± 1.4
	Sample 2	84.2 ± 0,8
	Sample 3	84.6 ± 1,6
	Sample 4	84.4 ± 1,4
	Sample 5	86.2 ± 2,8
	Sample 6	83.6 ± 2,6
	Sample 7	82.8 ± 0,8
WPC	Sample 1	75.8 ± 3,8
	Sample 2	79.8 ± 1,8
	Sample 3	80.6 ± 1,6
	Sample 4	80.8 ± 1,8
	Sample 5	81 ± 1

4. Conclusion

In this study, beech wood flour reinforced composite materials have been produced successfully. The results obtained from the mechanical tests were found to be satisfactory. It has been determined that WPC materials can be used in places where aesthetics are desired, which do not require flexibility and where the material may be exposed to vertical effects.

5. References

- [1] Altuntaş, E., Yılmaz, E., Salan, T., Yüksek oranda lif dolgu maddesi kullanımının odun plastik kompozit malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması, *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 18(3): 258-263, 2017
- [2] Oksman, K., Bengtsson, M., Wood Fibre Thermoplastic Composites: Processing, Properties and Future Developments. In: Fakirov, S., & Bhattacharyya, C. (ed.), *Handbook of engineering biopolymers: homopolymers, blends and composites*. Carl Hanser Verlag, Münih, 2007
- [3] Karger-Kocsis, J., *Polypropylene An A-Z reference*. Kluwer Publishers, Dordrecht, 1999
- [4] Hollaway, L.C., A review of the present and future utilisation of FRP composites in the civil infrastructure with reference to their important in-service properties, *Construction and Building Materials*, 24, 2419–2445, 2010
- [5] Dittenber, D.B., GangaRao, H.V.S., Critical review of recent publications on use of natural fiber composites in infrastructure, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 43, 1419-1429, 2012
- [6] Kurt, R., Mengeloğlu, F., Utilization of boron compounds as synergists with ammonium polyphosphate for flame retardant wood-polymer composites, *Turk J Agric For*, 35, 155-163, 2011
- [7] Çavuş, V., Mengeloğlu, F., Farklı erime akış indeksine sahip polipropilenlerle üretilen odun plastik kompozitlerin mekanik özellikleri üzerine lignoselülozik dolgu maddesi türü ve kullanım oranının etkisi, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 23(8), 994-999, 2017
- [8] Hietala, M., *Extrusion Processing of Wood-Based Biocomposites*. Doktora Tezi, Luleå University of Technology, İsveç, 2013

INVESTIGATION OF THE FLAMMABILITY PROPERTIES OF BEECH TREE REINFORCED POLYPROPYLENE COMPOSITE

Yalçın Boztoprak¹, Eda Yeniay^{1*}, Mehmet Ali Oral²

¹ Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

yboztoprak@marmara.edu.tr

yeniayeda@gmail.com

² Polyone Tekno Polimer, İstanbul, Türkiye

mehmetali.oral@polyone.com

* Corresponding Author

Abstract

Polypropylene (PP), 180 micron beech flour, tetrabromobisphenol A bis (TBBPA) and antimony trioxide were used to produce natural and economic composite materials that would not cause environmental problems. Within the scope of this study, samples were produced by adding various amounts of flame retardant (FR) to polypropylene. At the end of various tests applied to the samples, the most optimum ratio was found to be 20% TBBPA and 10% antimony trioxide. Masterbatches (MB) consist of PP, TBBPA and FRs materials were produced in the specified ratio to provide a homogeneous mixture between wood flour and flame retardant. Then 10%, 15%, 20%, 25% and 30% wood flour were added into MB and wood reinforced polymer composites (WPC) were obtained. In order to determine the flammability properties of the composites obtained, UL94 test were performed. It was determined that the burning times of WPC samples increased compared to PP / TBBPA / FRs samples and the amount of drops decreased.

Keywords: *Flammability, biocomposite, beech wood flour, injection, extruder. PP*

1. Introduction

Composite materials; are new and artificial materials formed by combining two or more materials for a specific purpose. These materials are materials that can be produced in accordance with our wishes in the developing and globalizing world. Biocomposites are composite materials containing one or more phases derived from a biological source [2]. Composite materials consist of two main parts. These are portions of the matrix material and reinforcing material. Reinforcing materials determine the strength of the material against the applied load by affecting the properties of the composite material. Reinforcing natural fibers, natural resins or natural rubbers are used in biocomposite materials. Vegetable or animal fibers obtained from nature are called "natural fibers". Natural fibers are light, inexpensive, renewable, recyclable, biodegradable materials with high specific hardness and strength, and are highly preferred in the composite industry[3]. In addition, they do not release a large amount of carbon dioxide into the atmosphere when burned. Wood fibers, which are natural fibers, due to their renewability, low density and price as well as their satisfactory mechanical properties are an attractive ecological alternative for glass, carbon and synthetic fibers used in the production of composites [4]. Biocomposite materials obtained by using wood fibers and thermoplastic matrix material are called wood plastic composite (WPC). Matrix material selection in WPC materials is difficult due to many factors. Wood fibers absorb moisture due to their hydrophilic character. Moisture content in the wood fiber increases the processing time during production. In addition, various defects can occur in the obtained product. In order to avoid these problems, the moisture absorption of the matrix material should be low.

Due to the thermal decomposition of wood fibers at temperatures above 220 ° C, the matrix material should melt at a temperature of below the wood fiber decomposition temperature, about 200-220 ° [2]. Due to the possibility of degradation of wood fibers, the process temperature is low. Among the polymer materials that provide these properties, we used polypropylene polymer. Polypropylene melting temperature is 175 ° C. Water absorption rate is quite low. Like most polymer materials, it has good electrical resistance. It is resistant to living things such as bacteria and fungi. They are recyclable materials.

In our study, beech wood flour was used. Because when the beech tree burns, it burns with little tar and it is known that the ash produced as a result of burning has no health harm. Since wood and wood-based materials are composed of carbon and hydrogen, they have flammable properties [1]. Therefore, wood fiber improves the flammability, although it improves many properties. In order to prevent this, dibromopropyl ether (tetrabromobisphenol A bis) flame retardant was used because of its low toxicity and UV resistance. The TBBPA flame retardant material releases the Br radical in the gas phase under the influence of temperature and reacts with the highly active H and OH to neutralize them. Thus, the flammability of the polymer material is prevented. Antimony trioxide was used to increase the reaction rate of the flame retardant. In antimony use, they interact with halogen flame retardants and antimony (Sb₂O₃) to form SbBr₃. Halogenated flame retardants are used in combination with Sb₂O₃ to increase the flammability effect.

2. Experimental Study

2.1. Materials

Homopolymer polypropylene matrix with high MFI was supplied from DUCOR Petrochemicals (Rotterdam, The Netherlands). Antimony trioxide and TBBPA(tetrabromobisphenol A bis) were obtained from AMİK Italia (Milano, ITALY). Fine beech wood flour belonging to Fagaceae family (180 micrometers in size) were obtained from Bayram Ticaret company located in Keresteciler Industrial Site. In order to find the most suitable PP / TBBPA / FRs ratio, 7 specimens were successfully produced and tested. At the end of various tests applied to the samples, the most optimum ratio was found to be 20% TBBPA and 10% antimony trioxide. The properties of the test specimen determined as the most suitable flame retardant additive ratio are shown in Table 1.

Table 1. Characteristic of PP / TBBPA / FRs sample

	PP/TBBPA/FRs Den.
UL94	V2
GWIT	875°C
Tensile Strength	32,8 ± 0,46 MPa
Izod Notched Impact Strength	1,82 ± 0,23 kJ/m ²
MFR	80,58 ± 0,18 g/10 min

Since the density of wood flour is low, even if it is mixed with flame retardant and fed into the extruder, most of the wood flour remains on the screw wall under the effect of centrifugal force and the flame retardant additive is fed to the extruder. Therefore, a homogeneous structure does not occur. For this reason, we produced masterbatch (MB) in this study. The proportions of the materials we use to produce the test samples were shown in Table 2.

Table 2. Material Ratios

		PP (%)	TBBPA (%)	FRs (%)	Wood Flour (%)	MB (%)
PP/TBBPA/FRs	Sample 1	77,5	15	7,5	-	-
	Sample 2	70	20	10	-	-
	Sample 3	62,5	25	12,5	-	-
	Sample 4	70	22,5	7,5	-	-
	Sample 5	70	15	15	-	-
	Sample 6	85	10	5	-	-
	Sample 7	92,5	5	2,5	-	-
Masterbatch	MB	50	33,40	16,60	-	-
WPC	Sample 1	30	-	-	10	60
	Sample 2	25	-	-	15	60
	Sample 3	20	-	-	20	60
	Sample 4	15	-	-	25	60
	Sample 5	10	-	-	30	60

2.2. PREPARATION OF THE COMPOSITE MATERIALS

2.2.1. Wood Flour Drying Process

The moisture content of the wood flour was examined and determined to be around 10 %. Wood flour were dried at 140°C for 15 minutes. The wood flour, which were dried at 140°C temperature, were transferred to extrusion production after cooling in vacuum oven.

2.2.2. Extrusion Process

Granules were produced in the extruder (Extruder; Coperion, ZSK26 MC18, Stuttgart, Germany). The raw materials and additives were fed from different feed zones in the extruder. The flame retardant and antimony trioxide were added to the side feed portion of the extruder after mixing according to the specified proportions. Homopolymer polypropylene was added from the raw material feed part of the extruder (main feed).

Twin screw extruder were preferred for homogeneous mixing of compounds with different contents. The lowest possible temperature values have been preferred to avoid burning or degradation problems of wood flour. Wood flour were fed from the powder feed (side feed) zone to the extruder, which is the third temperature zone. the first two temperatures do not affect wood flour. After the 3rd temperature value of the extruder, the temperature of all WPC samples was kept constant. The melt flow decreased as the amount of wood flour increased, so the screw speed was increased in example 3, 4 and 5 to avoid production difficulty and to obtain a homogeneous material.

Table 3. Extruder parameters

	PP/TBBPA/FRs	MB	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Heat 1 (°C)	180	190	190	200	200	200	200
Heat 2 (°C)	180	200	200	220	220	220	220
Heat 3 (°C)	170	200	190	190	190	190	190
Heat 4 (°C)	170	200	180	180	180	180	180
Heat 5 (°C)	170	170	170	170	170	170	170
Heat 6 (°C)	170	170	170	170	170	170	170
Heat 7 (°C)	160	170	170	170	170	170	170
Heat 8 (°C)	160	170	170	170	170	170	170
Heat 9 (°C)	160	170	170	170	170	170	170
Heat 10(°C)	160	180	180	180	180	180	180
Mold Temp.(°C)	160	160	160	160	160	160	160
Melt Temp.(°C)	146	154	150	152	154	154	156
Screw speed (rpm)	400	400	500	500	520	530	550

2.2.3. Injection Process

The PP / TBBPA / FRs granules were dried in an oven at 50°C for 3 hours before being injection molded. WPC granules were dried in an oven at 100 ± 5°C for 6 hours. The dried granules were molded injection machine (ARBURG 370 Allrounder-Loßburg, Germany). The injection start temperature was 40°C, back pressure 80 bar, screw rotation speed 35 m/min and injection speed 80 ccm/sec for all samples.

Table 4. Injection parameters

	Heat 1 (°C)	Heat 2 (°C)	Heat 3 (°C)	Heat 4 (°C)	Inj. nozzle temp. (°C)	Pack-hold Pressure (bar)
PP/TBBPA/FRs	170	170	170	160	170	600-550-500
WPC Samples	175	180	185	190	195	700-650-600

2.3. Flammability Properties

The UL94 test was performed in the UL94 test chamber (UL94 test chamber; Info Protech, Midrand, South Africa) at 23 ° C and 50% relative humidity to determine the flammability properties of the composite samples. Samples of 0.8 mm, 1.6 mm and 3.2 mm thickness of each material were placed vertically according to UL94 standard and samples were subjected to flame at 220 V, 50 Hz for 10 seconds at a certain angle. After the flame was withdrawn, the burning time of the samples and the dripping on the cotton under the sample were examined.

Figure 1. UL94 test



3. Results and Discussion

As a result of the UL94 test for PP / TBBPA / FRs samples, the samples were found to be non-flammable, but all were dripping and classified as V2. Cotton placed under the samples did not burn as a result of dripping. It was found that as sample thickness increased, burning time and dripping amount decreased. Although the flammability time of samples increased, this period did not exceed 30 seconds. It has been found that the amount of dripping increases and the burning time decreases with the increase of flame retardant ratio. It was determined that the burning times of WPC samples increased compared to PP / TBBPA / FRs samples and the amount of drops decreased. It was found that burning time increased and drip decreased with increasing wood flour in sample content. TBBPA additive has been proven to reduce viscosity and wood flour increase viscosity.

Table 5. UL94 values of samples

PP/TBBPA/FRs				
Sample No	UL94 0,8 mm	UL94 1,6 mm	UL94 3,2 mm	Drip
1	V2	V2	V2	√
2	V2	V2	V2	√
3	V2	V2	V2	√
4	V2	V2	V2	√
5	V2	V2	V2	√
6	V2	V2	V2	√
7	V2	V2	V2	√

WPC				
Sample No	UL94 0,8 mm	UL94 1,6 mm	UL94 3,2 mm	Drip
1	V2	V2	V2	√
2	V2	V2	V2	√
3	V2	V2	V2	√
4	V2	V2	V2	√
5	V2	V2	V2	√

4. Conclusion

Beech wood flour reinforced composite materials have been produced successfully. It was found that burning time increased and drip decreased with increasing wood flour in sample content. It was determined that the obtained WPC materials can be used in flooring applications and building exterior coating.

5. References

- [1] Saçak, M., *Polimer Teknolojisi*. Gazi Yayınevi, Ankara, 2005
- [2] Fowler, P., Hughes, J., Elias, R., Biocomposites: technology, environmental credentials and market forces. *J Sci Food Agric*, 86, 1781–1789, 2006
- [3] Hietala, M., *Extrusion Processing of Wood-Based Biocomposites*. Doktora Tezi, Luleå University of Technology, İsveç, 2013
- [4] Kozłowski, R., Władysław-Przybylak, M., Natural fibers as reinforcing materials for composites. *Textile Processing: State of the Art & Future Developments*, 4(3), 961-968, 2007

AN APPLICATION FOR CONTROLLING TELEVISION WITH VOICE COMMANDS

Emre Avuçlu^{1*}, Ayhan Özçifci², Abdullah Elen³

¹ Aksaray University, Department of Computer Technology, Aksaray/TÜRKİYE

emreavuclu@aksaray.edu.tr

² Aksaray University, Department of Industrial Engineering, Aksaray/TÜRKİYE

ayhanozcifci@aksaray.edu.tr

³ Karabük University, Department of Computer Technology, Karabük /TÜRKİYE

aelen@karabuk.edu.tr

* Corresponding Author

Abstract

Using technology is an indispensable requirement in almost every stage of people's lives. Nowadays it is no longer possible to run some applications without technology. In this study, a sample study that can manage the change of television channel with voice commands was made. Our application has been developed to make it easy for people who cannot meet the need for watching television for any reason. The application was implemented in C # programming language. In order to manage the television with voice commands, firstly, voice recognition libraries were used. In the developed application, a total of 8 channel switching operations can be performed with voice commands. Voice commands can be issued from anywhere in the house where the shooting area is through the wireless headset. After the voice recognition process, digital data was sent to the television remote control by the role card control via the parallel port of the computer.

Key words: *Voice recognition, Television control, Easy life, Computerized control.*

1. Introduction

The use of technology has entered all areas of our lives today. People have continuously developed technology that will benefit some applications for their own benefit. Today it is very easy to control any application with computerized software. Nowadays, some arrangements are made with technology so that people can live more comfortably. We can see examples of this in every field. Test operations for quality control in a factory producing car rims, computerized control system performed in automation programs in any field of the industry, and computerized control operations in cases where it is difficult for people to enter and work. This makes it possible to obtain safe, fast and quality products. To facilitate the social life of people in studies in this field in the literature:

Different voice recognition algorithms were tested with voice commands using Matlab [1]. "On TV", "Off TV", "Volume Up", "Volume Down" and "Channel One" command set were tried [2]. The voice pattern was tested by establishing different algorithms on a telephone simulation [3]. In another study, a voice recognition based security system was developed [4]. A different system designed in Matlab Simulink is installed on the voice recognition card. Over 80% success was achieved in voice recognition on the letters "a", "e" and "i" [5]. In the simulation environment made on Matlab, it has achieved a successful recognition rate for 10 people and it has also been tried as a practice of music, speech and different voice recognition algorithms [6-8]. In similar studies; Hidden markov model 2007 voice recognition card using the artificial hand design that made 40 commands to perform successful work was achieved. However, the numbers developed between the system 0-9 are first detected by the simultaneous voice detection system and then voice processing techniques are used [9-11]. In a research about the voice recognition system, 5 different emotions of 30 people were tried to be detected in calls made to the call center and 70% success was achieved [12]. In the study named "Microprocessor Based Voice Recognition System Realization", two commands processed using the PIC18F452 microprocessor are compared with the voice command coming from outside the system. The success rate was 67.5% in the system, which can perform simultaneous comparison without registration [13]. In the study "Operation of a Radio Controlled Car by Voice Commands", the remote controlled car was controlled by voice commands [14].

In this study; The role card installed in the parallel port of the computer was control. The relay card closes as a result of the voice command match and activates the button of the control channel connected to it and the channel change is performed.

2. Materials and Methods

The design of the application made in this study consists of certain stages. From the recognition of voice commands to the change of the television channel, a number of operations are carried out. The general description of these procedures is shown in Figure 1 below.

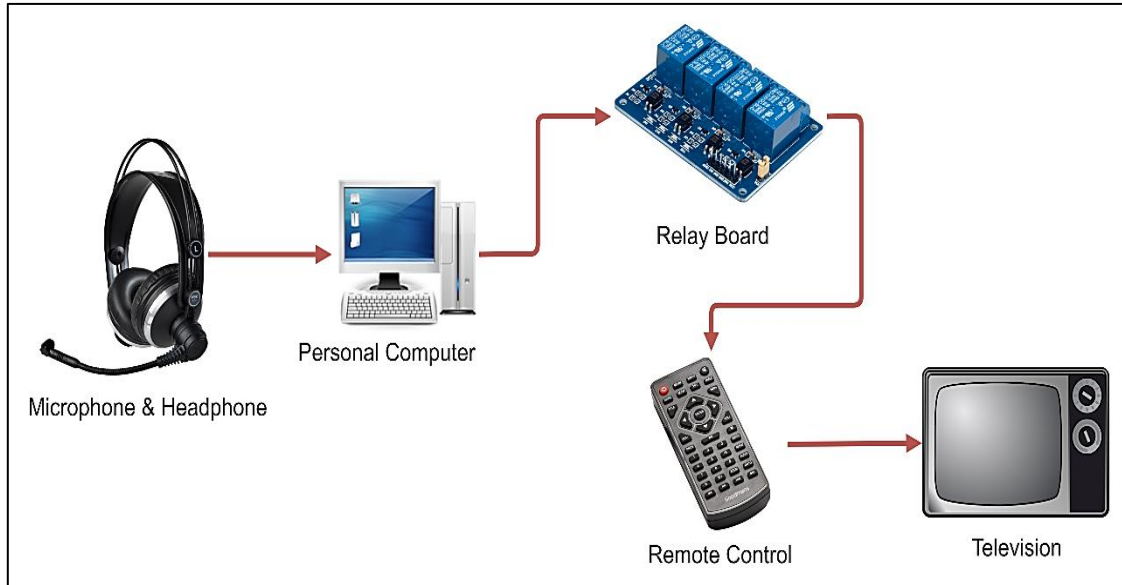


Figure 1. General structure of the system

The application made in this study is programmed with C # programming language. It is possible to control not only channels but also different parameters related to television with voice commands. The following libraries should first be added to the system for voice recognition.

```
using System.Diagnostics;
private SpeechLib.SpSharedRecoContext objRecoContext = null;
private SpeechLib.ISpeechRecoGrammar grammar = null;
private SpeechLib.ISpeechGrammarRule menuRule = null;
```

The flow diagram of the developed application is as shown in Figure 2.

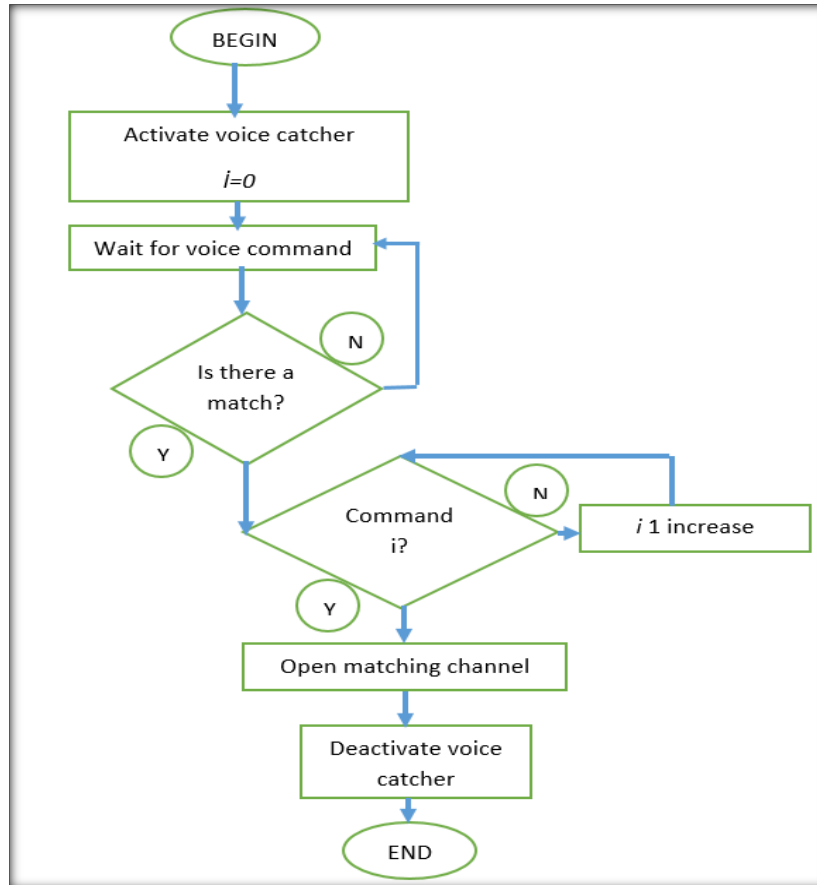


Figure 2. Flow diagram of the application

In our application, the relay circuit connected to our parallel port is as shown in Figure 3 below. Thanks to this card, the codes that detect the voice command coming to the computer activate the relays and turn on the channel connected to it. As a result, triggering is required for the user to change channels without contact with the controller.



Figure 3. Relay control board

In this application, parallel port bus is used to control the remote control. The pin structure of the parallel port is as shown in Figure 4 below. The D0-D7 terminals of the parallel port are used for data transfer as in this application.

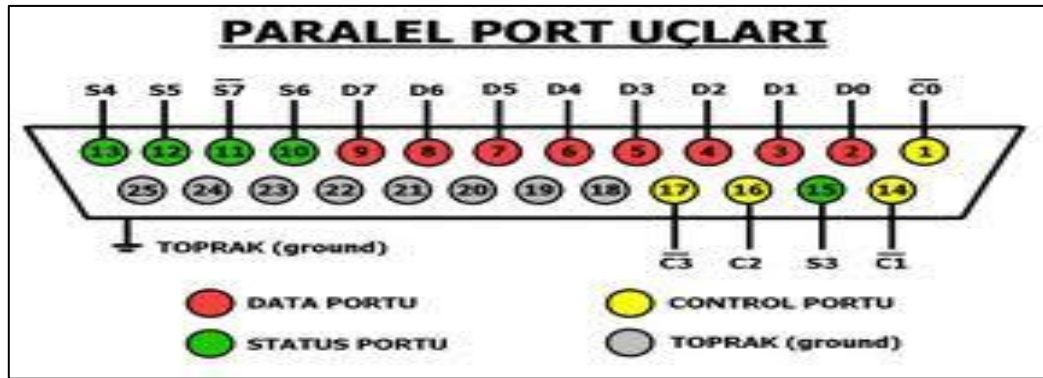


Figure 4. Parallel port connectors

In order to communicate through parallel port, we need to import the `inpout32.dll` file into the system. The code block of the `portletname` class written to communicate over the port is as follows.

```
using System;
using System.Runtime.InteropServices;
namespace project
{
    class portCommunication
    {
        [DllImport("inpout32.dll", EntryPoint = "Out32")]
        public static extern void Output(int adres, int value);
    }
}
```

After verifying the voice command to the relay circuit connected to the parallel port after the necessary definitions, the data transmission process is executed with the following code block.

```
reco.Text = Result.PhraseInfo.GetText(0, -1, true);
if (reco.Text == "one")
{
    portCommunication.Output(888, 2);
}
```

Where bit 2 is used to activate channel 1 on the controller. Bitwise data is sent via parallel port 888 when voice verification is performed. Thus, the relay connected to that bit is closed and channel change process is realized. The port numbers used to change channels are given in Table 1 below.

Table 1. Channel and data transmission addresses

Channel	Port address
Channel-1	portCommunication.Output(888, 2);
Channel-2	portCommunication.Output(888, 3);
Channel-3	portCommunication.Output(888, 4);
Channel-4	portCommunication.Output(888, 5);
Channel-5	portCommunication.Output(888, 6);
Channel-6	portCommunication.Output(888, 7);
Channel-7	portCommunication.Output(888, 8);
Channel-8	portCommunication.Output(888, 9);

The overall structure of the developed application is as shown in Figure 5 below. In this Figure the power transfer of the relay card and the remote control is done externally.

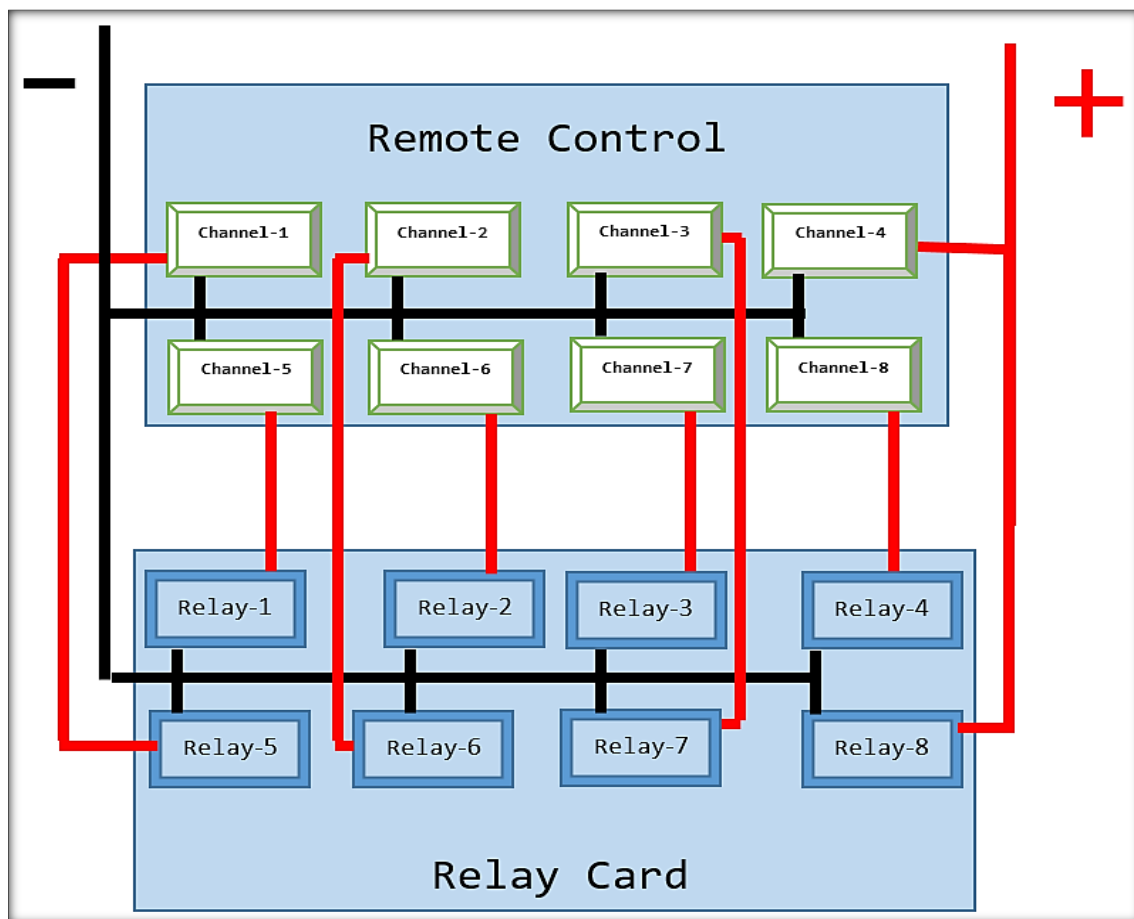


Figure 5. The general structure of the created connection

Referring to Figure 5 above, the remote control of the television of the relay card is connected to the common chassis. The positive end of each control button is connected to the positive output of a relay. When the correct voice command is received, the relay connected to it via the parallel port is closed. With the completion of the circuit diagram, the button of the controller is automatically pressed and the channel change takes place.

For each channel, voice recognition process is performed separately for the system. The voice commands assigned to the system for channel switching on the television are shown in Table 2 below.

Table 2. Channel switching commands

Voice command	Channel to be opened
One	Channel-1
Two	Channel-2
Three	Channel-3
Four	Channel-4
Five	Channel-5
Six	Channel-6
Seven	Channel-7
Eight	Channel-8

Channel change control was performed in our study. In addition these, the TV on / off operation can be added separately or connections can be added for the management of all other buttons.

3. Conclusions

In this study, the automatic activation of the buttons of the remote control by voice commands was realized. Voice commands can be sent from any point with a wireless or wired headset. 8 television channels were controlled by voice commands without contacting the television remote control. In addition, it will be possible for people with disabilities, elderly or bedridden patients to use television without being connected to their daily lives. The application developed in C # using Speech.dll library has been tested with different voice commands and it has been seen that it can successfully manage television.

Acknowledgements

This work was supported by the Aksaray University Scientific Research Projects Coordinatorship /Aksaray, Turkey. Project Number: 2018-061.

4. References

- [1]. Karakaş, M., "Computer Based Control Using Voice Input", Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 2010.
- [2]. Muda, L., Begam, M., Elamvazuthi, I., "Voice Recognition Using Mel Frequency Cepstral Coefficient and Dynamic Time Warping Techniques", Journal of Computing, Vol 2, 2010.
- [3]. Baygün, M.K., Yaldır, A.K., "Linear Predictive Coding ve Dynamic Time Warping Teknikleri Kullanılarak Ses Tanıma Sistemi Geliştirilmesi", Pamukkale Üniversitesi, 2009.
- [4]. Bala, A., Kumar, A., Birla, N., "Voice Command Recognition System Based on MFCC and DTW", International Journal of Engineering Science and Technology, Cilt 2, 7335-7342, 2010.
- [5]. Öztürk, B., Çakar, T., Gerçek Zamanlı Ses Tanıma, Bitirme Projesi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik/Elektronik Mühendisliği Bölümü, 2007.
- [6]. Dede, G., Sazlı, M.H., "Biyometrik Sistemlerin Örüntü Tanıma Perspektifinden İncelenmesi ve Ses Tanıma Modülü Simülasyonu", Savunma Bilimleri Enstitüsü.
- [7]. Bolat, B., Küçük, Ü., Yıldırım, T., "Aktif Öğrenen PNN ile Konuşma/Müzik Sınıflandırma", Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu, 2004.
- [8]. Meral, O., Doğrusal Öngörülü Kodlama ve Adaptif Algoritma Tabanlı Konuşmacı Tanıma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [9]. Asyalı, M.H., Yılmaz, M., Tokmakçı, M., Sedef, K., Aksebzeci, B.H., Mittal, R., "Design and Implementation of a Voice Controlled Prosthetic Hand", Turk J. Elec. Eng. and Comp., Vol.19, No.1, 2011.
- [10]. Babui, G., Kumar, H., Vanathi, P.T., "Performance Analysis of Hybrid Robust Automatic Speech Recognition System", IEEE 978-1-46731318-6, 2012.
- [11]. Abushariah, A.A.M., Gunawan, T.S., Khalifa, O.O., "English Digits Speech Based on Hidden Markov Models", International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE 2010), 2010.
- [12]. Petrushin, V.A., "Emotion in Speech Recognition and Application to Call Centers", Andersen Consulting, 2000.
- [13]. Öztürk, N., Ünözkan, U., "Microprocessor Based Voice Recognition System Realization", IEEE 978-1-4244-6904-8/10, 2010.

- [14].P. Leechor, C. Pornpanomchai, P. Sukklay, “Operation of a Radio Controlled Car by Voice Commands”, 2010 2nd International Conference on Mechanica and Electronics Engineering (ICMEE 2010), 2010.

HAVACILIK SEKTÖRÜNDE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ İÇİN PATENT VERİ TABANI ANALİZİ – MAKİNE ÖĞRENMESİ VE GÖRÜNTÜ İŞLEME

Ercan Onur Sever^{1*}, Muhammet Sürmeli¹, Beste Sezen¹, Simge Ünlüsoy¹, Hakan Öztürkmen¹

¹ TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü Patent Mühendisliği

ercanonur.sever@tai.com.tr, muhammet.surmeli@tai.com.tr, beste.sezen@tai.com.tr, simge.unlusoy@tai.com.tr, hakan.ozturkmen@tai.com.tr

* Sorumlu Yazar

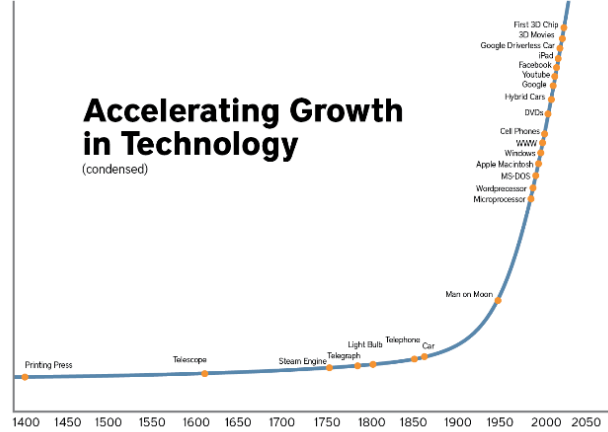
Özet

Teknolojik gelişmelerin hız kazanması ile bu teknolojik yenilikleri patent başvuruları üzerinden takip edebilmek, çağı yakalamak adına oldukça önem kazanmıştır. Otonomi, artırılmış gerçeklik, nesnelerin interneti, yapay zekâ, büyük veri ve ileri üretim teknolojileri, Endüstri 4.0'da öne çıkan teknolojiler arasındadır. Bu teknolojilerden yapay zekâ başlığı altında olan “Makine Öğrenmesi” teknolojisi, bilgisayarın / makinenin belirli bir program talimatlarını harfi harfine takip etmek yerine örnek veri ile eğitilen bir algoritma ile istenen tahminleri yapması ve kararları gerçekleştirmesi için kurulan bir modeli ifade eder. “Görüntü İşleme” teknolojisi ise dijital ortamdaki bir görselden yapılan işe göre faydalı bilgilerin elde edilmesi için uygulanan metotları kapsamaktadır. Bu çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 ile birlikte havacılık sektöründe üretim süreçlerinde kullanılan “Makine Öğrenmesi” ve “Görüntü İşleme” teknolojilerini incelemek ve üretime yönelik güncel uygulamaları ortaya koymaktır.

Anahtar Kelimeler: Patent Analizi, Havacılık, Üretim, Makine Öğrenmesi, Görüntü İşleme

1. Giriş

Teknolojik gelişmelerin hız kazanması (Şekil 1) ile bu teknolojik yenilikleri patent başvuruları üzerinden takip edebilmek, günümüzde kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. 30 yıl öncesine kadar bir teknolojinin yenilenmesi uzun yıllar alırken, günümüzde bu yenilenme 1-2 sene, bazen daha da kısa sürmektedir. Durum böyle olunca, gelişen teknolojilerin detayını tersine mühendislik yerine patent dokümanları üzerinden öğrenmek oldukça zaman kazandıran bir strateji olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 1: Teknolojide Hızlı Büyüme [1]

Çalışma kapsamında temel amaç, havacılık sanayiinde son yıllarda üretim alanında kullanılan teknolojileri belirlemek ve bu teknolojiler içinde odaklanılan kullanım alanlarını incelemektir.

İçinde bulunduğumuz dönemde öne çıkan teknolojiler; ürün ömür döngüsü boyunca tüm değer zincirinin düzenlenmesi ve kontrolünü sağlayan, değer zincirindeki tüm nesnelerin entegrasyonunu, kişi, nesne ve sistemlerin birbirine siber fiziksel ortamda bağlanmasını, bilgiye gerçek zamanlı ulaşılabilmesini ve elde edilen veriler kullanılarak en uygun değer akışının belirlenebilmesine imkân veren “Endüstri 4.0” kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Endüstri 4.0 dikey ve yatay değer zincirlerinin dijitalleşmesini, ürün ve servis taleplerinin dijitalleşmesini, müşteri ve altyükleniciler ile değer zincirinin entegrasyonunu kapsayan bir kavramdır. Otonomi, artırılmış gerçeklik, nesnelerin interneti, yapay zekâ, büyük veri ve ileri üretim teknolojileri Endüstri 4.0'da öne çıkan teknolojiler arasındadır. Bu teknolojilerden yapay zekâ başlığı altında olan “Makine Öğrenimi” teknolojisi, bilgisayarın / makinenin talimatlarını örnek veri ile eğitilen bir algoritma ile yerine getirmesini ve duruma en uygun doğru kararın alınmasını sağlar. , “Görüntü İşleme” teknolojisi ise dijital görüntü verisinden ihtiyaç doğrultusunda talep edilen faydalı bilgilerin elde edilmesine yönelik yöntemleri içerir.

Bu çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 ile birlikte havacılık sektöründe üretim süreçlerinde kullanılan “Makine Öğrenimi” ve “Görüntü İşleme” teknolojilerini incelemek ve üretime yönelik güncel uygulamaları ortaya koymaktır. Bu doğrultuda, havacılık sektöründe önde gelen firmaların son 3 yılda üretim ile ilgili yaptıkları patent başvuruları araştırılmış ve 74 patent başvurusu incelenmiştir. Bu kapsamda, tekniğin bilinen durumuna getirdiği yenilik ile dikkat çeken patent başvuruları belirlenmiş, ilgili patentlerin başvuru konusu, tekniğin bilinen durumu ve patentin getirdiği yenilik incelenmiştir. Çalışma esnasında araç olarak “Derwent Innovation Tool” kullanılmıştır.

2. Araştırma

2.1. Makine Öğrenmesi

Yapılan patent analizleri sonucu, belirtilen firmaların makine öğrenmesi kullanarak farklı üretim süreçlerinde iyileştirmelere yönelik başvurularının yoğunlukta olduğu belirlenmiştir.

Örneğin, üretim alanında çalışanların güvenliğini sağlamaya yönelik uygulamalar ile üretim sonrasında ürünlerin kalite kontrol aşamalarında makine öğrenmesi sistemlerinin kullanıldığı görülmüştür. Ek olarak, üretim sürecinde kullanılan sistemlerin denetlenmesi ve optimizasyonu için de kullanılmaktadır. Örneğin, üretimde kullanılan robot sistemlerinin farklı proselere göre gruplandırılması ve atanmış olduğu prosese özel komutlarının iletilmesi ve üretim öncesi belirlenen limit değerlerinin üretim sırasında iyileştirilmesine yönelik uygulamalar bulunmaktadır. Farklı müşteri ve görev ihtiyaçlarına göre konfigürasyon değişikliklerine hızlı adapte olabilen hava aracının konfigürasyonunu makine öğrenmesi kullanılarak yeniden yapılandırılan bir sistemin çalıştığı görülmüştür. Ürünün teslimatı sonrası sağlanan servis işlemlerinde yapılacak bakım, muayene ve iyileştirmelerin önceliklerinin belirlenip, tüm servis ömrü boyunca en uygun takvimsel düzenleme yapılması için makine öğrenmesinin kullanıldığı tespit edilmiştir.

Belirtilen konulara ek olarak makine öğrenmesi ile ilgili dikkat çekici patent başvuruları şu şekilde sıralanabilir;

- **US20170221015 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşei, Boeing firmasının, 2016 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım alanı: Üretim sonrası, servis isteklerinin gruplandırılması.

Kapsam: Üretici firmaların, karmaşık sistemler barındıran ürünlerini kullanan müşterilerine doğru ve hızlı servis sağlamalarını mümkün kılan bir çözümü içerir. İlgili patente, servis isteklerine hızlı ve kolay şekilde çözüm üretebilecek bilgisayar uygulamalı bir metot oluşturulmuştur. Buna göre, geliştirilen bilgisayar sistemi ile geçmiş dönemlerde oluşturulmuş olan servis talepleri ile yeni talepler kriterler ve uygulamalar açısından karşılaştırılmaktadır. Ortak olan talepler birbiriyle ilişkilendirilip daha yeni olan talebin öncekilerle senkronize edilmesiyle sıralamalar oluşturulmaktadır. Ek olarak geliştirilen sistemde, oluşturulan sıralamaya alternatif çözümler de sunulabilmektedir [2].

- **US20180210998 numaralı, Almanya menşei, Airbus firmasının, 2018 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım alanı: Makine öğrenmesi sistemi ile hava araçlarının farklı üretim konfigürasyonların oluşturulması.

Kapsam: Özellikle ticari havacılıkta müşteri taleplerine göre farklılaşan kabin içi tasarımları ve özelleşmiş sistemler nedeniyle üretimde kullanılan malzemelerin veya üretim işlemlerinin belirlenmesi fazla zaman almakta ve maliyeti de yüksek olmaktadır. Buluş kapsamında, uçakların yeniden konfigürasyonunu kolaylaştırmak için bir yöntem geliştirilmiştir. Mevcut uçak konfigürasyonu ve farklı görev parametreleri için sisteme yüklenen veriler kullanılarak, müşteri tarafından talep edilen konfigürasyon değişikliği hızlıca sistemde yapılabilir ve hatta farklı konfigürasyon alternatifleri de oluşturulabilir [3].

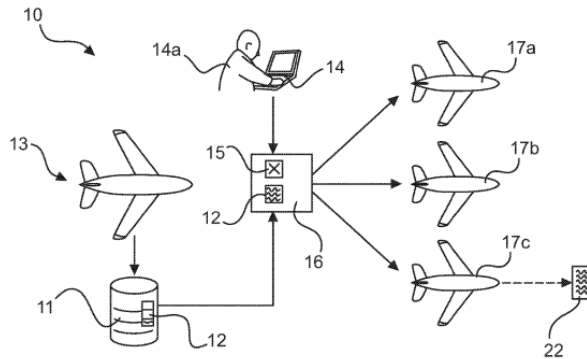


Fig. 1

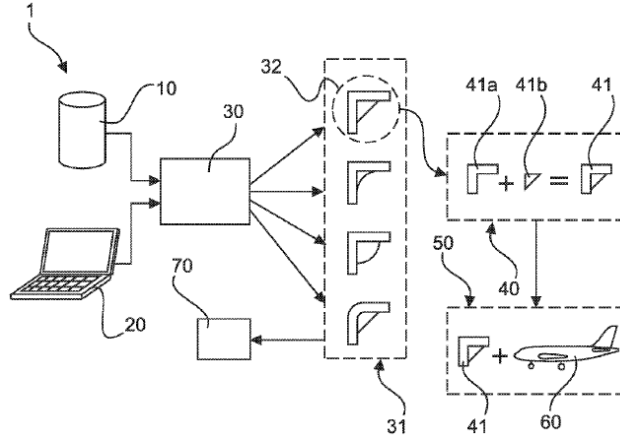
Şekil 2: US20180210998 numaralı patent başvurusu

- **US20180037339 numaralı, Almanya menşei Airbus firmasının 2017 yılına ait patenti:**

Kullanım Alanı: Havacılıkta kullanılan bileşen tasarımının kullanıcı girdilerine göre işlemci biriminde tasarlanması ve tasarlanan bileşenlerin optimizasyonu.

Kapsam: Tekniğin bilinen durumunda bileşenin tasarımı yapılır ve dış yük koşullarına göre bileşenin davranışı ve dayanıklılığı simülasyon ile değerlendirilir. Tasarım ve simülasyon yapıldıktan sonra parçanın şekli ve boyutları optimize edilir.

İlgili patentte farklı geometrideki bileşenlerin farklı yük karakteristiklerini ve tasarım prensiplerini içeren bir veri tabanına sahip olan bileşen tasarım sisteminden bahsedilmektedir. Bileşen tasarım sistemi kullanıcının spesifik olarak yük koşullarını girebileceği bir giriş modülüne sahiptir. İşlemci birimi tarafından kullanıcının girdiği spesifik yük koşullarına ve tasarım prensiplerine göre yeni bileşen tasarımı yapılır [4].



Şekil 3: US20180037339 numaralı patent başvurusu

- **US20190042675 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili, Boeing firmasının 2017 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Hava aracı parçalarının kalan ömür tespiti.

Kapsam: Tekniğin bilinen durumunda beklenen davranışı göstermeyen verilerdeki dalgalanmalar anormallikler tespit edilir. İstatistiksel makine öğrenimi modeli ve kümelenme analizi metodu zaman serisi verilerinde anormal ve şüpheli veriler tanımlar. Geleneksel makine öğrenim modelinde ve istatistiksel analizde geçmiş servis verileri kullanılarak anormal veriler tanımlanır. Bütün bu analiz metodları geniş parametre boşluklarına sahiptir ve uygulanabilmeleri için kullanıcı tarafından doğru ayarlama yapılması ve geçmiş verilerin sağlıklı muhafaza edilmesi gerekir.

Bahsedilen soruna çözüm olarak, ilgili patentte hava aracına sensör içeren bir sağlık takip sistemi dâhil edilir. Aracın ilgili sistemlerinin ve koşul göstergesi değerlerinin en az bir zaman serisi oluşturulur ve analiz modeli oluşturulur. Karakteristik araç sistemi normal koşullarda çalışırken sensörlerden en az bir zaman serisi verisi alınması ile oluşturulur. Analiz modeliyle durum göstergesi değerlerinin en az bir serisinden araç sisteminin önceden tanımlanmış sağlık göstergeleri ayıklanır. Analiz metodunda önceden belirlenen özelliklerin normal dağılımları temel alınarak araç sisteminin sağlık durumunun değerlendirilmesi yapılır ve herhangi bir anomali tespit edilirse sistem uyarı verir [5].

- **EP3315961 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili Boeing firmasının, 2016 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Tahribatsız muayene yöntemlerinin iyileştirilmesi.

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, kompozit üretimi esnasında çatlakları tespit etmek için tahribatsız muayene yapılmaktadır. Ancak görsel muayene çatlakları tanımlayabilmesine rağmen, ölçme ya da karakter belirleme işlemlerini gerçekleştiremez. Bunun için ultrasonik muayene kullanılabilir, ancak o da malzemeye hasar verebilmekte, ayrıca masraflı olabilmekte ve zaman kaybına yol açabilmektedir.

Bahsedilen soruna patent ile sunulan çözüm şu şekildedir. Bu metod, hasarsız bir şekilde çatlakların karakterini belirler ve bu tespit edilen çatlakların kritikliğine, otomatik yapısal analiz yöntemleri ile karar verilir. B-scan ultrasonik veri, çatlakların otomatik optik ölçümü, kesit alanının geometrisi ve sonlu elemanlar analizinin birlikte kullanıldığı bir sistemdir. [6]

- **US20190070800 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili Boeing firmasının, 2019 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Otomatik fiber serme makinesi ile serim işlemi yapılırken makinenin izlediği yolun belirlenmesi.

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, otomatik fiber serme makinesi ile kompozit malzemelerin fiber serme işlemi yapılmaktadır. Fiber serimi yapılırken izlenen yola bağlı olarak bazı kısımlarda fazlalık oluşabilmekte ve çatlak benzeri olumsuz durumlar ile karşılaşabilmektedir.

Bahsedilen soruna sunulan çözüm şu şekildedir: Bahsedilen işlem yapılırken, parçadan gelen veriyi işleyen bilgisayar, serim sırasında izlenecek en iyi yolu belirler. İşlem, bu çıktıya göre gerçekleştirilerek hata oranını en aza indirmeye çalışır [7].

- **US20170200121 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili, Boeing firmasının 2017 yılına ait bir patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: İmalat sırasında değişiklik yönetimi.

Kapsam: Tekniğin bilinen durumuna göre, üretilecek ürünlerin gittikçe büyümesi ve karmaşıklaşması nedeniyle parçaların ve onların üretim proseslerinin yakından takibi zorlaşmaktadır. Ek olarak, tasarım mühendisleri, üretim mühendisleri ve üretimdeki teknisyenler arasındaki iletişim kopukluğu nedeniyle bu takip işlemi zaman ve enerji kaybına neden olmaktadır.

Bahsedilen soruna ilgili patent ile sunulan çözüm şu şekildedir. “Manufacturing Process Management (MPM)” bilgisayar programında mühendislik malzeme listesi (E-BOM) ve üretim malzeme listesi (M-BOM) verileri tutulur. Üretim sırasında M-BOM ile ilgili bir değişiklik talebi aldığında sistemde bulunan E-BOM ile değişikliğin örtüşüp örtüşmediği karşılaştırılır. Eşleşme olursa ilgili M-BOM’daki değişiklik uygulanır. Eğer eşleşme olmazsa imalat değişikliği önlenir ve bir rapor oluşturularak kullanıcıya sunulur [8].

- **US20180365216 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili Boeing firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Elektronik dokümanlardaki terimlerin veri madenciliği ile tespiti ve hataların düzeltilmesi.

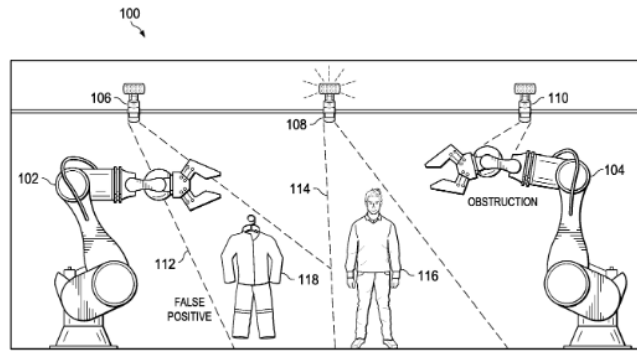
Kapsam: Doküman da bahsedilen tekniğin durumuna göre, havayolu endüstrisi, bir uçağın veya diğer mamul bir ürünün ön üretimi, üretimi ve post-üretimi sırasında mühendislik faaliyetlerini ve endüstriyel robotların mühendislik faaliyetlerini desteklemek için personel tarafından girilen veri kayıtlarına güvenmektedir. Veri kayıtları, yazım hatalarını, kelimeler arası hatalı boşlukları, kelimeler arası boşluk eksikliğini veya diğer yazım hatalarını içerebilir.

Bahsedilen soruna sunulan çözüm şu şekildedir, herhangi bir kullanıcı girdisinden parça adlarını çıkarmak için etki alanı bilgisi, dil bilgisi, makine öğrenimi ve istatistiksel çıkarımın benzersiz bir kombinasyonu ile problem ele alınır [10].

- **EP3275604 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşeli Boeing firmasının, 2016 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Makine etrafındaki insanın varlığını tespit eden ve uyarılar yayımlayan sistemler

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin durumuna göre, endüstriyel robotların büyüklüğü, karmaşıklığı ve hızı nedeniyle ek güvenlik sistemleri istenmektedir. Bahsedilen soruna sunulan çözüm şu şekildedir, Sistem, insan iskelet pozisyonlarını insan olmayan nesne pozisyonlarından ayıracak şekilde yapılandırılmış bir sensör sistemi içerir. Sensör sistemi ayrıca, bir veya daha fazla insanın çevreye ilişkin sınırlı bir alanda bulunup bulunmadığını belirlemek üzere yapılandırılmıştır. Sistem ayrıca bir bilgisayar içerir. Sistem, konuyu uyarmanın yanı sıra, çalışanların kendilerini makinelerden uzak tutmayı ya da makine çalıştırma konusunda daha iyi hareketler öğrenmelerini sağlayan geri bildirim mekanizması olarak da işlev görür. Ek olarak, sistemin kendisi de öğrendiği için geribildirim her iki yönde çalışır. Özellikle, sistem hareketleri, yakınlıkları ve çevresindeki nesnelere ile ilgili makine öğrenimini kullanabilir. Böylece, sistem güvenli olarak düşünülebilecek yeni hareketler belirleyebilir. Sonuçta, bu hareketler güvenli bir çalışma ortamı yaratırken insan veya muhtemelen üretim ortamındaki diğer makinelerin zarar görmesini veya zarar görmesini önleyecektir [11].



Şekil 4: EP3275604 numaralı patent başvurusu

2.2. Görüntü İşleme

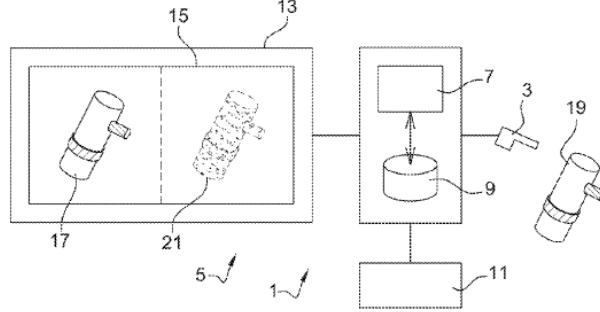
Firma bazında yapılan patent veri tabanı analizi ile görüntü işleme için incelenen patent başvurularının üretim, montaj ve bakım süreçlerinde görüntü işleme yapılarak üretilen parçanın uygunluğunun tespit edilmesine yönelik oldukları görülmüştür. Örnek olarak fiber serimi sırasında bir tarayıcıdan görüntü alınarak kusurlu serim yapıldığında bilgi veren, zaman ve hammadde kaybının önüne geçilmesini sağlayan bir patent başvurusu incelenmiştir. Görüntü işleme ile ilgili diğer patentler, görüntü işleme sürecinde iyileştirme yapmaya yönelik olup nokta bulutunun yoğunluğunun artırımı ile daha hassas tespit yapmaya ve 2 boyutlu çizim dosyalarından 3 boyutlu nesne oluşturularak üretimden önce parçanın ön görünümünü sağlamaya yöneliktir. Görüntü işleme ile sanal ortama alınan parçaların görüntüleri üzerinde yapılan değişiklikler ise üretim sonrası süreçlerde parçaların test edilmesi, montajı, boyanması ve bakımı gibi endüstri 4.0 ile alakalı diğer üretim süreçleri ile birleştirilmiştir. Görüntü işleme ile ilgili olarak dikkat çeken patent başvuruları şöyledir;

- **EP3362922 numaralı, Fransa menseili Airbus firmasının 2018 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Hava araçlarında kullanılan bileşenlerin yeni varyantları oluşturulurken yaşanan yerleşim problemi.

Kapsam: Tekniğin bilinen durumunda parçanın 3 boyutlu modelinde yeni varyanta yönelik yerleşim tasarımı yapılır. Ancak 3D modelde sıkıntı olmamasına rağmen, gerçek parçanın yerleşimi sırasında uyumsuzluklar ve çakışmalar oluşabilir.

Dokümanda bahsedilen sorunun çözümü için uçakta mevcut olan parçanın 3 boyutlu görüntüsü taranır ve 3 boyutlu nokta bulutu oluşturulur ve nokta bulutu ile dijital simülasyon arasındaki nokta kümeleri değerlendirilir [12].



Şekil 5: EP3362922 numaralı patent başvurusu

- **EP3396484 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili Boeing firmasının 2017 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Otomatik fiber serme makinası ile üretilen parçanın tahribatsız muayenesi. Aynı zamanda makine öğrenme de içerir.

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, otomatik fiber serimi işleminin ardından manuel olarak herhangi bir hata olup olmadığının muayenesi yapılır. Reçine birikmesi, fiber katlanması benzeri durumlar oluşabilir. Bunları manuel olarak tespit etmek zaman kaybına yol açmakta ve ulaşılamayan noktalar olduğunda zorluk yaşanmaktadır. Ayrıca, çok büyük parçalarda, muayene için parçanın üzerine çıkılması, parçada yeni hatalara sebep olabilir.

Bahsedilen soruna sunulan çözüm şu şekildedir: Muayene, otomatik fiber serim cihazına yerleştirilen kamera ile serim sırasında ve sonrasında görsel veriler kaydedilerek yapılır. Alınan görseller bir bilgisayar sistemiyle işlenerek hatalar belirlenir ve hatalara göre metroloji kararları verilir. Sürecin devamında, toplanan veriler ile sistem kendi kendini iyileştirebilir [13].

- **US20170350764 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili Boeing firmasının 2017 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Henüz kürleştirilmemiş kompozit malzemelerde kusur tespit etmeye yarayan bir yöntem. Aynı zamanda makine öğrenmesi yöntemi de içerir.

Kapsam: Bahsedilen yöntemin getirdiği yenilik şöyledir: Kompozit katmanına termal enerji gönderilerek katmanın termal görüntüsü alınır. Eldeki veriler ile işlem yapılan katmanın ısı karakteristiği karşılaştırılarak kusur tespiti yapılır. Kusur varsa işlem durdurulur ve kusur düzeltilir. Her katman için işlem devam eder [14].

- **EP3351370 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili, Boeing firmasının 2018 yılına ait bir patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Görüntü işleme kullanılarak kumaş serim hatalarının önlenmesi

Kapsam: Tekniğin bilinen durumuna göre: Bir kompozit parçanın üretiminde kumaş seriminde hatalar oluşmaktadır. Hatalı ürün üretilmesi maliyet kaybına ve proje takviminde gecikmelere neden olur.

Bu soruna çözüm olarak, el ile serim yapılması durumunda, kumaş parçaları kesilirlerken görüntüsü taranır ve kesilen kumaşların boyutları alınır. Bir sonraki katmanda kesimin bu parametreler kullanılarak doğru yapıp yapılmadığını tespit eden bir sistemden patente bahsedilmektedir [15].

- **EP3401875 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili, Boeing firmasının 2018 yılına ait bir patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Görüntü işleme kullanılarak 2D çizim dosyasının 3D modele çevrilmesi

Kapsam: Tekniğin bilinen durumuna göre: Uçak parçaları gibi mühendislik çizimleri 2D boyutlu çizilir. Bu çizimleri 3D baskıya dönüştürmek için dosyalar doğrudan dönüştürülemez. Bu süreç zaman ve maliyetleri artırabilir.

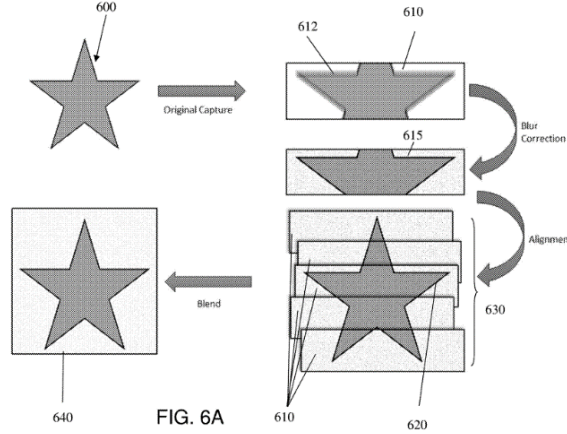
Bu soruna çözüm olarak: Parçaların bir ve daha fazla görünümünden görüntüler alınmaktadır. Alınan görüntüler kontur seviyesinde çok sayıda kısma bölünmektedir. Bu görüntüler, bir depolama ortamında tutulmaktadır. Parçaların 2D dosyası ile karşılaştırılıp 3D modele dönüşmesi sağlanmaktadır [16].

- **US20180330472 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili, Lockheed Martin Corporation firmasının 2018 yılına ait bir patent başvurusu:**

Kullanım alanı: Üretimde, konveyör bandı üzerinde ürün kontrolü amacıyla görüntü işleme kullanılması.

Kapsam: Hareketli konveyör bantlarında hata analizlerini belirlemek için kullanılan görüntü sistemlerinde kısa pozlama süresi ve kuvvetli ışıklandırma gerekmektedir. Ayrıca görüntüsü alınmak istenen hareketli nesnenin görüntüde titreme oluşturmaması için hızlı deklanşör kullanılarak hareketsiz durum sağlanabilir. Hat taramalarında kullanılan kameralarda, nesnenin görüntü üzerinde oluşturduğu titreme durumu düzeltilmez bu da son görüntüde ‘kırpma’ oluşmasına sebep olur. TDI hata tarama kameralarında ise nesnenin hareket yönü dışında oluşabilecek hareketlerinde son görüntüde karıncalanma oluşturması mümkündür.

Bu sorunlara istinaden, ilgili buluşta hesaplama cihazı ile bir görüntünün birden fazla kısmının tek bir dilimde yakalanması ile birden çok dilim yakalanarak, önceki dilimin görüntülerinin ortak kısımları ardışık bir dilim ile hizalanarak çoklu dilimlerin bir araya getirilmesi ve harmanlanması ile görüntü işleme iyileştirmesi amaçlanmıştır [17].



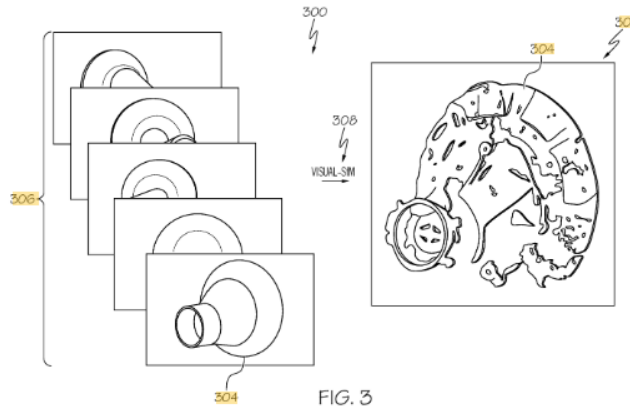
Şekil 6: US20180330472 numaralı patent başvurusu

- **US20180276793 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili Boeing firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Nesnenin üretilen yoğun 3D modelini kullanarak bir işlemin otonom performansı.

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin durumuna göre, Visual SFM çoğu zaman nesnelere üzerindeki aydınlatma gibi yetersiz özelliklerden dolayı nesnelere yeteri kadar saptayamamaktadır. 3D model eksik bilgi ya da verilerle oluşmaktadır.

Bahsedilen soruna sunulan çözüm şu şekildedir, sistem daha yoğun bir 3D nokta bulutu oluşturmak için eğrilik temelli numune alma (curvature-based upsampling) işlemini gerçekleştirir [18].



Şekil 7: US20180276793 numaralı patent başvurusu

- **US20180247157 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili Boeing firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Referans nesnenin doğrulanması için parmak izi oluşturulması yöntem ve sistemleri.

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin durumuna göre, geleneksel olarak, bir nesne, kendisini tanımlayan bir fiziksel etiket ile etiketlenebilir.

Bahsedilen soruna sunulan çözüm şu şekildedir, çok sayıda açıyla referans nesnesinin çok sayıda görüntüsü alınır, ışık-nötr görüntü üretilir, ışık-nötr görüntüye dayanarak referans nesne için bir referans parmak izi oluşturulur, aday parmak izi ve referans parmak izi karşılaştırılır. Bu doğrulama fiziksel olarak bir tabakaya etiket eklemek zorunda kalmadan yapılabilir [19].

3. Sonuç

Çalışma kapsamında havacılık sektöründe lider konumda olan Boeing, Airbus ve Lockheed Martin firmalarının makine öğrenmesi ve görüntü işleme teknolojilerine yönelik patent başvuruları incelenmiştir. İnceleme sonucunda, ilgili teknolojilerin havacılık sektöründe üretim süreçlerinde kullanılmaya başlandığı tespit edilmiştir. Makine öğrenmesinin, yoğunlukla, üretim öncesi, üretim ve üretim sonrası işlemlerde kullanılan sistemlerin denetlenmesi ve çalışmalarının iyileştirilmesi için; görüntü işlemenin ise üretim sonrası muayene işlemlerinin iyileştirilmesi için kullanıldığı saptanmıştır. Görüntü işleme, ayrıca, üretim sırasında oluşan hataların erken tespiti için kullanılarak hata ve kayıpların en aza indirgenmesini sağlamaktadır.

Konu üzerinde yapılan patent veri tabanı analizi ile ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilerek bu alanda Ar-Ge çalışmaları yapılmasının gerekip gerekmediği, bu konuların teknoloji yol haritasına alınıp alınmaması hususu araştırılmıştır. Söz konusu yapay zekâ uygulamalarının, üretimde insan faktörünü en aza indirgeyip endüstriyel verimliliği en iyileştirmek için kullanıldığı ve oldukça önemli olduğu anlaşılmaktadır. İlgili teknolojilere yönelik Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarının yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

4. Kaynakça

- [1]"Accelerating growth in technology 2017," Milford Asset, 08-Dec-2017. [Online]. Available: <https://milfordasset.com/insights/missing-xeros/accelerating-growth-in-technology-2017>.
- [2] P. G. June, B. Q. Yu, T. T. Nguyen, C. S. S. Chan, A. Danak, R. Jiang, "Method and Apparatus for Processing Service Requests", US Patent 20170221015, Jan. 29, 2016
- [3] J. Gonnsen, "Aircraft reconfigurator for reconfiguring an aircraft configuration", US Patent 20180210998, Mar. 21, 2018
- [4] J. Gonnsen, I. Bueno, "Component design system for generating aircraft component designs", Patent 20180037339, Oct. 13, 2017
- [5] C. E. Martin, T. Lu, S. D. Johnson, S. Slaughter, A. A. Murphy, C. R. Wezdenko, "System and method for remaining useful life determination", US Patent 20190042675, Aug. 7, 2017
- [6] G.E. Georgeson, J. P. Bingham, H. T. Hong, Y. Wu, J. M. Pryor, S. L. Fieni, M. D. Winters, K. T. Moore, J. C. Kennedy, C. M. Little, J. Z. Lin, "Wrinkle characterization and performance prediction for composite structures using ultrasonic and optical inspection", EP Patent 3315961, Oct. 31, 2016
- [7] A. W. Blom-Schieber, T. Winfree, "System and method for edge length differential measurement for fiber steering in automated fiber placement", US Patent 20190070800, Sep. 6, 2017
- [8] E. A. DiPippo, K. K. Hagberg, C. L. Carpenter, M. N. Jensen, A. J. Williams, "System and methods for managing changes to a product in a manufacturing environment including conversion of an engineering bill of material to a manufacturing bill of material", US Patent 20170200121, Jan. 8, 2016
- [9] E. A. DiPippo, K. K. Hagberg, C. L. Carpenter, M. N. Jensen, A. J. Williams, "System and methods for managing changes to a product in a manufacturing environment including a bill of material pre-processor", EP Patent 3190548, Jan. 08, 2016
- [10] A. Kao, N. B. Niraula, D.I I. Whyatt, "Text mining a dataset of electronic documents to discover terms of interest", US Patent 20180365216, Jun. 20, 2017
- [11] J. D. Whelan, M. H. Lewis, "Using human motion sensors to detect movement when in the vicinity of hydraulic robots", EP Patent 3275604, Jul. 28, 2016
- [12] J. Gonnsen, T. Thieme, "Component configurator for generating variants of a component to be installed on an aircraft", EP Patent 3362922, Oct. 12, 2016
- [13] J. L. Marcoe, J. W. Pan, "Process control of a composite fabrication process", EP Patent 3396484, Apr. 28, 2017
- [14] J. G. Thompson, G. E. Georgeson, "In-process monitoring, automated decision-making, and process control for composite manufacturing using part-referenced ply-by-ply infrared thermography and other non-contact non-destructive inspection", US Patent 20170350764, Aug. 24, 2017
- [15] C. E. Henry, J. R. Larkin, K. P. Larkin, H. H. Tat, Y. Wu, "Systems and methods for forming a composite part", EP Patent 3351370, Jan. 23, 2017
- [16] W. E. Wojczyk Jr., H. S. Subramania, R. D. Kalinowski, "Method and systems for part geometry extraction", EP Patent 3401875, May. 12, 2017
- [17] A. M. Elhage, M. Riess, "Slice scan imaging system and methods of use", US Patent 20180330472, Mar. 16, 2018
- [18] H. Kwon, K. Kim, H. Hoffmann, "Autonomous performance of an operation on an object using a generated dense 3d model of the object", US Patent 20180276793, Mar. 23, 2017

[19] Andrew Klimovski, Martin A. Szarski, “Methods and Systems for Generating a Fingerprint for Verification of a Reference Object” US Patent 20180247157, Apr. 30, 2018

DELTOHELICOIDAL SURFACES

Erhan Güler

Bartın University, Faculty of Science, Department of Mathematics

eguler@bartin.edu.tr

Abstract

The surface theory has been working by many mathematicians, and also geometers for hundreds of years. We meet nice papers and books for the theory in the literature. In this paper, we consider deltohelicoidal surface in Euclidean 3-space \mathbb{E}^3 . We show some basic notions of three dimensional Euclidean geometry. Moreover, constructing a helicoidal surface, we define deltohelicoidal surface, and compute its Gauss map, the Gaussian curvature and the mean curvature. Finally, we reveal some results of the Gaussian curvature and the mean curvature of the deltohelicoidal surface in the three dimensional Euclidean space \mathbb{E}^3 .

Keywords: *Euclidean 3-Space, Deltohelicoidal Surface, Gauss Map, Gaussian Curvature, Mean Curvature*

1. Introduction

The surface theory has been worked by many geometers. We meet nice books for the theory in the literature, such as Eisenhart [1], Forsyth [2], Gray et al. [3], Hacısalihoğlu [4,5], Nitsche [6], Spivak [7].

In this paper, we consider the deltohelicoidal surface in Euclidean 3-space. In Section 2, we show some basic notions of three dimensional Euclidean geometry. We define helicoidal surface in Section 3. We give deltohelicoidal surface, and compute its Gaussian curvature and the mean curvature in the last section.

2. Preliminaries

We consider a vector (a, b, c) with its transpose $(a, b, c)^t$, identially, in the rest of this work. We introduce the first and second fundamental forms, matrix of the shape operator S , Gaussian curvature K , and the mean curvature H of surface $\mathbf{M}=\mathbf{M}(u, v)$ in the three dimensional Euclidean space \mathbb{E}^3 .

Let \mathbf{M} be an isometric immersion of surface M^2 in \mathbb{E}^3 . The vector product of $\vec{x} = (x_1, x_2, x_3)$ and $\vec{y} = (y_1, y_2, y_3)$ on \mathbb{E}^3 is defined by

$$\vec{x} \times \vec{y} = \det \begin{pmatrix} e_1 & e_2 & e_3 \\ x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \end{pmatrix}.$$

For a surface \mathbf{M} in \mathbb{E}^3 , we have following results

$$\det I = \det \begin{pmatrix} E & F \\ F & G \end{pmatrix},$$

and

$$\det II = \det \begin{pmatrix} L & M \\ M & N \end{pmatrix},$$

where

$$\begin{aligned} E &= \mathbf{M}_u \cdot \mathbf{M}_u, & F &= \mathbf{M}_u \cdot \mathbf{M}_v, & G &= \mathbf{M}_v \cdot \mathbf{M}_v, \\ L &= \mathbf{M}_{uu} \cdot e, & M &= \mathbf{M}_{uv} \cdot e, & N &= \mathbf{M}_{vv} \cdot e, \end{aligned}$$

" \cdot " is Euclidean inner product, e is the Gauss map

$$e = \frac{\mathbf{M}_u \times \mathbf{M}_v}{\|\mathbf{M}_u \times \mathbf{M}_v\|}.$$

We compute

$$I^{-1} \cdot II,$$

and then it gives shape operator matrix S as follows

$$S = \frac{1}{\det I} \begin{pmatrix} GL - FM & GM - FN \\ EM - FL & EN - FM \end{pmatrix}.$$

Therefore, we get the following the Gaussian and the mean curvature formulas, respectively,

$$K = \det(\mathbf{S}) = \frac{LN - M^2}{EG - F^2}$$

and

$$H = \frac{1}{2} \text{tr}(\mathbf{S}) = \frac{EN + GL - 2FM}{2(EG - F^2)}.$$

A surface \mathbf{M} is flat if $K = 0$, and it is minimal if $H = 0$, identically.

3. Helicoidal Surface

Next, we give the rotational surface and helicoidal surface in \mathbb{E}^3 . For an open interval $I \subset \mathbb{R}$, let $\gamma : I \rightarrow \Pi$ be a curve, and let ℓ be a line in Π .

We define a rotational surface in \mathbb{E}^3 as a surface rotating a profile curve γ around an axis ℓ . While a profile curve rotates around the ℓ , it simultaneously displaces parallel lines orthogonal to the ℓ , so that the speed of displacement is proportional to the speed of rotation. Final surface is called the *helicoidal surface* with axis ℓ , and pitch $p \in \mathbb{R}^+$.

We assume that ℓ is the line spanned by the vector $(0,0,1)^t$. The orthogonal matrix which fixes the above vector is

$$Z(v) = \begin{pmatrix} \cos v & -\sin v & 0 \\ \sin v & \cos v & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

where $v \in \mathbb{R}$. The matrix Z can be found by solving the following equations, simultaneously,

$$Z\ell = \ell, \quad Z^t Z = Z Z^t = I_3, \quad \det Z = 1.$$

When the axis of rotation is ℓ , there is an Euclidean transformation by which the axis is ℓ transformed to the x_3 -axis of \mathbb{E}^3 . Profile curve is

$$\gamma(u) = (f(u), 0, h(u)),$$

where $f(u), h(u) : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ are differentiable functions for all $u \in I$.

So, a helicoidal surface spanned by the vector $(0,0,1)$ with pitch p , is as follows

$$\mathbf{H}(u, v) = Z(u)\gamma(u) + pv\ell^t,$$

where $u \in I, v \in [0, 2\pi)$.

Clearly, we write helicoidal surface as follows

$$\mathbf{H}(u, v) = \begin{pmatrix} f(u)\cos v \\ f(u)\sin v \\ h(u) + pv \end{pmatrix}.$$

When $p = 0$, helicoidal surface is transform to a *rotational surface*.

4. Deltohelicoidal Surface

In \mathbb{E}^3 , a *deltohelicoidal surface* (see Figure 1) which is spanned by the vector $(0,0,1)$ with pitch $b \in \mathbb{R}^+$, (see Figure 2 for $b = 0$) is defined by as follows:

$$\mathfrak{D}(u, v) = \begin{pmatrix} a[\cos(2u - v) + 2\cos(u + v)] \\ -a[\sin(2u - v) - 2\sin(u + v)] \\ \varphi(u) + bv \end{pmatrix},$$

where parametrization of the profile space curve is given by

$$\gamma(u) = (2a\cos u + a\cos 2u, 2a\sin u - a\sin 2u, \varphi(u)),$$

$\varphi : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ is differentiable function for all $u \in I, a, b \in \mathbb{R}$, and $v \in [0, 2\pi)$.

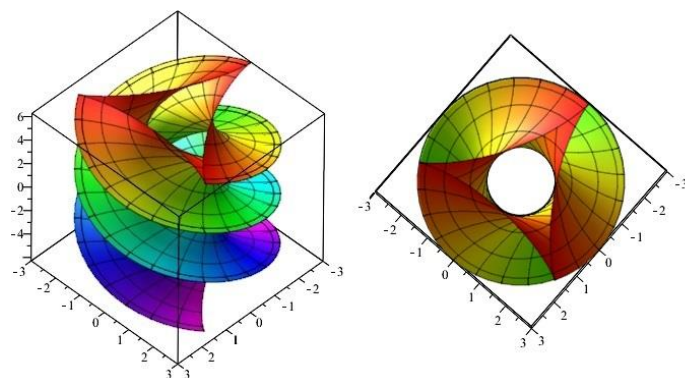


Figure 1. Left: Deltohelicoidal surface, Right: Its top view

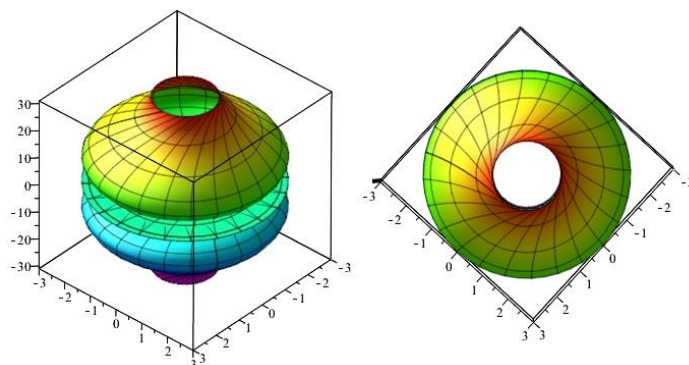


Figure 2. Left: Deltorotational surface, Right: Its top view

Using the first differentials of $\mathfrak{D}(u, v)$ with respect to u and v , we obtain the first quantities as follows

$$\begin{aligned} E &= -8a^2\lambda + \varphi'^2, \\ F &= -2a^2\lambda + b\varphi', \\ G &= a^2(4\beta + 1)\lambda + b^2, \end{aligned}$$

and then, we get

$$\det I = [(4\beta + 1)\varphi'^2 + 4b\lambda\varphi' + (9\beta + 2b^2)]a^2,$$

where

$$\begin{aligned} \lambda &= (\cos u - 1)(2\cos u + 1)^2, \\ \beta &= (\cos u + 1)(2\cos u - 1)^2. \end{aligned}$$

The Gauss map of surface is as follows

$$e_{\mathfrak{D}} = \frac{1}{\sqrt{\det I}} \begin{pmatrix} (e_{\mathfrak{D}})_1 \\ (e_{\mathfrak{D}})_2 \\ (e_{\mathfrak{D}})_3 \end{pmatrix},$$

where

$$\begin{aligned} (e_{\mathfrak{D}})_1 &= 2b(1 + \cos 2u)(\cos u \cos v + \sin u \sin v - \cos v) + \left\{ 2\cos^2 u \cos v - 2(\sin u \sin v - \cos v) \cos u \right\} \varphi', \\ &\quad + 2\sin u \sin v + \cos v \\ (e_{\mathfrak{D}})_2 &= -2b(1 + \cos 2u)(\cos u \sin v - \sin u \cos v - \sin v) + \left\{ -2\cos^2 u \sin v + 2(\sin u \cos v - \sin v) \cos u \right\} \varphi', \\ &\quad - 2\sin u \cos v + \sin v \\ (e_{\mathfrak{D}})_3 &= -6a(2\cos u - 1)(1 + \cos 2u). \end{aligned}$$

Finally, the mean curvature of the deltohelicoidal surface is as follows

$$H = \frac{\eta_1\varphi'' + \eta_2\varphi'^3 + \eta_3\varphi'^2 + \eta_4\varphi' + \eta_5}{2(\det I)^{3/2}},$$

where

$$\begin{aligned}\eta_1 &= 6(2\cos u - 1)(2\cos u + 1)[a^2\{4(\cos u + 1)(2\cos u - 1)^2 + 1\} + b^2]\sin u, \\ \eta_2 &= -a[4(\cos u + 1)(2\cos u - 1)^2 + 1], \\ \eta_3 &= -6ab(\cos u - 1)(2\cos u + 1)^2, \\ \eta_4 &= a^2(4\cos^2 u - 3)[20(4\cos^2 u - 3)(a - 1)\cos u - 4a - 41]\cos u \\ &\quad - 2b^2[-4(8a - 5)\cos^2 u + 24a - 15]\cos u - 8[(2a + 1)b^2 + (4a + 5)a^2], \\ \eta_5 &= -4b(\cos u - 1)(2\cos u + 1)^2[4a^2(4\cos^2 u - 3)(a - 1)\cos u - 4a^3 - 5a^2 - b^2],\end{aligned}$$

and the Gaussian curvature of the deltohelical surface is as follows

$$K = \frac{\theta_1\varphi'\varphi'' + \theta_2\varphi'' + \theta_3\varphi'^2 + \theta_4\varphi' + \theta_5}{(\det I)^2},$$

where

$$\begin{aligned}\theta_1 &= -6(2\cos u + 1)(2\cos u - 1)(4\beta + 1)\sin u, \\ \theta_2 &= -12b\lambda(2\cos u - 1)(2\cos u + 1)\sin u, \\ \theta_3 &= 18(2\beta - 1)(2\cos u + 1)\cos u, \\ \theta_4 &= 36b\lambda^2, \\ \theta_5 &= -72b^2\lambda^2.\end{aligned}$$

Corollary 1. Let $\mathcal{D} : M^2 \rightarrow \mathbb{E}^3$ be an immersion given by $\mathcal{D}(u, v)$. M^2 is minimal iff

$$\eta_1\varphi'' + \eta_2\varphi'^3 + \eta_3\varphi'^2 + \eta_4\varphi' + \eta_5 = 0.$$

Corollary 2. Let $\mathcal{D} : M^2 \rightarrow \mathbb{E}^3$ be an immersion given by $\mathcal{D}(u, v)$. M^2 is flat iff

$$\theta_1\varphi'\varphi'' + \theta_2\varphi'' + \theta_3\varphi'^2 + \theta_4\varphi' + \theta_5 = 0.$$

Corollary 3. Let $\mathcal{D} : M^2 \rightarrow \mathbb{E}^3$ be an immersion given by $\mathcal{D}(u, v)$. M^2 has Weingarten relation as follows

$$\begin{aligned}0 &= \alpha^3[(4\beta + 1)\varphi'^2 + 4\beta\lambda\varphi' + (9\beta + 2b^2)]^{3/2} \\ &\quad \cdot (\eta_1\varphi'' + \eta_2\varphi'^3 + \eta_3\varphi'^2 + \eta_4\varphi' + \eta_5)K \\ &\quad - 2(\theta_1\varphi'\varphi'' + \theta_2\varphi'' + \theta_3\varphi'^2 + \theta_4\varphi' + \theta_5)H.\end{aligned}$$

5. References

- [1] Eisenhart, L.P., *A Treatise on the Differential Geometry of Curves and Surfaces*. Dover Publications, N.Y. 1909.
- [2] Forsyth, A.R., *Lectures on the Differential Geometry of Curves and Surfaces*, Cambridge Un. press, 2nd ed. 1920.
- [3] Gray, A., Salamon, S. and Abbena, E., *Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica*, Third ed. Chapman & Hall/CRC Press, Boca Raton, 2006.
- [4] Hacısalihoğlu, H.H., *Diferensiyel Geometri I*. Ankara Ün., Ankara, 1982.
- [5] Hacısalihoğlu, H.H., *2 ve 3 Boyutlu Uzaylarda Analitik Geometri*. Ertem Basım, Ankara, 2013.
- [6] Nitsche, J.C.C., *Lectures on Minimal Surfaces. Vol. 1. Introduction, Fundamentals, Geometry and Basic Boundary Value Problems*. Cambridge Un. Press, Cambridge, 1989.
- [7] Spivak, M., *A Comprehensive Introduction to Differential Geometry*, Vol. IV. Third edition. Publish or Perish, Inc., Houston, Texas, 1999.

CARDIOHELICOIDAL SURFACES

Erhan Güler

Bartın University, Faculty of Science, Department of Mathematics

eguler@bartin.edu.tr

Abstract

Geometers have been working the curve theory and the surface theory for hundreds of years. We see good works for the theories in the literature. In this work, we introduce cardiohelicoidal surface in the three dimensional Euclidean space \mathbb{E}^3 . We indicate basic notions of Euclidean geometry. Then, stating a helicoidal surface, we obtain cardiohelicoidal surface, and calculate its Gauss map, the Gaussian curvature and the mean curvature. In the end, we find some corollaries of the Gaussian curvature and the mean curvature of the cardiohelicoidal surface in \mathbb{E}^3 .

Key Words: *Euclidean 3-Space, Cardiohelicoidal Surface, Gauss Map, Gaussian Curvature, Mean Curvature*

1. Introduction

In this work, we introduce the cardiohelicoidal surface in Euclidean 3-space \mathbb{E}^3 . See some books Forsyth [1], Gray et al. [2], Hacısalihoğlu [3,4], Nitsche [5], Spivak [6] for cardioid curve and helicoidal surface.

We show some basic notions of three dimensional Euclidean geometry in this Section. We define helicoidal surface in Section 2. Finally, we give cardiohelicoidal surface, and compute its Gaussian curvature and the mean curvature in the last section.

Throughout the paper, we identify a vector (a, b, c) with its transpose. We consider the first and second fundamental forms, matrix of the shape operator \mathbf{S} , Gaussian curvature K , and the mean curvature H of surface $\mathbf{M}=\mathbf{M}(u, v)$ in Euclidean 3-space.

Let \mathbf{M} be an isometric immersion of surface M^2 in \mathbb{E}^3 . The inner product and the vector product of $\vec{x} = (x_1, x_2, x_3)$, $\vec{y} = (y_1, y_2, y_3)$ on \mathbb{E}^3 are defined by as follows, respectively,

$$\vec{x} \cdot \vec{y} = x_1y_1 + x_2y_2 + x_3y_3$$

and

$$\vec{x} \times \vec{y} = (x_2y_3 - x_3y_2, -x_1y_3 + x_3y_1, x_1y_2 - x_2y_1).$$

For a surface \mathbf{M} in the three dimensional Euclidean space, with the first and the second fundamental coefficients

$$\begin{aligned} E &= \mathbf{M}_u \cdot \mathbf{M}_u, & F &= \mathbf{M}_u \cdot \mathbf{M}_v, & G &= \mathbf{M}_v \cdot \mathbf{M}_v, \\ L &= \mathbf{M}_{uu} \cdot e, & M &= \mathbf{M}_{uv} \cdot e, & N &= \mathbf{M}_{vv} \cdot e, \end{aligned}$$

we know

$$\det I = \det \begin{pmatrix} E & F \\ F & G \end{pmatrix},$$

and

$$\det II = \det \begin{pmatrix} L & M \\ M & N \end{pmatrix},$$

where

$$e = \frac{\mathbf{M}_u \times \mathbf{M}_v}{\|\mathbf{M}_u \times \mathbf{M}_v\|}$$

is the Gauss map. Computing $I^{-1} \cdot II$, we get following shape operator matrix

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\det I} \begin{pmatrix} GL - FM & GM - FN \\ EM - FL & EN - FM \end{pmatrix}.$$

Hence, we have the following formulas of the Gaussian curvature and the mean curvature, respectively,

$$K = \det(\mathbf{S}) = \frac{LN - M^2}{EG - F^2}$$

and

$$H = \frac{1}{2} \text{tr}(\mathbf{S}) = \frac{EN + GL - 2FM}{2(EG - F^2)}.$$

A surface \mathbf{M} is flat if $K = 0$, and it is minimal if $H = 0$, identically.

2. Helicoidal Surface

We define the rotational surface and helicoidal surface in \mathbb{E}^3 . For an open interval $I \subset \mathbb{R}$, let $\gamma : I \rightarrow \Pi$ be a curve in a plane Π , and let ℓ be a straight line in Π .

A rotational surface in \mathbb{E}^3 is defined as a surface rotating a curve γ around a line ℓ (these are called the *profile curve* and the *axis*, respectively). Suppose that when a profile curve γ rotates around the axis ℓ , it simultaneously displaces parallel lines orthogonal to the axis ℓ , so that the speed of displacement is proportional to the speed of rotation. Then, resulting surface is called the *helicoidal surface* with axis ℓ and pitch $b \in \mathbb{R}^+$.

We may suppose that ℓ is the line spanned by the vector $(0,0,1)^t$. The orthogonal matrix is as follows

$$O(v) = \begin{pmatrix} \cos v & -\sin v & 0 \\ \sin v & \cos v & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad v \in \mathbb{R}.$$

The matrix O supplies following equations, simultaneously,

$$O\ell = \ell, \quad O^t O = O O^t = I_3, \quad \det O = 1.$$

When the axis of rotation is ℓ , there is an Euclidean transformation by which the axis is ℓ transformed to the x_3 -axis of 3-space. The profile curve is given by as follows

$$\gamma(u) = (f(u), 0, h(u)).$$

Here $f(u), h(u) : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ are differentiable functions for all $u \in I$.

Therefore, a helicoidal surface which is spanned by the vector $(0,0,1)$ with pitch b , is as follows

$$\mathbf{H}(u, v) = O(v)\gamma(u) + bv\ell^t,$$

where $u \in I, v \in [0, 2\pi)$.

More clear form of the helicoidal surface is as follows

$$\mathbf{H}(u, v) = (f(u)\cos v, f(u)\sin v, h(u) + pv).$$

If $b = 0$, the surface is just a *rotational surface*.

3. Cardiohelicoidal Surface

In \mathbb{E}^3 , a *cardiohelicoidal surface* (see Figure 1) which is spanned by the vector $(0,0,1)$ with pitch $b \in \mathbb{R}^+$, (see Figure 2 for $b = 0$) is defined by as follows:

$$\mathfrak{C}(u, v) = \begin{pmatrix} a[(1 - \cos u)\cos u \cos v - (1 - \sin u)\sin u \sin v] \\ a[(1 - \cos u)\cos u \sin v - (1 - \sin u)\sin u \cos v] \\ \varphi(u) + bv \end{pmatrix},$$

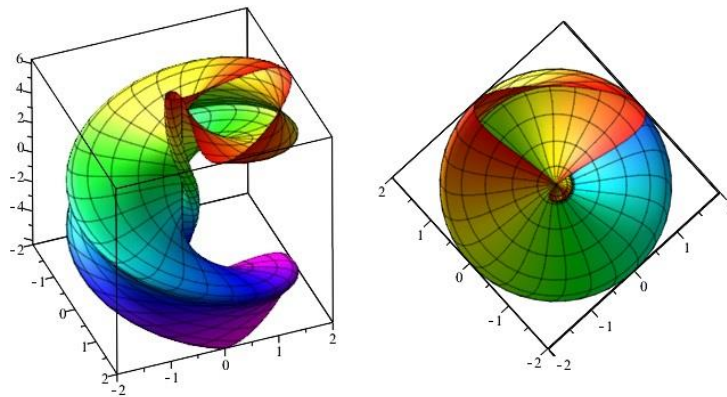


Figure 1. Left: Cardiohelicoidal surface, Right: Its top view

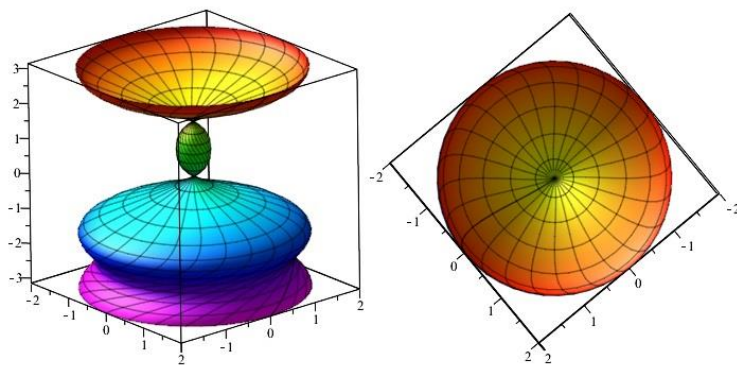


Figure 2. Left: Cardirotational surface, Right: Its top view

where profile space curve is given by

$$\gamma(u) = (a(1 - \cos u)\cos u, (1 - \sin u)\sin u, \varphi(u)),$$

$\varphi : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ is differentiable function for all $u \in I$, $a \in \mathbb{R}$, and $v \in [0, 2\pi)$.

Calculating the first differentials of $\mathfrak{C}(u, v)$ with respect to u and v , we have

$$\det I = A_1\varphi'^2 + A_2\varphi' + A_3,$$

where

$$\begin{aligned} A_1 &= 2a^2(\cos u - 1)[(\cos u + 1)\{(\cos u - 1)\cos u + \sin u\} - 1], \\ A_2 &= 2a^2b(\cos u - 1)[-(\cos u + 1)\cos u + (\cos u - 1)\sin u + 1], \\ A_3 &= -a^4 \left\{ \begin{aligned} &4(2\cos u - 1)(-2\cos u + 2\cos^2 u - 3)\cos u \\ &+ 6[(4\cos u - 3)\cos u - 2]\sin u + 13 \end{aligned} \right\} \cos^2 u (\cos u - 1)(\cos u + 1) \\ &\quad + 4b^2[(\cos u - 1)(2\cos u - 1)(\cos u - 1) + \cos u \sin u]\cos u. \end{aligned}$$

The Gauss map of the cardirotational surface is as follows

$$e_{\mathfrak{C}} = \frac{1}{\sqrt{\det I}} \begin{pmatrix} (e_{\mathfrak{C}})_1 \\ (e_{\mathfrak{C}})_2 \\ (e_{\mathfrak{C}})_3 \end{pmatrix},$$

where

$$\begin{aligned} (e_{\mathfrak{C}})_1 &= [2(\sin v - \cos v)\sin u \cos u + (\cos u \cos v - \sin u \sin v)]b \\ &\quad + [(1 - \sin u)\sin u \sin v + (\cos u - 1)\cos u \cos v]\varphi', \\ (e_{\mathfrak{C}})_2 &= [-2(\sin v + \cos v)\sin u \cos u + (\sin u \cos v + \cos u \sin v)]b \\ &\quad + [(\sin u - 1)\sin u \cos v + (\cos u - 1)\cos u \sin v]\varphi', \\ (e_{\mathfrak{C}})_3 &= a[(4\cos u + 1)(1 - \cos u) - 3\sin u + 1]\sin u \cos u. \end{aligned}$$

After long calculations, we obtain the Gaussian curvature of the cardirotational surface as follows

$$K = \frac{\delta_1\varphi'\varphi'' + \delta_2\varphi'' + \delta_3\varphi'^2 + \delta_4\varphi' + \delta_5}{(\det I)^2},$$

where

$$\begin{aligned} \delta_1 &= -2CS(C - 1)(4C^5 - 3C^4 - 9C^3 - 4C^2 + 8C + 5) \\ &\quad + 2C(C - 1)^2(C + 1)(7C^3 + C^2 - 8C - 5), \\ \delta_2 &= bCS(2C^2 + 2C - 5)(2C^2 - 1)(C - 1) \\ &\quad + 2bC(C + 1)(C - 1)^2(2C^2 - 1)(2C - 5), \\ \delta_3 &= (16C^6 + 6C^5 - 36C^4 - 52C^3 + C^2 + 32C + 10)(C - 1)^2 \\ &\quad + 2(13C^5 + 4C^4 - 22C^3 - 13C^2 + 11C + 5)(C - 1)S, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_4 &= 2bS(10C^6 - 33C^5 + 17C^4 + 33C^3 - 33C^2 + C) \\ &\quad - b(20C^7 - 94C^5 + 71C^4 + 62C^3 - 71C^2 + 2C) + 10(S - 1), \\ \delta_5 &= b^2[4(-16C^8 + 16C^7 + 32C^6 - 33C^5) - (3S - 2) \\ &\quad - S(64C^6 - 36C^5 - 60C^4 + 36C^3 - 9C^2 - 6C) \\ &\quad - (30C^4 - 63C^3 + 34C^2 - 2C)],\end{aligned}$$

and $C := \cos u$, $S := \sin u$.

And then, we calculate the mean curvature as follows

$$H = \frac{\lambda_1 \varphi'' + \lambda_2 \varphi'^3 + \lambda_3 \varphi'^2 + \lambda_4 \varphi' + \lambda_5}{2(\det I)^{3/2}},$$

where $C := \cos u$, $S := \sin u$,

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= 2a^2[(7C^3 + C^2 - 8C - 5)(C^2 - 1) - (4C^5 - 3C^4 - 9C^3 - 4C^2 + 8C + 5)]C(C - 1) \\ &\quad + b^2[3(C^2 - 1) - (4C^2 - 3C - 2)S]C, \\ \lambda_2 &= 2(C - 1)(C^3 + (S - 1)C + S - 1), \\ \lambda_3 &= 3b[-C(C^2 - 2) + (S - 1) + CS(C - 2)], \\ \lambda_4 &= a^2[(-2C^7 - 10C^5 + 40C^4 - 10C^3 - 40C^2 - 6C) - 10(S - 1) + 2(C^6 - 8C^4 + 18C^2 - 6C)S] \\ &\quad + b^2[(-8C^4 + 3C^3 + 8C^2 - 6C + 5) - 3(C^2 + 1)S], \\ \lambda_5 &= a^2b[(-4C^6 - 4C^5 + 24C^4 - 10C^3 + 23C^2 - 11C - 5) + 10(S - 1)4(14C^6 - 8C^3 - 4C^2 + 6C + 5)S](C - 1) \\ &\quad + b^3[(2C^3 - 2(C^2 - 1)S - 1)].\end{aligned}$$

Corollary 1. We assume $\mathfrak{C} : M^2 \rightarrow \mathbb{E}^3$ be an immersion given by $\mathfrak{C}(u, v)$. So, M^2 is minimal iff

$$\lambda_1 \varphi'' + \lambda_2 \varphi'^3 + \lambda_3 \varphi'^2 + \lambda_4 \varphi' + \lambda_5 = 0.$$

Corollary 2. We assume $\mathfrak{C} : M^2 \rightarrow \mathbb{E}^3$ be an immersion given by $\mathfrak{C}(u, v)$. Hence, M^2 is flat iff

$$\delta_1 \varphi' \varphi'' + \delta_2 \varphi'' + \delta_3 \varphi'^2 + \delta_4 \varphi' + \delta_5 = 0.$$

Corollary 3. We assume $\mathfrak{C} : M^2 \rightarrow \mathbb{E}^3$ be an immersion given by $\mathfrak{C}(u, v)$. Therefore, M^2 has following Weingarten relation

$$a^3(\det I)^{3/2} \eta K - 2\theta H = 0,$$

where η and θ are the numerator functions of H and K , respectively.

4. References

- [1] Forsyth, A.R., *Lectures on the Differential Geometry of Curves and Surfaces*, Cambridge Un. press, 2nd ed. 1920.
- [2] Gray, A., Salamon, S. and Abbena, E., *Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica*, Third ed. Chapman & Hall/CRC Press, Boca Raton, 2006.
- [3] Hacısalihoğlu, H.H., *Diferensiyel Geometri I*. Ankara Ün., Ankara, 1982.
- [4] Hacısalihoğlu, H.H., *2 ve 3 Boyutlu Uzaylarda Analitik Geometri*. Ertem Basım, Ankara, 2013.
- [5] Nitsche, J.C.C., *Lectures on Minimal Surfaces. Vol. 1. Introduction, Fundamentals, Geometry and Basic Boundary Value Problems*. Cambridge Un. Press, Cambridge, 1989.
- [6] Spivak, M., *A Comprehensive Introduction to Differential Geometry*, Vol. IV. Third edition. Publish or Perish, Inc., Houston, Texas, 1999.

21. YÜZYIL DÜNYA FUARLARINDA TÜRKİYE ULUSAL PAVYONLARININ TEKNOLOJİ VE İNOVASYON KULLANIMI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Erinç Onbay^{1*}, Tülin Görgülü²

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE Mimarlık / Mimari Tasarım Doktora Programı

erinconbay@hotmail.com

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü / Bina Bilgisi ABD

tulingorgulu@gmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Dünya Fuarları (Expo), ülkelerin bilimsel ve kültürel birikimlerini dünya ile paylaştıkları etkinliklerdir. Teknoloji, inovasyon, çevreyle uyum gibi konulara odaklanan Expo'lar ülkelerin ekonomik ve teknolojik gelişmesini gösterirken kültürel değerlerini tanıtmaktadır. Tarihsel süreçte ekonomik, siyasal, sosyal, kültürel ve teknolojik parametrelerde yaşanan kırılmaların Expo'larda ülkeleri temsil eden ulusal pavyonların mimari tasarımlarını da etkilediği görülmektedir. Bir anlamda mimarlığın gelişim serüvenini sunan ulusal pavyonlar aynı zamanda ülkelerin mimari alandaki dönüşümlerini de göstermektedir. Çalışmanın amacı Türkiye'nin 21. yüzyıl Expo'larındaki mimari temsilini incelemek ve çağın mimari anlayışı çerçevesinde ülkeyi diğer ülkeler arasında konumlandırmaktır. İncelenen Expo'larda yabancı ulusal pavyonların tasarımını etkileyen en önemli konunun 'Teknoloji & İnovasyon' oluşu dikkat çekmektedir. Türkiye'nin katılımlarında ise bu konunun etkili olmadığı, ülke pavyonlarının 'Turistik Tanıtım Amacı' ve 'Ulusal Kimlik & İmaj Arayışları' altında biçimlendiği görülmektedir. Teknolojik vurguları ve zengin mekân kaliteleriyle öne çıkan yabancı pavyonlarla karşılaştırıldıklarında Türkiye pavyonları, Türk kimliğini yansıttığı düşünülen imgeler aracılığıyla turistik pazarlama faaliyetleri yapılan sıradan sergi binaları niteliğindedir.

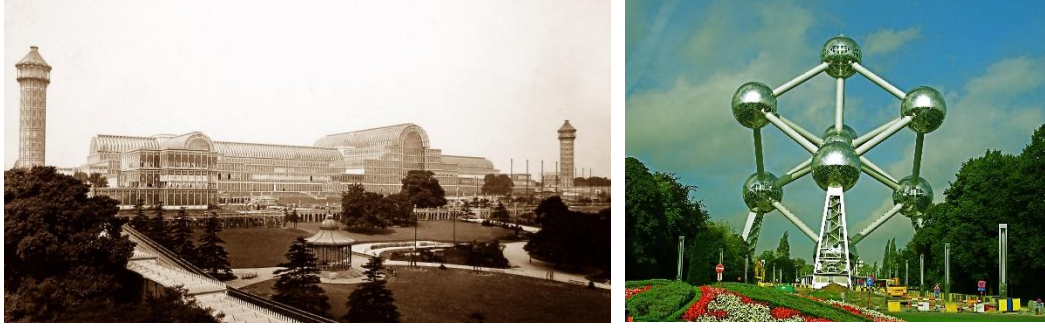
Anahtar Kelimeler: Expo, Teknoloji, İnovasyon, Ulusal Pavyon

1. Giriş

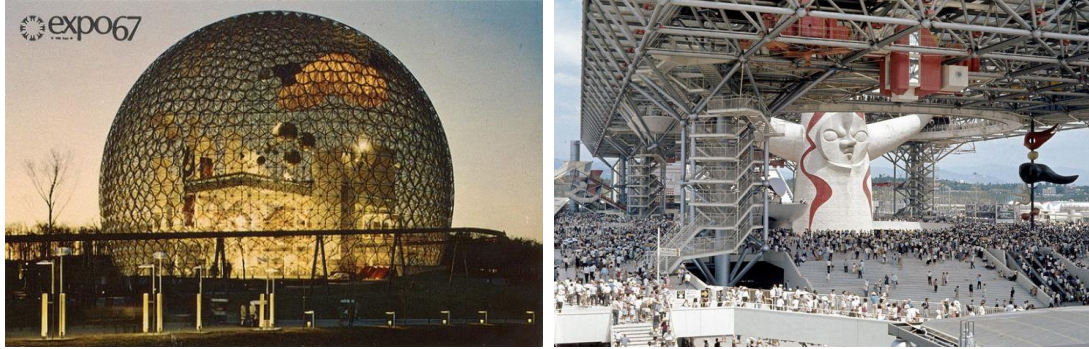
İnsanoğlunun içinde yaşadığı evreni anlama ve onu kontrol etme çabalarının ürünü olarak ortaya çıkan teknoloji ve inovasyon; tarihsel süreç içerisinde sürekli gelişim ve değişim gösteren faaliyetlerdir. Mimarlık ise, dünya üzerinde binlerce yıldır yaşanan değişim karşısında insanın doğa ile kurduğu ilişkinin fiziksel bir temsili ve kültürel dünyasının bir kaydı olmuştur. Tarih boyunca değişen fiziksel çevre ve kültürel dinamikler, farklı problemleri ortaya çıkarmış ve mimarlık olgusunu da etkilemiştir. Değişim bazen, mimarlığın kendisinde gözlenmiş, topluma yayılarak onu değiştirmiş, bazen de toplumda ve doğada yaşanan değişimler mimarlığı etkilemiştir. Bu süreçte mimarlıktaki değişimin en görünür kısmını teknoloji ve inovasyonla ilgili konular oluşturmaktadır. Mimarlık tarihinin uzun süreli değişiminde teknolojik gelişmeler net olarak görülebilir durumdadır [1].

Günümüzde teknoloji, dünyanın gerçekliğini yaratıcı biçimlerde kavramaya olanak tanırken yaşam biçimlerini ve fiziksel çevreleri büyük bir hızla dönüştürmektedir. Bu dönüşümün gözlemlendiği fiziksel çevrelerden bir tanesi de Dünya Fuarları (Expo) ve bünyelerinde geçici olarak inşa edilen ulusal pavyonlardır.

18. yüzyılda başlayan devrimler zincirine bağlı olarak toplumun sosyal, politik, ekonomik alanlarındaki değişiminin bir dışavurumu olan Dünya Fuarları; İngiltere merkezli sanayi devriminin ve teknolojik ilerlemelerin, geniş kitlelere tanıtılması amacı ile başlamış organizasyonlardır. Dünya Fuarları zamanla küreselleşen üretim anlayışı ile zanaattan sanayiye geçiş döneminin çok paylaşımlı ortamlara taşınmasının simgesi olmuşlar, dünya ülkelerini bir araya getirerek ülkelerin kültürden, üretimden ve teknolojiden kaynaklanan politik güçlerini sergiledikleri bir etkinliğe dönüşmüşlerdir. Yeni kavramlar ve söylemler ilk kez bu fuarlarda tanıtılmış, ortaya konan inovatif fikirler yeni bakış açılarının dünyaya yayılmasına sebep olmuştur. Her alanda yeni teknikler denenmiş, yeni mimari stiller ve yapı sistemleri için geliştirilen teoriler pratiğe uygulanmış, sergilerde geleceğin teknolojisine, mimarisine, sanatına ilişkin ütopyalar sunulmuştur. Böylece Dünya Fuarları düzenledikleri dönemi yansıtmakla kalmayıp geleceğin dünyasını yaratan ve ona ait görsel şovlar sunan mekânsal organizasyonlar haline gelmiştir [2]. Expo'lar kapsamında inşa edilen, gelişen teknoloji ve inovasyona dayalı olarak geleceğin bilim ve teknolojisi hakkında fikir veren yapılar, yeni buluşları teşvik etmiş ve yeni malzemelerin dünyaya yayılmasını sağlamıştır. Örnek olarak, ilk Dünya Fuarı olan 1851 Londra fuarı için inşa edilen "Crystal Palace" camın mimari kullanımında öncü bir yapıdır. 1958 Brüksel Expo'daki Atomium, 1967 Montreal Expo'da Buckminster Fuller'in jeodezik kubbesi (ABD Pavyonu), 1970 Osaka Expo'da Kenzo Tange'nin çelik borulardan oluşan festival meydanı gibi birçok simge yapı çağımız mimarlığını hem yapı teknolojileri yönüyle hem mimarlık diline getirdikleri yeniliklerle etkilemişlerdir [3].



Şekil 9-2: 1851 Crystal Palace & 1958 Atomium



Şekil 3-4: 1967 ABD Pavyonu & 1970 Festival Meydanı

Günümüzde Dünya Fuarları birer ticari fuar olmaktan öte, eğitim amaçlı tema ve kültür etkinlikleri olarak anılmaktadır. Bu etkinlikler; teknoloji, inovasyon ve doğaya uyum gibi evrensel konuları hedef alarak tüm dünya ülkelerinin kültürel mirasları ile gelecek beklentilerini harmanlamaya yöneliktir. İnteraktif sergiler, çığır açan teknolojiler ve fuarın yoğun kültür programı ile yeni fikirlerin ortaya çıkması sağlanmaktadır.

Expo'larda ülkeleri temsil eden Ulusal Pavyonlar ise milletlerin uluslararası arenada kendilerini nasıl tanımladıklarını görmek açısından önemli mimari öğelerdir. Expo'ların amacı tanıtım yoluyla geniş kitlelere ulaşmak olduğu için ulusal pavyon tasarımları içlerinde sergilenen objeler ve yapılan etkinliklerle birer imaj tasarımı olarak nitelendirilebilir. Bu yapılar aynı zamanda ulusal kimliğin görselleştirildiği mecralardır.

Dünya Fuarları'nda yer alan ulusal pavyonların belirli tasarım yaklaşımları çerçevesinde üretilmiş oldukları, bu yaklaşımların etkisinin fuarların düzenlendikleri dönemlere ve ülkelere göre değişim gösterdiği görülmüştür. Expo tarihinde ulusal pavyonların mimari tasarımını etkileyen yaklaşımlar aşağıdaki ana başlıklar altında toplanabilir.

- Fuar Temasına Uyum Meselesi
- Çağın Ruhunu Yakalama Meselesi
- Deneysellik Arayışları
- Mimari Kaygılar
- Teknoloji & İnovasyon Meselesi
- Turistik Tanıtım Amacı
- Politik & İdeolojik Kaygılar
- Ulusal Kimlik & İmaj Arayışları
- Yıldız Mimarlar

Erken dönem Expo'larda pavyon tasarımlarını şekillendiren 'Politik & İdeolojik Kaygılar', 'Ulusal Kimlik & İmaj Arayışları' ve 'Turistik Tanıtım Amacı' yerini giderek 'Fuar Temasına Uyum Meselesi' ve 'Teknoloji & İnovasyon Meselesi'ne bırakmıştır. Özellikle gelişmiş ülkeler günümüzde teknolojiyi ulusal pavyonlarında insanın dünyaya bakışını değiştirmek için etkin biçimde kullanmaktadır. Türkiye'nin 2000-2015 yılları arasında katıldığı üç adet Dünya Fuarı'nda da 'teknoloji ve inovasyon meselesi'nin ulusal pavyonların mimari tasarımını ciddi ölçüde etkileyen bir tasarım yaklaşımı olduğu dikkat çekmektedir. Ancak bu uluslararası rekabet ortamında, çağın ruhunu yansıtacak güncel bir kurguya sahip olmayan ve fuar temasına uyum konusunda yetersiz kalan Türkiye pavyonlarının mimari tasarımını ağırlıklı olarak 'Turistik Tanıtım Amacı' ve 'Ulusal Kimlik & İmaj Arayışları'nın

belirlediği görülmektedir. Çalışma kapsamında, söz konusu fuarlarda teknoloji ve inovasyon kullanımı açısından öne çıkan ulusal pavyonlar incelendikten sonra Türkiye Ulusal Pavyonları'nın aynı yaklaşım çerçevesinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Türkiye'nin 21. Yüzyılda Katıldığı Dünya Fuarları

2.1. 2000 Hannover Dünya Fuarı

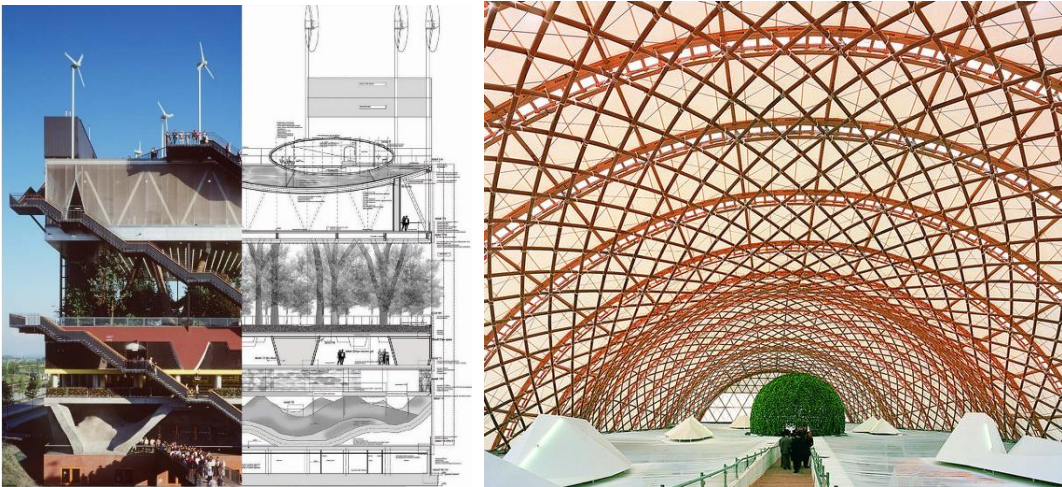
2000 Hannover Dünya Fuarı'nda ulusal pavyonların tasarımında hâkim olan anlayış doğa ve teknoloji birlikteliğidir. Bazı pavyonlar 21. yüzyıl için enerji kaynaklarının ve doğal dengenin korunması gibi sürdürülebilir yaklaşımları, mimariye hem kavramsal boyutta hem de uygulamada entegre ederek sunmuştur. Teknoloji kullanımı daha çok doğaya uyumu vurgulayacak biçimde yapılmıştır. Bu çerçevede fuardaki ulusal pavyonlardan Almanya, Hollanda, Japonya ve Estonya Ulusal Pavyonlarının mimari tasarımında 'teknoloji ve inovasyon meselesi'nin etkileri yoğun olarak hissedilmektedir.

Çelik, cam ve ahşap malzeme ile inşa edilen Almanya Pavyonunun projesinde; içbükey cam cephe ve montajlı çelik strüktür kendini taşıması amaçlandığı için özgün bir teknik yenilik sunmaktadır [4]. Estonya Pavyonu, renkli camdan oluşan dış kabuğu ile hafif ve transparan bir etki yaratmaktadır. Çatıya yerleştirilen yapay köknar ağaçları dalga gibi bir hareketle aşağı ve yukarı doğru hareket etmektedir. Cam çatı sayesinde pavyonun içinden de izlenebilen bu hareket; ülkeyi çevreleyen denizi, ülkenin istikrarsız bataklık zeminini ve güçlü rüzgârı sembolize etmektedir [4].



Şekil 5-6: Almanya Ulusal Pavyonu & Estonya Ulusal Pavyonu

Anıtsal çok katlı bir park biçiminde tasarlanmış olan Hollanda Pavyonunda, farklı kotlarda yaratılan doğa kurgusu ve bunu oluşturan strüktürde yüksek teknoloji kullanılmıştır. Pavyon, doğa ve teknolojinin birlikteliğini yansıtan, doğanın yapma gücünü vurgulayan, teknoloji ve doğanın birbirini güçlendirmesi gerektiğini savunan bir yaklaşıma sahiptir [4]. Japonya Pavyonunun strüktürel sistemi ise geri dönüşümle elde edilmiş kâğıt borulardan oluşmaktadır. Geleceğe yönelik bir imge yaratan yapıda geleneksel Japon mimarisinde önemli yeri olan kâğıt ve ahşabın modern teknoloji ile birlikte kullanımı; doğa-teknoloji birlikteliği ve sürdürülebilirlik gibi yaklaşımları en iyi şekilde somutlaştırmaktadır [4].



Şekil 7-8: Hollanda-Japonya Ulusal Pavyonları

2.1.1. 2000 Hannover Dünya Fuarı Türkiye Pavyonu

Türkiye Pavyonunun tanıtım metninde “saydam, teknolojik bir örtü olan yapının gelenekselden teknolojiye dönüşümünü simgelediği” ifade edilmektedir. Yapıda kişisel olarak internete girme imkânı sağlayan 'workstation'ların kullanılması, cephe ve çatıdaki kontrollü mekanizmalar sayesinde doğal havalandırma yapılması gibi çözümlerle teknoloji kullanımına yer verildiği görülmektedir [5]. Ancak teknoloji ve inovasyon bakımından öne çıkan ulusal pavyonlarla karşılaştırıldığında, yapının mimari tasarımı ve sergi içeriğinde çağın teknolojik gelişmelerini yansıtan herhangi bir unsur görülmemektedir.



Şekil 9-10: 2000 Hannover Dünya Fuarı Türkiye Ulusal Pavyonu

İç mekânda sergilenen Nemrut Dağı rölyefleri, lale ve çini motifleri ile hediyelik eşyaların satıldığı “pazar yeri” konsepti turistik getiri amaçlı düzenlemelerdir. Standart bir sergi yapısı olarak nitelendirilebilecek pavyonun cephelerinde; geleneksel Türk mimarisine referans veren ahşap kafesler ile çini panoların kullanılması ve Boğaziçi Köprüsü’nü anımsatacak biçimde Doğu ile Batı’yı birleştiren bir köprü ile paviona girilmesi fikri, turistik tanıtımı destekleyen yaklaşımlardır. Pavyonda genel olarak ülkenin tarihsel birikimi ve kültürel değerlerinin tanıtılması amacı öne çıkmıştır. ‘İnsan, Doğa ve Teknoloji’ temalı fuarda, mimaride ve sergilerde geleneksel Türk kimliği ile bağlantılı elemanların (kafes, çini vb.) kullanımı ise ülkenin kendi imajı ile ilgili kararsızlığını göstermektedir. Bu nedenle Türkiye Ulusal Pavyonu’nun mimari tasarımında ‘Teknoloji & İnovasyon Meselesi’nin etkisi hissedilmezken, konsepti oluşturan ana yaklaşımlar ‘Turistik Tanıtım Amacı’ ve ‘Ulusal Kimlik ve İmaj Arayışları’ olmuştur.

2.2. 2010 Şangay Dünya Fuarı

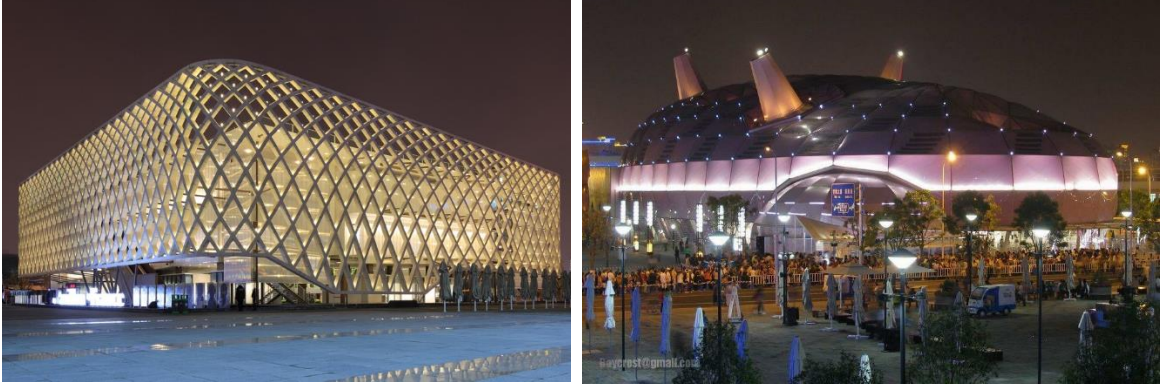
2010 Şangay Dünya Fuarı’nda ulusal pavyon tasarımlarının önemli bir bölümü, inovasyon ve teknolojiyi kullanarak insanlık ve doğa arasındaki bağı sembolize etme amacını taşımaktadır. Bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojilerinin avantajlarını kullanan gelişmiş ülkelere ait ulusal pavyonlar sıra dışı formları ve yenilikçi malzeme seçimleri ile geleceği simgelemektedir. Çevre dostu, geri dönüşümlü malzemelerin ve sürdürülebilir teknolojilerin kullanıldığı kimi pavyonlarda ise sürdürülebilir ve yaratıcı bir gelecek için doğa ve teknolojinin birlikteliği vurgulanmaktadır. Akıllı aydınlatma ve yeni görsel-işitsel sistemlerin kullanıldığı sergilerde iletişim teknolojisinin olanakları ile farklı alanlardaki inovasyon ve teknik atılımlar anlatılmaktadır. Bu çerçevede incelenen pavyonlardan Almanya, Fransa, İngiltere, İrlanda, İspanya ve Japonya Ulusal Pavyonlarının mimari tasarımında ‘teknoloji ve inovasyon meselesi’nin etkileri yoğun olarak hissedilmektedir.

Ülkeyi yenilikçi ve yüzü geleceğe dönük bir ülke olarak tanıtmayı amaçlayan Almanya Pavyonu’nun dinamik bir kentsel organizmayı ifade eden formu; dijital tasarım ve üretim teknolojilerindeki gelişmeler ve yeni malzemeler sayesinde üretilebilmiştir. Cephelerde kullanılan, geceleri aydınlatma sağlayan yeni tür saydam membranın görünümü gün boyunca hava ve ışık koşullarına göre değişmektedir [6]. Farklı bir yaklaşımla, görsel işitsel araçlarla donatılmış pavyon konseptinin dışında duran İngiltere Pavyonu’nu oluşturan 60.000 adet saydam fiber optik çubuğun kusursuz biçimde yerleşebilmesi üç boyutlu modelleme yazılımı ile çalışan makineler sayesinde mümkün olabilmıştır [7].



Şekil 11-12: 2010 Şangay Dünya Fuarı Almanya-İngiltere Ulusal Pavyonları

İleri teknoloji ürünü yapı malzemeleri ile inşa edilmiş Fransa Pavyonu, çatıda güneş panellerini içeren çevresel koruma teknolojilerini barındırmaktadır [8]. Fütüristik biçimdeki Japonya Pavyonu iç mekan sergilemesinde robotlar gibi en son teknolojik gelişmeleri sunarken, ekolojik teknolojinin gelecekte insanoğlunun rahat ve güvende yaşamasına yardımcı olduğunu vurgulamaktadır [9].



Şekil 13-14: 2010 Şangay Dünya Fuarı Fransa - Japonya Ulusal Pavyonları

İrlanda Pavyonunda tüm hacimler, iç mekânda filtrelenmiş bir ışık yaratan çok sayıda cam katmanı ve yarı saydam polikarbonattan oluşan bir malzeme ile kaplanmıştır. Yarı saydam cepheler güneş ışığının yönüne bağlı olarak sürekli değişmekte ve pavyonun içindeki ziyaretçilerin hareketlerini dışarıya yansıtmaktadır. Geceleri kullanılan led aydınlatma ise sınırlı bir renk aralığında yavaşça değişmektedir [9]. Gelişmiş bilgisayar destekli tasarım yazılımı kullanılarak tasarlanan İspanya Pavyonu çelik bir strüktürü kaplayan hasır örtüden oluşmaktadır. Sürdürülebilir bir teknik ile hasır su geçirmez özel bir malzeme ile kaplanmış ve iç mekânın konforlu bir sıcaklıkta kalması sağlanmıştır [9].



Şekil 15-16: İrlanda Ulusal Pavyonu & İspanya Ulusal Pavyonu

2.2.1. 2010 Şangay Dünya Fuarı Türkiye Pavyonu

Türkiye Pavyonunda yer alan sergiler için gelişmiş görsel-işitsel sistemler kullanılmıştır. Dünya Fuarlarındaki ulusal pavyonlarda 1950'lerden itibaren sıklıkla görülen ancak Türkiye'nin ilk kez kullandığı 360 derecelik tanıtım filmi de sergileme tekniğine önem verildiğini göstermektedir [10]. Ancak fuardaki diğer ulusal pavyonların mimari formlarını, malzeme seçimlerini ve sergi konularını belirleyen yüksek teknoloji yaklaşımları Türkiye pavyonunun mimari tasarımında ve üretiminde herhangi bir rol oynamamıştır.



Şekil 17-18: 2010 Şangay Dünya Fuarı Türkiye Pavyonu

Ülkenin tarihsel mirasını kullanarak turistik getiri elde edilmesi amacı ise, yapının cephe tasarımından sergi konularına kadar tüm detaylarında yoğun olarak hissedilmektedir. Cephede herhangi bir soyutlamaya başvurulmadan doğrudan kullanılan Çatalhöyük teması, yapının Çin Bayrağı ile ilişkilendirilen rengi, iç mekân sergilerinde Çin ile ortak kültürel noktaların vurgulanması, pavyonun yeme-içme alanındaki sunum ve düzenleme, sergilenen etkinlikler bütün halinde yapının bir turizm fuar pavyonu gibi kurgulandığını göstermektedir. Pavyonda ülkenin tarihsel ve kültürel mirasının tanıtılması amacı ön plandadır. Ancak pavyonun cephe tasarımında doğrudan Türk ulusal kimliği ile ilişkili olmayan tarihi bir referans kullanılmış, ‘geçmiş’ temalı sergide ülke coğrafyasında tarih boyunca var olmuş birçok farklı medeniyete ait eser, yerden ve zamandan kopuk olarak bir arada sergilenmiştir. ‘Geçmiş’ temalı sergiye göre oldukça kapsamsız olan ve geleceği temsil eden Türkiye Cumhuriyeti ile ilgili bölüm ise ülkenin kimliğini temsil etmeye ya da imajını geliştirmeye yönelik bir çaba içermemektedir. Bu nedenle Türkiye Ulusal Pavyonunun mimari tasarımında ‘Teknoloji & İnovasyon Meselesi’nin etkisi hissedilmekten, konsepti oluşturan ana yaklaşım ‘Turistik Tanıtım Amacı’ olmuştur.

2.3. 2015 Milano Dünya Fuarı

2015 Milano Dünya Fuarı’nda pasif iklimlendirme, enerji verimliliğine yönelik teknolojiler ve sürdürülebilir/geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı, tema eklenince pavyonların mimari tasarımlarında yoğun olarak irdelenen konulardır. Ülkelerin bir bölümü temayla ilgili yeni teknolojilerini, araştırmalarını ve gıda politikalarını paylaşmak, dünyanın beslenme konusundaki problemlerine bir değer üreterek katkı sağlamak amacıyla mimarlığın disiplinler arası, eleştirel ve özgün kuramsal yapısını farklı bir mimari söylem ve farklı bir teknolojik estetikle ortaya koymaya çalışmıştır. Sergileme ve deneyimleme biçiminin önem kazandığı bu pavyonlarda mimarinin çeşitli bilgi alanlarını nasıl buluşturduğu, deneyimleme sürecini nasıl inşa ettiği ve düşünceyi nasıl temsil ettiği önemlidir. Temsil edilen düşüncenin inşası yalnızca mimarinin değil, teknolojinin de ürünüdür. Bu bağlamda teknoloji hem tasarım sürecinde hem de sergileme sürecinde başarılı pavyonları özgün kılan önemli ve etkin bir araç olmuştur [11]. Temsil gücü, mimari söylemi ve yaratıcı teknolojileriyle öne çıkan pavyonlarda ziyaretçiyi ilgi çekici bir yolculuğa davet eden interaktif sergilerin sunulduğu görülmektedir. Bu çerçevede incelenen pavyonlardan ABD, Almanya, Çin, İngiltere, İtalya ve Avusturya Ulusal Pavyonlarının mimari tasarımında ‘teknoloji ve inovasyon meselesi’nin etkileri hissedilmektedir.

Sürdürülebilir teknolojilerin mimari tasarımı biçimlendirmesine örnek olarak ABD Pavyonu çatısını kaplayan şeffaf fotovoltaik paneller ve bitki cephesi ile dikkat çekerken, yeni tarım teknolojileri etkili biçimde tanıtılmaktadır [12]. Avusturya Pavyonu teknoloji kullanımını ileriye taşıyarak, pavyonunu gerçek bir orman ekosistemi olarak yaratmış ve bu ekosistem, günde 1800 kişiye yetecek oksijen sağlamıştır [13].



Şekil 19-20: 2015 Milano Dünya Fuarı ABD-Avusturya Ulusal Pavyonları

Bir arı kovanı imgesi taşıyan sıra dışı biçimli İngiltere Pavyonu; arıların dünyanın sürekliliğindeki önemine dikkat çekmek amacıyla, ziyaretçilerin hareketi balarılarının yiyecek kaynağı ve kovan arasındaki hareketlerinin bir tekrarı oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Pavyon, arıların besin zincirindeki önemini vurgularken mimarlığı, teknoloji ve mühendislikle birlikte yeniden kurgulamaktadır [14]. ‘İnsanın doğanın ayrılmaz bir parçası olması’nı yeniden yorumlayan Çin Pavyonunda farklı renklerde yanıp sönen led ışıklar, kent silüetini ve ekin tarlalarının doğal peyzajını simgelemektedir. Sürekli değişen bu etkileyici atmosfer uyum içinde geleneksel ahşap strüktür ile bütünleşmektedir. Tasarımın felsefesinde teknolojik gelişmelerin doğayla uyum içerisinde olabileceği anlatılmakta, bu bağlamda mimari tasarımda geleneksel malzemenin yeni teknolojiyle, farklı biçimde kullanımı vurgulanmaktadır [15].



Şekil 21-22: 2015 Milano Dünya Fuarı İngiltere-Çin Ulusal Pavyonları

Almanya ve İtalya Pavyonları hem tasarımları, hem de teknolojik vurgularıyla geleceğin mimarisini betimlemektedir. Gelecek nesil güneş enerjisi teknolojisinin kullanıldığı “fikir ağaçları” adı verilen kanopilerden oluşan Almanya Pavyonunda; şeffaf güneş panelleri gündüz güneş ışığının alınmasını sağlarken, gece de depolanan güneş enerjisiyle kanopileri aydınlatmaktadır. Böylece hem estetik bir görsellik, hem de işlevsel ve teknolojik bir özellik ortaya çıkmaktadır. Gelecek için güvenilir, sürdürülebilir ve ekonomik bir enerji olan güneş enerjisi teknolojisinin mimari tasarımla birlikte estetik ve mekânsal bir imgeye döndüğü görülmektedir [16]. İtalya Pavyonu ise teknolojik vurgusu ve zengin mekân kalitesiyle öne çıkmaktadır. Yapıyı saran beton paneller hem farklı bir imgeye, hem de teknolojik bir özelliğe sahiptir; ışıkla buluştuğunda aktive olan bir teknolojiyle bu yüzeyler hava kirliliğini azaltmaktadır [17].



Şekil 23-24: 2015 Milano Dünya Fuarı Almanya-İtalya Ulusal Pavyonları

2.3.1. 2015 Milano Dünya Fuarı Türkiye Pavyonu

Fuarda teknolojik vurgularının yanı sıra zengin mekân kaliteleri ile etkileyici olan pavyon tasarımları ile karşılaştırıldığında ‘teknoloji ve inovasyon meselesi’, Türkiye Pavyonunun mimari tasarımında, sergi konularında ve sergileme tekniğinde belirleyici bir yaklaşım değildir. Konseptin "geçmiş, bugün ve gelecek arasında köprü kuran ülkenin, kültürel, tarihsel ve geleneksel tüm zenginlikleri sergilemek" olarak ifade edilen amacı pavyona genel mimari karakterini vermektedir [18]. Bu yaklaşım pavyonun, Anadolu coğrafyasına ait birçok farklı tarihsel ve kültürel öğenin zaman ve mekândan kopuk olarak turizm fuarı niteliğinde bir araya geldiği bir açık hava sergisine dönüşmesine yol açmıştır. Türk mutfağını tanıtmayı amaçlayan restoran ve Türk Kahvesi ise İtalyan basınında fuarın ucuz yemek alternatifi olarak yer almıştır.



Şekil 25-26: 2015 Milano Dünya Fuarı Türkiye Ulusal Pavyonu

Pavyonun konseptinde ülke kimliğinin geleneksel imgeler üzerinden görselleştirilmeye çalışıldığı görülmektedir. Tasarımda Osmanlı ve Selçuklu Mimarisi'nden referanslar alınması, ülke coğrafyasında yer almış farklı kültürlere ve tarihsel dönemlere ait öğelerin bir arada sergilenmesi, öte yandan tüm bunların modernize edilerek sunulmaya çalışılması ülkenin kendi kimliği ve imajı ile ilgili kararsızlığını göstermektedir. Türkiye'ye özgü geleneksel sanat eserlerinin sergilendiği pavyonda ülke imajını geliştirmeye yönelik özgün bir tanıtım yapılamamıştır. Bu nedenle Türkiye Ulusal Pavyonunun mimari tasarımında 'Teknoloji & İnovasyon Meselesi'nin etkisi hissedilmezken, konsepti oluşturan ana yaklaşımlar 'Turistik Tanıtım Amacı' ve 'Ulusal Kimlik ve İmaj Arayışları' olmuştur.

3. Sonuçlar

Dünya Fuarlarında (Expo) Türkiye'yi temsil eden ulusal pavyon tasarımları ülkenin uluslararası ortamda kendini nasıl tanımladığını görmek açısından önemli mimari öğelerdir. Türkiye 2000 yılından günümüze kadar düzenlenen Expo'lara farklı pavyon tasarımları ile katılmış olsa da, sergilenen objeler, sergi konuları ve mimari konsept yaklaşımları genellikle benzer olmuştur. Türkiye ulusal pavyonları ülkeyi temsil ettiği ve Türk kimliğini yansıttığı düşünülen imgeler aracılığıyla turizme yönelik pazarlama faaliyetlerinin yapıldığı sıradan sergi binaları niteliğindedir. Bu noktada ülkenin uluslararası ortamdaki temsili ile ilgili bir çelişki de dikkat çekmektedir. Türkiye, tüm Expo katılımlarında bir doğu ülkesi olmadığını kanıtlamaya çalışırken aynı anda Doğu'yu anımsatan sergi öğeleri ve motiflerle Batı'nın gözündeki 'Doğu Kimliği'ni yeniden üretmektedir. Oysa, Dünya mimarisine katkı sağlaması beklenen, ileri dönük araştırma ve teknolojileri içeren ulusal pavyonlar arasında, tarihsel mirasa ağırlık vererek geleneksel referanslı mimaride çözüm aramak sadece 21. yüzyılda söyleyecek başka bir sözü olmayan toplumların seçecekleri bir çözümdür. Özellikle gelişmiş ülkelerle kıyaslandıklarında Türkiye Pavyonlarında gözlemlenen kavramsal arka plan eksikliği ise ülkenin uluslararası ortamda kendi imajını geliştirmeye yönelik bir emek harcamadığı izlenimini yaratmaktadır. Türkiye Pavyonları ziyaretçilerde, ülkenin geçmişte zengin bir kültürü olduğu ancak günümüz normlarına uygun hiçbir değer üretmediği düşüncesini oluşturmaktadır. Bu durum projeler için ayrılan bütçe ve zamanın kısıtlı oluşu ya da plansız çalışma gibi faktörlerin yanı sıra pavyon tasarımlarının elde edilme süreciyle de ilgilidir. Ülkeyi Dünya Fuarları'nda temsil edecek ulusal pavyon tasarımlarının, bu çalışmada incelenen örneklerde olduğu gibi doğrudan hükümet tarafından belirlenen mimari tasarım ekiplerine verilmesi yerine; mimarlık ortamını geliştirecek bir yarışma süreci yaratılarak belirlenmesi sorunun çözümüne yönelik atılacak adımlardan biri olacaktır.

4. Kaynakça

- [1] Dokuzer, E., *Mimarlığın Teknolojik Evrimi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018.
- [2] Akyol, D., "Dönüştürücü Bir Güç Olarak Expolar", *Ege Mimarlık Dergisi*, 61, 6-13, 2007.
- [3] Kaftancı, G., "EXPO İzmir Çabalarının Düşündürdükleri", *Ege Mimarlık Dergisi*, 61, 20-21, 2007.
- [4] Flamme-Jaspers, M., *Architektur - Architecture. EXPO 2000 Hannover*, Ostfildern, Hatje Cantz Verlag, Hannover, 2000.
- [5] Anonim (Tabanlıoğlu Mimarlık ve Danışmanlık), "İnsanlık için evrensel bir cümle", *Domus*, 6, 116-125, 2000.
- [6] Anonim, "Alman Pavyonu, Şangay Expo 2010", *Yapı*, 353, 84-89, 2011.
- [7] Anonim, "Birleşik Krallık Pavyonu, Şangay Expo 2010", *Yapı*, 353, 78-83, 2011.
- [8] Leloup, M., *Pavillon France*, Archibooks, Fransa, 2012.
- [9] Wang, S., *Beyond Design: 2010 Shanghai Expo Architecture and Space Design*, Sandu Publishing, Guangzhou, 2010.
- [10] Özsoy, S. ve Savaş, A., *Expo Shanghai 2010, Better City Better Life*, Miki Press, Ankara, 2010.
- [11] Uludağ, Z., "Yaşam İçin Enerji" Serüveninde Mimarlık: Milano Expo 2015 Fuarı", *Mimarlık Dergisi*, 385, 2015.
- [12] <https://www.archdaily.com/628092/usa-pavilion-milan-expo-2015-biber-architects>
- [13] <https://www.archdaily.com/629540/austria-pavilion-nil-milan-expo-2015-team-breathe-austria>
- [14] <https://www.archdaily.com/627728/uk-pavilion-milan-expo-2015-wolfgang-buttruss>

- [15] <https://www.archdaily.com/627497/china-pavilion-milan-expo-2015-tsinghua-university-studio-link-arc>
- [16] <https://www.schmidhuber.de/en/project/german-pavilion-expo-milano-2015>
- [17] <https://www.archdaily.com/630901/italy-pavilion-milan-expo-2015-nemesi>
- [18] <http://www.turkeyexpo2015.com/turkiye-pavyonu.html>

PERFECT METAMATERIAL ABSORBER AND SENSOR APPLICATION ON FLEXIBLE SUBSTRATE AT TERAHERTZ RANGE

Erkan Tetik

Usak University, Faculty of Education, Department of Computer and Instructional Technologies Education

erkan.tetik@usak.edu.tr

Abstract

Metamaterials (MTM) not found in nature are defined as the artificial or synthetic man-made structures. The formations of MTMs have enabled free control of the electromagnetic (EM) permittivity $\epsilon(\omega)$ and permeability $\mu(\omega)$. Therefore, their characteristic features, unlike other materials, are controlled by these EM parameters. In 1968, Veselago theorized that medium can have the negative refractive index according to permittivity and permeability parameters. After the MTMs have been experimentally demonstrated (1999), they have attracted a great amount of attention by scientists and become an important research area that is rapidly developing. Some of these research areas can be listed as the energy harvesting, sensors, antennas, textile MTMs, perfect absorbers, and terahertz (THz) applications. In this study, we investigated the flexible perfect MTM absorber structure at terahertz frequency range and calculated the EM characteristics of the proposed structure by using a full-wave EM solver CST Microwave Studio. The designed MTM structures, which consists of four parts, were designed by integrating the GaAs patch and gold circle resonator on polyimide and coated the backside with gold to obtain the perfect absorber characteristics. Firstly, we obtained the perfect absorption properties of the proposed structure. According to the results obtained, this MTM structure shows the perfect absorber characteristics and can be used in many applications such as the sensor, superlens, energy harvesting, and cloaking at the THz frequency range. Then, we performed the sensor application for the pressure sensing.

Keywords: *Metamaterial, Absorber, Terahertz, Sensor*

1. Introduction

There has been a growing interest in metamaterials (MTMs) which are artificially produced by placing small apertures and scatterers periodically providing unusual characteristics that cannot be found in the nature. Firstly, Veselago theorized that medium can have negative refractive index according to the value of permittivity and permeability parameters at a specific frequency band [1]. The refractive index, which is associated with the permittivity (ϵ) and permeability (μ) that determine the electromagnetic (EM) features of the medium. These materials with negative refractive index were experimentally demonstrated by Pendry et al. in 1999 [2]–[4]. Later, Smith et al produced these unusual materials that is also called left-handed and they were named MTM [5]. Their unusual properties can be controlled by the EM parameters such as permittivity and permeability. In addition, the epsilon and mu values can be determined by the geometric properties of the MTM. Thanks to such interesting features, numerous studies are carried out in many areas related to MTMs. Some of these studies are the perfect MTM absorber [6]–[8], super-lenses [9], MTM harvesting [10]–[12], MTM based antennas [13]–[15], sensors [16], and terahertz (THz) MTM applications [17]–[19].

In 2004 the classic split ring resonator (SRR) was scaled to give a magnetic response in the THz regime [20]. They designed an MTM with a 36 μm unit cell, which normally has an 8 mm unit cell. With this study, the quest to bridge the THz gap in the electromagnetic spectrum has ushered enormous amount of research activities in the recent years. Nowadays, the production of MTMs in the THz frequency range have attracted tremendous attention. Some researches about THz devices can be listed the imaging, sensing, radiation detection, high resolution spectroscopy, and biomedical analytics. Considering the frequency range THz, The major advantage of a perfect metamaterial absorber as a sensor is the sensitive shift in the absorber resonance frequency along with the sharp change in the amplitude of the resonance due to strong interaction of the analyte with the electric and the magnetic fields at resonant perfect absorption frequency. In this study, a flexible perfect MTM absorber structure was designed and analyzed. Then, sensor application at THz frequencies was realized. The proposed MTM structure, which consists of four parts, was designed by integrating the GaAs patch and gold circle resonator on polyimide. The backside was coated with gold to obtain the perfect absorber properties. The proposed structure was optimized according to its dimension values to achieve the MTM characteristics that are the negative permittivity, permeability and refractive index. Then, the EM characteristics were obtained and the perfect absorption properties were examined. In addition, the pressure sensor application using thickness values was realized.

2. Design of the Proposed Metamaterial Structure

The proposed MTM absorber consists of four layers: gold ground plane, polyimide substrate, GaAs patch, and gold circle resonator. The geometrical structure of unit cell is shown in Fig. 1. The GaAs patches and the gold resonator form this MTM absorber by sandwiching the polyimide substrate with the ground plane. The dimension of the resonator and ground plane determine the EM characteristic according to ϵ and μ of the perfect absorber. The proposed MTM structure is designed to have a thin and highly flexible substrate. In addition, the MTM absorber, which has a circle resonator, can be produced with easy fabrication techniques.

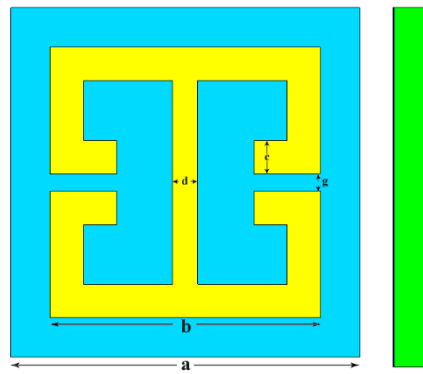


Figure 1. The schematic structure of the proposed terahertz MTM absorber.

The proposed MTM absorber which has $a = 21000$ nm sizes consist of three parts as ground plane, patch and substrate. gold ground plane, polyimide substrate, GaAs patch, and gold circle resonator have thickness of 200 nm, 4000 nm, 300 nm, and 200 nm, respectively. The resonator has $b = 16250$ nm sizes. In addition, the resonator has $c = 4000$ nm and $d = 3000$ nm dimensions that has two gaps. The gaps of resonator have $g = 2100$ nm sizes. We investigated the energy collector characteristics of the proposed wearable MTM by using a full-wave EM solver CST Microwave Studio (Computer Simulation Technology GmbH, Darmstadt, Germany) based on the finite integration technique (FIT).

3. Calculation Method and Results

After designing the MTM absorber, the simulation calculations are realized to investigate the absorption and THz characteristics of the proposed structure. The calculations are carried out at 4.2-5.2 THz frequency range. Firstly, The absorber characteristics of the proposed structure were examined. In this case, the absorption equation which can be calculated by the equation $A(\omega) = 1 - R(\omega) - T(\omega)$ should be investigated. In order to maximize the absorption, the reflection and transmission, which are expressed by the equation $R(\omega) = |S_{11}|^2$ and $T(\omega) = |S_{21}|^2$, should be minimized at the resonance frequency. In order to completely prevent transmission of the structure, its back site is blocked with a PCPTF e-textile material. In this context, the calculation results of the MTM structure have been investigated according to the absorption equation $A(\omega) = 1 - R(\omega)$ where $|S_{21}|^2 = 0$ since $T(\omega) \rightarrow 0$. As a result, it is seen that the reflection of the MTM structure depends on the S_{11} parameter. The S parameter results of the proposed structures are shown the Fig. 2.

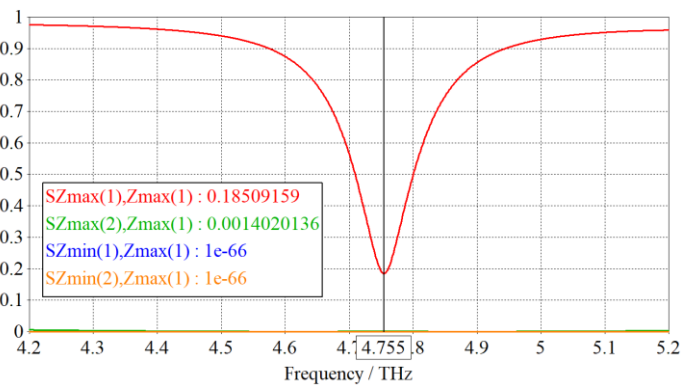


Figure 2. The S parameters of the proposed MTM absorber.

By applying time varying electromagnetic field, the S-parameters of the unit cell of this structure and the location of the resulting resonant frequency have been determined. By using simulated S-parameters, complex permittivity and complex permeability of the unit cell has been extracted over the excitation frequency band. Fig. 3 shows the effective parameters and refractive index of proposed MTM structure at between 4.2 and 5.2 THz. It is seen that the epsilon (ϵ), mu (μ) and refractive index (n) at the resonance frequency have negative values that are -0.487, -0.105, and -0.250, respectively. This indicates that the proposed structure provides one of the most important MTM characteristic which requires simultaneous negative the permittivity (ϵ) and permeability (μ) for real part at specific frequency range.

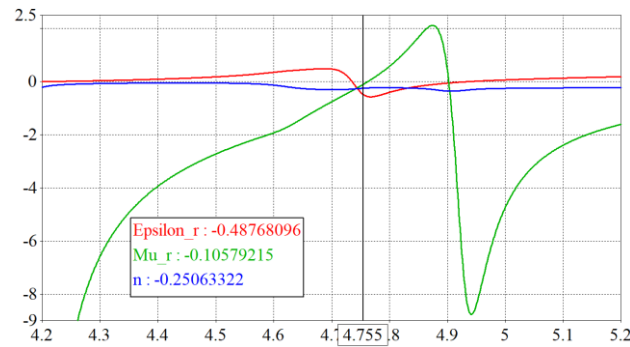


Figure 3: The permittivity (epsilon), the permeability (mu), and the refractive index (n) graphs.

4. Sensor Application for Pressure and Permittivity Sensing

In this section, the pressure sensor application of the proposed MTM absorber was performed at the resonance frequency. The proposed sensor architecture was constructed using a sensor layer sandwiched between the polyimide substrate and GaAs structures. This sensor layer is independent from the other layers and consists of the air gap. In this way, the flexibility characteristics of the proposed sensor structure does not affect negatively and it can be used in many sensor applications to achieve the properties that vary according to environmental changes such as pressure. The sensor layer of this structure was examined according to different gap thicknesses. With the proper adjustment of this application, the pressure level can change depending on the air gap. The pressure sensing process can be performed by monitoring the separation distance between the polyimide and GaAs layers. Considering that the thickness of one side of the proposed structure can change under different pressure values, the thickness of air gap will decrease when the pressure value increases and the low pressure value will increase the distance between the polyimide and GaAs layers. Thus, the high and low pressures refer to narrow and wide air gaps, respectively. The obtained absorption results according to the air gap are given in Fig. 4.

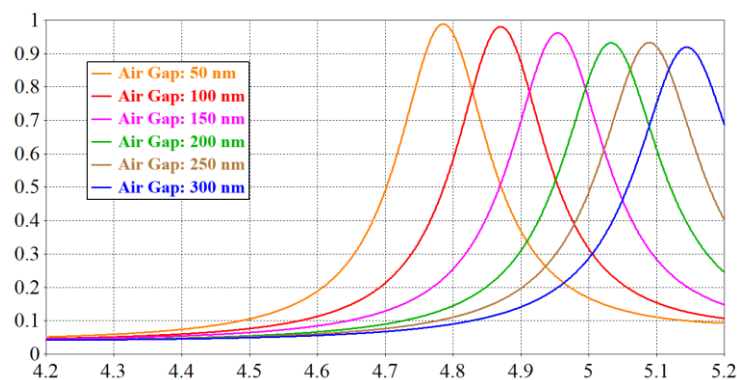


Figure 4. The air gap results of the proposed sensor architecture.

The air gap thickness between the polyimide and GaAs layers is changed from 50 nm to 300 nm with 50 nm steps to realize the calculations at the THz frequency range. The proposed sensor structure has 4.786, 4.87, 4.954, 5.03, 5.09, and 5.145 THz frequency values corresponding to the gap thickness of 50, 100, 150, 200, 250, and 300 nm, respectively. The first remarkable detail in these results, as the thickness of the gap increases, the resonance frequency of the structure shifts to higher frequencies and at the same time its magnitude value also increases. This increase reveals the perfect THz MTM absorber structure with a 98.15 % absorption value. In this context, the proposed MTM absorber sensor can be used in areas where the high sensitivity and accuracy are required.

To investigate the physical mechanism of the sensor applications for the proposed structure, the air gap-frequency and electric field distribution was calculated at the resonance frequency. The graph of the obtained data is demonstrated in Fig. 5. It is seen that the proposed sensor structure appears to have an approximately linear graph when the pressure/thickness changes. As the pressure applied to the MTM sensor increases, the thickness of the sensor layer and resonance frequency decreases. Therefore, when the thickness of the sensor layer decreases, the EM signal travels a shorter path in the proposed sensor structure and a positive shift occurs at its resonance frequency

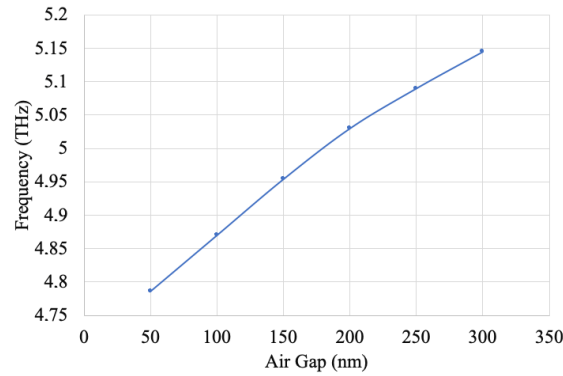


Figure 5. The simulated curve according to the air gap and frequency values.

5. Conclusion

In this study, we designed the perfect MTM absorber at terahertz frequencies. Because the MTMs require simultaneously negative permittivity and permeability, we first carried out the optimization process according to the geometric parameters of the proposed MTM structure. As a result of the calculation, we showed that the permittivity, permeability, and refractive index is negative. Then, we obtained the absorption, reflection and, transmission graphs. The proposed MTM structure has an absorption value of 98.15 % at the 4.755 THz resonance frequency. This MTM structure shows the perfect absorber characteristics and can be used in many applications such as the sensor, superlens, energy harvesting, cloaking, and so on. In this context, we performed the sensor application for the pressure sensing.

6. References

- [1] V. G. Veselago, "THE ELECTRODYNAMICS OF SUBSTANCES WITH SIMULTANEOUSLY NEGATIVE VALUES OF ϵ AND μ ," *Sov. Phys. Uspekhi*, 1968.
- [2] J. B. Pendry, A. Holden, D. Robbins, and W. Stewart, "Low Frequency Plasmons in Thin Wire Structures," *J. Phys. Condens. Matter*, vol. 10, no. 22, pp. 4785–4809, 1998.
- [3] J. B. Pendry, A. J. Holden, D. J. Robbins, and W. J. Stewart, "Magnetism from conductors and enhanced nonlinear phenomena," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 47, no. 11, pp. 2075–2084, 1999.
- [4] J. B. Pendry, "Negative refraction makes a perfect lens," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 85, no. 18, pp. 3966–3969, 2000.
- [5] R. a Shelby, D. R. Smith, and S. Schultz, "Experimental verification of a negative index of refraction.," *Science*, vol. 292, no. 5514, pp. 77–9, 2001.
- [6] F. Dincer, M. Karaaslan, S. Colak, E. Tetik, O. Akgol, O. Altıntaş, and C. Sabah "Multi-band polarization independent cylindrical metamaterial absorber and sensor application," *Mod. Phys. Lett. B*, vol. 30, no. 08, p. 1650095, 2016.
- [7] M. Nasr *et al.*, "Narrowband Metamaterial Absorber for Terahertz Secure Labeling," *J. Infrared, Millimeter, Terahertz Waves*, vol. 38, no. 9, pp. 1120–1129, 2017.
- [8] B. Mulla and C. Sabah, "Multiband Metamaterial Absorber Design Based on Plasmonic Resonances for Solar Energy Harvesting," *Plasmonics*, vol. 11, no. 5, pp. 1313–1321, 2016.
- [9] K. Aydin, I. Bulu, and E. Ozbay, "Subwavelength resolution with a negative-index metamaterial superlens," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 90, no. 25, 2007.
- [10] E. Unal, F. Dincer, E. Tetik, M. Karaaslan, M. Bakir, and C. Sabah, "Tunable perfect metamaterial absorber design using the golden ratio and energy harvesting and sensor applications," *J. Mater. Sci. Mater. Electron.*, vol. 26, no. 12, pp. 9735–9740, 2015.
- [11] O. Akgol, M. Bağmancı, M. Karaaslan, and E. Ünal, "Broad band MA-based on three-type resonator having resistor for microwave energy harvesting," *J. Microw. Power Electromagn. Energy*, 2017.
- [12] M. Bağmancı, M. Karaaslan, O. Altıntaş, F. Karadağ, E. Tetik, and M. Bakir, "Wideband metamaterial absorber based on CRRs with lumped elements for microwave energy harvesting," *J. Microw. Power Electromagn. Energy*, vol. 52, no. 1, 2018.
- [13] E. Tetik and G. D. Tetik, "The effect of a metamaterial-based wearable microstrip patch antenna on the human body," *Can. J. Phys.*, pp. 1–5, Dec. 2017.
- [14] E. Tetik and G. D. Tetik, "The effect of a metamaterial based wearable monopole antenna on the human body," *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilim. Derg.*, pp. 93–97, Mar. 2018.

- [15] K. Delihacıoğlu, M. Karaaslan, E. Tetik, E. Ünal, F. Dinçer, and F. Karadağ, “Low profile antenna radiation enhancement with novel electromagnetic band gap structures,” *IET Microwaves, Antennas Propag.*, vol. 7, no. 3, pp. 215–221, 2013.
- [16] O. Altintas, M. Aksoy, O. Akgol, E. Unal, M. Karaaslan, and C. Sabah, “Fluid, Strain and Rotation Sensing Applications by Using Metamaterial Based Sensor,” *J. Electrochem. Soc.*, 2017.
- [17] K. Iwaszczuk, A. C. Strikwerda, K. Fan, X. Zhang, R. D. Averitt, and P. U. Jepsen, “Flexible metamaterial absorbers for stealth applications at terahertz frequencies,” *Opt. Express*, vol. 20, no. 1, pp. 635–643, 2012.
- [18] E. Philip, M. Zeki Güngördü, S. Pal, P. Kung, and S. M. Kim, “Review on Polarization Selective Terahertz Metamaterials: from Chiral Metamaterials to Stereometamaterials,” *J. Infrared, Millimeter, Terahertz Waves*, vol. 38, no. 9, pp. 1047–1066, 2017.
- [19] A. Mohanty, O. P. Acharya, B. Appasani, and S. K. Mohapatra, “A multi-band terahertz metamaterial absorber based on a Π and U-shaped structure,” *Photonics Nanostructures - Fundam. Appl.*, vol. 32, pp. 74–80, 2018.
- [20] T. J. Yen *et al.*, “Terahertz Magnetic Response from Artificial Materials,” *Science (80-.)*, 2004.

NOTE: This study was supported by Usak University Scientific Research Foundation (Project No: 2018/SOSB003).

PATENT VERİ TABANI ANALİZİ: UÇAKLARDA FLAP KONTROL YÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Simge Ünlüsoy¹, Esra Güler¹

¹ TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü Patent Mühendisliği, Ankara, Türkiye

simge.unlusoy@tai.com.tr, esra.guler@tai.com.tr

Özet

Uçaklar kanatlarının sağladığı kaldırma kuvveti ile havada kaldıklarından, kanat yapısı uçakların en önemli bölümlerinden biridir. Uçak hava içerisinde hareket ederken, kanadın geometrisi sebebiyle üzerinde oluşan basınç dağılımı uçağın havada tutunabilmesini sağlar. Uçağın havadaki hareketlerini sağlayan hareketli parçalara “Ana Kumanda Yüzeyleri” (Primary Flight Control Surfaces) denilmektedir. Bu hareketli kumanda yüzeylerinden flapler, kanadın arka kısmında (fırar kenarında) uçak gövdesine yakın kısımda bulunur. Flaplar uçakların düşük hızlarda, iniş ve kalkışlarda açılarak kanat alanını ve kanat üst yüzey kavisini büyüterek kaldırma kuvvetini artırır ve düşük süratlerde de hava aracının havada tutunmasını sağlar. Patent veri tabanı analizi; patentlerde yer alan tekniğin bilinen durumu bilgilerini inceleyerek, teknolojik gelişimin izlenmesi sağlayan bir yaklaşımdır. Bu çalışmada patent veri tabanı analizi yapılarak, uçaklarda kullanılan flaplerin malzeme bilgisi, üretim yöntemleri, üretim kabiliyetine sahip firma bilgisi, yıllara göre teknoloji eğilimi ve tekniğin bilinen durumu araştırılmıştır. Çalışmada analiz aracı olarak “Espacenet” ve “Google Patents” veri tabanları kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: uçak, flap, patent, analiz

1. Giriş

Teknolojinin artan ilerleme hızını ve teknolojinin eğilimini inceleyebilmek adına patent veri tabanı analizi yapmak gereklidir. Patent analizleri ile edinilen bilgi sayesinde tasarımların ürüne dönüşmesi daha hızlı ve etkin bir şekilde sağlanmaktadır. Mevcut teknolojileri takip ederek fark yaratacak veya alternatif olabilecek nitelikte olan ürünleri tasarlayabilmek adına şirketler patent veri tabanı analizleri yapmaktadır. Bu sayede, yeni teknolojilere uyum sağlamakta, ilgili oldukları teknik alanlardaki yeni teknolojileri hızlı ve etkin bir şekilde kendi ürünlerine uyarlamakta söz konusu analizlerden yararlanmaktadırlar.

Tüm sektörlerde olduğu gibi havacılık sektöründe de her geçen yıl patent başvuru sayılarında artış görülmektedir. Bu çalışmada, uçaklarda bulunan flap kontrol yüzeyleri patent veri tabanı analizi ile incelenmektedir.

2. Flap Yapısı



Şekil 10: Uçak kanadında bulunan flap kontrol yüzeyi

Uçaklar ileriye doğru hareket ederken kanat profili yapısından dolayı kanat altındaki hava daha yavaş hareket eder ve sıkışır. Üstündeki hava ise daha hızlı hareket eder ve kanat üstü basınç azalır. Bu basınç farkı uçağı havada tutar. Yüksek hızlarda uçağın kendi kanatlarının taşıma kapasitesi yeterli iken, inişlerde ve kalkışlarda süratin düşük olduğu durumlarda havada tutunmak amacıyla kanat yüzeyleri genişletilmesi gerekmektedir. Uçağın kalkış ve iniş sırasında hızının azalması üzerine flapler açılarak kanadın kamburluğu artırılır. Böylece kanat yüzey alanı büyütülür ve kanat altında oluşan basınç artarak kaldırma kuvveti artırılmış olur. Flaplar kanadın fırar kenarında ve gövdeye yakın kısmında yer alır [1].

2.1. Patent Veri Tabanı Analizi ile Flap Kontrol Yüzeylerinin İncelenmesi

Yeni olan, buluş basamağı içeren ve sanayiye uygulanabilir her türlü unsur patent ile korunabilmektedir. Patentler, sektörde yer alan ve alabilecek olan teknolojilerin ve teknolojik ürünlerin korunması için oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tüm sektörlerde olduğu gibi havacılık sektöründe de patent veri tabanı analizinin kullanımı haiz olunan teknolojiyi ve yönelimlerini takip etmek açısından önem kazanmaktadır. Sahip olunan fikirleri ürünlere dönüştürmeden önce patent veri tabanı analizi yapılarak fikirlerin somut çıktılara uygulanmasının uygunluğu kontrol edilmektedir. Patent veri tabanı analizi ile tekniğin bilinen durumunu ürünlere entegre etmek zaman yönetimi, ticari gelir elde etme vb. gibi önemli kazançlar sağlamaktadır. İlgili olunan sektörde başka hiçbir kaynaktan erişilemeyecek teknik bilgiler patentlerde mevcut olabilmektedir. Var olan teknik bilginin %80'ine sadece patentler aracılığıyla ulaşılır [2].

Patent veri tabanları; dünya çapında patent başvurularını, tescil olmuş patentleri, araştırma raporlarını, patent olmayan yayınlar gibi patentlerle ilişkili her türlü dokümanı içeren araçlardır [3].

Patentlerin %85'inin kullanımı serbesttir. Herhangi bir projeye başlama aşamasında patentleri incelemek tekniğin bilinen durumunun ve yeni teknolojilerin farkında olup daha hızlı ve etkin ürün çıktısı elde etmeyi sağlar.

Türk Patent ve Marka Kurumu'nun (TPMK), Avrupa Patent Ofisi'nin (EPO), Dünya Fikri Haklar Örgütü'nün (WIPO), Amerika Birleşik Devletleri'nin (USPTO) patent veri tabanları mevcuttur [4]. Bu çalışmada "Espacenet" ve "Google Patents" veri tabanları kullanılmıştır. Espacenet, Avrupa Patent Ofisi'nin patent veri tabanıdır.

Patent veri tabanlarında patent araması genel hatları ile iki şekilde gerçekleştirilebilir. Bunlar sırasıyla anahtar kelime ile araştırma ve sınıflandırma ile patent aramadır. Bu metodların ilki olan anahtar kelime ile araştırmada konu ile ilgili anahtar kelimeler çıkartılır. Bu kelimelerden eş anlamlı veya benzer kelimeleri OR bağlacı ile bağlamak aramayı genişletir ve farklı alternatiflere ulaşmamızı sağlar. Farklı araştırma kelime gruplarını AND bağlacı ile bağlamak aramayı sınırlandırır ve ideal sonuçlara yaklaşmayı mümkün kılar. Anahtar kelime ile patent araması, patent başvuru sahiplerinin ortak bir dil kullanmaması ve doğru anahtar kelime seçiminin güçlüğü sebebi ile tek başına yeterli bir analiz sonucunu her zaman sağlayamayabilir. Bu durumda ikinci arama metodu olan sınıflandırma ile patent arama kullanılmalıdır. Başvuru veya tescil olan her patent teknoloji alanına uygun olan sınıf/sınıflara sahiptir. Yaygın kullanılan iki sınıflandırma sistemi mevcuttur. 1968 yılında tanıtılan IPC (International Patent Classification) dünya çapında bütün patent ofisleri tarafından kullanılmaktadır. IPC'nin bir alt dalı olan CPC (Cooperative Patent Classification) ise; Avrupa ve Amerika Patent Ofislerinin ortak sınıflandırma sistemidir. IPC, tüm teknoloji alanlarını sekiz bölüme ayırmaktadır; A: İnsan İhtiyaçları, B: İşlemlerin Uygulanması; Taşıma, C: Kimya; Metalurji, D: Tekstil; Kâğıt, E: İnşaat, F: Makine Mühendisliği; Aydınlatma; Isıtma; Silahlar; Patlama; Motorlar veya Pompalar, G: Fizik, H: Elektrik [5].

Patentler başvuruldukları ülke ve/veya ülkelerde koruma sağlarlar. Aynı patentin korunması için birden fazla ülkenin patent ofisine ve WIPO'ya (World Intellectual Property Organization) başvuru olabilmektedir. Bu durumda bu başvurulara "patent ailesi" denir [6]. Aynı patentin diğer ülkelerdeki başvurularına, patent ailesine bakılarak ulaşılabilir.

Bu çalışmada kullanılan araştırma yöntemi uygulama sırasına göre aşağıda belirtilmiştir.

I. Anahtar Kelime Araması

- (flap) ((aerospace) OR (aircraft) OR (plane))
- (flap) ((aerospace) OR (aircraft) OR (plane)) ((mechanism) OR (system))
- (flap) ((aerospace) OR (aircraft) OR (plane)) ((adjustment) OR (adjust*) OR (regulat*))
- (flap) ((aerospace) OR (aircraft) OR (plane)) ((adjustment) OR (adjust*) OR (kinematic*))
- (flap) ((aerospace) OR (aircraft) OR (plane)) ((manufacturing) OR (producing))

II. Sınıf ile Arama

Cooperative Patent Classification

Search for Search View section | Index | A | B | C | D | E | F | G | H | Y |

« B64C7/00 B64C11/00 »

Symbol	Classification and description
★★★★★	<input type="checkbox"/> Y02T 50/00 Aeronautics or air transport
★★★★★	<input checked="" type="checkbox"/> B64C 9/00 Adjustable control surfaces or members, e.g. rudders (trimming stabilising surfaces B64C 5/10)
★★★★★	<input type="checkbox"/> B64C 13/00 Control systems or transmitting systems for actuating flying-control surfaces, lift-increasing flaps, air brakes, or spoilers
★★★★★	<input type="checkbox"/> B64C 23/00 Influencing air-flow over aircraft surfaces, not otherwise provided for
★★★★★	<input type="checkbox"/> B64C 3/00 Wings (stabilising surfaces B64C 5/00; ornithopter wings B64C 33/02)
★★★★★	<input type="checkbox"/> B64C 2230/00 Boundary layer controls
★★★★★	<input type="checkbox"/> B64C 21/00 Influencing air-flow over aircraft surfaces by affecting boundary-layer flow (boundary-layer control in general F15D)
★★★★★	<input type="checkbox"/> Y02E 10/00 Energy generation through renewable energy sources
★★★★★	<input type="checkbox"/> G05D 1/00 Control of position, course or altitude of land, water, air, or space vehicles, e.g. automatic pilot (radio navigation systems or analogous systems using other waves G01S)
★★★★★	<input type="checkbox"/> F03D 7/00 Controlling wind motors

Şekil 2: Espacenet sınıflandırma araması [7]

Cooperative Patent Classification

Search for Search View section | Index | A | B | C | D | E | F | G | H | Y |

« B64C7/00 B64C11/00 »

Symbol	Classification and description
★★★★★	<input checked="" type="checkbox"/> B64C 9/00 Adjustable control surfaces or members, e.g. rudders (trimming stabilising surfaces B64C 5/10)
★★★★★	<input type="checkbox"/> B64C 13/00 Control systems or transmitting systems for actuating flying-control surfaces, lift-increasing flaps, air brakes, or spoilers
★★★★★	<input type="checkbox"/> B64C 3/00 Wings (stabilising surfaces B64C 5/00; ornithopter wings B64C 33/02)
★★★★★	<input type="checkbox"/> Y02T 50/00 Aeronautics or air transport
★★★★★	<input type="checkbox"/> F02K 1/00 Plants characterised by the form or arrangement of the jet pipe or nozzle; Jet pipes or nozzles peculiar thereto (rocket nozzles F02K 9/97)
★★★★★	<input type="checkbox"/> B64C 27/00 Rotorcraft; Rotors peculiar thereto (alighting gear B64C 25/00)
★★★★★	<input type="checkbox"/> B64F 5/00 Designing, manufacturing, assembling, cleaning, maintaining or repairing aircraft, not otherwise provided for; Handling, transporting, testing or inspecting aircraft components, not otherwise provided for
★★★★★	<input type="checkbox"/> B64C 33/00 Ornithopters
★★★★★	<input type="checkbox"/> B64C 29/00 Aircraft capable of landing or taking-off vertically (attitude, flight direction, or altitude control by jet reaction B64C 15/00; rotorcraft B64C 27/00; air-cushion vehicles B60V)

Şekil 3: Espacenet sınıflandırma araması [8]

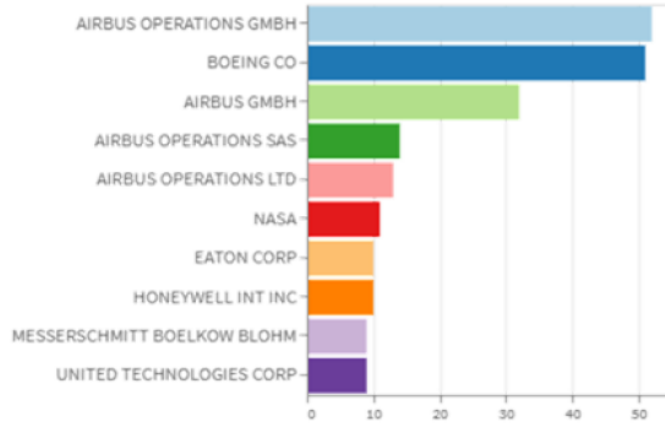
III. Google Patents 'de Kullanılan Arama Algoritmaları

- (B64C9/00) (flap) ((aerospace) OR (aircraft))
- (B64C9/00) (flap) ((aerospace) OR (aircraft)) (mechanism)

2.2. Flap Kontrol Yüzeyleri Üretim Kabiliyetine Sahip Firma Bilgisi

Grafik 1'de görüldüğü üzere Airbus firması flap kontrol yüzeyleri ile ilgili en fazla patent başvurusu yapan firmadır. Airbus firmasını Boeing Co ve NASA takip etmektedir [9].

Grafik 1: En çok patent başvurusu yapan firmalar



En Çok Patent Başvurusu Yapan Şirketler İçin Kullanılan Arama Algoritmaları

- (ti=(flap) cl=(flap)) assignee: airbus
- (ti=(flap) cl=(flap)) assignee: boeing
- (ti=(flap) cl=(flap)) assignee: nasa

Flap konusunda en fazla patent başvurusunda bulunan şirketlerin patentlerini incelemek için patent veri tabanı analizi yapılmıştır. Patent veri tabanı analizi yapılırken daha kesin sonuçlar elde etmek ve aramayı sınırlandırmak için “flap” kelimesi başlık (title) ve patentlerde buluşun koruma kapsamının belirlendiği istem (claim) kısımlarında arama yapılmıştır.

Google Patents

(ti=flap) (cl=flap) assignee:boeing

SEARCH TERMS

ti=flap x or + Synonym

cl=flap x or + Synonym

+ Synonym

SEARCH FIELDS

Date - Priority

YYYY-MM-DD - YYYY-MM-DD

+ Inventor

boeing x or + Assignee

Patent Office - Language

Status - Type

Litigation

About 101 results

Sort by - Relevance - Group by - None - Deduplicate by - Family - Results / page - 10 -

Systems and methods for controlling aircraft flaps and spoilers

WO EP US CN JP AF CA DE • US7891611B2 • Neal V. Huynh • The Boeing Company

Priority 2005-02-04 • Filed 2007-12-28 • Granted 2011-02-22 • Published 2011-02-22

212 of the wing. The lower surface of the flap 220 forms a generally smooth lower contour 215 with the lower surface 213 of the wing 210. FIG. 3A illustrates the system 200 with the flap 220 and the spoiler 230 deployed to a high lift configuration. In this configuration, the flap actuator 221

... wings with aileron-supported ground speed spoilers and trailing edge flaps

EP US DE • US4717097A • James L. Sepstrup • The Boeing Company

Priority 1986-03-03 • Filed 1986-03-03 • Granted 1988-01-05 • Published 1988-01-05

11. The combination defined in any of the preceding claims 1, 5, or 7 wherein said aerodynamic lifting or braking means is a braking means which is a ground speed spoiler and wherein the means for displacing the spoiler to its extended position is arranged to rotate said flap upwardly relative to ...

Variable camber leading edge mechanism with Krueger flap

US • US4427168A • Maurice E. McKinney • The Boeing Company

Priority 1981-09-29 • Filed 1981-09-29 • Granted 1984-01-24 • Published 1984-01-24

2. A variable camber airfoil as set forth in claim 1 further including means defining leading edge flaps mounted within said airfoil envelope with freedom for rotation between a first stowed position located beneath said drive fitting and within said envelope and a second deployed position wherein ...

Wing leading edge flap and method therefor

WO US AU • US5927656A • Michael J. Hinkleman • The Boeing Company

Priority 1996-06-26 • Filed 1996-06-26 • Granted 1999-07-27 • Published 1999-07-27

What is claimed is: 1. A leading edge flap system for a wing, the flap system comprising: a. a wing leading edge having an upper corner surface and a lower nose surface; b. a flap having an upper trailing edge and a lower trailing edge that has a rearward extending portion with a rearward dimension; ...

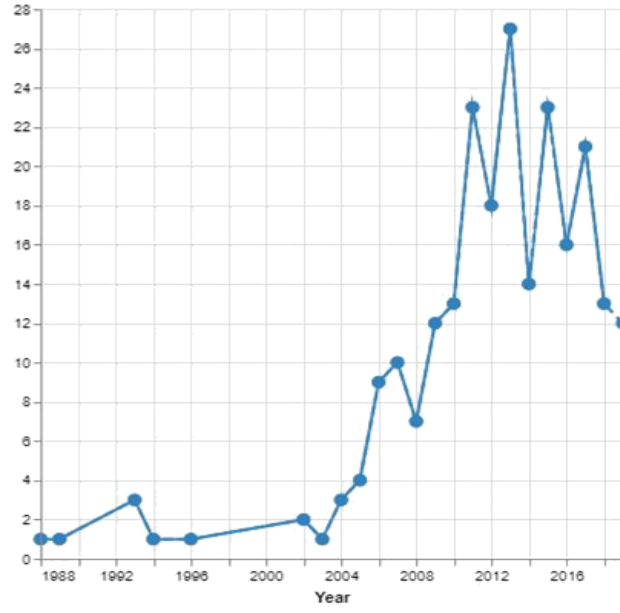
Variable camber leading edge flap

Şekil 4: Şirketler için patent veri tabanı araması [10]

2.2.1. Airbus Firmasına Ait Patent Başvuruları Analizi

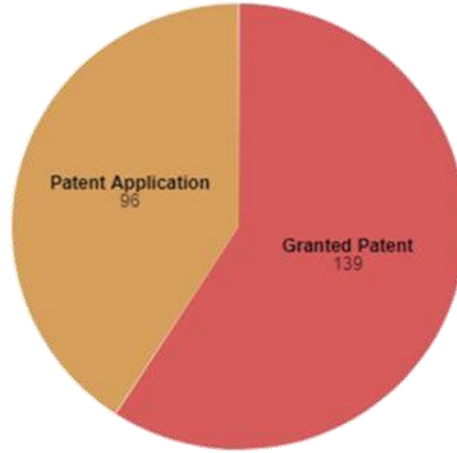
1970 yılında Fransız-Alman ortaklığı olarak kurulan Airbus firmasının yıllara göre flap konusunda patent başvuruları Grafik 2’de görülmektedir. 1980’lı yıllardan beri bu konuda çalışma sürdürdükleri görülmektedir [11].

Grafik 2: Airbus firmasına ait yıllara göre patent başvuruları



Airbus firmasının flap konusunda yapmış olduğu patent başvurularından %59'unun tescil edildiği Grafik 3'de görülmektedir [12].

Grafik 3: Airbus firmasına ait patent başvuruları



Airbus firmasına ait patent başvurularında en çok patent başvurusu yapılan konular Grafik 4'de görülmektedir. En fazla patent başvurusu yapılan konunun kanadın arka bölümünde (fırar kenar) yer alan tekli ve çoklu flap sistemleri olduğu gözlemlenmiştir. Bu konuyu sırasıyla ağırlık azaltma ve montaj/destek yapıları konuları takip etmektedir.

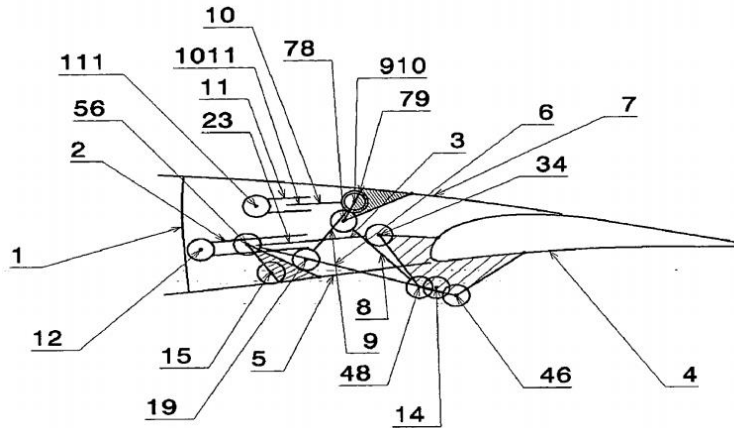
Grafik 4: Airbus firmasına ait en çok patent başvurusu yapılan konular



B64C9/16 sınıfı flap bölgesinde bulunan bağlantıları ve destek elemanlarını, ayrıca kapak gibi detayları içermektedir. Aerodinamik (hava akışı) yönleri tekli veya çoklu flap sistemleri ile ilişkilendirilmektedir. B64C 9/16 sınıfının ait olduğu üst sınıflar ve B64C 9/16 sınıfına ait alt sınıflar Şekil 5’de gösterilmektedir [13].

<input type="checkbox"/>	B64C 9/00	Adjustable control surfaces or members, e.g. rudders (trimming stabilising surfaces B64C 5/10)	D
<input type="checkbox"/>	B64C 9/14	• forming slots (boundary-layer control B64C 21/00)	D
<input type="checkbox"/>	B64C 9/16	•• at the rear of the wing	D
<input type="checkbox"/>	B64C 9/18	••• by single flaps	D
<input type="checkbox"/>	B64C 9/20	••• by multiple flaps	D

Şekil 5: Kanadın arka bölümünde yer alan flap yapısı konusunun ait olduğu sınıflandırma



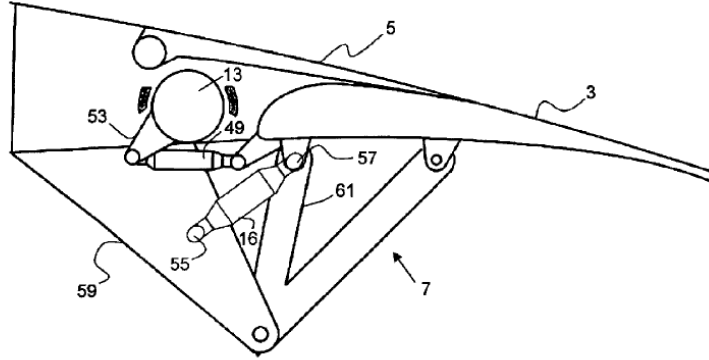
Şekil 6: US2010/0006707A1 numaralı patentte geçen flap kontrol yüzeyi

B64C 9/16 sınıfını içeren bir patent Şekil 6’da gösterilmektedir. US2010/0006707A1 numaralı **Advanced trailing edge control surface on the wing of an aircraft** isimli Airbus firmasına ait patentte kanatta bulunan geliştirilmiş firar kenarı (arka kenar) kontrol yüzeyinden bahsedilmektedir. Tekniğin bilinen durumuna göre, flap açıldığı zaman kanat yüzeyi ve kanat kamburluğu artmaktadır (pozitif flap değeri pozisyonu) böylece taşıma kuvveti de önemli derecede artmaktadır. Ancak, bazı teknik dezavantajlar meydana gelmektedir. Negatif flap değeri pozisyonu genellikle mümkün değildir çünkü flapın burun açısı profilin alt yüzünde kanadın zarf geometrisinden ayrılır ve kanadın arka ana kirişinde önemli derecede yapısal boşluk çakışmaları meydana getirmektedir. Buluşa göre, kanat, pozitif kanat değer konumlarından aşağıya doğru ve negatif kanat değer konumlarından yukarı doğru ayarlanabilir. Buluşun amacı, arka kenar kontrol yüzeyini daha az mekanik masraf ve ağırlık ile geliştirmektir [14].

Uçaklarda her bir kilogramlık ağırlık tasarrufu, yıllık yakıt tasarrufuna önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Y02T 50/40 sınıfı ağırlık azaltma, tasarım ölçüleri gibi konularını içermektedir. Y02T 50/44 sınıfına ait üst sınıflar Şekil 7'de gösterilmektedir [15].

<input type="checkbox"/>	Y02T 50/00	Aeronautics or air transport
<input type="checkbox"/>	Y02T 50/40	• Weight reduction
<input type="checkbox"/>	Y02T 50/42	•• Airframe
<input type="checkbox"/>	Y02T 50/44	••• Design measures

Şekil 7: Ağırlık azaltma konusunun ait olduğu sınıflandırma



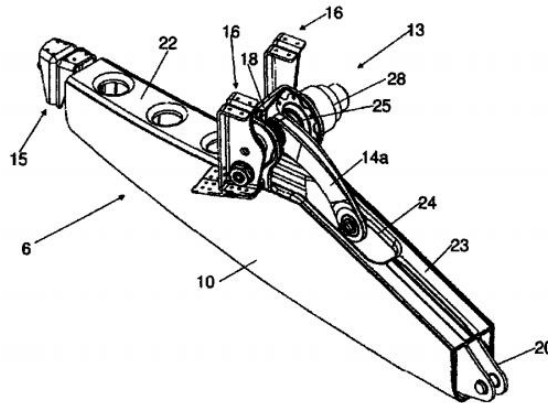
Şekil 8: US9573676B2 numaralı patentte geçen ayarlanabilir flap için cihaz

Y02T 50/44 sınıfını içeren bir patent Şekil 8'da gösterilmektedir. US9573676B2 numaralı **Device for an adjustable flap of a wing** isimli Airbus firmasına ait patentte kanadın ana yüzeyine monte edilen ayarlanabilir flap için bir cihazdan bahsedilmektedir. Buluşun amacı ayarlama ünitesi için ağırlık kazancı sağlayan bir alternatif oluşturmaktır. Sönümle ünitesinin, ayarlama ünitesinin içinde entegre edilmesi geleneksel cihazlara göre daha az ağırlık meydana getirmektedir [16].

B64C 9/02 sınıfı kontrol yüzeyleri arasındaki mekanik (menteşeli, kızaklı) bağlantılar ve destekleyici kısımları (kanatlar) içermektedir. Ayrıca boşluk kapaklarını ve sızdırmazlık elemanlarını içermektedir. B64C 9/02 sınıfının ait olduğu sınıf Şekil 9'de gösterilmektedir [17].

<input type="checkbox"/>	B64C 9/00	Adjustable control surfaces or members, e.g. rudders (trimming stabilising surfaces	D
		B64C 5/10)	
<input type="checkbox"/>	B64C 9/02	• Mounting or supporting thereof	D

Şekil 9: Montaj ve destek yapıları konusunun ait olduğu sınıflandırma



Şekil 10: CN103029827A numaralı patentte geçen flap destek elemanı

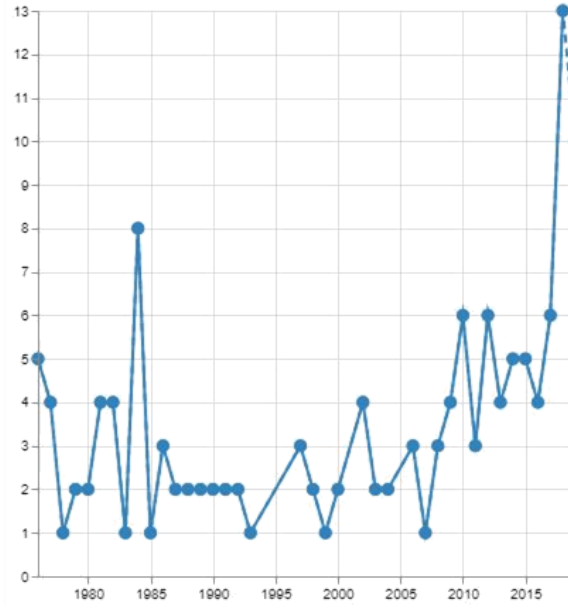
B64C 9/02 sınıfını içeren bir patent Şekil 10'da gösterilmektedir. CN103029827A numaralı **Flap support** isimli Airbus firmasına ait patentte firar kenarı flap için destek elemanından bahsedilmektedir. Tekniğin bilinen durumuna göre, uçaklar genel olarak sabit kanadın arka kenarı, geri çekilmiş bir pozisyon ile buna göre açılmış bir pozisyon arasında hareket edebilen kanada bağlı olan bir flap içerir. Buluşun avantajı, destek elemanının hem tahrik ünitesinin hem de destek kirişinin bir parçası olmasıdır. Bu destek elemanının

flap kısmının maliyetini düşürür böylece montaj süresini kısaltacak modüler bileşenler flapın hareketini sağlamak için daha efektif güç aktarımı sağlar ve flap hareketli elemanı daha kolay ayarlar [18].

2.2.2. Boeing Firmasına Ait Patent Başvuruları Analizi

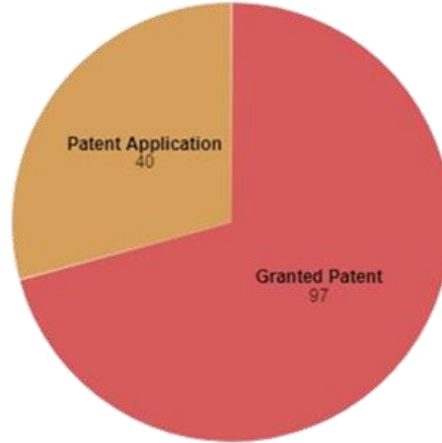
Dünyanın en büyük uçak ve helikopter üreticilerinden biri olan ve 1916 yılında ABD'nin Washington eyaletinde kurulan Boeing firmasının yıllara göre flap konusunda patent başvuruları Grafik 5'de görülmektedir. 2016 yılından sonra flap konusunda patent başvuru sayılarında artış olduğu gözlemlenmektedir [19].

Grafik 5: Boeing firmasına ait yıllara göre patent başvuruları



Boeing firmasının flap konusunda yapmış olduğu patent başvurularından %71'inin tescil edildiği Grafik 6'da görülmektedir [20].

Grafik 6: Boeing firmasına ait patent başvuruları



Boeing firmasına ait patent başvurularında en çok patent başvurusu yapılan konular Grafik 7'de görülmektedir. En çok kanadın kaldırma verimi ve yüksek taşıma sistemlerinin optimizasyonu ile ilgili patent başvuruları yapıldığı gözlemlenmektedir. Bu konuyu kanadın arka bölümünde (fırar kenar) yer alan tekli ve çoklu flap sistemleri, ağırlık azaltma ve şekil değiştiren kanatlar gibi uyarlamalı yapılar takip etmektedir.

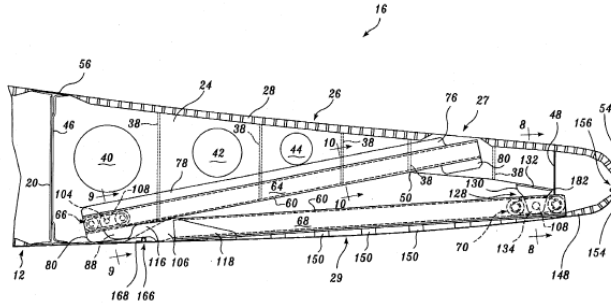
Grafik 7: Boeing firmasına ait en çok patent başvurusu yapılan konular



Boeing firmasının en çok optimize edilen yüksek taşıma kanat sistemleri konusunda patent başvurusu yaptıkları görülmektedir. Y02T50/32 sınıfının ait olduğu üst sınıflar Şekil 11’de gösterilmektedir [21].

<input type="checkbox"/>	Y02T 50/00	Aeronautics or air transport
<input type="checkbox"/>	Y02T 50/30	• Wing lift efficiency
<input type="checkbox"/>	Y02T 50/32	•• Optimised high lift wing systems

Şekil 11: Optimize edilen yüksek taşıma kanat sistemlerinin konusunun ait olduğu sınıflandırma



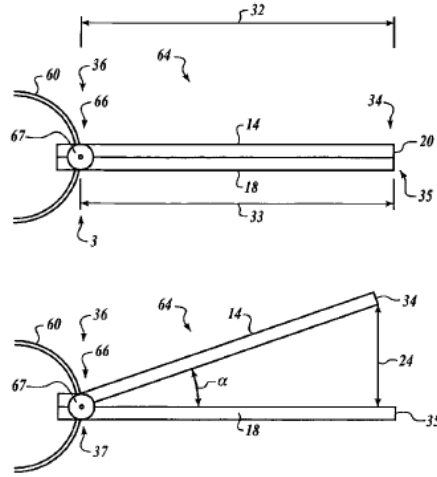
Şekil 12: US005681013A numaralı patentte geçen vorteks flap

Y02T 50/32 sınıfını içeren bir patent Şekil 12’de gösterilmektedir. **US005681013A** numaralı **Vortex leading edge flap assembly for supersonic airplanes** isimli Boeing firmasına ait patentte süpersonik uçaklar için ön kenar flaplarından bahsedilmektedir. Kanadın taşıma kuvvetini artırmanın bir yolu, düşük hızlarda kanat kamburluğunu ve/veya kord uzunluğunu efektif bir şekilde arttırmak için uçağın hücum açısını azaltmaktır. Bu normalde hücum kenar flapı ve firar kenarı flapları ile sağlanmaktadır. Ön kenar flaplarını kullanmanın kontrol ve durum problemlerini azaltmak için düşük hızlarda süpersonik uçak kanatlarında isteyerek sabit vorteks yarattığına dair çeşitli öneriler vardır. Ancak bu öneriler bazı problemlere sahiptir. Bu buluş bu problemlerin üstesinden gelmeye yöneliktir. Buluşa göre, vorteks flapları bir süpersonik uçak kanadı için sağlanmaktadır. Vorteks flapları iç taraf strake yuvarlatılmış ön kenarında ve çift delta kanatın açıklığın orta kısmında kullanımı ideal olarak uygundur [22].

Boeing firmasının Airbus firmasından farkı olarak şekil değiştiren kanatlar gibi uyarlamalı yapılar üzerine patent başvuruları yaptıkları görülmektedir. Y02T50/14 sınıfının ait olduğu üst sınıflar Şekil 13’de gösterilmektedir [23].

<input type="checkbox"/>	Y02T 50/00	Aeronautics or air transport
<input type="checkbox"/>	Y02T 50/10	• Drag reduction
<input type="checkbox"/>	Y02T 50/14	•• Adaptive structures, e.g. morphing wings

Şekil 13: Şekil değiştiren kanatlar gibi uyarlamalı yapılar konusunun ait olduğu sınıflandırma

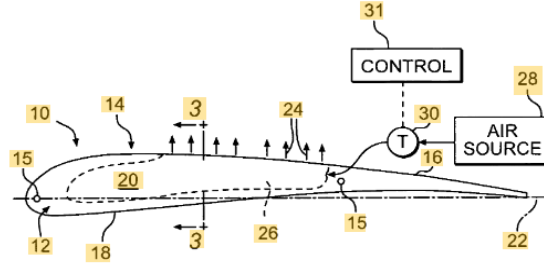


Şekil 14: US7028948B2 numaralı patente geçen şekil değiştiren kanat profili

Y02T 50/14 sınıfını içeren bir patent Şekil 14'de gösterilmektedir. US7028948B2 numaralı **Apparatus for increase of aircraft lift and maneuverability** isimli Boeing firmasına ait patente uçak için şekil değiştiren kanat profilinden bahsedilmektedir. Günümüzde uçaklar farklı hızlarda ve konumlarda taşıma kuvvetini ve manevra kabiliyetini arttırmak için çeşitli metotlar kullanmaktadır. Bu metotlar ön kenar ve firar kenarı flapları, kontrol yüzeyi defleksiyonlarını içerir. Bu teknikler kanat taşıma kuvvetinde artış sağlar ancak genellikle toplam taşıma kuvvetinden %30 daha azdır [24].

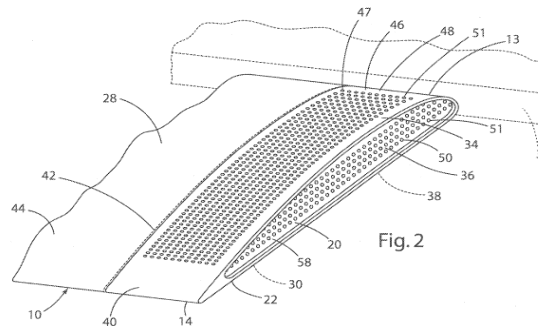
2.2.3. NASA Kurumuna Ait Patent Başvuruları Analizi

Uçakların yaydığı gürültünün en önemli nedenlerinden biri özellikle iniş sırasında flap ve kumanda yüzeyleri etrafındaki hava akışıdır [25]. NASA'ya ait patentler incelediğinde uçaklarda flapların neden olduğu gürültünün çözümüne yönelik patent başvuruları olduğu görülmektedir.



Şekil 15: US2007002009A1 numaralı patente geçen gürültü çözümü için mekanizma

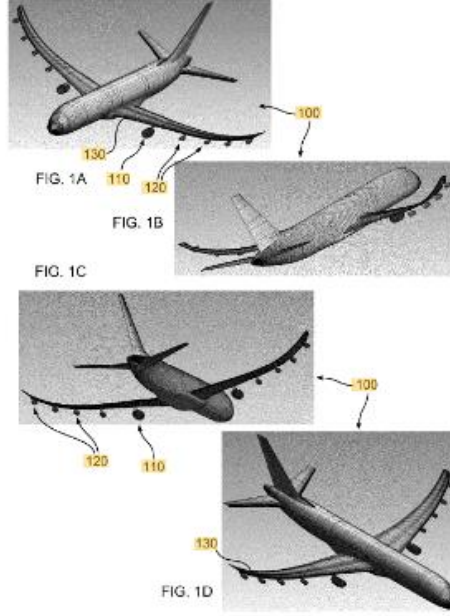
Uçak iniş sırasında, uçağın motorları yavaşlatılmış (rölanti) durumuna yakın olduğunda ve yüksek taşıma kuvvetleri, iniş takımları açıldığı zaman uçak gövdesi gürültüsü baskın gürültü kaynağıdır. Flapların yan tarafından üretilen bu gürültü önemli bir uçak gövdesi gürültü bileşeni olarak tanımlanmaktadır. Bu buluş ile flapın yan tarafına bitişik en az bir yuvaranın yerleştirilmesi ve flap açıldığı zaman uygun bir mekanizma ile yuvaraların içinden havanın dışarı doğru atılmasını sağlaması ile gürültü azaltılmaktadır [26].



Şekil 16: US9132909B1 numaralı patente geçen gürültü çözümü için akustik yalıtım

Flap yapısı içinde gömülü akustik yalıtım (acoustic liner) kullanılmaktadır. Flap yapısının içinde kullanılan bu kaplamalar yayılan akustik enerjiyi emmekte ve gürültü seviyesini azaltmaktadır [27].

Flaplar günümüz uçaklarında kullanılan önemli sistemlerdir ancak bazı dezavantajları vardır. Flaplar karmaşık bir yapıya sahiptir ve ağırdırlar. Şekil değiştirecek şekilde tasarlanan kanatlar ağırlık tasarrufu sayesinde uçağın yakıt ekonomisinin artırılmasını ve flapların neden olduğu gürültünün azalmasını sağlamaktadırlar.



Şekil 17: US9751614B1 numaralı patentte geçen şekil değiştiren kanatlar

İlk uçağı icat eden Wright kardeşler uçuş kontrolünde kuş kanatlarının değişen şeklinin avantajlarını fark etmişlerdir. Uçak yönünü değiştirmek için kanadı kablolarla eğmek için bir kanat eğilme uçuş kontrol sistemi tasarlamışlardır. Modern zamanlarda, NASA 1980'lerde şekil değiştiren kanat teknolojisini geliştirmiştir. NASA'ya ait bu buluşta bir uçak uçuş sırasında burkulabilen kanatlara sahiptir. Turbo veya diğer tahrik sistemleri gibi iç ve dış tahrik cihazları, her bir kanada bağlanmaktadır ve kanat açıklığı boyunca aralıklı olarak yerleştirilmektedir [28].

3. Sonuçlar

İlerleyen teknolojileri eş zamanlı olarak takip edebilmek ve kazanabilmek için dünyada o alandaki teknolojinin hangi noktada olduğunu ve eğilimini doğru bir şekilde analiz etmek gerekmektedir. Patent veri tabanı analizleri ilgili alanda tekniğin bilinen durumunda mevcut olan çözümler ve firmaların hangi konular üzerinde çalışmalar yürüttükleri tespit edilerek teknolojilerin takibinin yapılabilmesi sağlanmaktadır. Dünya rekabet ortamının hızla arttığı günümüzde patent veri tabanı ile ulaşılan bu bilgiler son derece önemlidir ve Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarını daha doğru bir şekilde ilerlemesini sağlamaktadır.

Bu çalışmada, uçak kanatlarında kullanılan ve çok önemli bir yapı olan flap sistemleri patent veri tabanı ile incelenmiştir. Yapılan incelemede bu konuda en çok patent başvurusu bulunan firmalar ve kurumlara odaklanılmıştır. Flap sistemleri için en çok üzerinde çalışma yapılan konular belirlenmiştir. Tekniğin bilinen durumunda problemlere çözüm olarak getirilen farklı patentlerin yanı sıra yeni teknolojiler incelenerek teknolojik eğilim konusunda analiz yapılmıştır.

4. Kaynakça

- [1] Uçak teknolojileri, <http://ucakteknolojileri.blogspot.com/2013/03/flaplar.html>
- [2] European Commission (DG Research) and the European Patent Office, Why Researchers Care About Patents?, 2007, https://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/patents_for_researchers.pdf
- [3] Espacenet Patentlerin Araştırılması, “<https://docplayer.biz.tr/9234985-Patentlerin-arastirilmesi-espacenet-veritabani-nasil-kullanilir.html>”
- [4] Türk Patent ve Marka Kurumu, Patent KAVRAMLAR, “<https://www.turkpatent.gov.tr/TURKPATENT/resources/temp/522B990B-E529-4378-8287-66E77494B4FA.pdf>”, 5, 2017
- [5] Espacenet Patent Search, “https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP”
- [6] Espacenet, <https://www.epo.org/searching-for-patents/helpful-resources/first-time-here/patent-families.html>

I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos 2019, Pamukkale,Denizli/Türkiye
I. International Science and Innovation Congress, 26-29 August 2019, Pamukkale,Denizli/TURKEY

- [7] Espacenet. [Online]. Available: https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP#!q=flap control surfaces. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [8] Espacenet. [Online]. Available: https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP#!q=flap aircraft. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [9] "Search and analyse patents and publications The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search," The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. [Online]. Available: <https://www.lens.org/lens/new-search?type=PATENT>. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [10] Google Patents. [Online]. Available: <https://patents.google.com/?q=cl=flap&assignee=boeing>. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [11] "Search and analyse patents and publications The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search," The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. [Online]. Available: <https://www.lens.org/lens/new-search?type=PATENT>. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [12] "Search and analyse patents and publications The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search," The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. [Online]. Available: <https://www.lens.org/lens/new-search?type=PATENT>. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [13] Espacenet. [Online]. Available: https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP#!CPC=B64C9/16. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [14] Daniel Reckzeh, Bernhard Schlipf, Luc Andreani, Mark Sutcliffe, 2005, "Advanced Trailing Edge Control Surface on the Wing of an Aircraft", Patent Number: US2010006707A1
- [15] Espacenet. [Online]. Available: https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP#!CPC=Y02T50/44. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [16] Werner Dyckrup, Wilfried Ellmers, 2010, "Device for an adjustable flap of a wing", Patent Number: US9573676B2
- [17] Espacenet. [Online]. Available: https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP#!CPC=B64C9/02. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [18] M-A·???, "Flap support" , 2011 , Patent Number: CN103029827A
- [19] "Search and analyse patents and publications The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search," The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. [Online]. Available: <https://www.lens.org/lens/new-search?type=PATENT>. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [20] "Search and analyse patents and publications The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search," The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. [Online]. Available: <https://www.lens.org/lens/new-search?type=PATENT>. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [21] Espacenet. [Online]. Available: https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP#!CPC=Y02T50/32. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [22] Peter K. C. Rudolph, 1995 , "Vortex leading edge flap assembly for supersonic airplanes", Patent Number: US5681013A
- [23] Espacenet. [Online]. Available: https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP#!CPC=Y02T50/14. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [24] Dale M. Pitt, 2003, "Apparatus for increase of aircraft lift and maneuverability", Patent Number: US7028948B2
- [25] Doç. Dr. Serkan ÖZGEN, "Şekil Değiştiren Uçaklar Havacılıkta Yeni Bir Devrim Yaratabilir Mi?", <http://ae.metu.edu.tr/~yyaman/Publications/National/41.pdf>
- [26] Florence Hutcheson, Thomas Brooks, 2005, "Noise reduction of aircraft flap", Patent Number: US20070020099A1
- [27] Mehdi R. Khorrami, Meelan M. Choudhan, 2011, "Flap edge noise reduction fins", Patent Number: US9132909B1
- [28] Nhan T. Nguyen, Kevin Wayne Reynolds, Eric B. Ting, 2015, "Aeroelastic wing shaping using distributed propulsion", Patent Number:US9751614B1

HAVACILIK VE SAVUNMA SANAYİİNDE PATENT DEĞERLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

Evren Şemsiye

TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü, Patent Mühendisliği

evren.semsiye@tai.com.tr

Özet

Patentlerin maddi değerlerinin belirlenmesi konusu uzun süredir yapılan çalışmalara rağmen günümüzde karmaşık bir sorun olmayı sürdürmektedir. Patentlerin şirketler için yüksek bir rekabet aracına dönüşmesi, maddi olmayan duran varlıkların şirket değerleri üzerindeki ağırlıklarının önem kazanması ve bununla birlikte devletler tarafından yapılan maddi teşvikler patent değerlendirme çalışmalarının önemini arttırmıştır. Bu çalışma ile birlikte literatürde yer alan çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalar bir havacılık ve uzay firmasında kullanılan patent değerlendirme yöntemi ile karşılaştırılarak, kullanılmakta olan patent değerlendirme yönteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan incelemeler sonucu patent değerine etki eden kriterler; patentin aldığı ileri atıf sayısı, itiraz durumu, istem sayısı, istem uzunluğu, patent aile boyu ve patent ömrü olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Patent, Patent değerlendirme, Patent lisanslama, Fikri mülkiyet*

1. Giriş

Maddi olmayan duran varlıklar arasında patentler, küresel rekabetin artması ve bilgiye dayalı ekonominin hızla gelişmesiyle birlikte her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. 2018 yılı verilerine göre “Standard & Poor’s 500” firmalarının şirket değerlerinin %16’sını fiziksel varlıklar oluşturmaktayken, %84’ü maddi olmayan, duran varlıklardan oluşturmaktadır (Berman, 2019). Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de bu alanda hukuki çalışmalar yapılmasının yanı sıra özel kurum ve kuruluşlara da patent sayılarının artırılması için ciddi teşvikler sağlanmaktadır. Patentlerle birlikte, koruma altına alınan buluşlar, şirketler için rekabet avantajı, vergi avantajı, lisanslama gelirleri sağladığı gibi, bir şirketin patent portföyü, şirketin piyasa değerinin belirlenmesinde büyük bir etkidir. Patentlerin bir şirkete sağladığı tüm bu faydaların değerlendirilmesi için bir patentin maddi değerinin belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir. Bunlarla birlikte, bir patentin maddi değeri hesaplanırken kullanılacak uygun patent değerlendirme metodlarının seçilmesinde aşılabilen sorunlar mevcuttur. Buluşun gerçekleştirilmesi sırasında ortaya çıkan maliyetlerin belirlenmesi, şirketler arası patent lisanslama bilgilerinin yeterince paylaşılması ya da patentlerin koruduğu buluşların daha önce lisanslanan patentler ile karşılaştırılmaması gibi sorunlar patent değerlendirme konusundaki zorluklardan sadece bazılarıdır.

Patent değerlemede kullanılan en yaygın yöntemler arasında şu yöntemler aşağıdaki gibidir.

- Maliyet Yaklaşımı
- Pazar Yaklaşımı
- Gelir Yaklaşımı

Bu yöntemler arasındaki maliyet yaklaşımı, iki farklı alt başlıktan oluşmaktadır. Bunlardan ilki, yeniden üretme yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda değerlendirilecek olan patentin birebir üretilmesi için gerekli olan maliyetler esas alınmaktadır (Grube, 2009). Yeniden üretme yaklaşımında patent değerlendirilmesi yapılan dönemdeki teknolojiler yerine, ilgili patentteki teknolojinin geliştirilmesi sırasındaki mevcut teknolojiler göz önünde bulundurularak hesaplamalar gerçekleştirilir (Sözer, 2008). İkinci alt başlık ise yerine koyma metodudur. Bu metod ise değerlendirilecek patentli teknolojinin bir benzerinin geliştirilmesi için gereken maliyetlerin hesaplanmasına dayanmaktadır ve benzer teknolojinin geliştirilmesi için günümüzde kullanılan bilimsel yaklaşım ve teknolojiler göz önünde bulundurulur (Sözer, 2008). Bununla birlikte bir patentin geliştirilmesi sırasında ortaya çıkan masrafların belirlenmesi zordur. Öte yandan patentlerin değerlerini belirleyen tek unsur patente söz konusu olan teknolojinin geliştirilmesi sırasında ortaya çıkan maliyetler değildir.

Pazar yaklaşımı, değerlendirilmesi yapılacak patente benzer nitelikler taşıyan ve benzer durumlar altında yakın bir zamanda ticari olarak işlem görmüş bir patentin değeri ile kıyaslanmasına dayanır (Özdemir, 2014). Bununla birlikte şirketler arasında yapılan lisanslama, patent devri gibi işlemlerin fiyatlarına ulaşılması ve değerlendirilmeye alınan patente benzer bir patentin tespit edilmesi gibi zorluklar yer almaktadır.

Gelir yaklaşımı ile patent değerlendirme ise patentin ömrü boyunca, patent sahibi kişi veya şirkete gelecekte sağlayacağı nakit akımlarının bugünkü değeri belirlenerek hesaplanmasına dayanmaktadır (Özdemir, 2014). Bu yöntemin kullanılmasındaki en büyük zorluk ise hesaplamaların gelecekte gerçekleşecek gelirlerin tahmin etmeyi içermesidir.

2. Patent Değerine Etki Eden Kriterler

Patent değerlemede kullanılan bir başka yöntem ise patent değerine etki eden kriterlerin patent değeri hesaplamada kullanılmasına dayanmaktadır. Literatürde yer alan patent değerine etki eden kriterlerin bir kısmı tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: Patent Değerlerine Etki Eden Kriterler

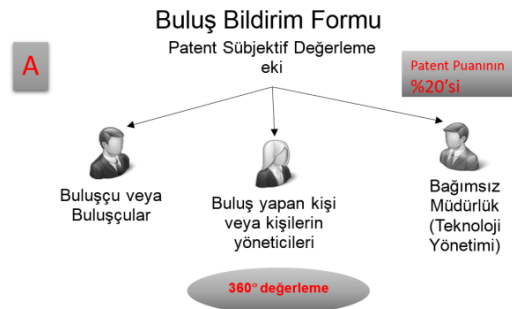
Kriter	Açıklaması
Geriye Atf	Patentin, başka patent veya dokümanlara yaptığı atıflardır.
İleriye Atf	Patentin başka patent veya dokümanlardan aldığı atıflardır.
İtiraz/Dava Durumu	Patentin karşılaştığı itiraz veya davaların sayısı ve sonuçlarıdır.
İstem Sayısı	Patentin koruma sağladığı unsurların sayısıdır.
İstem Uzunluğu	İlk bağımsız istemde geçen kelimelerin sayısıdır.
Patent Aile Boyu	Patentin koruma sağladığı ülkeleri sayısıdır.
Patent Ömrü	Patent tescil aldıktan sonra patentin sağlayacağı koruma süresidir.
Uluslararası Patent Sınıfları (IPC)	Patentin inceleme sonrası aldığı teknik sınıf veya sınıflardır.
Ürün Yaşam Döngüsü	Patente konu olan ürünün, yaşam döngüsü grafiğindeki konumunu ifade eder.
İhlal Tespit Yöntemi	İhlal tespiti için kullanılması gereken yöntemlerin ve ihlalin tespitinin zorluk derecesidir.

3. Bir Havacılık ve Uzay Sanayi Firması Tarafından Kullanılan Patent Değerleme Metodu

Bu bölümde bir havacılık ve savunma sanayi şirketinde patent değerlendirme için kullanılan yöntem aktarılmaktadır. Bu yöntem oluşturulurken mevcut patent değerlendirme yöntemi, literatürde yer alan yöntemlerle karşılaştırılarak daha objektif bir patent değerlendirme metodunun ortaya konulması amaçlanmıştır.

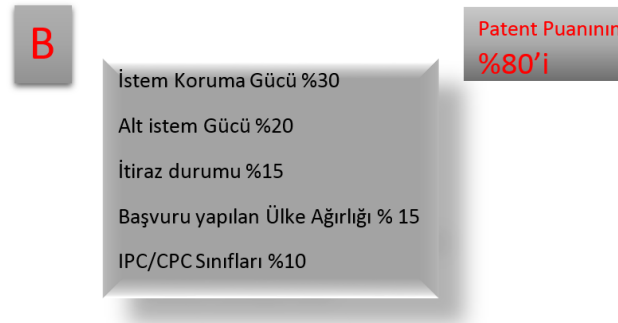
Firmadaki mevcut patent değerlendirme metodolojisi, 2 temel değerlendirmeden oluşmaktadır. Patent objektif olarak belirlenemeyen özelliklerinin ortaya koyulduğu, patent değerinin hesaplanmasında %20'lik bir etkiye sahip bir birinci bölüm ve patent objektif özelliklerinin yer aldığı ve patent değerinin %80'ini oluşturan bir ikinci bölümden oluşmaktadır (Peker ve Şolpan Temiz, 2018).

Birinci bölümde buluş bildiri formunun değerlendirilmesi, buluşçu, buluşçudan sorumlu yöneticiler ve buluşun ortaya çıktığı departmandan bağımsız birimler tarafından gerçekleştirilir (Kabuk, 2016) (Peker ve Şolpan Temiz, 2018). Şekil 1'de gösterilen geniş çaplı bu değerlendirmenin amacı patentin subjektif olan özelliklerinin olabildiğince objektifliğe yaklaştırılmasıdır. Sonuçların standart sapmaları çıkarılarak standart sapma dışında kalan cevaplar hesaplama dışında tutulur (Peker ve Şolpan Temiz, 2018).



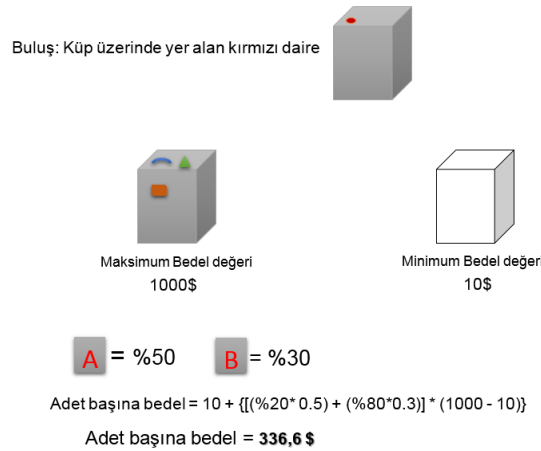
Şekil 1 : Buluş Bildiri Formunun Değerlendirilmesi

Patent değerlendirme üzerindeki etkisi %80 olan ikinci bölümde ise, şekil 2'de gösterildiği gibi, istem koruma gücü, alt istem gücü, itiraz durumu, başvuru yapılan ülke ağırlığı, IPC/CPC sınıfları yer almaktadır.



Şekil 2: Objektif Kriterlerin Patent Değerlemedeki Etkileri

Bu değerlendirme sonuçları ile değerlendirmeye konu olan buluşa benzer bir başka buluşa ait lisanslama, satış bedeli veya maliyet bedeli kullanılarak bu değerlerin minimum ve maksimum olduğu koşullar belirlenir. Bu işlem birinci aşamaya benzer şekilde pazarlama, satın alma, buluşçu, buluşçunun yöneticileri veya bağımsız bir birimi temsilcileri ile yapılmaktadır. Bu değerlerin sonucunda şekil 3'te gösterilen hesaplama ile birlikte patentin değeri elde edilir.



Şekil 3: Patent Değerinin Hesaplanması

4. Metotta Kullanılacak Patent Değerine Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi

4.1. Patent Referanslarının Patent Değerlemede Kullanılması

Patent değerlendirme çalışmalarında patent atıflarının kullanımı, geriye atıf (backward citation) ve ileri atıf (forward citation) olmak üzere iki temel konuya odaklanmaktadır. Bununla birlikte buluşçunun kendi patentlerine yaptığı atıfların (self-citation) patent değeri ile pozitif bir ilişkinin ortaya koyulduğu çalışmalar da yer almaktadır (Hall, Jaffe ve Trajtenberg, 2000). Buna karşın Sapsalis, Bruno Van Pottelsberghe De La Potterie ve Navon (2006) yaptığı çalışmalar sonucu buluşçunun kendi patentlerine atıf yapmasının patent değeri üzerinde etkisinin olmadığını belirtmiştir.

Atıf sayıları diğer patent değerlendirme kriterleri arasında en sık kullanılan kriterdir (Kapoor, Ranaei, Karvonen ve Kassi, 2013). Geriye atıf ile patent değeri arasındaki bilimsel bağlantı ilk olarak Narin, Hamilton, ve Olivastro (1997) tarafından sunulmuştur (Wang, García, Guijarro ve Moya, 2011). Bununla birlikte ileri atıf kriteri ise [Trajtenberg](#) (1990) ile literatüre kazandırılmıştır (Reitzig, 2004).

Harhoff, Scherer ve Voper (2003), Hirschey ve Richardson (2001, 2004), Wartburg, Teichert ve Rost (2005), Silverberg, Verspagen (2007) çalışmalarında geri ve ileri atıf sayısının patent değeri ile pozitif bağlantısı olduğunu vurgulamıştır (Lai ve Che, 2009). Buna karşın Lai and che (2009) patentlerin yasal değerleri hakkında yaptığı çalışmada literatürde yer alan çalışmaların aksine, sadece ileri atıf sayısının patentin yasal değerine katkı sağladığını ortaya koymuştur. Odassa, Scellato ve Ughetto (2013) patentlerin müzayede satışları sırasında teklif fiyatları ve kapanış fiyatlarını inceleyerek patent kriterlerinin müzayede fiyatlarındaki etkisi üzerindeki çalışmalarında ileri atıf sayısının patentlerin ekonomik değeri ile pozitif bir ilişki gösterdiğini ortaya koyarken geriye atıf sayısının teklif fiyatı ile pozitif bir ilişkisi olmasına karşın kapanış fiyatlarında negatif bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur.

Shane (2001, 2002) yüksek atıf alan M.I.T patentlerinin lisanslanma oranlarının daha olası olduğunu ortaya koymuştur (Hall vd, 2000). Reitzig (2004), ileri atıf sayısının patent değeri üzerindeki geçerliliğini "çok güçlü" olarak sınıflandırmıştır. Kapoor vd, (2013) geriye atıf sayısı üzerindeki araştırmalarda geriye atıf sayısının patent değeri üzerindeki etkisinin belirsiz olduğunu vurgulamıştır (Hall vd, 2000). Kapoor vd. (2013) bu sonuçlardan yola çıkarak, Avrupa'da, rüzgar gücü endüstrisinde faaliyet gösteren şirketlerin aldıkları patent atıf kategorilerine göre patent portföy analizi gerçekleştirmiştir.

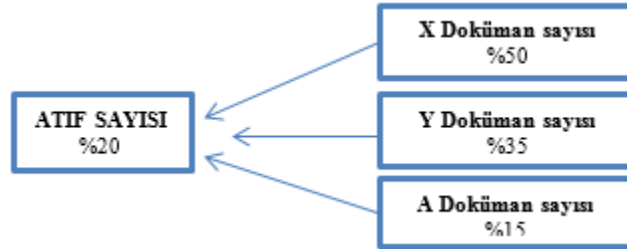
Bu çalışmalar ışığında, bazı çalışmaların geriye atf sayısı ile patent değeri arasında pozitif bir ilişki ortaya koymasına karşın çok fazla sayıda çalışma aralarında bir ilişkinin olmadığını veya negatif yönde bir ilişki olduğunu vurgulamaktadır. Bu sebeple geriye atf kriterinin patent değerlendirme kriterleri arasında kullanılmamasına karar verilmiştir. Öte yandan, ileriye atf sayısı Kapoor vd., (2013) çalışmasına benzer şekilde patentin ileri atıflar sırasında aldığı atf kategorilerine göre değerlendirilerek bu kriterin gerçeğe daha yakın sonuçlar vermesi amaçlanmaktadır. Kapoor vd. (2013) çalışmasından farklı olarak X,Y dokümanlarının yanında A dokümanları da göz önünde bulundurulurken önem sırasına göre patent değeri üzerindeki ağırlıkları belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda uzmanlar tarafından kategorilendirilen patent sınıfları tablo 2’de verilmiştir (Türk Patent ve Marka Kurumu Patent , 2017) , (World Intellectual Property Organization, 2011).

Tablo 2: Patent Referans Kategorileri

Referans Kategorisi	Referans Açıklaması
X	Tek başına dikkate alındığında buluşun tüm özelliklerini içeren dolayısıyla buluşun yenilik ve buluş basamağının eksik olduğunu gösteren dokümandır.
Y	Başka bir veya birden fazla dokümanla birleştirildiğinde buluşun, buluş basamağına sahip olmadığını gösteren dokümandır
A	Buluşun teknolojik arka planının yer aldığı doküman, buluşun buluş basamağına veya yenilik unsuruna etkisi yoktur.
P	Buluşun başvuru tarihinden önce, rüçhan tarihinden sonra yayımlanmış doküman. X,Y, A ile birlikte kullanılabilir. Örneğin, YP
E	Buluş tarihinden önceki bir tarihe sahip fakat buluş tarihinden sonra yayımlanmış doküman
T	Buluşun dayandığı prensip veya teoriye ait doküman
O	Yazılı olmayan yollarla yapılmış açıklamalar
D	Patent başvurusunda referans gösterilen doküman
L	Başka bir nedenle kullanılan doküman

İncelenen çalışmalarla birlikte bir patentin aldığı atf sayısının patent değeri üzerinde önemli bir etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte patentlerin aldığı X kategorisindeki atıfların sayısındaki artış bu patentin koruma kapsamının geniş olduğu ve rakipleri için engel teşkil ettiği sonucuna varılabilir. Benzer çıkarımlar Y kategorisinde atf alan patentler için de yapılabilir. Bunun sonucunda atf sayısı, şekil 4’te gösterildiği gibi, bir kriter olarak eklenerek patent değeri üzerindeki etkisi %20 olarak belirlenmiştir. Atf sayısı içerisindeki doküman kategorileri ise X,Y ve A için sırasıyla %50, %35 ve %15 olarak kullanılması önerilmiştir.



Şekil 4: Atf Sayısı

4.2. Patent Dava ve İtirazlarının Patent Değerlemede Kullanılması

Harhoff vd. (2003), değeri yüksek patentlerin daha fazla itiraz ile karşılaşacağını ve itiraz edilen patentin itiraz sonucunda başarılı olması durumunda daha önce itiraza uğramamış patentlerden daha değerli olacağını vurgulamıştır. Bununla birlikte itiraz edilen patentlerin, itirazdan başarıyla çıkmaları durumunda daha önce hiç itiraz edilmemiş patentlere göre daha değerli olduklarını ortaya koymuştur. Hamamcıoğlu ve Kahraman (2015) patent itiraz sürecinin maliyetli bir iş olduğunu, ekonomik değeri yüksek veya rakip firmaların birbirlerine engel oluşturmak için yaptıklarını belirtmiştir. Bessen (2008)’in çalışmasında, itiraz ile benzer şekilde bir patent için ihlal davası açılması dava edilen patentlerin, dava edilmemiş patentlere göre 6 kata yakın daha değerli hale geldiğini vurgulamıştır.

Bu çalışmalar ışığında rakipler tarafından değerli ve stratejik olarak değerlendirilen patentlerin itiraz ya da dava gibi durumlara daha sık karşılaştığı belirlenmiştir. Bununla birlikte itiraz kriterinin en az atf sayısı kadar önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu doğrultuda itiraz kriterinin patent değerine etkisi %20 olarak belirlenmiştir.

4.3. Patent İstem Sayısının Patent Değerlemede Kullanılması

İstemler patentlenen buluşun koruma kapsamını belirleyen en önemli unsurdur. İstem sayısı ise patentlenen buluşun koruma kapsamının genişliğinin bir göstergesidir (Grimaldi, Cricelli, Giovanni ve Rogo, 2015).

Lanjou ve Schankerman (2001) 1975-1993 yılları arasında 7 teknolojik alanda 100.000'den fazla patent kullanılarak oluşturulan modelde; ilaç, biyoteknoloji, diğer sağlık alanları, kimya, elektronik, bilgisayar ve iletişim ile mekanik gibi alanlarda yapılan araştırmalar sonucu ilaç sektörü hariç diğer 6 sektörde en önemli unsurun istem sayısı olduğu belirtilmiştir.

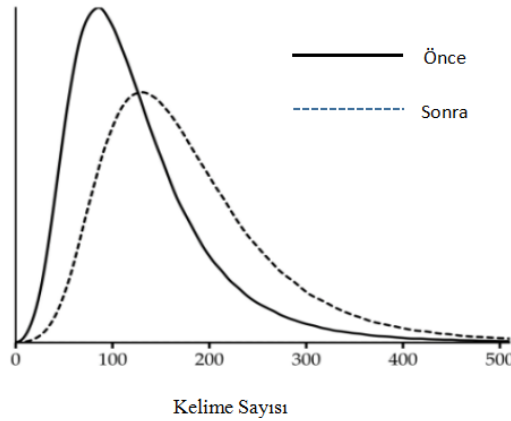
Reitzig, M. (2004) ,Gambardella vd. (2008) , Fischer ve Leidinger (2014) Patent değeri ile istem sayısı arasında belirgin olarak pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte Reitzig, M. (2004), istem sayısının patent değerine etkisini “orta” olarak sınıflandırmıştır. Odassa vd. (2013) patentlerin müzayede satışları sırasında teklif fiyatları ve kapanış fiyatlarını inceleyerek patent kriterlerinin müzayede fiyatlarındaki etkisi üzerindeki çalışmalarında, istem sayısının teklif fiyatını belirgin bir şekilde etkilemediğini bununla birlikte kapanış fiyatına üzerinde açık bir şekilde pozitif bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur.

Bu araştırmalar ışığında istem sayısının patent değeri üzerindeki etkisi %15 belirlenmiştir.

4.4. Patent İstem Uzunluğunun Patent Değerlemede Kullanılması

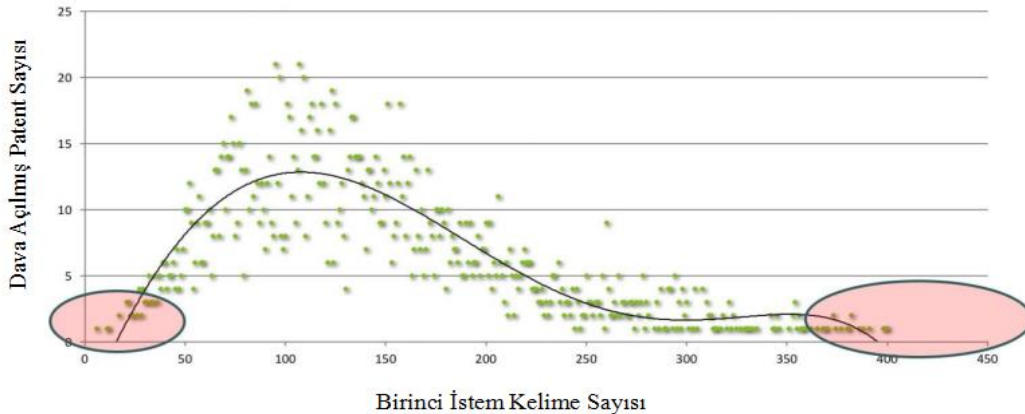
Patent değerlemede istem özelliklerinin önemli olduğu bir diğer unsur ise istem uzunluğudur. Patent ofislerindeki analistler, istem uzunluklarını patentin koruma kapsamının bir ölçüsü olarak kullanmaktadır, istem ne kadar kısa ise o kadar geniş koruma sağlar. (Harhoff, 2016).

Kuhn ve Thompson (2017), patent genişliğinin belirlenmesi için bağımsız istemdeki harflerin sayılmasına dayalı bir ölçüm sunmuştur. Kuhn ve Thompson (2017), istemlerin değerlendirilmesi sırasındaki değişiklikleri gözlemlemek için yaklaşık 950 bin Amerika Birleşik Devletleri patentini incelemiştir. Sonuç olarak, şekil 5'te gösterildiği gibi başvuru yapılan patentlerde ortalama olarak 130 kelime olduğunu bununla birlikte yayımlanan patentlerin ortalamasının ise 181 olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 5: Uzman İncelemesi Sonrası Kelime Artışı

Oliver, Costa ve Richardson (2016) yaptıkları çalışmada, dava sayısı ile 1.istem uzunluğu arasındaki bağlantıyı ortaya koymuştur. 25 kelimedenden az ve 250 kelimedenden fazla olan istemlerdeki dava sayılarında ciddi oran şekil 6'da gösterildiği gibi ortaya koyulmuştur. Bununla birlikte 63 ve 163 kelime arasındaki 1.istem uzunluğuna sahip patentlerin daha yüksek oranda dava edildiği görülmektedir.

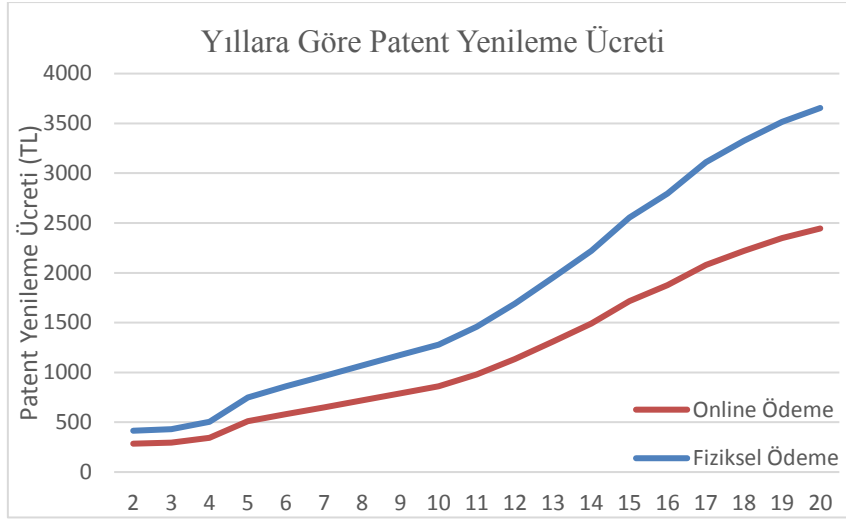


Şekil 6: İstem uzunluğu ve Dava İlişkisi

Daha önce de bahsedildiği gibi bir patentin dava edilmesi o patentin değerinin bir göstergesidir. Bu çalışmalar ışığında, birinci istem uzunluğunun patent değerine etkisi %15 olarak belirlenmiştir.

4.5. Patent Ömrünün Patent Değerlemede Kullanılması

Patent değerlemede kullanılan bir başka kriter ise patentin kalan ömrüdür. Bir patentin ömrü tescil aldığı tarihten itibaren 20 yıldır. Bu süre zarfında patentin geçerliliğini koruması için yıllık yenileme ücretlerinin ödenmesi gerekmektedir. Şekil 7’de e-devlet üzerinden ve fiziksel olarak bu işlemlerin yapılması halinde Türk Patent ve Marka Kurumu’nun patent yenileme ücretlerinin yıllara göre değişimi gösterilmektedir. E-devletten yapılan işlemlerin toplam tutarı 22635 Türk lirası yaparken fiziksel işlemler ile yapılan ödemelerde toplam tutar 33730 Türk lirasıdır (Türk Patent ve Marka Kurumu Patent, 2019) Grafikten de görüleceği gibi yıllar ilerledikçe patent yenileme ücretleri artmaktadır. Bu durum patentin koruma sağladığı başka ülkelerin de bulunması durumunda daha ciddi bir masraf haline gelmektedir.



Şekil 7: Yıllara Göre Patent Yenileme Ücreti

Patentin yaşının artmasıyla birlikte kullanılan teknolojinin pazardaki etkisi daha da artmaktadır. Bununla birlikte patent yaşı arttıkça patentin temel aldığı teknolojinin eskimesi söz konusudur (Fischer ve Leidinger, 2014). Patentın kalan ömrünün azalması ve artan masraflar ile birlikte patentten elde edilecek olası getiriler azalmaktadır (Hamamcıoğlu ve Kahraman, 2015).

Bu çalışmalar ışığında patent ömrünün ilk yılları ve son yıllarında patent değerine etkisinin daha az etki ederken patent ömrünün ortalarında en yüksek seviyeye çıkacağı söylenebilir. Bu veriler neticesinde patent ömrünün patent değeri üzerindeki etkisi % 15 olarak belirlenmiştir.

4.6. Patent Aile Boyunun Patent Değerlemede Kullanılması

Patent aile boyu, ilk defa bir patent değerlendirme yöntemi olarak Putnam (1997) tarafından ortaya koyulmuştur. Putnam (1996) bir patentın birden fazla ülkede koruma başvurusu yapmasının maliyetli olduğunu vurgulayarak patent aile boyunun, patentlenen buluştan beklenen maddi değerin bir göstergesi olduğunu belirtmiştir (Wang, García, Guijarro ve Moya, 2011). Daha sonra bu sonuçlar deneysel olarak Guellec ve van Pottelsberghe de la Potterie (2000), Lanjouw ve Schankerman (2001), Reitzig (2004) tarafından doğrulanmıştır (Odassa vd, 2013). Sapsalis vd, (2006) patentin koruma sağladığı coğrafik alanın genişliğinin patent değeriyle yakından ilişkili olduğunu belirtmiştir. Fischer ve Leidinger (2014) yaptıkları çalışmada patent aile boyunun patent değeriyle pozitif bir ilişkisi olduğunu doğrulamıştır. Odasso vd, (2014) patentlerin müzayede satışları sırasında teklif fiyatları ve kapanış fiyatlarını inceleyerek yaptığı patent kriterlerinin müzayede fiyatlarına etkisi üzerine olan çalışmalarında, patent aile boyunun hem teklif fiyatı hem de kapanış fiyatı üzerinde pozitif bir etkisinin olduğunu ortaya koymuştur.

Patent aile boyunun patent değeri üzerindeki etkisi, daha önce kullanılmakta olan patent değerlendirme yöntemindeki ile aynı olacak şekilde, %15 olarak belirlenmiştir.

5. Sonuç

Ekonominin günümüzde bilgiye dayalı olması, küresel rekabetin artması ve devletlerin patentler için verdiği maddi teşvikler patentlerin önemini her geçen gün arttırmaktadır. Bununla birlikte patentlerin şirketlere sağladığı rekabet, vergi ve lisanslama gelirleri gibi avantajlardan yararlanmak için şirketlerin patent değerlerinin parasal karşılığını ortaya koyabilmelidir. Öte yandan patentlerin değerlerinin belirlenmesi için kullanılacak metotların seçilmesi ve bu metotların uygulanması oldukça zor bir işlemdir.

Bu çalışma ile birlikte bir havacılık ve uzay firmasında hâlihazırda kullanılmakta olan patent değerlendirme yöntemi ile literatürde yer alan çalışmalar birlikte irdelenerek kullanılmakta olan patent değerlendirme yönteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma ile birlikte patent değerine etki eden kriterler belirlenerek bu kriterlerin patent değeri üzerindeki ağırlıkları belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, atıf sayısının literatürde en sık kullanılan yöntem olduğuna bununla birlikte sadece ileri atıf sayısının patent değeri ile

pozitif bir ilişki içerisinde olduğu sonucuna varılmıştır. İleri atf sayısı ile birlikte patentin itiraz ve dava durumu, istem sayısı, istem uzunluğu, patent ömrü ve patent aile boyu da patent değeri ile pozitif ilişkisi olan kriterler arasında yer almaktadır.

6. Kaynakça

- Berman, B. (2019, July 11). \$21 trillion in U.S. intangible assets is 84% of S&P 500 value – IP rights and reputation included. Retrieved from <https://ipcloseup.com/2019/06/04/21-trillion-in-u-s-intangible-asset-value-is-84-of-sp-500-value-ip-rights-and-reputation-included/>
- Bessen, J. (2008). The value of U.S. patents by owner and patent characteristics. *Research Policy*, 37(5), 932–945. doi: 10.1016/j.respol.2008.02.005
- Fischer, T., & Leidinger, J. (2014). Testing patent value indicators on directly observed patent value—An empirical analysis of Ocean Tomo patent auctions. *Research Policy*, 43(3), 519–529. doi: 10.1016/j.respol.2013.07.013
- Gambardella, A., Harhoff, D., & Verspagen, B. (2008). The value of European patents. *European Management Review*, 5(2), 69–84. doi: 10.1057/emr.2008.10
- Grimaldi, M., Cricelli, L., Giovanni, M. D., & Rogo, F. (2015). The patent portfolio value analysis: A new framework to leverage patent information for strategic technology planning. *Technological Forecasting and Social Change*, 94, 286–302. doi: 10.1016/j.techfore.2014.10.013
- Grube, C. (2009). *Measuring the Immeasurable Valuing Patent Protection of Knowledge-Based Competitive Advantages*. Wiesbaden: Gabler.
- Guellec, D., & Bruno Van Pottelsberghe De La Potterie. (2000). Applications, grants and the value of patent. *Economics Letters*, 69(1), 109–114. doi: 10.1016/s0165-1765(00)00265-2
- Hall, B., Jaffe, A., & Trajtenberg, M. (2000). Market Value and Patent Citations: A First Look. doi: 10.3386/w7741
- Hamamcioğlu, V., & Kahraman, D. (2015). Patent Değerleme. *Fikri Gündem*, (9), 12–24
- Harhoff, D., Scherer, F. M., & Vopel, K. (2003). Citations, family size, opposition and the value of patent rights. *Research Policy*, 32(8), 1343–1363. doi: 10.1016/s0048-7333(02)00124-5
- Harhoff, D. (2016). Patent Quality and Examination in Europe. *American Economic Review*, 106(5), 193–197. doi: 10.1257/aer.p20161093
- Hirschey, M., & Richardson, V. J. (2001). Valuation effects of patent quality: A comparison for Japanese and U.S. firms. *Pacific-Basin Finance Journal*, 9(1), 65–82. doi: 10.1016/s0927-538x(00)00038-x
- Hirschey, M., & Richardson, V. J. (2004). Are scientific indicators of patent quality useful to investors? *Journal of Empirical Finance*, 11(1), 91–107. doi: 10.1016/j.jempfin.2003.01.001
- Kabuk, Y. (2016). Patent Değeri Belirleme. *USIMP Patent Fuarı*
- Kapoor, R., Ranaei, S., Karvonen, M., & Kassi, T. (2013). Patent portfolio analysis using citation categories. *2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. doi: 10.1109/ieem.2013.6962502
- Kuhn, J. M., & Thompson, N. (2017). The Ways Weve Been Measuring Patent Scope are Wrong: How to Measure and Draw Causal Inferences with Patent Scope. *SSRN Electronic Journal*. doi: 10.2139/ssrn.2977273
- Lai, Y.-H., & Che, H.-C. (2009). Modeling patent legal value by Extension Neural Network. *Expert Systems with Applications*, 36(7), 10520–10528. doi: 10.1016/j.eswa.2009.01.027
- Lanjouw, J. O., & Schankerman, M. (2001). Characteristics of Patent Litigation: A Window on Competition. *The RAND Journal of Economics*, 32(1), 129. doi: 10.2307/2696401
- Lanjouw, J. O., & Schankerman, M. (2004). Patent Quality and Research Productivity: Measuring Innovation with Multiple Indicators. *The Economic Journal*, 114(495), 441–465. doi: 10.1111/j.1468-0297.2004.00216.x
- Narin, F., Hamilton, K. S., & Olivastro, D. (1997). The increasing linkage between U.S. technology and public science. *Research Policy*, 26(3), 317–330. doi: 10.1016/s0048-7333(97)00013-9
- Odasso, M. C., Scellato, G., & Ughetto, E. (2013). Selling Patents at Auction: An Empirical Analysis of Patent Value. *SSRN Electronic Journal*. doi: 10.2139/ssrn.2291874
- Oliver, E., Costa, M., & Richardson, K. (2016, March 30). High Value Patents: Does family size matter when looking for better patents? - IPWatchdog.com: Patents & Patent Law. Retrieved from <https://www.ipwatchdog.com/2016/03/27/high-value-patents-size-matter/id=67198/>
- Peker, K., & Şoplan Temiz, A. (2018). Havacılık Ve Savunma Sanayi için Patent Değerleme Yöntemi. *Vii. Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı*

I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos 2019, Pamukkale,Denizli/Türkiye
I. International Science and Innovation Congress, 26-29 August 2019, Pamukkale,Denizli/TURKEY

- Reitzig, M. (2004). Improving patent valuations for management purposes—validating new indicators by analyzing application rationales. *Research Policy*, 33(6-7), 939–957. doi: 10.1016/j.respol.2004.02.004
- Sapsalis, E., Bruno Van Pottelsberghe De La Potterie, & Navon, R. (2006). Academic versus industry patenting: An in-depth analysis of what determines patent value. *Research Policy*, 35(10), 1631–1645. doi: 10.1016/j.respol.2006.09.014
- Shane, S. (2001). Technological Opportunities and New Firm Creation. *Management Science*, 47(2), 205–220. doi: 10.1287/mnsc.47.2.205.9837
- Shane, S. (2002). Selling University Technology: Patterns from MIT. *Management Science*, 48(1), 122–137. doi: 10.1287/mnsc.48.1.122.14281
- Silverberg, G., & Verspagen, B. (2007). The size distribution of innovations revisited: An application of extreme value statistics to citation and value measures of patent significance. *Journal of Econometrics*, 139(2), 318–339. doi: 10.1016/j.jeconom.2006.10.017
- Sözer, M. N.(2008), Patent Değerlemesi ve Türkiye'deki Uygulamaları. *Türk Patent Marka Kurumu Patent Dairesi Başkanlığı*.
- Trajtenberg, M. (1990). A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations. *The RAND Journal of Economics*, 21(1), 172. doi: 10.2307/2555502
- Türk Patent ve Marka Kurumu Patent - Patent Süreci (2017) [PDF file] Retrieved from <https://www.turkpatent.gov.tr/TURKPATENT/resources/temp/522B990B-E529-4378-8287-66E77494B4FA.pdf>
- Türk Patent ve Marka Kurumu Patent İşlem Ücretleri. Retrieved from <https://www.turkpatent.gov.tr/TURKPATENT/fees/informationDetail?id=112>
- Wang, X., García, F., Guijarro, F., & Moya, I. (2011). Evaluating patent portfolios by means of multicriteria analysis. *Revista De Contabilidad*, 14(1), 9–27. doi: 10.1016/s1138-4891(11)70020-6
- Wartburg, I. V., Teichert, T., & Rost, K. (2005). Inventive progress measured by multi-stage patent citation analysis. *Research Policy*, 34(10), 1591–1607. doi: 10.1016/j.respol.2005.08.001
- World Intellectual Property Organization (2011), Interpreting and Utilizing Search Examination Reports [PDF file] Retrieved from https://www.wipo.int/edocs/mdocs/aspac/en/wipo_ip_kul_11/wipo_ip_kul_11_ref_t20.pdf
- Özdemir, M. N. (2014). Fikri Mülkiyet Haklarının Ticarileştirilmesi Raporu. *Tusiad*.
- Putnam, J. D. (1997). The value of international patent rights.

FARKLI SICAKLIKLARDAKİ JEOTERMAL SU TAŞINAN HASARLI BORULARIN KOMPOZİT YAMA İLE TAMİRİNİN SONLU ELEMANLAR METODU İLE ANALİZİ

Faruk Şen

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Menteşe, Muğla, Türkiye

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ula Ali Koçman Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Ula, Muğla, Türkiye

faruksen@mu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, farklı sıcaklıklardaki jeotermal su taşınan hasarlı boruların, kompozit yama ile tamiri sonlu elemanlar metodu ile analiz edilmiştir. Modelleme ve çözümde ANSYS sonlu elemanlar programından yararlanılmıştır. Çözüm için sonlu elemanlar metodu kullanılmıştır. Türkiye'nin farklı bölgelerindeki jeotermal su sıcaklıkları için analizler yapılmıştır. Jeotermal su sıcaklığından kaynaklanan, ısıl gerilmelerin değerleri ve dağılımları elde edilmiştir. Yapılan analizlere göre boru malzemesi, yapıştırıcı ve kompozit yama malzemesinin farklı ısıl ve mekanik özellikleri boru ve yama üzerinde yüksek değerli ısıl gerilmeler oluşmasına neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Kompozit Yama, Sonlu Elemanlar Metodu, FEM, Jeotermal Su.*

1. Giriş

Ülkelerin kalkınma ve büyüme hızına bağlı olarak enerji ihtiyaçları da sürekli olarak artmaktadır. Jeotermal enerji sıcaklığına bağlı olarak başta elektrik üretimi olmak üzere konut ısıtması, sera ısıtması, termal turizm-tedavi ve endüstride birçok alanda kullanılmaktadır. Jeotermal enerji hem düşük karbondioksit emisyon oranı ile hava kirliliği yaratmaması ve hem de yenilenebilir olması nedeniyle önemli bir alternatif enerji kaynağıdır [1].

Jeotermal Enerjiden yararlanma biçimi; genel olarak jeotermal kaynağın sıcaklığına ve kapasitesine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ancak geniş bir kullanım aralığı bulunmaktadır. Kullanım biçiminin başlıcalarını belirtmek gerekirse; elektrik üretimi, kapalı alan ısıtma, termal turizm, tarımsal kullanım (seracılık, ürün kurutmacılığı), endüstriyel kullanım (proses suyu ısıtma, kurutma), absorpsiyon soğutma, kuru buz üretimi (CO₂) şeklinde sıralanabilir [2].

Günümüzde yaygın olarak kullanılan yapı elemanları, metaller, polimerler, kompozitler ve seramikler olmak üzere dört gruptadır. Bu malzemeler çok eski çağlardan beri kullanılmaktadır [3]. İki veya daha çok malzemenin makroskobik düzeyde birleştirilmesi ile elde edilen yeni malzeme, kompozit malzeme olarak adlandırılmaktadır. Bu yapıdaki kompozitlerin günümüzde kullanıldığı başlıca yapılar, hava araçları, uzay araçları, uydular, gemiler, denizaltılar, otomobiller, kimyasal işlem donanımları, sportif araçlar, alt yapı sistemleri, tıbbi protezler ve mikro elektronik aletlerdir Alüminyum ve çelik gibi yaygın olarak kullanılan geleneksel metal ve metal alaşımları ile karşılaştırıldığında, kompozit malzemelerin, hafiflik, yorulmaya karşı uzun ömür, korozyon dayanımı gibi üstün özellikleri nedeniyle önemi artmaktadır [4].

Son zamanlarda mühendislik problemleri ve daha birçok farklı alandaki problemlerin çözümü için sonlu elemanlar metodundan (FEM) sıkça yararlanılmaktadır. Yapılan nümerik çalışmalarda elde edilen değerler, önceden farklı yöntemlerle yapılmış çözümlerle veya deneysel çalışma sonuçları ile karşılaştırılabilmektedir. Fakat daha önce benzeri yapılmamış ve deney imkânı oldukça zor olan çalışmalarda, sadece nümerik çalışmalardan elde edilen değerlerin kullanılması gerekebilmektedir [5]. Başka bir ifade ile sonlu elemanlar yöntemi, tanımlı bir problem alanı için oluşturulan kısmi diferansiyel denklemlerin yaklaşık çözümüdür. Kısmi diferansiyel çözüm için ilk adım problemin matematiksel fonksiyon haline getirilmesidir. Statik, dinamik, yorulma, termal ve akışkanlar mekaniği gibi pek çok mühendislik problemi SEY ile kolaylıkla çözülebilmektedir [6].

Sonlu elemanlar metodu kullanılmak suretiyle çeşitli çalışmalar araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Sen [7] tarafından tabakalı kompozit plaklarla ilgili yapılan çalışmada, sıcaklık yükü nedeniyle plakalarda oluşan ısıl gerilmeler elde edilmiştir. Yapılan çalışmada, sonlu elemanlar metodu kullanılmıştır. Elasto plastik olarak yapılan çözümlerde, termoplastik kompozit plakanın orta kısmına bir delik oluşturulmuş ve deliğin ısıl gerilmeler üzerine etkisi incelenmiştir. Kaynak ve Şen [8] yaptıkları çalışmada, enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilmiş polimer matrisli bir kompozit diskteki ısıl gerilmeleri hesaplamışlardır. Isıl gerilmeler uniform sıcaklık etkisiyle meydana getirilmiştir. Çözüm için iki boyutlu sonlu elemanlar metodu (FEM) kullanılmıştır. Bu amaç için ANSYS yazılımından yararlanılmıştır.

Sen [8] tarafından sonlu elemanlar metodu ve ANSYS programı kullanılarak yapılan çalışmada, üzerinde çok sayıda delik bulunan bir kompozit diskin ısıl gerilme analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, elastik-plastik ve artık ısıl gerilmeler hesaplanmıştır. Isıl gerilmelerin ve artık gerilmelerin değerlerinin uygulanan uniform sıcaklık yüklemelerine bağlı olarak değişim gösterdiği gözlenmiştir.

Yapıştırıcı kullanılarak birleştirme, mekanik bağlantı elemanları kullanılmasına kıyasla önemli avantajlar sağlar. Yapıştırıcı yük ve gerilimi tüm birleşim yüzeyine yayarak statik ve dinamik yüklerin düzgün dağılmasını sağlar, gerilimin belli noktalarda yoğunlaşmasını engeller. Dolayısıyla yapıştırıcı ile gerçekleştirilmiş bir bağlantı, bükülme ve titreşime, mekanik yöntemle yapılan bir bağlantıdan daha dayanıklıdır [10]. Genel olarak yapıştırıcı bağlantıların mukavemeti; birleşen parçaların büyüklüğüne, kalınlığına, geometrisine, elastik modülüne, yapıştırıcının kayma modülüne, yapışma uzunluğuna, yapışma yüzeylerinin ön işlemlerine, yapışma işlemine ve yapıştırıcı birleştirilmeli bağlantının maruz kalacağı şartlara bağlıdır [11]. Yapıştırıcı birleştirilmeli bağlantıların analitik analizinin ilk çalışmaları Volkersen [12] tarafından yapılmıştır. Volkersen çalışmasında, tek bindirme bağlantısında yapıştırıcı tabakasındaki kayma gerilmesi dağılımını, yapıştırılan iki malzemenin çok direngen olduğunu ve çekme yükü altında deforme olduğunu, yüklemeye dolaylı eğilmediğini kabul ederek açıklamıştır.

Apalak ve ark. [13], yapıştırma ve nokta kaynağını kombine ederek oluşturdukları karma bağlantılarda sıcaklık dağılımı ve sıcaklık tesiriyle meydana gelen ısı gerilmeleri bulmuşlardır. Sıcaklık dağılımını, geliştirdikleri Fortran programını kullanarak, ısı gerilmeleri ise ANSYS sonlu elemanlar yazılımını kullanarak bulmuşlardır. Kaya [14] yaptığı çalışmada sonlu elemanlar yöntemi kullanarak çekme kuvveti altında tek ve çift yapıştırıcı ile birleştirilmiş bindirmelerde gerilme analizini araştırmıştır. Çalışmasında, gerilme dağılımı üzerine farklı parametrelerin etkilerini bulmak için ilk olarak yapıştırıcı kalınlığı dikkate alınmış, ikinci olarak ise benzer ve farklı yapışan malzemeler için yapıştırıcı kalınlığı dikkate alınmamıştır. Model statik olarak ele alınmış ve daha sonra çalıştığı dinamik çalışmaların temelini oluşturmuştur. Şen ve Aldaş [15], modelleyerek yaptıkları çift örtü kullanılarak yapıştırılmış metal levhalarda meydana gelen ısı gerilmelerin araştırıldığı çalışmada sonlu elemanlar metodu kullanılmıştır.

Bu çalışmada, farklı sıcaklıklardaki jeotermal su taşınan hasarlı boruların, kompozit yama ile tamiri sonlu elemanlar metodu ile analiz edilmiştir. Çalışma ile uygulama yapılan alanlar için pratik bir yöntem önerilmeye çalışılmıştır.

2. Malzeme ve Yöntem

Jeotermal tesiste kullanılan boruların çelik olduğu varsayılmıştır. Çelik boru üzerinde oluşan deliklerin ve/veya çatlakların üzerine epoksi yapıştırıcı uygulandığı ve kompozit yamanın boru üzerine epoksi yapıştırıcı ile yapıştırıldığı varsayılmıştır. Boru malzemesi çelik ve yapıştırıcı olarak kullanılan epoksinin malzeme özellikleri Tablo 1’de listelenmiştir [13].

Tablo 1: Çelik ve epoksinin özellikleri [13]

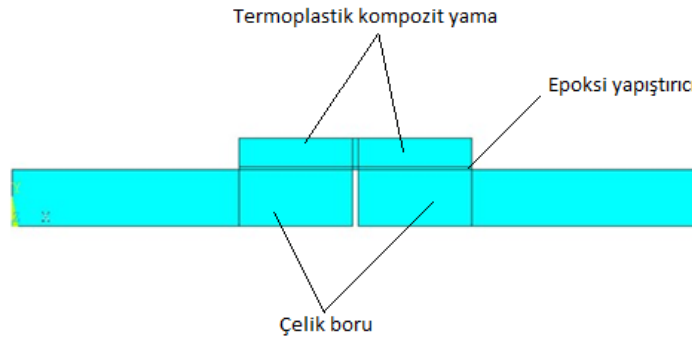
Özellik	Çelik	Epoksi
ρ (kg/m ³)	7780	1264
c_p (J/kgK)	460	1046
k (W/mK)	80.3	0.179
E (GPa)	207	3.3
ν	0.29	0.30
α ($\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$)	12.6	43.3

Delik ve/veya çatlak oluşan borunun üzerine uygulanan yamanın termoplastik kompozit olduğu varsayılmıştır. Kompozitin üretimi daha önceden Şen [7] tarafından gerçekleştirilmiş ve deneysel olarak mekanik özellikleri belirlenmiştir. Kompozit malzeme çelik tellerle takviye edilmiş ve termoplastik matrise sahiptir. Termoplastik kompozit malzemenin mekanik özellikleri Tablo 2’de listelenmiştir.

Tablo 2: Termoplastik kompozit malzemenin mekanik özellikleri [7]

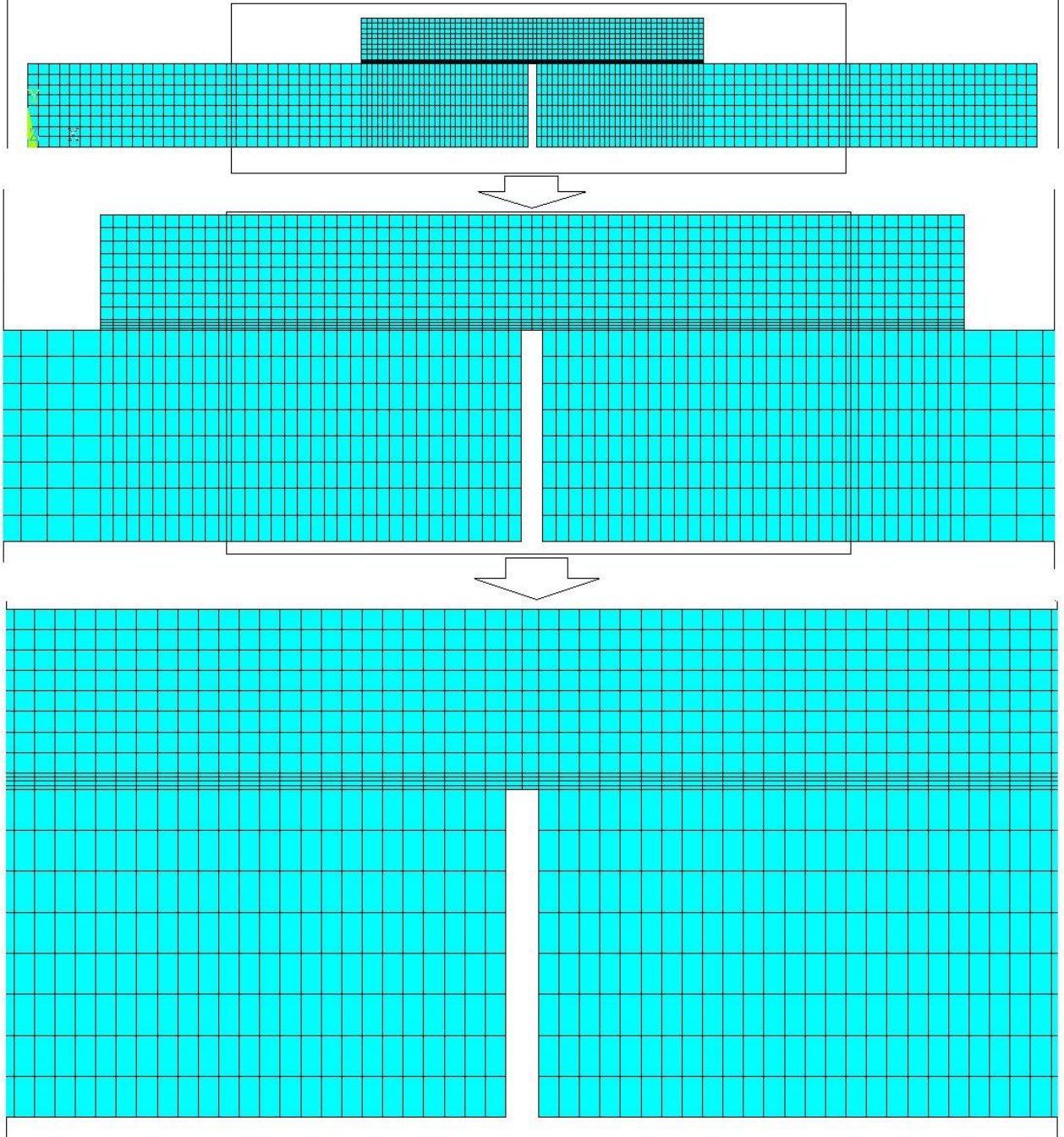
E_1 (MPa)	E_2 (MPa)	G_{12} (MPa)	ν_{12}	α_1 (1/ $^\circ\text{C}$)	α_2 (1/ $^\circ\text{C}$)
41000	1200	420	0,25	13.110^{-6}	13110^{-6}

Tasarlanan model ANSYS sonlu elemanlar yazılımı kullanılmak suretiyle oluşturulmuştur [16]. Çelik boru ve kompozit yama uygulanmış model Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 11: Çelik boru ve kompozit yama uygulanmış model

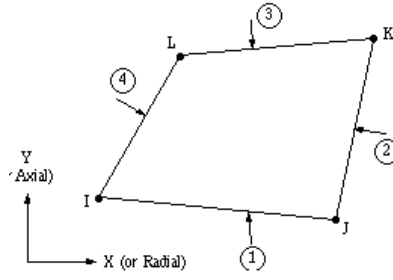
Sonlu elemanlar ile problem çözümünde en önemli işlemlerden bir tanesi de oluşturulan modele uygun ağ yapısının model üzerinde oluşturulmasıdır. Model üzerinde oluşturulan sonlu eleman ağ yapısı ve detayların daha iyi anlaşılabilmesi için büyütülmüş görüntüleri Şekil 2’de gösterilmiştir.



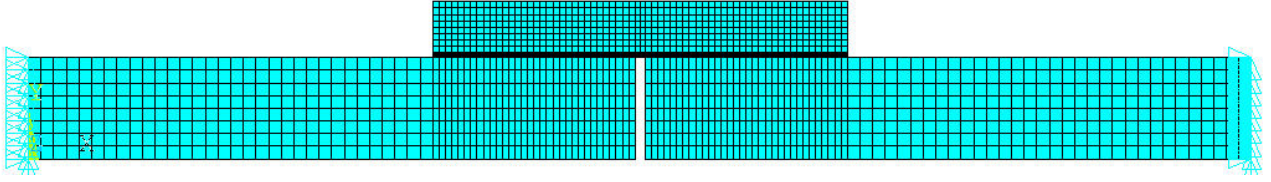
Şekil 2: Sonlu eleman ağ yapısı ve büyütülmüş görüntüleri

Sonlu elemanlara bölme işlemi sonrasında model üzerinde 3632 eleman ve 3817 düğüm noktası oluşturulmuştur. Yapıştırıcı ve çatlak bölgesinde daha yoğun ağ yapısı oluşturulmasına dikkat edilmiştir. Eleman tipi olarak Plane 182 tercih edilmiştir. Plane 182 eleman tipi Şekil 3’te gösterilmiştir [16].

Sonlu elemanlar ağ yapısının oluşturulmasından sonra model üzerine sınır şartları uygulanmıştır. Uygulanan sınır şartları Şekil 4’te gösterilmiştir. Analizlerde ortam sıcaklığı 20 °C kabul edilmiştir. Jeotermal su sıcaklıkları olarak Ege bölgesinde yer alan jeotermal kaynaklardan sırasıyla; Manisa, Alaşehir; Kavaklıdere 116 °C, Manisa Turgutlu, Urganlı 86 °C ve Denizli, Karahayıt 55 °C seçilmiştir [1]. Böylece farklı su sıcaklıklarına sahip bölgelerde, yamanın kullanımı sonrasında meydana gelebilecek ısıl gerilmeler bulunmaya çalışılmıştır.



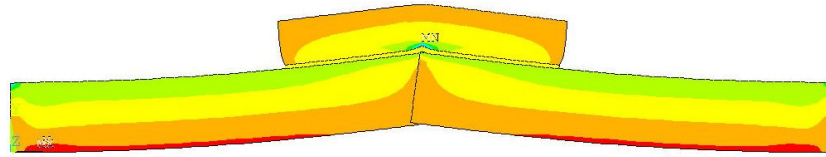
Şekil 3: Plane 182 eleman tipi [16]



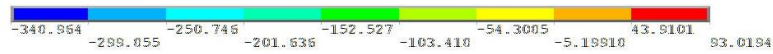
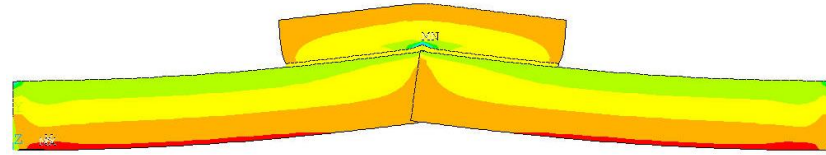
Şekil 4: Sınır şartlarının uygulanması

3. Bulgular

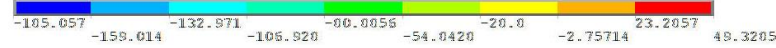
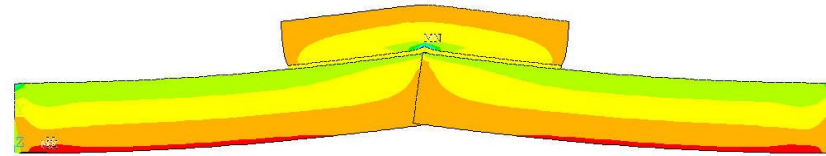
Manisa, Alaşehir; Kavaklıdere 116 °C, Manisa Turgutlu, Urganlı 86 °C ve Denizli, Karahayıt 55 °C jeotermal su sıcaklıkları için sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen, tüm model üzerinde σ_x normal gerilmeleri Şekil 5'te, tüm model üzerinde σ_y normal gerilmeleri Şekil 6'da ve tüm model üzerinde τ_{xy} kayma gerilmeleri Şekil 7'de gösterilmiştir.



a) Manisa, Alaşehir; Kavaklıdere 116 °C



b) Manisa Turgutlu, Urganlı 86 °C

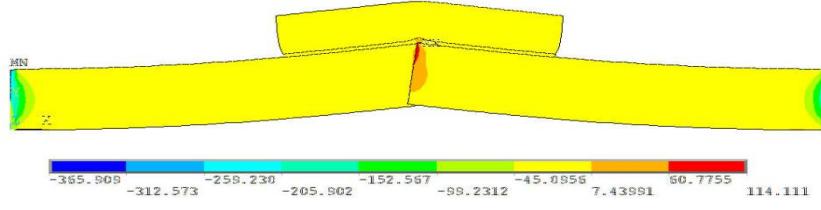


c) Denizli, Karahayıt 55 °C

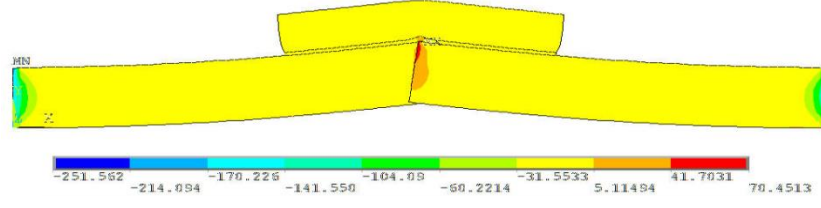
Şekil 5: Tüm model üzerinde σ_x normal gerilmeleri

Bu şekillerden görüldüğü üzere bağlantı üzerinde çok yüksek değerli ısıl basma ve çekme gerilmeleri ortaya çıkmıştır. Mutlak değer olarak değerlendirildiğinde x ve y yönlerindeki normal basma gerilmelerinin değerlerinin, normal çekme gerilmelerinden daha yüksek değerlerde olduğu açıkça görülmektedir. Çatlak ve/veya delik bölgesinde gerilme yığılmaları olduğu anlaşılmaktadır. Gerilme

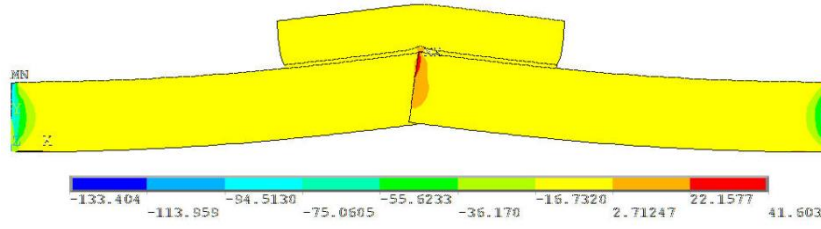
yığımlarının boru kesitinde, yapıştırıcıda ve yamanın bu bölgelerinde oluştuğu görülmektedir. Çatlak ve/ya delik oluşumunun çelik boru üzerinde bir nevi çatlak etkisi gösterdiği açıkça ortadadır.



a) Manisa, Alaşehir; Kavaklıdere 116 °C

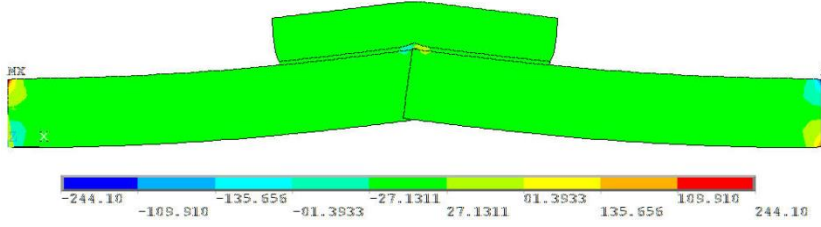


b) Manisa Turgutlu, Urganlı 86 °C

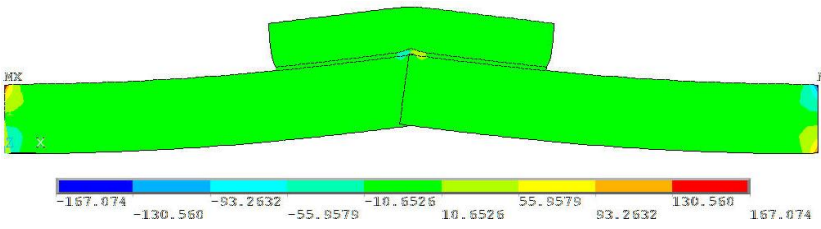


c) Denizli, Karahayıt 55 °C

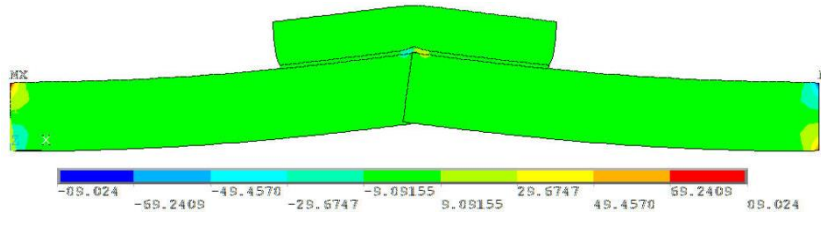
Şekil 6: Tüm model üzerinde σ_y normal gerilmeleri



a) Manisa, Alaşehir; Kavaklıdere 116 °C



b) Manisa Turgutlu, Urganlı 86 °C

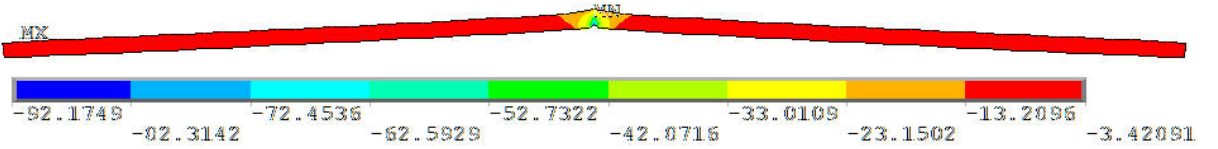
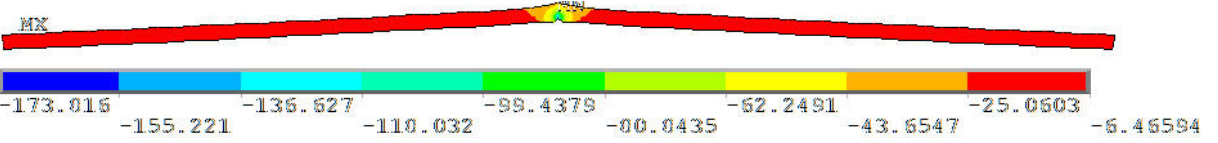
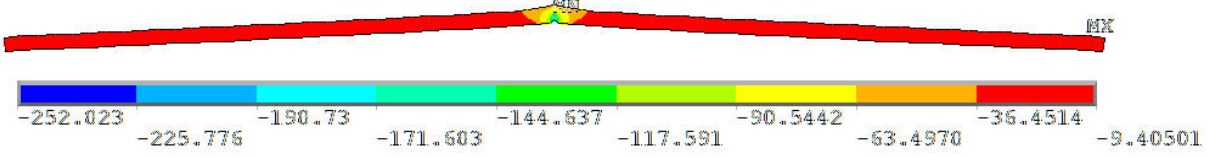


c) Denizli, Karahayıt 55 °C

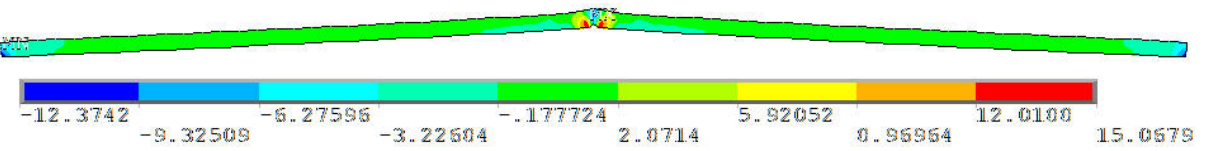
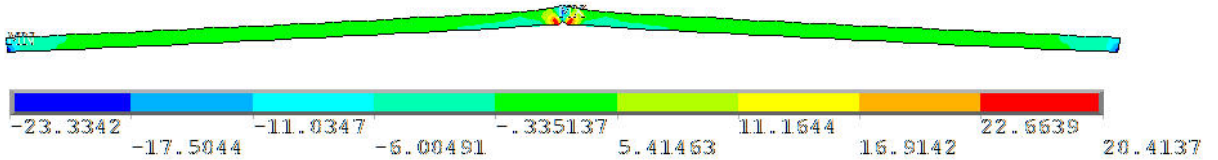
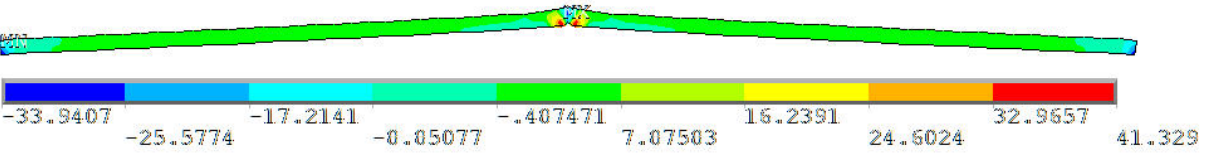
Şekil 7: Tüm model üzerinde τ_{xy} kayma gerilmeleri

En yüksek jeotermal su sıcaklığına sahip olan Manisa, Alaşehir; Kavaklıdere 116 °C için yapılan analizlerde elde edilen tüm ısıl gerilmelerin en yüksek değerlerde olduğu, en düşük jeotermal su sıcaklığına sahip olan Karahayıt 55 °C için yapılan analizlerde elde edilen ısıl gerilmelerin değerlerinin diğer iki bölge için elde edilen ısıl gerilme değerlerinden daha düşük olduğu anlaşılmaktadır.

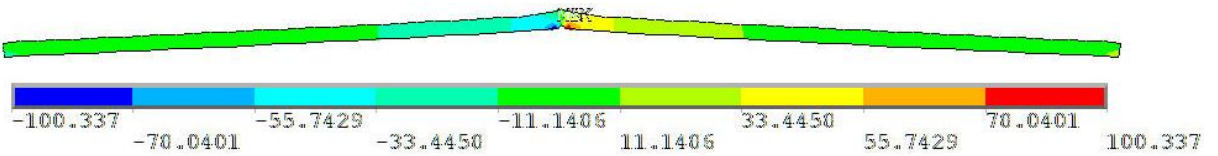
Analizlerin lineer olarak yapılmasından dolayı, ısıl gerilmelerin değerlerinin de jeotermal su sıcaklığındaki artışa bağlı olarak lineer artış gösterdiği görülmektedir.

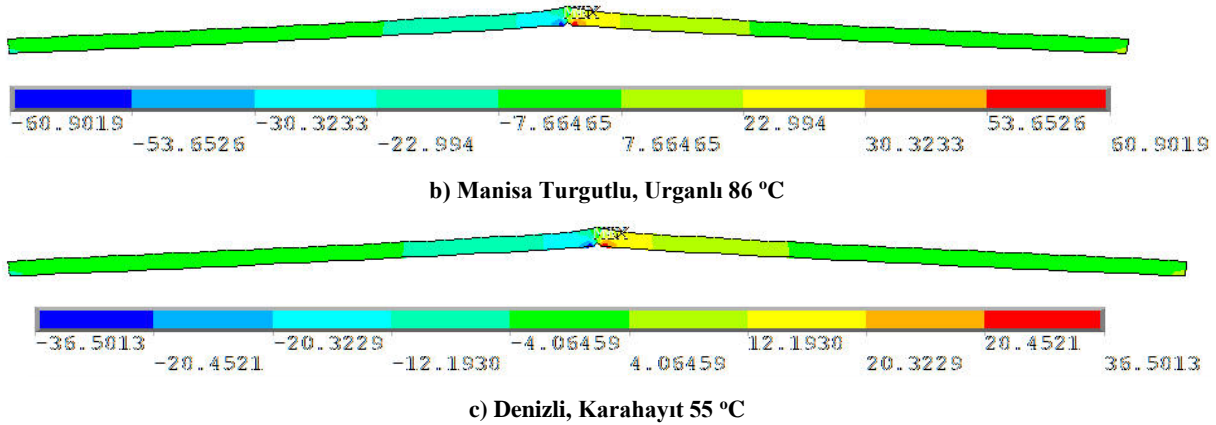


Şekil 8: Yapıştırıcı tabaka üzerinde σ_x normal gerilmeleri



Şekil 9: Yapıştırıcı tabaka üzerinde σ_y normal gerilmeleri





Şekil 10: Yapıştırıcı tabaka üzerinde τ_{xy} kayma gerilmeleri

Manisa, Alaşehir; Kavaklıdere 116 °C, Manisa Turgutlu, Urganlı 86 °C ve Denizli, Karahayıt 55 °C jeotermal su sıcaklıkları için sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen, yapıştırıcı tabaka üzerinde σ_x normal gerilmeleri Şekil 8’de, yapıştırıcı tabaka üzerinde σ_y normal gerilmeleri Şekil 9’da ve yapıştırıcı tabaka üzerinde τ_{xy} kayma gerilmeleri Şekil 10’da gösterilmiştir.

4. Sonuçlar

Farklı sıcaklıklardaki jeotermal su taşınan hasarlı boruların, kompozit yama ile tamiri sonlu elemanlar metodu ile analiz edilmiştir. Yapılan analizlere göre boru malzemesi, yapıştırıcı ve kompozit yama malzemesinin farklı ısıl ve mekanik özellikleri boru ve yama üzerinde yüksek değerli ısıl gerilmeler oluşmasına neden olmuştur.

En yüksek jeotermal su sıcaklığına sahip olan Manisa, Alaşehir; Kavaklıdere 116 °C için yapılan analizlerde elde edilen tüm ısıl gerilmelerin en yüksek değerlerde olduğu, en düşük jeotermal su sıcaklığına sahip olan Karahayıt 55 °C için yapılan analizlerde elde edilen ısıl gerilmelerin değerlerinin diğer iki bölge için elde edilen ısıl gerilme değerlerinden daha düşük olduğu anlaşılmaktadır.

Çatlak ve/veya delik bölgesinde gerilme yığılmaları olduğu anlaşılmaktadır. Gerilme yığılmalarının boru kesitinde, yapıştırıcıda ve yamanın bu bölgelerinde olduğu görülmektedir. Çatlak ve/ya delik oluşumunun çelik boru üzerinde bir nevi çatlak etkisi gösterdiği açıkça ortadadır.

5. Kaynakça

- [1] Arslan, S., Darıcı, M. ve Karahan, Ç., Enerji Semineri, “Türkiye’nin Jeotermal Enerji Potansiyeli”, http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a0819e9e2f84a52_ek.pdf, Erişim Tarihi:05.08.2019.
- [2] <https://www.izmirjeotermal.com.tr/jeotermal-hakkinda/jeotermal-hakkinda>, Erişim Tarihi:05.08.2019.
- [3] Staab, G. H. 1999. *Laminar Composites (1th ed.)*. US: Butterworth-Heinemann.
- [4] Tong, L., Mouritz, A.P. and Bannister, M. *3D Fibre Reinforced Polymer Composites*, Elsevier, UK, 2002.
- [5] Şen, F., Akyüz, B.H. “Sonlu Elemanlarla Çözümde Uygun Ağ Yapısı Seçimi”, *MakineTek Dergisi*, 02, 304-308, 2012.
- [6] <http://analizsimulasyon.com/sonlu-elemanlar-yontemi/>, Erişim Tarihi:05.08.2019.
- [7] Sen, F. An investigation of thermal elasto-plastic stress analysis of laminated thermoplastic composites with a circular hole under uniform temperature loading, *Science and Engineering of Composite Materials*, 13, 213-224, (2006).
- [8] Kaynak, İ., Şen, F. Thermal stress analysis of composite disc under uniform temperature effect using FEM, 15.Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Trabzon, *Bildiriler Kitabı Cilt 2*, 912-916, (2005).
- [9] Sen, F. Elastic-plastic thermal stresses in a composite disc with multiple holes, *Advanced Composite Letters*, 16/3, 95-103 (2007).
- [10] Loctite Global Tasarım Elkitabı, Erasmusdruck GmbH, Mainz, Germany (2005).
- [11] Solmaz, M. Y. Yapıştırıcı ile birleştirilmiş bağlantıların mekanik analiz ve tasarımları, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ (2008).
- [12] Volkersen, O. *Die nietkraftverteilung in zugbeanspruchten nietverbindungen mit konstanten laschenquerschnitten*, *Luftfahrtforschung*, 15, 41-47, 1938.
- [13] Apalak, M.K., Aldas, K. and Şen, F., Thermal non-linear stresses in an adhesively bonded and laser-spot welded single-lap joint during laser-metal interaction, *Journal of Materials Processing Technology*, 142, 1-19, 2003.

- [14] Kaya, A. Investigation of stress distributions in adhesive-bonded lap joint, MS. Degree Thesis, Dokuz Eylul University, Institute of Science and Technology, İzmir, 1991.
- [15] Şen, F., Aldaş, K. Sıcaklık değişiminin yapıştırılmalı ve pimli alüminyum plakalardaki gerilmeler üzerine etkisi, *TÜBAV Bilim Dergisi*, 3, 323-329, 2010.
- [16] ANSYS Documentation, Swanson Analysis System Inc., Houston, PA, USA, 2011.

JEOTERMAL SU TAŞINAN HASARLI BORULARIN DEĞİŞİK TÜRDEKİ KOMPOZİT YAMALAR İLE TAMİRİNİN SONLU ELEMANLAR METODU İLE ANALİZİ

Faruk Şen

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Menteşe, Muğla, Türkiye

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ula Ali Koçman Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Ula, Muğla, Türkiye

faruksen@mu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, jeotermal su taşınan hasarlı boruların, değişik türdeki kompozit yamalar ile tamiri sonlu elemanlar metodu ile analiz edilmiştir. Boru malzemesi çelik olarak kabul edilmiştir. Yama malzemeleri olarak, termoplastik kompozit ve metal matrisli kompozit malzemeler tercih edilmiştir. Model oluşturma ve analiz için ANSYS sonlu elemanlar yazılımı kullanılmıştır. Dolayısıyla, çözüm sonlu elemanlar metodu ile yapılmıştır. Analizler, belirlenen bir jeotermal bölgedeki su sıcaklığı için gerçekleştirilmiştir. Model üzerinde jeotermal suyun sıcaklığından kaynaklanan, ısıl gerilmeler hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre çelik boru malzemesi, yapıştırıcı ve değişik türdeki kompozit yamaların malzemelerinin farklı fiziksel özellikleri, model üzerinde yüksek değerli ısıl gerilmeler oluşturmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Kompozit, Kompozit Yama, Sonlu Elemanlar Metodu, FEM, Jeotermal.*

1. Giriş

Jeotermal enerji; yerkabuğunun, çeşitli derinliklerinde bulunan birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları bölgesel atmosferik sıcaklıkların üzerinde olan, normal yer altı ve yer üstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, tuzlar, gazlar içeren sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir. Jeotermal enerji hem düşük karbondioksit emisyon oranı ile hava kirliliği yaratmaması ve hem de yenilenebilir olması nedeniyle önemli bir alternatif enerji kaynağıdır. Jeotermal enerji hem düşük karbondioksit emisyon oranı ile hava kirliliği yaratmaması ve hem de yenilenebilir olması nedeniyle önemli bir alternatif enerji kaynağıdır [1]. Kullanım biçiminin başlıcalarını belirtmek gerekirse; elektrik üretimi, kapalı alan ısıtma, termal turizm, tarımsal kullanım (seracılık, ürün kurutmacılığı), endüstriyel kullanım (proses suyu ısıtma, kurutma), absorpsiyon soğutma, kuru buz üretimi (CO₂) şeklinde sıralanabilir [2].

Günümüzde yaygın olarak kullanılan yapı elemanları, metaller, polimerler, kompozitler ve seramikler olmak üzere dört gruptadır. Bu malzemeler çok eski çağlardan beri kullanılmaktadır [3]. İki veya daha çok malzemenin makroskobik düzeyde birleştirilmesi ile elde edilen yeni malzeme, kompozit malzeme olarak adlandırılmaktadır. Bu yapıdaki kompozitlerin günümüzde kullanıldığı başlıca yapılar, hava araçları, uzay araçları, uydular, gemiler, denizaltılar, otomobiller, kimyasal işlem donanımları, sportif araçlar, alt yapı sistemleri, tıbbi protezler ve mikro elektronik aletlerdir. Alüminyum ve çelik gibi yaygın olarak kullanılan geleneksel metal ve metal alaşımları ile karşılaştırıldığında, kompozit malzemelerin, hafiflik, yorulmaya karşı uzun ömür, korozyon dayanımı gibi üstün özellikleri nedeniyle önemi artmaktadır [4].

Sonlu elemanlar yöntemi, tanımlı bir problem alanı için oluşturulan kısmi diferansiyel denklemlerin yaklaşık çözümüdür. Kısmi diferansiyel çözüm için ilk adım problemin matematiksel fonksiyon haline getirilmesidir. Statik, dinamik, yorulma, termal ve akışkanlar mekaniği gibi pek çok mühendislik problemi SEY ile kolaylıkla çözülebilmektedir [5]. Mühendislik problemleri ve daha birçok farklı alandaki problemlerin çözümü için sonlu elemanlar metodundan (FEM) sıkça yararlanılmaktadır [6].

Şen [7] yaptığı çalışmada, sıcaklık uygulanmış kompozit plakalarda meydana gelen ısıl gerilmeleri hesaplamıştır. Analizlerde, sonlu elemanlar metodu kullanılmıştır. Elasto plastik olarak yapılan modellemelerde, termoplastik kompozit plakanın orta kısmına bir delik oluşturulmuş ve deliğin ısıl gerilmeler üzerine etkisi incelenmiştir. Şen [8] tarafından yapılan bir diğer çalışmada sonlu elemanlar metodu ve ANSYS programı kullanılarak, üzerinde çok sayıda delik bulunan bir kompozit diskten ısıl gerilme analizi yapılmıştır. Analizler ile elastik-plastik ve artık ısıl gerilmeler elde edilmiştir. Kaynak ve Şen [9] yaptıkları çalışmada, enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilmiş polimer matrisli bir kompozit diskteki ısıl gerilmeleri hesaplamışlardır. Isıl gerilmeler uniform sıcaklık etkisiyle meydana getirilmiştir. Çözüm için iki boyutlu sonlu elemanlar metodu (FEM) kullanılmıştır. Bu amaç için ANSYS yazılımından yararlanılmıştır.

Günümüzde ki tasarımlar iş verimi ve emniyetini arttırmaya, boyutları ve ağırlığı küçültmeye, aynı zamanda malzeme ve imalat masraflarını azaltmaya yöneliktir. Buna paralel olarak birleştirme tekniği de, sürekli bir şekilde yeni problemlerle karşı karşıya kalmaktadır [10]. Yapıştırma tekniği de sağladığı çeşitli avantajlarından dolayı uygulamada yaygın olarak tercih edilen bir birleştirme yöntemidir. Yapıştırıcı ile birleştirme tekniğinin gelişmesi İkinci Dünya Savaşı boyunca olmuştur. Bu teknik polimerik kompozit malzemeler gibi farklı malzeme özelliklerine sahip yapısal bileşenler için de kullanılır [11]. Yapıştırıcı kullanılarak birleştirme, mekanik bağlantı elemanları kullanılmasına kıyasla önemli avantajlar sağlar. Yapıştırıcı yük ve gerilimi tüm birleşim yüzeyine yayarak statik ve dinamik yüklerin düzgün dağılmasını sağlar, gerilimin belli noktalarda yoğunlaşmasını engeller. Dolayısıyla yapıştırıcı ile gerçekleştirilmiş bir bağlantı, bükülme ve titreşime, mekanik yöntemle yapılan bir bağlantıdan daha dayanıklıdır [12]. Volkersen [13] tarafından yapıştırıcı birleştirmeli bağlantıların analitik analizinin ilk çalışmaları yapılmıştır. Apalak ve ark. [14],

yapıştırma ve nokta kaynağını kombine ederek oluşturdukları karma bağlantılarda sıcaklık dağılımı ve sıcaklık tesiriyle meydana gelen ısı gerilmeleri elde etmişlerdir. Sıcaklık dağılımını, geliştirdikleri Fortran programını kullanarak, ısı gerilmeleri ise ANSYS sonlu elemanlar yazılımını kullanarak hesaplamışlardır.

Bu çalışmada, jeotermal su taşınan hasarlı boruların, değişik türdeki kompozit yamalar ile tamirinin sonlu elemanlar metodu ile analizi yapılmıştır.

2. Malzeme ve Yöntem

Modellemede boru malzemesinin çelik olduğu kabul edilmiştir. Kullanımda olan çelik boru üzerinde olduğu varsayılan çatlak vb. hasarın boru değiştirilmeden tamiri için epoksi türü bir yapıştırıcı uygulandığı ve değişik türlerdeki kompozit yamaların boru üzerindeki hasarlı bölge üzerine epoksi yapıştırıcı ile yapıştırıldığı kabul edilmiştir. Boru malzemesi çeliğin ve yapıştırıcının malzeme özellikleri Tablo 1’de verilmiştir [14].

Tablo 1: Çelik ve epoksi yapıştırıcının mekanik özellikleri [14]

Özellik	Çelik	Epoksi
ρ (kg/m ³)	7780	1264
c_p (J/kgK)	460	1046
k (W/mK)	80.3	0.179
E (GPa)	207	3.3
ν	0.29	0.30
α ($\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$)	12.6	43.3

Boru üzerindeki hasarlı bölgenin tamiri için tercih edilen iki farklı türdeki kompozit yamanın metal matrisli kompozit ve termoplastik matrisli kompozit malzemeler olduğu öngörülmüştür. Termoplastik kompozitin üretimi daha önceden Şen [7] tarafından gerçekleştirilmiş ve deneysel olarak mekanik özellikleri belirlenmiştir. Modellemede tercih edilen kompozit malzemelerin mekanik özellikleri Tablo 2 [7] ve Tablo 3’te [15] listelenmiştir.

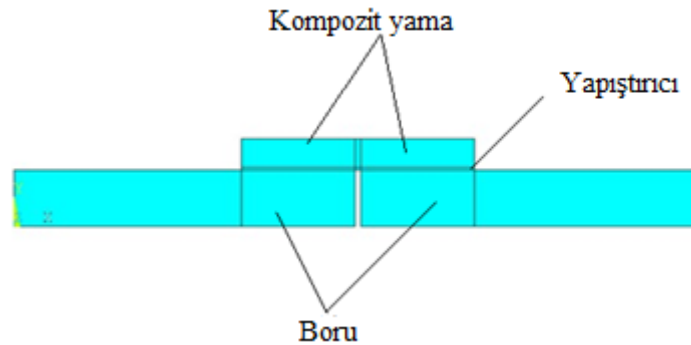
Tablo 2: Termoplastik matrisli kompozit malzemenin mekanik özellikleri [7]

E_1 (MPa)	E_2 (MPa)	G_{12} (MPa)	ν_{12}	α_1 (1/ $^\circ\text{C}$)	α_2 (1/ $^\circ\text{C}$)
41000	1200	420	0,25	13.110^{-6}	13110^{-6}

Tablo 3: Metal matrisli kompozit malzemenin mekanik özellikleri [15]

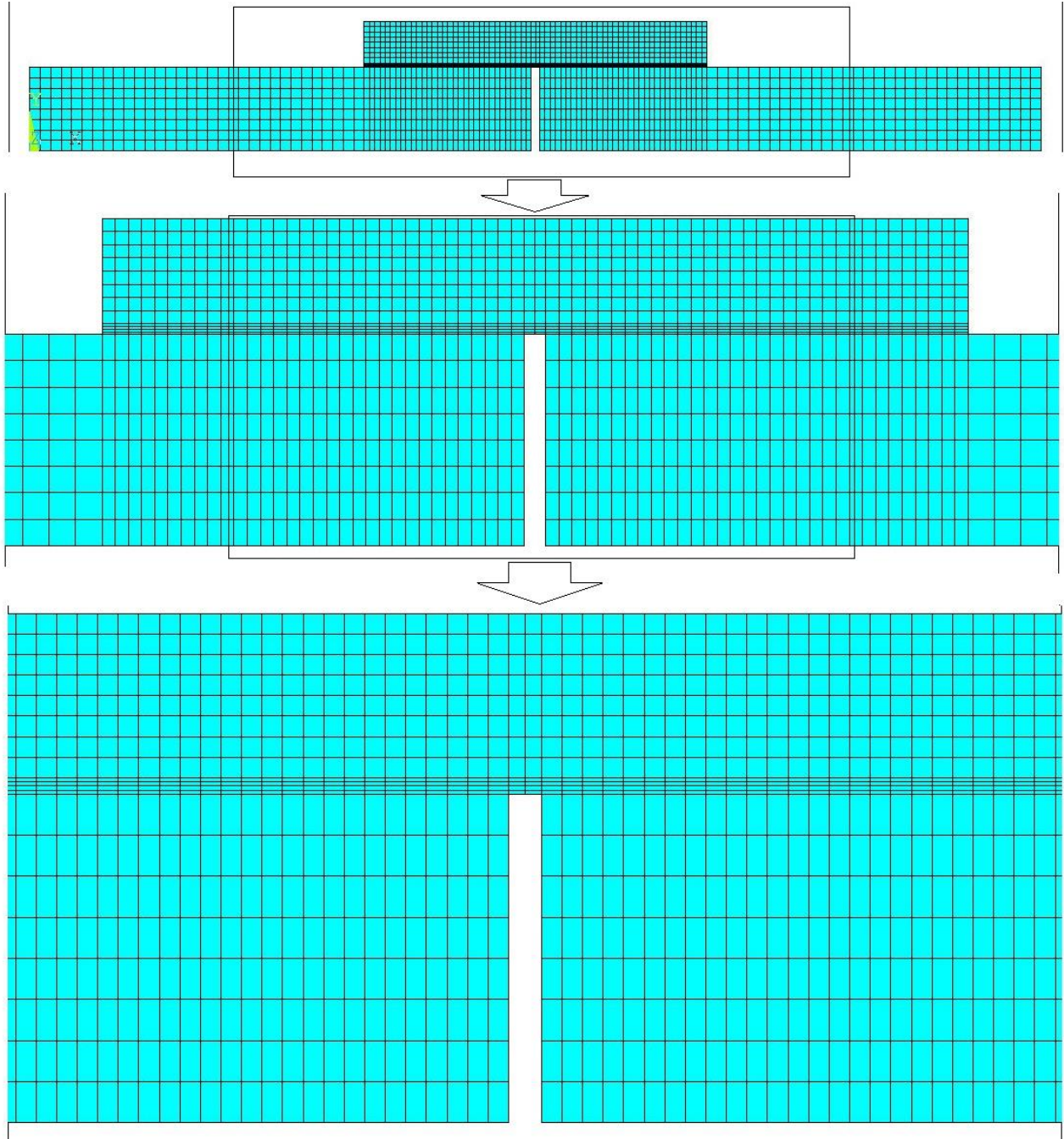
E_1 (MPa)	E_2 (MPa)	G_{12} (MPa)	ν_{12}	α_1 (1/ $^\circ\text{C}$)	α_2 (1/ $^\circ\text{C}$)
85000	74000	30000	0,29	18.510^{-6}	2110^{-6}

Değişik türden kompozit yamalar kullanılmak suretiyle oluşturulan katı model şematik Şekil 1’de çizilmiştir. Model ANSYS sonlu elemanlar programı kullanılarak oluşturulmuştur [16].

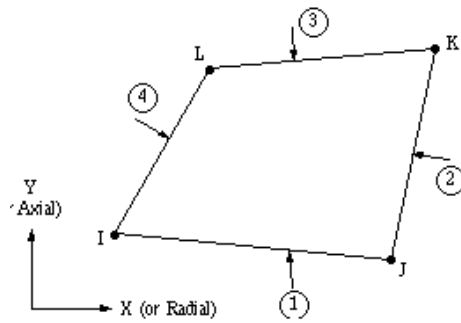


Şekil 12: Katı model

Çözümde sonlu elemanlar metodu kullanılmıştır. Sonlu elemanlar ile problem çözümünde öncelikle yapılması gerekene işlemlerden birisi tasarlanan katı modele uygun ağ yapısının meydana getirilmesidir. Model üzerinde oluşturulan sonlu elemanlar ağı detaylandırılmış olarak Şekil 2’de çizilmiştir. Modelin sonlu elemanlara bölme prosesi sonrasında katı model üzerinde 3632 eleman ve 3817 düğüm noktası meydana getirilmiştir. Yapıştırıcı ve çatlak bölgesinde diğer kısımlara göre daha hassas sonuçlar elde edebilmek için daha yoğun ağ yapısı oluşturulmuştur. Sonlu eleman oluşturma işleminde eleman tipi olarak ANSYS Plane 182 eleman tipinden yararlanılmıştır. Tercih edilen Plane 182 eleman tipi Şekil 3’te gösterilmiştir [16].

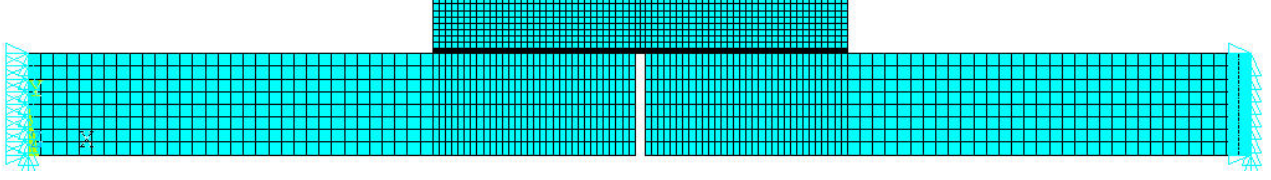


Şekil 2: Sonlu eleman ağ yapısı ve detayları



Şekil 3: Plane 182 eleman tipi [16]

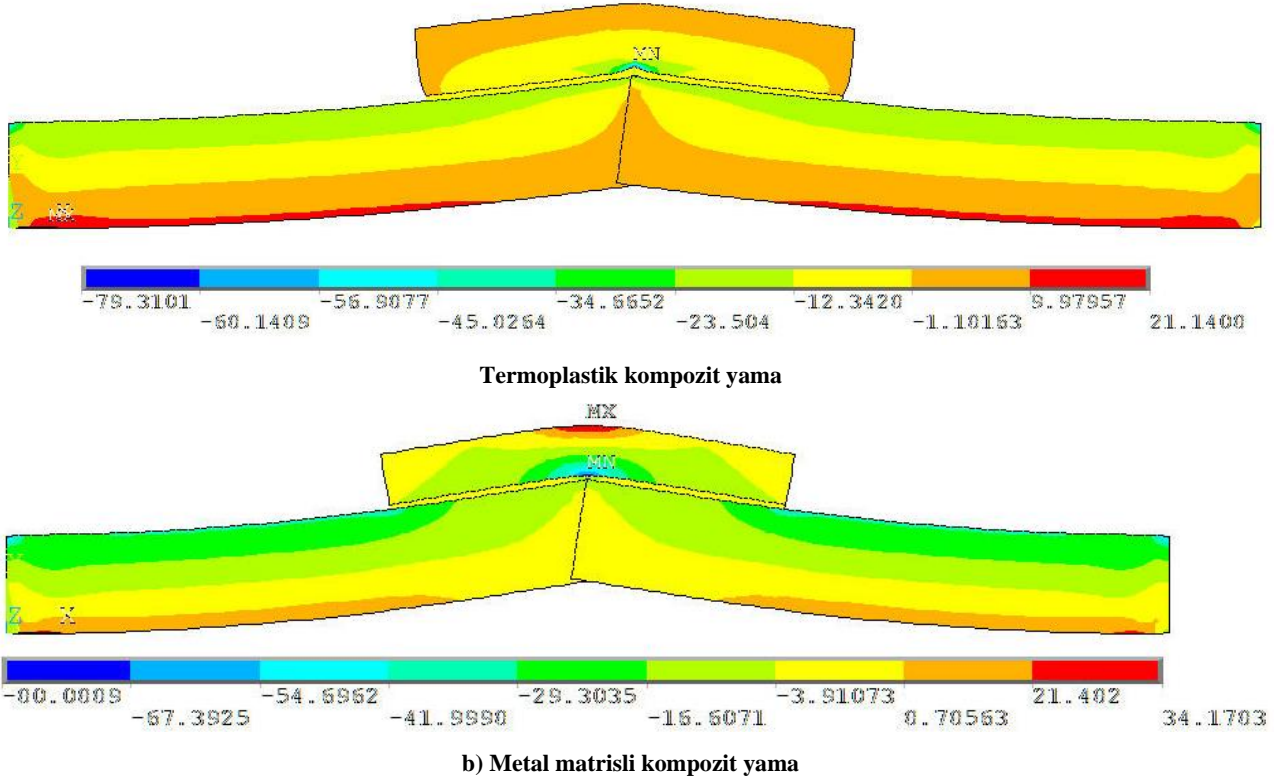
Sonlu elemanlar ağ yapısının model üzerinde uygun bir şekilde oluşturulmasından sonra modele sınır şartları uygulanmıştır. Sınır şartlarının modele uygulanmış durumu Şekil 4'te gösterilmiştir. Analizlerde ortam sıcaklığı 20 °C kabul edilmiştir. Jeotermal su sıcaklığı olarak Ege bölgesinde yer alan Pamukkale jeotermal kaynak suyu sıcaklığı tercih edilmiştir, su sıcaklığı 35 °C [1]. Bu bölge yoğun olarak jeotermal su barındıran ve termal turizmde Türkiye'deki en yoğun bölgelerden birisidir.



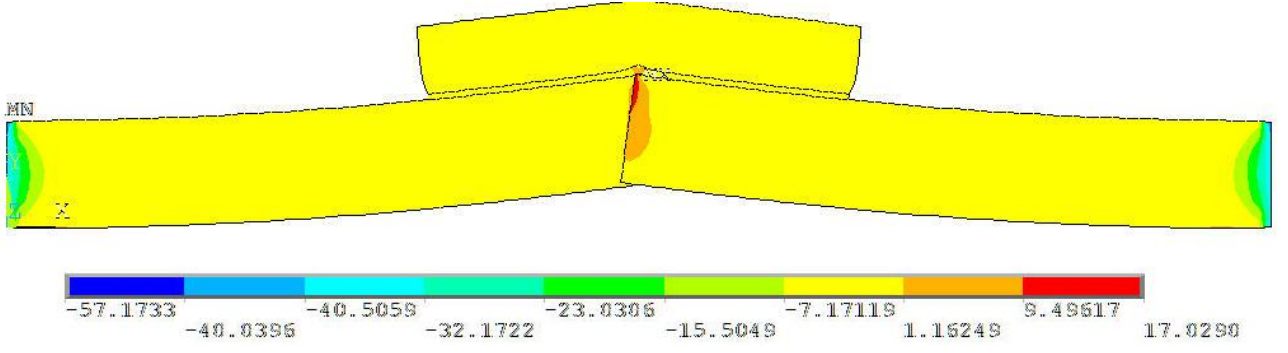
Şekil 4: Sınır şartlarının modele uygulanması

3. Bulgular

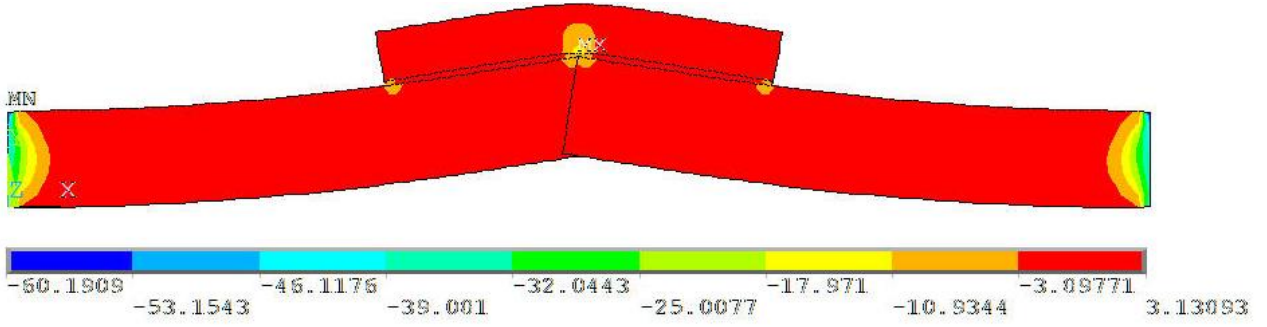
Denizli, Pamukkale 35 °C jeotermal su sıcaklığı için sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen, tüm model üzerinde oluşan σ_x normal gerilmeleri Şekil 5'te, tüm model üzerinde σ_y normal gerilmeleri Şekil 6'da ve tüm model üzerinde τ_{xy} kayma gerilmeleri Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu şekillerden görüldüğü üzere bağlantı üzerinde jeotermal suyun sıcaklığı nedeniyle, model üzerinde, ısıl basma ve çekme gerilmeleri oluşmuştur. Mutlak değer olarak değerlendirildiğinde x ve y yönlerindeki normal basma gerilmelerinin değerlerinin, istisnalar hariç genel olarak, normal çekme gerilmelerinden daha yüksek değerlerde olduğu anlaşılmaktadır. Hasarlı bölgede çentik etkisinden dolayı gerilme yığılmaları olduğu görülmektedir.



Şekil 5: Tüm model üzerinde σ_x normal gerilmeleri

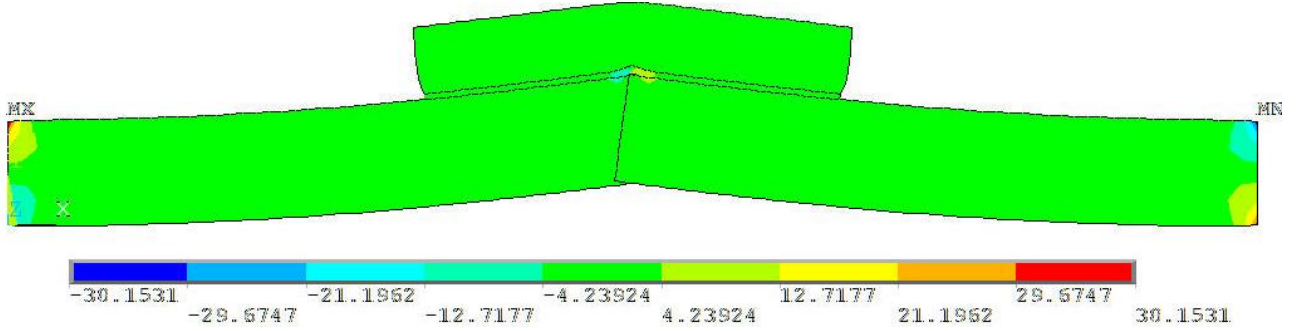


a) Termoplastik kompozit yama

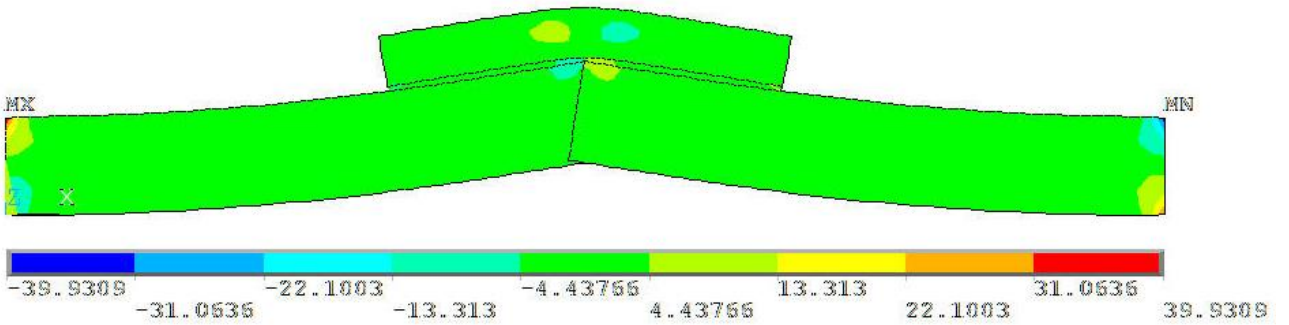


b) Metal matrisli kompozit yama

Şekil 6: Tüm model üzerinde σ_y normal gerilmeleri



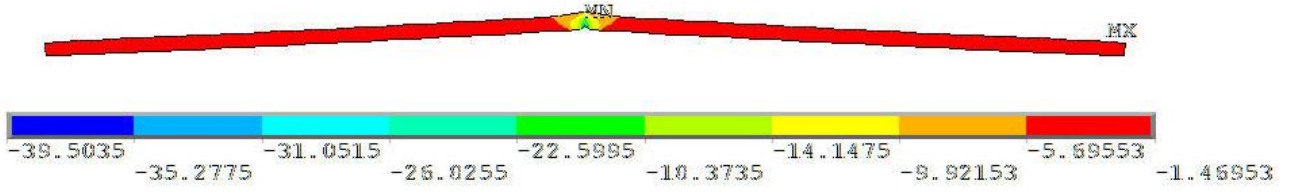
a) Termoplastik kompozit yama



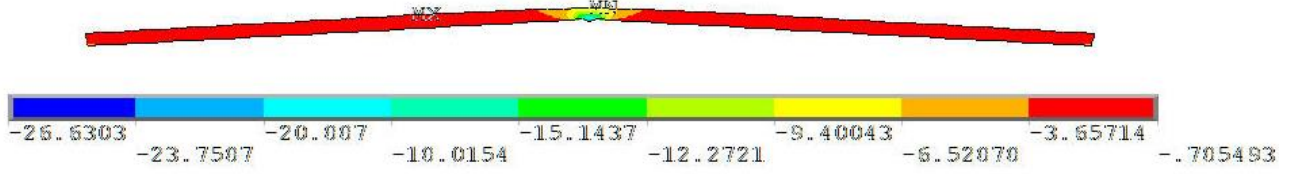
b) Metal matrisli kompozit yama

Şekil 7: Tüm model üzerinde τ_{xy} kayma gerilmeleri

Yapıştırıcı tabaka üzerinde oluşan σ_x normal gerilmeleri Şekil 8'de, σ_y normal gerilmeleri Şekil 9'da ve τ_{xy} kayma gerilmeleri Şekil 11'de gösterilmiştir. Bu şekillerden termoplastik kompozit yama kullanıldığında yapıştırıcı tabakası üzerinde meydana gelen ısı gerilmelerin değerlerinin, metal matrisli kompozit yama kullanılan modele göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

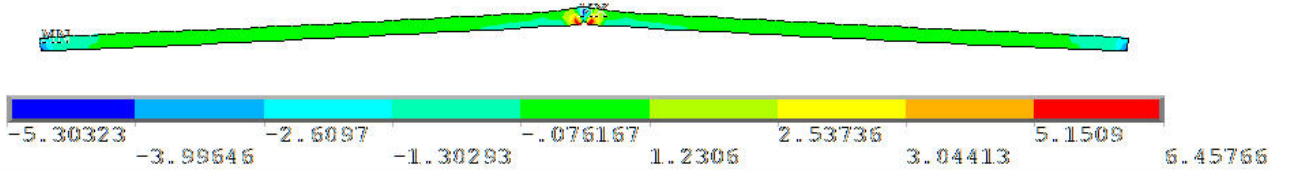


a) Termoplastik kompozit yama

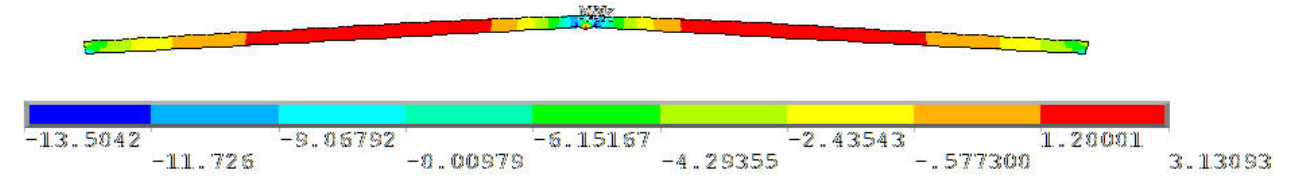


b) Metal matrisli kompozit yama

Şekil 8: Yapıştırıcı tabaka üzerinde σ_x normal gerilmeleri

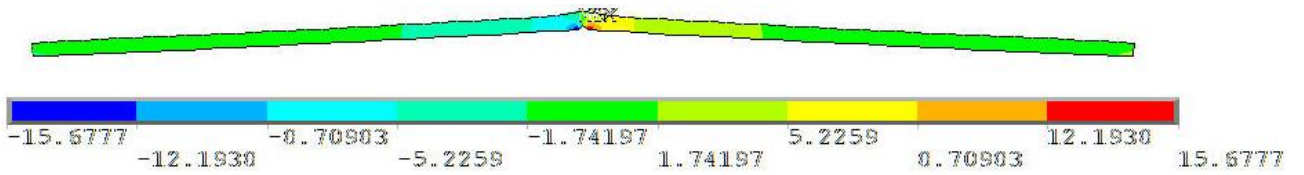


a) Termoplastik kompozit yama

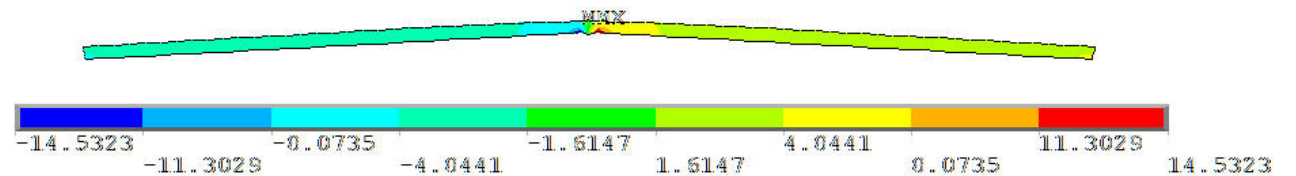


b) Metal matrisli kompozit yama

Şekil 9: Yapıştırıcı tabaka üzerinde σ_y normal gerilmeleri



a) Termoplastik kompozit yama

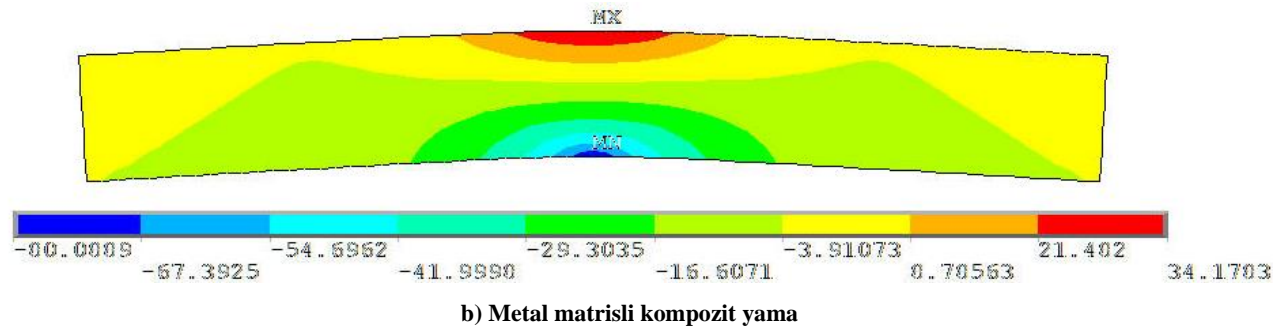
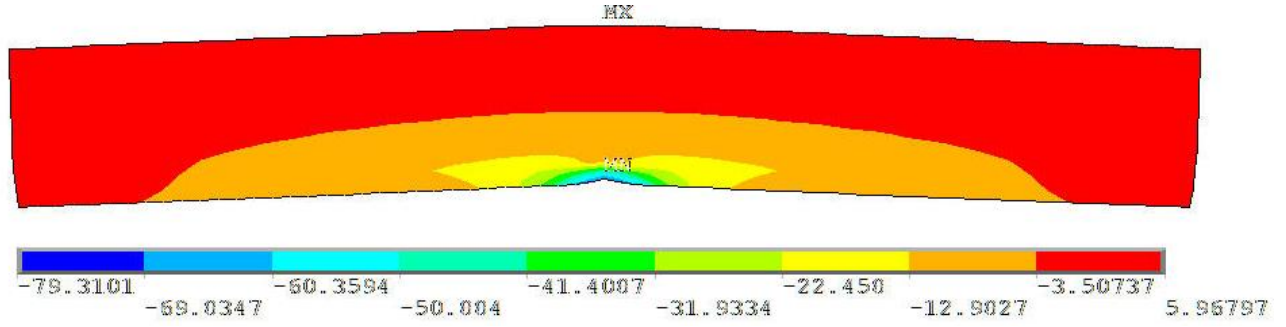


b) Metal matrisli kompozit yama

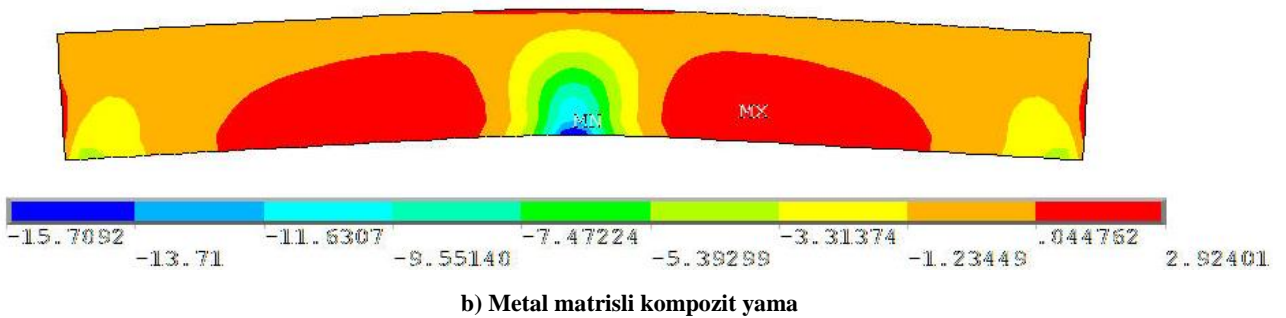
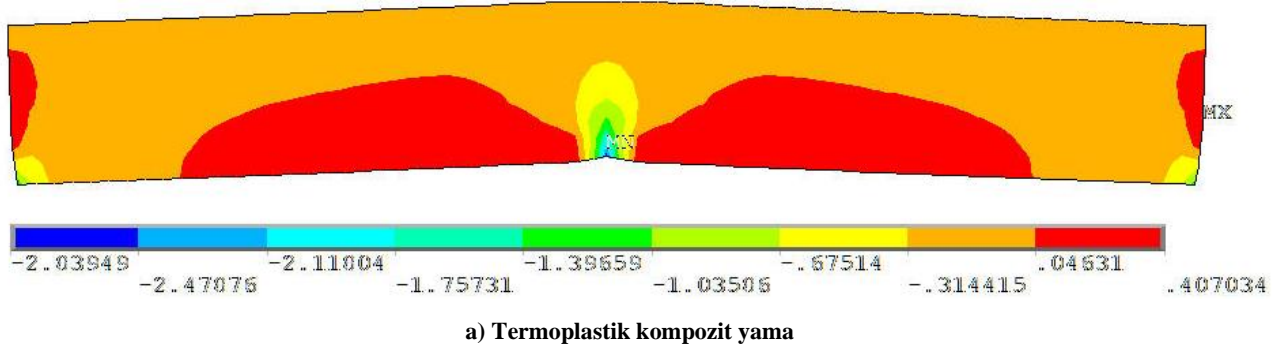
Şekil 10: Yapıştırıcı tabaka üzerinde τ_{xy} kayma gerilmeleri

Kompozit yama üzerinde oluşan σ_x normal gerilmeleri Şekil 11'de, σ_y normal gerilmeleri Şekil 12'de ve τ_{xy} kayma gerilmeleri Şekil 13'te gösterilmiştir. Bu şekiller incelendiğinde mutlak değer olarak en yüksek değerli normal gerilmenin basma gerilmesi olarak x-yönünde termoplastik kompozit yamada, çekme gerilmesinin ise x-yönünde metal matrisli kompozit yamada meydana geldiği anlaşılmaktadır. Kompozit yama üzerindeki kayma gerilmeleri incelendiğinde metal matrisli kompozit yama üzerinde oluşan hem

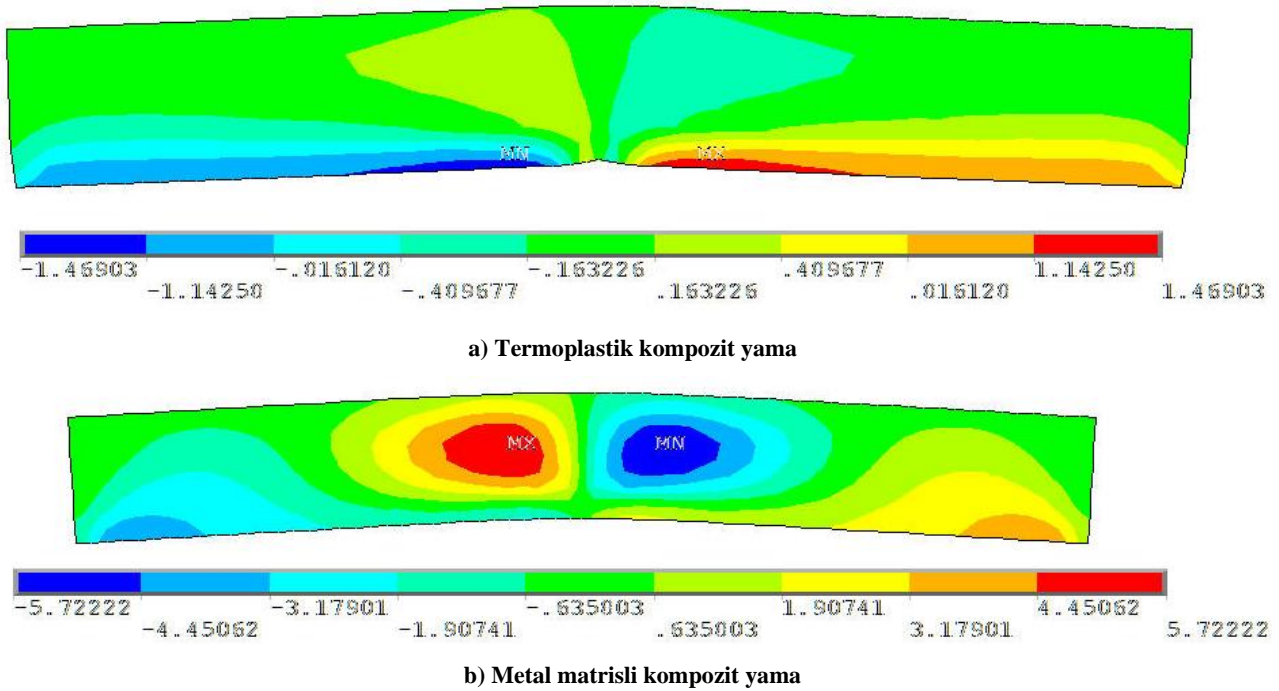
basma hem de çekme formundaki kayma gerilmelerin değerlerinin, termoplastik kompozit yama üzerinde oluşan kayma gerilmelerinden daha yüksek değerli olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 11: Kompozit yama üzerinde σ_x normal gerilmeleri



Şekil 12: Kompozit yama üzerinde σ_y normal gerilmeleri



Şekil 13: Kompozit yama üzerinde τ_{xy} kayma gerilmeleri

4. Sonuçlar

Değişik türden kompozit yamalar kullanılarak tamir edilen jeotermal su taşınan hasarlı boruların sonlu elemanlar metodu ile analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerin sonuçlarına göre boru malzemesi, yapıştırıcı ve değişik türden kompozit yamaların malzemelerinin sahip oldukları farklı ısıl ve mekanik özellikleri nedeniyle boru ve yama üzerinde ısıl gerilmeler meydana gelmiştir.

Boru üzerindeki hasarlı bölgede gerilme yığılmaları olduğu anlaşılmaktadır. Gerilme yığılmalarının boru kesitinde, yapıştırıcıda ve yamanın bu bölgelerinde olduğu tespit edilmiştir. Hasar bölgesinin çelik boru üzerinde bir nevi çatlak etkisi gösterdiği açıkça ortadadır.

Kompozit yamalar üzerinde oluşan σ_x ve σ_y normal gerilmeleri incelendiğinde mutlak değer olarak en yüksek değerli normal gerilmenin basma gerilmesi olarak x-yönünde termoplastik kompozit yamada, çekme gerilmesinin ise x-yönünde metal matrisli kompozit yamada meydana geldiği anlaşılmaktadır. Kompozit yama üzerindeki τ_{xy} kayma gerilmeleri incelendiğinde metal matrisli kompozit yama üzerinde oluşan hem basma hem de çekme formundaki kayma gerilmelerin değerlerinin, termoplastik kompozit yama üzerinde oluşan kayma gerilmelerinden daha yüksek değerli olduğu anlaşılmaktadır.

5. Kaynakça

- [1] Arslan, S., Darıcı, M. ve Karahan, Ç., Enerji Semineri, Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli, http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a0819e9e2f84a52_ek.pdf, Erişim Tarihi:05.08.2019.
- [2] <https://www.izmirjeotermal.com.tr/jeotermal-hakkinda/jeotermal-hakkinda>, Erişim Tarihi:05.08.2019.
- [3] Staab, G. H. 1999. *Laminar Composites (1th ed.)*. US: Butterworth-Heinemann.
- [4] Tong, L., Mouritz, A.P. and Bannister, M. *3D Fibre Reinforced Polymer Composites*, Elsevier, UK, 2002.
- [5] http://analizsimulasyon.com/sonlu-elemanlar-yontemi/_ Erişim Tarihi:05.08.2019.
- [6] Şen, F., Akyüz, B.H., Sonlu Elemanlarla Çözümde Uygun Ağ Yapısı Seçimi, *MakineTek Dergisi*, 02, 304-308, 2012.
- [7] Sen, F. An investigation of thermal elasto-plastic stress analysis of laminated thermoplastic composites with a circular hole under uniform temperature loading, *Science and Engineering of Composite Materials*, 13, 213-224, (2006).
- [8] Sen, F. Elastic-plastic thermal stresses in a composite disc with multiple holes, *Advanced Composite Letters*, 16/3, 95-103 (2007).
- [9] Kaynak, İ., Şen, F. Thermal stress analysis of composite disc under uniform temperature effect using FEM, 15.Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Trabzon, Bildiriler Kitabı Cilt 2, 912-916, (2005).
- [10] Şen, F. 2001. Yapıştırıcı ile Birleştirilmiş Bindirme Bağlantısının Laser Nokta Kaynağı ESNASINDA Meydana Gelen Sıcaklık Dağılımı ve Isıl Gerilmelerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Niğde Üniversitesi. Niğde.

- [11] Apalak, Z.G. 1995. Yapıştırıcı ile Birleştirilmiş T-Tipi Bağlantıların Sonlu Eleman Metodu Kullanılarak Analiz ve Tasarımı. Doktora Tezi. Erciyes Üniversitesi. Kayseri.
- [12] Loctite Global Tasarım Elkitabı, Erasmusdruck GmbH, Mainz, Germany (2005).
- [13] Volkersen, O. *Die nietkraftverteilung in zugbeanspruchten nietverbindungen mit konstanten laschenquerschnitten*, *Luftfahrtforschung*, 15, 41-47, 1938.
- [14] Apalak, M.K., Aldas, K. and Şen, F., Thermal non-linear stresses in an adhesively bonded and laser-spot welded single-lap joint during laser-metal interaction, *Journal of Materials Processing Technology*, 142, 1-19, 2003.
- [15] Sayman, O., Elastic-Plastic and Residual Stresses in Symmetric Aluminum Metal-Matrix Laminated Plates Under a Linear Thermal Loading, *Journal of Thermal Stresses*, 26, 391-406, 2003.
- [16] ANSYS Documentation, Swanson Analysis System Inc., Houston, PA, USA, 2011.

TÜRK LİMANLARINA UĞRAK YAPAN GEMİLERİN 2011-2018 YILLARI ARASINDAKİ DENİZ TAŞIMACILIĞI ANALİZİ

Fırat Bolat

İstanbul Teknik Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi / Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

bolatf@itu.edu.tr

Özet

Deniz taşımacılığı bütün taşımacılık türleri içerisinde en fazla paya sahip olan taşımacılık türüdür. Türkiye’de bulunan deniz limanları da bu bağlamda yüksek öneme sahiptir. Her şehrin limanlara sahip olma ve erişim imkanları birbirinden farklı olmakla birlikte bu imkanın yüksek olması ithalat ve ihracat kapasitesi yönünden büyük avantaj sağlamaktadır. Bu çalışmada 2011-2018 yılları arasındaki gemi hareketliliği kayıtları esas alınarak hem Türk Bayraklı ve Yabancı Bayraklı gemilerin hem de liman bölgeleri yönünden verileri gruplandırma birleştirme ve ayrıştırma yöntemleri kullanılarak analiz edilmiş ve Türk Limanları perspektifinde bulgular elde edilerek hem şehir hem de bölgesel olarak deniz taşımacılığı etkileşimi ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Deniz Taşımacılığı, Deniz Limanı, Gemi*

1. Giriş

Deniz ticareti toplam taşımacılığın %90’ından fazlasını kapsayan ve uluslararası rekabetin yoğun olarak yaşandığı bir sektördür. Denizcilik sektörünün liman ve gemi olmak üzere iki ara yüzü bulunmaktadır. Deniz ticaretindeki durumu anlamak bu iki ara yüzün etkileşimini anlamak ile ilgilidir. Dolayısıyla bir limana gelen gemilerin büyüklüklerinin analizi deniz ticaretindeki gelişmelerle ilgili bilgileri de gösterir. Bir geminin büyüklüğünü grostonilatosu hacimsel büyüklüğünü ifade etmektedir [1]. Literatürde yapılan çalışmalarda daha çok liman sahaları ele alınarak gemi hareketlerinin analiz edildiği görülmüştür. Örneğin Bolat (2010) gemi hareketlerini liman idari sahalarına göre gruplandırıp Marmara bölgesindeki limanları ana (hub) liman olabilme potansiyellerini incelemiştir [2]. Low ve arkadaşları (2009) Asya limanlarını incelerken ayrıntılı gemi hareketleri analizi gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada ise T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından online olarak yayınlanmakta olan denizcilik istatistikleri derlenmiş [4] ve bahsedilen çalışmalardan farklı olarak Türkiye coğrafi bölgeleri ve Türk liman şehirlerindeki 2011-2018 yılları arasında gemi sayı ve büyüklüklerindeki 8 yıllık değişimin analiz edilmesi amaçlanmıştır.

2. Yöntem

Bu çalışmada karşılaştırmalı sayısal analiz yöntemleri kullanılmış, veriler gruplandırılarak Microsoft Excel programı ile analiz edilmiştir [5]. Verilerin analizleri sırasında gemiler için kullanılan parametreler geminin büyüklüğünü ifade eden grostonajı ve taşıdığı bayrağın Türk Bayrağı olup olmadığıdır. Elleçlenen Türk ve yabancı bayraklı gemilerin toplam grostonajlarının ortaya konulması amacıyla gemiler kendi aralarında gruplandırılmıştır.

2.1. Gemi sayılarına göre değişim

Tablo 1 gemi sayılarının yıllara ve bayrak cinslerine göre dağılımını göstermektedir.

Tablo 1: Gemi sayılarının yıllara ve bayrak cinslerine göre dağılımı

Toplam Gemi Sayısı	Türk Bayraklı	Yabancı Bayraklı	Genel Toplam
2011	36786	37757	74543
2012	37952	37315	75267
2013	39381	36249	75630
2014	38291	35954	74245
2015	38036	35229	73265
2016	37412	33478	70890
2017	38263	35043	73306
2018	38219	34141	72360
Genel Toplam	304340	285166	589506

2011-2018 yılları arasında ithalat ve ihracat için limanlara uğrak yapan gemilerin toplam sayısı 589506’dır. Toplamda 304340 adeti Türk bayraklı gemidir, bu sayı toplamın %52’sidir.

Şekil 1 gemi sayılarının yıllara göre değişimini göstermektedir.





Şekil 13: Gemi sayılarının yıllara göre değişimi

2011'den bugüne gelindiğinde Türk Bayraklı gemi sayılarında 2013-2017 yılları arasında belli bir düzeyde düşüş olsa da, Türk bayraklı gemi sayılarının ortalama seviyesini sonuna kadar korumuş olduğu görülmüştür.

2.2. Gemi grostonilatolarına göre değişim

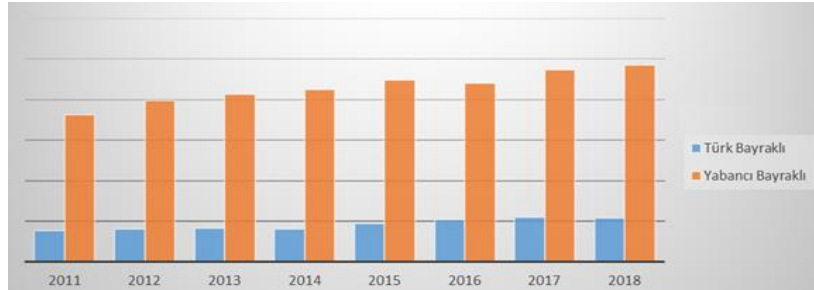
Tablo 2 gemi grostonilatolarının yıllara ve bayrak cinslerine göre dağılımını göstermektedir.

Tablo 2: Gemi grostonilatolarının yıllara ve bayrak cinslerine göre dağılımı

Toplam Gemi Grostonajı	Türk Bayraklı	Yabancı Bayraklı	Genel Toplam
2011	105801125	501247274	607048399
2012	112514639	547765404	660280043
2013	112926904	570830177	683757081
2014	112262158	586183384	698445542
2015	130694530	616773794	747468325
2016	142579068	606307132	748886200
2017	150243833	652191347	802435181
2018	148495100	668302426	816797526
Genel Toplam	1015517357	4749600939	5765118296

2011-2018 yılları arasında Türk ithalat ve ihracat limanlarına uğrak yapan gemilerin toplam grostonajı 5765118296'dır. Türk bayraklı gemilerin toplam grostonilatosu 1015517357'dir. Bu miktar toplamın %18'dir. Yabancı bayraklı gemilerin toplam oranı ise %82'dir.

Şekil 2 gemi grostonilatolarının yıllara göre değişimini göstermektedir.



Şekil 2: Gemi grostonilatolarının yıllara göre değişimi

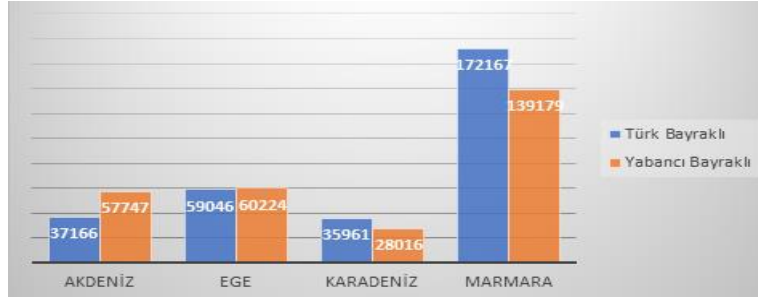
Bu gemileri grostonilatoları bakımından incelediğimizde yabancı bayraklı gemilerde grostonilatoların daha fazla olduğu görülmektedir.

2.3. Bölgelere göre değişim

Tablo 3 gemi sayılarının bölgelere göre dağılımını, Şekil 3 ise gemi sayılarının bölgelere göre değişimini göstermektedir.

Tablo 3: Gemi sayılarının bölgelere göre dağılımı

Toplam Gemi Sayısı	Türk Bayraklı	Yabancı Bayraklı	Genel Toplam
Marmara	172167	139179	311346
Ege	59046	60224	119270
Akdeniz	37166	57747	94913
Karadeniz	35961	28016	63977
Genel Toplam	304340	285166	589506



Şekil 3: Gemi sayılarının bölgelere göre dağılımı

Marmara ve Karadeniz Bölgelerinde Türk bayraklı gemilerin, Akdeniz ve Ege Bölgelerinde ise yabancı bayraklı gemilerin daha yoğun uğrak yapmış olduğu görülmüştür.

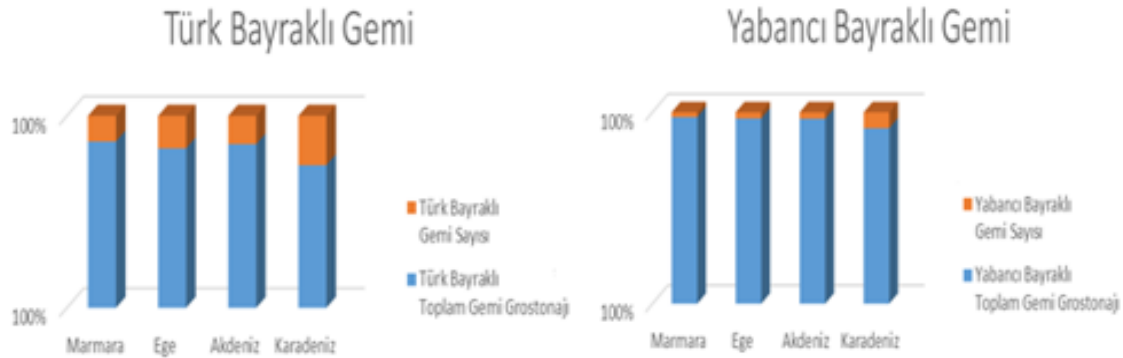
Tablo 4 gemi sayılarının ve grostonilatolarının bölgelere ve bayrak cinslerine göre dağılımını göstermektedir.

Tablo 4: Gemi sayılarının ve grostonilatolarının bölgelere ve bayrak cinslerine göre dağılımı

Bölge	Türk Bayraklı		Yabancı Bayraklı	
	Toplam Gemi Grostonajı	Toplam Gemi Sayısı	Toplam Gemi Grostonajı	Toplam Gemi Sayısı
Marmara	645518915,13	172167	2786046219,16	139179
Ege	173948933,21	59046	939927611,66	60224
Akdeniz	126131450,26	37166	855807060,95	57747
Karadeniz	69918058,87	35961	167820047,14	28016
Genel Toplam	1015517357,47	304340	4749600938,91	285166

Yabancı bayraklı gemilerde kapasitelerin daha fazla olduğu, sayılarının ise daha az olduğu görülmektedir.

Şekil 4 gemi sayılarının ve grostonilatolarının bölgelere ve bayrak cinslerine göre dağılımını göstermektedir.



Grostonilato olarak Marmara ve Ege bölgeleri hem Türk Bayraklı hem de yabancı bayraklı gemilerin en çok uğrak yaptığı bölgeler olarak görülmüştür.

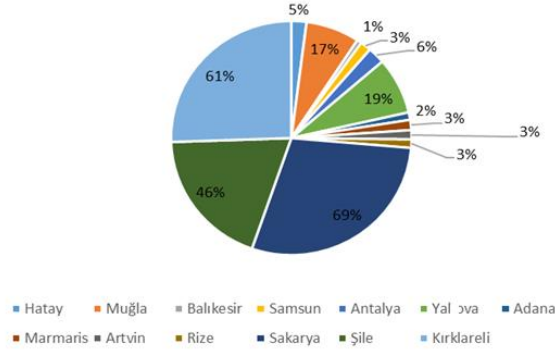
2.4. Liman şehirlerine göre değişim

Tablo 5 gemi sayılarının liman şehirlerine göre son iki yıllık yüzdelerdeki değişimlerini göstermektedir. En yüksek değişime sahip ilk 13 liman şehri değerlendirilmiş, diğer liman şehirleri ise “diğer” başlığı altında toplanmıştır.

Tablo 5: Gemi sayılarının liman şehirlerine göre son iki yıllık yüzdelerdeki değişimleri

Liman Şehri	2017	2018	Yüzdelerdeki Değişim
Sakarya	148	250	+ %69
Kırklareli	79	127	+ %61
Şile	90	131	+ %46
Yalova	1253	1486	+ %19
Muğla	3736	4378	+ %17
Antalya	1507	1590	+ %6
Hatay	4570	4791	+ %5
Samsun	2984	3088	+ %3
Marmaris	570	589	+ %3
Artvin	395	407	+ %3
Rize	288	296	+ %3
Adana	732	750	+ %2
Balıkesir	3172	3219	+ %1
Diğer	53782	51258	- %5
Genel Toplam	73306	72360	- %1

Şekil 5 gemi sayılarının liman şehirlerine göre yüzdelerdeki değişim oranlarını göstermektedir.



Şekil 5: Gemi sayılarının liman şehirlerine göre yüzdelerdeki değişim oranları

Liman şehirlerini 2017-2018 yıllarını karşılaştırarak incelediğimizde, bir önceki yıla göre %69'luk artış oranıyla Sakarya liman şehrinde gemi sayısı yıllık artış oranının en fazla olduğu görülmüştür.

3. Sonuçlar

Gerçekleştirilen analiz sonucunda Marmara ve Karadeniz Bölgelerinde Türk Bayraklı gemilerin, Akdeniz ve Ege Bölgelerinde ise yabancı bayraklı gemilerin daha yoğun uğrak yapmış olduğu, hem Türk Bayraklı hem de yabancı bayraklı büyük tonajlı gemilerin daha çok Marmara ve Ege bölgelerine uğrak yapmış olduğu ayrıca 2017 ve 2018 yılları için son iki yıllık gemi sayısı artış oranı değerlendirildiğinde Sakarya liman şehrindeki artışın en fazla olduğu ortaya konulmuştur.

4. Kaynakça

[1] Eyres, D. J., “*Ship Construction (Sixth Edition)*”, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2007. Accessed on: Sep. 04, 2019. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750680707500323>

- [2] Bolat, F., "Marmara bölgesi limanlarının ana (hub) liman özellikleri yönünden potansiyellerinin incelenmesi", Ph.D. thesis, Institute of Science and Technology, Istanbul Technical University, Istanbul, Dec. 2010. Accessed on: Sep. 05, 2019. [Online]. Available: <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/9074/1/11223.pdf>
- [3] Low, J. M. W., Lam, S. W., Tang, L. C., "Assessment of hub status among Asian ports from a network perspective", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43-6, 593-606, 2009. Accessed on: Sep. 04, 2019. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096585640900041X>
- [4] "Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü İstatistik Bilgi Sistemi", T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Ankara, 2019. Accessed on: Aug. 01, 2019. [Online]. Available: https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik_gemi.aspx
- [5] Excel, Microsoft Corporation, Mountain View, 2019.

ANTALYA İLİ BİBER SERALARINDA *CREONTIADES PALLIDUS* (HEMIPTERA: MIRIDAE)'UN YAYILIŞI, ZARARI VE POPULASYON DEĞİŞİMİ

Firuz Murtaz^{1*}, İsmail Karaca¹

¹İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri Ve Teknolojileri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

firuzmurtaz@gmail.com , ismailkaraca@isparta.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda *Creontiades pallidus*'un, fitofag bir zararlı olduğu özellikle de pamuk bitkisinin ana zararlıları arasında yer aldığı bildirilmiştir. Ancak son yıllarda Antalya bölgesinde bulunan biber seralarında bu zararlı görülmeye başlamış ve zarar yaptığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada zararlının bölgede ki yaygınlığı ve populasyon durumunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışma, Doğu Antalya (Aksu-Serik Bölgesi), Merkez Antalya (Altınova-Kurşunlu Bölgesi), Batı Antalya (Kumluca-Demre Bölgesi) olarak 3 bölgede, ele alınan altı biber çeşidi (Kaliforniya, Kapyra, Şili, Charleston, Sivri ve Üçburun)'nde toplam 12 farklı biber serasında yürütülmüştür. Biber çeşidi dikimleri, 2018 yılı Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında olup 2019 Mayıs ayına kadar zararlının nimf ve erginleri gözlemlenmiştir. Biber çeşitlerinde ilk birkaç ayda, meyve henüz küçük ve yeşilken zararlının yapmış olduğu emgi izleri net olarak belli olmamakta, fakat meyveleri kırmızı-sarı renge dönüştüğünde zarar belli olmaktadır. Gezilen tüm çeşitler de *C. pallidus*'un nimf ve erginleri gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Biber, Creontiades pallidus, Antalya biber seraları, Populasyon değişimi.*

1. Giriş

Biberin sistematikteki yeri:

Takım: Malvales- Tubiflorae ya da Personatae

Familiya: Solanaceae

Cins: Capsicum

Tür: *Capsicum annum* L. (Anonim, 2008a).

Örtü altında seralarda ilkbahar ve sonbahar dönemi şeklinde de üretimi yapılabilmektedir. Tohum ekimi 10 Temmuz-10 Eylül arasında olup sonbahar dönemi içindir. İlkbahar dönemi için ise 15 Kasım-30 Aralık arasında ki tarihlerde ekim yapılır. 1-2 hafta arasında arasında çimlenme tamamlanmaktadır ve ilk gerçek yaprak görüldüğünde viyollere şaşırma işlemi yapılır. Fide dönemi çok hassastır bu sebeple hastalık ve zararlılar için mücadeleye önem verilmelidir. Sık dikimden kaçınılmalı dikimler Kuzey-Güney yönünde yapılmalıdır. Dikimden sonra mutlaka cansuyu verilmelidir (Anonim, 2008b).

Kökboğazı yanıklığı hastalığına karşı, damlama sulama yöntemi kullanılmalı ve bitkinin kökboğazını toprak altında bırakmamaya özen göstermelidir. Temiz sulama suyu ve tekrarlı çapa işlemi, gerek örtüaltı gerekse açıkta üretilen biber alanlarında hastalık ve zararlılardan korunmak için münavebe yöntemi, münavebede baklagil bitkileri kullanılarak yapılan yeşil gübreleme yapılmalıdır. Bu sayede toprağa organik maddenin yanında, bitkiye yararlı azot gibi maddelerde sağlanmış olur. (Anonim, 2008b).

Biber eski çağlardan beri üretilen ve tüketilen bir besindir. Bazı kaynaklar biberin tarihinin 1700 yıldan fazla olduğunu bildirmektedir. Yemeklere tat vermek için kullanılan biber ayrıca alternatif tıpta da hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Sağlık açısından çok faydalıdır, yüksek değerinde vitamin ve mineraller içerir. Kalori değeri 70 kcal olan biber, diyet lifleri ve protein açısından zengin sayılır. A ve C vitaminlerince zengindir, sodyum ve potasyum oranı yüksektir, ayrıca kalsiyum, demir, magnezyum başta olmak üzere birçok mineral içermektedir. Aşağıda biberde vitamin ve mineral değerleri gösterilmiştir (Anonim, 2008b).

İçindekiler	Oranları
Protein	1,5 g
Yağ	0,1 g
Karbonhidrat	5,4 g
Demir	0,88 mg
Fosfor	15 mg
Kalsiyum	4 mg
Vitamin	338 IU
Vitamin B1	0,053 mg

Vitamin B2	0,035 mg
Vitamin B6	0,303 mg
Vitamin C	111,4 mg
Kalori	38

Biberde, biber mozaik virüsü, hıyar mozaik virüsü, patates adi mozaik virüsü, virüs hastalıklarından en sık görülenleridir. Fusarium hastalığı, verticillium solgunluğu, çökerten hastalığı, kökboğazı yanıklığı (*Phytophthora capsici*), küllleme, antraknoz ise bilinen fungus hastalıklarıdır. Bakteriyel hastalıklar ise bakteriyel gövde ve meyve çürüklüğü, biber bakteriyel solgunluğu, bakteriyel leke olarak sıralanabilir (Anonim, 2008b).

Biberde görülen zararlılar arasında danaburnu, agrotisler, emici böcekler, kök ur nematodu ve konumuzu oluşturan biberde son yıllarda görülmeye başlayan *Creontiades pallidus*'tur. Biberde görülen zararlı ve hastalıklardan 3 yıllık münavebe, üretim alanlarından konukçu bitkiler, özellikle solonaceus bitkileri uzaklaştırılarak, aşırı sulamadan ve bitkileri yaralamadan kaçınılması, hastalıktan ari tohum kullanılarak, hastalıklı bitki ve meyveler uzaklaştırılarak ve dayanıklı çeşitler tercih edilerek mücadele edilebilir (Anonim, 2008a).

Creontiades pallidus (Rumb.) (Bitki tahtakurusu)'un erginleri ortalama 7 mm uzunluğundadır. Genel olarak yeşil-kızıl renginden kızıl-kahveye kadar renklidir. Baş ve pronotum kahverengi ve tonları olarak karşımıza çıkmaktadır. Vücut ve bacaklar üzerinde kızıl kahve renginde lekeler bulunmaktadır. Anten 4 segmentli'dir ve böceğin boyunun uzunluğuna varabilmektedir. Nimflerin antenleri uzun ve üzeri kırmızı ve beyaz şerit gibidir. Yumurtalarını, bitkinin taze olan her yerine tek tek veya gruplar halinde ama özellikle taze sürgün ve yaprak saplarına doku içerisine bırakır. Yumurtaların bırakıldığı yerlerde doku üstünde bir kapakçık bulunur. Yumurtalar 1-1.5 mm boyunda ve 0.4 mm eninde olup, yumurtadan çıkan nimfler yaklaşık 1 mm boyunda, renkleri genel olarak açıktır. Anten ve bacaklar böceğin vucudundan uzundur. Kanatlar üçüncü dönemden sonra gelişir. (Anonim, 2008a)

Kışı genellikle ergin olarak geçiren zararlı, pamuğun çıkışıyla beraber görülmeye başlar. Pamuğun koza döneminde zararlıda artış görülebilir. Pamuğun son zamanlarına doğru ise de tekrar daha taze olan yabancı bitkilere geçer. ilkbaharda ise hem yabancı hem de kültür bitkilerinde görülebilir. Yumurtalar yaz aylarında 8-14 gün içinde açılıp, çıkan nimfler 5 dönem geçirdikten sonra ergin olurlar. Nimf dönemi 15-20 gün süren zararlının, ergin süresi en fazla 5 hafta kadardır. Bu süre zarfında 70-150 kadar yumurta bırakabilmektedirler. Yılda 3-4 döl verirler. Yüksek orantılı nem ve sıcak şartları severler. Nimf ve erginleri çok hareketli olup dokunulduğunda nimfler kendini toprağa atarlar. Tüm dönemlerinde sokup emmek suretiyle zarar yaparlar. Emgi yapılan yerler zamanla çürümektedir. Bitkinin generatif kısmında ki emgi, asıl zararı oluşturmaktadır. Pamukta genç generatif organlarda %31,6 dökülme ve toplam %54,3 oranında ürün kaybı olabilmektedir (Anonim, 2008a).

Creontiades pallidus polifag bir tür'dür. Konukçu bitkileri, pamuk, ayçiçeği, mısır, havuç, yonca, yerfıstığı, fasulye, pancar, patates, diğer sebzeler, kültür bitkileri, yabancı otlar ve çalı formundaki bitkiler olarak belirtilebilir (Anonim, 2008a).

Creontiades pallidus'un ülkemizde tespit edilen doğal düşmanları; predatör olarak *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera: Chrysopidae) ve *Nabis pseudoferus* Rm. (Heteroptera:Nabidae) ve parazitoid olarak *Leiophron decipiens* Rmb. (Hymenoptera:Braconicae) olarak belirlenmiştir (Anonim, 2011c).

Biberde, *C. pallidus* Antalya bölgesinde, biber seralarında son yıllarda görülmeye başlayan ve mücadele edilmediğinde zararı ciddi olarak artan bir böcek türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Daha önce biber seralarında karşılaşılan bir tür olmayıp son zamanlarda gözlenmeye başlanmış ve ürünlerde zarar vermeye başlamıştır.

Başlarda bu zararlı için, biyolojik mücadele yapılan seralarda, kullanılan yararlı böceklerden biri olduğunu düşünüp, bu konuyla ilgili raporlar vererek, internette haber olarak yayın yaptılar. Ama bu zararlının, tür teşhisi yapıp biyolojik mücadelede kullanılan bir böcek türü olmadığı, pamukta zarar yapan, bitki tahtakurusu olarak bilinen ve pamukta ruhsatlı bitki koruma ürünlerinin bulunduğu, zirai mücadele teknik talimatında da belirtilmiş zararlı bir böcek türü olduğu anlaşılmıştır.

Creontiades pallidus'un bölgede, biyolojik mücadele yapılan biber seralarında, kısmende kimyasal mücadele yapılan biber seralarında görüldüğü ve zarar oluşturduğu belirlenmiş, geçici olarak bazı kimyasallar tavsiye edilmiştir. Biber meyvesi üzerinde emgi izlerini özellikle meyvenin renk aldığı (kırmızı-sarı) dönemde anlaşılmaktadır. Meyve büyüdükçe ve oğunlaştıkça bu alanlar çürümekte ve meyvenin pazar değeri kaybolmaktadır.

Antalya İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü tarafından, başta biber olmak üzere örtü altında yetiştirilen sebzelerde bitki tahtakuruları (*C. pallidus*)'nın zarara neden olduğu bildirilmiştir. Yapılan gözlemlerde zararlının özellikle örtü altı biber yetiştiriciliğinde önemli ölçüde zarara neden olduğu konunun uzmanlarınca tespit edilmiştir. Zararlı için biber bitkisinde ruhsatlı herhangi bir bitki koruma ürünü bulunmadığından 2016-2018 yıllarında, % 30 Indoxacarb , 100 g/l Spirotetramat ve 150 g/l Indoxacarb etkili maddeli bitki koruma ürünlerine geçici tavsiye verilmiştir.

Bu çalışma, *C. pallidus*'un Antalya bölgesinde biber seralarında yayılışı, farklı biber çeşitlerinde popülasyonu ve popülasyonunu etkileyen faktörler bakımından ele alınmıştır.

2. Materyal ve Metod

Çalışma, Antalya ili ve ilçelerinde bulunan, biber seralarında yürütülmüştür. Yapılan bu gözlemlerde emgi şişesi ile yakalanan nimf ve ergin bireylerin tür teşhisi Barış ÇERÇİ (İSTANBUL) tarafından yapılmıştır. Seraların örneklemeinde Antalya bölgesini doğu, merkez ve batı olarak 3 bölgeye ayırıp burada ki 12 farklı biber seralarında 6 farklı biber çeşidi seçilerek, her bir serada 100 bitki

gözlemlemek suretiyle, üretim sezonu boyunca biber çeşitleri incelenmiş ve sayımlar yapılmıştır. Bitki üzerinde bulunan zararlının varlığı, hangi dönemde olduğu, meyvede bilinen zarar şekline göre kayıt altına alınmıştır. Bu ziyaretler esnasında biber bitkileri gözle kontrol edilerek, görülen zararlının nimf ve erginleri emgi şişesi ile toplanmıştır.

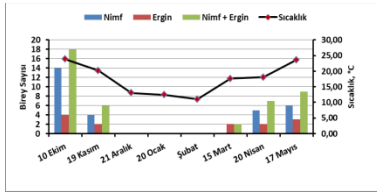
Bitkinin fenolojisine bağlı olarak da zararlının durumu kayıt edilmiş ve bunun için dikimden hemen sonraki ilk aydan başlayarak, meyve hasadına gelmiş ürünlerde de gözlemler yapılmıştır. Bu kontrollerde toplanan zararlı nimf ve ergin olarak kaydedilmiştir. Nimflerin her dönemi, emgi yapıp zarar verdiği için, tüm nimf dönemleri tek bir dönem olarak kaydedilmiştir. Bu gözlemler bitkinin dikiminden yaklaşık birkaç hafta sonra yapılmaya başlanmıştır. Sörvey çalışmalarında üreticilerden, kullanılan ilaçlar ile ilgili bilgiler de alınmıştır. Örnekleme yapılan seralar, kış aylarında soba ile ısıtılmaktadır.

Biber seralarında yapılan çalışmalar, Doğu Antalya (Aksu-Serik Bölgesi) iki sera, Antalya Merkez (Altınova, Kurşunlu Mevkii) dört sera, Batı Antalya (Beykonak, Mavikent) beş sera, Demre bir sera olmak üzere 12 serada yürütülmüştür. Çalışmalarda kullanılan emgi şişesi ile nimfler toplanmış ve zararlının nimfleri, erginleri ve zarar şekilleri kayıt altına alınmıştır.

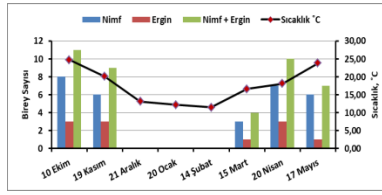
Bölgede gözlemler için seçilen bu seralarda kaliforniya (2), kapy (3), şili (2), çarliston (2), sivri biber (2) ve uçburun (1) biber çeşitleri bulunmaktadır. Bitki kontrollerinde zararlı tarafından oluşturulan zarar belirtileri yine her serada 100 bitki kontrol edilerek kaydedilmiştir. Bu kontroller sadece meyvelerde yapılmıştır. Seralarda yapılan her sayım ve gözlemden gece ve gündüz sıcaklık değerleri de kaydedilmiştir. Seralarda ki nemin genel olarak, %70-85 arasında olduğu saptanmıştır. Üreticilerle de yapılan görüşmelerde ortalama olarak bu aralıkta nemin tutulduğu ve bu değerlerde olması için gerekli işlemlerin yapıldığı ifade edilmiştir. Zararlının nimf ve ergin dönemleri ayrı ayrı kaydedilip ortalamaları alınmıştır. Ayrıca oluşturulan sayım tablosu ile seralarda yapılan sayımlar tek bir çizelgede not edilip kayıt altına alınmıştır. Bu sayım tablosuna göre, ziyaret edilen seralarda ki koşullar not edilerek, bitkinin hangi bölgede, ne zaman, hangi çeşit olduğu, dikilen alan, dikilen bitki sayısı, nem, gece-gündüz sıcaklığı, çiçek sayısı, meyve ve zarar görmüş meyve sayısı, nimf ve ergin sayısı gibi bilgiler not alınmıştır. Sayım yapılan bitki sayısı her sayımda tesadüfi olarak seçilen bitkilerden sera başına 100 adet örneklenmiştir.

3. Bulgular Ve Tartışma

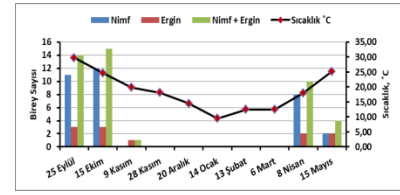
Doğu, merkez ve batı Antalya bölgesinde çalışma yapılan biber seralarından elde edilen veriler Şekil 1- 12’de verilmiştir.



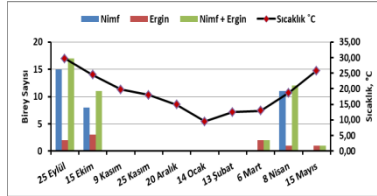
Şekil 1: Yukarıkocayatak kapy serası



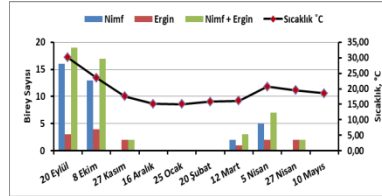
Şekil 2: Abdurrahmanlar kapy serası



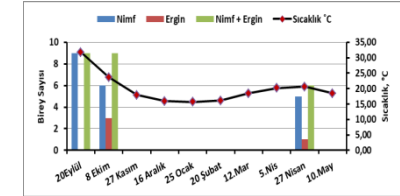
Şekil 3: Altınova şili serası 1



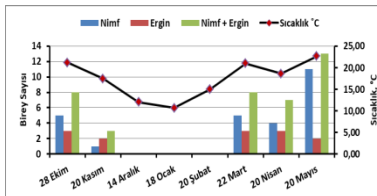
Şekil 4: Altınova şili serası 2



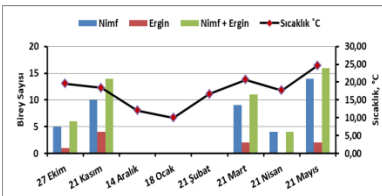
Şekil 5: Kurşunlu kaliforniya serası 1



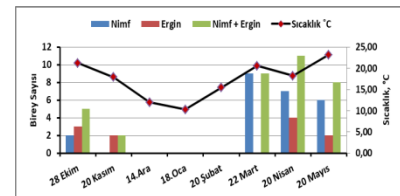
Şekil 6: Kurşunlu kaliforniya serası 2



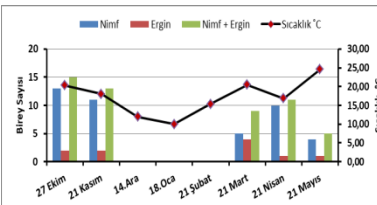
Şekil 7: Mavikent sivri biber serası 1



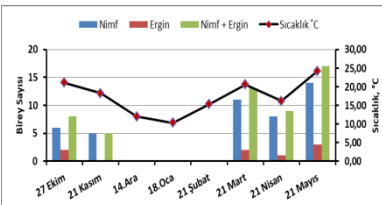
Şekil 8: Beykonak sivri biber serası 2



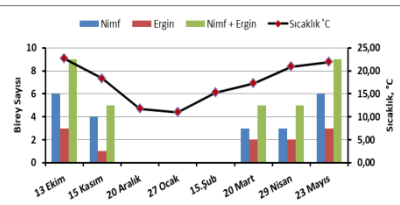
Şekil 9: Mavikent çarlı biber serası 1



Şekil 10: Beykonak çarlı biber serası 2



Şekil 11: Beykonak uçburun biber serası



Şekil 12: Demre kapy biber serası

Yapılan çalışmada, birbirlerine yakın iki bölgede bulunan, iki tane kopya biber serasının, dikim tarihleri 22-25 Ağustos 2018'dir. Grafikler incelendiğinde üretim sezonunun başında, dikimden yaklaşık bir ay sonra, zararının ergin ve nimfi ile karşılaşılmıştır. Birey sayısı, Abdurrahmanlar bölgesinde olan biber serasında biraz daha düşük tespit edilmiştir (Şekil 2). Sıcaklığın düştüğü Kasım ayı sonu itibarıyla her iki serada da zararının popülasyonu azalarak, seralarda bulunmadığı yapılan çalışmada görülmüştür. Biber bitkisinin meyvesi yeşil olduğu dönemde zararının meyvede yaptığı emgi izleri net bir şekilde belli olmamaktadır. Aralık ayının ikinci haftası gibi meyveler kızarmaya başladığı görülmektedir. Fakat üreticilerin, piyasanın arz ve talebine göre meyvenin kızarmasını beklemeden de, yeşil olarak toplama yapmakta ve biberleri piyasaya sunmaktadırlar. Bu kopya biberlerde ilk toplama Kasım ayının ikinci haftasında olmuştur. Bunu takiben 15 günde bir toplamalar devam etmektedir. Aralık ayının ikinci haftasında kızarmaya başlayan biber meyvelerinde emgi izlerini, emgi sebebiyle renk farklılığını ve bu alanlarda çürümeler olduğu görülmüştür. Zarar görmüş meyvelerin sayımı da not edilmiş, fakat toplama tarihlerinin piyasanın isteğine göre değişiklik gösterdiği ve belli bir standart tarihte yapılmadığı görülmüştür. Hasat, yeşil veya renk değiştiren meyvelerde ihtiyaca göre yapılmaktadır. Bu sebeple örnekleme yapılan bitkilerde ki vuruklu meyve sayımının ve verilerin sağlıklı olmadığı düşünülmektedir. Zararının sıcaklıkta artış olmaya başladığı 2019 yılı Mart ayı itibarıyla seralarda popülasyonu gözlenmiş, takip eden Nisan ve Mayıs aylarında da bu seralarda sayım yapıp kayıt edilmiştir.

Altınova bölgesinde 18 Ağustos 2018 tarihinde dikilmiş olan her iki Şili biber serasında da dikimden bir ay sonra yapılan gözlemlerde, zararlıya rastlanılmış ve sayımı yapılarak kayıt altına alınmıştır. Eylül 2018 – Ekim 2018 aylarında rastlanılan zararlıya, daha sonraki aylarda sıcaklığın düşmesi ile birlikte karşılaşılmamıştır. Bu bölgede ile ilgili diğer bir nokta da bu seraların etrafında çoğunluk olarak karanfil bitkisi seraların mevcudiyetidir. İlgi çeken diğer bir konu da bu karanfil seralarında farklı gruptan bitki koruma ürünleri uygulanmakta ve genel olarak karanfil seralarının etrafını çevreleyen örtüler açık bırakılıp havalandırılmaktadır. Bu kimyasal uygulamalarının rüzgar ile etrafa yayılabileceği de düşünülmüştür. Kısaca, doğada da bulunan ve konukçusu olan diğer yabancı otlarda ve bitkilerde döngüsüne devam eden kışlayan *Creontiades pallidus*'un popülasyonu üzerinde bu uygulamaların, baskılayıcı bir etkisi olabileceği de gözlemler arasında değerlendirilebilecek bir konu olabilir. Kasım ayı itibarıyla seralarda yapılan sayımlarda görülmeyen zararlıya, sıcaklık artışının başladığı mart sonu, nisan ayı başında yapılan sayımlarda karşılaşılmış ve kayıt altına alınmıştır. Mayıs ayı itibarıyla de popülasyonunda azalma görülmüştür. Antalya bölgesinde 2019 yılı itibarıyla düşük sıcaklıklar etkili olmuştur. Özellikle gece-gündüz sıcaklık farklarının da fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu dengesiz sıcaklık farkı ve genel olan soğuk hava, diğer çalışma yapılan seralarda elde edilen veriler ile benzerlik göstermektedir.

Şili biber de yeşilden kırmızıya döndüğünde toplanıp satılabilen çeşitlerden biridir. Yürütülen çalışma da Şili biber seralarında örnekleme yapılan bitkilerde, zararının meyvede yapmış olduğu zarara rastlanmamasının bir sebebi olarak, meyve toplama zamanı ile ilgili olduğunu düşünülmektedir. Zararlı popülasyonunun az oluşunun ve şili meyvesinin acı tadının olmasında ki payının zararının meyvede olan zararının görülememesinde bir etkisi olabileceğini düşünülecek bir konu olarak eklenebilir. Genel olarak Şili biber meyvesinin sapın olduğu kısım tatlıdır. Acı tat, meyvenin uç tarafına doğru artmaktadır.

Kaliforniya biber seralarında yürütülen çalışmada 27-29 Temmuz 2018 tarihlerinde dikimi yapılmış olan biberlerde, yaklaşık 1-1,5 ay sonra zararlıyla karşılaşılmıştır. Havaaların soğumasıyla birlikte, popülasyonu 2018 Kasım ayı itibarıyla kaybolan zararının Kaliforniya meyvelerinde yapmış olduğu emginin belirtilerini, rengi değişmeye başlamış kırmızı ve sarı renkli meyvelerde net bir şekilde görülmüştür. Şekil 5 ve 6'da görüldüğü gibi 2018 Kasım – 2019 Nisan ayları arasında zararlı popülasyonu, yapılan sayımlarda saptanmamıştır. Bu durumu değerlendirirken, üreticilerin sera içinde yapılan tarımsal faaliyetlerde, belli dönemlerde kimyasal mücadele yöntemine başvurulduğu kanısı oluşmuştur. Ancak gözlemlenen meyvelerde zararının yapmış olduğu emgiden kaynaklı meyvede ki iz ve çürümelerin olduğu görülmüştür. Vuruklu meyve sayıları kaydedilmiş, ancak toplama zamanları piyasa şartlarına göre değişiklik gösterdiği için net olarak takip edilememiş, bu sebeple alınan verilerin sağlıklı olmayacağı düşünülmektedir.

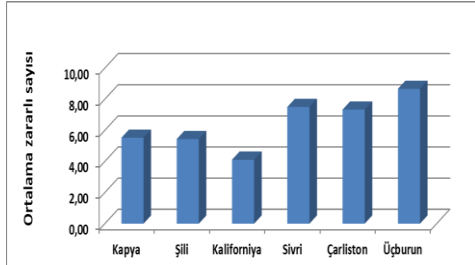
Şekil 7-11'de görülen çarlı, sivri ve üçburun biber çeşitleri aynı bölgede bulunan biber çeşitleridirler. Dikimler 15-27 Eylül tarihleri arasında yapılmıştır. Arazi işlemlerinde yapılan örneklemlerde bu üç biber çeşidinin gerek çiçeklenme, gerekse meyve sayısı bakımından birbirlerine benzerlik göstermektedir. Zararlıyla, Eylül 2018- Haziran 2019 tarihleri arasında ki üretim sezonu içindeki gözlemlerde Ekim – Kasım aylarında karşılaşılmış, sıcaklıkların düşük seyrettiği Aralık 2018 - Mart 2019 tarihleri arasında, çalışmanın yürütüldüğü bu bölgede ki seralarda popülasyon görülmemiştir. Mart ayı itibarıyla sıcaklıkların artması ile birlikte popülasyonda artışlar gözlemlenmiştir. İlk meyve hasadı Kasımın onundan sonra yeşil olarak 10-15 günde bir yapılmaktadır. Havanın sıcaklığına göre hasat işlemleri 10 gün de bir olmuştur. Yeşil olarak kısa aralıklarla hasat edilen bu çeşitlerde zararının meyve üzerinde ki zararı net olarak görülememiştir. Sivri biberde ki acılık genelde sap kısmında yoğun olduğu, mevve ucuna doğru ise acı tadın azaldığı belirlenmiştir.

Şekil 12'de görüldüğü gibi, 27 Ağustos dikim tarihli Kopya serasında zararlı, Demre bölgesinde saptanmıştır. Sonbaharda 2018 Ekim – 2018 Kasım aylarında görülen popülasyon, 2018 Aralık – 2019 Şubat aylarında görülemezle beraber, 2019 Ocak ve 2019 Mayıs ayları arasında rengi kırmızıya dönen meyvelerde yapmış olduğu emgi izi ve çürümüş bölgeler belirgin bir şekilde görülmüş ve kayıt edilmiştir. Demre bölgesinde kopya biber meyvesinin kızarma tarihi 2018 Aralık sonu 2019 Ocak ayının ilk haftaları olarak gözlemlenmiştir. Yeşilken de toplanıp satılabilen kopya meyvesinde 2018 Aralık - 2019 Şubat ayı ortaları arasında, sıcaklıkların düşük seyretmesinin de zararının görülememesinde bir sebep olarak düşünülebilir. Soğuk geçen aylarda sıcaklıklar takip edilmiştir. Zararının genelde 15-18 derecenin altındaki sıcaklıklarda popülasyonunun azalarak bu seralarda görülemediği. Yine bu tarihlerde gece sıcaklıkların da 8-10 derecelere kadar düşüş olması ve gündüz-gece sıcaklık farklarının da bazı aylarda çok olması da gözlemlenen bir diğer konudur.

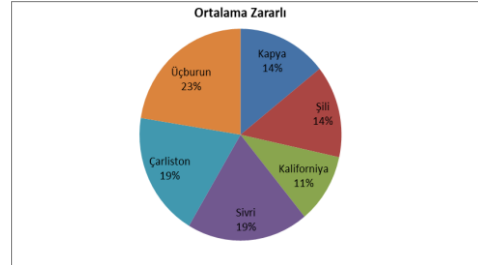
Ortalama zararlı sayıları baz alındığında tüm çeşitlerde, bu zararlı ile örnekleme yapılan tüm seralarda karşılaşılmıştır (şekil 13). Çeşitler arasında üçburun, sivri, şili ve çarliston biberde zararlı oranının daha fazla olmasına karşın meyvede yapmış olduğu zarar tespit edilememiştir. Buna karşılık kopya ve kaliforniya biber çeşitlerinde, örnekleme yapılan seralarda da ortalama zararlı sayısı

bakımından diğerlerine yakın değerler elde edilmiştir. Fakat zararlının meyvede yaptığı zararı özellikle renk değişiminin olduğu 2018 Aralık - 2019 Ocak aylarında farkedilmiştir. Halbuki emgi, aslında meyvenin küçük olduğu dönemlerde ve yeşil renkli olduğu literatur bilgisi ve bazı çalışmalarda da bildirilmiştir. Meyve renginin kapyra da kırmızı, kaliforniya biber çeşidinde de kırmızı ve sarı renk aldığı dönemde emgi izinin farkedilip, bu alanların çürüdüğü, diğer hastalık ve zararlılar için zemin hazırladığı görülmüştür. Bu durum meyvenin hem pazar değerini düşürmekte, hemde ürün kayıplarına sebep olmaktadır.

Farklı biber çeşidi olan seralar da yapılan zararlı sayımlarında, biber çeşitlerinde ortalama zararlı yüzdeleri (Şekil 14)'de gösterilmiştir. Bu değerlere göre *Creontiades pallidus*, örnekleme yapılan seralarda en çok %23 ile Üçburun biber çeşidinde, en az da %11 ile Kaliforniya biber çeşidinde gözlemlenmiştir.



Şekil 13. Farklı biber çeşitlerinde ortalama zararlı sayıları



Şekil 14. Farklı biber çeşitlerinde ortalama zararlı oranları

Antalya Bölgesinde biber dikili seralarda görülen *Creontiades pallidus*'un hangi zamanda ortaya çıkıp, ne zaman popülasyonunda düşme olduğunu, farklı biber çeşitlerini de göz önüne alarak, popülasyonun hangi tarihlerde yoğun olduğunu (Şekil 15.)'de gösterilmiştir.

Grafikte de görüldüğü üzere 2018 Eylül ve 2018 Aralık ayları arasında çalışmaya konu olan zararlı ile artan ve azalan oranlarda karşılaşmıştır. Genelde sıcaklığın 15-18 derecenin altında seyretmeye başladığı sonbahar mevsiminin 2018 Kasım ayı başlarında popülasyonda düşmeler görülmeye başlanmıştır. Takip eden 2018 Aralık-2019 Ocak-Şubat aylarında zararlı ile karşılaşmamıştır. 2019 Şubat sonu 2019 Mart ayı ile beraber çalışılan biber seralarında zararlının nimf ve erginleriyle karşılaşmıştır. Bazı bölgelerde (Kurşunlu, Altınova) Mart ve Nisan aylarına kadar zararlı görülmemiştir. Bu da *Creontiades pallidus*'un popülasyonu üzerinde sıcaklığın da etkili bir faktör olduğu kanısını oluşturmaktadır.

Genel olarak biber bitkisi çeşitlerinde dikimler, 2018 Ağustos başı ile 2018 Eylül sonuna kadar yapılmıştır. Daha sonra bu biber seralarına bir ay sonra yararlı böcek popülasyonları salınarak, diğer zararlılara karşı biyolojik mücadele etmenleri kullanılmaya başlanmıştır. Çalışmaya konu olan *Creontiades pallidus*, biber seralarında 2018 Eylül, Ekim, Kasım aylarında görülmüştür.

Literatür bilgilerinden alınan bilgiler çerçevesinde *C. pallidus* avının (Yaprak biti, kırmızı örümcek, beyazsinek vb.) ortamda bulunmadığı zamanla karşılaştırma yapıp, biber meyvesinde beslenmesi, tütün beyazsineği mevcutken %72 oranında ve kırmızı örümceğin olduğu durumda %40 oranında zararının azaldığı yapılan bir çalışmada ifade edilmiştir (Allouche vd. 2007). Örnekleme yapılan seralarda kimyasal mücadele yerine biyolojik mücadele yapılmaktadır. Kullanılan yararlı böcekler kısaca, *Amblyseius swirskii* (avcı akar), thrips türlerinin larvaları ve beyazsineklerin (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*) yumurta ve larvalarına karşı kullanılmaktadır. Diğer biyolojik mücadele etmeni olan *Orius laevigatus*, thripslerin larva ve ergini, afidler, kırmızı örümcek türleri ve lepidoptera yumurtalarında yaşamını sürdürmekte. *Aphidius colemani* yaprak bitleri için kullanılmaktadır. *Phytoseiulus persimilis* (avcı akar), yalnızca kırmızı örümcek türleriyle (*Tetranychus spp.*) mücadelede kullanılmaktadır.

Biber seralarına salınan yararlı böcekler, *Creontiades pallidus*' un avı olabilecek diğer böceklerle beslenmektedir. Besin tercihi olarak *C. pallidus* omnivor olduğundan ve ortamda mevcut avı yeterli olsa bile biberde emgi yapıp besleneceğini literatür bilgisinde de görülmektedir (Allouche vd. 2007).

Creontiades pallidus' un endüstri bitkilerinde ve sebze türlerinde zararlı böcek türü olduğu da yapılan bir çalışmada bildirilmiştir. Ama diğer zararlılara yönelik yapılan kimyasal uygulamalar bu zararlının popülasyonunu da etkilediği yine bu çalışmada bildirilmiştir. Ayrıca *C. pallidus*'un popülasyonu sıcakların arttığı Mayıs ayında başlayıp haziranda bitip belli bir seviyede kaldıktan sonra Kasım ayına kadar dalgalanma şeklinde popülasyonu gözlemlendiği ifade edilmektedir. Yonca da kullanılan ve diğer zararlılara karşı yapılan kimyasal uygulamalarda, *C. pallidus*'un üzerinde baskılayıcı bir etkisi olmuştur (Nakash vd. 1990). Gezilen bazı seralarda hiç gözlenmemesinin bir sebebi de bu olabilir. Kullanılan bitki koruma ürünleri *C. pallidus*'un popülasyonu üzerinde etkili ve baskılayıcıdır. Bu seralarda bibere ruhsatlı Azadirachtin, Deltamethrin, Flonicamid, Acetamiprid vb. etkili maddeli ilaçların kullanıldığı üreticilerle olan görüşmelerden anlaşılmıştır.

Doğada bulunan *Chrysoperla carnea*'nın, *C. pallidus* üzerinde başarılı bir avcı olduğu, yapılan bir çalışmada bildirilmiştir (Fathipour ve Safari (2003)). Zararlının üzerinde ki baskının artması için sera etrafında doğal yaşamı destekleyici uygulamaların yapılmasını ve *C. carnea*'nın popülasyonunu artırma üzerine yöntemlerin araştırılması, bir öneri olarak değerlendirilebilir.

C. pallidus'un yılda 4 döl verdiği yapılan bir çalışmada bildirilmiştir. Özellikle 2. dölünün daha önemli olduğu bu çalışmada vurgulanmaktadır. Araştırmacılar bunun nedeni olarak da çiçeklenme dönemine rast geldiğini söylemektedirler (Mahdi vd. 2000). Sera kontrollerinde görülen nimflerin bir çoğu biber çiçekleri üzerinde görülmüştür. Bu sebeple sera kontrollerinde bu konuya da dikkat edilmeli ve çiçeklerin kontrolüne önem verilmelidir.

Antalya bölgesinde yapılan çalışmada, yılın soğuk geçen aylarında biber seralarında bu zararlıyla karşılaşılmaamıştır. Sıcaklıklar genel olarak seralarda 15-18 derecenin altında olan 2018 Kasım-2019 Mart ayları arasında ki tarihlerdir. Sera içi sıcaklığın 2019 Mart-Nisan aylarında yükselmesiyle beraber seralarda gözlemlendiği için sıcaklık artışının bu zararlı üzerinde önemli olduğu düşünülmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Biber seralarında daha önceki yıllarda görülmeyen fakat daha sonra görülmeye başlayan ve ekonomik anlamda büyük kayıplara sebep olan *Creontiades pallidus*'un, biber alanlarında ki diğer zararlılara karşı kullanılan bitki koruma ürünlerinin kullanımının azalması ile bu alanlarda görülmeye başladığı düşünülmektedir. *C. pallidus*'un popülasyonunu düşürmek için kullanılan bazı bitki koruma ürünlerinin, ayrıca biber serası içine salınan yararlı böceklerle olan öldürücü etkisinin az olması sebebiyle kullanıldığını üreticilerle olan görüşmelerde belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada *C. pallidus*'un havanın sıcaklığından da etkilendiği kanısına varılmıştır. Soğuk olan sonbahar, kış ve ilkbahar aylarında bu zararlı biber seralarında gözlemlenmemiştir. Biber dikimi yapıldıktan sonra zarar yapma zamanı, daha çok 2018 Eylül-Ekim aylarında olmuştur, kışın ılık gidebileceği yıllar olabileceği de düşünülürse Kasım ayının ilk haftaları da buna eklenebilir. Bu zararlının bulunduğu ve aktif olduğu 2018 Eylül-Ekim ayları olarak gözlenmiştir. Diğer yıllarda mücadele edilirken bu aylar göz önünde bulundurulmalıdır. Emgi yapmış olduğu biber meyveleri üzerinde ki zararı meyve yeşilken çok net görülmektedir, biber çeşitleri kırmızı, sarı formlara dönüştüğünde ve büyüdüğünde zarar görülmektedir. Meyvenin emgi yapılmış alanı çürüyüp kalitesi ve pazar değeri düşerek, diğer hastalık ve zararlılar içinde meyvede uygun zemin hazırlamış oluyor. Yapılan çalışmaya göre de kopya, kaliforniya, şili gibi kırmızı ve sarı renkli olarak da satılan biberlerde zarar çok net görülebilmektedir. Bu bakımdan zararlının görüldüğü ilk yıllarda yaşanmış olan ciddi ürün kayıpları bahsi geçen aylarda mücadelesine dikkat edilirse daha az bir kayıp ile atlatılabilir. Ayrıca bu zararlı entomofag olduğu için de ortamda beyazsinek gibi av olduğunda literatürden de anlaşılacağı üzere beslenebilmektedir. Fakat yine de biber meyvesinde fitofag olduğundan dolayı da emgi yapılabilmektedir. Ama sonuçta zararlı olarak kabul edilmektedir. Antalya bölgesinde çalışma seraların dışında da gözlem yapılmıştır. Hemen hemen tüm biber seralarında bu zararlı görülmekle beraber üreticilerin düzenli olarak bitki koruma ürünü uyguladığı sera alanlarında görülmemiştir. Bu alanlarda sistemik, kontak vb. etkili bitki koruma ürünleri kullanılmaktadır. Uygulanan bitki koruma ürünleri, zararlıyı baskı altında tutmaktadır. Üreticilerin bu zararlı ile mücadele etmelerinde tedbir olarak, sera alanlarına giriş çıkışlarda kapının açık bırakılmaması sera naylonlarında yırtık, cam seralarda kırılmış bölgeler tespit edilip tamir edilmesi, sera da havalandırma açıklıklarında böcek tülü kullanılması, sera dışında yabancı ot kontrolü gibi uygulamalarla bu zararlıya karşı önlem olarak yapılabilir.

5. Kaynakça

- Anonim (2008a). Ziraî mücadele teknik talimatları. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Cilt:2, s:81-84.
- Anonim, (2008b). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. MEGEP Bahçecilik. S:3-13. (Son erişim tarihi: 05.05.2019)
- Anonim, (2011c). Pamuk entegre mücadele teknik talimatı. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü , Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, S:68-70. (Son erişim tarihi: 05.05.2019)
- Allouche, A., Steinberg, S. & Coll, M. (2007). The influence of prey availability on the level of damage caused by the cotton shedder bug, *Creontiades pallidus* (Heteroptera: Miridae), in protected sweet pepper. *Israel Journal of Entomology*, 37, 366-367.
- Jafari A. A. F., Fathipour Y., Hosseini S. M., Talebi A. A. & Moharamipour S. (2006). Preference of *Nabis capsiformis* and *Chrysoperla carnea* to different nymph instars of *Creontiades pallidus*. *Journal of Agricultural Sciences*. 12(1), 57:64.
- Fathipour Y., Jafari A.A.F. & Hosseini S. M. (2004). Population growth statistics of *Creontiades pallidus* (Het.: Miridae) and associated predators *Nabis capsiformis* (Het.: Nabidae) and *Chrysoperla carnea* (Neu.: Chrysopidae). *Journal of Entomological Society of Iran (jesi)*; 23(2), 15-31.
- Fathipour Y. & Jafari, A., (2003). Functional Response of Predators *Nabis capsiformis* and *Chrysoperla carnea* to Different Densities of *Creontiades pallidus* Nymphs. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 10(2), 125-133.
- Mahdi, H., Moqaddam, J., Moqaddam, H. & Eraqi, M. (2000). Evaluation of damage threshold of cotton shedder bug, *Creontiades pallidus* Ram. (Het. Miridae) in cotton fields of south Khorassan. *Agris*, 1-41.
- Nakash, J., Ben-Z'Éev, I.S., Bitton, S. & Klein, M. (1990). Association of the cotton shedder bug *Creontiades pallidus* (Rambur) with the entomophthorous fungus *Entomophthora erupta* (Dustan) Hall in Israel. *SCOPIA Supply*, 1, 109-112.

EFFECT OF ULTRASONIC CUTTING ON POLYPHENOL OXIDASE ACTIVITY OF BANANA

Gulcin Yildiz^{1*}, Gokcen Izli²

¹ Igdir University, Faculty of Tourism, Department of Gastronomy and Culinary Arts

gulcn86@gmail.com

² Bursa Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Food Engineering Department

gokcen.izli@btu.edu.tr

* Corresponding Author

Abstract

This study was conducted to test the concept of cutting bananas with an ultrasonic knife with a focus on the effect of cutting on the polyphenol oxidase (PPO) activity of the cut bananas. Specifically, the effects of ultrasound amplitude on the PPO activity of bananas right after cutting and during 2-week storage at refrigeration temperature were examined. Banana samples were cut without (Control) and with ultrasound at three amplitudes (30%, 40%, and 50%) with an ultrasonic knife. Quality attributes, e.g. polyphenol oxidase (PPO) activities of the cut bananas were compared. The bananas cut with ultrasound exhibited lower PPO activity compared to the Control indicating less browning. The ultrasound-assisted cutting (UAC) showed promise for cutting of foods with improved quality and thus will benefit consumers and the food industry.

Keywords: *Ultrasonic cutting, banana, polyphenol oxidase, browning, quality*

1. Introduction

The fresh-cut fruit and vegetable market has grown rapidly in recent years due to consumers' demand for fresh, convenient and nutritious foods [1]. However, the production of fresh-cut fruits and vegetables are facing two challenges, e.g., preservation of cut fruit quality during storage and microbial safety. A major quality problem of minimally processes fruits is enzymatic browning [2,3]. Cells of apples and other products such as pears, bananas, peaches, potatoes contain an enzyme called polyphenol oxidase (PPO) or tyrosinase. When the enzyme is in contact with oxygen, it causes biochemical conversion of plant phenolic compounds to brown pigments known as melanins. The browning can be seen when the fruit is cut or bruised because these actions damage the cells, allowing oxygen in the air to react with the enzyme and other chemicals. This reaction occurs at warm temperatures when the pH of the plant tissues is between 5.0 and 7.0. Enzymatic browning also speeds up by the presence of irons from, for instance, a rusted knife or copper bowl. Portela and Cantwell [4] showed that cutting melon pieces with a blunt blade resulted in increased ethanol concentrations and off-odors compared to the melon pieces cut with a sharp blade. In a similar way, carrots cut with sharp cutting blades showed reduced softening and microbial growth [5,6]. The browning reaction can be slowed down or prevented by inactivating the enzyme with heat, reducing the pH on the surface of the fruit (by adding lemon juice or another acids), reducing the amount of available oxygen (by putting cut fruit under water or vacuum packing it), or by adding certain preservative chemicals (such as sulfur dioxide). Several studies have reported strategies to prevent enzymatic browning. Annesse et al. [7] used different modified atmosphere (N₂/CO₂) packaging methods at 0 °C to control browning in sliced apple slices. However, the method was found not effective, as the high phenolic contents in fresh-cut apples and pears seemed to have diminished the effect of high CO₂ packaging.

The purpose of this pilot project was to test the concept of ultrasound-assisted cutting (UAC) of bananas with a focus on the polyphenol oxidase (PPO) activity of cut bananas. Specifically, the effects of ultrasound amplitude on the PPO activity of banana samples right after cutting and during 2-week storage at refrigeration temperature were examined. Polyphenol oxidase (PPO) activities, the enzyme responsible for post-harvest browning, of bananas cut with and without ultrasound were compared.

2. Materials and Methods

2.1. Cutting Device

The ultrasonic food cutting system includes the following components:

- a power supply,
- a convertor,
- a booster, and
- a cutting horn (or knife).

The cutting blade was made from a titanium-alloy and was provided by Sonics & Materials, Inc. (Newtown, CT, USA). Ultrasonic knife used for experimental design is given in Figure 1.

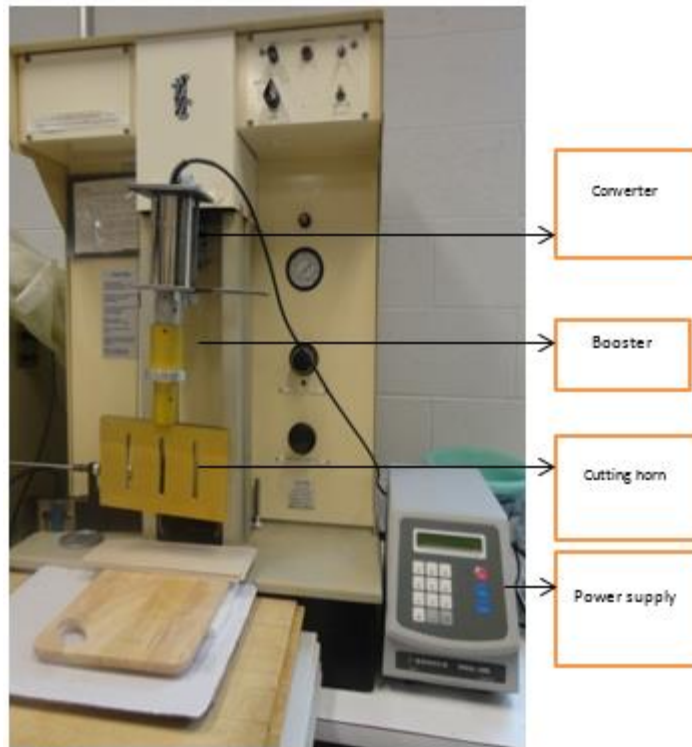


Figure 1. Ultrasonic knife used for experimental design (Sonics& Materials, Inc.)

2.2. Sample preparation and cutting experiments

Bananas were chosen for this study because of their popularity and rapid browning after cutting. The bananas were purchased from a local market were cut with the same titanium-alloy cutting knife without (Control) and with ultrasound at three amplitudes (30%, 40%, 50%). The specimens were placed on a wooden chopping board (Fig. 1). All cutting experiments were performed at room temperature. After being cut with and without ultrasound, the banana samples were placed into polyethylene bags and kept under refrigeration conditions (0 – 4 °C) for two weeks to examine the PPO activity changes caused by different treatments. PPO activity analysis was performed at the 0 (right after cutting), seventh and fourteenth days.

2.3. PPO activity analysis

The method proposed by Montgomery and Sgarbieri [8] was followed to determine polyphenol oxidase (PPO) activity in the banana samples using an Infinite M200 microplate spectrophotometer (Tecan). Thirty grams of tissue were homogenized using an Osterizer 12 speed blender (450 W) in 0.2 g polyvinylpyrrolidone (PVPP) and 70 mL of 0.5 M phosphate buffer (pH 6.8) for 50 seconds. The homogenate was filtered through filter paper (Whatman No. 41) under vacuum to remove cellular debris. The clear supernatant after centrifugation at 1,200 g (Sorvall Instruments Model RC5C centrifuge, SM10 rotor) for 15 min at 15-20 °C was collected as enzyme extracts.

Two milliliters of phosphate buffer (0.05 M) stored in a refrigerator at 4 °C and 0.5 mL enzyme extract were added to a glass tube. Before the reading, 0.5 mL catechol (0.02 M) prepared fresh daily was added to the mixture. The mixture was poured into cuvettes and inserted in a plate reader (TECAN-infinite M200). The increase in absorbance was read over 3 min in every 15 s at 420 nm. The PPO activity analysis was done at the 0, seventh and fourteenth days.

The absorbance (420 nm) of the assay solution was plotted against the reaction time (180 s) to demonstrate the enzyme kinetics. Slope of the absorbance vs. time curve was calculated, and the result was reported as a “U/g FW”. Since one unit of enzyme activity is defined as the amount of enzyme causing a change in absorbance of 0.001 per minute [9], the data was divided by 0.001 and PPO activity was reported as “U/mL” according to formula proposed by Cemeroglu [9].

$$\text{Activity (Unite/mL enzyme extract)} = \frac{E}{0.001 H\epsilon} \frac{1}{Hr} (Sf)$$

$$\text{Activity (Unite/mL enzyme extract)} = \frac{E}{0.001 H\epsilon} \frac{1}{Hr} (Sf)$$

(1)

where:

E is the slope of the absorbance vs. time curve,

0.001 is a constant value (using for converting abs/min to unit),

H_e is the volume of the enzyme extract in the reaction mixture (mL),

H_t is the total volume of the reaction mixture (mL), and S_f is a dilution factor.

2.4. Statistical analysis

Three replications for each treatment were used for all measurements, unless otherwise stated. The results were analyzed by analysis of variance using the General Linear Models (PROC GLM) procedure in SAS (version 9.3, SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA). Differences among the mean values were obtained by Fisher's least significant difference (LSD) test at alpha = 0.05.

3. Results and Discussion

The PPO activities of the bananas treated with and w/o ultrasound are listed in Table 1. The PPO activities of the bananas were in the range of 420 to 814 U/mL on day 0. The PPO activities of the banana samples significantly increased during storage, reaching of 497 to 986 U/mL on day 14. The UAC significantly decreased the PPO activities in bananas at all three amplitudes, but especially at amplitude of 50%. Photos of cut surfaces of the banana of the control and UAC at 50% amplitude are shown in Fig. 2.

Fresh-cut process creates wounding on fruits, and thus increases metabolic activities which may cause browning, softening, decay, and off-flavor development [10,11]. There are several factors affecting the wounding of fruits. For example, the number of cuts, the severity of the cutting treatments, and the sharpness of cutting blades all influence the extent of wounding. Portela and Cantwell [4] showed that cutting melon pieces with a blunt blade resulted in increased ethanol concentrations and off-odors compared to those cut with a sharp blade. In a similar way, cutting with sharp blades showed reduced softening and microbial growth in fresh-cut carrots [5,6]. The unit operations such as peeling and slicing result in destruction of surface cells [12] and removal of natural barriers such as skins in the case of fruits which causes water loss and deterioration [13]. It also leads to an increase in respiration rate and ethylene production [14,15]. Furthermore, reaction between phenols and PPO causes browning discoloration [16,17,18].

Cutting bananas with ultrasound produced less damage on the cut surfaces. Thus, samples cut with ultrasound were less susceptible to browning development since they had less open/damaged surfaces that exposed to air/oxygen.

Table 1. Polyphenol oxidase (PPO) activity changes for banana samples treated with ultrasound and w/o ultrasound during a two-week period

Sample	Treatment	Amplitude	PPO activity (U/mL)		
			1 st day	7 th day	14 th day
Banana	cut w/o ultrasound	0%	814 ^{a(z)}	923 ^{a(y)}	986 ^{a(x)}
	cut with ultrasound	30%	513 ^{b(z)}	597 ^{b(y)}	725 ^{b(x)}
	cut with ultrasound	40%	493 ^{bc(z)}	575 ^{b(y)}	602 ^{c(x)}
	cut with ultrasound	50%	420 ^{c(z)}	456 ^{c(y)}	497 ^{d(x)}

^{a-d} Treatment means within treatments (columns) with the same letter in each sample are not significantly different (p<0.05).

^{x-z} Treatment means within time (rows) with the same letter in each sample are not significantly different (p<0.05).



Fig. 2. Appearance of cut surfaces of banana samples

Left image: Banana cut with 50% amplitude; right-image: banana cut without ultrasound

4. Conclusion

The quality of banana samples cut with and without ultrasound was evaluated for a period of two weeks. A significant difference in polyphenol oxidase (PPO) activity was found between samples cut with and without ultrasound. Overall, the bananas cut with ultrasound had a better quality during storage compared to the control, as evidenced by PPO activity measurement.

5. References

- [1] Y. Luo, S. Lu, B. Zhou, H. Feng, Dual effectiveness of sodium chlorite for enzymatic browning inhibition and microbial inactivation on fresh-cut apples, *LTW-Food Sci. Technol.* 44 (7) (2011) 1621-1625.
- [2] D.M. Kim, N.L. Smith, and C.Y. Lee, Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars, *J. Food Sci.* 58 (1993)1115-1117-1175.
- [3] G. Yıldız, Control of enzymatic browning in potato with calcium chloride and ascorbic acid coatings. *Food and Health*, 5(2) (2019) 121-127. DOI: 10.3153/FH19013.
- [4] S.I. Portela, M.I. Cantwell, Cutting blade sharpness affects appearance and other quality attributes of fresh-cut cantaloupe melon, *J. Food Sci.* 66 (2001) 1265–1270.
- [5] H.R. Bolin, C.C. Huxsoll, Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling, *J. Food Sci.* 56 (1991) 416–418.
- [6] C. Barry-Ryan, D. O’Beirne, Effects of slicing method on the quality and storage-life of modified atmosphere packaged carrot discs, *J. Food Sci.* 63 (1998) 851–856.
- [7] M. Annese, M. Manzano, M.C. Nicoli, Quality of minimally processed apple slices using different modified atmosphere conditions, *J. Food Qual.* 20 (1997) 359-370.
- [8] M.W. Montgomery, V.C. Sgarbieri, Isoenzymes of banana polyphenol oxidase, *Phytochem.* 14 (1975) 1245.
- [9] B. Cemeroglu, Gıda analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. No:34, 2007, Bizim Büro Basımevi. Ankara, 535 s.
- [10] H.R. Bolin, A.E. Staftord, A.D. Jr King, C.C. Huxsoll, Factors affecting the storage stability of shredded lettuce, *J. Food Sci.* 42 (5) (1977) 1319-1321.
- [11] A.E. Watada, K. Abe, N. Yamauchi, Physiological activities of partially processed fruits and vegetables, *Food Technol.* 44 (1990) 116, 118, 120-122.
- [12] J. Yue-Ming, G. Zauberman, Y. Fuchs, Partial purification and some properties of polyphenol oxidase extracted from litchi fruit pericarp, *Postharvest Biol. Tech.* 10 (1997) 221-228.

- [13] I.T. Agar, R. Massantini, B. Hess-Pierce, A.A. Kader, Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices, *J. Food Sci.* 64 (1999) 433–440.
- [14] M.E. Saltveit, Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables, In: *Phytochemistry of Fruits and Vegetables*, Tom'as-Barberan, FA, and Robins, RJ, Eds., Phytochemistry Society Europa, Clarendon, Oxford, (1997) 205–220.
- [15] M.E. Saltveit, Y.J. Choi, F.A. Tom'as-Barber'an, Involvement of components of the phospholipid-signalling pathway in wound-induced phenylpropanoid metabolism in lettuce (*Lactuca sativa*) leaf tissue, *Physiol. Plant.* 125 (2005) 345–355.
- [16] M.V. Martinez, J.R. Whitaker, The biochemistry and control of enzymatic browning, *Trends Food Sci. Technol.* 6 (1995)195–200.
- [17] J.W. Heaton, A.G. Marangoni, Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues, *Trends Food Sci. Technol.* 7 (1996) 8–15.
- [18] G. Yildiz, T. Rababah, and H. Feng, Ultrasound-Assisted Cutting of Cheddar, Mozzarella and Swiss Cheeses – Effects on Quality Attributes during Storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37 (2016) 1-9. DOI: 10.1016/j.ifset.2016.07.013

EFFECT OF ULTRASONIC CUTTING ON POLYPHENOL OXIDASE ACTIVITY OF POTATO

Gulcin Yildiz^{1*}, Gokcen Izli²

¹ Iğdir University, Faculty of Tourism, Department of Gastronomy and Culinary Arts

gulcn86@gmail.com

² Bursa Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Food Engineering Department

gokcen.izli@btu.edu.tr

* Corresponding Author

Abstract

This study was conducted to test the concept of cutting potatoes with an ultrasonic knife with a focus on the effect of cutting on the polyphenol oxidase (PPO) activity of the cut potatoes. Specifically, the effects of ultrasound amplitude on the PPO activity of potatoes right after cutting and during 2-week storage at refrigeration temperature were examined. Potato samples were cut without (Control) and with ultrasound at three amplitudes (30%, 40%, and 50%) with an ultrasonic knife. Quality attributes, e.g. polyphenol oxidase (PPO) activities of the cut potatoes were compared. The potatoes cut with ultrasound exhibited lower PPO activity compared to the Control indicating less browning. The ultrasound-assisted cutting (UAC) showed promise for cutting of foods with improved quality and thus will benefit consumers and the food industry.

Keywords: *Browning, Polyphenol oxidase, Potato, Quality, Ultrasonic cutting*

1. Introduction

The fresh-cut fruit and vegetable market has grown rapidly in recent years due to consumer demand for fresh, convenient and nutritious foods [1]. Currently, ready-to-eat sliced apples are distributed to fast-food and grocery chains and are also approved for school lunch programs in the U.S. However, the production of fresh-cut fruits and vegetables is facing two challenges: the preservation of their quality during storage and safety from pathogens [2]. The major quality problem of minimally processed potatoes is enzymatic browning [3]. Several studies have reported strategies to prevent enzymatic browning. Gorny [4] reported that the reduction of O₂ levels to near 0% was necessary to prevent polyphenol oxidase (PPO) browning of many fresh-cut fruits. Sapers et al. [5] used reducing agents such as ascorbic acid or sodium erythorbate (isoascorbate) to prevent the browning of apple slices. Advantages of ultrasonic cutting such as excellent cut face, reduced smearing, low product loss, less deformation, less tendency to shatter for brittle products, and being able to handle sticky or brittle foods, have made it increasingly popular in the food-processing industry in recent years [6].

The purpose of this pilot project was to test the concept of ultrasound-assisted cutting (UAC) of potatoes with a focus on the polyphenol oxidase (PPO) activity of cut potatoes. Specifically, the effects of ultrasound amplitude on the PPO activity of potato samples right after cutting and during 2-week storage at refrigeration temperature were examined. Polyphenol oxidase (PPO) activities, the enzyme responsible for post-harvest browning, of potatoes cut with and without ultrasound were compared.

2. Materials and Methods

2.1. Cutting Device

The ultrasonic food cutting system includes the following components:

- a power supply,
- a convertor,
- a booster, and
- a cutting horn (or knife).

The cutting blade was made from a titanium-alloy and was provided by Sonics & Materials, Inc. (Newtown, CT, USA). Ultrasonic knife used for experimental design is given in Figure 1.

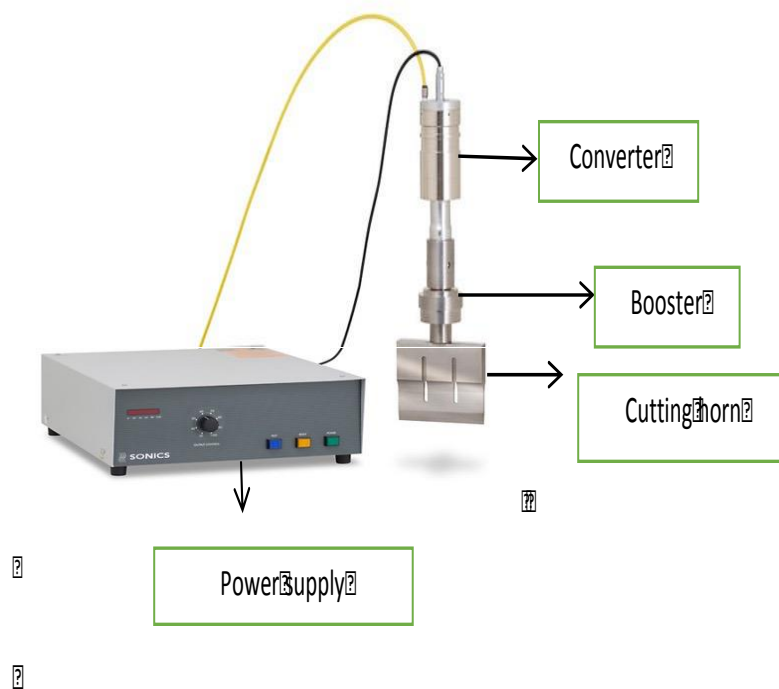


Figure 1. Ultrasonic knife used for experimental design (Sonics& Materials, Inc.)

2.2. Sample preparation and cutting experiments

Potatoes were chosen for this study because of their popularity and rapid browning after cutting. The potatoes were purchased from a local market were cut with the same titanium-alloy cutting knife without (Control) and with ultrasound at three amplitudes (30%, 40%, 50%) by avoiding the core with the ultrasonic knife. The specimens were placed on a wooden chopping board. All cutting experiments were performed at room temperature. After being cut with and without ultrasound, the potato samples were placed into polyethylene bags and kept under refrigeration conditions (0-4°C) for two weeks to examine the PPO activity changes caused by different treatments. PPO activity analysis were performed at the 0 (right after cutting), seventh and fourteenth days.

2.3. PPO activity analysis

The method proposed by Montgomery and Sgarbieri [7] was followed to determine polyphenol oxidase (PPO) activity in the potato samples using an Infinite M200 microplate spectrophotometer (Tecan). Thirty grams of tissue (from surfaces of 3 potato sample pieces - each slice was about 1 cm thick) were homogenized using an Osterizer 12 speed blender (450 W) in 0.2 g polyvinylpyrrolidone (PVPP) and 70 mL of 0.5 M phosphate buffer (pH 6.8) for 50 seconds. The homogenate was filtered through filter paper (Whatman No. 41) under vacuum to remove cellular debris. The clear supernatant after centrifugation at 1,200 g (Sorvall Instruments Model RC5C centrifuge, SM10 rotor) for 15 min at 15-20 °C was collected as enzyme extracts.

Two milliliters of phosphate buffer (0.05 M) stored in a refrigerator at 4 °C and 0.5 mL enzyme extract were added to a glass tube. Before the reading, 0.5 mL catechol (0.02 M) prepared fresh daily was added to the mixture. The mixture was poured into cuvettes and inserted in a plate reader (TECAN-infinite M200). The increase in absorbance was read over 3 min in every 15 s at 420 nm. The PPO activity analysis was done at the 0, seventh and fourteenth days.

The absorbance (420 nm) of the assay solution was plotted against the reaction time (180 s) to demonstrate the enzyme kinetics. Slope of the absorbance vs. time curve was calculated, and the result was reported as a "U/g FW". Since one unit of enzyme activity is defined as the amount of enzyme causing a change in absorbance of 0.001 per minute [8] the data was divided by 0.001 and PPO activity was reported as "U/mL" according to formula proposed by Cemeroglu [8].

$$\text{Activity (Unite/mL enzyme extract)} = \frac{E}{0.001 H_e} (Hrk)(Sf) \quad (1)$$

where:

E is the slope of the absorbance vs. time curve,

0.001 is a constant value (using for converting abs/min to unit),

H_e is the volume of the enzyme extract in the reaction mixture (mL),

H_{rk} is the total volume of the reaction mixture (mL), and S_f is a dilution factor.

2.4. Statistical analysis

Three replications for each treatment were used for all measurements, unless otherwise stated. The results were analyzed by analysis of variance using the General Linear Models (PROC GLM) procedure in SAS (version 9.3, SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA). Differences among the mean values were obtained by Fisher's least significant difference (LSD) test at $\alpha = 0.05$.

3. Results and Discussion

The PPO activities of the potatoes treated with and w/o ultrasound are listed in Table 1. The PPO activities of the potatoes were in the range of 76 to 195 U/mL on day 0. The PPO activities of the potato samples significantly increased during storage, reaching of 107 to 284 U/mL on day 14. The UAC significantly decreased the PPO activities in potatoes at all three amplitudes, but especially at amplitude of 50%. Photos of cut surfaces of the potato of the control and UAC at 50% amplitude are shown in Fig. 2.

Fresh-cut process creates wounding on fruits, and thus increases metabolic activities which may cause browning, softening, decay, and off-flavor development [9,10]. There are several factors affecting the wounding of fruits. For example, the number of cuts, the severity of the cutting treatments, and the sharpness of cutting blades all influence the extent of wounding. Portela and Cantwell [11] showed that cutting melon pieces with a blunt blade resulted in increased ethanol concentrations and off-odors compared to those cut with a sharp blade. In a similar way, cutting with sharp blades showed reduced softening and microbial growth in fresh-cut carrots [12,13]. The unit operations such as peeling and slicing result in destruction of surface cells [14] and removal of natural barriers such as skins in the case of fruits which causes water loss and deterioration [15]. It also leads to an increase in respiration rate and ethylene production [16, 17]. Furthermore, reaction between phenols and PPO causes browning discoloration [18,19, 6]

Cutting potatoes with ultrasound produced less damage on the cut surfaces. Thus, samples cut with ultrasound were less susceptible to browning development since they had less open/damaged surfaces that exposed to air/oxygen.

Table 1. Polyphenol oxidase (PPO) activity changes for potato samples treated with ultrasound and w/o ultrasound during a two-week period

Sample	Treatment	Amplitude	PPO activity (U/mL)		
			1 st day	7 th day	14 th day
Potato	cut w/o ultrasound	0%	195 ^{a(z)}	243 ^{a(y)}	284 ^{a(x)}
	cut with ultrasound	30%	121 ^{b(z)}	197 ^{b(y)}	214 ^{b(x)}
	cut with ultrasound	40%	113 ^{b(z)}	185 ^{b(y)}	204 ^{b(x)}
	cut with ultrasound	50%	76 ^{c(z)}	91 ^{c(y)}	107 ^{c(x)}

^{a-c} Treatment means within treatments (columns) with the same letter in each sample are not significantly different ($p < 0.05$).

^{x-z} Treatment means within time (rows) with the same letter in each sample are not significantly different ($p < 0.05$).



Figure 2. Appearance of cut surfaces of potato samples

Left image: Potato cut with 50% amplitude; right-image: potato cut without ultrasound

4. Conclusion

The quality of potato samples cut with and without ultrasound was evaluated for a period of two weeks. A significant difference in polyphenol oxidase (PPO) activity was found between samples cut with and without ultrasound. Overall, the potato cut with ultrasound had a better quality during storage compared to the control, as evidenced by PPO activity measurement.

5. References

- [1] Y. Luo, S. Lu, B. Zhou, H. Feng, Dual effectiveness of sodium chlorite for enzymatic browning inhibition and microbial inactivation on fresh-cut apples, *LTW-Food Sci. Technol.* 44 (7) (2011) 1621-1625.
- [2] D.M. Kim, N.L. Smith, and C.Y. Lee, Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars, *J. Food Sci.* 58 (1993)1115-1117-1175.
- [3] G. Yıldız, Control of enzymatic browning in potato with calcium chloride and ascorbic acid coatings. *Food and Health*, 5(2) (2019) 121-127. DOI: 10.3153/FH19013.
- [4] J.R. Gorny, Summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. In: J.R. Gorny (Ed.), *Proceedings of Seventh International Controlled Atmosphere Conference, Postharvest Outreach Program, University of California, Davis, CA*, 5 (1997) 30 - 66.
- [5] G.M. Sapers, L. Garzarella, V. Pilizota, Application of browning inhibitors to cut apple and potato by vacuum and pressure infiltration, *J. Food Sci.* 55 (1990) 1049-1053.
- [6] G. Yıldız, T. Rababah, and H. Feng, Ultrasound-Assisted Cutting of Cheddar, Mozzarella and Swiss Cheeses – Effects on Quality Attributes during Storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37 (2016) 1-9. DOI: 10.1016/j.ifset.2016.07.013
- [7] M.W. Montgomery, V.C. Sgarbieri, Isoenzymes of banana polyphenol oxidase, *Phytochem.* 14 (1975) 1245.
- [8] B. Cemeroglu, Gıda analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. No:34, 2007, Bizim Büro Basımevi. Ankara, 535 s.
- [9] H.R. Bolin, A.E. Staftord, A.D. Jr King, C.C. Huxsoll, Factors affecting the storage stability of shredded lettuce, *J. Food Sci.* 42 (5) (1977) 1319-1321.
- [10] A.E. Watada, K. Abe, N. Yamauchi, Physiological activities of partially processed fruits and vegetables, *Food Technol.* 44 (1990) 116, 118, 120-122.
- [11] S.I. Portela, M.I. Cantwell, Cutting blade sharpness affects appearance and other quality attributes of fresh-cut cantaloupe melon, *J. Food Sci.* 66 (2001) 1265–1270.
- [12] H.R. Bolin, C.C. Huxsoll, Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling, *J. Food Sci.* 56 (1991) 416–418.
- [13] C. Barry-Ryan, D. O’Beirne, Effects of slicing method on the quality and storage-life of modified atmosphere packaged carrot discs, *J. Food Sci.* 63 (1998) 851–856.

- [14] J. Yue-Ming, G. Zauberman, Y. Fuchs, Partial purification and some properties of polyphenol oxidase extracted from litchi fruit pericarp, *Postharvest Biol. Tech.* 10 (1997) 221-228.
- [15] I.T. Agar, R. Massantini, B. Hess-Pierce, A.A. Kader, Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices, *J. Food Sci.* 64 (1999) 433-440.
- [16] M.E. Saltveit, Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables, In: *Phytochemistry of Fruits and Vegetables*, Tom'as-Barberan, FA, and Robins, RJ, Eds., Phytochemistry Society Europa, Clarendon, Oxford, (1997) 205-220.
- [17] M.E. Saltveit, Y.J. Choi, F.A. Tom'as-Barber'an, Involvement of components of the phospholipid-signalling pathway in wound-induced phenylpropanoid metabolism in lettuce (*Lactuca sativa*) leaf tissue, *Physiol. Plant.* 125 (2005) 345-355.
- [18] M.V. Martinez, J.R. Whitaker, The biochemistry and control of enzymatic browning, *Trends Food Sci. Technol.* 6 (1995)195-200.
- [19] J.W. Heaton, A.G. Marangoni, Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues, *Trends Food Sci. Technol.* 7 (1996) 8-15.

VANADİS 4E TOZ METALÜRJİK TAKIM ÇELİĞİNİN YÜZEY FREZELENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN KESME SICAKLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ VE OPTİMİZASYONU

Gürcan Samtaş^{1*}, Salih Korucu²

¹ Düzce Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Düzce/Türkiye.

gurcansamtas@duzce.edu.tr

² Gazi Üniversitesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Ankara/Türkiye.

skorucu@gazi.edu.tr

*Sorumlu Yazar

Özet

Vanadis 4E, yüksek performanslı iş takımları için son derece iyi aşınma direnci olan ve süneklik kombinasyonu sunan, toz metalürjik soğuk iş takım çeliğidir. Kalıpla kesme ve şekillendirmede, soğuk ekstrüzyon kalıplarında, toz preslemede, bıçak imalatı gibi proseslerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, 100x80x30 mm ebatlarında Vanadis 4E toz metalürjik soğuk iş takım çeliğine yüzey frezeleme uygulanmış ve frezeleme esnasında kesme parametrelerinin kesme sıcaklığı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneyler için Taguchi L9 (3⁴) ortogonal dizisi kullanılmış ve 9 adet deney yapılmıştır. Deneylerde üç farklı kesici uç (CVD/Al₂O₃-TiCN-TiN kaplamalı karbür, PVD/TiAlN nano kaplamalı uç ve PVD/TiB₂ kaplamalı uç), üç farklı kesme derinliği (0.3, 0.5 ve 0.7 mm), üç farklı kesme hızı (150, 180, 200 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0.1, 0.2 ve 0.3 mm/diş) kullanılmıştır. Her bir deney için termal kamera ile kesme bölgesi sıcaklıkları ölçülmüştür. Elde edilen sıcaklık değerleri kullanılarak kesme parametreleri optimize edilmiş ve sonuçlar, sinyal-gürültü oranı (S/N), varyans analizi (ANOVA) ve üç boyutlu grafikler ile değerlendirilmiş, fit regression model kullanılarak kesme sıcaklığı için matematiksel model elde edilmiştir. Optimizasyon sonrası optimum parametreler kullanılarak üç doğrulama deneyi yapılmıştır. Doğrulama deney sonuçları, Vanadis 4E'nin frezelelenmesinde minimum kesme sıcaklığı için kesme parametrelerinin optimizasyonunda Taguchi metodunun başarılı bir şekilde uygulandığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Vanadis 4E, Yüzey frezeleme, Kesme sıcaklığı, Taguchi method

1. Giriş

Vanadis 4E diğer yüksek alaşımli toz metalürjik takım çeliklerine kıyasla çok iyi bir işlenebilirlik ve taşlanabilirlik kabiliyetine sahiptir. Aynı zamanda gelişmiş yüksek mukavemetli çeliklerin kesilmesi ve biçimlendirilmesi için kullanılan krom, molibden ve vanadyum alaşımli toz metalürjik (PM) takım çeliğidir. Çok iyi süneklik, yüksek aşınma direnci, yüksek basınç direnci, ısı işlem esnasında iyi boyutsal kararlılık, çok iyi sertleşme özelliği ve iyi temper direnci gibi özelliklere sahiptir [1]. Vanadis 4E üretici katalog bilgilerine göre iyi işlenebilirlik özelliğine sahip olmasına rağmen literatürde bu malzeme üzerine yapılmış işlenebilirlik çalışması bulunmamaktadır. Literatür incelendiğinde; bu malzemeye eklenen farklı takviye tipleri ile mekanik özelliklerindeki değişikliklerin araştırılması, korozyon davranışlarının incelenmesi, nitritleme işlemleri ile faz bileşimi ve gerilme durumları, derin kriyojenik işlem ile malzeme yapısındaki değişimlerin incelenmesi, aşınma direnci, malzeme üzerine kaplama uygulamaları gibi malzeme davranışlarını inceleyen ve malzemeye uygulanan wire electric discharge machining gibi çalışmaların yapıldığı görülmüştür [2-8].

Yüzey kalitesi, mühendislik malzemelerinin en önemli göstergelerinden birisidir ve üretilen parçaların işlenebilirlik kalitesinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Yüzey pürüzlülüğünün iyi olması, malzemenin tribolojik özelliklerini, yorulma dayanımını ve ürünün estetik görünümünde önemli iyileştirmeler sağlar. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü; sürtünme, aşınma ve ısı iletimi gibi işlenmiş parçaların bu tür özelliklerini etkilemektedir [9, 10]. Talaşlı imalatla önemli rolü olan bir diğer nokta da takım aşınmasıdır. Çünkü yüzey pürüzlülüğü, takım aşınmasına bağlıdır ve doğrudan ondan etkilenir. Yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması; takım malzemesi, takım kaplama türü, kesme hızı, ilerleme oranı, işlenen malzeme türü gibi birçok parametreden etkilenir. Bu parametrelerin optimizasyonu ile minimum yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasının sağlanması, işleme maliyetlerinin azaltılması açısından çok önemlidir [9]. Gerek pürüzlülük, gerekse takım aşınması kesme bölgesinde oluşan sıcaklıklarla doğrudan ilişkilidir. Kesici takım ve kesme parametreleri, süreç planlamada önemli bileşenlerdir. Doğru kesici takım seçimi ve kesme parametreleri, enerji tüketimini ve işleme sürecinin üretim süresini önemli ölçüde azaltabilir [10]. Taguchi metodu, günümüzde birçok işlenebilirlik çalışmasında yaygın bir şekilde kullanılan istatistiksel bir deney tasarımı sunmaktadır [12-16]. Bu sayede sunduğu deneysel tasarımı yürütülen deneylerde ölçülen değere etki eden parametreleri amaçlanan hedefe göre optimize ederek, kısa sürede istatistiksel bir sonuç verir ve optimizasyonun doğruluğunu doğrulama deneyleriyle karşılaştırır [17]. Yüzey frezeleme işlemi birçok malzemeye uygulanan geleneksel bir yöntemdir. Sukumar v.d. alüminyum 6061'in yüzey frezelelenmesinde yüzey pürüzlülüğüne etki eden kesme parametrelerinin optimizasyonu ve tahmininde Taguchi metodu ve yapay sinir ağları (ANN) kullanmışlardır. Çalışmalarında Taguchi L₁₆ dizini ile 16 adet deney yapmışlardır [18]. Wang v.d. yüzey frezeleme işleminde, yüzey pürüzlülüğünün tahmini için matematiksel modeller geliştirmişlerdir. Yüzey frezeleme işlemlerinde malzeme olarak alüminyum 6061 ve kesici uç olarak üçgen biçimli K313 derecesine sahip kesici uçlar kullanmışlardır [19]. Dung v.d., yüzey frezeleme koşullarının kesme kuvvetleri ve yüzey

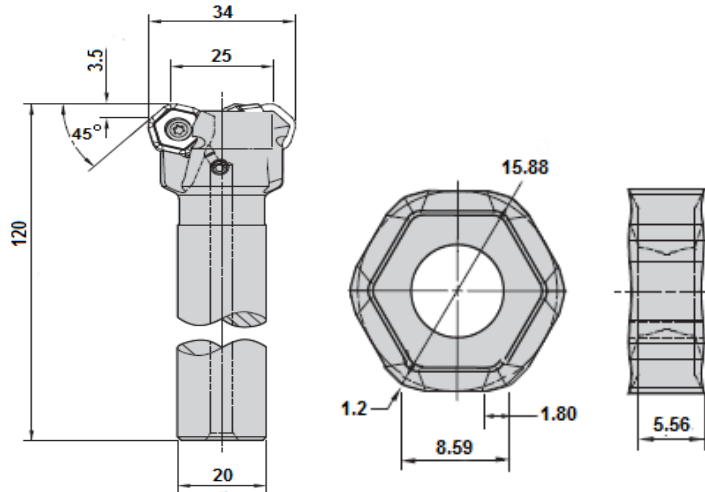
pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında 46 HRC dertliğe sahip, ısıl işlem görmüş SKD61 çeliğini kullanılmıştır. Üç farklı kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği kullanılarak oluşturdukları deneysel tasarım için Taguchi L27 ortogonal dizi kullanmışlardır [20]. Diğer taraftan Niu v.d. Al-Li alaşımlı 2A97 malzemesine karbür uçlar kullanarak uyguladıkları yüzey frezeleme işleminde, işlenmiş yüzey bütünlüğünün özelliklerini incelemişlerdir. Kesme parametreleri olarak kesme hızı, ilerleme oranı ve kesme derinliğini kullanmışlardır [21]. İstatistikte Yanıt Yüzey Metodu (RSM), sistem açıklayıcı değişkeni ile bir ya da daha fazla cevap değişkeni arasında ilişki kuran bir yöntemdir. Verma v.d. yüzey frezeleme operasyonunda frezeleme parametrelerini optimize etmişlerdir. Deneysel tasarım ve sonuçların incelenmesinde RSM kullanarak kesme parametrelerini istatistiksel olarak değerlendirmişler ve regresyon metodu kullanarak matematiksel modeller elde etmişlerdir [22]. Krishnaprasad ve Sumesh yüzey frezeleme işleminde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, düzlük ve malzeme kaldırma oranı gibi çıktı parametreleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir [23].

Bu çalışmada, üç farklı kesici uç (CVD/Al₂O₃-TiCN-TiN kaplamalı karbür, PVD/TiAlN nano kaplamalı karbür ve PVD/TiB₂ kaplamalı karbür), üç farklı kesme derinliği (0.3, 0.5 ve 0.7 mm), üç farklı kesme hızı (150, 180, 200 m/mdak) ve üç farklı ilerleme (0.1, 0.2 ve 0.3 mm/diş) kullanılarak Vanadis 4E toz metalurjik çeliğe yüzey frezeleme işlemi uygulanmıştır. Deneysel tasarımda Taguchi metodu kullanılarak 9 deney yapılmıştır. Her bir deney sonunda termal kamera ile sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Elde edilen ölçümler S/N oranları, varyans analizi ve üç boyutlu grafikler ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda optimizasyonun doğruluğu doğrulama deneyleri ile test edilmiştir.

2. Deneysel Detaylar

2.1. Yüzey Frezeleme Deneyleri

Yüzey frezeleme işlemlerinde Delta Seiki 1050A (Fanuc Oimate MC, iş milinin maksimum hızı 8000 dev/dk, işletme basıncı 5,5 bar, motor gücü 12kw) üç eksenli dikey freze tezgâhı kullanılmıştır. Deneyler için; TN5515 kodlu CVD tekniği ile TiN-TiCN-Al₂O₃ kaplanmış, TN6525 kodlu PVD tekniği ile TiAlN (nanolayer) kaplanmış ve TN6501 kodlu PVD tekniği ile TiB₂ kaplanmış karbür kesici uçlar (Widia, Germany) seçilmiştir. Victory M1200 kodlu takım tutucu (Widia, Germany) kullanılmış olup, kesici takım ve takım tutucu detayları Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan kesici uçlar ve takım tutucu detayı

Şekil 1’de görüldüğü gibi kesici uçlar 6 önde 6 arkada olmak üzere 12 kesme kenarına sahiptir. İşlenecek malzeme için Uddeholm firmasına ait 100x80x30 mm ölçülerinde Vanadis 4 Extra toz metalurjik takım çeliği kullanılmıştır. Kullanılan malzemeye ait mekanik ve bileşen elemanları özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Vanadis 4E malzemesine ait mekanik ve yapısal özellikler

Mekanik Özellikler						
Yoğunluk	Elastik Modülü (GPa)	Sertlik (Brinell)	Termal İletkenlik			
7.70 gr/cc	205	230	30 W/m-K			
Bileşen Elemanları (%)						
C	Cr	Fe	Mn	Mo	Si	V
1.4	4.7	85.9	0.40	3.5	0.40	3.7

2.2. Kesme Sıcaklığı Ölçümleri

Her bir deney için kesici takım talaş kaldırmaya başladıktan 3 sn sonra kesme bölgesinden yaklaşık 20 cm mesafeden Fluke TiS20 model termal kamera ile sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Kullanılan termal kamera -20 °C ile 350 °C arası ölçüm yapabilen, dedektör çözünürlüğü 120x90, görüş alanı 35,7° x 26,8° ve 9 Hz kare hızına sahiptir. Kullanılan malzemenin emissivity (yayınım) değeri olarak, düz ve kaba yüzeyli çelikler için kullanılan 0.95 değeri alınmıştır.

3. Deneylerin Yürütülmesi ve Optimizasyon

3.1. Deneysel Tasarım ve Deneylerin Yürütülmesi

Deneysel tasarım için Taguchi L₉ ortogonal dizisi kullanılmış ve 9 deney yapılmıştır. Taguchi metodu ile yapılan analiz ve değerlendirmelerde deney sayısı önemli derecede azaltılmak mümkündür. Taguchi metodu, kalite özelliklerini belirlemede bazı fonksiyonlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada kesme bölgesi sıcaklık ölçümlerinde en küçük değer arzu edilen olduğu için “En küçük en iyi” fonksiyonu kullanılmıştır (1).

$$\eta = \frac{S}{N} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (1)$$

Burada n gözlemlenen değer sayısı, y_i ise gözlemlenen veridir [24]. Taguchi metodunda ortogonal dizi seçimi; seçilen faktörlere, bu faktörlerin etkileşimlerine, her faktör için seviyelerinin sayısına ve deneyin amacına bağlıdır. Tablo 2’de seçilen kesme parametreleri ve bu parametrelerin seviyeleri verilmiştir. Kesme parametrelerinin belirlenmesinde malzeme ve kesici takım katalogu dikkate alınmıştır [25, 26].

Tablo 2. Kontrol faktörleri olarak seçilen kesme parametreleri ve seviyeleri

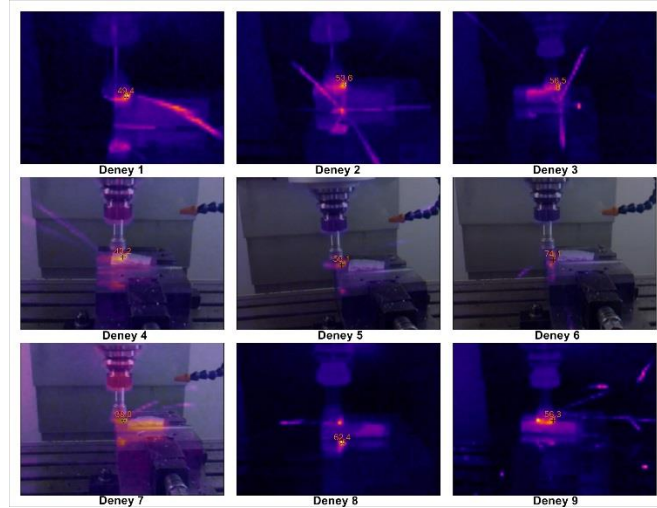
Sembol	Parametreler	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
A	Kesici uçlar (Ku)	TiN-TiCN-Al ₂ O ₃	TiAlN-Nano	TiB ₂
B	Talaş miktarı (a, mm)	0.3	0.5	0.7
C	Kesme hızı (V, m/dak)	150	180	200
D	İlerleme oranı (f, mm/diş)	0.1	0.2	0.3

Taguchi yönteminin ilk adımı, kontrol faktörleri olarak seçilen kesme parametrelerine dayalı uygun bir ortogonal dizi seçmektir. Optimum kesme parametrelerini belirlemek ve bu belirlenmiş parametrelerin etkilerini analiz etmek için en uygun dizi [L₉ (3⁴)] seçilmiştir. Yürütülen deneyler sonucunda ölçülen sıcaklık değerlerinin optimizasyonu S/N oranları ile sağlanmaktadır. L₉ Taguchi deney tasarımına göre yürütülen deneyler sonucunda ölçülen sıcaklık değerleri ve Denklem 1 kullanılarak hesaplanan S/N oranları Tablo 3’de, deneylerden elde edilen termal görüntüler Şekil 2’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Deneylerden elde edilen sıcaklık değerleri ve S/N oranları

Deney no.	Kontrol faktörleri				Sıcaklıklar (°C)	
	A	B	C	D	T (°C)	S/N _T (dB)
	Kesici uçlar (Ku)	Talaş miktarı (a, mm)	Kesme hızı (V, m/dak)	İlerleme oranı (f, mm/diş)		
1	TiN-TiCN-Al ₂ O ₃	0.3	150	0.1	49.4	-33.874
2	TiN-TiCN-Al ₂ O ₃	0.5	180	0.2	53.6	-34.583
3	TiN-TiCN-Al ₂ O ₃	0.7	200	0.3	56.5	-35.040
4	TiAlN- Nano	0.3	180	0.3	43.2	-32.709
5	TiAlN- Nano	0.5	200	0.1	56.1	-34.979
6	TiAlN- Nano	0.7	150	0.2	74.1	-37.396
7	TiB ₂	0.3	200	0.2	38.9	-31.798
8	TiB ₂	0.5	150	0.3	62.4	-35.903
9	TiB ₂	0.7	180	0.1	56.3	-35.010

Yürütülen 9 deneyden sonra sıcaklıkların ortalama değeri, 54.5 °C ve aynı şekilde ortalama S/N oranı ise, -34.589 dB olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Deneyle elde edilen termal görüntüler

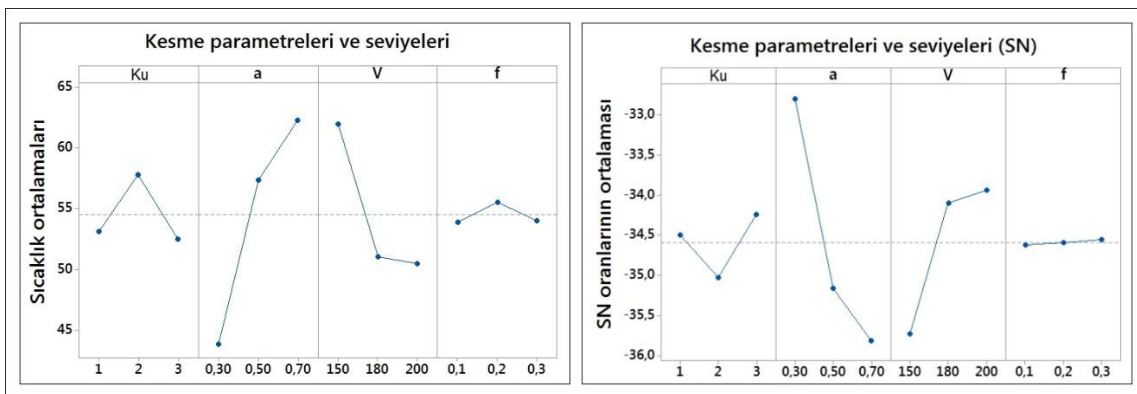
3.2. Optimum parametrelerinin belirlenmesi

Tablo 4'de kontrol faktörleri olarak ifade edilen kesme parametreleri, seçilen ortogonal diziye göre farklı seviyeler ve olası etkileri göz önünde bulundurularak ayırt edilmiştir. Bu seviyeler deneysel çalışmada ölçülen sıcaklıkların analizi için hesaplanan sinyal gürültü oranlarının her bir seviyesi için ortalama değerleri göstermektedir. Bu değerler, belirlenen optimum parametreler için tahmin değerleri hesaplamak için kullanılır.

Tablo 4. Sıcaklık değerlerinin S/N oranları (dB) ortalaması

Seviyeler	Kontrol faktörleri			
	Ku	a	V	f
	S/N oranları (dB)			
Seviye 1	-34.50	-32.79	-35.72	-34.62
Seviye 2	-35.03	-35.16	-34.10	-34.59
Seviye 3	-34.24	-35.82	-33.94	-34.55
Delta	0.79	3.02	1.79	0.07

Optimum değer hesaplamasında bir diğer gereklilik de optimum seviyeleri belirlemektir. Optimum seviyeler, L_9 ortogonal dizi tarafından üretilen kombinasyonların sonuçlarına göre kontrol faktörlerinin farklı seviyelerini değerlendirilerek belirlenebilir. Bu seviyeler, ana etki grafiklerini çizmek için kullanılır (Şekil 3).



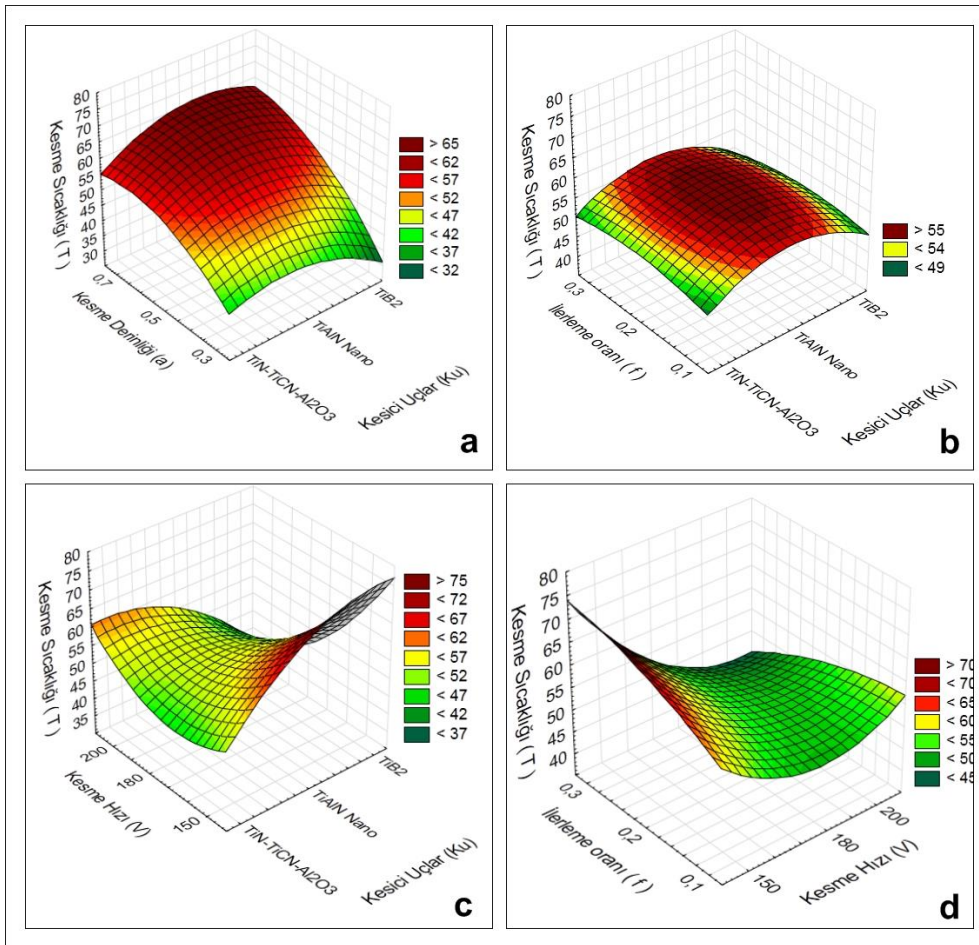
Şekil 3. Kesme parametrelerinin seviyeleri için etki grafikleri

Kontrol faktörlerine ve seviyelerine göre hesaplanan S/N oranları dağılımları Fig. 3'de gösterilmektedir. Şekil 3'e göre sıcaklık için kesme parametrelerinin optimum kombinasyonu $A_3B_1C_3D_1$ (A_3 = TiB₂ kaplamalı uç, B_1 = 0.3 mm talaş miktarı, C_3 = 200 m/dak kesme hızı ve D_1 = 0,1 mm/diş ilerleme oranı) olarak belirlenmiştir.

4. Deneysel Sonuçların Değerlendirilmesi

4.1. Kesme Parametrelerinin Sıcaklığa Etkisi

Şekil 4'de sıcaklık grafikleri verilmiştir. Grafiklerde kesme parametrelerinin varyasyonları kullanılarak dört adet grafik elde edilmiştir. Şekil 4a'da talaş miktarı (kesme derinliği) ve kesici uçların sıcaklığa etkisi gösterilmiştir. Burada en yüksek sıcaklık değeri 0.7 mm talaş derinliğinde olmuştur. Sıcaklığın düşük değerlerde seyrettiği parametreler 0.3 mm talaş miktarındadır. Bu talaş miktarında üç farklı kesici uçta düşük sıcaklıkların elde edildiği görülmektedir. TiAlN nano kesici uçta az miktarda yükselme olmuş diğer iki kesici uçta düşük değerler elde edilmiştir. Şekil 4b'de ilerleme oranı ve kesici uçların sıcaklığa etkisi gösterilmiştir. Burada TiN-TiCN-Al₂O₃ ve TiB₂ kaplamalı kesici uçlarda üç farklı ilerlemede bile düşük sıcaklıkların elde edildiği görülmektedir. TiAlN nano kesici uçta üç ilerleme oranında da yüksek sıcaklıkların ölçüldüğü görülmektedir. Şekil 4c'de kesme hızı ve kesici uçların sıcaklığa etkisi gösterilmiştir. Burada en düşük sıcaklık TiB₂ kaplamalı kesici uç ve 200 m/dak kesme hızında elde edilmiştir. Bu durum Taguchi metodu ile elde edilen optimum değerler ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca en yüksek sıcaklıklar TiAlN nano ve TiB₂ kaplamalı kesici uçların 150 m/dak kesme hızında olmuştur. Burada TiN-TiCN-Al₂O₃ kaplamalı kesici uç ve 150 m/dak kesme hızında da düşük sıcaklıkların çıktığı görülmektedir. Şekil 4d'de kesme hızı ve ilerleme oranının sıcaklıklar üzerine etkisi gösterilmiştir. Burada, 200 m/dak kesme hızı ve 0.3 mm/diş ilerleme oranında en düşük sıcaklıkların elde edildiği görülmektedir. En yüksek sıcaklıkların 150 m/dak kesme hızı ve üç farklı ilerlemede oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4. Kesme parametrelerinin sıcaklığa etkisi

Şekil 4'de yer alan grafikler göstermektedir ki TiN-TiCN-Al₂O₃ ve TiB₂ kaplamalı kesici uçlar düşük sıcaklıkların elde edilmesinde iyi performans göstermiştir.

4.2. Parametre Etkilerinin ANOVA ile Belirlenmesi

Deney tasarımında kullanılan tüm kontrol faktörlerinin birbirlerini nasıl etkilediğini, bunun performans özellikleri üzerinde nasıl bir etkisi olduğunu ve performans özelliklerinde parametrelerin farklı seviyelerinde ne gibi değişiklikler olduğunu belirlemek için varyans analizi kullanılmaktadır [14]. Kesici takım, kesme hızı, ilerleme oranı ve kesme derinliğinin sıcaklık değerleri üzerine etkileri varyans analizi ile değerlendirilmiş, deney sonuçları %95 güvende incelenmiştir. Varyans analizi sonuçları Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Kesme parametreleri için ANOVA sonuçları

Faktörler	Serbestlik Derecesi (DF)	Karalar Toplamı (SS)	Karalar Ortalaması (MS)	F -Değeri	P-Değeri	Faktör Etkisi (%)
Sıcaklık (T-°C)						
Ku	1	0.602	0,602	0.02	0.056	0.07
a	1	511.527	511.527	16.61	0.896	59.88
V	1	218.880	218.880	7.11	0.015	25.62
f	1	0.015	0.015	0	0.056	0
Hata (e)	4	123.217	30.804		0.983	14.42
Toplam	8	854.240	-			100

Tablo 5’de sıcaklık için varyans analizi sonuçları incelendiğinde, sıcaklığa etki eden en etkili faktör %59.88 ile talaş derinliği olmuştur. Bu faktörü %25.62 ile kesme hızı takip etmektedir. Kesici uç ve ilerleme oranının etkileri sırasıyla % 0.07 ve % 0 olmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre sıcaklığa ilerleme oranının etkisinin olmadığı görülmektedir. Talaş miktarının en etkili faktör olması kesme bölgesindeki kesici ucun yüzeye olan teması ne kadar fazla ise o kadar yüksek sürtünme oluşmakta bu durum da sıcaklığı arttırmıştır.

4.3. Regresyon analizi

Regresyon analizleri, bir bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkinin olduğu çeşitli değişkenlerin modellenmesi ve analizinde kullanılır [27]. Bu çalışmada sıcaklık için ikinci dereceden regresyon modeli kullanılarak sıcaklık için matematiksel model elde edilmiştir (Denklem 2)

$$T = 230.8 + 19.48 Ku + 153.7 a - 2.594 V + 62.50 f - 4.950 Ku^2 - 107.5 a^2 + 0.006756 V^2 - 155 f^2 \quad (2)$$

İkinci dereceden regresyon modeline göre sıcaklık için elde edilen denklemin (T) R kare değeri % 100 olarak çıkmıştır. Dolayısıyla bu denklemin belirleme katsayısı 1 olmuştur.

4.4. Doğrulama deneyleri

Taguchi metodunun son adımı olan doğrulama deneylerinin amacı, kalite özelliklerini analiz etmektir. Ayrıca optimizasyon sürecinin doğruluğunu test etmek için de doğrulama deneyleri kullanılır. Yani diğer bir deyişle doğrulama deneyleri, kesme parametrelerinin ve seviyelerinin belirlenen optimum kombinasyonu test etmek amacıyla yapılır. Kesme parametrelerinin bireysel etkileri dikkate alınarak optimum kombinasyona göre A₃B₁C₃D₁ (A₃= TiB₂ kaplamalı uç, B₁ = 0.3 mm talaş miktarı, C₃ = 200 m/dak kesme hızı ve D₁ = 0,1 mm/diş ilerleme oranı) tahmin sıcaklık (T_p) aşağıda verilen denklemlerle hesaplanır [14].

$$\eta_{gT} = A_1 + B_2 + C_3 + D_3 - 3\eta_{\frac{S}{N}-T} \quad (3)$$

$$T_p = 10^{-\eta_{gT}/20} \quad (4)$$

Denklemlerde; A₃B₁C₃D₁ faktörlerin optimum seviyelerine ait sinyal gürültü oranlarıdır. η_{gT} sıcaklık optimum seviyeleri için hesaplanan S/N oranı, $\eta_{\frac{S}{N}-T}$, S/N oranlarının ortalaması ve T_p sıcaklık tahmin değeridir. Denklem 3 ve denklem 4 kullanılarak hesaplanan tahmin değeri (T_p) 39 °C olarak elde edilmiştir. Doğrulama deneylerinin sonucunu tahmin değerle karşılaştırılmasında ve kalite özelliğinin doğrulanmasında güven aralığı (CI) kullanılmaktadır. Güven aralığı maksimum ve minimum değer olup, hesaplanan değer tahmin sıcaklık değeri ile karşılaştırılarak doğrulama deneylerinin doğruluğu test edilir. CI aşağıda verilen denklem ile hesaplanır [9, 13, 14].

$$CI = \sqrt{F_{\alpha;1,V_e} \times V_{ep} \times \left(\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right)} \quad (5)$$

Denklem 5’de $F_{\alpha;1,V_e}$ önem düzeyi α ’nın F oranı, α önem düzeyi, 1- α güven aralığı, V_e hatanın serbestlik derecesi, V_{ep} hatanın varyansı, r doğrulama deney sayısı ve n_{eff} etkin ölçülen sonuçların sayısıdır [13, 14].

$$n_{eff} = \frac{N}{1 + V_t} \quad (6)$$

Denklemler 6'da N , toplam deney sayısını (9), V_t Tablo 5 dikkate alınarak ortalamasının hesaplandığı kesme parametrelerine ait toplam serbestlik derecesini (4) ifade etmektedir. Bu değerler dikkate alındığında $n_{eff} = 1.8$ olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada sıcaklık için belirlenen optimum kombinasyonlar dikkate alınarak 3 adet doğrulama deneyi yapılmıştır. Deney sonuçları % 95 güven aralığında değerlendirildiğinde ve Denklem 5 ve Denklem 6 dikkate alındığında güven aralığı (CI) = 14.52 bulunmuştur. 3 adet doğrulama deneylerinin ortalaması 41.4 °C'dir. Bu durumda sıcaklık için, $(39 - 14.26) < 41.4 < (39 + 14.52) = 24.74 < 41.4 < 53.52$ aralığı elde edilmiş ve doğrulama deneyleri güven aralığı içinde gerçekleşmiştir. Bu durumda sıcaklık deneyleri için gerçekleştirilen optimizasyon başarılıdır. Tablo 6'da, Taguchi metodu kullanılarak elde edilen öngörülen değerlerle deney sonuçlarının karşılaştırmasını gösterilmiştir. Tahmin edilen değerler ve deneysel değerler birbirine çok yakın çıkmıştır. Güvenilir istatistiksel analiz için hata değerleri % 20'den az olmalıdır [14].

Tablo 6. Optimum ve rastgele seçilen kombinasyonların tahmin değerlerle karşılaştırılması

Seviyeler	Deney	Tahmin	Hata (%)
A ₃ B ₁ C ₃ D ₁ (Optimum)	41.4 °C	39 °C	5.79
A ₁ B ₃ C ₃ D ₃ (Rastgele seçim)	56.5 °C	54.84 °C	2.94
A ₂ B ₃ C ₁ D ₂ (Rastgele seçim)	74.10 °C	74.07 °C	0.04

Tablo 6'da, optimum ve deneyler arasından rasgele seçilen parametreler tahmin değerlerle karşılaştırılmıştır. Doğrulama testi sonuçları ile Taguchi metoduyla elde edilen sonuçlar arasındaki farkın çok küçük düzeyde olduğu görülmektedir. Ayrıca rastgele seçilen parametrelerde hata da çok küçük çıkmıştır. Bu durumda doğrulama deneyleriyle elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, optimizasyon başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada Vanadis 4E toz metalürjik çeliğin kaplamalı kesici uçlarla yüzey frezelenmesinde kesme parametrelerinin optimize edilmesi ve deney sayısının azaltılması için Taguchi metodu kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçları şu şekilde sıralamak mümkündür.

- Optimum kombinasyon, A₃B₁C₃D₁ (A₃= TiB₂ kaplamalı uç, B₁ = 0.3 mm talaş miktarı, C₃ = 200 m/dak kesme hızı ve D₁ = 0,1 mm/diş ilerleme oranı) olarak elde edilmiştir.
- İstatistiksel analiz sonucunda, sıcaklığa etki eden en etkili faktör %59.88 ile talaş derinliği olmuştur. İkinci en etkili faktör %25.62 ile kesme hızı olmuştur.
- Çalışmada ikinci dereceden regresyon modeli kullanılarak sıcaklık için matematiksel model elde edilmiştir. Elde edilen denklemin kolerasyon katsayısı 1 (R-kare = %100) olarak çıkmıştır.
- Doğrulama deneyleriyle elde edilen sonuçlar ile tahmin değerleri arasındaki hata oranı çok küçük çıkmış, bu değerler %95 güven aralığının içinde yer almıştır. Ayrıca rasgele olarak seçilen parametrelerle elde edilen deneysel ve tahmin sonuçları için hata değerleri çok küçük çıkmıştır.
- TiN-TiCN-Al₂O₃ ve TiB₂ kaplamalı kesici uçlar düşük sıcaklıkların elde edilmesinde iyi performans göstermiş bu durumu üç boyutlu grafikler doğrulamıştır.
- Taguchi metoduyla elde edilen optimum kombinasyonlarla yürütülen doğrulama deneylerinde deneysel sonuçlara göre uygun bir kesme sıcaklığı elde edilmiştir.

Bütün bu sonuçlar göstermektedir ki Taguchi metodu, Vanadis 4E toz metalürjik çeliğin yüzey frezelenmesinde, üretim maliyetlerinin ve üretim zamanının azaltılmasında güvenilir bir metodolojidir. Kullanılan bu malzeme için TiN-TiCN-Al₂O₃ kaplamalı ve TiB₂ kaplamalı kesici uçlarla yürütülecek yüzey frezeleme işlemlerinde, düşük sıcaklıklar için 0.3 mm kesme derinliği önerilmektedir. Literatürde işlenebilirlik çalışması bulunmayan bu malzemeye, sonraki çalışmalarda farklı soğutma yöntemleri (kuru hava, bor yağı v.b. gibi) kullanarak yüzey frezeleme operasyonunda kesme parametrelerinin performansı test edilebilir. Ayrıca farklı geometriye ve kaplamaya sahip kesici uçlar kullanılarak bu malzeme için işlenebilirlik performansı araştırılabilir.

6. Kaynakça

- [1] Uddeholm Vanadis 4 Extra SuperClean technical catalog, 2019.
- [2] Sudhakara D. and Prasanthi G., "Application of Taguchi Method for Determining Optimum Surface Roughness in Wire Electric Discharge Machining of P/M Cold Worked Tool Steel (Vanadis-4E)", *Procedia Engineering*, 97, 1565-1576, 2014.
- [3] Shih-Hsien C., Po-Ting Y. and Kuo-Tsung H., "Microstructures, mechanical properties and corrosion behaviors of NbC added to Vanadis 4 tool steel via vacuum sintering and heat treatments", *Vacuum*, 142, 123-130, 2017.
- [4] Üstünyazıç, Ü., Nielsen C. V., Tiedje N. S. and Bay N., "Combined numerical and experimental determination of the convective heat transfer coefficient between an AlCrN-coated Vanadis 4E tool and Rhenus oil", *Measurement*, 127, 565-570, 2018.

- [5] Yan F., Shi H., Jin B., Fan J. and Xu Z., “Microstructure evolution during hot rolling and heat treatment of the spray formed Vanadis 4 cold work steel”, *Materials Characterization*, 59 (8), 1007-1014, 2008.
- [6] Yan F., Shi H., Fan J. and Xu Z., “An investigation of secondary carbides in the spray-formed high alloyed Vanadis 4 steel during tempering”, *Materials Characterization*, 59 (7), 883-889, 2008.
- [7] Arslan F. K., Altinsoy I., Hatman A., Ipek M. and Bindal C., “Characterization of cryogenic heat treated Vanadis 4 PM cold work tool steel”, *Vacuum*, 86 (4), 370-373, 2011.
- [8] Yan F., Xu Z., Shi H. and Fan J., “Microstructure of the spray formed Vanadis 4 steel and its ultrafine structure” *Materials Characterization*, 59(5), 592-597, 2008.
- [9] Kivak T., “Optimization of surface roughness and flank wear using the Taguchi method in milling of Hadfield steel with PVD and CVD coated inserts”, *Measurement*, 50, 19-28, 2014.
- [10] Chen X., Li C., Tang Y., Li L., Du Y. and Li L., “Integrated optimization of cutting tool and cutting parameters in face milling for minimizing energy footprint and production time”, *Energy*, 175, 1021-1037, 2019.
- [11] Fetecau C. and Stan F., “Study of cutting force and surface roughness in the turning of polytetrafluoroethylene composites with a polycrystalline diamond tool”, *Measurement* 45, 1367–1379, 2012.
- [12] Kara F., “Taguchi optimization of surface roughness and flank wear during the turning of DIN 1.2344 tool steel”, *Materials Testing*, 59 (10), 903-908, 2017.
- [13] Kara F. and Öztürk B., “Comparison and optimization of PVD and CVD method on surface roughness and flank wear in hard-machining of DIN 1.2738 mold steel”, *Sensor Review*, 39 (1), 24-33, 2019.
- [14] Kara F., “Optimization of surface roughness in finish milling of AISI P20+S plastic-mold steel”, *Materiali in tehnologije / Materials and technology*, 52 (2), 195–200, 2018.
- [15] Asiltürk İ. and Neşeli S., “Multi response optimization of CNC turning parameters via Taguchi method based response surface analysis”, *Measurement*, 45 (4), 785–794, 2012.
- [16] Camposeco-Negrete C., “Optimization of cutting parameters for minimizing energy consumption in turning of AISI 6061 T6 using Taguchi methodology and ANOVA”, *Journal of Cleaner Production*, 53 (53), 195–203, 2013.
- [17] Phadke M.S., *Quality Engineering Using Robust Design*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1989.
- [18] Sukumar M.S., Ramaiah P. V. and Nagarjuna A., “Optimization and prediction of parameters in face milling of AL-6061 using Taguchi and ANN approach”, *Procedia Engineering*, 97, 365-371, 2014.
- [19] Wang R., Wang B., Barber G. C., Gu J. and Schall J. D., “Models for prediction of surface roughness in face milling process using triangular inserts”, *Lubricants*, 7 (1), 1-14, 2019.
- [20] Hoang T. D., Nhu-Tung N., Tran D. Q. and Nguyen. V. T., “Cutting forces and surface roughness in face milling of SKD61 hard steel”, *Strojnicki Vestnik / Journal of Mechanical Engineering* . 65 (6), 375-385, 2019.
- [21] Niu J., Liu Z., Ai X., Huang W., Wang G. and Duan R., “Characteristics of machined surface integrity in face milling Al-Li alloy 2A97 with carbide inserts”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101 (1-4), 839-848, 2019.
- [22] Verma V., Gupta P. Kr., Goel A., Awasthi S., “Optimizing milling parameters in face milling operation”, *Journal of Experimental and Applied Mechanic*, 9 (3), 2018.
- [23] Krishnaprasad K. and Sumesh C.S., “Numerical modeling and multi objective optimization of face milling of AISI 304 Steel”, *Journal of Applied and Computational Mechanics*, 5 (4), 749-762, 2019.
- [24] Krishnaiah K. and Shahabudeen P., *Applied Design of Experiments and Taguchi Methods*, PHI Learning Private Limited, New Delhi, 2012.
- [25] WIDIA Hanita and Rübiger, Solid end mills & Holemaking catalog, 2019.
- [26] Uddeholm Vanadis 4 Extra cutting data recommendations, 2019
- [27] Cetin M.H., Ozcelik B., Kuram E., Demirbas E., “Evaluation of vegetable based cutting fluids with extreme pressure and cutting parameters in turning of AISI 304L by Taguchi method”, *J. Cleaner Prod.* 19, 2049–2056, 2011.

HAVACILIK SEKTÖRÜNDE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ İÇİN PATENT VERİ TABANI ANALİZİ – EKLEMELİ İMALAT

Hakan Öztürkmen^{1*}, Muhammet Sürmeli¹, Simge Ünlüsoy¹, Ercan Onur Sever¹, Beste Sezen¹

¹TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. AR-GE ve Prototip Başkanlığı Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü Patent Mühendisliği, Ankara, Türkiye

*hakan.ozturkmen@tai.com.tr, muhammet.surmeli@tai.com.tr, ercanonur.sever@tai.com.tr, beste.sezen@tai.com.tr
simge.unlusoy@tai.com.tr*

Özet

Teknolojik gelişmelerin hız kazanması ile bu teknolojik yenilikleri patent başvuruları üzerinden takip edebilmek, çağı yakalamak adına oldukça önem kazanmıştır. İçinde bulunduğumuz dönemde öne çıkan teknolojiler; ürün ömür döngüsü boyunca tüm değer zincirinin düzenlenmesi ve kontrolünü sağlayan, değer zincirindeki tüm nesnelerin entegrasyonunu, kişi, nesne ve sistemlerin birbirine siber fiziksel ortamda bağlanmasını, bilgiye gerçek zamanlı ulaşılabilmesini ve elde edilen veriler kullanılarak en uygun değer akışının belirlenebilmesine imkân veren “Endüstri 4.0” kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Endüstri 4.0 ile birlikte üretim alanında “Eklemeli İmalat” konusuyla ilgili çalışmalar hızla artmaktadır. Eklemeli imalat, malzemelerin 3 boyutlu model verilerinden nesnelere yapmak için genellikle üst üste eklenen katkı malzemesi ile istenilen parçanın üretilmesi sürecidir. Bu çalışmanın amacı, Eklemeli imalat teknolojisi ile ilgili üretime yönelik güncel uygulamaları ortaya koymaktır. Bu doğrultuda, havacılık sektöründe önde gelen firmaların son 3 yılda eklemeli imalat teknolojisi ile ilgili yaptıkları patent başvuruları araştırılarak, yüze yakın patent başvurusu incelenmiştir. İncelenen patent başvuruları ile Eklemeli imalat teknolojisinde çözülmesi istenilen sorunlar ve sorunlara getirilen çözümler saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Havacılık, Üretim, Eklemeli İmalat, Patent, Analiz

1. Giriş

Günümüzde havacılık sektöründe önde gelen firmalar yoğun bir şekilde AR-GE çalışmalarını sürdürmektedir. Yapılacak AR-GE projelerinin odaklanacağı teknoloji alanlarını belirlerken faaliyet alanı ile ilgili başka firmaların yaptıkları çalışmalar etkin bir şekilde bilimsel yayın ve kaynaklardan araştırılmalıdır. Bu teknolojik eğilim belirleme çalışmalarında bilimsel yayın ve kitaplarla birlikte patent araştırması da kullanılır. Patentler güncel teknolojik bilgiyi içeren dokümanlardır. Avrupa Birliği tarafından yapılan bir araştırmada herhangi bir yerden ulaşılamayacak teknik bilginin %80’inin sadece patentlerde var olduğu dile getirilmiştir. Patentler de yer alan teknik bilgiye kolay bir şekilde erişim sağlanabilmektedir. Avrupa Birliği tarafından yapılan ilgili analizde hali-hazırda tekniğin bilinen durumunda yer alan teknolojiler çalışıldığı için AR-GE çalışmalarına yapılan yatırımların %30’unun boşa harcandığı belirtilmektedir [1]. Bu nedenle tekniğin bilinen durumuna vakıf olmak ve mükerrer çalışmaları önlemek için patent veri tabanı analizi yapılarak planlama çalışmalarına başlanması ve güncel patent başvurularının takip edilerek teknoloji eğilimlerinin tespit edilmesi önem arz etmektedir.

Eklemeli imalat teknolojisi havacılık sektöründe önde gelen firmalar tarafından Endüstri 4.0 ile birlikte üretim alanında yapılan Ar-Ge çalışmalarının başında gelmektedir. Eklemeli imalatın getirdiği yenilikler ile birlikte daha etkileyici, karmaşık ve optimize edilmiş tasarımların nihai ürüne dönüşmesi gerçekleşmektedir. Bu bildiride sunulan çalışma ile havacılık sektörünün önde gelen firmalarından “AIRBUS, BOEING ve LOCKHEED MARTIN” firmalarının eklemeli imalat alanında 2016-2019 yılları arasında yaptığı 96 patent başvurusu incelenmiştir. Bu kapsamda tekniğin bilinen durumuna getirdiği yenilik ile dikkat çeken patent başvuruları saptanmış, tekniğin bilinen durumunda yer alan problemi nasıl çözdüğü irdelenmiştir. Çalışma esnasında “DERWENT INNOVATION TOOL” isimli patent analiz programı kullanılmıştır.

2. Eklemeli İmalat

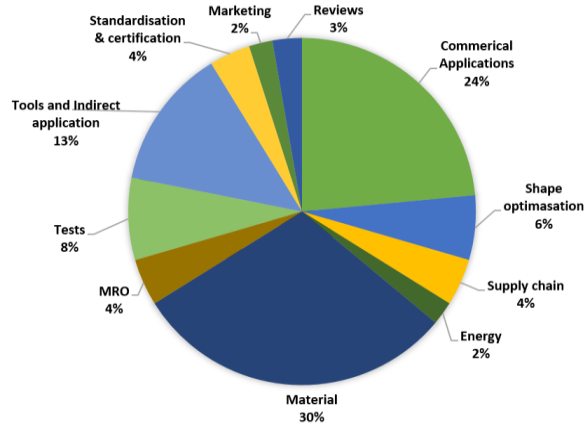
Eklemeli imalat, malzemenin üst üste eklenerek nihai tasarım parçasının üretilmesi işlemidir. Malzeme olarak metal, termoplastik, polimer, seramik vb. gibi malzemeler hali hazırda yapılan işlemlerde kullanılmaktadır. Eklemeli imalat üretiminde kullanılan malzeme, tasarım karmaşıklığı, maliyet gibi farklı parametrelere göre farklı eklemeli imalat yöntemleri kullanılmaktadır. Farklı yöntemler beraberinde farklı faydalar getirmektedir. Bununla birlikte bazı yöntemlerde ekleme malzemesi tamamen eritilerek, bazı yöntemlerde de ekleme malzemesi yarı eritilerek üretim gerçekleştirilir [2]. Eklemeli imalat teknolojisi aşağıda belirtilen avantajlara sahiptir [3].

- Konvansiyonel döküm ve makineyle işlemeye göre daha yüksek tasarım serbestliği,
- Optimize edilen tasarımları üretebilme kabiliyeti ile birlikte daha hafif parça üretimi,
- Daha karmaşık geometrik forma sahip parça üretimi,
- Bitmiş şekil süreci, örneğin makineyle işlemeye karşı 25 kata kadar daha az ham madde tüketimi gerçekleştirilmektedir. Bu durum, pahalı ya da işlenmesi zor alaşımlar söz konusu olduğunda önemlidir. Bitmiş şekil kabiliyeti, karmaşık parçaların tek bir adımda oluşturulmasına yardımcı olur, böylece kaynak ve sert lehimleme gibi birleştirme işlemlerinin gerekliliğini azaltması,

- Kalıplar ya da metal şekillendirme ve çıkarma aletleri gerektiren diğer konvansiyonel metalürji proseslerinin aksine ek ekipmana gerek olmaması,
- Kısa üretim döngüsü süresi: karmaşık parçalar, eklemeli makinelerde birkaç saatte katmanlar halinde üretilebilir. Son işlemler (post-processing) dâhil toplam döngü süresi genellikle birkaç gün ya da hafta kadardır ve çoğu kez birkaç aylık üretim süreleri gerektiren konvansiyonel metalürji süreçlerinden genellikle çok daha kısa olması.

Havacılık sektöründe termoplastik, metal, polimer ve kompozit malzemelerin yoğun kullanılmasından dolayı, havacılık firmaları tarafından eklemeli imalat teknolojisinin geliştirilmesi ilgili çalışmalar her malzeme türü için yoğun bir şekilde devam etmektedir. Seçmeli Lazer Ergitme (SLM), Seçmeli Lazer Sinterleme (SLS), Elektron Demeti Ergitme (EBM), SLA, Eriyik Yığıma Modelleme (FDM), ink-jet yazıcı, gibi yöntemler havacılık sektöründe kullanılan en yaygın eklemeli imalat yöntemleridir.

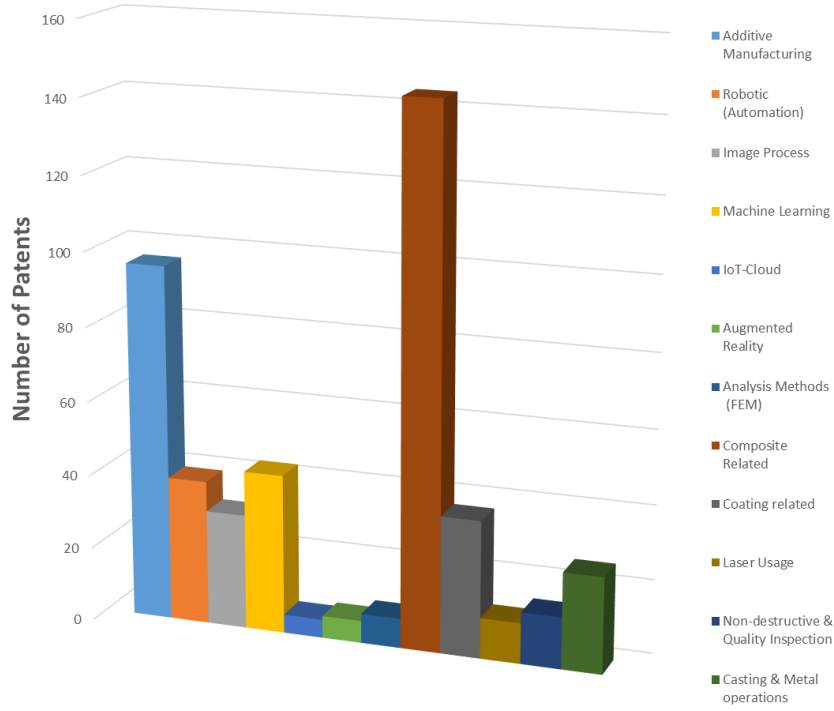
Havacılık sektöründe eklemeli imalatın güncel çalışma alanları Şekil 1’ de verilmiştir. Havacılık sektöründe eklemeli imalat konusunda yapılan çalışmaların en başında katkı malzemesinin geldiği ve bunu da eklemeli imalat ile ticarileşebilecek uygulamalar alanında yapılan çalışmaların takip ettiği görülmüştür [4].



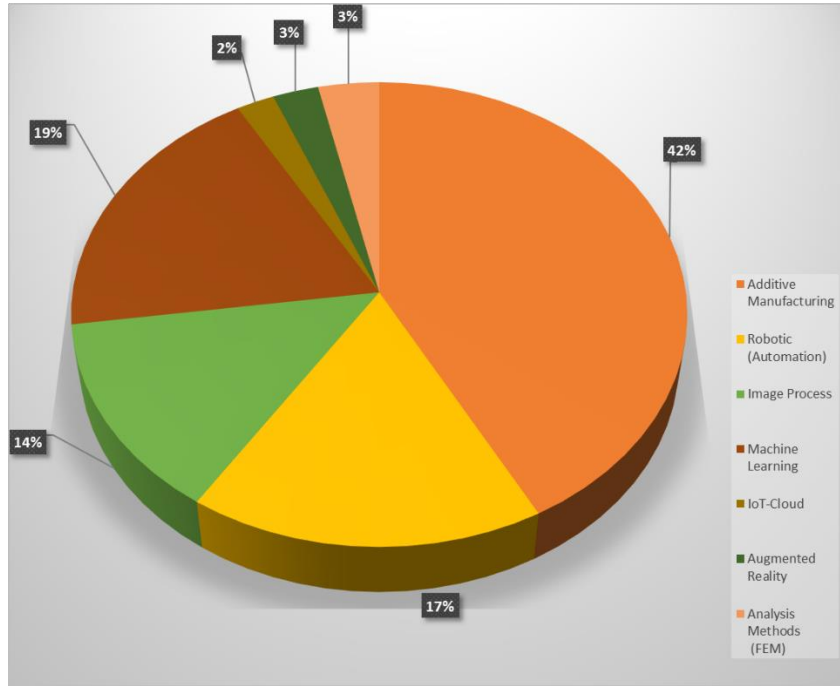
Şekil 1: Havacılık sektöründe eklemeli imalat kullanım başlıkları [4]

2.1. Patent Veri Tabanı Analizi ile Eklemeli İmalat

Çalışmada Endüstri 4.0 ile birlikte havacılık sektörünün en önde gelen firmaları olan AIRBUS, LOCKHEED MARTIN, BOEING firmalarının 2016-2019 yılları arasında yapılmış 460 patent başvurusu incelenmiştir. İncelenen patent başvurularını imalat alanında dağılımları Şekil 2’de gösterilmiştir. Endüstri 4.0 alanı özelinde incelendiğinde en fazla patent başvurusunun, 96 patent ile “Eklemeli İmalat” alanında tescillendiği tespit edilmiştir. Endüstri 4.0 özelinde incelenen patent başvurularının dağılımları Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 2: İncelenen patent başvurularının imalat alanındaki dağılımları



Şekil 3: Endüstri 4.0 yönteminin patentlerdeki dağılımı

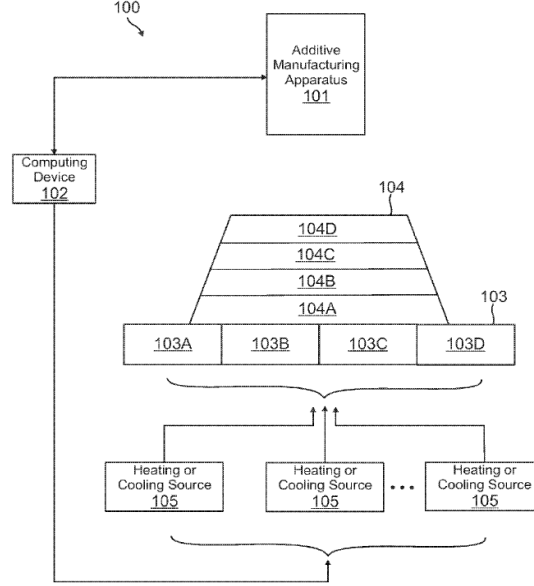
Eklemeli imalat ile ilgili patentlerden dikkat çekenlerinin kullanım alanı, kapsamı ve tekniğin bilinen durumuna getirdiği yenilik aşağıda sunulmuştur.

- **US20180345649 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşeli, BOEING firmasının,2018 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Eklemeli imalatla, katkı malzemelerinin arasına ek ısı aktarım elemanının eklenmesi.

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, eklemeli imalat esnasında ısıtılan eklenen malzemelerin, geometrik şekillere bağlı olarak soğuması farklı zamanlarda olmaktadır. Bunun sonucunda imal edilmiş ürünlerde kalıntı gerilmesi ve bozulma meydana gelmektedir.

Bahsedilen soruna sunulan çözümü şu şekildedir. Eklenen malzemelerin en azından bir kısmının ısı aktarım özelliklerini etkilemek için ayrı ayrı bölgeler oluşturulmuştur. Bu bölgelerde sıcaklık kontrol sistemi yer almaktadır. Sıcaklık kontrol sisteminde yer alan ısı aktarım elemanları ile bölgeler arası ısı transferi yapılmasına olanak sağlanmaktadır [5].

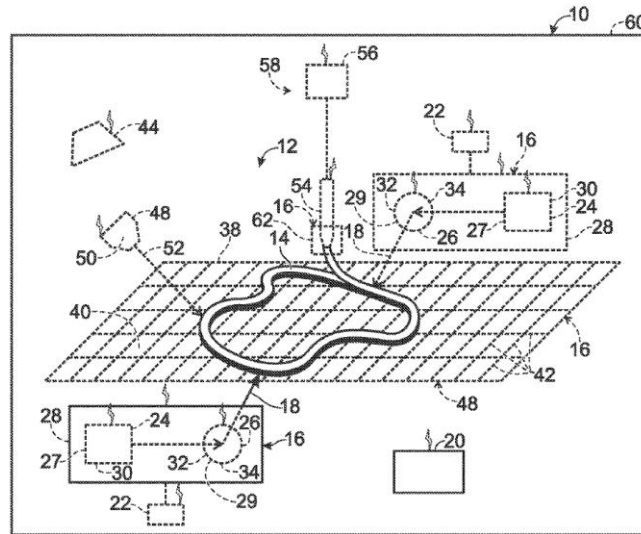


Şekil 4: US20180345649 numaralı patentte geçen ısı aktarım elemanları ile birlikte yer alan eklemeli imalat tezgâhı

- US20180154588 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili, BOEING firmasının, 2018 yılına ait patent başvurusu:

Kullanım Alanı: Eklemeli imalatta, parça profiline göre enerji verebilen ek kürlenme enerji kaynağı kullanımı.

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, eklemeli imalat esnasında, eklenen malzemelerin kürlenmesinde sorunlar meydana gelmektedir. Bahsedilen sorunun çözümü için patentin sunduğu yenilik şu şekildedir. Eklemeli imalat tezgâhında, harici bir kürlenme enerji kaynağı yer almaktadır. Kürlenme enerji kaynağı, parçanın profiline göre farklı derecelerde kürlenme enerjisi verebilmektedir. Bu sayede, parça üzerinde geometrik formundan dolayı kürlenme ile ilgili meydana gelecek sorun, ek bir kürlenme enerji kaynağı sayesinde çözümlenmiştir [6].



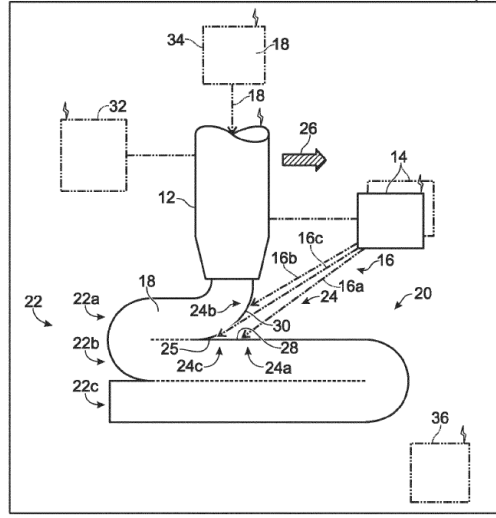
Şekil 5: US20180154588 numaralı patentte ek kürlenme kaynağı

• **EP3323596 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşeli BOEING firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Termoplastik ve termoset reçine kullanılan eklemeli imalat tekniklerinde, üretilen parçaların bitişik katmanları arasında zayıf bağ oluşumunu önlemek için kürleşme enerjisi kullanımı.

Kapsam: Tekniğin bilinen durumunda göre, termoplastik reçine kullanılan eklemeli imalat tekniklerinde tipik olarak reçine eritilir, reçine bir önceki yayılmış ve sertleşmiş katman üzerine yayılır ve dağıtılır. Termoset reçine kullanılan mevcut eklemeli imalat tekniklerinde tipik olarak reçine tam kürleştirilir, reçine bir önceki tam kürleşmiş ve yayılmış katman üzerine tam kürleştirilir ve yayılır. İki uygulama için de, bitişik katmanlar arasında zayıf bağ oluşabilir ve oluşturulan parçalar ayrılmaya ve soyulmaya meyilli olurlar.

Bahsedilen sorunların çözümünde kürleşebilen materyalin önceki katmanına karşı kürleşebilen materyalin son katmanının yayılmasını içerir ve yayılma esnasında, kürleşebilen materyalin alçalan bölgesine kürleşme enerjisi yönlendirilmektedir. Böylece önceki ve sonraki katmanlar birlikte kürleştirilmektedir. [7]



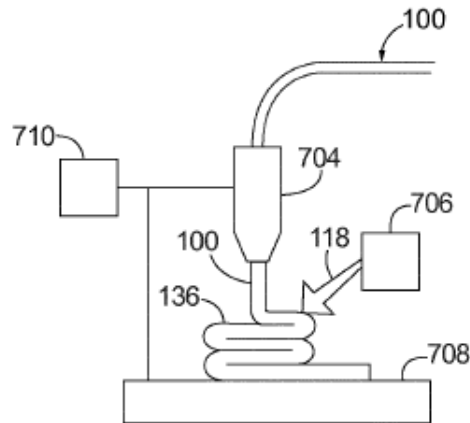
Şekil 6: EP3323596 numaralı patent başvurusu

• **EP3456508 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşeli BOEING firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Eklemeli imalat sürecinde oluşturulan görünür ışıktaki ve ultraviyole ışıktaki mat olan parçalarda kürleşme enerjisi olarak elektromanyetik radyasyon kullanımı.

Kapsam: Tekniğin bilinen durumuna göre eklemeli imalat için kullanılan görünür ışıktaki ve ultraviyole ışıktaki mat olan karbon fiber gibi polimer ve güçlendirilmiş fiberlere kürleşme enerjisi yönlendirildiğinde gölgeler oluşturacaklarından kürleşme enerjisini önlemektedirler

Bahsedilen sorunun çözümü için kürleşme mekanizması tarafından hammadde, yazma hattı boyunca yayıldıktan sonra dış yüzeyine elektromanyetik radyasyon enerjisi yönlendirilmektedir [8].

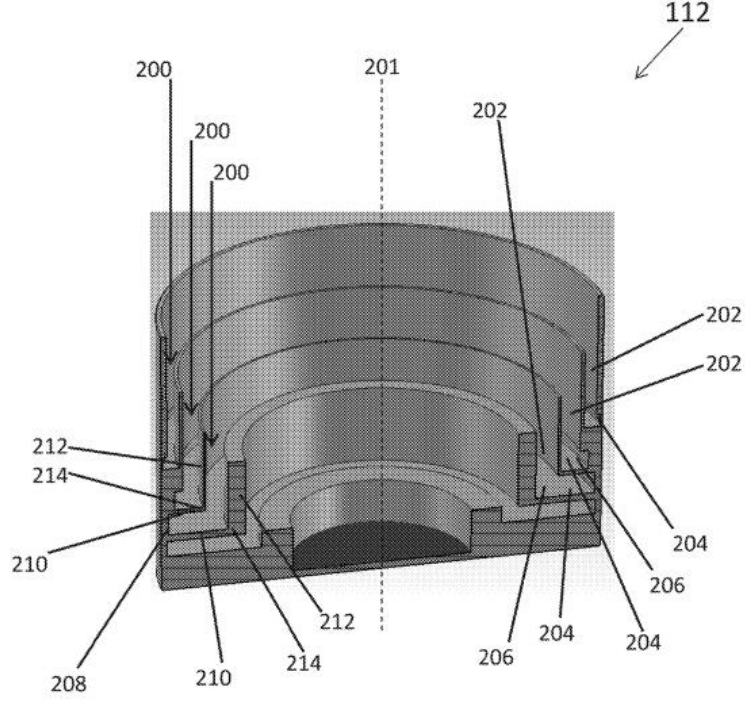


Şekil 7: EP3456508 numaralı patent başvurusu

- **US10256531 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşeli, LOCKHEED MARTIN firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Faz dizimli antenlerde eklemeli imalat teknolojileri kullanılarak parça üretimi.

Kapsam: Üretim ve uygulama maliyetlerini azaltmak amacı ile fazlı dizi antenlerinde kullanılan ışın yayan unsurların sayısının azaltılması gerekmektedir. Eksensel olarak kıvrımlı antenler simetrik dairesel yapılar barındırabilirler bu sebepten dolayı eklemeli imalat teknolojileri kullanarak yekpare şekilde anten üretimi sağlanabilir. Bu sayede, uygulama maliyetine ek olarak, pasif inter-modülasyon riski de ortadan kaldırılmış olmaktadır. İlgili monolitik anten 3D yazıcı ile beraber kullanılabilen uyumlu bir iletken malzemeden üretilmektedir [9].

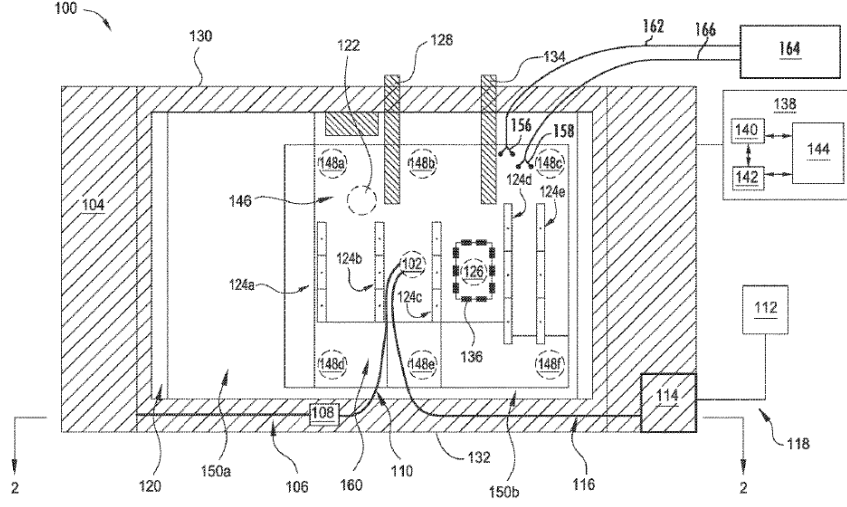


Şekil 8: US10256531 numaralı patent başvurusu

- **US20180143126 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşeli, BOEING firmasının, 2016 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Eklemeli imalat teknolojisi kullanılarak yüzey koruyucu kaplamaların oluşturulması ve elektrot kaplamalarının gerçekleştirilmesi.

Kapsam: Uçaklarda kullanılan malzemelerin korozyon dayanım ve ideal kullanım koşulları belirlenebilmesi için bir deney prosedürü ve metodun belirlenmesi amaçlanmıştır. Yüzeyi kaplı olan malzemeler üzerine bir veya birden çok elektrot yerleştirilip buradaki malzemenin elektrokimyasal denetleme ile malzemenin operasyon sırasındaki performansının ölçümüne olanak tanınmaktadır. Belirtilen elektrotlar malzeme yüzeyine uygun olan herhangi bir 3D yazıcı yöntemiyle yerleştirilebilmektedir. Ayrıca, 3D yazıcı ile elektrotların altında yer alan koruyucu kaplamalarda malzeme yüzeyine uygulanabilmektedir [10].

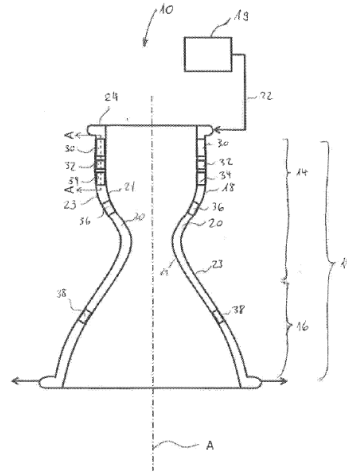


Şekil 9: US20180143126 numaralı patent başvuru

- US20180010553 numaralı, Almanya menşeli, AIRBUS firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusu:

Kullanım alanı: Roket motorlarında yer alan metal alaşımlarında oluşan gövde bağlantı elemanlarının eklemeli imalat teknolojileri ile üretiminin gerçekleştirilmesi.

Kapsam: Uzay araçlarında kullanılan roket motor ünitelerinin ateşleme sırasında yanma odasındaki sıcaklık 3000 °C'den fazla olabilmektedir. Sistemin belirtilen sıcaklıklarda çalışmaya devam edebilmesi için yanma odası duvarlarında soğutucu sıvıların bulunduğu boru sistemleri kullanılmaktadır. Sistemde bulunan köprü elementleri ve gövde duvarları bağlantı ve eklemeler olmadan tek parça ve sürekli üretimi sağlanabilmektedir. Böylece bağlantı elemanlarının kullanımı engellenmiş olmakla birlikte daha basit ve maliyeti düşük bir sistem oluşturulabilmektedir Bunun yanı sıra, tüm gövde sistemi de büyük ve yeterli 3D yazıcı kullanılarak tek parça halinde üretilmektedir [11].



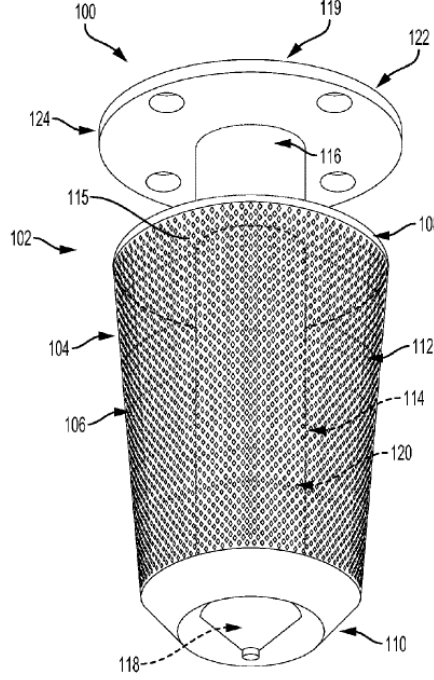
Şekil 10: US20180143126 numaralı patent başvuru. Bu teknik çizim, bir roket motor gövdesinin kesitini göstermektedir. Çizim, gövde duvarları (104), iç yapılar (122, 128, 134, 136, 138) ve bağlantı elemanları (148a-f, 124a-f, 156, 158) gibi bileşenleri detaylı olarak göstermektedir. Çizim, gövdeye (100) ve iç yapıya (130) ait bölümleri göstermektedir. Çizim, gövdeye (100) ve iç yapıya (130) ait bölümleri göstermektedir. Çizim, gövdeye (100) ve iç yapıya (130) ait bölümleri göstermektedir.

- US20190003646 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşeli, BOEING firmasının, 2019 yılına ait patent başvurusu:

Kullanım Alanı: Basınçlandırma difüzörlerinin eklemeli imalat ile tek parça olarak üretilmesi.

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, basınçlandırma difüzörleri, geleneksel üretim yöntemleri (welding, brazing, mechanical fasteners) kullanılarak birden fazla parçanın bir araya getirilmesiyle üretilir. Bu difüzörlerin çok parçalı yapısı, titreşim, yorulma gibi operasyonel problemler yaratarak performansı etkilemektedir.

Bahsedilen soruna basınçlandırma difüzörlerinin eklemeli imalat yöntemlerinin kullanımı ile tek parça olarak üretilmesi ile çözüm bulunmuştur [12].



Şekil 11: US20180143126 numaralı patent başvurusunda bahsedilen basınçlandırma difüzörü

- **EP3395561 numaralı, İspanya menseili, AIRBUS firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Poisson oranı negatif olan malzemelerden “3-D printing” kullanılarak üretim yapılması.

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, geleneksel olarak bilinen malzemelerin poisson oranı pozitifdir; basma kuvveti altında genişler ve çekme kuvveti altında inceler. Bal peteği yapısında bulunan hücresel sandviç yapıların havacılıkta kullanımı yaygındır ve poisson oranı pozitif olan malzemelerden üretilir.

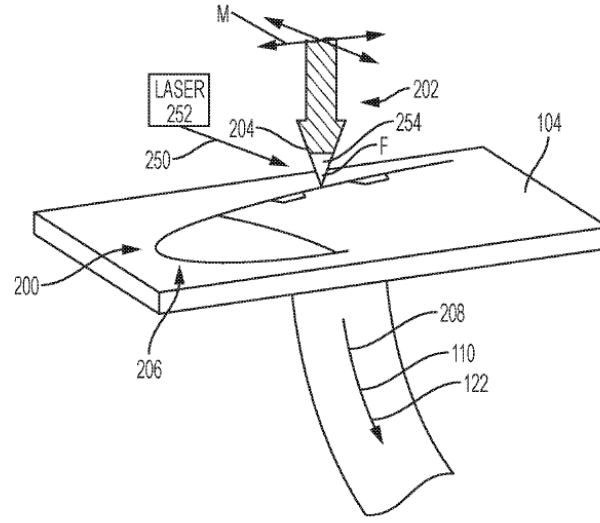
Bahsedilen duruma getirilen yenilik, poisson oranı negatif olan (auxetic behaviour) malzemeler kullanılarak sandviç yapının “3-D printing” ile üretilmesidir. Böylece farklı kalınlık ve şekillere adapte olabilen bir yapı oluşturulur ve bu özellik aerodinamik profil panelleri arası mesafe sabit olmadığı durum için kullanılabilir [13].

- **US20190099835 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili, BOEING firmasının, 2019 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Uçak motor girişinin kabuk kısmının üretilmesinde eklemeli imalat kullanılması (Karmaşık yapıların üretilmesi).

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, Uçak motor girişinin kabuk kısmını üretilmesi aşamasında “spin forming” ya da “super-plastically forming (SPF)” kullanılmaktadır. Ancak “Computational Fluid Dynamics (CFD)” ile optimize edilen tasarımlar bu yöntemler ile üretilmeyecek kadar detaylı ve asimetriktir.

Bahsedilen problemi aşmak için eklemeli imalat yöntemleri kullanılmaktadır [14].



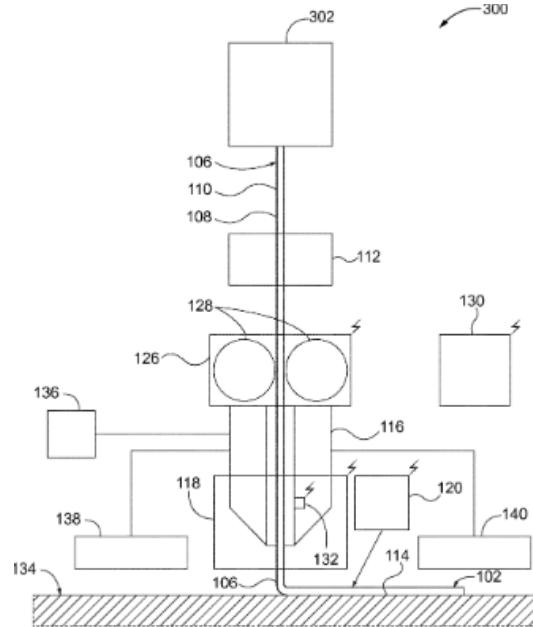
Şekil 12: US20190099835 numaralı patent başvurusu

- **EP3424687 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili, BOEING firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Eklemeli imalatta kullanılan hammaddelerin yarattığı istenmeyen etkilerin ortadan kaldırılmasına yönelik sistem

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin durumuna göre, hammadde malzemesinin özelliklerine bağlı olarak, baskı kafası boyunca ilerlemesi zor olabilmekte veya istenmeyen etkilere neden olabilmektedir.

Bahsedilen soruna sunulan çözüm şu şekildedir, sistem bir hammadde hattı kaynağı, bir katılma mekanizması, bir dağıtım kılavuzu, bir besleme mekanizması, bir katı-ayırma mekanizması ve bir kütleme mekanizması içermektedir. Sertleştirme mekanizması, besleme stoğunun reçinesini, kısmen sertleştirilmemiş bir duruma dönüştürecek şekilde yapılandırılmıştır. Hammadde hattının, kısmen sertleşmemiş haline dönüştürülmesi, hammadde hattının içine uzunlamasına bükülmeden, kırılmadan girişini ve hammadde hattının geçiş kılavuzundan geçmesini kolaylaştırmaktadır böylece sistem reçine ile kirlenmemektedir [15].



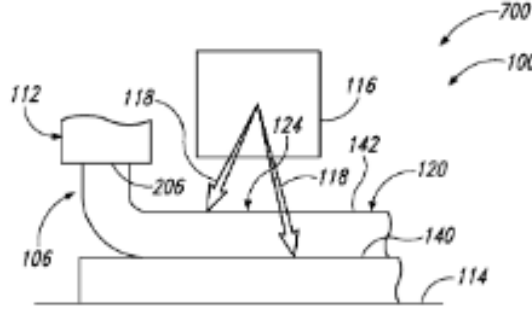
Şekil 13: EP3424687 patent başvurusunda bahsedilen eklemeli imalat tezgâhı

- **EP3124213 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menseili, BOEING firmasının, 2015 yılına ait patent başvurusu:**

Kullanım Alanı: Kompozit parçaların eklemeli imalat yöntemi sırasında ağırlığının azaltılmasına yönelik sistem.

Kapsam: Dokümanda bahsedilen tekniğin durumuna göre, geleneksel olarak tipik kompozit parçaların imalatı, birçok kompozit malzeme tabakasının sıralı katmanlar halinde dizilmesine dayanmaktadır. Bu şekilde üretilen parçalarda, tamamlanmış parçanın ağırlığını istenmeyen bir şekilde artabilir. Çünkü takviye edici elyafların tamamı parçalara uygulanacak kuvvet(ler) yönünde yönlendirilememektedir. Ek olarak, birçok gelişmiş yapısal tasarım çözümünün uygulanmasına elverişli değildir.

Bahsedilen soruna sunulan çözüm şu şekildedir, sistem yüzeye göre hareketli bir dağıtım kılavuzu içermektedir. [16]



Şekil 14: EP3124213 numaralı patent başvurusu

3. Sonuç

Yapılan çalışma ile patent veri tabanı analizi yapılarak, eklemeli imalat teknolojisi kapsamında lider havacılık ve uzay firmalarının çalıştığı alt teknoloji alanları tespit edilmiştir. İncelenen patent başvurularında; karmaşık parçaların üretimi, parçanın nihai formuna yakın üretimi ve üretilen parçaların herhangi bir bağlantı elemanına ihtiyaç duyulmadan yekpare olarak üretimi çalışmaların öne çıktığı görülmüştür. Roket rampası gibi boyutsal ve karmaşık parçaların üretimi ile ilgili çalışmaların da yapıldığı saptanmıştır.

İncelenen diğer patent başvurularında; eklemeli imalat cihazı üzerinde ve üretim sürecinde gaz iletim modifikasyonu, ekleme malzemesinin hatalı kürlenmesi sonucu parçaların içyapısında meydana gelen bozuklukları önlemek için ısı işlem modifikasyonu ve üretim sırasında kullanılan ekleme malzemesini geliştirmeye yönelik çalışmaların yapıldığı gözlemlenmiştir. Ek olarak eklemeli imalatta üretim sırasında ve sonrasında parçaların kaplanması, üretilen parçaların kalite kontrolü gibi konularda çalışmalar da bulunmaktadır.

Araştırma sonucunda, firmaların ilerleyen süreçte eklemeli imalat teknolojisi ile üretim esnasında parçaların kürlenmesi, karmaşık parçaların üretimi, üretilen parçaların içyapısında meydana gelen hataları ve üretim maliyeti gibi sorunları çözmeye yönelik çalışmaların gelecekte yoğun bir şekilde sürdürüleceği ön görülmektedir.

4. Kaynakça

- [1] Why researchers should care about patents,” 15-Jun-2017. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/patents_for_researchers.pdf.
- [2] A. Dehghan, B. Fotovvati, N. Namdari, and B. Mohammadian “Additive Manufacturing Methods A Brief Overview,” J. Sci. Eng. pp. 123-131 Sep-2018.
- [3] “EKLEMELİ İMALAT TEKNOLOJİLERİNE GİRİŞ | 1. GİRİŞ,” [Online]. Available: <http://eklemeliimalat.info.tr/1-giris/>.
- [4] Singamneni, Y. Lv, A. Hewitt, R. Chalk, W. Thomas, and D. Jordison, “Additive Manufacturing for the Aircraft Industry: A Review,” Journal of Aeronautics & Aerospace Engineering, p. 8, Feb. 2019.
- [5] O. Parakash, “Multi-Region Temperature Controlled Base For Additive Manufacturing,” US Patent 2018 345 649, June 5, 2017.
- [6] W. M. Stewart, K. M. Patrik, E. N. Shadbeh, “Systems And Methods For Cure Control Of Additive Manufacturing,” U.S. Patent 2018 154 588, Dec 1, 2016.
- [7] W. M. Stewart, K. M. Patrick, E. N. Shadbeh, T. Faraón “Systems and Methods for Additive Manufacturing,” EP Patent 3 323 596, May 23, 2018.
- [8] W. M. Stewart, K. M. Patrick, E. N. Shadbeh, T. Faraón, H. S. F., “System and Method for Additively Manufacturing An Object,” EP Patent 3 456 508, Aug 18, 2018.
- [9] B. A. Kumar, H. T. Henry, K. A. Matthew, “Folded Horn for High Power Antenna Element,” US Patent 10 256 531, June 14, 2017
- [10] K. S. Williams, S. M. Pennell, E. D. Sapper, C. C. Grumbach, “Manufacture Electrodes for Electrochemical Monitoring,” US Patent 2018 143 126, Nov. 18, 2016.
- [11] B. Roland, I. Blazenko, W. Dietmar, R. Hendrik, “Rocket Engine,” US Patent 2018 010 553, July 5, 2017.

- [12] C. C. Veta, M. E. Lozano, V. J. Barackman, G. D. Grayson, S. K. Oechsle, A. Lopez, “Additively Manufactured Pressurization Diffusers,” US Patent 2019 003 646, June 30, 2017.
- [13] V. D. M. Alonso, M. G. Esteban, A. D. L. David, P. R. Alfonso, M. S. Elena, “Three Dimensional Auxetic Structure, Manufacturing Method and Tooling,” EP Patent 3 395 561, Oct. 10, 2018.
- [14] E. D. Bol, “Method for Additive Manufacturing Nacelle Inlet Lipskins” US Patent 2019 099 835, Sep. 29, 2017.
- [15] W. M. Stewart, K. M. Patrick, E. N. Shadbeh, T. Faraón, “Additive Manufacturing Using a Fiber-Reinforced Feedstock Line,” EP Patent 3 424 687, April 23, 2018.
- [16] E. N. Shadbeh, T. Faraón, R. G. Ziegler, S. F. Harrison, C. J. Grijalva, H. S. Osborn, “System for Additively Manufacturing Composite Parts,” EP Patent 3 124 213, Feb. 01, 2017.

SÜLFAMOYİLBENZOİK ASİT TÜREVLERİNİN METAL KOMPLEKSLERİ HAKKINDA LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Halil İlkimen^{1*}, Nagehan Türken², Cengiz Yenikaya³

^{1,3}Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü

halil.ilkimen@dpu.edu.tr, cengiz.yenikaya@dpu.edu.tr

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

nagehan_turken@hotmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Sülfamoyilbenzoik asit türevlerinin bazı organik bileşikler ile yapılan co-kristalleri (pentoksifilin, dimetilasetamit, m-klorobenzoik asit, p-aminobenzoik asit, nikotinamit ve izonikotinamit), proton transfer tuzları (2-metil-4-oksoopentan-2-amin, 2-aminometilpiridin, etilendiamin, 2-amino-3-metilpiridin, 6-fenilpteridin-2,4,7-triamin) ve metal komplekslerinin $[M^{n+}]$ ($M = Mn^{2+}$, Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Ag^{1+} , Eu^{3+} ve Tb^{3+}) yapıları ve biyolojik özelliklerini anlatan çalışmalar literatürde gözlenmiştir. Bu maddelerin antimikrobiyal, antidiyabetik, antienflamatuvar, enzim inhibitörü, enfeksiyon tedavisi, ağrı kesici, menisküs, romatizma tedavisi ve karbonik anhidraz inhibisyonu gibi biyolojik özellikleri bilinmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sülfamoyilbenzoik Asit, Proton Transfer Tuzu, Metal Kompleksi.

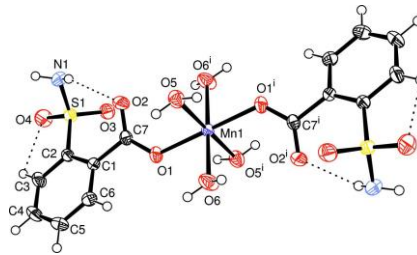
1. Giriş

Sülfamoyilbenzoik asit türevlerinin antifungal, antienflamatuvar, antimikrobiyal, antidiyabetik, ağrı kesici, enfeksiyon tedavisi, diüretik, menisküs, enzim inhibitörü ve romatizma tedavisi gibi biyolojik özelliklerinin olduğu bilinmektedir [1-9].

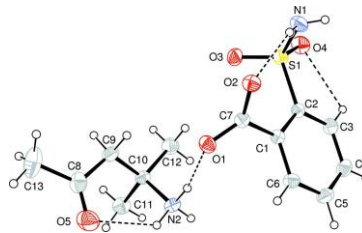
Siddiqui ve arkadaşları 2-sülfamoyilbenzoik asitin tek kristalini [10] ve Akram ve arkadaşları Mn(II) [11] kompleksinin yapısını tek kristal X-ışını analiz tekniği ile karakterize edilmiştir (Şekil 1).

Rafique ve arkadaşları [12], 2-sülfamoyilbenzoik asit ile 2-metil-4-oksoopentan-2-amin'in proton transfer tuzunun yapısını tek kristal X-ışını analiz teknikleri ile karakterize etmişlerdir (Şekil 2).

Ng, 4-sülfamoyilbenzoik asitin tek kristal yapısını [13] ve Guseinov ve arkadaşları [14], Zn $\{Na[Zn(psba)_3(H_2O)]\}$; Facsko ve arkadaşları [15], Ciuhandu ve arkadaşları [16,17] Ag $\{[Ag(psba)]\}$, Müller [18] $UO_2 \{[UO_2(sba)_2(H_2O)_n] n = 2$ (p-sba) $n = 3\}$ ve Pirkes ve arkadaşları [19] Lu, Y, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb metal komplekslerin yapılarını çeşitli spektroskopik yöntemlerle önermişlerdir.

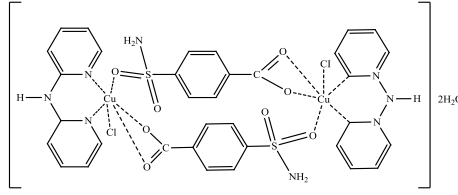


Şekil 1: Siddiqui ve arkadaşlarının sentezlediği Mn(II) kompleksi



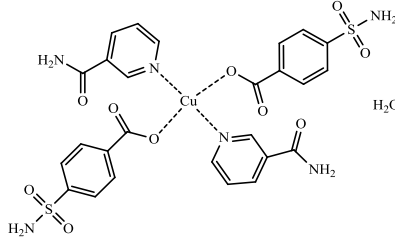
Şekil 2: Rafique ve arkadaşlarının sentezlediği Mn(II) kompleksi

Li [20], 4-sülfamoyilbenzoik asit ile di-2-piridilamin'in karışık ligandlı Cu(II) kompleksinin yapısını tek kristal X-ışını analiz tekniği aydınlatmıştır (Şekil 3).



Şekil 3: Li'nin sentezlediği Cu(II) kompleksi

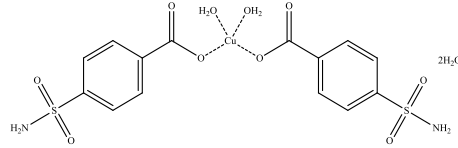
Hökelek ve arkadaşları [21], 4-sülfamoyilbenzoik asit ile nikotinamid'in karışık ligandlı Cu(II) kompleksinin yapısını tek kristal X-ışını analiz tekniği aydınlatmıştır (Şekil 4).



Şekil 4: Hökelek ve arkadaşlarının sentezlediği Cu(II) kompleksi

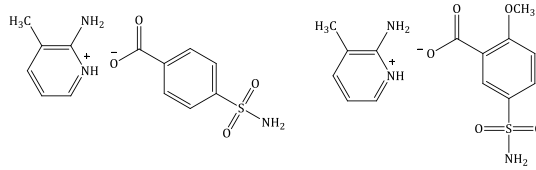
Wang ve arkadaşları [22], 4-sülfamoyilbenzoik asit (psba) ile bazı organokalay komplekslerinin yapılarını {[Me₃Sn(psba)], [n-Bu₃Sn(psba)], [Ph₃Sn(psba)], [(Me₂Sn)₄(μ₃-O)₂(μ₂-OCH₃)₂(psba)₂], [(n-Bu₂Sn)₄(μ₃-O)₂(μ₂-OCH₃)₂(psba)₂] ve [(n-Oct₂Sn)₄(μ₃-O)₂(μ₂-OCH₃)₂(psba)₂]} elementel analiz, FT-IR, NMR (¹H, ¹³C and ¹¹⁹Sn) ve tek kristal X-ışını ile açıklamışlardır.

Türken [23], 4-sülfamoyilbenzoik asitin Cu(II) metal kompleksinin yapılarını elementel analiz, ICP-OES, FT-IR, UV-Vis, manyetik duyarlılık ve molar iletkenlik teknikleri ile önerilmiştir (Şekil 5).

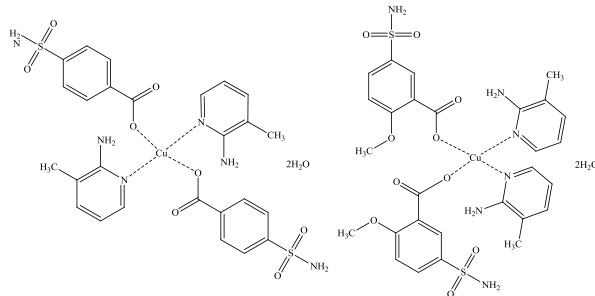


Şekil 5: Türken'in sentezlediği Cu(II) kompleksleri

Türken [23], 4-sülfamoyilbenzoik asit ve 2-metoksi-5-sülfamoyilbenzoik asit ile 2-amino-3-metilpiridinin proton transfer tuzları ve tuzlarının Cu(II) metal komplekslerinin yapılarını elementel analiz, ICP-OES, ¹H-NMR, FT-IR, UV-Vis, manyetik duyarlılık ve molar iletkenlik teknikleri ile açıklamıştır (Şekiller 6 ve 7).

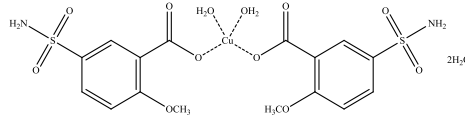


Şekil 6: Türken'in sentezlediği proton transfer tuzları



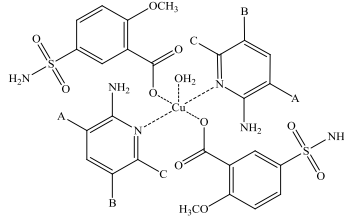
Şekil 7: Türken'in sentezlediği Cu(II) kompleksleri

Türken [23] ve İlkimen [24], 2-metoksi-5-sülfamoyilbenzoik asitin Cu(II) kompleksinin yapısını elementel, spektral (IR ve UV-vis), manyetik duyarlılık ve molar iletkenlik teknikleri ile önermiştir (Şekil 8).



Şekil 8: İlkimen ve Türkenin'in sentezlediği Cu(II) kompleksleri

İlkimen [24], 2-metoksi-5-sülfamoyilbenzoik asit ile 2-aminopiridin türevlerinin karışık ligandlı Cu(II) kompleksinin yapılarını elemental, spektral (IR ve UV-vis), manyetik duyarlılık ve molar iletkenlik teknikleri ile önermiştir (Şekil 9).



A = NH₂, B = H, C = H

A = NH₂, B = Br, C = H

A = NH₂, B = Cl, C = H

A = OCH₂C₆H₅, B = H, C = H

A = OH, B = H, C = H

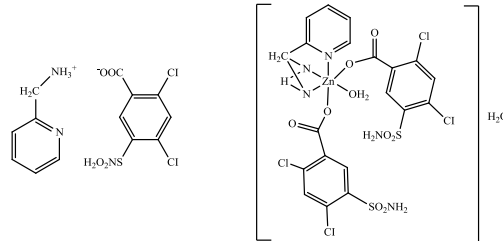
A = CH₃, B = H, C = H

A = CH₃, B = H, C = C₂H₅

A = NO₂, B = H, C = CH₃

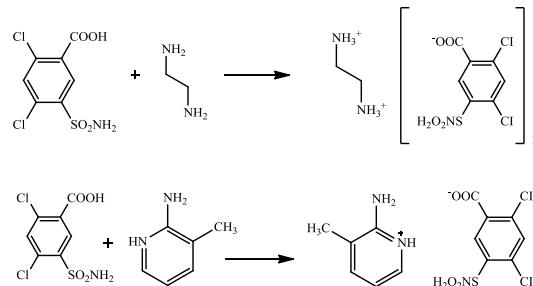
Şekil 9: İlkimen'in sentezlediği Cu(II) kompleksleri

Yenikaya ve arkadaşları [7], 2,4-dikloro-5-sülfamoyilbenzoik asit ile 2-aminometilpiridin proton transfer tuzu ve karışık ligandlı Zn(II) kompleksinin yapılarını elemental, spektral (1H-NMR, IR ve UV-vis), termal analiz, manyetik duyarlılık, molar iletkenlik ve tek kristal X-ışını analiz teknikleri ile karakterize etmişlerdir. Ayrıca bileşiklerin karbonik anhidraz (hCA I ve hCA II) izoenzimleri üzerindeki inhibisyon özelliklerini incelemişlerdir (Şekil 10).



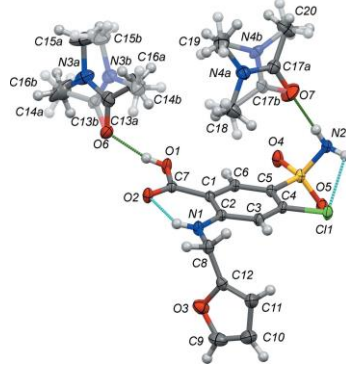
Şekil 10: Yenikaya ve arkadaşlarının sentezlediği proton transfer tuzu ve Zn(II) kompleksi

Yenikaya ve arkadaşları [7], 2,4-dikloro-5-sülfamoyilbenzoik asit ile etilendiamin veya 2-amino-3-metilpiridin proton transfer tuzlarının yapılarını elemental, spektral (1H-NMR, IR ve UV-vis), termal analiz, manyetik duyarlılık, molar iletkenlik ve tek kristal X-ışını analiz teknikleri ile karakterize etmişlerdir. Ayrıca bileşiklerin karbonik anhidraz (hCA I ve hCA II) izoenzimleri üzerindeki inhibisyon özelliklerini incelemişlerdir (Şekil 11).



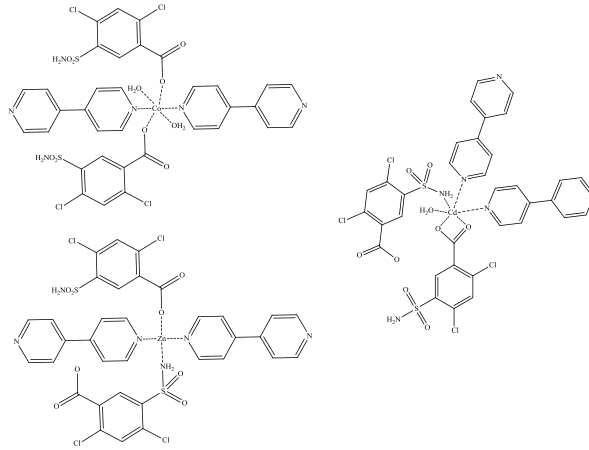
Şekil 11: Yenikaya ve arkadaşlarının sentezlediği proton transfer tuzları

Beloborodova ve arkadaşları [25], 5-(aminosülfonil)-4-kloro-2-[(2-furanilmetil)amino] benzoik asitin (furosemit) dimetilasetamid ile oluşturduğu co-kristal yapısını tek kristal X-ışını analiz tekniği ile aydınlatmışlardır (Şekil 12).



Şekil 12: Beloborodova ve arkadaşlarının sentezlediği co-kristal yapısı

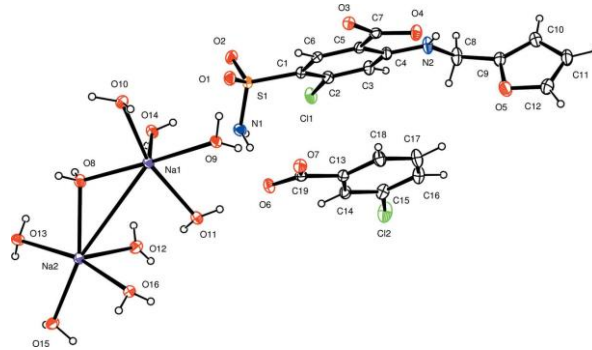
Zhao ve arkadaşları [26], 2,4-dikloro-5-sülfamoyilbenzoik asit ile 4,4'-bipiridinin karışık ligandlı Co(II), Zn(II) ve Cd(II) komplekslerinin yapılarını tek kristal X-ışını analiz teknikleri ile açıklamışlardır (Şekil 13).



Şekil 13: Zhao ve arkadaşlarının sentezlediği metal kompleksleri

Deshmukh ve Deshpande [27], 4-kloro-N-furfuril-5-sülfamoyilbenzoik asitin Fe(II), Co(II) ve Cu(II) komplekslerinin yapılarını IR ve UV-vis, termal analiz, manyetik duyarlılık ve tek kristal X-ışını analiz teknikleri ile karakterize etmişlerdir.

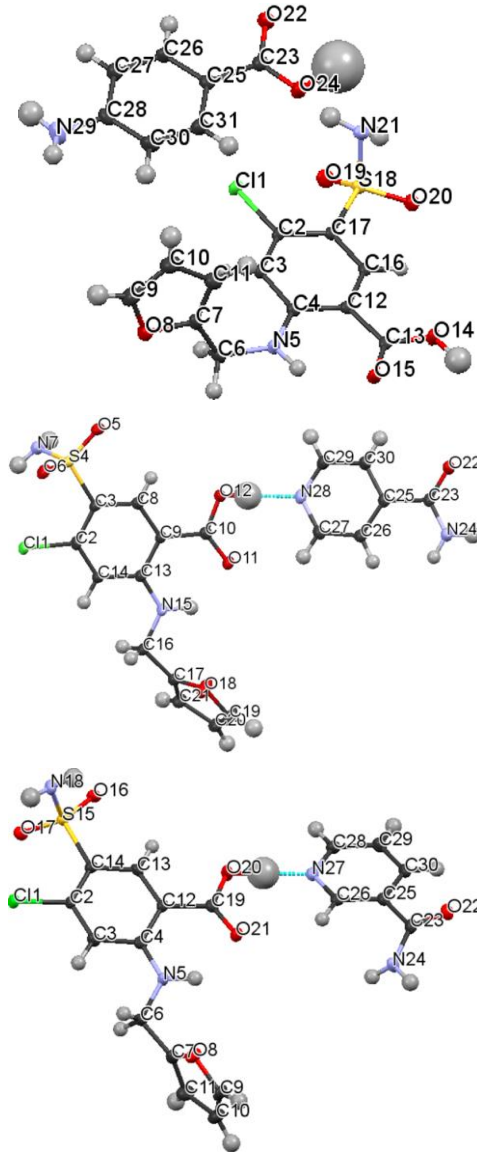
London ve arkadaşları [28], 5-(aminosülfonil)-4-kloro-2-[(2-furanilmetil)amino]benzoik asitin (furosemit) sodyum ve *m*-klorobenzoik asit ile oluşturduğu co-kristal yapısını tek kristal X-ışını analiz tekniği ile açıklamışlardır (Şekil 14).



Şekil 14: London ve arkadaşlarının sentezlediği metal kompleksi

Hondrellis ve arkadaşları [29], 5-(aminosülfonil)-4-kloro-2-[(2-furanilmetil)amino] benzoik asitin (furosemit) komplekslerinin yapılarını {[M(furosemit)₂].2H₂O (M = Mn, Cu, Zn); [M(furosemit)₂].3H₂O (M = Co, Ni, Cd); [Hg₂(furosemit)₃Cl₂].2H₂O; [Pd(furosemit)Cl].H₂O ve [Rh(furosemit)₃].3H₂O} ¹H-NMR, IR, EPR, UV-vis termal analiz, manyetik duyarlılık ve molar iletkenlik analiz teknikleri ile önermişlerdir.

Harriss ve arkadaşları [30], 5-(aminosülfonil)-4-kloro-2-[(2-furanilmetil)amino] benzoik asitin (furosemit) p-aminobenzoik asit, nikotinamit ve izonikotinamit ile oluşturduğu co-kristal yapılarını tek kristal X-ışını analiz tekniği ile açıklamışlardır (Şekil 15).

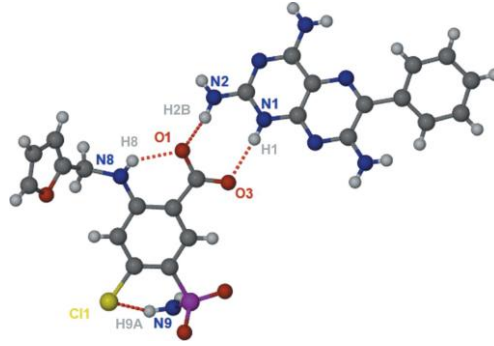


Şekil 15: Harriss ve arkadaşlarının sentezlediği co-kristal yapıları

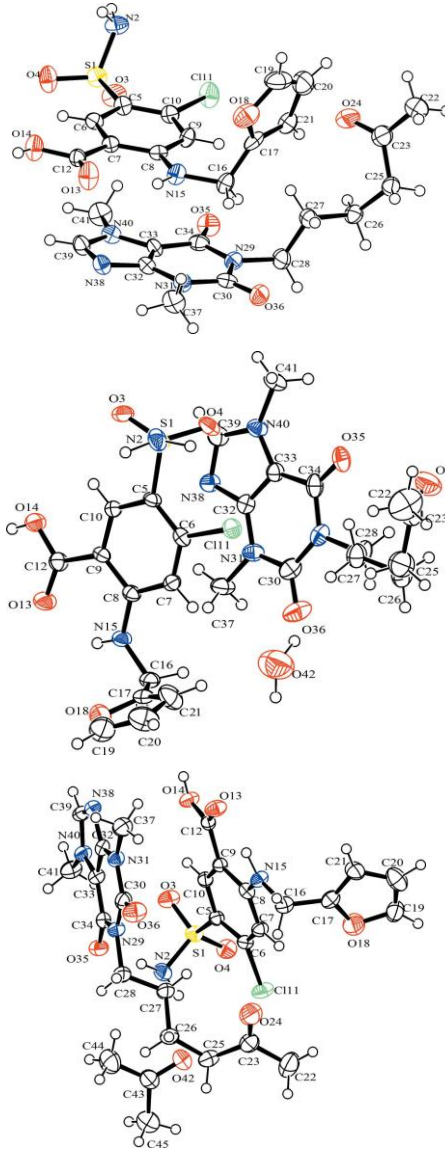
Peng ve arkadaşları [31], 5-(aminosülfonil)-4-kloro-2-[(2-furanilmetil)amino]benzoik asitin (furosemit) ile 6-fenilpteridin-2,4,7-triaminin proton transfer tuzunun yapısını tek kristal X-ışını analiz tekniği ile aydınlatmışlardır (Şekil 16).

Stepanovs ve Mishnev [32], 5-(aminosülfonil)-4-kloro-2-[(2-furanilmetil)amino] benzoik asitin (furosemit) pentoksifilin [3,7-dimetil-1-(5-oksoheksil)-3,7-dihidro-1H-purin-2,6-dion] co-kristal yapılarını tek kristal X-ışını analiz tekniği ile açıklamışlardır (Şekil 17).

Malik ve Wankhede [8], 5-(aminosülfonil)-4-kloro-2-[(2-furanilmetil)amino]benzoik asitin (furosemit) Fe(III) ve Co(II) komplekslerinin yapılarını $[M(\text{furosemit})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$ $M = \text{Fe(III)}$ ve Co(II) elementel, IR, SEM, UV-vis, manyetik duyarlılık ve molar iletkenlik analiz teknikleri ile açıklamışlardır. Ayrıca bileşiklerin diüretik aktivite özelliklerini incelemişlerdir.



Şekil 16: Peng ve arkadaşlarının sentezlediği proton transfer tuzu

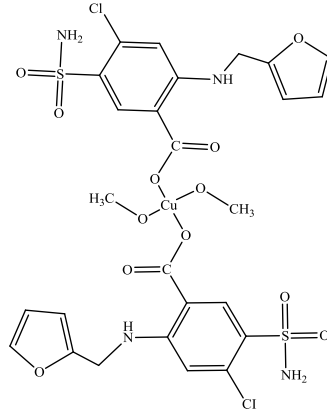


Şekil 17: Stepanovs ve Mishnev'in sentezlediği co-kristal yapıları

Ali ve arkadaşları [9], 5-(aminosülfonil)-4-kloro-2-[(2-furanilmetil)amino]benzoik asitin (furosemit) metal komplekslerinin yapılarını {[M(furosemit)₂Cl₂].nH₂O; M = Mn n = 2; Fe n = 3; Co n = 1; Ni n = 4; Cu n = 6; Cd n = 1} elementel, NMR, IR, UV-vis, manyetik duyarlılık ve molar iletkenlik analiz teknikleri ile aydınlatmışlardır. Ayrıca bileşiklerin antifungal aktivite özelliklerini incelemişlerdir.

Hartmann ve Vahrenkamp [33], 5-(aminosülfonil)-4-kloro-2-[(2-furanilmetil)amino] benzoik asitin (furosemit) Zn(II) {[furosemit)Zn(H₂O)₂]ClO₄, (furosemit)₂Zn ve (furosemit)Zn(NH₃)₂} metal komplekslerin yapılarını çeşitli spektroskopik yöntemlerle önermişlerdir.

Bonchev ve arkadaşları [34], 5-(aminosülfonil)-4-kloro-2-[(2-furanilmetil)amino] benzoik asitin (furosemit) Cu(II) komplekslerinin yapılarını elementel, IR, EPR, UV-vis ve tek kristal X-ışını analiz teknikleri ile aydınlatmışlardır (Şekil 17).



Şekil 17: Bontchev ve arkadaşlarının sentezlediği Cu(II) kompleksi

2. Sonuçlar

Sülfamoyil benzoik asit bileşiklerinin, antimikrobiyal, antidiyabetik, antiinflamatuvar, enzim inhibitörü, enfeksiyon tedavisi, ağrı kesici, menisküs ve romatizma tedavisi gibi biyolojik özellikleri bilinmektedir. Bunların proton transfer tuzu ve bunların metal kompleksleri de benzer özellikler göstereceği aşikardır. Literatürde yapılan incelemeler sonucunda proton transfer tuzu ve bunların metal komplekslerin biyolojik özellikleri daha az çalışıldığı gözlenmiştir. Sülfamoyil benzoik asitlerin metal komplekslerinin biyolojik özelliklerin daha ayrıntılı bir şekilde çalışılması literatüre önemli bir katkı yapacaktır. Yapılan çalışmalar da genellikle proton transfer tuzunun metal kompleksleri, proton transfer tuzu, başlangıç maddeleri ve bunların metal komplekslerinden daha iyi biyolojik özellik gösterdiği bulunmuştur. Bu çalışma literatürdeki bu boşluğu dikkat çekmek ve bundan sonraki çalışmalara ışık tutmak için yapılmıştır.

3. Kaynaklar

- [1] Lebedev AA, Mironova, LI, Pleshakov MG, Matveeva AK, Timokhina IA. "Synthesis and pharmacological activity of derivatives of 2,4-dichloro-5-sulfamoylbenzoic acid". *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 19(10), 697-700, 1985.
- [2] Bywater RJ. Sulfonamides and diaminopyrimidines. In: *Veterinary Applied Pharmacology and Therapeutics*, Eds: G. C. Brander, D. M. Pugh, R. J. Bywater, W. L. Jenkins, 5 th Ed, Baillere Tindali, London, 489-494, 1991.
- [3] Prescott JJ, Baggot DJ. *Antimicrobial therapy in veterinary medicine*, International Book Distributing Co, India, 564-565, 1993.
- [4] Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, Irr and Drain, UN-FAO, Rome, Italy, 56, 1998.
- [5] Supuran CT, Briganti F, Tilli S, Chegwiddden WR, Scozzafava A. "Carbonic anhydrase Inhibitors: Sulfonamide as antitumor agents". *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 9(3), 703-714, 2000.
- [6] Yenikaya C, Sarı M, Bülbül M, İlkimen H, Çelik H, Büyükgüngör O. "Synthesis, characterization and antiglaucoma activity of a novel proton transfer compound and a mixed-ligand Zn(II) complex". *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 18(2), 930-938, 2010.
- [7] Yenikaya C, Sarı M, Bülbül M, İlkimen H, Çınar B, Büyükgüngör, O. "Synthesis and characterization of two novel proton transfer compounds and their inhibition studies on Carbonic Anhydrase isoenzymes". *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 26(1), 104-114, 2011.
- [8] Malik S, Wankhede S. "Synthesis, characterization and biological activity of Fe-III and Co-II complexes derived from 4-chloro-2-[(2-furanylmethyl)-amino]-5 sulfamoylbenzoic acid". *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 6(2), 205-210, 2015.
- [9] Ali M, Ahmed M, Ahmed S, Ali SI, Perveen S, Mumtaz M, Haider SM, Nazim U. "Fluconazole and its interaction with metal (II) complexes: SEM, Spectroscopic and antifungal studies". *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 30(1), 187-194, 2017.
- [10] Siddiqui WA, Ahmad S, Siddiqui HL, Tariq MI, Parvez M. "o-sulfamoylbenzoic acid". *Acta Crystallographica Section E*, 63(10), O4117-U3678, 2007.
- [11] Akram R, Siddiqui WA, Tahir MN, Siddiqui HL, Iqbal A. "Tetra-aquabis-(2-sulfamoylbenzoato)manganese(II)". *Acta Crystallographica Section E*, E64, m1293-1294, 2008.
- [12] Rafique M, Hussain G, Siddiqui W, Tahir MN. "2-Methyl-4-oxopentan-2-aminiun 2-sulfamoylbenzoate". *Acta Crystallographica Section E*, E65, o1883-o1883, 2009.

- [13] Ng SW. "Crystal structure of p-sulfamoylbenzoic acid, $H_2NSO_2C_6H_4COOH$ ". *New Crystal Structures*, 212(2), 282-282, 1997.
- [14] Guseinov GA, Musaev FN, Usubaliev BT, Amiraslanov IR, Mamedov Kh. *Koordinatsionnaya Khimiya*, 10, 1108-1112, 1984.
- [15] Facsko GH, Minges R. "Potentiometrische untersuchung einiger fallungs-und komplexierungsreaktionen des silbers in stark alkalischem medium". *Talanta*, (5), 102-107, 1960.
- [16] Ciuhandu G, Chicu A. *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 249 133-139, 1972.
- [17] Ciuhandu G, Krall G, Giuran V, *Acta Chimica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 28, 171-177, 1961.
- [18] Müller A. "Studien ueber die komplexbildung von uranylverbindungen". *Zeitschrift für Anorganische und Allgemeine Chemie*, 103, 55-68, 1918.
- [19] Pirkes SB, Lapitskaya AV, Vaistub TG, Baranova TA, Chulkevich AK, Fainleib AM. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 29, 1422-1424, 1984.
- [20] Li XH. "Bis(μ -4-sulfamoylbenzoato)bis[chloro(di-2-pyridylamine)copper(II)] dihydrate", *Acta Crystallographica Section E*, E61, m2623-m2625, 2005.
- [21] Hökelek T, Yavuz V, Dal H, Necefoğlu H, "Crystal structure and Hirshfeld surface analysis of aquabis(nicotinamide- κ N)bis(4-sulfamoylbenzoato- κ O¹)copper(II)". *Acta Crystallographica Section E*, E74, 45-50 2018.
- [22] Wang S, Li QL, Zhang RF, Du JY, Li YX, Ma CL. "Novel organotin(IV) complexes derived from 4-carboxybenzenesulfonamide: Synthesis, structure and *in vitro* cytostatic activity evaluation". *Polyhedron*, 158, 15-24, 2019.
- [23] Türken N. 2-Amino-3-metilpiridin ve sülfamoyilbenzoik asit türevleri arasında proton transfer tuzları ve tuzların metal komplekslerinin sentezi ve biyolojik uygulama alanlarının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 2019.
- [24] İlkimen H, "Synthesis and characterization of mixed ligand Cu(II) complexes of 2-methoxy-5-sulfamoylbenzoic acid and 2-aminopyridine derivatives". *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 38(1), 13-17, 2019.
- [25] Zhao F, Zhang G, Dong H, Ji W, Zhou L, Li H, Hu H, Liu Y, Kang Z. "Transition metal-directed assembly of diverse coordination polymers based on multifunctional ligand 2,4-dichloro-5-sulfamoylbenzoic acid". *CrystEngComm*, 15(42), 8483-8492, 2013.
- [26] Deshmukh JH, Deshpande MN. "Fe(II), Co(II), Cu(II) metal complexes with 4-chloro-N-furfuryl-5-sulphamoylanthranilic acid". *Asian Journal of Chemistry*, 22(8), 5961-5970, 2010.
- [27] Beloborodova AA, Minkov VS, Boldyreva EV. "A new solvate of furosemide with dimethylacetamide". *Acta Crystallographica Section C*, C72, 997-1001, 2016.
- [28] London BK, Claville MOF, Babu S, Fronczek FR, Uppu RM. "A co-crystal of nonhydrated disodium(II) with mixed anions from m-chlorobenzoic acid and furosemide". *Acta Crystallographica Section E*, E71, 1266-1269, 2015.
- [29] Harriss BI, Vella-Zarb L, Wilson C, Evans IR. "Furosemide cocrystals: structures, hydrogen bonding, and implications for properties". *Crystal Growth & Design*, 14(2), 783-791, 2014.
- [30] Hondrellis V, Kabanos T, Perlepes SP, Tsangaris JM. "Metal complexes of the diuretic drug furosemide". *Monatshefte fuer Chemie*, 119(10), 1091-101, 1988.
- [31] Peng B, Wang JR, Mei X. "Triamterene-furosemide salt: structural aspects and physicochemical evaluation". *Acta Crystallographica Section B*, B74, 738-741, 2018.
- [32] Stepanovs D, Mishnev A. "Multicomponent pharmaceutical cocrystals: furosemide and pentoxifylline". *Acta Crystallographica Section C*, C68, o488-o491, 2012.
- [33] Hartmann U, Vahrenkamp H. "Zinc complexes of sulfonamides". *Zeitschrift fuer Naturforschung, B: Chemical Science*, 49(12), 1725-1730, 1994.
- [34] Bonchev P, Kadum Kh, Gochev G, Evtimova B, Macicek J, Nachev C. "Synthesis, structural, spectral and EPR studies on the copper(II) complex of 5-(aminosulfonyl)-4-chloro-2-[(2-furanylmethyl)amino]benzoic acid (furosemide)". *Polyhedron*, 11(15), 1973-1980, 1992.

SALİSİLİK ASİT İLE 2-AMİNOPİRİDİN TÜREVLERİNİN PROTON TRANSFER TUZLARININ SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

Halil İlkimen^{1*}, Cengiz Yenikaya²

^{1,2}Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü

halil.ilkimen@dpu.edu.tr, cengiz.yenikaya@dpu.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Bu çalışmada, salisilik asit (H₂salic) ile 2-aminopiridin türevlerinin [2-aminopiridin (2ap), 2-amino-3-metilpiridin (2a3mp) ve 2-amino-4-metilpiridin (2a4mp)] yeni proton transfer tuzları {(H₂ap)(salic).0,01EtOH, (H₂2a3mp)(salic) ve (H₂2a4mp)(salic)} sentezlenmiştir. Proton transfer tuzlarının yapıları elementel analiz, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, FT-IR ve daha önceki çalışmalar ile önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: 2-Aminopiridin, 5-Salisilik Asit, Proton Transfer Tuzu.

1. Giriş

Asit-baz nötralizasyon, suyun öziyonlaşması ve enzim katalizi tepkimeleri gibi reaksiyonlarda anahtar görevi gören proton transfer tepkimeleri, biyokimya, kimya ve fizik dallarında en temel işlemlerden biridir [1]. Bu tepkimelerde asitin asidik protonunun bazı ortaklaşmamış elektron bulunduran donür atomu tarafından transfer edilerek (+) ve (-) yüklerin bir arada bulunduğu tepkimelere proton transfer tepkimeleri denir. Bu tepkimelerden elde edilen tuzların metal kompleksleri genellikle suda çözünebilen bileşiklerdir [2].

Bu çalışmada kullanılan proton transfer tuzlarının asitik bileşeni olan salisilik asitin antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antitümör, antiülser, antidiyabetik, antimütajen, süperoksit giderici ve radyoprotektif aktiviteye gibi biyolojik özelliklere sahiptir [3-13]. Elektron verici oksijen atomları (-COOH ve OH) bulunan salisilik asit türevleri (H₂salic) ve proton vermiş formları (Hsalic ve salic²⁻) yaygın olarak bir, iki, üç veya daha yüksek dişli olarak şelat oluşturdukları gözlenmiştir [14].

Bu çalışmanın bazik bileşeni olan 2-aminopiridin türevlerinin antibakteriyel, antifungal, antihistaminik, kardiyotonik, antiviral, antikonvülsan, antidiyabetik, analjezik, antialzheimer, antiparaziter, antiinflamatuvar ve nöronal nitrik oksit inhibitörleri gibi biyolojik özelliklere sahiptir [15]. Literatürde 2-aminopiridin türevleri ile çeşitli asit türevleri yapılan proton transfer tuzu ve metal kompleksleri bol miktarda sentezlenmektedir [16-23]. Bu komplekslerde 2-aminopiridinler çoğunlukla halkanın azot atomu yoluyla metal iyonlarına tek dişli ligant [16,17] olarak bağlansa da; bazı çalışmalarda amino grubunun da yer aldığı koordinasyon halleri vardır [17,24].

Bu çalışmada, salisilik asit (H₂salic) ile 2-aminopiridin türevlerinin [2-aminopiridin (2ap), 2-amino-3-metilpiridin (2a3mp) ve 2-amino-4-metilpiridin (2a4mp)] yeni proton transfer tuzları {(H₂ap)(salic).0,01EtOH, (H₂2a3mp)(salic) ve (H₂2a4mp)(salic)} sentezlenmiştir. Toz halde elde edilen proton transfer tuzlarının yapıları elementel analiz, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, FT-IR ve daha önceki çalışmalar ile önerilmiştir.

2. Materyal ve Metot

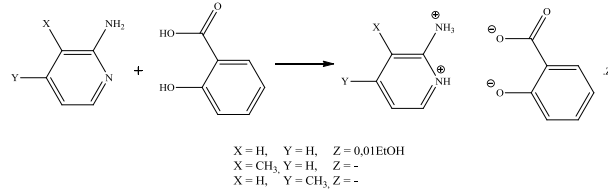
2.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Cihazlar

Bu çalışmada kullanılan kimyasal maddeler Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir. Elementel Analiz Cihazı; Leco CHNS 932, ICP-OES Cihazı; NMR Spektrometresi; 600 MHz UltraShield NMR Spektrometresi, İnfrared Spektrometresi; Bruker Optics Vertex 70.

2.2. Metot

2.2.1. Proton Transfer Tuzlarının Sentezi

10 mmol H₂Salic bileşiği (1,3812 g) bir balon içerisinde 30 mL saf etanolde çözüldü. 10 mmol piridin bileşiği (0,9411 g 2ap veya 1,0814 g 2a3mp veya 1,0814 g 2a4mp) ayrı bir balon içerisinde 30 mL saf etanolde çözüldü. Oda koşullarında 2-aminopiridin çözeltileri, H₃Salic çözeltilisinin üzerine damla damla ilave edildi. 24 saatlik bir karıştırma işleminden sonra reaksiyon ortamında çöken beyaz renkli proton transfer tuzları süzülde, saf etanol ile yıkandı ve kurutuldu (Şekil 1). Elde edilen tuzun bazı fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Proton transfer tuzlarının sentezi

Tablo 1. Sentezlenen bileşiklerin bazı fiziksel özellikleri

Bileşik	Renk	Mol Kütle* (g/mol)	Verim(%)
(H ₂ ap)(salic).0,01EtOH	Beyaz	232,70	95
(H ₂ a3mp)(salic)	Beyaz	246,26	90
(H ₂ a4mp)(salic)	Beyaz	246,26	90

3. Bulgular Ve Tartışma

3.1. NMR Spektromu Sonuçları

3.1.1. (H₂ap)(salic).0,01EtOH Bileşiğinin NMR Spektremleri

Sentezlenen (H₂ap)(salic).0,01EtOH bileşiğinin (Şekil 1) DMSO-d₆ içerisinde alınan ¹H-NMR ve ¹³C-NMR spektrum değerleri Tablo 2’de, spektrumları Ekler 1-3’de verilmiştir.

(H₂ap)(salic).0,01EtOH bileşiğinin ¹H-NMR spektrumunda (Ek 1, Tablo 2); 6,82 ppm’de (H⁶ ve H⁸, ³J_{H6-H7} ve H^{8-H7/H9} = 7,91 Hz) gözlenen 2H’lik doublet+triplet pik, 7,72 ppm’de (H⁷, ³J_{H7-H6/H8} = 8,49 Hz, ⁴J_{H7-H9} = 1,24 Hz) gözlenen 2H’lik triple-doublet pik ile 7,82 ppm’de (H⁹, ³J_{H9-H8} = 7,78 Hz, ⁴J_{H9-H7} = 1,25 Hz) gözlenen 1H’lik doublet-doublet pik Salic²⁻ halkasındaki protonlardan kaynaklanan piklerdir. 6,84 ppm (H¹², ³J_{H12-H13} = 7,96 Hz) ve 7,97 ppm’de (H¹⁵, ³J_{H15-H14} = 5,71 Hz) gözlenen 1H’lik doublet pikler, 7,35 ppm’de (H¹³, ³J_{H13-H12/H14} = 8,38 Hz, ⁴J_{H13-H15} = 1,39 Hz) gözlenen 1H’lik triplet-doublet pik ile 6,71 ppm’de (H¹⁴, ³J_{H14-H13/H15} = 6,46 Hz) gözlenen 1H’lik triplet pik H₂ap⁺ halkasındaki protonlardan kaynaklanan piklerdir. Yapıda bulunan 0,01 mol EtOH pikleri ise 1,03 ppm’de (H¹⁶, ³J_{H18-H17} = 6,13 Hz) 0,02H’lik triplet ve 3,51 ppm’de (H¹⁷, ³J_{H17-H18} = 7,01 Hz) 0,03H’lik quartet olarak gözlenmiştir. Ayrıca yapıda bulunan H¹⁹ protonu spektrumda gözlenmemiştir. Yaklaşık 13 ve 11 ppm civarında beklenen Salic’e ait -COOH (H¹) ve -OH (H⁵) hidrojenleri tuzda gözlenmemiştir. Bu hidrojenlerin 2ap’deki N¹⁰ veya N¹⁶’ya transfer olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle H¹⁰ veya H¹⁶ protonları NMR spektrumunda gözlenmemiştir. Aynı tuzun katı örnek ile FT-IR spektrumu alındığında bu protonların varlığı belirlenmiştir (Ek 10). Örnek çözeltisi üzerine D₂O ilavesinden sonra çekilen ¹H-NMR spektrumunda (Ek 2) H¹⁰, H¹⁶ ve H¹⁹ hidrojenleri de döteryum ile yer değiştirdikleri için gözlenmemiştir.

Tablo 2. (H₂ap)(salic).0,01EtOH bileşiğinin ¹H-NMR ve ¹³C-NMR spektrumunun kimyasal kayma değerleri δ(ppm)

¹ H-NMR	¹³ C-NMR
H ¹	C ² 173,71
H ⁵	C ³ 112,01
H ⁶ , H ⁸	C ⁴ 161,94
H ⁷	C ⁶ 112,29
H ⁹	C ⁷ 117,41
H ¹⁰	C ⁸ 118,36
H ¹²	C ⁹ 134,01
H ¹³	C ¹¹ 157,07
H ¹⁴	C ¹² 116,88
H ¹⁵	C ¹³ 140,50
H ¹⁶	C ¹⁴ 130,81
H ¹⁷	C ¹⁵ 141,84
H ¹⁸	C ¹⁷ -
	C ¹⁸ -

(H₂ap)(salic).0,01EtOH bileşiğinin ¹³C-NMR spektrumunda on iki tane karbon piki gözlenmiştir (Ek 3, Tablo 2). 173,71 ppm’de gözlenen pik karboksil grubu karbonuna (-C²OO), 161,94 ppm’de gözlenen pik fenol grubu karbonuna (-C⁴O) ve 157,07 ppm’de gözlenen pik ise amit grubunun karbon atomuna (C¹¹) aittir. Aromatik bölgede bulunan diğer karbon atomları ise 112,01 (C³), 112,29

(C⁶), 117,41 (C⁷), 118,36 (C⁸), 134,01 (C⁹), 116,88 (C¹²), 140,50 (C¹³), 130,81 (C¹⁴) ve 141,84 (C¹⁵) ppm'de gözlenmiştir. ¹H-NMR spektrumunda gözlenen etanol çözücüsünün karbonları bu spektrumda gözlenmemiştir.

(H₂ap)(salic).0,01EtOH bileşiğinin ¹H-NMR ve ¹³C-NMR spektrumları incelendiğinde proton transfer tuzunda asit-baz (H₂salic-2ap) birleşme oranı 1:1 olarak bulunmuştur (Şekil 1).

3.1.2. (H₂2a3mp)(salic) Bileşiğinin NMR Spektrumları

Sentezlenen (H₂2a3mp)(salic) bileşiğinin (Şekil 1) DMSO-d₆ içerisinde alınan ¹H-NMR ve ¹³C-NMR spektrum değerleri Tablo 3'de, spektrumları Ekler 4-6'da verilmiştir.

Tablo 3. (H₂2a3mp)(salic) bileşiğinin ¹H-NMR ve ¹³C-NMR spektrumunun kimyasal kayma değerleri δ(ppm)

¹ H-NMR		¹³ C-NMR	
H ¹	-	C ²	172,99
H ⁵	-	C ³	112,70
H ⁶ , H ⁸	6,82 (2H, d+t) [³ J _{H6-H7} ve H8-H7/H9 = 7,61 Hz]	C ⁴	162,08
H ⁷	7,35 (1H, txd) [³ J _{H7-H6/H8} = 8,18 Hz, ⁴ J _{H7-H9} = 0,94 Hz]	C ⁶	116,69
H ⁹	7,78 (1H, d) [³ J _{H9-H8} = 7,70 Hz]	C ⁷	118,43
H ¹⁰	-	C ⁸	119,38
H ¹³	7,53 (1H, d) [³ J _{H13-H14} = 6,98 Hz]	C ⁹	134,33
H ¹⁴	6,65 (1H, t) [³ J _{H14-H13/H15} = 6,39 Hz]	C ¹¹	156,50
H ¹⁵	7,84 (1H, d) [³ J _{H15-H14} = 5,33 Hz]	C ¹²	116,69
H ¹⁶	-	C ¹³	139,83
H ¹⁷	2,10 (3H, s)	C ¹⁴	130,71
		C ¹⁵	140,19
		C ¹⁷	17,13

(H₂2a3mp)(salic) bileşiğinin ¹H-NMR spektrumunda (Ek 4, Tablo 3); 6,82 ppm'de (H⁶ ve H⁸, ³J_{H6-H7} ve H8-H7/H9 = 7,61 Hz) gözlenen 2H'lik doublet+triplet pik, 7,35 ppm'de (H⁷, ³J_{H7-H6/H8} = 8,18 Hz, ⁴J_{H7-H9} = 0,94 Hz) gözlenen 1H'lik triple-doublet pik ile 7,78 ppm'de (H⁹, ³J_{H9-H8} = 7,70 Hz) gözlenen 1H'lik doublet pik Salic²⁻ halkasındaki protonlardan kaynaklanan piklerdir. 7,53 ppm (H¹³, ³J_{H13-H14} = 6,98 Hz) ve 7,84 ppm'de (H¹⁵, ³J_{H15-H14} = 5,33 Hz) gözlenen 1H'lik doublet pikler, 6,65 ppm'de (H¹⁴, ³J_{H14-H13/H15} = 6,39 Hz) gözlenen 1H'lik triplet pik ile 2,10 ppm'de gözlenen 3H'lik singlet pik H₂2a3mp⁺ halkasındaki protonlardan kaynaklanan piklerdir. Yaklaşık 13 ve 11 ppm civarında beklenen Salic'e ait -COOH (H¹) ve -OH (H⁵) hidrojenleri tuzda gözlenmemiştir. Bu hidrojenlerin 2a3mp'deki N¹⁰ veya N¹⁶'ya transfer olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle H¹⁰ veya H¹⁶ protonları NMR spektrumunda gözlenmemiştir. Aynı tuzun katı örnek ile FT-IR spektrumu alındığında bu protonların varlığı belirlenmiştir (Ek 11). Örnek çözeltisi üzerine D₂O ilavesinden sonra çekilen ¹H-NMR spektrumunda (Ek 5) H¹⁰, H¹⁶ ve H¹⁹ hidrojenleri de döteryum ile yer değiştirdikleri için gözlenmemiştir.

(H₂2a3mp)(salic) bileşiğinin ¹³C-NMR spektrumunda on üç tane karbon piki gözlenmiştir (Ek 6, Tablo 3). 172,99 ppm'de gözlenen pik karboksil grubu karbonuna (-C²OO), 162,08 ppm'de gözlenen pik fenol grubu karbonuna (-C⁴O), 156,50 ppm'de gözlenen pik amit grubunun karbon atomuna (C¹¹) ve 17,13 ppm'de gözlenen pik ise metil grubunun karbon atomuna (C¹⁷) aittir. Aromatik bölgede bulunan diğer karbon atomları ise 112,70 (C³), 116,69 (C⁶), 118,43 (C⁷), 119,38 (C⁸), 134,33 (C⁹), 116,69 (C¹²), 139,83 (C¹³), 130,71 (C¹⁴) ve 140,19 (C¹⁵) ppm'de gözlenmiştir.

(H₂2a3mp)(salic) bileşiğinin ¹H-NMR ve ¹³C-NMR spektrumları incelendiğinde proton transfer tuzunda asit-baz (H₂salic-2a3mp) birleşme oranı 1:1 olarak bulunmuştur (Şekil 1).

3.1.3. (H₂2a4mp)(salic) Bileşiğinin NMR Spektrumları

Sentezlenen (H₂2a4mp)(salic) bileşiğinin (Şekil 1) DMSO-d₆ içerisinde alınan ¹H-NMR ve ¹³C-NMR spektrum değerleri Tablo 4'de, spektrumları Ekler 7-9'da verilmiştir.

Tablo 4. (H₂a4mp)(salic) bileşiğinin ¹H-NMR ve ¹³C-NMR spektrumunun kimyasal kayma değerleri δ(ppm)

¹ H-NMR		¹³ C-NMR	
H ¹	-	C ²	173,25
H ⁵	-	C ³	110,99
H ⁶ , H ⁸	6,79 (2H, d+t) [³ J _{H6-H7} ve H _{8-H7/H9} = 7,30 Hz]	C ⁴	162,15
H ⁷	7,35 (1H, txd) [³ J _{H7-H6/H8} = 8,59 Hz, ⁴ J _{H7-H9} = 1,79 Hz]	C ⁶	114,20
H ⁹	7,78 (1H, dxd) [³ J _{H9-H8} = 4,71 Hz, ⁴ J _{H14-H12} = 1,75 Hz]	C ⁷	117,60
H ¹³ , H ¹⁴	7,53 (1H, s+d) [³ J _{H14-H15} = 7,86 Hz]	C ⁸	118,13
H ¹⁵	7,85 (1H, d) [³ J _{H15-H14} = 6,00 Hz]	C ⁹	133,85
H ¹⁷	2,20 (3H, s)	C ¹¹	156,79
		C ¹²	116,84
		C ¹³	140,05
		C ¹⁴	130,72
		C ¹⁵	153,26
		C ¹⁷	21,55

(H₂a4mp)(salic) bileşiğinin ¹H-NMR spektrumunda (Ek 7, Tablo 4); 6,79 ppm'de (H⁶ ve H⁸, ³J_{H6-H7} ve H_{8-H7/H9} = 7,30 Hz) gözlenen 2H'lık doublet+triplet pik, 7,35 ppm'de (H⁷, ³J_{H7-H6/H8} = 8,59 Hz, ⁴J_{H7-H9} = 1,79 Hz) gözlenen 1H'lık triple-doublet pik ile 7,78 ppm'de (H⁹, ³J_{H9-H8} = 4,71 Hz, ⁴J_{H14-H12} = 1,75 Hz) gözlenen 1H'lık doublet-doublet pik Salic²⁻ halkasındaki protonlardan kaynaklanan piklerdir. 7,53 ppm'de (H¹³ ve H¹⁴, ³J_{H14-H15} = 7,86 Hz) gözlenen 2H'lık singlet+doublet pik, 7,85 ppm'de (H¹⁵, ³J_{H15-H14} = 6,00 Hz) gözlenen 1H'lık doublet pik ile 2,20 ppm'de gözlenen 3H'lık singlet pik H₂a4mp⁺ halkasındaki protonlardan kaynaklanan piklerdir. Yaklaşık 13 ve 11 ppm civarında beklenen Salic'e ait -COOH (H¹) ve -OH (H⁵) hidrojenleri tuzda gözlenmemiştir. Bu hidrojenlerin 2a4mp'deki N¹⁰ veya N¹⁶'ya transfer olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle H¹⁰ veya H¹⁶ protonları NMR spektrumunda gözlenmemiştir. Aynı tuzun katı örnek ile FT-IR spektrumu alındığında bu protonların varlığı belirlenmiştir (Ek 12). Örnek çözeltisi üzerine D₂O ilavesinden sonra çekilen ¹H-NMR spektrumunda (Ek 8) H¹⁰, H¹⁶ ve H¹⁹ hidrojenleri de döteryum ile yer değiştirdikleri için gözlenmemiştir.

(H₂a4mp)(salic) bileşiğinin ¹³C-NMR spektrumunda on üç tane karbon piki gözlenmiştir (Ek 9, Tablo 4). 173,25 ppm'de gözlenen pik karboksil grubu karbonuna (-C²OO), 162,15 ppm'de gözlenen pik fenol grubu karbonuna (-C⁴O), 156,79 ppm'de gözlenen pik amit grubunun karbon atomuna (C¹¹) ve 21,55 ppm'de gözlenen pik ise metil grubunun karbon atomuna (C¹⁷) aittir. Aromatik bölgede bulunan diğer karbon atomları ise 110,99 (C³), 114,20 (C⁶), 117,60 (C⁷), 118,13 (C⁸), 133,85 (C⁹), 116,69 (C¹²), 140,05 (C¹³), 130,72 (C¹⁴) ve 153,26 (C¹⁵) ppm'de gözlenmiştir.

(H₂a4mp)(salic) bileşiğinin ¹H-NMR ve ¹³C-NMR spektrumları incelendiğinde proton transfer tuzunda asit-baz (H₂salic-2a4mp) birleşme oranı 1:1 olarak bulunmuştur (Şekil 1).

3.2. Elementel Analiz sonuçları

Sentezlenen proton tuzları {(H₂a4mp)(salic).0,01EtOH, (H₂a3mp)(salic) ve H₂a4mp)(salic)} elementel analiz sonuçları Tablo 5'de verilmiştir. Deneysel olarak elde edilen değerlerin hem teorik elementel analiz değerleri ile hem de diğer spektroskopik çalışmalar sonucu ortaya konulan yapılar ile uyum içinde olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada hazırlanan tuzların asit ve baz oranları elementel analiz sonuçlarına göre belirlenmiştir. Buna göre hazırlanan tüm proton transfer tuzlarındaki asit ve baz birleşme oranları 1:1 olarak bulunmuştur.

Tablo 5 Sentezlenen tuzların elementel analiz sonuçları

Bileşik	Kapalı formülü	% Deneysel (% Teorik)		
		C	H	N
(H ₂ a4mp)(salic)	C _{12.02} H _{12.06} N ₂ O _{3.01}	62.05	5.21	12.02
0,01EtOH		(62.04)	(5.22)	(12.04)
(H ₂ a3mp)(salic)	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O ₃	63.45	5.75	14.40
(salic)		(63.40)	(5.73)	(11.38)
(H ₂ a4mp)(salic)	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O ₃	63.41	5.70	14.35
(salic)		(63.40)	(5.73)	(11.38)

3.3. FT-IR Sonuçları

Proton transfer tuzları {(H₂ap)(salic).0,01EtOH, (H₂2a3mp)(salic) ve H₂2a4mp)(salic)} FT-IR değerleri Tablo 6'da, spektrumları Ekler 10-12'de verilmiştir. Spektrumlarda Şekil 1'de önerilen yapıları destekleyen titreşim bantları mevcuttur.

Proton transfer tuzlarının FT-IR spektrumunda (Ekler 11-15); (H₂ap)(salic).0,01EtOH tuzunun yapısındaki ν(O-H) titreşimleri gözlenmezken, tüm tuzların yapısında bulunan ν(N-H) gerilmelerinden kaynaklanan orta şiddetli titreşim bantları 3377-3203 cm⁻¹ aralığında gözlenmiştir. Tuzların yapılarındaki aromatik ν(C-H) ve (H₂2a3mp)(salic) ve H₂2a4mp)(salic) tuzlarının alifatik ν(C-H) gerilmelerinden kaynaklanan zayıf titreşim bantları, 3087-3046 cm⁻¹ ve 2981-2821 cm⁻¹ aralığında ortaya çıkmaktadır. Tuzlarda 2717-2523 cm⁻¹ gözlenen zayıf titreşim bantlarının ν(N⁺-H) gözlenmesi önerilen yapıyı desteklemektedir (Şekil 1). ν(C=O) gerilmelerinin titreşim bantları (H₂ap)(salic).0,01EtOH tuzunda 1670 cm⁻¹, (H₂2a3mp)(salic) tuzunda 1667 cm⁻¹ ve H₂2a4mp)(salic) tuzunda 1666 cm⁻¹'de gözlenmektedir. Fenolik ν(C=C) gerilmeleri 1647-1632 cm⁻¹'de gözlenmiştir. 1613-1448 cm⁻¹ aralığındaki titreşim bantları yapılarındaki ν(C=N) ve ν(C=C) gerilmelerinden kaynaklanmaktadır. Tuzlarda 1380-1075 cm⁻¹ ve 793-756 cm⁻¹ aralığında gözlenen titreşim bantları ise sırasıyla yapıdaki ν(C-O) ve ν(py) gerilmelerinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 6. Proton tuzları bazı FT-IR bantları (cm⁻¹).

	(H ₂ ap)(salic) 0,01EtOH	(H ₂ 2a3mp) (salic)	(H ₂ 2a4mp) (salic)
ν(O-H)	-	-	-
ν(NH ₂)	3285(m) 3203(m)	3377(m) 3317(m)	3316(m) 3294(m)
ν(C-H) _{Ar}	3046(w)	3087(w)	3082(w)
ν(C-H) _{Alf.}	-	2977(w) 2922(w) 2886(w)	2981 2870 2821
ν(N ⁺ -H)	2706(w) 2545(w)	2709(w) 2529(w)	2717(w) 2523(w)
ν(C=O)	1670(s)	1667(s)	1666(s)
ν(C=C) _{fenol}	1647(s)	1635(s)	1642(s)
ν(C=N)	1613(s)	1575(s)	1579(s)
ν(C=C)	1586(s) 1553(s) 1479(s) 1451(s)	1480(s) 1451(s)	1552(s) 1478(s) 1448(s)
ν(C-O)	1374(s) 1248(s) 1087(s)	1380(s) 1250(s) 1075(s)	1378(s) 1248(s) 1080(s)
ν(py)	793(s)	757(s)	756(s)

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, salisilik asit (H₂salic) ile 2-aminopiridin türevlerinin [2-aminopiridin (2ap), 2-amino-3-metilpiridin (2a3mp) ve 2-amino-4-metilpiridin (2a4mp)] yeni proton transfer tuzları {(H₂ap)(salic).0,01EtOH, (H₂2a3mp)(salic) ve (H₂2a4mp)(salic)} hazırlanmıştır.

Toz halde elde edilen proton transfer tuzlarının yapıları elementel analiz, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, FT-IR ve daha önceki çalışmalar ile önerilmiştir.

Sentezlenen tüm maddeler su, etanol, DMSO, DMF gibi polar çözücülerde çözünmektedir.

Sentezlenen proton transfer tuzların DMSO-d₆ içerisinde alınan ¹H-NMR ve ¹³C-NMR spektrumları incelenerek, protonlarından kaynaklanan kimyasal kayma değerleri ile yapıları açıklanmıştır. Bu çalışmada hazırlanan tuzların asit ve baz oranları NMR ve

elementel analiz sonuçlarına göre belirlenmiştir. Buna göre hazırlanan proton transfer tuzlarındaki asit-baz birleşme oranları, 1:1 olarak bulunmuştur.

Sentezlenen maddelerin deneysel olarak elde edilen elementel analiz spektroskopik çalışmalar sonucunda önerilen yapılardan hesaplanan element miktarları ile uyum içerisinde.

Bu çalışmada sentezlenen tuzların IR spektrumlarına bakıldığında fonksiyonel piklerin gerilmelerinden kaynaklanan pikler gözlenmiştir. Bunların gözlenmesi önerilen yapıları desteklemektedir. .

Bu projede sentezlenen proton transfer tuzlarının yapıları Şekil 1’de verilmiştir. Bu yapıların önerilmesinde, yukarıda tartışılan deneysel sonuçlar ve daha önce yapılmış benzer çalışmalar dikkate alınmıştır.

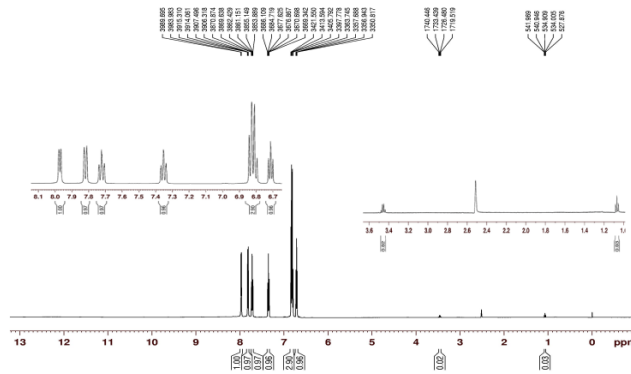
Bu çalışma, Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu’na, 2019/12 numaralı proje olarak desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu’na teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

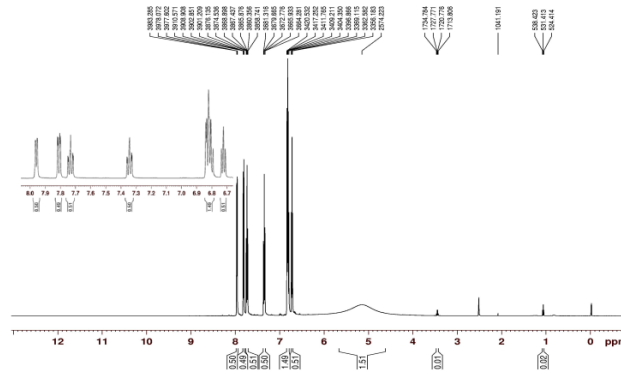
- [1] Macdonald JC., Dorrestein PC., Pilley MM., Foote MM., Lundburg JL., Henning RW., Schultz AJ. and Manson JL. “Design of layered crystalline materials using coordination chemistry and hydrogen bonds”. *Journal of the American Chemical Society*, 122, 11692-11702, 2000.
- [2] Aghabozorg, H., Manteghi, F. and Sheshmani, S. “A. brief review on structural concepts of novel supramolecular proton transfer compounds and their metal complexes”. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 5(2), 184-227, 2008.
- [3] Anjaneyulu, Y., Swamy, R.Y. and Rao, R.P. “Characterisation and antimicrobial activity studies of the mixed ligand complexes of Cu(II) with 8-hydroxyquinoline and salyic acidst”. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Chemical Sciences)*, 93(2), 131-138, 1984.
- [4] Devereux, M., O’Shea, D., O’Connor, M., Grehan, H., Connor, G., McCann, M., Rosair, G., Lyng, F., Kellett, A., Walsh, M., Egan, D. and Thati, B. “Synthesis, catalase, superoxide dismutase and antitumour activities of copper(II) carboxylate complexes incorporating benzimidazole, 1,10-phenanthroline and bipyridine ligands: X-ray crystal structures of [Cu(BZA)₂(bipy)(H₂O)], [Cu(SalH)₂(BZDH)₂] and [Cu(CH₃COO)₂(5,6-DMBZDH)₂] (SalH₂ = salyic acid; BZAH = benzoic acid; BZDH = benzimidazole and 5,6-DMBZDH = 5,6-dimethylbenzimidazole)”. *Polyhedron*, 26(15), 4073-4084, 2007.
- [5] Suksrichavalit, T., Prachayasittikul, S., Piacham, T., Ayudhya, C.I.N., Nantasenamat, C. and Prachayasittikul, V. “Copper complexes of nicotinic-aromatic carboxylic acids as superoxide dismutase mimetics”. *Molecules*, 13(12), 3040-3056, 2008.
- [6] Abuhijleh, A.L. “Mononuclear copper (II) salyate complexes with 1,2-dimethylimidazole and 2-methylimidazole: Synthesis, spectroscopic and crystal structure characterization and their superoxide scavenging activities”. *Journal of Molecular Structure*, 980(1-3), 201-207, 2010.
- [7] Abuhijleh, A.L. “Mononuclear copper(II) aspirinate or salyate complexes with methylimidazoles as biomimetic catalysts for oxidative dealkylation of a hindered phenol, oxidation of catechol and their superoxide scavenging activities”. *Inorganic Chemistry Communications*, 14(5), 759-762, 2011.
- [8] Kucková, L., Jomová, K., Švorcová, A., Valko, M., Segla, P., Moncol, J. and Kožíšek, J. “Synthesis, crystal structure, spectroscopic properties and potential biological activities of salyate neocuproine ternary copper(II) complexes”. *Molecules*, 20(2), 2115-2137, 2015.
- [9] Rojas, D., Araujo, M.L., Martínez, J.D., del Carpio, F.B.E., Reina, K., Landaeta, V.R., Hernández, L. and Lubes, V. “Copper(II) interactions with nonsteroidal antiinflammatory agents. I. Salyic acid and acetylsalyic acid”. *Journal of Molecular Liquids*, 220, 238-242, 2016.
- [10] Brumas, V., Brumas, B. and Berthon, G. “Copper(II) interactions with nonsteroidal antiinflammatory agents. I. Salyic acid and acetylsalyic acid”. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 57(3), 191-207, 1995.
- [11] Palanisami, N., Prabusankar, G. and Murugavel, R. “A novel dimeric copper salyate with an undissociated COOH group: Synthesis and crystal structure of [Cu₂(HSal)(Sal)(2,2’-bpy)₂](ClO₄)”. *Inorganic Chemistry Communications*, 9(10), 1002-1006, 2006.
- [12] Lawal, A. and Obaleye, J.A. “Synthesis, characterization and antibacterial activity of aspirin and paracetamolmetal complexes”. *Biokemistri*, 19(1), 9-15, 2007.
- [13] Yiase, S.G., Adejo, S.O., Gbertyo, J.A. and Edeh, J. “Synthesis, characterization and antimicrobial studies of salyic acid complexes of some transition metals”. *IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)*, 7(4), 04-10, 2014.
- [14] Melnik, M., Macaskova, L. and Mrozinski, J. “Copper(II) carboxylates and their 3-pyridylcarbinol adducts”. *Polyhedron*, 7(18), 1745-1749, 1988.
- [15] Marinescu, M. “2-Aminopyridine-a classic and trendy pharmacophore”. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 8(2), 338-355, 2017.
- [16] Yenikaya, C., Sarı, M., Bülbül, M., İlkimen, H., Çelik, H. and Büyükgüngör O. “Synthesis, characterization and antiglaucoma activity of a novel proton transfer compound and a mixed-ligand Zn(II) complex”. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 18(2), 930-938, 2010.
- [17] Yenikaya, C., Poyraz, M., Sarı, M., Demirci, F., İlkimen, H. and Büyükgüngör O. “Synthesis, characterization and biological evaluation of a novel Cu(II) complex with the mixed ligands 2,6-pyridinedicarboxylic acid and 2-aminopyridine”. *Polyhedron*, 28 (16) 3526-3532, 2009.
- [18] İlkimen, H., Yenikaya, C., İmdat, G., Tunca, E. ve Bülbül, M. “2-Aminopiridin türevleri ile sülfonamid içeren maleamik asit türevinin proton transfer tuzları ve Cu(II) komplekslerinin sentezi, karakterizasyonu ve insan eritrosit karbonik anhidraz izoenzimleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi”. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 480-494, 2017.

- [19] İlkimen, H., Yenikaya, C., Bülbül, M. ve İmdat, G. “Sülfonamid içeren maleamik asit türevi ile 2-aminopiridinin proton transfer tuzu ve Co(II) ve Cu(II) komplekslerinin sentezi, karakterizasyonu ve karbonik anhidraz izoenzimleri üzerindeki inhibisyon özelliklerinin incelenmesi”. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13(1), 211-225, 2017.
- [20] Yenikaya, C., İlkimen, H., Demirel, M.M., Ceyhan, B., Tunca E. ve Bülbül, M. “2-Aminopiridin ile (E)-4-okso-4-((4-sülfamoyilfenil)amino)büt-2-enoik asitin proton transfer tuzunun sentezi, metal komplekslerinin hazırlanması ve hCA I ve hCA II izoenzimleri üzerindeki inhibisyon özelliklerinin incelenmesi”. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16, 41-53, 2016.
- [21] Yenikaya, C., Sarı, M., Bülbül, M., İlkimen, H., Çınar, B. and Büyükgüngör O., Synthesis and characterization of two novel proton transfer compounds and their inhibition studies on Carbonic Anhydrase isoenzymes. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 26(1), 104-114, 2011.
- [22] Yenikaya C., Sarı, M., İlkimen, H., Bülbül, M. and Büyükgüngör O. “Synthesis, structural and antiglaucoma activity studies of a novel amino salicylato salt and its Cu(II) complex”. *Polyhedron*, 30 535-541, 2011.
- [23] Yenikaya, C., Büyükkıdan, N., Sarı, M., Keşli, R., İlkimen, H., Bülbül, M. and Büyükgüngör O. “Synthesis, characterization and biological evaluation of novel Cu(II) complexes with proton transfer salt of 2,6-pyridinedicarboxylic acid and 2-amino-4-methylpyridine”. *Journal of Coordination Chemistry*, 64(19), 3353-3365, 2011.
- [24] Raso AG., Fiol JJ., Zafra AL., Cabrero A., Mata I., Molins E. Crystal structures of the N-salicylidene-L-serinatoaquacopper(II) mono hydrate and its ternary derivative with 2-aminopyridine. *Polyhedron*, 18, 871-878, 1999.

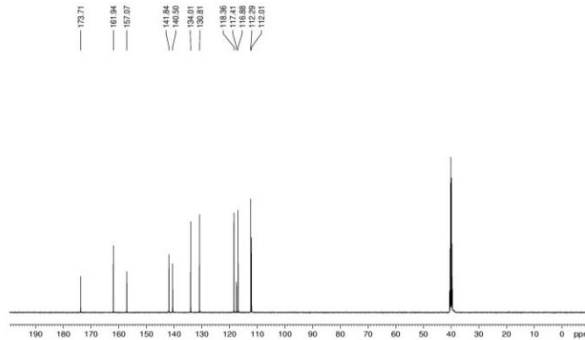
6. Ekler



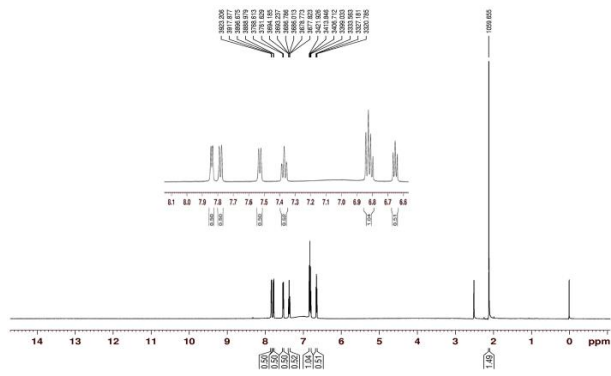
EK 1 (H₂ap)(salic).0,01EtOH Bileşiğinin ¹H-NMR spektrumu



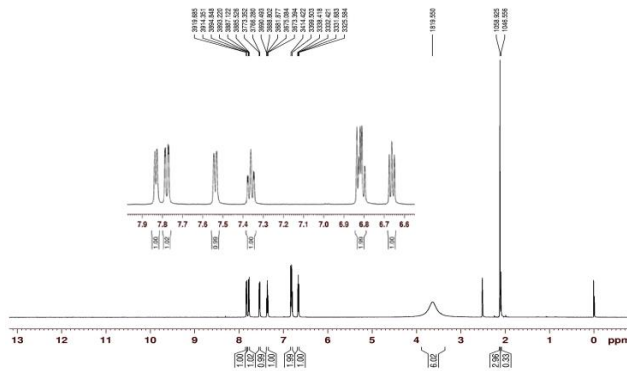
EK 2 (H₂ap)(salic).0,01EtOH Bileşiğinin D₂O ilaveli ¹H-NMR spektrumu



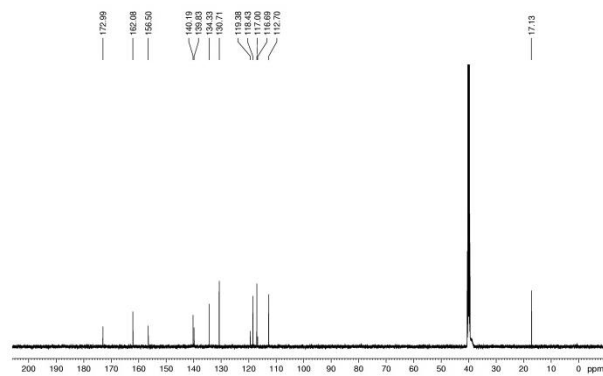
EK 3 (H₂ap)(salic).0,01EtOH Bileşiğinin ¹³C-NMR spektrumu



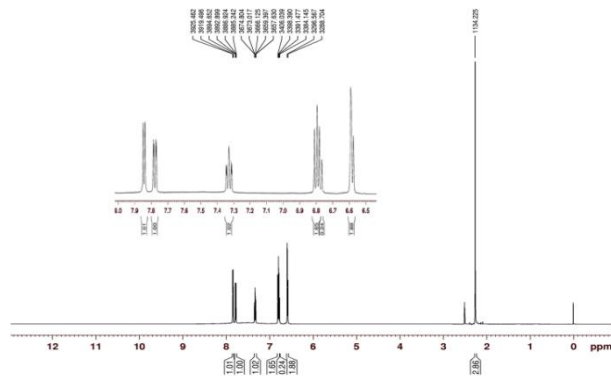
EK 4 (H₂2a3mp)(salic) Bileşiğinin ¹H-NMR spektrumu



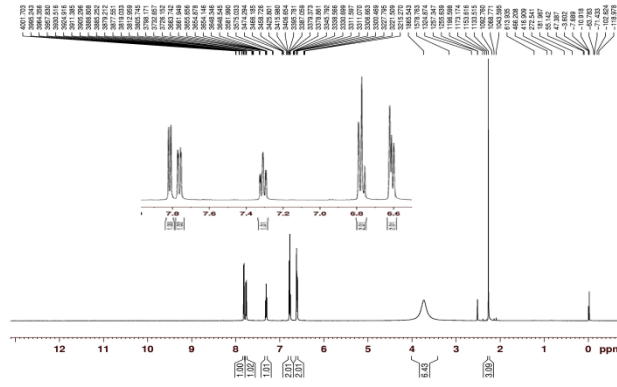
EK 5 (H₂2a3mp)(salic) Bileşiğinin D₂O ilaveli ¹H-NMR spektrumu



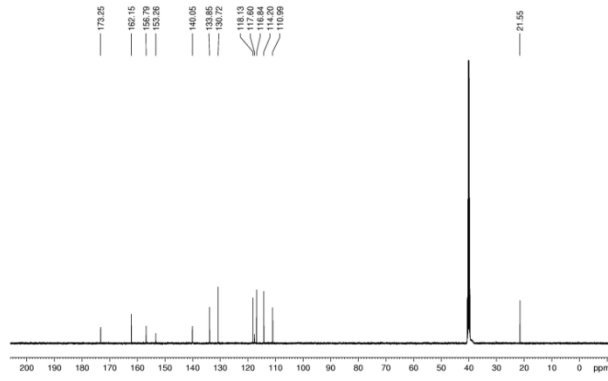
EK 6 (H₂2a3mp)(salic) Bileşiğinin ¹³C-NMR spektrumu



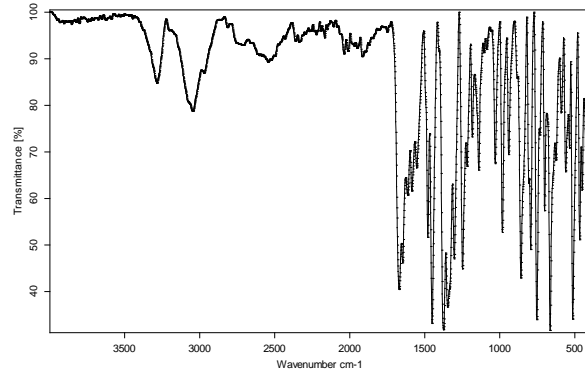
EK 7 (H₂2a4mp)(salic) Bileşiğinin ¹H-NMR spektrumu



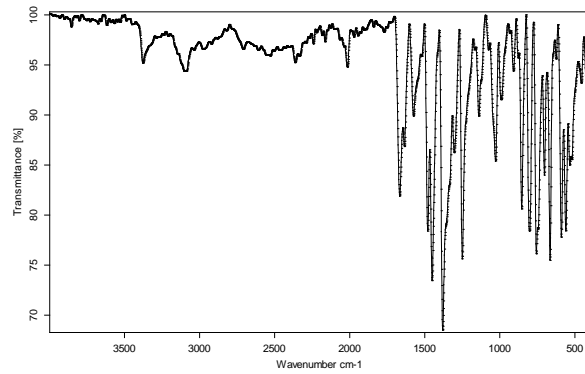
EK 8 (H₂a4mp)(salic) Bileşiğinin D₂O ilaveli ¹H-NMR spektrumu



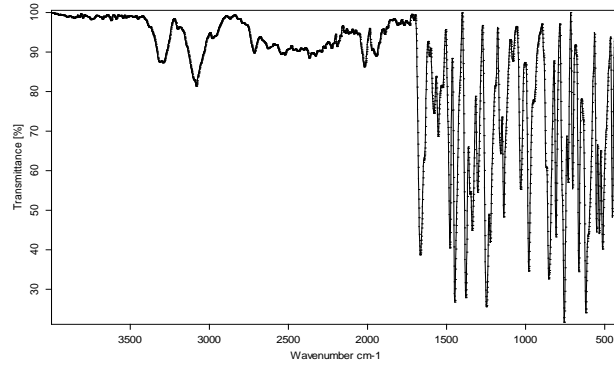
EK 9 (H₂a4mp)(salic) Bileşiğinin ¹³C-NMR spektrumu



EK 10 (H₂a)(salic).0,01EtOH bileşiğinin FT-IR spektrumu



EK 11 (H₂a3mp)(salic) bileşiğinin FT-IR spektrumu



EK 12 (H₂a₄mp)(salic) bileşğinin FT-IR spektrumu

APHIS FABAE İLE BESLENEN AVCI OENOPIA CONGLOBATA'NIN GELİŞİMİ

Hande Gönbe^{1*}, İsmail Karaca¹

¹*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü*

handecelikkan@gmail.com , ismailkaraca@isparta.edu.tr

** Sorumlu Yazar*

Özet

Yaprak bitleri bir çok kültür bitkisinde önemli zararlara neden olan polifag zararlılardır. Yaprak bitlerinin çok sayıda doğal düşmanı bulunmaktadır. Bunlar kuşlar, Syrphidae larvaları, Coccinellidae ergin ve larvaları, kulağakaçanlar, parazitoitler ve entomopatojenlerdir. Tarım alanlarında önemli yaprak bitlerinden birisi de bakla yaprak biti, *Aphis fabae*'dir. Bu çalışmada yaprak bitlerinin önemli avcılarında biri olan *Oenopia conglobata*'nin *A. fabae* üzerindeki gelişimleri ele alınmıştır. Çalışma sonucunda *A. fabae* ile *O. conglobata*'nın yumurta dönem süresi 5.00 gün, I. larva dönemi 3.60 gün, II. larva dönemi 2.67 gün, III. Larva dönemi 2.83 gün, IV. larva dönemi 2.93 gün, pupa dönemi 4.97 gün ve ergin dönemi ise 11.75 gün olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Aphis fabae*, *Oenopia conglobata*

1. Giriş

Yaprak bitleri Hemiptera takımının Aphidoidea üst familyasına dahildirler. Genellikle 1-5 mm uzunluğundaki yumuşak vücutları, oldukça uzun anten ve bacakları, abdomen sonunda bulunan belirgin coriculus çifti ile tanınırlar. Yaprak bitleri sokucu emici ağız yapılarına sahip olmaları nedeniyle bitki özsuğunu emerek beslenirler. Bu beslenme ile popülasyonun yüksek olduğu , taze sürgün ve yaprakların kıvrılmasına, salgıladıkları tatlı maddeler üzerinde saprofit fungusların gelişmesiyle yaprakların ve dalların isli bir görünüm almasına ve gelişme geriliklerine neden olarak bitkiye zarar verirler.

Yurdumuzda 250'den fazla yaprak biti türü bulunmaktadır. Bunların çoğu açık havada büyüyen meyve, sebze, orman ve özellikle süs bitkilerinin başlıca zararlısıdır. Bazıları ise salon bitkileri ve seralarda zarar yaparlar. Türlerin çoğu sadece birkaç konukçu bitki üzerinde zarar yaparlar, bazıları ise polifagdır.

Bakla yaprak biti, *Aphis fabae* (Scopoli) (Hemiptera: Aphididae) taze sürgün ve yapraklarda; siyah yeşil, gri renklerde 1,5-2,5 mm büyüklükte olan zararlıdır. Kanatlı ve kanatsız formları vardır. Vücudun sırt kısmında değişik boylarda tatlımsı sıvı çıkaran iki adet boru şeklinde çıkıntı bulunur. Kışı, yumurta döneminde dal ve gövde üstünde geçirirler. İlkbahar başlarında açılan yumurtalardan çoğalarak hızla koloni oluştururlar. Sıcaklığın yükselmesi ile ölümler artar. Bitki özsuğunu emerek beslenirler. Genç sürgün ve yaprakları tercih ederler. Beslenmeleri sonucu yapraklar kıvrılır, küçülür ve dolayısıyla gelişmesi durur. Çıkardıkları tatlı madde ile yaprak ve taze sürgünlerin üzeri kaplanır. Bu tatlı madde üzerinde gelişen fumajin de solunumu engeller. Yaprak bitlerinin en önemli zararı ilkbaharda yaptığı zarardır (Anonim, 2011).

Yaprak bitlerinin kuşlar, Syrphidae larvaları, Coccinellidae ergin ve larvaları, kulağakaçanlar, parazit arılar ve entomopatojen gibi çok sayıda doğal düşmanı bulunmaktadır. Biyolojik savaş yöntemleri sadece seradaki ticari bitkilerde zarar yapan, özellikle insektisitlere dirençli afidler için geliştirilmiştir. Bu amaçla seralarda *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera:Cecidomyiidae) yırtıcısı ve *Aphidius colemani* (Viereck) (Hymenoptera: Braconidae) paraziti kullanılmaktadır. Tarım ürünlerinde zarar yapan böceklere karşı İkinci Dünya Savaşı'nı takiben, özellikle 1950'li yıllardan beri gelişen teknolojiye paralel olarak yeni pestisitlerin geliştirilmesi zararlılara karşı yapılan mücadeleye yeni boyutlar kazandırmıştır. Ancak, bu pestisitlerin uzun yıllar yaygın ve bazen de aşırı dozda ve bilinçsizce kullanılması, ekonomik maliyetlerin yüksek olmasının yanı sıra, istenmeyen olumsuzlukları da beraberinde getirmiştir. Örneğin, tarım ve orman bitkilerinde bulunan 284 zararlı tür kimyasallara karşı direnç kazanmış durumdadır (Erez, 2003).

Kimyasal mücadele sonucunda ürün kayıplarında artış, ilaçlara dayanıklılığın artması, doğal düşmanların zarar görmesi ve potansiyel zararları ekonomik zarara dönüşmesi ile farklı mücadele yöntemleri aranmıştır. Tüm bunlara birde insan ve hayvan sağlığının tehdit edilmesi, gıda maddelerindeki ilaç kalıntıları, çevre kirlenmesi ve yüksek ilaç fiyatları da eklenince, kimyasal mücadeleye alternatif çevre dostu ve daha ucuz mücadele yöntemlerine geçilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Mücadele uygulamalarından ümitvar olan, çevre dostu ve sürdürülebilir olanı biyolojik savaş yöntemidir (Uygun, 1976). Biyolojik mücadelenin çevre ve insan sağlığına olumsuz etkisi yoktur. Doğal dengeyi koruyucudur. Diğer mücadele yöntemlerine göre daha ekonomik ve süreklidir. Bu yöntemin kullanılması için ise her şeyden önce olma on zararlıların ve doğal düşmanlarının belirlenmesi gerekmektedir (Rosen, 1974).

Bu çalışmada yaprak bitlerinin önemli avcılarında biri olan *Oenopia conglobata* (Linnaeus) (Coleoptera:Coccinellidae) 'nın *A. fabae* ile beslenmesinin gelişmesi incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Yaprak biti *Aphis fabae* ve avcı böcek *Oenopia conglobata* çalışmanın ana materyalini oluşturmuştur. Ayrıca yaprak biti gelişimi için bakla bitkisi *Vicia faba* (Linnaeus) (Fabales: Fabaceae) kullanılmıştır.

Bunların yanı sıra, 10x30x40 cm boyutlarında plastik küvet, 30x50x60 cm boyutlarında yanları ve üstü tülle kaplı pleksiglas malzemeden yapılmış kafes ve 1.5 litrelik plastik saksılar kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Çalışmada önce bakla bitkisi ve zararlı böceğin kitle üretimi yapılmıştır. Yeterli sayıda materyal elde edildikten sonra denemeler kurulmuştur. Bitki ve zararlı böceğin kitle üretimi ile çalışma boyunca yürütülen tüm denemeler $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık $\%65\pm 5$ orantılı nem ve 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık ışıklandırma koşullarına sahip iklimlendirme kabinlerinde gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Bitki üretimi

Bitki üretimi için selvi tipi bakla çeşidi kullanılmıştır. Hazırlanan steril toprak ve steril toprağın yaklaşık 1/3 oranında perlit steril saksılara doldurulmuştur ve her saksıya 5-6 tohum olacak şekilde ekimi yapılmıştır. İki gün süre ile de bitkiler sulanmıştır ve bitki üretimine sera koşullarında haftalık periyotlarla sürekli devam edilmiştir.

2.2.2. Zararlı böcek üretimi

Aphis fabae üretimi $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ ve $\%65\pm 5$ orantılı nem koşullarının sağlandığı iklim dolaplarında yapılmıştır. Koloninin sürekliliğini sağlamak için haftalık periyotlarla üretilen temiz bitkiler yaşlanmış ve çökmeye başlamış bitkilerle değiştirilerek üretim kabininde popülasyon sürekliliği sağlanmıştır. Denemelerde kullanılacak yaprakbiti başlangıç kültürü, Bitki Koruma Bölümü, Biyolojik Mücadele Araştırma ve Uygulama Merkezine (BMAUM) ait laboratuvarlarda bulunan iklim odalarında üretilen kültürden alınmıştır.

2.2.3. Doğal düşmanların üretimi

O. conglobata'nın üretimi $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ ve $\%65\pm 5$ orantılı nem ve 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık koşullarda ki iklim odalarında gerçekleştirilmiştir. Üzerinde farklı biyolojik dönemlerde *A. fabae* bulunan bitkiler iklim odasında bulunan kafeslere konulmuştur.

2.2.4. Denemelerin kurulması

Yapraklar üzerinde avcı böceğin yiyebileceğinden fazla olacak şekilde (100 adet) yaprak biti bulundurulmuş ve bu yapraklar altında nemlendirilmiş kurutma kağıdı bulunan 9 cm çapındaki petri kaplarına aktarılmıştır. Avcı böceğin I., II., III. ve IV. larva dönemlerinde bulunan bireyleri ile ergin bireyler 24 saat aç tutulduktan sonra ayrı ayrı ve birer adet olmak üzere tabanında kurutma kağıdı bulunan *A. fabae* bulaştırılmış bakla yaprağı ilave edilmiş petri kaplarına aktarılmıştır. Petri içerisi bakla yapraklarının canlılığını sürdürebilmesi için hafif nemlendirilmiştir. Her 24 saatte bir avcıların besinleri yenileriyle değiştirilmiştir. Gözlemler her bir biyolojik dönemin sonuna kadar sürdürülmüştür. Her gün yapılan gözlemlere avcı bireylerin canlı-ölü sayıları ile tükettikleri av sayıları kaydedilmiştir.

Tüm denemeler $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $\%65\pm 5$ orantılı nem ve 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık koşulların sağlandığı iklim odalarında, en az 20 tekrürlü olacak şekilde sürdürülmüştür.

Elde edilen verilerin ortalamaları excel programından yararlanılarak hesaplanmıştır. Yine grafiğin çiziminde excel kullanılmıştır (Ver.14).

3. Bulgular

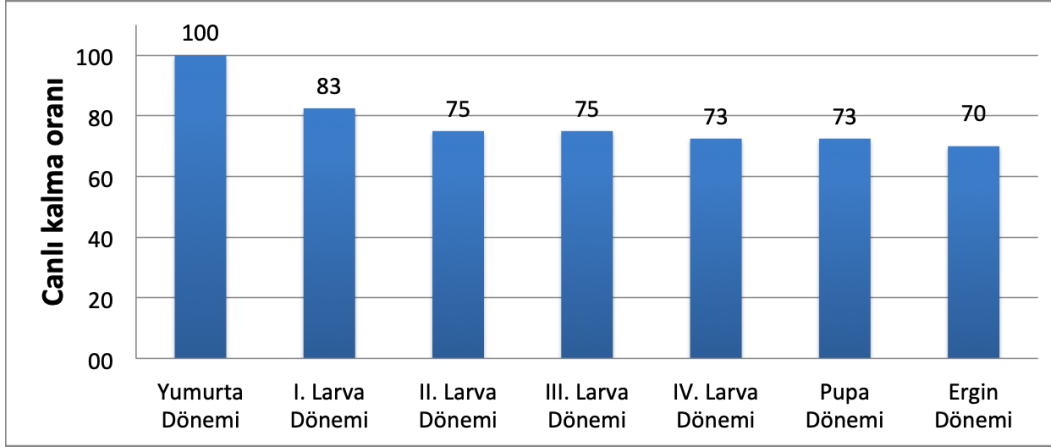
Oenopia conglobata'nın yumurta döneminde biyolojik dönem süresi yumurtadan çıkana kadar 5.00 gün, yumurtadan çıkıp I. larva dönemine kadar ki geçen süre 3.60 gün, II. larva döneminin biyolojik süresi 2.67 gün ve diğer larva dönemlerinin süreleri sırasıyla 2.83 gün, 2.93 gün, pupa dönemi 4.97 gün ve ergin döneminin süresi ise 11.75 gün olarak bulunmuştur. Tüm biyolojik dönem süreleri içinde en kısa süre 2.67 gün ile II. larva dönemi ve en uzun süre ise 11.75 gün ile de ergin döneminde görülmüştür (Tablo 1).

Tablo 1: *Oenopia conglobata*'nın farklı biyolojik dönemlerinin süreleri ve bu dönemlerde görülen ölüm oranları

Biyolojik Dönemler	Biyolojik Dönem Süreleri (Gün±SH)	Ölüm Oranları (%)
Yumurta Dönemi	5.00 ± 0.00	0.00
I. Larva Dönemi	3.60 ± 0.18	17.50
II. Larva Dönemi	2.67 ± 0.16	25.00
III. Larva Dönemi	2.83 ± 0.14	25.00
IV. Larva Dönemi	2.93 ± 0.11	27.50
Pupa Dönemi	4.97 ± 0.31	27.50
Toplam Ergin Öncesi Dönemler	22.00 ± 1.06	27.50
Ergin Dönemi	11.75 ± 5.70	30.00
Toplam	33.75 ± 1.50	

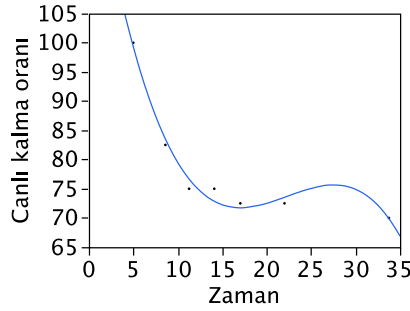
Tablo 1'de görüldüğü gibi en yüksek ölüm oranı %27.50 ile IV. larva ve pupa dönemlerinde görülürken, en düşük ölüm oranı ise %0.00 ile yumurta döneminde görülmüştür. I. larva döneminde ölüm oranı %17.50, II. larva döneminde %25.00 ve III. larva döneminde %25.00 olarak görülmüştür.

Çalışmadan elde edilen verilerden yararlanılarak hesaplanan canlı kalma oranları ise grafik olarak Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: *Oenopia conglobata*'nın farklı biyolojik dönemlerde görülen canlı kalma oranları

Şekil incelendiğinde en yüksek canlı kalma oranı yumurta döneminde bulunmuş olup, denemeye alınan bireylerin %70'inin ergin döneme ulaştığı görülmektedir. Canlı kalma oranlarının zamana bağlı olarak en uygun gelişme eğrisi, 3. dereceden doğrusal olmayan eğri ile elde edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: *Oenopia conglobata*'nın zamana bağlı canlı kalma oranları

Şekil 2'de de görüldüğü gibi biyolojik dönem başlangıcında yaşam oranı oldukça yüksek olan avcının zamana bağlı olarak bu oran azalmış larva dönemlerinde daha stabil bir durum göstermiştir. Zaman ile canlı kalma oranı arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur ($R^2 = 0.98$).

4. Tartışma ve Sonuç

Mojib-Hagghadam vd. (2009), aynı avcı böcek ile ilgili çalışmalar yürütmüşlerdir. Bu çalışmada av olarak diğer bir yaprak biti türü *Tinocallis saltans* (Nevsky) (Hemiptera: Aphididae)'ı kullanmışlardır. Bu av ile beslenen *O. conglobata*'nın 25°C sıcaklık ve %65±5 orantılı nemde biyolojik dönemlerini incelemişlerdir. Ergin öncesi dönemleri ve pupa dönem süreleri sırasıyla 2.4, 2.13, 2.13, 1.93, 4.33 ve 1 (Prepupa) + 4.33 gün, toplamda 18.25 gün olmuştur.

Mojib-Hagghadam vd. (2004), benzer bir çalışmayı farklı sıcaklıklarda yürütmüşlerdir. Bu çalışmada 15, 20, 25 ve 30°C sıcaklıklar kullanılmıştır. Sonuç olarak *O. conglobata*'nın ergin öncesi dönemleri ve pupa döneminin gelişme sürelerini sırasıyla 46.16, 26.46, 16.86 ve 13.78 gün olarak hesaplamışlardır.

Sadeghi vd. (2004) diğer bir yaprak biti türü olan *Chaitophorus leucomelas* (Koch) (Hemiptera: Aphididae)'ı av olarak kullanmışlardır. Bu çalışmada *O. conglobata*'nın 25°C sıcaklık ve %65±5 orantılı nem koşullarında ergin öncesi dönem sürelerini ve pupa dönem süresini sırasıyla 2.2, 2.4, 2.33, 2.13, 4.4, 1.6 ve 4.53 gün olarak bulmuşlardır. Tüm gelişme süresinin 19.59 gün olduğunu saptamışlardır.

Mehrnejad ve Jalali (2004) ise av olarak *Agonoscena pistaciae* (Burckhardt & Lauterer) (Hemiptera: Psylloidea) isimli psillidi kullanmışlardır. Bu çalışmada *O. conglobata*'nın ergin öncesi gelişme süresini 25°C'de sırasıyla 2.9, 8.3, 5.3 günde, toplamda ise 16.5 günde tamamladığını saptamışlardır. Bu çalışmada 30°C sıcaklıkta da deneme sürdürülmüş olup, süreler 2.5, 6.1 ve 4.5 gün ve

toplam 13.1 gün olarak kaydedilmiştir. Bu çalışma da ise *A. fabae* ile beslenen *O. conglobata*'nın $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%65\pm 5$ orantılı nemde yumurtadan ergine kadar geçen sürelerinin ve pupa döneminin sırasıyla 5.00, 3.60, 2.67, 2.83, 2.93, 4.97 ve 11.75 gün sürdüğü belirlenmiştir. Ergin öncesi dönemlerinin toplam süresi 22.00 gün olarak, toplam yaşam süresi ise 33.75 gün olarak hesaplanmıştır.

Daha önce yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar elde edilmekle birlikte bazı farklılıklar da görülmektedir. Bu farklılıkların çalışılan ortam koşullarının ve de çalışmalarda kullanılan avların farklılıklarından kaynaklanabilir.

Mehrnejad ve Jalali (2004), *O. conglobata*'nın bir psillid üzerindeki gelişimini izlemişlerdir. *A. pistaciae* ile beslenen avcının biyolojik dönemleri genel ölüm oranları 25, 30 ve 32.5°C 'lerde farklı bulunmuştur. Bu ölüm oranları sırasıyla $\%15.7$, 17.0 ve 48.8 bulunmuş ve 35°C 'de yumurtaların ve larvaların tümü ölmüştür.

Jalali vd. (2009), *Ephestia kuehniella* (Zaller) (Lepidoptera: Pyralidae) yumurtalarında 23 ve 27°C 'de yetiştirilen *Adalia bipunctata* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae)'nın yumurtalarında sırasıyla $\%36.29$ ve $\%63.06$ oranında, larva ve pupa gelişme döneminde ise yine sırasıyla $\%13.30$ ve $\%32.89$ oranında ölüm görüldüğünü belirtmektedirler. Bu çalışmada sıcaklık artışına bağlı olarak gelişme dönemlerinde özellikle yumurta döneminde ölüm oranında artış olduğu görülmüş ve diğer araştırmacılar (Mehrnejad ve Jalali, 2004; Jalali ve ark., 2009) da benzer sonuçlar bulmuşlardır. Bu çalışmada ise ergin öncesi dönemlerde toplam ölüm oranı $\%27.50$ olarak hesaplanmış olup, önceki çalışmalar ile benzerlikler ve farklılıklar göstermiştir. Yukarıda gelişme dönemleri ile ilgili konuda belirtilen yorum ölüm oranları için de söylenebilir.

Avcı böcek çalışmalarında, av olarak kullanılan *A. fabae* üzerinde beslenen *O. conglobata*'nın biyolojik dönemlerini başarı ile tamamladığı, gelişme süresinin literatürde belirtilen diğer avlar ile beslenen aynı avcı ile benzer olduğu ve ölüm oranlarının da düşük olduğu görülmüştür. Bu bulgular ışığında *A. fabae*'nin avcı böcek *O. conglobata*'nın kitle üretiminde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

5. Kaynaklar

Anonim (2011). Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.

Erez, M. (2003). *Zararlı Böceklerle Karşı Feromonlu Tuzak Yöntemleri*. Türkiye IV. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Antalya.

Jalali, M.A., Tirry, L. ve De Clercq, P. (2009). *Effects of food and temperature on development, fecundity and life-table parameters of Adalia bipunctata*. Journal of Applied Entomology, 133: 615–625

Mehrnejad, M.R. ve Jalali, M.A. (2004). *Life History Parameters of the Coccinellid Beetle, Oenopia conglobata contaminata, an Important Predator of the Common Pistachio Psylla, Agonoscena pistaciae (Hemiptera: Psylloidea)*. Biocontrol Science and Technology, 14 (7): 701-711.

Mojib-Haghadam, Z., Jalali Sendi, J., Sadeghi, S.E. ve Hajizadeh, J. (2004). *Effects of different temperatures on development of lady beetle, Oenopia conglobata L. (Col.: Coccinellidae) under laboratory conditions*. Agricultural Sciences, 1 (1):39-45.

Mojib-Haghadam, Z., Jalali Sendi, J., Sadeghi, S.E., Uosefpour, M. (2009). *Introduction of lady beetle Oenopia conglobata (L.) as predator of ulmus aphid Tinocallis saltans Nevsky in Guilan Province and biology of lady beetle in laboratory conditions*. Iranian Journal of Biology, 22(2): 363-370

Rosen, D. (1974). *Current Status Of Integrated Control of Citrus Pests In Israel*. Eppo Bulletin, 4 (3), 363-8.

Sadeghi, S.E., Mojib-Haghadam, Z., Jalali Sendi, J. ve Hajizadeh, J. (2004). *Investigation on the biology of lady beetle Oenopia conglobata (L.) on poplar aphid Chaitophorus leucomelas (Koch) in laboratory conditions*. Pajouhesh-va-Sazandegi in Natural Resources, 62:20-24.

Uygun, N. (1976). *Tarımsal Savaş İlaçlarının Olumsuz Etkileri. Tarım İlaçlarının Kullanımı Semineri*, 26–27 Kasım 1976, Gaziantep, 63–80.

OPTIMIZATION OF MANO-THERMO-SONICATION PROCESS FOR SOY PROTEIN FUNCTIONALITY USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

Gulcin Yildiz^{1*}, Hao Feng²

¹ Igdir University, Faculty of Tourism, Department of Gastronomy and Culinary Arts

gulcn86@gmail.com

² University of Illinois at Urbana-Champaign, Department of Food Science and Human Nutrition

haofeng@gmail.com

* Corresponding Author

Abstract

Soy protein is an ample byproduct of the soybean oil industry. Whole soybeans can be processed into a number of products such as roasted soy nuts, soy flours, soybean oil, defatted flakes, soy-protein concentrates, and soy-protein isolates. The main storage protein in soybean are globulins, which are mostly insoluble in water. Ultrasonication in combination with low hydrostatic pressure and low heat, a process termed mano-thermo-sonication (MTS), has been reported to enhance acoustic cavitation activity. This study was undertaken to utilize MTS to enhance the functional properties of soy-protein isolate. The SPI samples were treated by 13 combinations of temperature (40, 45, and 50 °C), sonication time (30, 45, and 60 s.) and pressure (100, 200, and 400 kPa) determined by the Response Surface Methodology. The optimal treatment condition (highest solubility and smallest particle size) was found to be sonication at 50 °C, 200 kPa, for 60 s.

Keywords: *Mano-thermo-sonication, soy protein isolate, solubility, particle size, response surface methodology.*

1. Introduction

Plant proteins are low cost, non-toxic, natural, biocompatible, and biodegradable polymers. In recent years, plant proteins have drawn increasing attention from the food and pharmaceutical industries as an alternative to animal proteins due to increased consumer concerns over the safety of animal-derived products (e.g., prion diseases) [1]. Among plant proteins, soybean proteins are the most used and researched pulse proteins on the market [2-5]. Nevertheless, compared to animal proteins, such as whey protein, plant proteins are normally less soluble and less effective as an emulsifier. This necessitates the need to modify functional properties of plant proteins.

A number of chemical and physical methods have been proposed to modify the native structures of plant proteins for improving their functional properties. New physical methods reported to improve plant protein properties include high-pressure and heat combined treatments [6,7], extreme pH treatment [8], high pressure processing (HHP) [9], pulsed electric field (PEF) [10], enzyme hydrolysis [11], subcritical water treatment [12], and ultrasonication [13]. High intensity ultrasound or power ultrasound refers to sonic waves that are at frequencies higher than sound audible to the human ear, with sound intensities in the range of 0.1-1 W/cm² [14]. The mode of action of ultrasound-induced protein structure modification is often attributed to acoustic cavitation. The physical forces produced by cavitation, such as shear forces produced by micro-streaming and normal impingement from the water jets at the solid-liquid interfaces, help to break down the protein particles or aggregates in dispersions [15]. Conventional ultrasonic modification of protein functionality is performed at relatively low cavitation intensities. Consequently, a relatively long treatment time, i.e. 15-30 min for soy proteins [13] is required to produce meaningful changes in protein structures. There is a need to reduce the treatment times of ultrasound processes, thereby increasing throughput, lowering costs, and making their applications practical. Ultrasonication in combination with low hydrostatic pressure and mild heat, a process termed mano-thermosonication (MTS), has been reported to enhance acoustic cavitation activity [16]. Significant process enhancement by MTS has been reported in microbial inactivation tests. For instance, it took 15.9 min to achieve a 5-log cycle (99.999%) reduction in the population of *E. coli* K12 in apple cider, a benchmark set by USFDA for microbial inactivation in juices, in an ultrasound-alone treatment [17]. The time was reduced to 1.4 min when an MTS treatment at 400 kPa and 59°C was applied to the juice to obtain the same 5-log reduction [18].

The overall objective of this study was to explore the use of MTS treatment and find out the best treatment condition determined by response surface methodology to modify the functional properties of soy proteins.

2. Materials and Methods

2.1. Soy protein isolate (SPI)

Soy protein isolate (SPI, Pro-Fam® 955, pH 5.0-5.5) was provided by Archer Daniels Midland Company (ADM, Decatur, IL, USA). The Pro-Fam® 955 contains 90% soy protein on dry basis and is a water washed intact protein (without hydrolysis with proteases).

2.2. Preparation of soy protein isolate (SPI) nano-aggregates treated with MTS

Three grams of SPI were dissolved in 100 mL deionized (DI) water and stirred at room temperature for 30 min to get the protein dispersions. The SPI dispersions were treated by 13 combinations of temperature (40, 45, and 50 °C), sonication time (30, 45, and 60 s.) and pressure (100, 200, and 400 kPa) determined by the Response Surface Methodology. Neutralized protein dispersions were centrifuged (1,200 g and 20 °C) for 15 min and the supernatants were collected as soluble soy proteins for further experiments.

2.3. Solubility

Soluble protein content was determined with a Bio-Rad Protein Assay based on the method described by Bradford (1976). Bovine serum albumin (BSA) (Bio-Rad 500- 0007) was used as the standard. Dye reagent was prepared by diluting 1 part of dye reagent concentrate (Bio-Rad 500-0006) into 4 parts of DI water, and filtered through Whatman #1 filter paper. Diluted dye reagent was added to soluble SPI. Protein concentration of soluble SPI was measured using a spectrophotometer (Lambda 1050 UV/VIS/NIR Spectrometer, PerkinElmer) under the wavelength of 595 nm [19].

2.4. Particle size

Volume-weighted mean diameters (D [4,3]) of the soluble protein were measured by dynamic light scattering (DLS) using a NICOMP 380 DLS instrument (Santa Barbara, CA, USA). Samples were diluted 500-fold with distilled water before DLS measurement. All measurements were performed at a fixed scattering angle of 90° with 658 nm wavelengths at 25 °C. The mean particle size was determined as the average of three runs in which each run was performed for 1 min.

2.5. Statistics

Three replications for each treatment were used for all measurements, unless otherwise stated. The results were analyzed by analysis of variance using the General Linear Models (PROC GLM) procedure in SAS (version 9.3, SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina, USA). Differences among the mean values were obtained by Fisher's least significant difference (LSD) test at alpha = 0.05.

3. Results and Discussion

Table 1 shows the protein solubility values and particle sizes obtained in the test, where the SPI samples were treated by 13 combinations of temperature (40, 45, and 50 °C), sonication time (30, 45, and 60 s.) and pressure (100, 200, and 400 kPa) determined by the Response Surface Methodology. The highest protein solubility was 82.5% from the MTS at 50 °C, 200 kPa, for 60 s, while the lowest protein solubility (9.1%) was observed in the Control (untreated SPI). All MTS conditions showed significantly higher solubility values compared to the Control. The increase in protein solubility an ultrasound treatment is often attributed to acoustic cavitation related activities. Acoustic cavitation produces physical forces such as hydrodynamic shear forces that may cause physical damage contributing to increasing protein solubility [20].

The sizes (D [4,3]) of the soluble SPI aggregates from the 13 treatments are shown in Table 1. All the treatments produced soluble SPI aggregates with sizes of <100 nm except the Control. The MTS treated samples at 50 °C, 200 kPa, for 60 s had smallest size (27.1 nm) of the soluble protein aggregates, while the D [4,3] for the Control was 192 nm. In overall, the optimal treatment condition (highest solubility and smallest particle size) was found to be sonication at 50 °C, 200 kPa, for 60 s (Table 1).

Table 1. Response Surface treatment conditions and test results

Treatment	Soluble Protein Recovery (%)	Particle size (nm)
Untreated SPI	9.08 ± 0.02 ^c	192.0 ± 3 ^a
40 ⁰ C		
30 s, 200 kPa	74.2 ± 0.14 ^{ab}	58.7 ± 3 ^c
45 s, 100 kPa	74.8 ± 0.03 ^{ab}	58.0 ± 2 ^c
45 s, 400 kPa	65.6 ± 0.22 ^b	73.0 ± 1 ^b
60 s, 200 kPa	68.1 ± 0.78 ^b	67.0 ± 2 ^b
45 ⁰ C		
30 s, 100 kPa	72.1 ± 0.20 ^{ab}	55.0 ± 3 ^c
30 s, 400 kPa	72.6 ± 0.18 ^{ab}	53.3 ± 2 ^c
45 s, 200 kPa	79.5 ± 0.62 ^a	39.2 ± 2 ^d
60 s, 100 kPa	76.7 ± 0.74 ^{ab}	42.4 ± 4 ^d
60 s, 400 kPa	77.4 ± 0.58 ^a	40.2 ± 1 ^d
50 ⁰ C		
30 s, 400 kPa	78.1 ± 0.02 ^a	35.7 ± 3 ^d
45 s, 100 kPa	78.8 ± 0.31 ^a	33.9 ± 2 ^{de}
45 s, 400 kPa	81.2 ± 0.44 ^a	32.5 ± 2 ^{de}
60 s, 200 kPa*	82.5 ± 0.42^a	27.1 ± 1^e

^{a-e} Means within temperature treatments with the same letter in each sample are not significantly different (p<0.05) (Three replications).

*MTS at 50°C, 200 kPa, and 60 s was determined as a best treatment conditions based on recovery and particle size.

4. Conclusion

SPI samples were treated by 13 combinations of temperature (40, 45, and 50 °C), sonication time (30, 45, and 60 s.) and pressure (100, 200, and 400 kPa) determined by the Response Surface Methodology. The optimal treatment condition (highest solubility and smallest particle size) was found to be sonication at 50 °C, 200 kPa, for 60 s.

5. References

- [1] Liu, S., Elmer, C., Low, N.H., Nickerson, M.T. (2010). Effect of pH on the functional behavior of pea protein isolate–gum Arabic complexes, *Food Res. Int.* 43: 489–495.
- [2] Nunes, M. C., Batista, P., Raymundo, A., Alves, M. M., & Sousa, I. (2003). Vegetable proteins and milk puddings, *Colloids and Surfaces*, 31, 21-29.
- [3] Hua, Y., Cui, S. W., Wang, Q., Mine, Y., & Poysa, V. (2005). Heat induced gelling properties of soy protein isolates prepared from different defatted soybean flours, *Food Research International*, 38, 377-385.
- [4] Caillard, R., Remondetto, G. E., & Subirade, M. (2009). Physicochemical properties and microstructure of soy protein hydrogels co-induced by Maillard type cross-linking and salts, *Food Research International*, 42, 98-106.
- [5] Gómez-Mascaraque, L.G., López-Rubio, A. (2016). Protein-based emulsion electrospayed micro- and submicroparticles for the encapsulation and stabilization of thermosensitive hydrophobic bioactives, *J. Colloid Interface Sci.* 465: 259-270.
- [6] Molina, E., Papadopoulou, A., Ledward, D. A. (2001). Emulsifying properties of high pressure treated soy protein isolate and 7S and 11S globulins, *Food Hydrocolloids*, 15, 263–269.
- [7] Puppo, M. C., Speroni, F., Chapleau, N., De Lamballerie-Anton, M., Anon, M. C., Anton, M. (2005). Effect of high-pressure treatment on emulsifying properties of soybean proteins, *Food Hydrocolloids*, 19: 289–296.
- [8] Elizondo, E., Sala, S., Imbuluzqueta, E., González, D., Blanco-Prieto, M. J., Gamazo, C., Ventosa, N., & Veciana, J. (2011). High loading of gentamicin in bioadhesive PVM/MA nanostructured microparticles using compressed carbon-dioxide, *Pharmaceutical Research*, 28: 309-321.
- [9] Manassero, C.A., Vaudagna, S.R., Añón, M.C., & Speroni, F. (2015). High hydrostatic pressure improves protein solubility and dispersion stability of mineral-added soybean protein isolate, *Food Hydrocolloids* 43: 629-635.
- [10] Li, Y., Chen, Z., & Mo, H. (2007). Effects of pulsed electric fields on physicochemical properties of soybean protein isolates, *LWT-Food Sci. Technol.* 40: 1167-1175.
- [11] Tsumura, K., Saito, T., Tsuge, K., Ashida, H., Kugimiya, W., & Inouye, K. (2005). Functional properties of soy protein hydrolysates obtained by selective proteolysis, *LWT-Food Sci. Technol.* 38: 255-261.
- [12] Zhang, Q., Tu, Z., Wang, H., Huang, X., Fan, Z.L., Bao, H., & Xiao, H. (2015). Functional properties and structure changes of soybean protein isolate after subcritical water treatment, *J. Food Sci. Tech.* 52: 3412-3421.
- [13] Hu, H., Wu, J., Li-Chan, E. C. Y., Zhu, L., Zhang, F., Xu, X., Fan, G., Wang, L., Huang, X., & Pan, S. (2013). Effects of ultrasound on structural and physical properties of soy protein isolate (SPI) dispersions, *Food Hydrocolloids*, 30 (2): 647-655.
- [14] Feng, H. & Yang, W. (2011). Ultrasonic Processing, In *Nonthermal Processing Technologies for Foods*, (eds.) In: H.Q Zhang, G.V Barbosa, V.M Balasubramaniam, C.P Dunne, D.F Farkas, J.T.C Yuan, editors, John Wiley & Sons, Ames, IA.
- [15] Lee, H., Yildiz, G., Dos Santos, L.C., Jiang, S., Andrade, J., Engeseth, N.C. (2016). Soy Protein Nano-Aggregates with Improved Functional Properties Prepared by Sequential pH Treatment and Ultrasonication, *Food Hydrocolloids*. 55: 200–209.
- [16] Kuldiloke, J. (2002). Effect of ultrasound, temperature and pressure treatments on enzyme activity and quality indicators of fruit and vegetable juices. PhD TU-Berlin.
- [17] Ugarte-Romero, E., Feng, H., Martin, S.E., Cadwallader, K.R., & Robinson, S.J (2006). Inactivation of *Escherichia coli* with power ultrasound in apple cider, *J. Food Sci.* 71: 102–108.
- [18] Lee, H., Kim, H., Cadwallader, K.R., Feng, H. and Martin, S.E. (2013). Sonication in combination with heat and low pressure as an alternative pasteurization treatment effect on *Escherichia coli* K12 inactivation and quality of apple cider, *Sonochem*.2013. 20:1131–38.
- [19] Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
- [20] Khanal, S.K., Grewell, D., Sung, S., Van Leeuwen, J. (2007). Ultrasound applications in wastewater sludge pretreatment: a review, *Crit Rev Environ Sci, Biotechnol.* 37: 277–313.

ADANA VE ANTALYA İLLERİ PORTAKAL BAHÇELERİNDE *PLANOCOCCUS CITRI* (RISSO)'NİN *ANAGYRUS PSEUDOCOCCI* (GIRAULT) TARAFINDAN PARAZİTLENME ORANLARI

Hasan Hüseyin Altıntaş^{1*}, İsmail Karaca¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

hasanhaltintas@gmail.com ,ismailkaraca@isparta.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Ülkemizde üretilen turunçgillerin yarıya yakını portakal, yaklaşık üçte birini limon, yaklaşık beşte birini mandalina, geri kalanını greyfurt ve diğer türler oluşturmaktadır. Turunçgil üretiminde birçok zararlı ile karşılaşmakta ve mücadele edilmektedir. Bu zararlılar içerisinde en önemlilerinden biri Turunçgil Unlu biti *Planococcus citri* Risso (Hemiptera: Pseudococcidae)'dir. Bu çalışmanın amacı Antalya ve Adana illerinde portakal bahçelerinde büyük ekonomik kayıplara neden olan zararlı unlu bitin bulaşma oranları, bu zararlının *Anagyrus pseudococci* Girault (Hymenoptera: Encyrtidae) tarafından parazitlenme oranları ile temiz meyve oranlarını belirlenmesi olmuştur. Bu amaçla Antalya ilinden 2 ve Adana ilinden 1 portakal bahçesi seçilmiştir ve 2015, 2016 yıllarında gözlemler yapılmıştır. Sonuç olarak bahçelerin bulaşıklık oranları ortalamaları 2015 ve 2016 yılı için sırasıyla Antalya ilindeki bahçelerde; %28.56, 16.25 ve %26.55, 18.47 ve Adana ilindeki bahçe için %11.57, 7.69 olmuştur. Parazitlenme oranları ortalamaları 2016 yılı bahçe sırasına göre %16.73, 11.03 ve 12.83 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Turunçgil, Biyolojik mücadele, Turunçgil unlu biti, Parazitoit*

1. Giriş

Turunçgiller; portakal, bergamot, turunç, mandalina, greyfurt ve limondan oluşan Citrus cinsi meyvelerini içeren bir familyadır. Turunçgillerin kökeni Güneydoğu Asya'dır ve yaklaşık olarak 20 milyon yıllık bir geçmişe sahip olduğu bilinir (Sancak ve Aygören, 2010). Turunçgiller üretimi modern anlamda 19. yüzyılda ABD'de başlamış olup hızlı bir şekilde dünyaya yayılmıştır. Yaklaşık 9 milyon hektar alanda 130 milyon ton üretimle tüm dünyada en çok üretilen ve tüketilen meyve grubu turunçgillerdir (Kafa ve Canhoş, 2010; Seçer, 2010; Kurt, 2016).

Turunçgiller, ülkemizde en fazla Akdeniz, Ege ve kısmen de Doğu Karadeniz bölgelerinde yetiştirilmektedir. Ülkemizde üretilen turunçgillerin yarıya yakını portakal, yaklaşık üçte birini limon, yaklaşık beşte birini mandalina, geri kalanını greyfurt ve diğer türler oluşturmaktadır (Pala, 2017).

Tüik verilerine göre 2017 yılı itibariyle Türkiye'de yaklaşık 4,8 milyon ton turunçgil üretiminin yaklaşık 1,95 milyon tonunu portakal, 1,55 milyon tonunu mandalina, 1 milyon tonunu limon, 260 bin tonunu greyfurt, 2 bin tonunu turunç oluşturmaktadır. Dünya üretiminde olduğu gibi Türkiye'de de en çok üretilen tür portakaldır (Tüik, 2019).

Tarımın ana hedefi, sadece birim alandan fazla ürün almak olmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir tarım tekniklerine uygun, çevreye, insan ve hayvan sağlığına duyarlı ürün yetiştirmektir. Bunu sağlayabilmek içinse, sağlıklı ve verimi yüksek tohum, fide ve fidan kullanmak, iyi bir toprak işleme, sulama, gübreleme, budama vb. birçok tarım tekniklerinin uygulanmasının yanında üründe kalite ve kantite yönünden önemli kayıplara neden olan hastalık, zararlı ve yabancı otlara karşı da bilinçli bir şekilde mücadele yapmakla mümkün olabilir (Satar vd., 1999).

Turunçgil üretiminde birçok zararlı ile karşılaşmakta ve mücadele edilmektedir. Bu zararlılardan başlıcaları; *Helix aspersa* (Gastropoda: Helicidae), *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae), *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), *Dialeurodes citri* (Hemiptera: Aleyrodidae), *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae), *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae), *Asymmetrasca decedens* (Hem.: Cicadellidae) ve *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae), *Phyllocoptruta oleivora* (Acarina: Eriophyidae) dir (Yücel, 2016).

Bu zararlılar içerisinde en önemlilerinden biri Turunçgil Unlu biti *Planococcus citri* Risso (Hemiptera: Pseudococcidae)'dir (Anonim, 2017).

Unlu bitler, bitkilerin gövde, dal, çiçek, yaprak, meyve ve kökleri de dahil olmak üzere neredeyse bütün aksamlarında bitki öz suyunu emerek beslenmektedir. Beslenmeleri sonucunda, bitkilerde yaprakların küçülmesine, gelişimin gerilemesine, ürün kalite ve kantitesinin düşmesine ve pazar değerinin azalmasına sebep olmaktadır (Koszarab ve Kozar 1988; Muştu, 2010). Bununla birlikte, salgıladıkları tatlı maddeler üzerinde saprofit fungusların gelişmesi ile fumajine neden olmaktadır. Bu oluşum tüm yaprak, meyve ve diğer aksamı kaplayarak bitkinin yeterince fotosentez kabiliyetini düşürmektedir (Muştu, 2010).

Turunçgil Unlu bitine karşı yapılan mücadele yöntemlerinden başlıcaları; Kültürel Mücadele, Kimyasal mücadele ve Biyolojik mücadeledir (Anonim, 2017). Kimyasal mücadelenin çevreye verdiği zararlar ve bu zararlılara karşı yeterince etkili olmaması nedeniyle biyolojik mücadele bu türe karşı uygulanacak en önemli mücadele yöntemi olarak görülmektedir (Berlinger, 1977). Zararlının ülkemizde görülen başlıca doğal düşmanları *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. (Col.: Coccinellidae), *Leptomastix*

dactylopii How (Hym.: Encyrtidae), *Exochomus quadripustulatus* L. (Col.: Coccinellidae), *Symphorobius fallax* Navas (Neur.: Hemerobiidae) ve *Anagyrus pseudococci* Gir. (Hym.: Encyrtidae) dir (Anonim, 2017). Bu önemli doğal düşmanlardan birisi olan *Anagyrus pseudococci* Girault (Hymenoptera: Encyrtidae), soliter, koinobiont ve endoparazitoit bir türdür ve *P. citri* nin en önemli parazitoitlerinden birisidir (Noyes ve Hayat, 1994).

Türkiye’de turuncgil unlu biti ile biyolojik mücadele, 1969 yılında ABD’den ithal edilen *Leptomastix dactylopii* How. (Hymenoptera: Encyrtidae) isimli parazitoit ve ithal bir avcı tür olan *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) ile başarıyla devam etmektedir (Yiğit vd. 1994; Çalışır vd., 2005). Fakat bu iki faydalı tür de tabiatta kışı geçiremediği için insektaryumlarda kitlesel olarak üretilerek salınması gerekmektedir (Uygun vd., 2001; Çalışır vd., 2005). *P. citri*’nin *Anagyrus pseudococci* (Girault) (Hymenoptera.: Encyrtidae) gibi yerli birçok doğal düşmanı mevcut olup, doğal dengenin bozulmadığı üretim alanlarında zararlıyı kontrol altına alabilmektedirler (Uygun vd. 2001; Çalışır vd., 2005). Polifag bir parazitoit olan *A. pseudococci*, *Planococcus ficus* (Signoret), *Pseudococcus comstocki* (Kuwana), *Phenacoccus herreni* Cox and Williams, *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) ve *Maconellicoccus hirsutus* Green gibi diğer bazı unlu bit türlerini de parazitlemektedir (Noyes ve Hayat 1994; Daane vd. 2004; Çalışır vd., 2005).

Bu çalışmanın amacı Antalya ve Adana illerinde portakal bahçelerinde büyük ekonomik kayıplara neden olan zararlı unlu bitin bulaşma oranları, bu zararlının *A. pseudococci* tarafından parazitlenme oranları ile temiz meyve oranlarını belirlenmesi olmuştur. Bu sebeple 2 farklı ildeki 3 portakal bahçesinde bu çalışma yürütülmüş olup değişen sıcaklık ve nem değerlerine göre unlu bit ve parazitoiti *A. pseudococci*’nin popülasyon takibi yapılmıştır. Kimyasal mücadele yerine doğaya ve çevreye zararı olmayan *A. pseudococci* parazitoitinin turuncgil unlu biti üzerinde ki parazitlenme oranlarının araştırılıp elde edilen sonuçların biyolojik mücadele ve entegre mücadeleye katkıda bulunacağı öngörülmüştür.

Bu sayede turuncgil unlu biti *P. citri* mücadelesinde kimyasal mücadele yerine etkinliği araştırılan biyolojik mücadele ajanı *A. pseudococci* kullanılarak çevreye verilen zarar ve kalıntı problemlerinin önemli derecede azaltacağı düşünülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırmanın ana materyalini portakal bahçeleri ile bunlar üzerinde zararlı *P. citri* Turuncgil unlu biti ve bu zararlının parazitoiti *Anagyrus pseudococci* oluşturmaktadır.

2.1.1. *Anagyrus pseudococci*

Çalışmada kullanılan parazitoit böcek, Koppert Biyolojik Mücadele ve Polinasyon Sistemleri San. Ve Tic. Ltd. Şti. (Organize Sanayi Bölgesi, 2. Kısım 24. Cadde, NO: 7, 07190 Antalya/Türkiye) tarafından ülkemizde 2015 yılında ruhsatlanmış olup Turuncgil unlu bitine karşı Citripar ticari ismiyle bağda ve Turuncgillerde resmi tavsiyesi bulunmaktadır. Citripar ticari isimli ürün 50 ml şişede talaş ile karıştırılmış ergin parazitoitlerin çıkış yapacağı 500 adet pupa içermektedir.

2.1.2. Deneme yerinin özellikleri

Turuncgil unlu biti ile bulaşık olduğu önceden bilinen bahçeler seçilmiştir. Deneme bahçelerinin toprak, çeşit, yaş, dikim aralığı v.b. özellikler yönünden homojen olmasına dikkat edilmiştir. Bahçelerin büyüklüğü 15 da. ve üzerinde seçilmiştir.

Çalışma Antalya’da iki Adana’da ise bir portakal bahçesinde yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan bahçelerin 10 da. alandan daha büyük olmasına özen gösterilmiş olup; sırasıyla Celal Bülbül (1 numaralı bahçe) 30, Mehmet Tutkaç (2 numaralı bahçe) 30 ve Ali Özalevli (3 numaralı bahçe) 20 da. bahçelerinde çalışma tamamlanmıştır.

1 numaralı portakal bahçesi Antalya ilinin Finike ilçesi sınırlarında yer almakta olup Sayın Celal Bülbül’e aittir. Söz konusu portakal bahçesi Washington navel çeşidinden oluşmakta ve 30 da. alan kaplamaktadır. Bahçe 30 yaşındadır. Bölgenin rakımı yaklaşık olarak 3 metredir.

2 numaralı portakal bahçesi Antalya ilinin Serik ilçesi sınırlarında yer almakta olup Sayın Mehmet Tutkaç’ a aittir. Söz konusu portakal bahçesi Washington navel çeşidinden oluşmakta ve 30 dekar alan kaplamaktadır. Bahçe 25 yaşındadır. Bölgenin rakımı yaklaşık olarak 26 metredir.

3 numaralı portakal bahçesi Adana ilinin Seyhan ilçesi sınırlarında yer almakta olup Sayın Ali Özalevli’ye aittir. Söz konusu portakal bahçesi Washington navel çeşidinden oluşmakta ve 20 dekar alan kaplamaktadır. Bahçe 25 yaşındadır. Bölgenin rakımı yaklaşık olarak 23 metredir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Parazitoit salımları

Turuncgil Entegre Mücadele Teknik Talimatında belirtildiği gibi; yapılan kontrollerde unlu bitin yumurta veya diğer dönemlerinden biri saptanınca o ağaç bulaşık sayılı ifadesine bağlı olarak bu çalışmada da unlu bitin herhangi bir dönemi görüldüğünde ağaç bulaşık kabul edilmiştir. Bu çerçevede parazitoit salımları organize edilmiştir. Parazitoit salımları, yumurta paketleri ve meyvedeki unlu bit bireylerinin popülasyon yoğunluğuna göre gözlemlenerek, zararlı popülasyonunun artış gösterme riskine göre ayarlanmıştır. Denemelerde kullanılan ticari preparatın etiketinde yer alan tavsiye tablosunda unlu bit mücadelesinde zararlı yoğunluğuna göre ağaç başına 10-20 adet *A. pseudococci* salınması önerilmektedir. Çalışmada da bu tavsiye çerçevesinde en az 20 parazitoit birey olacak şekilde salım yapılmıştır.

İlk bulaşmadan sonra ağaç ve meyve kontrolleri ile parazitoitin salınması sürdürülmüştür. Unlu bit çıkış dönemine göre salımlar mayıs ayında başlayıp popülasyon takibine bağlı olarak devam etmiştir. Ek olarak çalışmanın ikinci yılında parazitlenmiş unlu bit birey sayısı, parazitlenmemiş unlu bit birey sayısı ve toplam unlu bit birey sayısı ilave edilmiştir.

Deneme bahçelerinde yapılan gözlemler neticesinde 13 Mayıs 2016 tarihinde ilk unlu bit gözlenmiş olup salıma karar verilerek parazitoitler sipariş edilmiştir. Sipariş edilen parazitoitler 20 Mayıs 2015 tarihinde bahçeye salınmıştır. Bahçede yapılan gözlemler neticesinde salımlar kademeli olarak yapılmıştır.

Tablo 1: 2015 yılında bahçelerde yapılan parazitoit salım tarihleri ve dozları

	2015 Yılı Parazitoit Salım Haftaları					Toplam Salınan Parazitoit/D ekar	Toplam Salınan Parazitoit/Ağaç
	21	23	28	29	34		
Parazitoit Salım Miktarı (Bahçe 1)	1500	4000	6000	3000	2000	550	22
Parazitoit Salım Miktarı (Bahçe 2)	1500	4000	6000	3000	2000	550	22
Parazitoit Salım Miktarı (Bahçe 3)	2000	2000	12000	6000	4000	1300	52

Tablo 2: 2016 yılında bahçelerde yapılan parazitoit salım tarihleri ve dozları

	2016 Yılı Parazitoit Salım Haftaları (adet)					Salınan Parazitoit/D ekar	Salınan Parazitoit/Ağaç
	20	22	26	29	32		
Parazitoit Salım Miktarı (Bahçe 1)	2500	2000	6000	3000	2500	533.33	21.33
Parazitoit Salım Miktarı (Bahçe 2)	3500	3000	9000	4500	4000	800.00	32.00
Parazitoit Salım Miktarı (Bahçe 3)	2500	2000	6000	3000	2500	800.00	32.00

2.2.2. Sayımlar

Deneme bahçelerinde sayımlar, her bir ağaçtan yalnızca bir meyve alınarak sürdürülmüştür. Sayım tablosunda yer alacak bu ifadelerin açıklımları aşağıdaki gibidir.

Temiz meyve; Unlu bitin bulunmadığı meyve sayısını ifade eder.

Unlu bit ile bulaşık meyve; Üzerinde unlu bit tespit edilmiş meyve sayısını ifade eder.

Parazitlenmiş unlu bit görülen meyve sayısı; Parazitlenmenin olduğu meyve sayısını ifade eder.

Parazitlenmiş unlu bit birey sayısı; Meyve üzerinde parazitlenmiş unlu bitlerin sayısını ifade eder. Şekil 3.2’de parazitlenmiş bireyler verilmiştir. Parazitlenmemiş unlu bit birey sayısı; Meyve üzerinde parazitlenmemiş (canlı) unlu bitlerin sayısını ifade eder.

Toplam unlu bit birey sayısı; Parazitlenmiş ve parazitlenmemiş unlu bit bireylerinin toplam sayısını ifade eder.

Toplam sayılan meyve; Temiz ve unlu bit ile bulaşık meyvelerin toplam sayılarını ifade eder.

Bulaşma durumlarına bağlı olarak sayımlar sıcak dönemlerde haftalık ya da on beş günde bir, soğuk dönemlerde ayda bir olarak yapılmıştır.

2.2.3. Verilerin değerlendirilmesi

Unlu bit ile bulaşma oranları ve parazitlenme oranlarının hesaplanmasında aşağıda da formülü verilen Abbott (1925) yönteminden yararlanılmıştır. Bahçe kontrollerinde rastgele seçilen 100 ağaç bulaşıklık açısından değerlendirilerek bulaşma oranları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

Bulaşık ağaç oranı=(Toplam ağaç sayısı-Temiz Ağaç sayısı)/(Toplam ağaç sayısı) x100

Bulaşık meyve oranı=(Toplam meyve sayısı-Temiz meyve sayısı)/(Toplam meyve sayısı) x100

Parazitenme oranı=(Toplam birey sayısı-Parazitenmemiş birey sayısı)/(Toplam birey sayısı) x100

Bölgenin iklim verileri bölge Meteoroloji istasyonu müdürlüğünden temin edilmiştir.

3. Bulgular

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler yıllara ve bahçelere bağlı olarak; temiz meyve sayımları, unlu bit ile bulaşık meyve sayımları, parazitenmiş unlu bit görülen meyve sayımları ve toplam meyve sayımları şeklinde 1, 2 ve 3 nolu bahçelerin sayım sonuçları değerlendirilmiştir

Değerlendirmelerde Antalya iline bağlı Finike ve Serik ilçelerinde bulunan 1 ve 2 numaralı bahçelerin hasatları, bölge çiftçisi satış koşullarından dolayı hasatlarını takip eden yılın 12. haftasında yapmışlardır. Adana ilindeki 3 numaralı bahçede ise hasat yılın 43. haftası gerçekleştirmiştir. Buna bağlı olarak sayımlar da 3 bahçenin hasat tarihlerine kadar devam etmiştir. Her üç bahçede hasat tarihinde temiz meyve oranı birbirine yakın olarak bulunmuş ancak 1 ve 3 nolu bahçelerde 2 nolu bahçeye göre temiz meyve oranlarının daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Veriler maksimum bulaşıklık oranı açısından incelendiğinde 1 nolu bahçenin 2015 yılı sayımlarında, 32. haftada %58, 2016 yılı sayımlarında ise 40. haftada %35'lik bulaşık meyve oranı belirlenmiştir. 2 nolu bahçede ise 2015 yılında 26. haftada %61, 2016 yılında ise 28 ve 42. haftalarda %27'lik bulaşma saptanmıştır. Adana ilinde yer alan 3. bahçede ise yıllara bağlı olarak sırasıyla bu oran 30. haftada %19, 38. haftada ise %15 olmuştur.

Ayrıca bahçeler tüm sezon göz önüne bulundurularak bulaşık meyve ortalaması alındığında bahçe ve yıl sırasıyla incelendiğinde aşağıdaki bulgular ortaya çıkmıştır;

Bahçe 1 (2015); %28.56

Bahçe 1 (2016); %16.25

Bahçe 2 (2015); %26.55

Bahçe 2 (2016); %18.47

Bahçe 3 (2015); %11.57

Bahçe 3 (2016); %7.69

Genel olarak bahçeler yıllara göre değerlendirildiğinde, bulaşık meyve oranları 2016 yılında 2015 yılına göre daha düşük oranda belirlenmiştir. Bu düşüşün nedeni parazitoitin yerleşmiş olabileceği kanısını uyandırmış olup kışı atlatarak bahçelerdeki varlığını sürdürmesi neden olmuş olabilir.

En yüksek parazitenme oranı açısından değerlendirildiğinde, 1. Bahçede parazitenme oranı %47, 2. Bahçede %26 ve 3. Bahçede %23 olarak kaydedilmiştir.

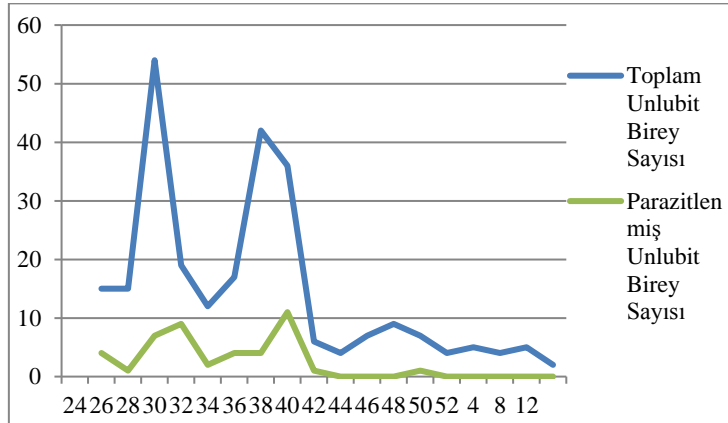
2016 yılı verilerinden elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak tüm sayım sezonu boyunca hesaplanan toplam unlu bit birey sayısı, parazitli unlu bit sayısı ve buna bağlı olarak parazitenme oranları (%) sırasıyla aşağıdaki gibidir;

Bahçe 1; 263, 44, %16.73

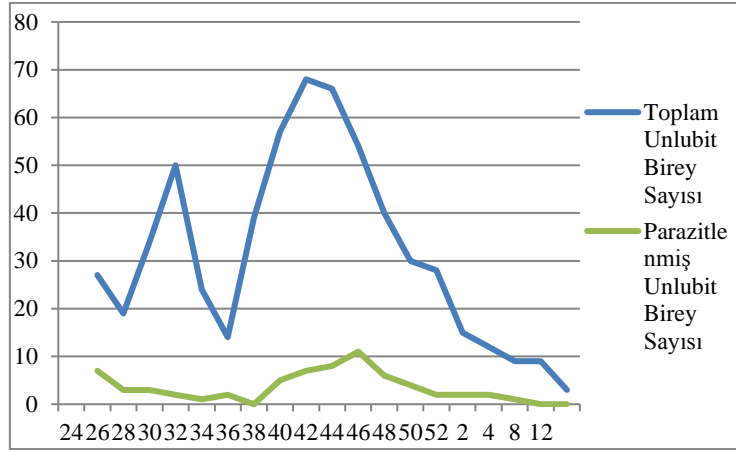
Bahçe 2; 598, 66, %11.03

Bahçe 3; 1146, 147, %12,83

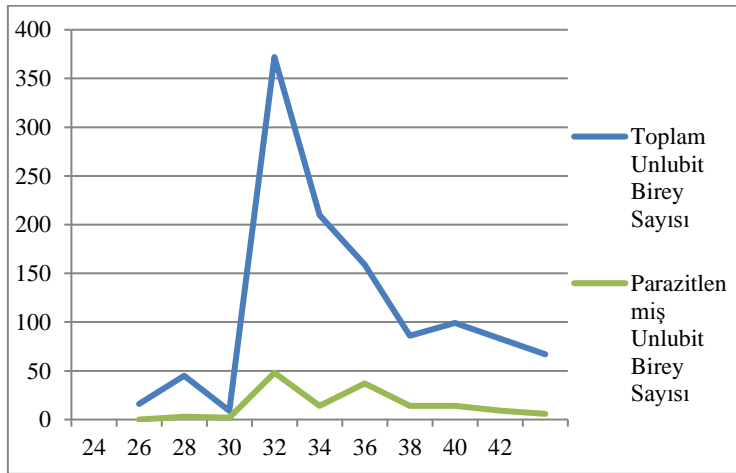
Ayrıca 3 bahçedeki unlu bit ve parazitoit popülasyon değişim grafikleri haftalara göre aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Şekil 1: 1 nolu bahçenin unlu bit parazitoit değişim grafiği



Şekil 2: 2 nolu bahçenin unlu bit parazitoit değişim grafiği



Şekil 3: 3 nolu bahçenin unlu bit parazitoit değişim grafiği

Bu verilere dayanarak, parazitlenme oranının sadece unlu bit popülasyonuna bağlı olmadığı anlaşılmıştır.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde bulaşık meyve oranları her üç bahçede de 2016 yılındaki bulaşık meyve oranları 2015 yılındaki bulaşık meyve oranlarından daha düşük olarak belirlenmiştir. Bu oranlar %7.69 ile %28.56 arasında olmuştur. Karacaoğlu (2016) Adana ve Antalya illerinde turuncgil bahçelerinde yaptığı çalışmalarda bulaşık meyve oranlarını %1-60 arasında bulmuştur. Aynı çalışmada ek olarak Hatay, Mersin, Osmaniye, İzmir, Aydın ve Muğla illerindeki turuncgil bahçelerindeki bulaşık meyve oranlarını %1-100 arasında bulmuştur. Bu çalışmada Adana iline bağlı 4 ilçede ortalama meyve bulaşıklılık oranı %1-15 arasında bulunmuştur. Bu oran Antalya ilinde 6 ilçede %4.3-33.3 olarak bildirilmiştir. Her iki çalışma sonuçları birbirine benzerlik göstermektedir.

Silva ve Mexia, (1999), yaptıkları çalışmada turuncgil meyvelerinin %25-50'sinin turuncgil unlu biti ile bulaşık olması halinde meydana getirdiği ürün kayıplarının önemli olduğunu, meyvenin %1-15'inin unlu bit ile bulaşık olması durumunda ise yalnızca meyvenin dış görüntüsünü etkilediğini bildirmişlerdir. Bununla beraber, hasat dönemindeki meyve bulaşıklılık oranları bahçelerin tüm sezon ortalama meyve bulaşıklık oranlarından daha önemli olmasından dolayı hasat dönemi değerlendirmeleri daha çok önemi çıkmaktadır. Bu çerçevede çizelgeler incelendiğinde yıllara göre bahçelerdeki hasat dönemi meyve bulaşıklık oranları aşağıdaki gibidir;

Bahçe 1 (2015); %9

Bahçe 1 (2016); %7

Bahçe 2 (2015); %20

Bahçe 2 (2016); %13

Bahçe 3 (2015); %7

Bahçe 3 (2016); %8

Çıkan sonuçlar incelendiğinde 2 numaralı bahçenin 2015 yılı bulaşıklık oranı hariç diğer bulaşıklık oranlarının %15' i geçmediği dolayısıyla turuncgil unlu bitinin yalnızca meyvenin dış görüntüsünü etkilediğini bunun yanında 2 numaralı bahçenin 2015 yılı bulaşıklık oranında %25 in altında kalmasıyla ürün kayıplarının önemli derecede olmadığı tespit edilmiştir.

Parazitlenme ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, parazitlenme oranlarının tüm bahçelerde tüm sezon ortalaması %11.03 ile %16.73 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çizelgeler incelendiğinde tüm sezon içinde en düşük parazitlenme oranı %0 en yüksek parazitlenme oranı olarak da %47 oranı tespit edilmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda Karacaoğlu (2016), Adana ili turuncgil bahçelerinde doğal parazitlenme oranının en yüksek olduğu dönemlerde bile parazitlenmenin %3'ü geçmediğini bildirmektedir. Yine bu çalışmada bazı bahçelerde unlu bit bulaşıklığı olmasına rağmen parazitlenmenin olmadığı vurgulanmaktadır. Salımların gözlemlere bağlı kademeli olarak yapılan bu deneme bahçelerinde, salım yapılmadan doğal parazitlenmenin takip edildiği bahçelere göre parazitlenmenin daha hızlı olduğu anlaşılmıştır.

Sonuç olarak *A. pseudococci* parazitoit türü kullanılarak, zararlı *P. citri* türüne karşı mücadelenin mümkün olduğu tespit edilmiştir. Parazitoit salım tablolarında görüldüğü üzere salım dönemleri ve doz, bölgenin içinde bulunduğu yılın iklim şartlarına ve zararlı baskısına göre değişiklik göstermektedir. Bu parazitoitin salım sıklığının ve uygulanan toplam dozun değiştirilerek denemelere devam edilmesinde en uygun doz ve dönemin tespiti açısından yarar vardır.

5. Kaynakça

- Anonim (2017). T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı Turuncgil Entegre Mücadele Talimatı, 15-16.
- Berlinger, M. J. (1977). The Mediterranean vine mealybug and its natural enemies in southern Israel. *Phytoparasitica*, 5: 3-14.
- Çalışır, S., Kılınçer, A. N., Kaydan, M. B. & Ülgentürk, S. (2005). *Anagyrus pseudococci* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae)'nin Farklı Yaştaki *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae) Üzerindeki Bazı Biyolojik Özellikleri, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11, 4, 434-441
- Daane, K. M., Malakar-Kuenen, R. D. & Walton, V.M. (2004). Temperature-Dependent Development of *Anagyrus pseudococci* (Hymenoptera: Encyrtidae) Parazitid of The Vine Mealybug *Planococcus ficus* (Homoptera: Pseudococcidae). *Biological Control* 31: 123-132.
- Kafa, G. & Camhoş, E. (2010). *Turuncgil Yetiştiriciliği*. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü Televizyon Yoluyla Yaygın Çiftçi Eğitim Projesi (YAYÇEP), Yayın No: 54, 1s.
- Karacaoğlu, M. (2016). Akdeniz ve Ege Bölgesi turuncgil bahçelerinde unlu bit türlerinin belirlenmesi ile turuncgil unlu biti [*Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae)]'nin bazı biyo-ekolojik özellikleri üzerine araştırmalar. (Doktora Tezi, T.C. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı).
- Kosztarab, M. & Kozár, F. (1988). *Scale Insects of Central Europe*. Akad. Kiado, Budapest. 456.
- Kurt, M. (2016). *Planococcus citri* Risso (Hemiptera: Pseudococcidae)'nin parazitoiti *Coccidoxenoides perminutus* Girault (Hymenoptera: Encyrtidae)'un Yaşam Çizelgesi. (Yüksek Lisans Tezi, T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı).
- Muştu, M. (2010). *Planococcus ficus* (Signoret)'un PARAZİTÖLER *Anagyrus pseudococci* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae) ve *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae) İle Avcısı *Nephus kreissli* Fürsch & Uygun (Coleoptera: Coccinellidae) Arasındaki Birlik İçerikli Avcılık. (Doktora Tezi, T.C. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Bitki Koruma Ana Bilim Dalı).
- Noyes, J. S. & Hayat, M. (1994). *Oriental Mealybug Parasitoids of the Anagyrini* (Hymenoptera: Encyrtidae). CAB International—Natural History Museum, London University Press, Cambridge. 184–190.
- Pala, H. (2017). *Turuncgil Unlu biti [Planococcus citri Risso (Hemiptera: Pseudococcidae)]'nin Farklı Konukçularda Ve Farklı Sıcaklıklardaki Bazı Biyolojik Özelliklerinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, T.C. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı).
- Sancak, A. Z. & Aygören, E. (2010). *Turuncgiller durum ve tahmin: 2010/2011*. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 183, 79s, Ankara.
- Satar S., Uygun, N. & Ulusoy, M. R. (1999). Nar beyazsineği, *Siphoninus phillyreae* (Haliday) (Homoptera: Aleyrodidae) üzerinde araştırmalar. *Ç.Ü.Z.F. Dergisi*, 14(1), 15-18.
- Seçer, A. (2012). *Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı Doğrudan Faaliyet Destek Programı Narenciye Sektör Raporu* Projesi No: TR63-11-DFD-127, 53s, Hatay.
- Silva, E. B. & Mexia, A. (1999) The Pest Complex *Cryptoblabes gnidiella* (Mill.) and *Planococcus citri* (Risso) On Sweet Orange Groves (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) in Portugal. *Boletim de Sanidad Vegetal, Plagas*, 25,1, 89-98.
- TÜİK (2019). Türkiye İstatistik Kurumu Web Sitesi. <http://www.tuik.gov.tr/> (Son erişim tarihi: 25.05.2019)

Uygun, N., Karaca, İ., Ulusoy, R., Şenal, D., Elekçioğlu, H., Gözel, U., Erkiş, A., Özgönen, H., Baloğlu, S., Uygur, N., Uygur, S. & Kolören, O. (2001). *Türkiye Turunçgil Bahçelerinde Entegre Mücadele*. TUBİTAK, Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları, Ankara, 157 s.

Yiğit, A. & Canhilal, R. (1998). *Turunçgil Unlu biti [Planococcus citri (Risso) (Hom.:Pseudococcidae)] Predatörü, Cryptolaemus montrouzieri Muls. (Col.:Coccinellidae)'nin Soğuğa Dayanıklı Irkının Temini, Bazı Biyolojik Özellikleri Ve Doğu Akdeniz Bölgesine Uyum Durumu Üzerinde Araştırmalar*. Bitki Koruma Bülteni, 38, 1 -2, 23-41.

Yücel, S. (2016). Aydın İli Turunçgil Fidanlıklarındaki Ve Yeni Kurulmuş Turunçgil Bahçelerindeki Zararlılar Ve Önemlilerinin Bulaşıklık Oranlarının Saptanması. (Yüksek Lisans Tezi, T.C. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bitki Koruma Ana Bilim Dalı).

MERSİN BALIKLARININ YEMLERİNDE ALTERNATİF YEM KAYNAKLARI KULLANIMI VE SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Huriye Arıman Karabulut¹ *, Özay Köse¹, İlker Zeki Kurtoğlu¹, Birsen Kırım²

¹Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Recep Tayyip Erdogan University, Rize, 53100, Turkey.

huriye.ariman@erdogan.edu.tr

² Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Fisheries Engineering, Aydın/Türkiye

* Corresponding Author

Özet

2018 yılı istatistiki verilerine göre, Türkiye’de yetiştiricilik yoluyla elde edilen su ürünleri üretim miktarı 314.537 ton/yıl olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de yaygın olarak yetiştirilen türler; tatlı sularda alabalık ve deniz suyunda levrek ve çipura balıklarıdır. Bu balıkların yem ihtiyaçlarının karşılanması için yem üretim sektörü oldukça gelişmiştir. Mersin balıkları ekonomik değeri yüksek türler arasında yer almaktadır. Bu yüzden, Türkiye akuakültürüne kazandırılması yönündeki çalışmalar önem kazanmıştır. Ancak; yerleşik bir mersin balığı yetiştiricilik sektörü gelişmediği için, Ar-Ge çalışmalarında mersin balığı beslemede hala alabalık yemi kullanılmaktadır. Beslenme özellikleri farklı olan mersin balıkları için yerel yem hammaddeleriyle rasyon hazırlama çalışmaları devam etmektedir. Ekonomiklik ve süreklilik, sürdürülebilir mersin balığı yetiştiriciliği için oldukça önemli parametrelerdir.

Mersin balıklarının yemlerindeki protein ihtiyaçları % 37-42 civarındadır. Balık ununun mevcut yemlerdeki fazlalığı yem maliyetini artırmaktadır. Bu yüzden, balık yetiştiriciliğinde üretim giderlerinin %50-75’ ini yem maliyeti oluşturmaktadır. Genellikle omnivor beslenme özelliği gösteren mersin balıkları yeminde balık unu yerine kullanılacak daha ucuz ve temin edilmesi daha kolay alternatif yem kaynaklarının araştırılması önem taşımaktadır. Bu nedenle tarımsal sanayi yan ürünleri bugün akuakültür yem endüstrisine girmeye başlamıştır. Bunlardan bazıları proteince zengin olan soya küspesi, mısır gluteni, ayçiçeği küspesi ve fındık küspesi gibi bitkisel yem kaynaklarıdır.

Nesli tehlikede olan mersin balıklarının doğadan avlanmaları ekonomik ve sürdürülebilir değildir. Ekonomik değeri oldukça yüksek olan mersin balığı eti ve havyarı için tam kontrollü yetiştiricilik uygulamaları kaçınılmazdır. Bu nedenle yetiştirilecek türler için kültür şartlarında en uygun yem hazırlama programların planlanmasında doğal beslenme davranışları ve besin tercihi dikkatlice değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada, mersin balığı yemi üretiminde kullanılan balık ununa alternatif olabilecek bitkisel ve hayvansal protein kaynaklarının kullanımına ilişkin yapılan bazı çalışmalar incelenmiştir. İncelenen çalışmalar sonucunda elde edilen veriler ışığında sürdürülebilir gelişim için bazı çözüm önerileri ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Mersin balıkları, Yem hazırlama, Bitkisel yem kaynakları, Hayvansal yem kaynakları, Su ürünleri yetiştiriciliği.

1. Giriş

Türkiye akuakültürünün ana türleri alabalık, deniz levreği ve çipura balıklarıdır. Balık yetiştiriciliği kapasitesi 2018 yılı itibarıyla 314.537 ton/yıl değerini aşmıştır (TUİK, 2018). Ancak bu üretim artışının sürdürülebilirliğinin önünde en önemli darboğaz olarak sınırlı tür gösterilmektedir. Eti ve havyarı bakımından yüksek ekonomik değere sahip mersin balıklarının yetiştirilmesi ve bu konuda Ar-Ge çalışmaları hız kazanmıştır. Araştırma enstitüleri ve üniversitelerin ilgili birimlerinde çok sayıda mersin balığı yetiştiriciliği ile ilgili çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır. Ancak, mersin balıklarına özel olarak üretilmiş yem yaygın değildir. Sindirim metabolizması bakımından farklılıklar göstermesine rağmen, bu balıklara yem olarak, Ar-Ge çalışmalarında alabalık rasyonlarıyla besleme yapılmaktadır. Alabalık rasyonların birim maliyetlerinin yüksek oluşu, yetiştiricilik maliyetlerinin düşürülmesi ve sindirilemeyip atılan besin maddelerinin çevresel etkileşimde bulunması kuvvetle muhtemeldir. Yerel ve dünya pazarında ekonomik mersin balığı yetiştirebilmek için kaliteli ve gelişim performansını olumlu etkileyecek rasyona ihtiyaç vardır. Rasyon dizayn edilirken türlerin doğal yaşam ortamlarındaki beslenme döngülerine odaklanmak başarı olasılığını artıracaktır. Alabalık yemlerinde yoğun olarak pelajik balıklar ağırlıklı balık unu kullanılmaktadır. Ancak, mersin balıkları doğal ortamda demersal beslenmektedir.

1.1. Dünya’da Mersin Balığı Üretimi

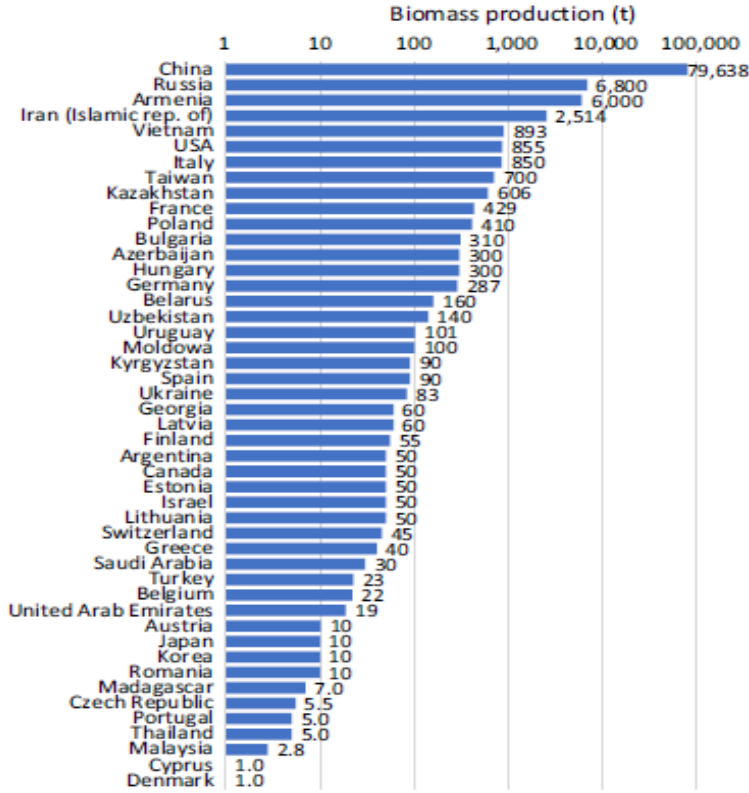
1940’lı yıllardan beri dünyadaki mersin balığı stoklarının aşırı avcılık sebebiyle azalmaya başladığının farkına varılmış ve mevcut stokları korumak, arttırmak ve bu balıktan ekonomik olarak faydalanmak amacıyla yetiştiriciliği konusunda çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Steffens, 1994). Rusya ve İran, mersin balığı eti, havyarı ve yan ürünlerinin pazarlanmasında dünya ülkeleri arasında başı çekmektedirler. Mersin balıklarının yetiştiriciliğine olan ilginin artmasıyla önce Bulgaristan, Macaristan ve Almanya’da başlatılan kültür çalışmaları, daha sonra ise Japonya, ABD, İtalya, Fransa, Polonya, Belçika, Danimarka, Avusturya, İspanya, Çin, Norveç, İsrail ve diğer bazı ülkelere yayılarak halen devam etmektedir. Halen dünya genelinde 53 ülke mersin balığı yetiştiriciliğiyle ilgilenmektedir. FAO raporlarına göre dünya mersin balığı 2000 yılı toplam üretimi 3.000 ton/yıl iken 2009 yılında bu değer 32.576 ton/yıl olarak belirtilmiştir (Bronzi ve Rosenthal, 2014). 2017 yılı FAO verilerine göre; başta Çin, Rusya, Ermenistan ve İran, mersin balığı eti, havyarı ve yan ürünlerinin pazarlanmasında dünya ülkeleri arasında yer almıştır (Tablo 1). Halen dünya genelinde 56 dan

fazla ülke mersin balığı yetiştiriciliğiyle ilgilenmektedir (Şekil 1). FAO raporlarına göre dünya mersin balığı üretimi; 2015 yılı toplam üretim 129.608 ton/yıl la zirve yaparken, 2016 yılında bu değer 119.979 ton/yıl, 2017 yılında ise bu değer 102.327 ton/yıl la gerilemiştir (Bronzi ve diğ.,2019). Mersin balığı doğal stoklarındaki azalma sonucu, 164 ülkenin imzaladığı CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora- Nesli Tehlikede Olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretine İlişkin Sözleşme) kapsamında, 1 Nisan 1998 tarihinden itibaren bütün mersin balığı türleri koruma altına alınmıştır. Böylece mersin balıklarından elde edilen havyar, et ve yan ürünlerin ticareti belirli bir kotaya bağlanmıştır (CITES, 2011).

Mersin balığı avcılığı yıldan yıla birçok etkiye bağlı olarak düşüş gösterirken, akuakültür üretiminde ve dünya havyar ticaretindeki artış oldukça barizdir.

Tablo 1. Toplam Mersin Balığı Yetiştiriciliği (Ton/Yıl) (FAO, 2017).

Ülke	Üretim Miktarı (Ton/Yıl)
Çin	79638
Rusya	6800
Ermenistan	6000
İran	2514
Diğer 52 Ülke	1000



Şekil 1. Ülke başına düşen mersin balığı üretimi (Ton/Yıl) (FAO, 2017).

1.2. Türkiye’de Mersin Balığı Üretimi

1970’li yıllardan önce Sakarya, Kızılırmak, Yeşilirmak havzalarında bol miktarda avlanan mersin balıkları 1990’lı yıllarda “Denizlerde ve İç Sularda Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen Sirküler” ile yıl boyunca tamamen yasaklansa da doğal stokların iyileştirilmesi gerçekleştirilememiştir. Özellikle Rusya’da benimsenen ve tüm dünyada uygulanmaya başlanan eğer mersin balığı eti ve havyarı endüstriyel olarak kullanılacaksa yetiştiricilik yoluyla sağlanmalıdır anlayışı Türkiye’de de kabul görmüştür.

Ülkemizde mersin balığı yetiştiricilik çalışmaları 1989 yılında Tarım bakanlığı desteğiyle bir kaç üniversite ve enstitü tarafından başlatılmıştır. İlk denemeler 1990’lı yıllarda Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarafında Eskişehir Çifteler biriminde Fransadan getirilen araştırma materyali ile başlatılmıştır. Yetiştirilen Sibirya mersin balığı (*Acipenser baerii*) bireyleriyle birçok yetiştiricilik denemeleri gerçekleştirilmiştir. 2001 yılında İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinin Rusyadan getirdiği 5 kg döllenmiş karaca mersin balığı (*Acipenser gueldenstaedtii*) yumurtalarından Sapanca Su Ürünleri Üretim Yetiştirme biriminde elde

edilen yavruların bir kısmı doğaya salı verilmiş, bir kısmıyla Ar-Ge çalışmaları yürütülmüş ve bir kısmı da Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü ve Karadeniz Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Fakültesi Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümüyle paylaşmıştır. Bu kurumlarda da araştırma denemeleri yürütülmüştür. Aynı zamanda Sinop Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü tarafından doğadan yakalanan balıkların adaptasyonu çalışmaları 2000'li yılların ilk yarısında başlatılmıştır. 2009 yılında FAO Türkiye Ofisi koordinasyonunda, zamanın Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretimi Geliştirme Genel Müdürlüğü, Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ortaklığı ile DSİ Amasya Yedi Kırlar Sazan Üretim Çiftliğine getirilen döllenen karaca mersin (*A. gueldenstaedtii*) ve uzun burun mersin (*A. stellatus*) yumurtaları FAO uzmanları eşliğinde başarıyla açılmışlar ve yavru gelişimi sağlanmıştır. Yetiştirilen yavrulardan önemli bir kısmı markalanarak Karadeniz havzasında akarsu ve denize salıverilmiştir. Geri yakalanan bireylerle göç, beslenme, gelişim ve yaşama oranlarına ilişkin veriler toplanmıştır. Üretilen yavrulardan bir bölümü de farkındalık oluşturmak, balıkların bölge çevresel şartlarına adaptasyonlarının izlenmesi ve sektörün tutumunun analiz edilmesi amacıyla özel sektörle paylaşmıştır. Bu kapsamda Sakarya, Samsun, Trabzon, Rize ve Kahramanmaraş illerinde bulunan alabalık işletmelerine yavru balık dağıtımı gerçekleştirilmiştir. Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü'nde 2001 yılında temin edilen yetiştiricilik kökenlikaraca mersin (*A. gueldenstaedtii*), doğadan temin edilen mersin morinası (*Huso huso*) ve Sibiryalı mersin balıklarından gamet alımı başarılı, karaca mersin balıklarından ilk yavrular üretilmiştir.

2000'li yılların ilk yarısında Adana ilinde bir işletme kurulmuştur. İşletme kurucuları daha önce Almanya'da gerçekleştirdikleri benzer teknolojiyi burada uygulamayı amaçlamışlardır. İşletme balık büyütmeyi yeraltı suyunda gerçekleştirmiş ve havyar üretimini başarmıştır. Antalya ilinde bir başka yatırımcı da Rusya'dan getirdiği danışmanlık hizmetiyle ve üretim materyaliyle mersin balığı yetiştiricilik işletmeciliğine başlamışsa da daha ilk yılında yetiştirdiği balıkları Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü'ne devrederek sektörden ayrılmayı tercih etmiştir. Antalya ilinde mersin balığı yetiştiriciliği amacıyla bir başka yatırımcı 2010'lu yılların ikinci yarısında projesini onaylatmış olmasına karşın henüz balık yetiştiriciliği faaliyetlerine başlayamamıştır.

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su ürünleri Yetiştiriciliği Biriminde yürütülen bir Ar-Ge projesi kapsamında 2015 yılında Almanya'dan döllenen karaca mersin (*A. gueldenstaedtii*) ve Sibiryalı mersini (*A. baerii*) yumurtaları ithal edilmiştir. Kuluçkalama, yavru ön besleme, fotoperiyot, mevsimlik büyüme ve beslenme farklılıkları, yaşa oranları denemeleri yürütülmüştür. Birimde 8 yaşını bulan damızlık adayı balıkların bakım ve beslemelerine devam edilmektedir (Kurtoğlu ve diğ., 2017). Artvin ili Arhavi ilçesinde bir işletme 2014 yılında Almanya'dan döllenen Sibiryalı mersin balığı yumurtası ithal etmiş olmasına karşın daha sonraları balıkları naklettiği Kemalpaşa ilçesindeki işletmesinde yaşanan heyelan sonucunda damızlık adayı balıklarının tamamını kaybetmiştir.

2. Mersin Balıkları İçin Yem Hazırlama Çalışmaları

Akuakültür işletmeciliğinde toplam işletme giderlerinin %50-75'ini yem maliyeti oluşturmaktadır. Yem yapımında yüksek protein içeren ham maddeler kullanılmakta ve balık unu tercih edilmektedir. Son yıllarda balık unu fiyatının artışı yem maliyetini artırmıştır. Yem maliyetinin düşürülmesine çare olarak bitkisel kaynaklı yem hammaddeleri ön plana çıkmıştır (Akiyama ve diğ., 1995). Yetiştiricilik sektöründe maliyetlerin düşürülmesi ve devamlılığının sağlanması için en büyük yatırım; kültüre alınan türlerin düşük maliyetlerle yetiştirilmesi ve türe özgü yemlerin hazırlanması ile verimliliğinin artırılmasıdır. Türkiye'de mersin balıkları yetiştiriciliği yaygınlaşmadığı için hali hazırda ticari yem üretimi yapılmamaktadır. Bu balıkların yemlerindeki protein ihtiyaçları %37-42, yağ içeriğinin %15 civarında olması istenirken, deneme çalışmalarında mersin balıkları daha pahalı olan %45-50 protein, %20-23 yağ içeren alabalık yemleriyle beslenmektedirler (Hasan, 2010; Akbulut ve diğ., 2011). Ticari alabalık yemlerinin içeriğinde %55-70'lere varan balık unu kullanılmaktadır. Balık ununun yemlerdeki fazlalığı yem maliyetini artırmaktadır (De Silva ve Anderson, 1995). Mersin balıklarına yem hazırlamada, balık ununa alternatif olacak bitkisel yem hammaddeler üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Örneğin; Soya unu (Imanpoor ve diğ., 2012; Mohseni ve diğ., 2006), Buğday gluteni (Mohseni ve diğ., 2007) Çarılina (Palmeiano ve diğ., 2005), Hidrolize patates nişastası (Deng ve diğ., 2005), Kanola küspesi (Mazurkiewicz ve diğ., 2009), Mısır nişastası (Mohseni ve diğ., 2011), Fındık küspesi (Karabulut ve diğ., 2016; Karabulut ve diğ., 2019) ve Sarımsak tozu (Lee ve diğ., 2014) gibi bitkisel yem hammaddelerin mersin balıklarının yemlerinde alternatif protein kaynağı olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir. Mersin balıklarına yem hazırlamada, balık ununa alternatif olacak hayvansal yem kaynakları olarak; demersal balık olan mezgit balığı unu (Karabulut ve Osmanoğlu 2019), hayvansal rendering ürünler üzerine Zhu ve diğ.(2011) tarafından çalışmalar yapılmıştır.

Mersin balıklarının beslenme alışkanlıkları göz önüne alındığında, demersal beslenme özelliğine sahip oldukları görülür. Kabuklu eklem bacaklılar, yumuşakçalar ve demersal balık türlerini daha çok tercih ettikleri bildirilmektedir. Türler için rasyon hazırlanırken, doğal ortamda tükettikleri besinler dikkate alınmalıdır (Akbulut ve diğ., 2011; Akbulut ve diğ., 2013).

3. Sonuç

Mersin balıkları, eti ve havyarı bakımından ekonomik değeri yüksek olan balıklardır. Ancak doğal mersin balıkları stokları insan kaynaklı etkilerden ve küresel iklim değişikliklerinden dolayı günden güne azalmaktadır. Mersin balığı gibi lezzet ve besleyici özelliği yüksek, ekonomik olarak oldukça değerli bir kaynaktan yararlanmak ancak yetiştiricilik yöntemiyle mümkün olabilecektir. Mersin balığı üretimi, besiciliği ve korunması Türkiye'de gelecek yıllarda önemli bir yetiştiricilik kolu olabilecektir. Bu çalışmada, oluşabilecek yerel mersin balığı yetiştiricilik sektörüne, yine yerelde temin edilebilecek ve mersin balıkları yemi üretiminde kullanılan balık ununa alternatif olabilecek bitkisel ve hayvansal protein kaynaklarının kullanımına ilişkin yapılan bazı çalışmalar incelenmiştir. Nesli tehlikede olan mersin balıklarının soylarının devamı için yetiştiricilik etkili bir araç olabilir. Bu nedenle yetiştirilecek türler için kültür şartlarında en uygun yem hazırlama programlarının planlanmasında doğal ortamda beslenme davranışları ve tercih edilen besin türleri dikkatlice değerlendirilmelidir. Genellikle omnivor beslenme özelliği gösteren mersin

balıkları yeminde balık unu yerine kullanılabilircek daha ucuz ve temin edilmesi daha kolay alternatif yem kaynaklarının araştırılması ve mersin balığına özgü yemlerin yapılması hem sektörün sürdürülebilirliğini sağlarken hem de besinsel değeri olan söz konusu yem katkılarına katma değer sağlayacağından dolayı önem taşımaktadır.

4. Kaynaklar

- Akbulut, B., Feledi, T., Lengyel, S. & Ronyai, A. (2013).** Effect of feeding rate on growth performance, food utilization and meat yield of sterlet (*Acipenser ruthenus* Linne, 1758). *Journal of Fisheries Sciences*, 7 (3), 216-224.
- Akbulut, B., Aksungur, N. & Özel, O. T. (2011).** Mersin Balıklarının Besin İhtiyaçlarının ve Beslenmeleri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2011(4).
- Akiyama, T. (1995).** Nutritive Value of Alternative Protein Sources. In: *New Feeds for Fish Culture Utilization of Alternative Protein Sources*. Suisangaku Series, 102, 35–42.
- Bronzi, P., Rosenthal, H. (2014).** Present and future sturgeon and caviar production and marketing: A global market overview, *J. Appl. Ichthyol.* 30, 1536–1546.
- Bronzi, P., Chebanov, M., Michaels, J.T., Wei, Q., Rosenthal, H., & Gessner, J. (2019).** Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(1), 257-266.
- CITES, (2011).** <http://www.cites.org/eng/resources/species.html> (giris tarihi:10.07.2011)
- De Silva, S.S., Anderson, T.A. (1995).** *Fish Nutrition in Aquaculture*. Chapman and Hall, London. 319 pp.
- Deng, D.F., Hemre, G.I., Storebakken, T., Shiau, S.Y., Hung, S.O.S. (2005).** Utilization of diets with hydrolyzed potato starch, or glucose by juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*), as affected by Maillard reaction during feed processing. *Aquaculture*, 248, 103– 109.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2011–2018).** Fisheries and aquaculture software. FishStatJ – Software for fishery statistical time series. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Updated 21 July 2016.
- Hasan, M. (2010).** Feed formulation and preparation including ingredient selection. Seminar on sturgeon hatchery techniques and on-farm feed management, 19-22 April 2010, Trabzon, TURKEY.
- Imanpoor, M.R. & Bagheri, T. (2012).** Effects of replacing fish meal by soybean meal along with supplementing phosphorus and magnesium in diet on growth performance of Persian sturgeon, *Acipenser persicus*. *Fish phy. and bioche.*, 38(2), 521-528.
- Karabulut, H.A., Kurtoglu, I.Z. & Altas, S. (2017).** Hazelnut meal as a protein source in russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833) diets. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(2 A), 1554-1559.
- Karabulut, H.A., Kurtoglu, I.Z. & Kirtan, Y.E. (2019).** Effects of the Feeds Containing Hazelnut Meal as Plant Protein Source on Growth Performance and Body Composition of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) and Economic Profitability Value. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 43, 244-252.
- Karabulut, H.A., Osmanoglu, M.I. (2019).** The Investigation Possibilities of using Whiting Meal instead of Pelagic Fish Meal in Diamond Sturgeon (*Acipenser - gueldenstaedtii*) Diet, *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 28 – No. 6/2019, 49354941
- Kurtoglu İ.Z., Şahin, T., Balta, F., Kayış, Ş., Karabulut, H.A., Sonay, F.D., Yandı, İ., Ak, K., İpek, Z.Z., Köse, Ö. (2017).** Doğu Karadeniz Şartlarında Sibirya (*Acipenser baerii*) ve Karaca (*Acipenser gueldenstaedtii*) Mersin Balıklarının Gamet Gelişimlerinin Belirlenmesi, RTEÜ Bilimsel Araştırma Projesi, 11.09.2015 - 20.11.
- Mazurkiewicz, J., Przybyl, A. and Golski, J. (2009).** Usability of some plant protein ingredients in the diets of Siberian sturgeon *Acipenser baerii* Brandt. *Archives of Polish Fisheries*, 17 (2), 45-52.
- Mohseni, M., Pourkazemi, M., Bahmani, M., Falahatkar, B., Pourali, H.R. and Salehpour, M. (2006).** Effects of feeding rate and frequency on growth performance of yearling great sturgeon, *Huso huso*. *Journal of Applied Ichthyology*, 22 (1), 278-283.
- Mohseni, M., Pourkazemi, M., Hosseni, M.R., Hassani, M.H.S. and Bai, S.C. (2011).** Effects of the dietary protein levels and the protein to energy ratio in sub-yearling Persian sturgeon, *Acipenser persicus* (Borodin). *Aquaculture Research*, 44 (3), 378-387.
- Mohseni, M., Sajjadi, M. & Pourkazemi, M. (2007).** Growth performance and body composition of sub-yearling Persian sturgeon, (*Acipenser persicus*, Borodin, 1897), fed different dietary protein and lipid levels. *Journal of Applied Ichthyology*, 23(3), 204-208.
- Palmegiano, G.B., Agradi, E., Forneris, G., Gai, F., Gasco, L., Rigamonti, E., Sicuro, B. & Zoccarato, I. (2005).** Spirulina as a nutrient source in diets for growing sturgeon (*Acipenser baeri*). *Aquaculture Research*, 32(2): 188-195.
- TÜİK, (2018).** Su Ürünleri İstatistikleri.
- Steffens, W. (1994).** Internationales Symposium über Störe. *Fischer und Teichwirt*, 4, 129-131.

Yun, B., Xue, M., Wang, J., Sheng, H., Zheng, Y., Wu, X. & Li, J. (2014). Fish meal can be totally replaced by plant protein blend at two protein levels in diets of juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt. *Aquaculture Nutrition*, 20, 69–78. <https://doi.org/10.1111/anu.12053>

Zhu, H., Gong, G., Wang, J., Wu, X.F., Xue, M., Niu, C.J., Guo, L.Y. & Yu, Y. (2011). Replacement of fish meal with blend of rendered animal protein in diets for Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt), results in performance equal to fish meal fed fish. *Aquaculture Nutrition*, 17, 389–395.

VETERİNER HEKİMLİK EĞİTİMİ İÇİN SIĞIR AYAK İSKELET VE DAMAR 3B MODELLERİNİN OLUŞTURULMASI

Hüseyin Ağaçayak¹, Şakir Taşdemir¹, Sadullah Bahar², Mustafa Koplay³, Emrullah Eken², Nimet Turgut², Sedat Aydoğdu²

¹Selçuk Üniversitesi Bilişim Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya Türkiye

bilgi@huseyinagacayak.com.tr, stasdemir@selcuk.edu.tr

²Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, Konya Türkiye

sbahar@selcuk.edu.tr, eeken@selcuk.edu.tr, nturgut@selcuk.edu.tr, saydogdu@selcuk.edu.tr

³Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı, Konya Türkiye

koplaymustafa@hotmail.com

Özet

Giriş: Veteriner hekimlik alanında, Anatomi eğitimini kolaylaştırmaya yönelik çeşitli yöntem ve teknolojiler kullanıldığı bilinmektedir. Kemik ve yumuşak dokuların 3B modellerinin oluşturulup eğitim materyali haline getirilmesi bu yöntemlerden bir tanesidir. Temel amaç öğrencilerin ders kitaplarında gördükleri anatomik yapıları üç boyutlu olarak incelemelerini ve bu yapılar arasındaki ilişkileri somut bir şekilde görmelerini sağlamaktır. Bu yöntem kadavra ile yapılan eğitime göre birçok avantaj sağlamaktadır. Farklı yöntemler kullanılarak geliştirilen 3B eğitim materyalleri anatomi eğitiminin etkinlik ve kalıcılığını artırmış olsa da yapılan çalışmalarda sayı, özellik ve çeşitlilik bakımından sınırlılıklar bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı anatomi eğitiminde kullanılmak üzere sığır ayak kemik ve damarlarının 3B dijital modelleri oluşturarak eğitimin kalitesini artırmak amaçlı yeni bir materyal ortaya çıkarmaktır.

Yöntem: Çalışma holstein ırkı sığırın 4 ayağı üzerinde gerçekleştirildi. Ayaklar temin edildikten sonra damar yolları açılarak kontrast madde ve lateks karışımı enjekte edildi. 2 gün bekletilen ayakların bilgisayarlı tomografi (BT) ile seri görüntüleri alındı. Takibinde ayaklar maserasyon işleminden geçirildi. Su içerisinde muhafaza edilen kemikler ikinci BT görüntüleri alınmak üzere radyoloji ünitesine taşındı. Alınan BT görüntüler modellenme programına aktarıldı. İlk alınan BT görüntüleri kullanılarak damar modeli oluşturuldu. Devamında birinci BT görüntüleri Kemiklerin modellenmesi ikinci BT görüntüleri kullanılarak gerçekleştirildi. Tüm modeller Mimics Base programı ile Standart Triangle Language(STL) formatında ayrı ayrı dışarı aktarıldı. Oluşturulan kemik modeller birinci BT görüntüsünden oluşturulan ilk model üzerinde konumlarına yerleştirilerek modelleme işlemi tamamlandı.

Bulgular: Çalışma sonucunda sığırın 4 ayağına ait toplam 68 parçadan oluşan ayak iskelet modeli ve toplam 8 parçadan oluşan damar modeli anatomi eğitiminde kullanılmak üzere Portable Document Format (PDF) formatında dışarıya aktarıldı.

Sonuç: Anatomi eğitiminde kaliteyi ve etkiyi artırmak amaçlı yapılan bu çalışma anatomi eğitimine yeni teknolojilerin uyarlanmasının güzel bir örneği olduğu düşünülmektedir. Çalışma benzer metotlar kullanılarak yeni modellerin geliştirilebileceğinin gösterilmesi açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: anatomik model, eğitim materyali, 3ds pdf

1. Giriş

Bilişim Teknolojilerindeki son gelişmeler ve yaygınlaşmalar ile insanlar bilgiye farklı şekillerde ulaşabilmektedirler. Değişen ve gelişen eğitim ortamları, öğrenenler ve öğretmenlerin etkileşimini artırmaya yönelik arayışları ortaya çıkarmıştır. En dikkat çekici gelişmelerden birisi de 3 boyutlu modellerle geliştirilen eğitim materyalleridir. Bu nedenle günümüzde eğitim adına ele alınması gereken önemli konulardan biri dijital etkileşimli materyal ve içeriklerin oluşturulmasıdır. Taşınabilir olma, farklı donanımlara uyarlanabilme, ilgi uyandırma gibi üstün özellikleri sayesinde eğitim ve sağlık alanında en çok tercih edilen interaktif dijital içeriklerin başında PDF dökümanlar gelmektedir.

Veteriner hekimlik alanında, Anatomi eğitimini kolaylaştırmaya yönelik çeşitli yöntem ve teknolojiler kullanıldığı bilinmektedir. Kadavra aracılığıyla öğretim, anatomi eğitiminde kullanılan başlıca yöntemlerden biri olup temel amaç öğrencilerin ders kitaplarında gördükleri anatomik yapıları üç boyutlu olarak incelemelerini ve bu yapılar arasındaki ilişkileri somut bir şekilde görmelerini sağlamaktır. Bu yöntem birçok avantaj sağlamakla birlikte, kadavra bulma ve bütünlüğünü bozmadan saklamada yaşanan zorluklar, etik ve kamu algısı konularında oluşan problemler (Shaffer, 2004) anatomi eğitimini çoğunlukla teorik eğitim ile sınırlandırmaktadır. Bununla birlikte literatürde, kadavra ile öğretim yönteminin anatomi eğitiminde tek başına etkili bir yöntem olamayacağını belirten çalışmalar görmek mümkündür (McLachlan, Bligh ve Searle, 2004; Winkelmann, 2007). Diğer yandan bazı dokuların içyapılarının kadavra üzerinden görülmesi ve anlaşılması zordur veya mümkün olamamaktadır (Hu, Wilson, Ladak, Haas ve Fung, 2009; Nicholson, Chalk ve Daniel, 2006).

Sığır ayak ve tırnak rahatsızlıkları topallığa sebep olmaktadır. Topallık fertilitiyi düşürmekte ve ekonomik problemlere yol açmaktadır. Sığırlarda topallığa, ağrıya yol açan ayak hastalıkları ve problemleri sebep olmaktadır (Greenough, 2007; Nouri ve ark, 2008; Starke ve ark, 2007). Sığır ayak ve tırnak yapısının iyi bilinmesi veterinerlik eğitiminde çok önemlidir. Araştırmalarda ve derslerde sığır ayak yapısı incelenirken ve anlatılırken fiziksel modeller, çizim ve fotoğraflar kullanılmaktadır. Kadavra ve diğer materyaller ayrıntılı inceleme imkânı sağlamamakta ve her zaman her yerde kolaylıkla erişebilir olmamaktadır. Bu tür materyallerin her akademik birimde ve istenildiği anda bulunması da zor olabilmektedir.

Yapılan çalışmada, Veterinerlik eğitimi için Holstein ırkı sığır ayaklarındaki damar, yumuşak doku, sert doku ve tırnak yapısı BT görüntüleri kullanılarak modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller ile PDF eğitim dökümanı oluşturulmuştur. Modelleme işlemi yapılırken gerçek sığır ayak yapısına ve ölçülerine birebir bağlı kalarak işlemler yürütülmüştür.

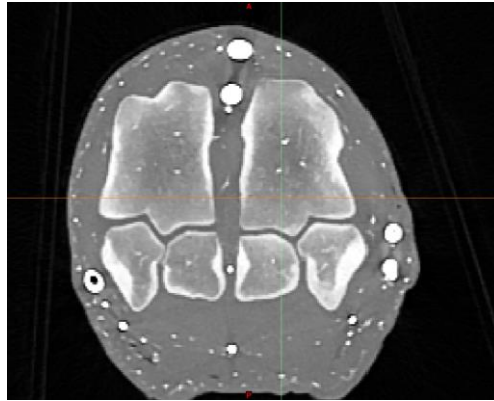
2. Materyal Metod

Konyada özel bir kesimhaneden elde edilen holstein ırkı 4 adet sığır ayakları ön temizlik işlemleri tamamlandıktan sonra Selçuk Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı laboratuvarlarına transfer edildi. Gerekli temizlik işlemleri yapıldıktan sonra ayağı besleyen damar uçları açığa çıkarıldı ve arter için % 40'lık vena için % 20'lik (Porter ve ark., 2015) kontrast madde (Baryum sülfat-Ba. H2O4S) içeren latex solüsyon enjekte edildi. İki gün süreyle oda ısısında bekletilen ayaklar normal duruş pozisyonu verilerek BT görüntüleme için hazır hale getirildi. Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalında yer alan 256 kesitli Siemens Somatom Flash (Germany) (Şekil 1.1.) cihazına ayaklar yerleştirilerek 0,5 mm kesitli aralıklı taraması gerçekleştirildi. Takibinde ayaklar maserasyon işleminden geçirildi. Su içerisinde muhafaza edilen kemikler ikinci BT görüntüleri alınmak üzere radyoloji ünitesine taşındı. Elde edilen DICOM formatlı veriler taşınabilir disklere aktarıldı.

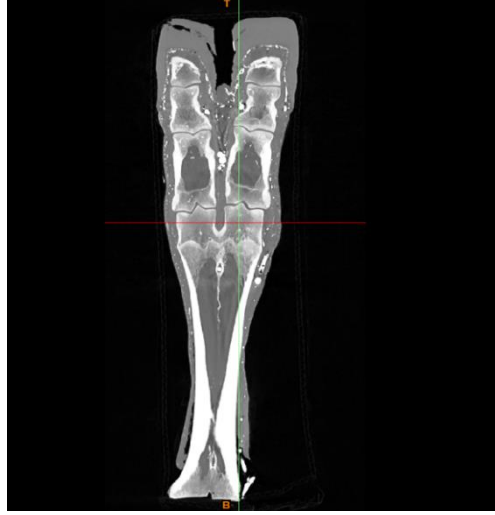


Şekil 1.1. 256 kesitli Siemens Somatom Flash (Germany)

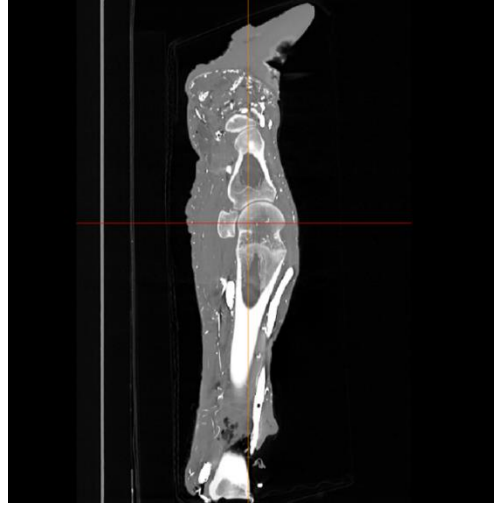
Bu görüntüler Selçuk Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı bünyesinde bulunan Mimics Base programında açılarak görüntülenen yapıların modelleme işlemine geçildi. Programa atılan görüntülerin yön ataması yapılarak axial, sagittal ve coronal düzlemlerde incelendi. Bu aşamada programın segmentasyon modülü kullanıldı. Axial, sagittal ve coronal görüntüler sırasıyla Şekil 1.2., Şekil 1.3. ve Şekil 1.4. de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Axial Görüntü

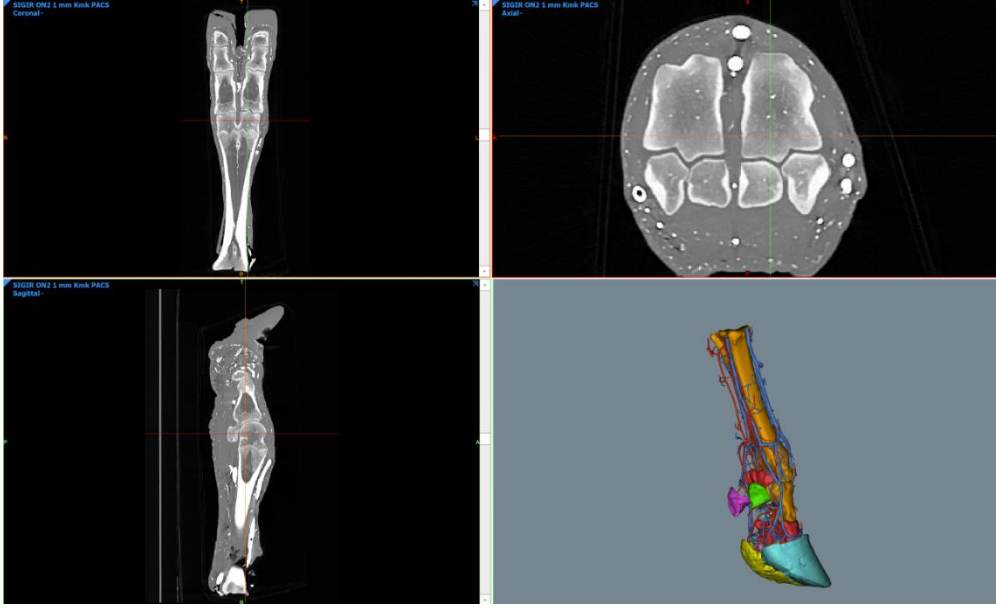


Şekil 1.3. Coronal Görüntü



Şekil 1.4. Sagittal Görüntü

Model içerisinde tresholding aracı ile yapının maksimum ve minimum atenuasyon değerleri(HU) belirlendi. İlk alınan BT görüntüleri kullanılarak damar modeli oluşturuldu. İkinci BT görüntüleri kullanılarak ise kemikler ve tırnak modellenenerek birinci BT görüntüsündeki konumuna yerleştirildi. Daha sonra region growing aracı kullanılarak ilgilenilen parçalar seçilecek oluşturulan ön model görüntüsü üzerinde istenmeyen yapılar programın edit mask aracı kullanılarak düzeltildi. Bu aşamadan sonra calculate path komutu verilerek nesnenin 3B modelleri Şekil 1.5.'da görüldüğü gibi oluşturuldu. Oluşturulan 3B model (Bahar ve ark., 2014) çalışmasındaki gibi Stl formatında dışa aktarıldı.



Şekil 1.5. 3B Modeller

Stl formatında elde edilen modeller gruplandırıp numaralandırıldıktan sonra sırayla Blender programına import edildi. Blender programına aktarılan objeler Instant Mesh programında açılmak üzere OBJ formatında kayıt edildi. OBJ formatına çevirilen objeler dosya numara sırasına göre Instant Mesh programına aktarılıp yüzey azaltma işlemi uygulandı ve OBJ formatında kayıt edildi. Yüzey azaltma işlemi tamamlandıktan sonra incelemek üzere her bir ayak (tüm kemik ve damarlar) blender programına aktarıldı. İncelenen modeller üzerinde eksik dokular uzman kontrolünde tamamlandı.

Modelleme işlemleri tamamlandıktan sonra objeler slt formatında Blender programından dışarı aktarıldıktan sonra tekrar MIMICS programında açıldı. Modeller üzerinde son kontroller gerçekleştirildikten sonra 3d PDF formatında dışarı aktarılarak eğitim materyali haline getirilmiştir.

3. Sonuç ve Öneriler

Veterinerlik eğitiminde kadavra ve maketlerin temin edilmesi ve eğitim materyali haline getirilmesi zorlu süreçler gerektirmektedir. Kadavra, maketler, grafikler ve değişik görsellerin yetersizliği bu alandaki eğitimlerin daha çok basılı kaynaklar ve üzerindeki resim ve fotoğraflardan yapılması sonucunu doğurmaktadır. Resim ve fotoğraflar öğrencilerin zihninde objelerin canlanması açısından yetersiz kalabilmektedir. Bilimsel araştırmalarda kullanılan kadvralar üzerinde, araştırmacılar istedikleri gibi kesit alamayıp ayrıntılı incelemesini yapamamaktadırlar. Hayvanlardaki kemiğin, tırnağın ve yumuşak dokunun iç kısımları ayrıntılı olarak kadavra üzerinde incelenememektedir. Veterinerlik alanında bilimsel araştırmalarda kullanılmak üzere farklı metotlarla 3B modellemeler yapılmaktadır. Yapılan 3B modellemeler eğitim materyali olarak kullanılmak üzere masüstü ve mobil uygulama haline genellikle getirilememektedir. Veterinerlik eğitiminde ve bilimsel araştırmalarda kullanılmak üzere görsel dijital içeriklerin hazırlanması, temin edilmesi ve 3B modellerin oluşturulması önem arz etmektedir.

Canlı doku ve kadavra üzerinde yapılması güç detaylı inceleme işlemleri bilgisayar modelleri üzerinde kolaylıkla yapılabilmektedir. Geliştirilen 3D PDF uygulama ile detaylı inceleme işlemlerinin kolaylıkla yapılması sağlandı. Bu çalışma ile sığır ayakları üzerinde yapılacak araştırmalara kolaylık sağlanması hedeflenmiştir. Ayrıca taşınabilir olması vesilesiyle her zaman ve her yerde erişilebilir ve ekonomik olması hedeflenmektedir. Kadavra ve maket bulma zorluğu ortadan kaldırılmış olabilecektir. Bu şekilde yapılan uygulama görsel, eğlenceli, etkileşimli ve cazip olabilecek ve öğrencilerin derslere olan ilgisi artırılabilir.

4. Kaynakça

Bahar, S., Bolat, D., Dayan, M. O., & Paksoy, Y. (2014). Two-and three-dimensional anatomy of paranasal sinuses in Arabian foals. *Journal of Veterinary Medical Science*, 76(1), 37-44.

Greenough, P.R., 2007. *Bovine Laminitis and Lameness A hands-on approach*. Saunders, China.

Hu, A., Wilson, T., Ladak, H., Haase, P. ve Fung, K. (2009). Three-dimensional educational computer model of the larynx. *Archives of Otolaryngology Head and Neck Surgery*, 135 (7), 677-681.

McLachlan, J., Bligh, C., ve Searle, J. (2004). Teaching anatomy without cadavers. *Medical Education*, 38 (4), 418-424.

Nicholson, D.T, Chalk, Funnell, C., W.R.J. ve Daniel, S.J. (2006) Can virtual reality improve anatomy education? A randomised controlled study of a computer-generated three-dimensional anatomical ear model. *Medical Education*, 40 (11), 1081-1087.

Nouri, M., Vajhi, A., Nowrouzian, I., Marjanmehr, S.H., Fashoudi, D., 2008. "Rustelholz" ulcer in culling lame cows: clinical and radiographic interpretation. *Iran. J. Vet. Surg.* 3: 29-36.

Porter, W. R., & Witmer, L. M. (2015). Vascular patterns in iguanas and other squamates:

Shaffer, K. (2004). Teaching anatomy in the digital world. *The New England Journal of Medicine*, 351 (13), 1279-1281.

Starke, A., Heppelmann, M., Beyerbach, M., Rehage, J., 2007. Septic arthritis of the distal interphalangeal joint in cattle: comparison of digital amputation and joint resection by solar approach. *Vet. Surg.*, 36: 350-359.

Winkelmann, A. (2007). Anatomical dissection as a teaching method in medical school: A review of the evidence. *Medical Education*, 41 (1), 15-22.

DÖNER SÜRTÜNME KAYNAK MAKİNESİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Kerem Abaoğlu^{1*}, H.Erol Akata²

¹Y.Lisans Öğrencisi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Müh. Anabilim Dalı,

kerem@abaoglu.com

²Prof.Dr, İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

erolakata@aydin.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Kaynak, malzemeleri birbiri ile birleştirmek için kullanılan bir imalat yöntemidir. Metali keşfiyle, metali günlük hayatında verimli bir şekilde kullanmak isteyen insan metallerin eritilmesi ve birleştirilmesi hususunda derin araştırmalarda bulunmuş ve bu araştırmalar günümüzdeki kaynak teknolojisine yön vermiştir. Bu çalışmada üniversitemizde bulunan ve istenilen şekilde sürtünme kaynağı gerçekleştirilemeyen sürtünme kaynak makinası üzerine inceleme yapılmıştır. Kuvvet etkisi altında kaynak yapılacak malzemelerin, kaynak esnasında eksenel olarak saptığı, sürtünme basıncı ve yığılma basıncının istenilen değerlerde ayarlanamadığı, tutucu çenelerin mevcut kuvvet karşısında eksenlerini koruyamadıkları ve bu sebeplerden dolayı başarılı şekilde kaynak yapılamadığı tespit edilmiştir. Eksik olan ve çalışmayan tüm parçalar solidworks ile tasarlanmış ve üretilmiştir. Üretilen parçaların başarılı montajı sonrasında proses hataları giderilmiş ve başarılı şekilde aynı (Alüminyum-Alüminyum, Çelik-Çelik) ve farklı (Alüminyum-Çelik) malzeme çeşitlerinin kaynağı, sürtünme basıncı, sürtünme süresi, yığılma basıncı, yığılma süresi, hız gibi parametreler literatürde tavsiye edilen değerler dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Birleştirilmiş parçaların çekme dayanımları ve sertlik değişimleri incelenmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda, aynı ve farklı tür malzemelerin deneysel amaçlı olarak geliştirilen bu makinede sürtünme kaynağı ile kaynak edilebilirliği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kaynak, Sürtünme Kaynağı, Alüminyum, Çelik, Çekme Deneyi

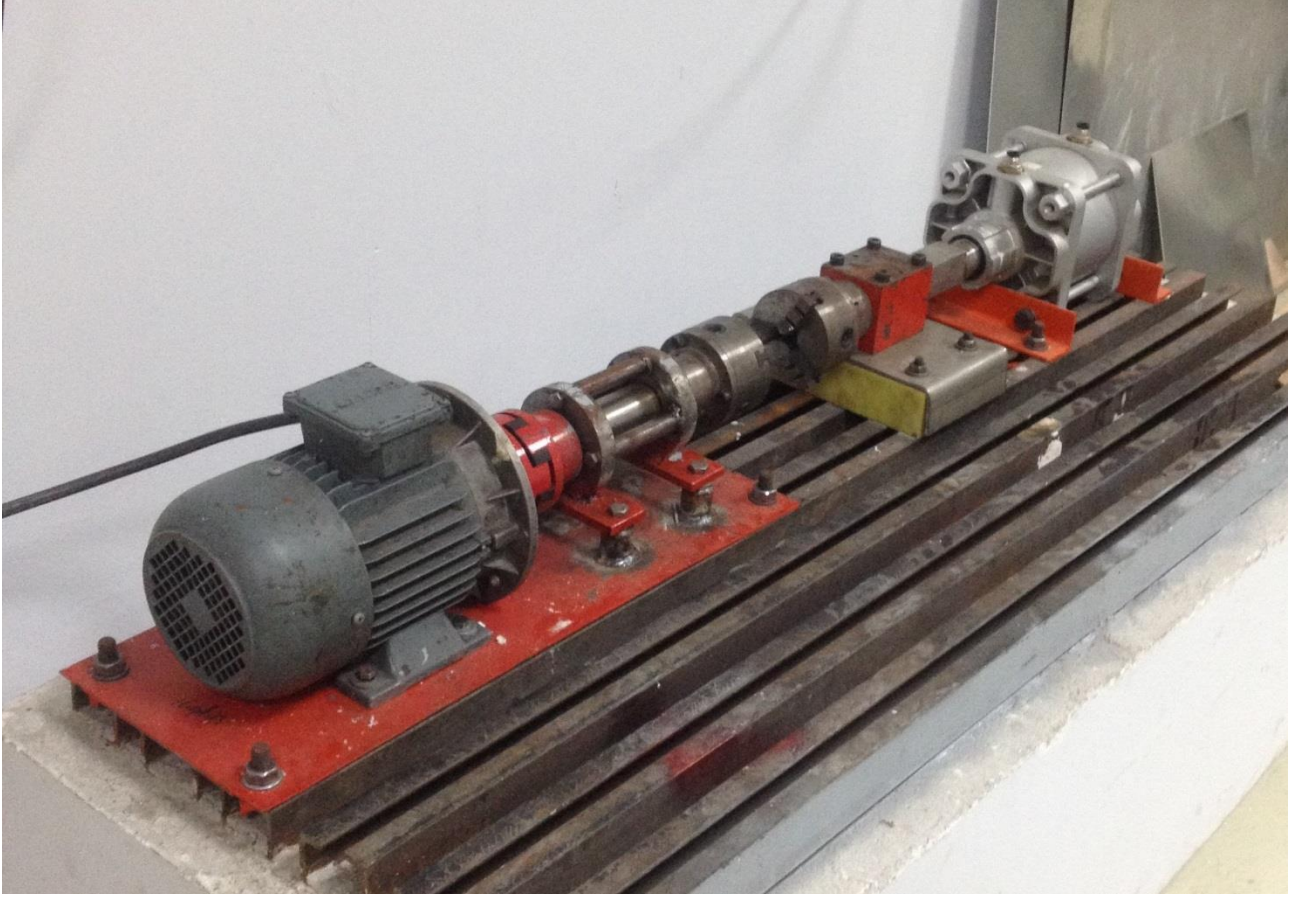
1. Giriş

Sürtünme kaynağı, mekanik enerjiden doğan sürtünme aracılığı ile kaynak yapılacak yüzeyler arasında, sürtünme enerjisinin, ısı enerjisine dönüştürülüp, parçalara eksenel doğrultuda baskı kuvveti uygulanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Kaynak yapılacak parçalar, dönme hareketi ve eksenel hareket yapan makina aynalarına bağlanır. Dönme hareketi yapan aynaya bağlanan parça yüksek hızlarda çevrilirken, ikinci parça eksenel hareket yardımıyla dönen parçaya temas ettirilir. Bu şekilde mekanik enerji sürtünmeyi oluşturur. Sürtünme ısı enerjisine dönüşür ve parçaların birbirine temas eden kısımları hamur kıvamında yumuşadığı anda, ani frenleme ile parçaların dönme hareketi sona erer. Parçalar eksenel bir kuvvet ile birbirine yaklaşır. Bu durum temas yüzeyinde katılaşma oluncaya kadar devam eder. [1,2,3,4]

Sunulan çalışmada, sürtünme kaynağı ile ilgili parametreler üzerine yürütülecek deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere bir sürtünme kaynak makinasının geliştirilmesi ve kaynak süreçleri paylaşılmaktadır.

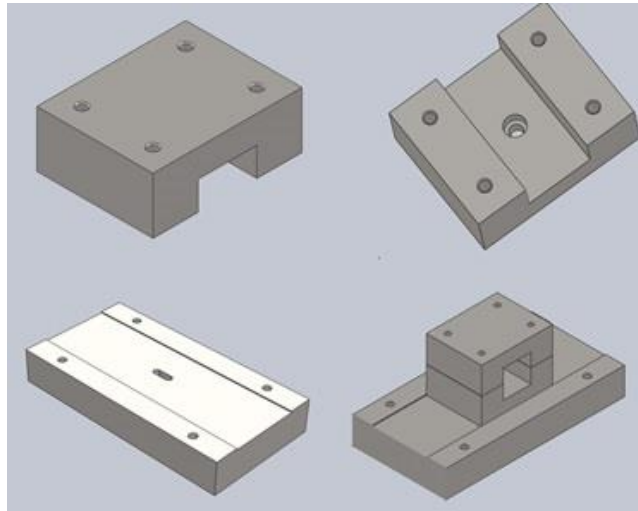
2. Materyal ve Metot

Üniversitemiz bünyesinde yapılan bir deneysel çalışmanın sonuçlarından hareketle deney tesisatının geliştirilmesi sağlanmıştır [5]. Düzenleme öncesi sürtünme kaynak makinası Şekil 1.'de gösterilmektedir.

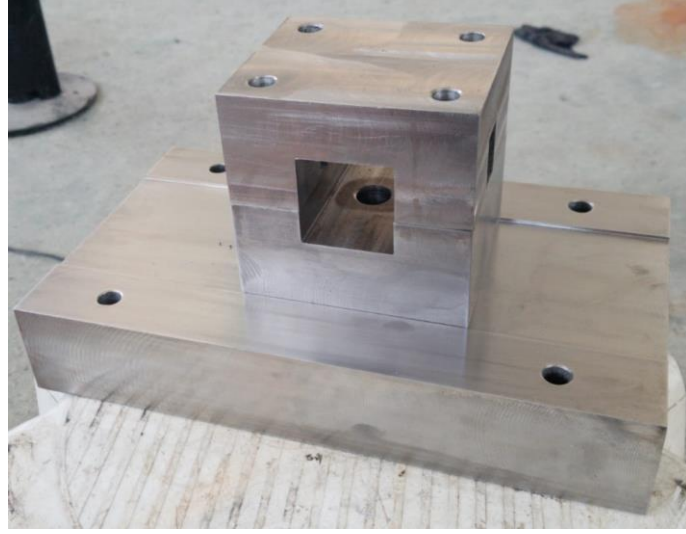


Şekil 1: Düzenleme öncesi sürtünme kaynak makinası [5]

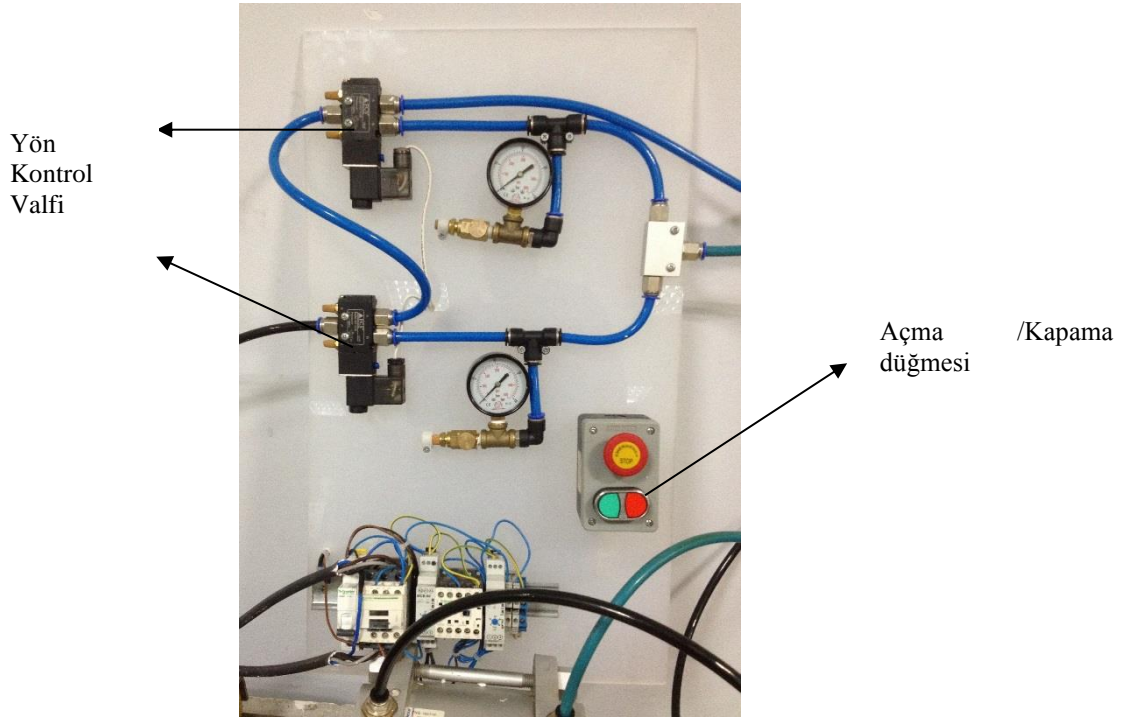
Makina üzerinden yapılan incelemeler ve kaynak deneyleri sonucunda; Sürtünme kaynak makinasının performansını arttırmak üzere yapılması gereken iyileştirmeler belirlenmiştir. Tutucu parçalar Şekil 2.'de görüldüğü gibi SolidWorks ile tasarlanmış ve Şekil 3.'te görüldüğü gibi talaşlı imalat ile üretilmiştir. Üretilen tutucu sağa sola hareket edebilmekte ve eksen kaçıklıkları kolaylıkla ayarlanabilmektedir.



Şekil 2: Solidworks ile tutucu parçaların tasarlanması



Şekil 3: Tasarlanan parçanın üretilmiş görseli



Şekil 4: Sürtünme kaynak makinası panosu

Şekil 4.' de gösterilen pano üzerinden sürtünme kaynağı parametreleri olan sürtünme basıncı, yığıma basıncı, sürtünme zamanı ve yığıma zamanı ayarlanmaktadır. Sürtünme kaynağında parametrelerin ayarlanması ve okunması kaynak için çok önemlidir. Sürtünme zamanı ve yığıma zamanı sistem üzerindeki zaman röleleriyle kontrol edilmektedir. İstenen süre zaman röleleri üzerinden istenilen şekilde ayarlanabilmektedir. Manometreler değiştirilerek daha hassas göstergeler kullanılmıştır. Montajı tamamlanan sürtünme kaynak makinası Şekil 5.'te görüldüğü gibidir



Şekil 5: Montajı tamamlanan sürtünme kaynağı makinası

3. Sonuç ve Öneriler

Montajı tamamlanan sürtünme kaynak makinasında ilave bir sisteme ihtiyaç duyulmadan, dışarıdan bir kompresörün oluşturduğu basınç yardımıyla uygulanan aksel kuvvetler (sürtünme ve yığma) kullanılarak sürtünme kaynak yönteminin farklı metal numune çiftlerine uygulanması sağlanmıştır. Laboratuar ortamında geliştirilerek imal edilen sürtünme kaynak makinasında devir sayısı 1430 d/d olarak uygulanmış, bağlanabilecek numunelerin çapları 13 mm'ye kadar ve boyları 120 mm'ye kadar değiştirilebilmektedir.

Kaynağı yapılacak 8 mm' lik malzemeler için oluşturulan denklemler, "soğuk şekil verilmiş alüminyum malzemelerinin sürtünme kaynak yöntemiyle birleştirilmesi üzerine deneysel bir çalışma" adlı makalesinden yararlanılarak oluşturulmuştur.[6,7] Buna göre yüzey alanı hesaplanması yapılmıştır.

$$A = \pi * (d^2 / 4) = 3,14 * 8^2 / 4 = 50,265 \text{ mm}^2$$

Makaleden alınan referans değerlerine göre sürtünme basıncı için 35 Mpa, yığma basıncı için 90 Mpa basınç belirlenmiştir.

$$F_{\text{sürtünme}} = 50,265 \text{ mm}^2 * 35 \text{ N/mm}^2 = 1759 \text{ N}$$

$$F_{\text{yığma}} = 50,265 \text{ mm}^2 * 90 \text{ N/mm}^2 = 4523 \text{ N}$$

4523 N luk aksel kuvvet baz alındığında daha büyük numune çaplarındada kaynak yapabilmek adına, sürtünme kaynak makinasında kullanılan, 6 bar da 12000 N' luk itme kuvveti sağlayan silindir çapı 160 mm ve mil çapı 40 mm olan Pemaks marka pnömatik piston hedeflenen kaynak için uygundur.

Geliştirilen makinanın uygulanabilirliğini test edebilmek için bir dizi pilot birleştirme işlemi uygulanmıştır. Bu işlemlerde, sistem pnömatik basıncı (Maksimum 8 Bar) dikkate alınarak ve literatürde tavsiye edilen parametreler içinde kalmak üzere, AA 2024 alüminyum ve SAE 1040 çelik numuneler ile farklı kombinasyonlar ile çalışılıp çeşitli kaynak parametreleri denenmiş ve kaynaklama işlemi gibi gerçekleştirilmiştir. Numune örnekleri Şekil 6.' da gösterilmektedir. Numune çapı olarak 8 mm ve parça uzunlukları olarak da 45 mm değerleri uygulanmıştır.



Şekil 6. Kaynak Numuneleri

Tablo 1'de sürtünme kaynağı deneyi sırasında malzeme çiftlerine uygulanan kaynak parametreleri ve bu malzeme çiftlerine uygulanan çekme testleri verilmiştir. Kaynak esnasında sürtünme ve yığma basıncı ayarlı çek valfler ile istenilen değerlerde tutulmuş ve sürtünme ve yığma süreleri zaman rolleri ile istenilen süreye ayarlanmıştır.

Deneysel çalışma sırasında, döndürülen parçanın bağlı olduğu yatakların stabilitesinde çıkan sorunlar nedeniyle, literatürde karşılaşılan değerlere kıyasla bir miktar farklı olmasına karşın, Tablo 1'den de görüleceği gibi düşük sürtünme basıncı ve uzun süreler ile başarılı bağlantılar elde edilebilmiştir.

Tablo 1. Kaynak parametreleri ve elde edilen mukavemet değerleri

Malzeme Çifti	Numune No	Sürtünme Basıncı(bar)	Sürtünme Zamanı(sn)	Yığılma Basıncı(bar)	Yığılma Zamanı(sn)	Kopma Gerilmesi σ_{max} (N/mm ²)
Çelik-Çelik	1	2	27	5	4	291
Çelik-Çelik	2	3	27	6	4	329
Çelik-Alüminyum	3	2	25	5	4	126
Çelik-Alüminyum	4	3	25	6	4	138
Al-Al	5	2	20	5	4	132
Al-Al	6	3	20	6	4	138

Numuneler farklı kaynak parametrelerinde farklı çekme dayanımı değerleri ortaya koymuştur. çelik-çelik çiftinde çekme dayanımı ortalama olarak 300 MPa civarındadır. Elde edilen değerler katalog çekme dayanımı değeri 500 MPa olan çelik malzemeye yakındır.[8] Alüminyum-çelik çiftinde ise çekme dayanımları ortalama olarak 130 Mpa civarındadır. Bu çekme dayanımının zayıf olan malzemeye göre belirlendiğini ortaya koymaktadır. Alüminyum-alüminyum çiftinde ise çekme dayanımı 135 MPa değerlerinde olup kaynaksız numunenin katalog değeri olan 185 MPa a yakın değerler elde edilmiştir.[9] Bu değerler, yapılan sürtünme kaynak makinası kullanılarak elde edilen sonuçların kabul edilebilecek mertebelerde olduğunu göstermektedir. Döndürülen kısımdaki yatakların rijitleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Geliştirmenin ana amacına uygun olarak yapılan pilot birleştirme sonuçları yeterli olarak kabul edilebilir olmasına karşılık, numune boyutları, kaynak parametreleri ve malzeme çiftleri değiştirilerek daha geniş kapsamlı deneysel çalışmaların yürütülmesi uygun olacaktır.

Sürtünme kaynağı kaynak işlemi gerçekleştirilecek parça boyutları kadar, farklı türdeki malzemelerde kaynak edilebilmesi bakımından endüstriyel anlamda birçok uygulama alanı vardır. Diğer kaynak yöntemlerine ile kıyaslanacak olursa, getirdiği üstünlükler ve uygun maliyetler sebebi ile tercih edilebilir bir kaynak türü haline gelmiştir.Bu avantajlardan dolayı ilerleyen dönemde daha yaygınlaşacağı ve kullanımının artacağı düşünülmektedir.

Teşekkür:

Yazarlar çalışmanın imalat aşamalarındaki katkıları için İstanbul Aydın Üniversitesi Rektörlüğüne, Aboğlu Plastik İnş. Mak. San. Tic. Ltd. Şirketine teşekkür ederler.

Bu bildiri, “Keram Aboğlu” nun, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Ağustos 2019’da tamamlanan “Döner Sürtünme Kaynak Makinesinin Geliştirilmesi” adlı Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

4. Kaynaklar

- [1] Ertuğ, A., "Sürtünme Kaynağı" Mühendis ve Makine Dergisi. C.; 21, Sayı;241, 1997
- [2] Tensi, H.M., Welz,w. Und Schwlam, M., "*Temperaturen beim Reibschweißen von Aluminiumwerkstoffen*", München pp:515-517 58. Jahrg, 1982
- [3] G-runauer, H, Gürleyik, M.Y., "*Döküm Parçaların Sürtünme Kaynağı*", Mühendislik ve Makine Dergisi, C.;30, S.;357, 1989
- [4] Reiners, Geprge ve Kreye, Heinrich, "*Mikrostruktur und Mechanische Eigenshaftan von Reibschweißverbindungen aus Aluminium und Stahl*" Schwei Ben und Schneiden Hamburg, 40 H elf 3, 1988
- [5] Gürgenli G. , Onur M. , Aydın H. , Akata H. E. , "*Laboratuvar Tipi Basıncılı Hava Beslemeli Sürtünme Kaynak Tesisatı Geliştirilmesi Üzerine Bir Çalışma*", İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi (İaüd) Yıl 4, Sayı 15, Sayfa (51 - 60)
- [6] Akata, H. E., Şahin, M., 2000, "*Plastik Şekil Değiştirmiş Çeliklerin Sürtünme Kaynağıyla Birleştirilmesi Üzerine Çalışma*", 8-9-10 Mayıs 2002, Denizli
- [7] Akata, H. E., Şahin, M., "*Soğuk Şekil Verilmiş Alüminyum Malzemelerinin Sürtünme Kaynak Yöntemiyle Birleştirilmesi Üzerine Deneysel Bir Çalışma*", Mühendis Makina • Cilt : 48 Sayı: 573
- [8] Anonim, 2019, 1040 imalat çeliği, "<http://kalitemetalurji.com.tr/urunlerimiz/imalat-celikleri/1040-imalat-celigi/>" Erişim Tarihi: 10.07.2019
- [9] Anonim, 2019. Alüminyum teknik bilgiler, "<http://incialuminyum.com/teknik-bilgiler.asp>". Erişim Tarihi: 10.07.2019

SICAKLIK ÖLÇÜMÜ VE KONTROLÜ İÇİN WEB ARAYÜZÜ GELİŞTİRME

Hüseyin Güneş¹, Sabri Bicakci¹, Hakan Çıtak², Mustafa Çoramık³, Yavuz Ege³

¹ Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye

hgunes@balikesir.edu.tr, sbicakci@balikesir.edu.tr

² Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir Meslek Yüksekokulu, Elektrik Programı, Balıkesir, Türkiye

hcitak@balikesir.edu.tr

³ Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, Balıkesir, Türkiye

mustafacoramik@balikesir.edu.tr, yege@balikesir.edu.tr

Özet

Günümüzde sıcaklık, basınç, manyetik alan, elektrik alan, nem, ışık şiddeti gibi fiziksel büyüklüklerin değişimi sensörler aracılığıyla elektrik sinyaline çevrilerek algılanmaktadır. Sensörlerin endüstrideki uygulamaları arasında ürün sayımı, kalite kontrolü, ortamdaki sıcaklığın, nemin ya da ışığın belli bir değer aralığında tutulması örnek olarak verilebilir. Bu örnekler içerisinde en önemli fiziksel büyüklüklerden birisi de sıcaklıktır. Sıcaklık genellikle, kontrol, gözlem, güvenlik ve enerji verimliliği için ölçülmektedir. Her türlü sabit veya hareketli soğuk hava depoları, laboratuvarlar, bilgi işlem odaları, nükleer santraller, elektrik motorları, sanayi tipi kazanlar ve fırınlar sıcaklık kontrolünün yapılması gereken yerler arasındadır. Ayrıca, sağlık ve gıda sektörü ile kütüphane ve müze gibi alanlarda da sıcaklık değerlerinin takip-kontrol edilerek yönetilmesi gerekmektedir. Kan saklama ve ecza depolarında sıcak ortamlarda üreyen mikroorganizmalar nedeniyle taşıyıcı birçok bakteri oluşması, kütüphane ve müzelerde kitapların ve tarihi eserlerin uygun olmayan sıcaklık ve nem değerlerinde tutulması sonucunda yıpranarak ömürlerini yitirmesi, sıcaklığın takip ve kontrol edilerek yönetilmesinin gerekliliğine örnek olarak verilebilir. Bu doğrultuda bu çalışmada sıcaklığın takibi ve ısıtma-soğutma sistemlerinin kontrolü için bir web arayüzü geliştirilmiştir. Arayüzün tasarımında HTML, CSS ve Javascript programlama dilleri ile birlikte bootstrap kütüphanesinden faydalanılmıştır. Web arayüzü, Firebase veri tabanı kullanılarak Arduino benzeri Wi-Fi özellikli bir donanım olan Node MCU ile dijital ya da analog giriş/çıkışı sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Arayüzün dinamik kısımları jquery çatısı kullanılarak JavaScript ile programlanmıştır. Web arayüzünün oluşturulması ve programlanması bildiri kapsamında ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sıcaklık Kontrol, Web Arayüzü, Firebase Veri Tabanı

1. Giriş

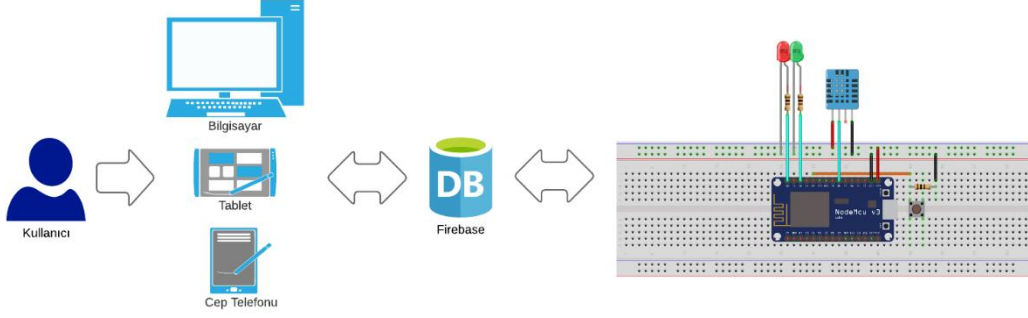
Günümüzde fabrikalarda üretim, otomatik çalışan makineler ile yapılmaktadır. Ancak bu makinelerin kontrolü, elektronik ve bilgisayarlı sistemlerle gerçekleştirilmektedir. Makinelerde oluşan mekaniksel ve fiziksel değişimleri bilgisayar sistemine aktararak, bilgisayar sisteminde işlenmesini sağlamak ve tekrar aynı makinenin ya da başka makinelerin kontrolünü yapmak mümkündür. İşte sensörler, bu noktada devreye girmektedir. Ortamda bulunan fiziksel bir değişikliği elektrik sinyallerine çevirerek elektronik sistemlere aktarmak için sensörler kullanılmaktadır. Ürünlerin sayılması, kalite kontrolünün yapılması, ortamdaki sıcaklığın, nemin ya da ışığın belli bir değer aralığında tutulması, sensörlerin endüstrideki uygulamalarına örnek olarak verilebilir. Bu örnekler içerisinde en önemli fiziksel büyüklüklerden biri de sıcaklıktır. Sıcaklık sensörleri sıcaklığı içeren statik ve dinamik parametreleri ölçmektedirler[1]. Bu parametreler arasında uzunluk, hacim, basınç, elektrik direnci, potansiyel fark, renk değişimi ve yüzeylerin ışınım şiddetleri yer almaktadır. Sıcaklık, kontrol, gözlem, güvenlik ve enerji verimliliği için ölçülmektedir[2-7]. Her türlü sabit veya hareketli soğuk hava depoları, laboratuvarlar, bilgi işlem odaları, nükleer santraller, elektrik motorları, sanayi tipi kazanlar ve fırınlar, sıcaklık kontrolünün yapılması gereken yerler arasındadır[8-11]. Ayrıca, sağlık ve gıda sektörü ile kütüphane ve müze gibi alanlarda da sıcaklık değerlerinin takip-kontrol edilerek yönetilmesi gerekmektedir. Kan saklama ve ecza depoları, sıcak ortamlarda üreyen mikroorganizmalar nedeniyle taşıyıcı birçok bakteri oluşması, kitapların ve tarihi eserlerin yıpranarak ömürlerini yitirmesi, sıcaklığın neden takip-kontrol edilerek yönetilmesi gerektiğine birer örnek olarak verilebilir.

Sıcaklık sensörlerinin bazıları analog çıkış verirken bazıları dijital çıkış vermektedir. Bu analog ya da dijital sinyaller, bilgisayar donanımında değerlendirilecekse o zaman farklı veri yolları kullanılabilir. Bunlar arasında, paralel port, seri port, USB port ve Ethernet kart sayılabilir. Ethernet kartın kullanıldığı Web üzerinden analog-dijital iletişim farklı şekillerde yapılmaktadır. 1. Arduino programlama platformları, 2. Nodemcu geliştirme kartları (Wi-Fi modül) 3. PIC Mikrodenetleyiciler örnek verilebilir. Günümüzde çoğu fiziksel değişkenin okunmasında, uzaktan takip edilmesinde ve duruma göre diğer cihazların uzaktan kontrolünde Nodemcu geliştirme kartları (Wi-Fi modül) aktif olarak kullanılmaktadır. Nodemcu geliştirme kartları (Wi-Fi modül) ile Web üzerinden analog-dijital iletişim işlemi iki aşamalıdır. Birincisi Web arayüzü geliştirme, ikincisi ise kartın programlanması ve kontrol elektroniğinin geliştirilmesidir. Bu çalışmada bir örnek olması açısından sıcaklığın takibi ve ısıtma-soğutma sistemlerinin kontrolü için bir web arayüzünün nasıl geliştirileceği aşamalı olarak anlatılmıştır. Arayüzün tasarımında HTML, CSS ve Javascript programlama dilleri ile birlikte bootstrap kütüphanesinden faydalanılmıştır. Web arayüzü, Firebase veri tabanı kullanılarak Arduino benzeri Wi-Fi özellikli bir donanım olan Node MCU ile dijital ya da analog giriş/çıkışı sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Arayüzün

dinamik kısımları jquery çatısı kullanılarak JavaScript ile programlanmıştır. Web arayüzünün oluşturulması ve programlanması bildiri kapsamında ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma kapsamında uzak bir noktadaki herhangi bir konumun sıcaklık verilerini takip ederek, ısıtma-soğutma sistemini kontrol edebilmek için bir web arayüzü ve gerekli donanımsal altyapı geliştirilmiştir. Ayrıca donanımsal altyapı ile web arayüzü arasında veri alış-verişi için Firebase veri tabanından faydalanılmıştır. Sistemin genel ileyişi Şekil 1’de sunulmuştur.



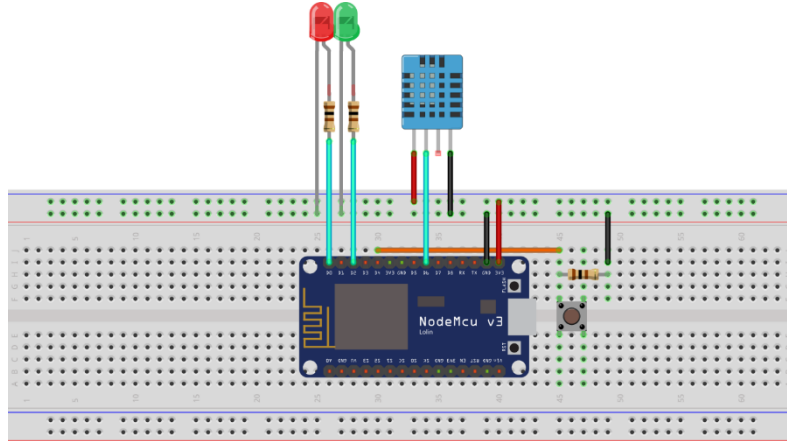
Şekil 22: Sistemin genel işleyişi

Çalışmada donanımsal altyapı wifi özellikli digital ve analog giriş/çıkış işlemleri yapabilen bir devre kartı olan NodeMCU ile ortamdaki sıcaklık değerini tespit edebilen DHT11 sıcaklık sensöründen oluşmaktadır. Ayrıca bunlara ek olarak dijital ve analog giriş/çıkış işlemlerini gösterebilmek için 1 push button, 1 potansiyometre ve 2 adet led sisteme dahil edilmiştir. Şekil 1’de görülen NodeMCU, ESP8266 wifi çipi etrafında tasarlanmış üzerinde genel kullanım için hazırlanmış 12 adet giriş/çıkış pini bulunan, internete bağlanabilen bir IoT platformudur. Yine Şekil 2’de görülen DHT11 ise 3.3V ile 5.5V’da çalışabilen 0-50 °C arası sıcaklık, %20-%95 aralığında nem ölçebilen bir sıcaklık-nem sensörüdür.



Şekil 23:NodeMCU ve DHT11

Donanım altyapısı oluşturulurken bağlantılar Şekil 3’deki gibi yapılmıştır. Merkezde NodeMCU vardır ve diğer birimler bu devre kartına bağlanmıştır. Sıcaklık sensörü DHT11’in bağlantısı D6 pininden veri bağlantısı olacak şekilde yapılmıştır. Düğme(push button) ise D4 pininden ledler ise D0 ve D2 pinlerine bağlanmıştır. Buradaki ledlerin kırmızı olanı dijital çıkış işlemini göstermek amacıyla yeşili ise analog çıkış işlemini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Web arayüzünden dijital çıkış emri verildiğinde kırmızı led yanıp söndürülmekte, analog emir verildiğinde ise yeşil ledin parlaklığı ayarlanmaktadır.



Şekil 24: Kurulan devrenin bağlantı şeması

NodeMCU bu tür kartların en bilineni olan Arduino devre kartında olduğu gibi Arduino IDE yazılımı ile programlanmaktadır. NodeMCU'nun programlanması üç aşamada yapılmıştır. Bunların ilki donanımların(düğme, led ve sıcaklık sensörü) kontrol edilmesi, ikincisi internet bağlantısının sağlanması üçüncüsü ise Firebase veri tabanı ile bağlantısının kurulması veri alış-verişinin sağlanmasıdır.

Donanımların kontrolünde ilk olarak DHT11'den sıcaklık ve nem bilgileri okunmuştur. Bunun için sensörün kendine ait yazılım kütüphaneleri kullanılmıştır. Okuma işlemi kod-1 bloğu ile gerçekleştirilmiştir. Bağlantıları ise Şekil 3'te gösterildiği gibidir.

```
float h = dht.readHumidity();      (kod-1)
```

```
float t = dht.readTemperature();
```

İkinci olarak devreye bağlı düğmenin basıldı değerinin okunması sağlanmıştır. Düğme durumunun okunması kod-2 ile gerçekleştirilmiştir.

```
dugme_deger = digitalRead(dugme); (kod-2)
```

Üçüncü aşamada led lambalardan biri dijital çıkış işlemi ifade etmek için sadece açılıp kapatılmış, diğeri ise analog çıkış işlemi ifade etmek için parlaklığı ayarlanmıştır. Bu işlemler kod-3 bloğu ile gerçekleştirilmiştir.

```
digitalWrite(ac_kapat_led, HIGH); (kod-3)
```

```
analogWrite(parlaklik_ayarla_led, led_parlaklik_ayarla_fb);
```

Okunan değerlerin internet yolu ile kullanıcıya ulaştırılması ve kullanıcıdan gelen emirlerin uygulanabilmesi için NodeMCU ile bir wifi bağlantısı kurulması gerekmektedir. İnternet bağlantısını sağlamak için kod-4 bloğu kullanılmıştır.

```
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD); (kod-4)
```

Son olarak kullanıcı ile NodeMCU arasında köprü görevi gören ve verilerin kayıt altına alınmasını sağlayan Firebase veri tabanı bağlantısı yapılmıştır. Bunun için öncelikle bir Google hesabı oluşturulmuştur. Daha sonra bu hesap ile Firebase'in internet sitesinden bir proje oluşturulmuş bu ve bu proje kapsamında gerçek zamanlı bir veri tabanı oluşturulmuştur. Son olarak NodeMCU'ya yazılan kod-5 bloğundaki kodları ile bu veri tabanına bağlantı sağlanmıştır.

```
Firestore.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH); (kod-5)
```

Firestore veri tabanına bir verinin yazılması ve okunması için gerekli kodlar da kod-6 bloğunda gösterilmiştir.

```
Firestore.getBool("led_ac_kapat/acik_kapali"); (kod-6)
```

```
Firestore.getInt("led_parlaklik/parlaklik");
```

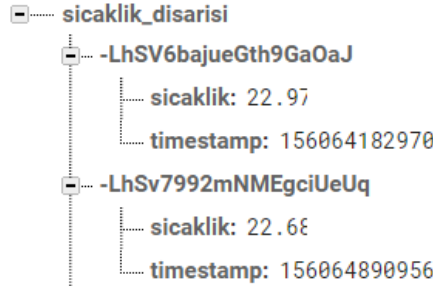
```
Firestore.setBool("dugme", dugme_deger);
```

NodeMCU çalıştırıldığında sürekli olarak Firestore veri tabanı ile aktif bağlantı kurmaktadır. Okunak istenilen değerlerde herhangi bir değişiklik olduğu anda gerekli kod bloğu çalışarak ilgili işlemi yapmaktadır. Ayrıca beş saniyede bir sıcaklık ve nem verileri düzenli olarak veri tabanına kaydedilmektedir. Veri tabanında veriler Şekil 4'teki gibi kayıt altına alınmaktadır.

```
nodemcu-f9bf2
├── dugme_durum: true
├── led_durum: true
├── led_parlaklik: 85
├── nem: 40
└── sicaklik: 24
```

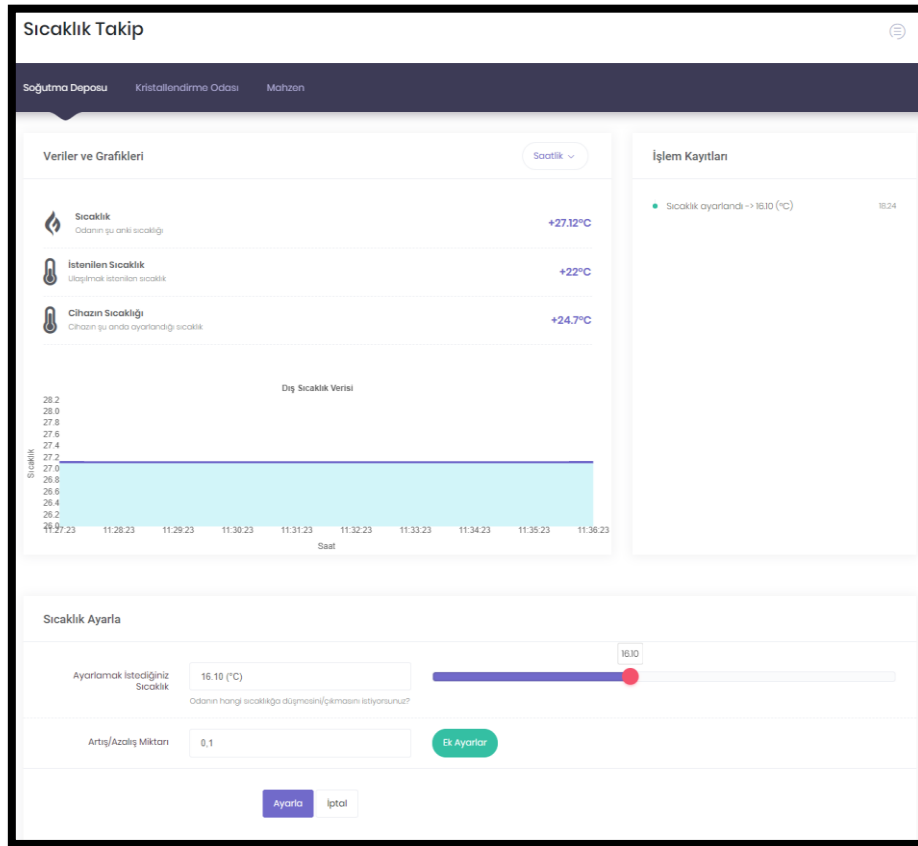
Şekil 25: Firestore veri tabanı verileri

Şekil 4'teki dugme_durum verisi düğmenin basılı olup olmadığı bilgisini, led_durum bilgisi kırmızı led'in yanma durumunu, led_parlaklik yeşil led'in yüzdelik oranda parlaklık düzeyini ve sıcaklık ile nem değerleri de ortamdan DHT11 ile okunan sıcaklık ve nem değerlerini ifade etmektedir. Bunun yanında sıcaklık verilerinin saklanması ve grafik olarak önceki ve sonraki verilerin de görülebilmesi için sıcaklık verileri zaman etiketi ile birlikte de Firestore veri tabanına kaydedilmektedir. Bu kayıtlar Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 26: Zaman etiketli sıcaklık kayıtları

Çalışmanın diğer kısmı olan kullanıcının kontrolü sağlayarak verileri takip edebildiği ekran bir web arayüzüdür. Web arayüzü tercih edilmesinin sebebi bir web sayfasının telefon, tablet, bilgisayar gibi çok geniş yelpazede donanımlarda sorunsuz olarak çalışmasıdır. Arayüz geliştirilirken HTML, CSS ve Javascript programlama dilleri ile birlikte bootstrap kütüphanesinden faydalanılmıştır. Ayrıca sayfaların tüm bu belirtilen donanımlarda doğru bir şekilde görünmesi için “responsive” tasarım teknikleri uygulanmıştır. Tasarlanan arayüz Şekil 6’da sunulmuştur.



Şekil 27: Web arayüzü

Şekil 6’da görülen arayüzün en üst kısmında bulunan Soğutma Deposu, Kristallendirme Odası ve Mahzen sistemin kurulu olduğu farklı uzak noktaları ifade etmektedir. Tasarlanan çatı arayüz ile birden fazla noktanın takip ve kontrolü aynı anda gerçekleştirilebilmektedir. Bu kısmın altında yer alan Sıcaklık değeri uzak noktanın o anki sıcaklık değerini göstermektedir.

İstenilen sıcaklık ise arayüzü kullanan kullanıcının uzak noktanın ulaşmasını istediği sıcaklığı ifade etmektedir. Cihazın sıcaklığı o an cihaz için belirlenen sıcaklığı ifade etmektedir. Burada bir yanlışlık olduğu düşünülebilir ancak bir yanlışlık yok. Burada gerçekleşen olay şudur; arayüzün en alt kısmında bulunan “Sıcaklık Ayarla” bölümünde olan kullanıcının uzaktaki noktayı ulaştırmak istediği sıcaklığı belirleyebilmesi yanında bu sıcaklığa hangi sıcaklık miktarlarında artış ya da azalış sağlayarak ulaştırılmasını istediği bilgisini de girilmesi istenmektedir. Bu ayar ani sıcaklık değişimlerinin ortamda bulunan nesnelere zarar vermesini engellemek içindir. Burada ayar yapılarak “Ayarla” düğmesine tıkladığında uzak sistem tamamen web arayüzü kontrolü ile istenilen sıcaklığa istenilen artış miktarlarıyla ulaşmaktadır. “Ek Ayarlar” menüsü ile sıcaklık artış miktarına ulaşıldıktan sonra sistemin ne kadar süre bekleyeceği değeri de belirlenebilmektedir.

Cihazın Sıcaklığı değeri, web arayüzünün artış miktarı düzeyinde ısıtıcıyı yavaş yavaş istenilen sıcaklığa ulaştırırken ısıtıcıya en son ayarladığı değeri göstermektedir. Alt kısımda yer alan grafik ile sürekli olarak zaman etiketiyle birlikte uzak noktadan ölçülen sıcaklık değerlerini göstermektedir. Son olarak sağ tarafta ise yapılan işlemlerin kayıtları sunulmaktadır.

3. Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak bu çalışma ile uzak noktada bulunan bir yerin, sıcaklık durumunu takip ederek, bu sıcaklığın istenilen değere istenilen adımlar ve sürelerde ulaşabilmesini sağlayacak bir sistemin arayüzü geliştirilmiştir. Tüm veriler bulut sunucuda yer alan Firebase veri tabanında tutulmuştur. Böylece veri kaybının önüne geçilmiştir.

Tasarlanan web arayüzü ve Firebase veri tabanı bağlantısı ile elektronik devre bu çalışma kapsamında sadece sıcaklık takibi ve kontrolü için geliştirilmiştir. Ancak tasarlanan sistem sıcaklık, basınç, kuvvet, ışık, nem, akım, gerilim vb. bir çok analog ve dijital girdi/çıkış işleminin takibi ve kontrolünü sağlayabilecek bir çatı özelliği taşıdığı için literatür açısından önem arz etmektedir. Ayrıca bir ortamın istenilen zamanda istenilen kademeler istenilen sıcaklığa ulaşması donanımdan bağımsız olarak sadece web arayüzü ile sağlanmıştır. Çalışma bu yönüyle de literatür açısından önem arz etmektedir.

4. Referanslar

- [1] Antunes, P.; Rocha, A. M.; Lima, H.; et al. "[Thin bonding wires temperature measurement using optical fiber sensors](#)", Measurement, Volume: 44 Issue: 3 Pages: 554-558, Mar 2011
- [2] Hu, Minghui; Xuan, Fuzhen; Tu, Shan-Tung; et al., "[Study of an efficient temperature measurement for an industrial bioreactor](#)", Measurement, Volume: 44 Issue: 5 Pages: 875-880, JUN 2011
- [3] Pedersen, K. M.; Tiedje, N., "Temperature measurement [during solidification of thin wall ductile cast iron. Part 1: Theory and experiment](#)", Measurement, Volume: 41 Issue: 5 Pages: 551-560, JUN 2008
- [4] Danisman, K.; Dalkiran, I.; Celebi, F. V., "[Design of a high precision temperature measurement system based on artificial neural network for different thermocouple types](#)", Measurement, Volume: 39 Issue: 8 Pages: 695-700 DOI: 10.1016/j.measurement.2006.03.015 Published: OCT 2006
- [5] Farouq, Y; Nicolazo, C; Sarda, A; et al., "Temperature [measurements in the depth and at the surface of injected thermoplastic parts](#)", Measurement, Volume: 38 Issue: 1 Pages: 1-14, JUL 2005
- [6] Muller, B; Renz, U., "[Time resolved temperature measurements in manufacturing](#)", Measurement, Volume: 34 Issue: 4 Pages: 363-370, DEC 2003
- [7] Neuer, G; Fischer, J; Edler, F; et al., "[Comparison of temperature measurement by noise thermometry and radiation thermometry](#)", Measurement, Volume: 30 Issue: 3 Pages: 211-221, OCT 2001
- [8] K. Kesavan, K. Ravisankar, S. Parivallal, P. Sreeshylam, S. Sridhar Experimental studies on fiber optic sensors embedded in concrete Measurement, 43 (2010), pp. 157-163
- [9] Faranda, Roberto; Lazzaroni, Massimo, "[Industrial low cost temperature measurement in permanent electro-magnetic platens](#)", Measurement, Volume: 46 Issue: 1 Pages: 324-335, JAN 2013
- [10] S.J. Liu, Po-Chang Su, Kun-Yeh Lin, In-situ temperature measurements in the depths of injection molded parts, Measurement 42 (2009) 771-777
- [11] Eke, Rustu; Kavasoglu, A. Sertap; Kavasoglu, Nese, "[Design and implementation of a low-cost multi-channel temperature measurement system for photovoltaic modules](#)", Measurement, Volume: 45 Issue: 6 Pages: 1499-1509, JUL 2012

WEB ÜZERİNDEN ANALOG DİJİTAL I/O: BİR NODE MCU UYGULAMASI

Hüseyin Güneş¹, Sabri Bicakci¹, Hakan Çıtak², Mustafa Çoramık³, Yavuz Ege³

¹ Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye

hgunes@balikesir.edu.tr, sbicakci@balikesir.edu.tr

² Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir Meslek Yüksekokulu, Elektrik Programı, Balıkesir, Türkiye

hçıtak@balikesir.edu.tr

³ Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, Balıkesir, Türkiye

mustafacoramik@balikesir.edu.tr, yege@balikesir.edu.tr

Özet

Robotik ve otomasyon uygulamalarının en önemli kısmı algılamadır. Bir robot ya da bir otomasyon sistemi çevresindeki bazı değişkenleri algılamak, yorumlamak ve ona göre karar döngülerini yürütmek zorundadır. Algılanması gereken farklı değişkenler, farklı tiplerde sensörler gerektirir. Günümüzde mekanik, termal, elektrik, manyetik, ışık ve kimyasal değişkenleri belirleyebilecek birçok ticari sensör mevcuttur. Sensörlerin kimileri (CNY70, Shaft enkoder, Sharp uzaklık algılayıcı sensörler vs.) sinyallerini kendileri üretilip bu sinyalin dış ortamla etkileşimlerini ölçerken, kimileri ise (ışık algılayıcı sensörler, piezoelektrik film sensörü, sıcaklık sensörü ve basınç sensörü vs.) sadece çevrelerinden aldıkları sinyalleri ölçmektedirler. Bununla birlikte kimileri dijital çıkış verirken kimileri ise analog çıkış sağlamaktadır. Sensörlerin bu analog ve dijital çıkışları çoğu zaman uzaktan alınması, değerlendirilmesi ve depolanması istenmektedir. Bu durumda kablosuz ya da internet üzerinden analog dijital iletişim gerekmektedir. Kablosuz iletişimde erim kısadır. Bu yüzden internet üzerinden iletişim ön plana çıkmaktadır. İnternet üzerinden iletişimi sağlama prosedürü kabaca iki bölüme ayrılabilir. Birinci bölüm içinde Web arayüzü tasarımı ve bu arayüzün dinamik işlemlerinin programlanması yer almaktadır. İkinci bölümde ise sensör çıkışının internet üzerinden dijital veri olarak gönderilmesine, internetle bağlantısının kurulmasına ve verilerin bir bulut veri tabanına aktarılmasına aracılık eden (Wi-Fi özellikli bir donanım olan Node MCU gibi) ürünlerin programlanması bulunmaktadır. Programın içeriği değişse de bu ürünlerle temelde web üzerinden analog-dijital I/O sağlanmaktadır. Bu çalışmada web üzerinden analog-dijital I/O için Arduino IDE ile Node MCU programlayabilmek için yapılması gereken temel işlemler ayrıntılı olarak anlatılmış ve otomasyon uygulamaları için temel olabilecek bir web arayüzü tasarlanarak örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Node MCU, Web Arayüzü, Analog-Dijital I/O

1. Giriş

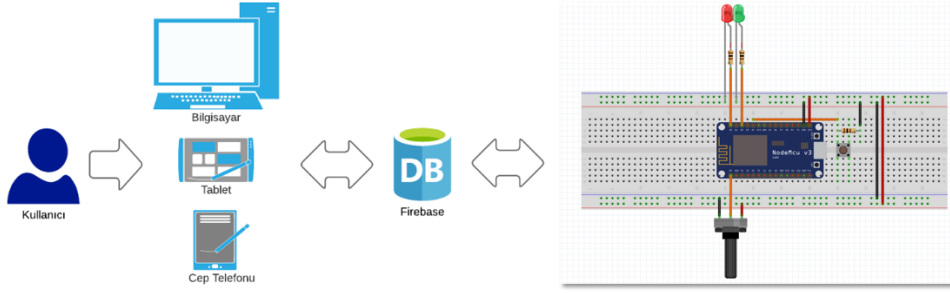
Otomasyon ve endüstriyel sistemlerde, sensör, aktüatör, valf, röle vb. elemanlar, programlanabilir lojik kontrolör ve bilgisayarlarla haberleşmektedir. Böylece bilgi akışı sağlanarak veri toplama, veri işleme, veri analizi işlemleri gerçekleştirilmektedir[1]. Örneğin bir bina otomasyon sistemi incelendiğinde; ısıtma-soğutma, havalandırma, yangın algılama ve alarm, hırsız alarm ve kapalı devre TV üniteleri gibi internet tabanlı uzaktan izlenmesi gereken birçok parametre vardır[2]. İnternet tabanlı uzaktan erişim LAN ya da WLAN şeklinde olabilir. Ayrıca internet tabanlı kontrol uygulamaları, örgün ve uzaktan eğitime devam eden öğrencilere sanal laboratuvar ortamında deney gerçekleştirebilme imkânı sunmaktadır[3]. İnternet üzerinden yürütülen deneylerde öğrenciler gerekli donanımı çalıştırabilmekte, parametreleri değiştirebilmekte, sonuçları değerlendirebilmekte ve sohbet ortamında çevrimiçi arkadaşları ile sorunları ve sonuçları tartışabilmektedirler[4,5]. Öğrencilerin laboratuvara yakın mesafede olmaları ile dünyanın herhangi bir yerde olmasının bir önemi yoktur[6,7].

İnternet tabanlı uzaktan iletişimde, özellikle doğrusal hareketli ya da dönen sensör ağıyla iletişimlerde LAN yerine WLAN bağlantı tercihi kaçınılmazdır. Ev otomasyonu ya da sanal laboratuvar ortamlarının geliştirilmesinde kullanılan sensör ağı, hareketsiz olduğu için sensör ağına LAN bağlantıyla da uzaktan erişim sağlanabilir. Her iki bağlantı şekliyle internet üzerinden iletişimi sağlama prosedürü kabaca iki bölüme ayrılabilir. Birinci bölüm içinde Web arayüzü tasarımı ve bu arayüzün dinamik işlemlerinin programlanması yer almaktadır. İkinci bölümde ise sensör çıkışının internet üzerinden dijital veri olarak gönderilmesine, internetle bağlantısının kurulmasına ve verilerin bir bulut veri tabanına aktarılmasına aracılık eden (Wi-Fi özellikli bir donanım olan Node MCU gibi) ürünlerin programlanması bulunmaktadır. Programın dili, içeriği ya da sensör tipi değişse de internet üzerinden iletişim ve kontrolün temelinde Node MCU gibi ürünlerle kesintisiz analog-dijital I/O sağlanmak yatmaktadır. Bu çalışmada web üzerinden analog-dijital I/O için Arduino IDE ile Node MCU programlayabilmek için yapılması gereken temel işlemler ayrıntılı olarak anlatılmış ve otomasyon uygulamaları için temel olabilecek bir web arayüzü tasarlanarak örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma kapsamında kullanıcıların internete bağlı oldukları herhangi bir noktadan, internete bağlı olan herhangi bir yerdeki cihazları dijital ve analog olarak kontrol ve takip edebildiği bir web arayüzü, tüm sistemin verilerinin ve işlemlerin kayıt altına alındığı bir veri tabanı ile dijital/ analog işlemlerin gerçekleştirilerek verilerin sensörler aracılığı ile okunmasını sağlayan bir

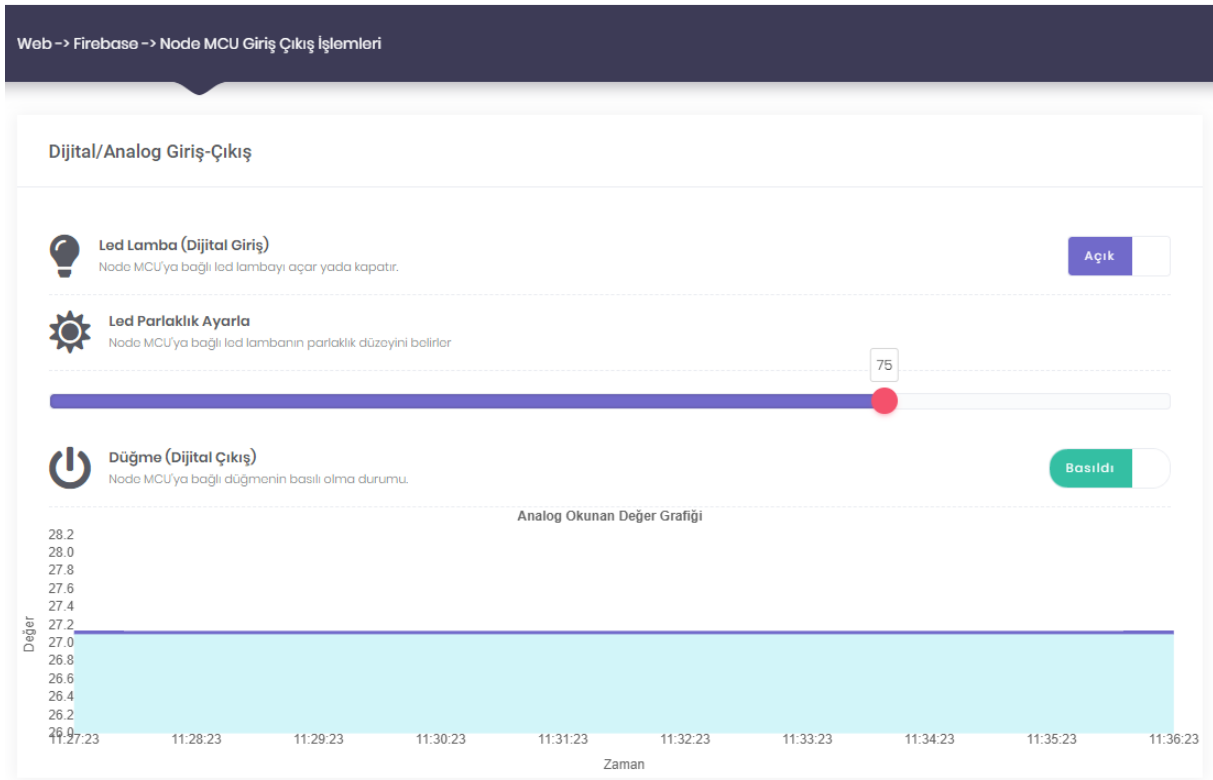
elektronik devre tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Bu bölümde web arayüzü, veri tabanı ve elektronik devre sırasıyla sunulmaktadır. Sistemin genel işleyişi Şekil 1’de sunulmuştur.



Şekil 28: Sistemin genel işleyişi

Kullanıcıların kontrolü sağlayarak verileri takip edebildiği ekran bir web arayüzüdür. Web arayüzü tercih edilmesinin sebebi bir web sayfasının telefon, tablet, bilgisayar gibi çok geniş yelpazede donanımlarda sorunsuz olarak çalışmasıdır. Arayüz geliştirilirken HTML, CSS ve Javascript programlama dilleri ile birlikte bootstrap kütüphanesinden faydalanılmıştır. Ayrıca sayfaların tüm bu belirtilen donanımlarda doğru bir şekilde görünmesi için “responsive” tasarım teknikleri uygulanmıştır. Tasarlanan arayüz Şekil 2’de sunulmuştur.

Web -> Firebase -> NodeMCU



Şekil 29: Web arayüzü

Web arayüzü ilk yüklendiğinde otomatik olarak Firebase veritabanı sunucusuna bağlanılmaktadır. Bu işlem kod-1 bloğu ile gerçekleştirilmektedir.

```
var config = {  
  apiKey: "***",  
  authDomain: "isitici-***.firebaseapp.com",  
  databaseURL: "https://***.firebaseio.com", (kod-1)  
  projectId: "isitici-***",
```



```
storageBucket: "isitici-***..appspot.com",  
messagingSenderId: "***"
```

```
};  
firebase.initializeApp(config);
```

Şekil 2’de görülen arayüzün en üst kısmında bulunan “Led Lamba” bölümünün sağ tarafında yer alan mor düğme ile NodeMCU’ya bağlı olan kırmızı led yakılıp söndürülmektedir. Bu işlem için sayfa yüklendiğinde kod-1 bloğu ile Firebase veri tabanına bağlanılmakta daha sonra kod-2 bloğu ile düğme tıklatıldığında da düğmenin durum verisi veri tabanına gönderilerek kaydedilmektedir. Böylece dijital kontrol işlemi yapılmaktadır.

```
$("#dgm_ac_kapat").click(function() {  
    dgm_ac_kapat_durum=!dgm_ac_kapat_durum;  
    dugme_ac_kapat(dgm_ac_kapat_durum);  
});    (kod-2)  
function dugme_ac_kapat(durum) {  
    firebase.database().ref('led_ac_kapat').set({  
        acik_kapali:durum  
    });  
}
```

Led açıp kapatma düğmesinin altında yer alan “Led Parlaklık Ayarla” bölümündeki sürgü kontrolü ile NodeMCU’ya bağlı olan yeşil ledin parlaklığı ayarlanabilmektedir. Bu işlem için kod-3 bloğu ile sürgünün son bırakıldığı konum verisi okunarak Firebase veri tabanı sunucusuna gönderilerek kaydedilmektedir. Bu sayede analog kontrol işlemi yapılmaktadır.

```
function led_parlaklik_ayarla(deger) {  
    firebase.database().ref('led_parlaklik').set({  
        parlaklik:deger*1  
    });  
}    (kod-3)
```

```
$("#srg_parlaklik").change(function() {  
    led_parlaklik_ayarla($(this).val());  
});
```

Bir başka bölüm olan “Düğme (Dijital Çıkış)” bölümü ile NodeMCU’ya bağlı olan düğmenin o an basılı olup olmadığı bilgisi sunulmaktadır. Bunun için Firebase ile aktif bağlantı kurulmaktadır. Aktif bağlantı sayesinde veri tabanında bulunan düğme durumu verisinde değişiklik olduğu anda ilgili kod bloğu aktif olmaktadır. Böylece düğmeye basıldığı an en hızlı şekilde web arayüzde sonucu görülmektedir.

```
var fr_acik_kapali_durumu = firebase.database().ref('dugme');    (kod-4)  
fr_acik_kapali_durumu.on('value', function(snapshot) {  
    durumu_ac_kapat(snapshot.val());  
});
```

Son olarak uzak noktadaki sıcaklık verileri kullanıcıya grafiksel olarak web arayüzünün en alt kısmında sunulmaktadır. Burada veri tabanında zaman etiketi ile kaydedilen veriler sürekli olarak okunmakta ve gerçek zamanlı olarak grafikte yine zaman etiketiyle kod-5 bloğu ile gösterilmektedir.

```
var commentsRef = firebase.database().ref('/sicaklik_disarisi').orderByChild('timestamp').limitToLast(10);  
commentsRef.on('child_added', function(data) {  
    var tarih = new Date(data.val().timestamp );  
    var saat = tarih.getHours();  
    var dakika = tarih.getMinutes();    (kod-5)  
    var saat_dakika = saat+"."+dakika;
```

```
$("#ust_sicaklik_verisi").html(""+data.val().sicaklik+"°C");  
addData(tarih.toLocaleTimeString(), data.val().sicaklik);  
});
```

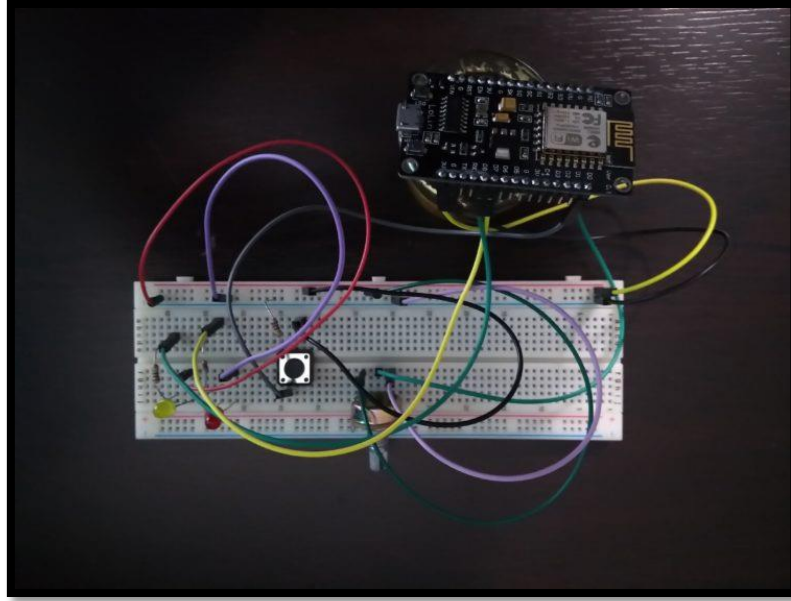
Web arayüzü tüm işlemlerini veri tabanı ile gerçekleştirmektedir. Bu çalışmada firebase veri tabanı kullanılmıştır. Bir gmail hesabı kullanılarak Firebase'in internet sitesinden bir hesap oluşturularak bir veri tabanı oluşturulmaktadır. Ardından sitede belirtilen erişim bilgileri kullanılarak firebase veri tabanına veri yazılabilir veya okunabilir. Veri tabanındaki veriler Şekil 3'te sunulmuştur.

```
isitici-e2064  
-----  
dugme_durum: true  
-----  
led_parlaklik: 128  
-----  
led_yak_sondur: true  
-----  
potansiyometre: 95
```

Şekil 30: Veri tabanındaki alanlar ve değerler

Veri tabanındaki verilerden `dugme_durum` NodeMCU üstünde bulunan düğmenin o an basılı olup olmadığı bilgisini, `potansiyometre` ise potansiyometrenin o anki değerini göstermektedir. Led verileri ise kullanıcının web arayüzünde yaptığı led işlemlerinin değerlerini göstermektedir.

Çalışmada donanımsal altyapı wifi özellikli digital ve analog giriş/çıkış işlemleri yapabilen bir devre kartı olan NodeMCU ile ona bağlı bulunan 1 push button, 1 potansiyometre ve 2 adet leden oluşmaktadır. Donanımların gerçek görüntüsü Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 31: Donanımların gerçek görüntüsü

NodeMCU bu tür kartların en bilineni olan Arduino devre kartında olduğu gibi Arduino IDE yazılımı ile programlanmaktadır. NodeMCU'nun programlanması üç aşamada yapılmıştır. Bunların ilki donanımların(düğme, led ve potansiyometre) kontrol edilmesi, ikincisi internet bağlantısının sağlanması üçüncüsü ise Firebase veri tabanı ile bağlantısının kurularak veri alış-verişinin sağlanmasıdır.

Düğme durumunun, potansiyometrenin değerlerinin okunması ile ledlerin açılıp kapanması ve parlaklığının ayarlanması kod-6 ile gerçekleştirilmiştir.

```
digitalWrite(ac_kapat_led, HIGH); (kod-6)  
analogWrite(parlaklik_ayarla_led, led_parlaklik_ayarla_fb);  
pot_deger = analogRead(potansiyometre);
```

```
dugme_deger = digitalRead(dugme);
```

NodeMCU ile internet ve firebase bağlantıları NodeMCU ilk açıldığı anda gerçekleştirilmektedir. Bu işlemleri kod-7 bloğu gerçekleştirmektedir.

```
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD); (kod-7)
```

```
Firestore.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
```

Son olarak donanımlardan okunan değerlerin firebase veri tabanının yazılması ve firebase veritabanından okunan led değerlerinin uygulanması işlemleri yapılmıştır. Bu işlemler kod-8 bloğu ile gerçekleştirilmiştir.

```
Firestore.getBool("led_ac_kapat/acik_kapali"); (kod-8)
```

```
Firestore.getInt("led_parlaklik/parlaklik");
```

```
Firestore.setBool("dugme", dugme_deger);
```

3. Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak tasarlanan web arayüzü, elektronik devre ve Firebase veri tabanı bağlantısı bu çalışma kapsamında sadece temel dijital ve analog giriş-çıkış işlemleri için geliştirilmiştir. Ancak tasarlanan sistem basınç, sıcaklık, ışık, kuvvet, akım, nem, gerilim vb. bir çok analog ve dijital girdi/çıkış işleminin uzaktan internet aracılığıyla takibi ve kontrolünü sağlayabilecek bir çatı özelliği taşıdığı için literatür açısından önem arz etmektedir.

4. Referanslar

- [1] Vadi, S., Güler, N., Bayındır, R., “Endüstriyel Alanlarda Kullanılan Veri İletim Tekniklerinin Karşılaştırılması”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(1), 181-188, 2014.
- [2]. İlater, C., Ertürk, İ., “Bina Otomasyon Sistemi”, Yapı ve Kentte Bilişim’04, Ankara, 31-36, 2004.
- [3] Yeung K., Huang J., Development of the Internet based control experiment. Decision and Control, Proceedings of the 40th IEEE Conference, 3, 2809 –2814, 2001.
- [4] Arslan, M., İnternet Tabanlı Sıcaklık Kontrol Sistemi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale, 2005.
- [5]Arslan,M., Atabaş, İ., Erişen, A. ve Uzun, İ., “Web Tabanlı Kontrol Uygulamalarında İnternet Kaynaklı Temel Sorunlar Ve Çözüm Önerileri”, IV. Bilgi Teknolojileri Kongresi - Akademik Bilişim Sempozyumu (AB’06), Denizli, 349-352, 2006.
- [6] Ko, C.C.; Chen, B.M.; Jianping Chen; Zhuang, Y.; Chen Tan, K., “Development of a web-based laboratory for control experiments on a coupled tank apparatus”, IEEE Transactions on Education, 44 (1), 76- 86, 2001.
- [7] Luo, R. C., & Chen, T. M., “Development of a multi behaviour based mobile robot for remote supervisory control through the Internet”, IEEE Transactions on Mechatronics, 5 (4), 376–385, 2000.

GEÇMİŞ DEPREM VERİLERİNİ KULLANARAK DEPREM ŞİDDETİNİ SESE ÇEVİRİP KIRILMALARIN DAHA İYİ ANLAŞILMASINI SAĞLAYAN YAZILIM

İhsan Özer

*Pamukkale Üniversitesi,Denizli Teknik Bilimler MYO, Bilgisayar Teknolojileri / Bilgisayar Programcılığı,
Denizli,Türkiye*

ihvano@pau.edu.tr

Özet

Depremleri önceden tahmin etmek zordur, doğru. Fakat olayı şu şekilde değerlendirirsek; deprem, fay hatlarının kırılması ve çatırdamasıyla oluşuyor. Tıpkı bir ağacın dallarındaki çatırdamalar ve kırılmalar gibi. Bir ağaç dalını alıp yavaşça durmadan bükerseniz önce çatırdamaya başlar ardından da kırılır. Deprem de aynen böyle değil midir? İşte benim geliştirdiğim bu yazılım sayesinde geçmiş depremler ve sarsıntılar sese dönüştürülüyor. Yani bir nevi fayları dinleme simülasyonu. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesinin herkese açık olan deprem verilerini kullanarak geliştirdiğim bu yazılım sayesinde il il yaşanan sarsıntı ve kırılmaları dinleyebiliyoruz. Böyle bir yazılımın ne kadar faydalı olabileceğini uzun uzun anlatmama gerek yok diye düşünüyorum. İşte bu makalede bu yazılımı nasıl geliştirdiğimi ve nasıl kullanıldığını anlatacağım

Anahtar Kelimeler: *ses,deprem,fay,yazılım*

1. Giriş

Depremlerin önceden tahmin edilememesi günümüzün bu konudaki en büyük sıkıntılarında biridir ve yakın zamanda da çözülebilecek bir sorun gibi görünmemektedir. Bu durumda odaklanmamız gereken soru tahmin edilemezse dahi tahmin edilmesine yardımcı olabilecek uygulamalar geliştirilip geliştirilemeyeceğidir. Bu makalede tarafımdan yazılan ve geçmiş deprem verilerini kullanarak bölge bölge ses efektlerine dönüştüren bir yazılımdan bahsedilecektir.

2. Materyaller

Yazılım geliştirilirken kullanılan materyaller şunlardır;

- Visual Studio 2012
- SQL
- Access 2007
- C# Programlama Dili

3. Yöntem

Program yazılırken ilk etapta Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesinin internet sitesinden yayınlanan deprem verileri alınarak programın kullanabileceği formata dönüştürülerek Access veritabanına kaydedilmiştir.



Değerli ziyaretçiler; Sitemizde yayımlanan her türlü bilgi, veri ve haritalara ilişkin telif hakları münhasıran Boğaziçi Üniversitesi Rektörlüğü'ne ait olup, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem A Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme Ve Değerlendirme Merkezi kaynak gösterilerek kullanılabilir. Söz konusu bilgi, veri ve haritalar Boğaziçi Üniversitesi Rektörlüğü'nün yazılı izni ve onayı olmadan herhangi bir kullanılamaz.

[Otomatik Çözümler](#) [Haritada Göster](#) [Harita \(Google\)](#) [Veri Toplama ve Değerlendirme](#) [English \(UTC\)](#) [Android](#) [IOS](#) [Twitter](#) [Facebook](#)

.....TÜRKİYE VE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ SON DEPREMLER.....
.....BÖLGESEL DEPREM-TSUNAMI İZLEME VE DEĞERLENDİRME MERKEZİ HIZLI ÇÖZÜMLERİ.....
..... (YAPAY SARSINTI ANALİZİ YAPILMAMIŞTIR) Son 500 deprem listelenmiştir.....

Tarih	Saat	Enlem(N)	Boylam(E)	Derinlik(km)	Büyükölç			Yer	Çözüm Niteliği
					MD	ML	Mw		
2019.09.01	12:24:09	37.5962	26.8247	2.0	--	2.5	--	EGE DENİZİ	İlksel
2019.09.01	12:23:21	37.6082	26.7870	13.5	--	2.4	--	EGE DENİZİ	İlksel
2019.09.01	09:57:49	37.8473	29.6155	16.4	--	1.9	--	TUTLUCA-BOZKURT (DENİZLİ)	İlksel
2019.09.01	09:57:00	37.7843	29.6773	5.0	--	1.8	--	SAZKOY-BOZKURT (DENİZLİ)	İlksel
2019.09.01	09:47:14	38.9987	27.6088	5.3	--	2.1	--	SULEYMANKOY-AKHISAR (MANISA)	İlksel
2019.09.01	09:03:29	36.7962	27.7228	4.0	--	2.2	--	KIZLAN-DATCA (MUĞLA)	İlksel
2019.09.01	08:55:02	38.0755	26.9097	6.7	--	1.7	--	KUSADASI KORFEZİ (EGE DENİZİ)	İlksel
2019.09.01	08:40:12	37.7953	27.0607	5.3	--	2.0	--	KUSADASI KORFEZİ (EGE DENİZİ)	İlksel
2019.09.01	08:13:31	37.5720	26.8557	1.8	--	2.1	--	EGE DENİZİ	İlksel
2019.09.01	07:58:11	38.5242	27.6853	2.0	--	1.8	--	TURGUTLU (MANISA)	İlksel
2019.09.01	06:42:12	37.6000	26.8208	1.7	--	1.7	--	EGE DENİZİ	İlksel
2019.09.01	06:37:46	37.5510	26.8087	5.0	--	2.1	--	EGE DENİZİ	İlksel
2019.09.01	06:13:26	37.8217	29.6350	12.5	--	1.5	--	BOZKURT (DENİZLİ)	İlksel
2019.09.01	06:12:27	37.5192	26.7720	9.2	--	2.2	--	ONIKI ADALAR (AKDENİZ)	İlksel
2019.09.01	06:09:04	35.8785	27.1993	5.4	--	1.9	--	AKDENİZ	İlksel
2019.09.01	06:06:58	37.8197	29.6427	15.3	--	1.3	--	CARDAK (DENİZLİ)	İlksel
2019.09.01	05:31:08	37.3610	29.8247	7.0	--	1.9	--	KARAMANLI (BURDUR)	İlksel
2019.09.01	05:15:41	37.3495	29.8197	3.9	--	1.7	--	KARAMANLI (BURDUR)	İlksel
2019.09.01	04:40:46	37.5630	26.8392	4.2	--	1.8	--	EGE DENİZİ	İlksel
2019.09.01	04:22:38	40.5485	30.5697	8.8	--	1.2	--	HANYATAK-AKYAZI (SAKARYA)	İlksel
2019.09.01	04:14:47	37.8557	29.6317	8.5	--	1.7	--	TUTLUCA-BOZKURT (DENİZLİ)	İlksel
2019.09.01	02:43:45	36.8738	27.7165	5.6	--	2.1	--	GOKOVA KORFEZİ (AKDENİZ)	İlksel
2019.09.01	01:31:43	36.8208	27.7527	9.2	--	1.9	--	GOKOVA KORFEZİ (AKDENİZ)	İlksel
2019.09.01	01:27:50	37.8152	29.6805	13.1	--	1.4	--	CARDAK (DENİZLİ)	İlksel
2019.09.01	00:51:35	39.8345	41.4155	8.0	--	1.5	--	CAMLICA-PASINLER (ERZURUM)	İlksel
2019.09.01	00:45:59	38.4808	27.7145	5.4	--	1.8	--	TURGUTLU (MANISA)	İlksel
2019.09.01	00:27:31	40.4288	28.9947	5.5	--	2.4	--	GEMLIK KORFEZİ (MARMARA DENİZİ)	İlksel

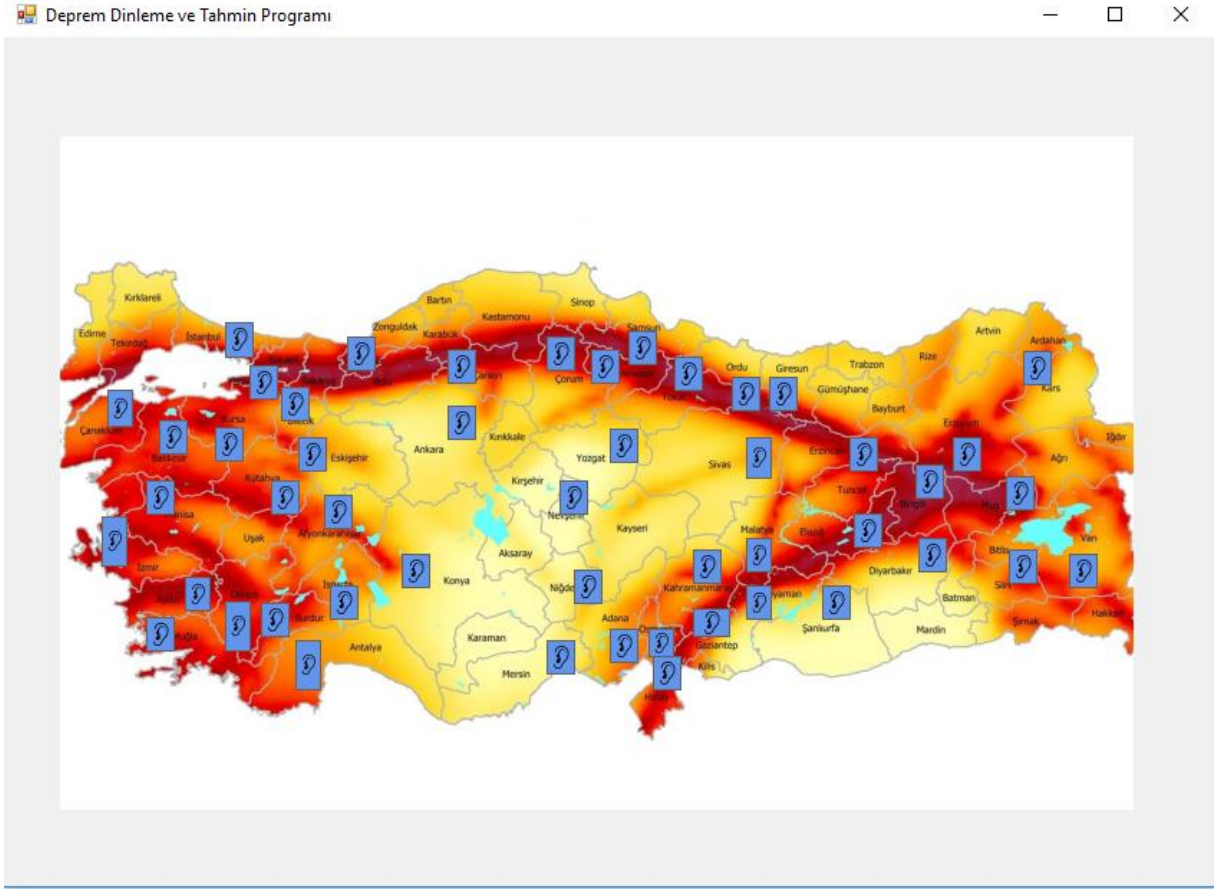
Şekil 1 Kandilli Rasathanesi Verileri

I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos 2019, Pamukkale,Denizli/Türkiye
I. International Science and Innovation Congress, 26-29 August 2019, Pamukkale,Denizli/TURKEY

veriler	tarikh	saat	enlem	boylam	derinlik	md	ml	mw	yer	cn
	2019.07.11	13:43:18	40.1092	31.5953		2.0			2 (ANKARA)	
	2019.07.11	11:46:28	37.1673	27.8862		0.0			1 (MUGLA)	
	2019.07.11	11:04:28	39.0180	37.3222		0.0			2 (SIVAS)	
	2019.07.11	10:05:13	37.2020	27.8652		0.0			1 (MUGLA)	
	2019.07.11	09:58:55	39.7152	25.6988		5.0			2 DENIZI	
	2019.07.11	09:28:43	38.8530	30.1038		5.2			2 (KUTAHYA)	
	2019.07.11	08:50:10	38.3308	26.8510		9.5			2 (IZMIR)	
	2019.07.11	07:15:19	36.9830	27.6455		5.0			2 KORFEZI	
	2019.07.11	04:03:23	39.6033	26.5300		5.6			2 (CANAKKALE)	
	2019.07.11	02:42:11	37.3692	29.4053		7.5			2 (DENIZLI)	
	2019.07.11	02:23:47	38.9567	26.0305		8.7			4 DENIZI	
	2019.07.10	23:59:12	36.4390	29.0613		9.7			2 (MUGLA)	
	2019.07.10	21:39:54	40.5638	33.0335		3.5			2 (CANKIRI)	
	2019.07.10	16:09:39	39.5690	26.0310		5.4			2 ACIKLARI-CAN.	
	2019.07.10	15:29:54	38.7418	38.1005		5.0			2 (MALATYA)	
	2019.07.10	15:06:10	37.4028	38.6920		5.5			2 (SANLIURFA)	
	2019.07.10	14:48:26	38.0292	38.9372		5.9			2 (ADIYAMAN)	
	2019.07.10	13:56:25	37.0970	43.4902		5.0			4 SINIR	
	2019.07.10	08:36:58	38.9695	43.3445		3.1			2 (VAN)	
	2019.07.10	08:03:06	40.6273	28.9490		9.6			2 (YALOVA)	
	2019.07.10	01:00:13	37.1498	28.6615		5.0			3 (MUGLA)	
	2019.07.10	00:02:23	39.1160	27.8888		6.9			2 (MANISA)	
	2019.07.09	23:47:54	37.8497	26.6578		5.3			1 DENIZI	
	2019.07.09	23:13:27	40.6892	27.4787		9.0			1 ACIKLARI-TEKII	
	2019.07.09	21:25:21	36.6000	28.6800		5.3			3 ISLANDS,	
	2019.07.09	20:26:39	40.6347	28.9712		5.6			2 (YALOVA)	
	2019.07.09	19:06:37	40.7190	26.9540		6.3			1 (CANAKKALE)	
	2019.07.09	18:12:38	38.2843	41.1417		5.2			2 (DIYARBAKIR)	
	2019.07.09	17:59:12	36.5293	29.0517		2.9			2 ACIKLARI-MUG	
	2019.07.09	13:27:52	40.3578	27.7563		1.6			3 KORFEZI	
	2019.07.09	12:25:51	37.2640	31.8543		0.0			2 (KONYA)	
	2019.07.09	12:07:32	36.9762	27.6768		7.2			2 KORFEZI	
	2019.07.09	11:55:41	36.9522	22.6718		0.0			2 (MERSIN)	

Şekil 2 Verilerin Program Tarafından Kullanılan Hali

Veriler işlendikten sonra programın arayüzü tasarlanmıştır. Arayüz tasarlanırken anlaşılır olması ve istenilen bölgenin dinlenebilmesi için görsellere yer verilmiştir. Formun arka planına ise güncel Türkiye Deprem Fay Hatları Haritası yerleştirilmiştir.



Şekil 3 Yazılımın Arayüzü

Bu arayüz sayesinde kullanıcı istediği ile tıklayarak sistemde kayıtlı olan deprem verilerine göre ilgili bölgeyi dinleyebilmektedir.

Yazılım geliştirilirken ardarda olan depremler belli bir algoritma ile depremin şiddetine göre farklı ses efektleri ile birleştirilip kullanıcıya dinletilmektedir. Bu sayede bir deprem uzmanı tarafından fayın dinlenmesi simüle edilmiş olmaktadır.

Arka planda yazılımın kod kısmında tıklanan ilde meydana gelen depremlerin ses efektleri "getir" isimli bir fonsiyon ile birleştirilerek sesin çıkışı sağlanmıştır.

```
private void pbDenizli_Click(object sender, EventArgs e)
{
    getir("(DENİZLİ)",pbDenizli);
}

private void pbMalatya_Click(object sender, EventArgs e)
{
    getir("(MALATYA)",pbMalatya);
}

private void pbizmir_Click(object sender, EventArgs e)
{
    getir("(İZMİR)",pbizmir);
}

private void pbAntalya_Click(object sender, EventArgs e)
{
    getir("(ANTALYA)",pbAntalya);
}

private void pbAydin_Click(object sender, EventArgs e)
{
    getir("(AYDIN)",pbAydin);
}
```

Şekil 4 Getir Fonksiyonu

4. Sonuç

Sonuç olarak bu uygulama sayesinde fay hatlarındaki çatırdamalar ve hareketlilikler gerçeğe yakın efektler ile dinlenebilmekte ve olabilecek diğer kırılmalar hakkında önceden fikir edinilebilmektedir. Yazılım geliştirilmeye açık olduğundan bölgenin coğrafi konumu, depremin merkez üssünün derinliği gibi parametreleri de kullanarak geliştirilebileceği gibi uzun vadede bölge bölge ses kaydı da yapılabilecektir. Bu da tıpkı bir ağaç dalının önce çatırdayıp sonra kırılması gibi olası bir deprem öncesinde anlamlı bir bilginin sahibi olmamızı sağlayabilecektir.

5. Kaynaklar

- Kandilli Rasathanesi İnternet Sitesi (<http://www.koeri.boun.edu.tr/scripts/1st0.asp>)
- Visual Studio 2012
- C# Programlama Dili
- Media Player Objeleri
- SQL

PROGRAMCILIK EĞİTİMİNDE TÜMDENGELİM YÖNTEMİ

İhsan Özer

*Pamukkale Üniversitesi, Denizli Teknik Bilimler MYO, Bilgisayar Teknolojileri / Bilgisayar Programcılığı,
Denizli, Türkiye*

ihsano@pau.edu.tr

Özet

Programcılık mesleğinin günümüz dünyasındaki yeri ve değeri her geçen gün artmaktadır. Hal böyle olunca programcılık eğitiminde kullanılan yöntem ve materyallerin de sorgulanma zamanının geldiğini düşünüyorum. Bu makalede bir akademisyen olarak sıklıkla kullandığım ve dikkate değer geri dönüşler aldığım bir yöntemin üzerine dikkat çekmek istiyorum. Tümdengelim yöntemi. Eğitim sistemimizin materyal ve tekniklerini derinlemesine inceleyecek olursak bilinçli veya bilinçsiz bir çok kaynağın tümevarım yönteminden faydalandığı görülmektedir. Oysa ben, bu ve benzeri yöntemlerin bir çoğunun programcılığın doğasına uygun olmadığını düşünüyorum. Zira biz programcılar bir şeyin ne olduğundan çok nasıl olduğunu merak ederiz. O şeyin ne olduğunu nasıl yapıldığını öğrendikten sonra kendimiz öğreniriz. Bir şeyin ne olduğunun öğretmekten çok öğrenmekle alakalı olduğunu düşünüyorum. Bir çok kaynak ne olduğunu anlatır ve bu kavramlar havada kaldığı gibi programcı adayı kendi başına kod yazmaya çalıştığında da nasıl yazacağını bilemez. Programcılıkta herşey heran değişir. Bundan dolayı ne olduğundan öte adaylara kod yazmanın mantığını kavratacak daha etkili yöntemlerin aranması şarttır. Makalenin ilerleyen bölümlerinde bu düşünceyi destekleyen somut ve anlaşılır örnekler verilip tümdengelim yöntemin etkisinin geri dönüşlere katkısı analiz edilecektir.

Anahtar Kelimeler: *tümdengelim, programcılık, yöntem*

1. Giriş

Programlama okadar hızlı bir şekilde gelişmekte ve değişmektedir ki programcılık eğitiminde kullanılan materyaller ve kaynaklar bu hıza ayak uyduramamaktadır. Bu makalede hem programcılık eğitimindeki mevcut öğretim tekniklerini sorgulayacağız hem de programcıları ve eğitimdeki beklentilerini daha iyi anlamaya çalışacağız.

2. Yöntem

Her geçen gün teknoloji ve onun motoru sayılabilecek programcılık, başımızı döndüren bir hızda gelişmekte ve değişmektedir. Fakat malesef eğitim ve öğretim tekniklerine baktığımızda yıllar öncekinden çok farklı olmadığını görmekteyiz.

Her ne kadar ders isimleri ve müfredat değişse de yöntemlerin bir çoğu güncel değildir. Zira kaynaklara ve tekniklere baktığımızda çoğu kaynağın bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde “tümevarım” yöntemini kullandığını görmekteyiz. Bununla neyi kastettiğimizi biraz daha açıklığa kavuşturalım.

Tümevarım yöntemi temelden başlayarak tümü anlamaya çalışan bir yöntemdir. Oysa ki programlama da “tüm” diye bir şey yoktur. Çünkü programlamada heran herşey değişir ve tüm olan sabit olmadığı için ona ulaşmak da mümkün değildir. Bundan dolayı eğitim ve öğretim de programcıyı daha iyi anlamak gerekmektedir.

Programcılar, bir şeyin ne olduğundan öte nasıl yapıldığını merak eder. (haklı olarak) Fakat eğitimde nasıl yapıldığından öte ne olduğu anlatılmaya çalışılmakta ve bu da havada kalan tonlarca bilgi yığınından öteye geçememektedir. Bu durumda zaten anlaması zor olan programlama teknikleri daha da karmaşık bir hale gelmektedir ve bunun en büyük sıkıntısını programcılar yaşamaktadır.

Peki ne yapılabilir?

Elbette ki sihirli bir değnek ile programcıyı eğitemeyiz ama program yazmayı daha anlaşılır hale dönüştürebiliriz. Eğer “tümdengelim” yöntemini kullanırsak bunun programcılara daha fazla yardımcı olacağını düşünebiliriz. Tümdengelim tümevarım tekniklerinin aksine mevcut olan tüm bilgidен temeli anlamının yolunu açar bu da hem bilgilerin havada kalmasını engeller hem de öğrenme hızını artırır. Bu yöntem belki başlangıçta programcıyı biraz daha zorlar ama kısa bir süre içerisinde programcıya öğrenme konusunda ciddi bir ivme kazandırır.

Tıpkı yüzmenin suyun içerisinde, yabancı dilin o dili konuşanların içerisinde daha iyi öğrenildiği gibi programcılık da kodun içerisinde daha iyi öğrenilir. Zira asıl öğreten eğitimciden öte içinde bulunulan ortamdır.

Aşağıda tarafımdan “tümdengelim” yöntemi ile yazılmış iki kitabın görseli bulunmaktadır. Bu kitaplar henüz yeni basılmasına rağmen kendi alanlarında en çok ilgi gören kitaplardandır. Programcıların bu kadar ilgi göstermelerinin sebebi kesinlikle kaynağın programcıyı daha iyi anladığının delilidir.



Şekil 1 “Tümdengelim” Yöntemini Kullanarak Yazılmış Örnek Kitaplar

Bu ve benzeri kaynaklar programcıya ilgili konuyu kodun içerisinde anlatmakta ve programcı hem uygulayarak öğrenmekte hem de programlamanın mantığını ve temeli anlamak için daha hızlı yol katetmektedir.

3. Sonuç

“Tümdengelim” yöntemi sayesinde programcı adayı havzun içinde yüzme öğrenmek gibi daha etkili ve hızlı öğrenmektedir. Aynı zamanda uygulama da geliştirdiği için mesleki tatmin açısından da moral kaynağı olmaktadır.

Öğrenmenin doğası gereği nasıl olduğunu öğrendikten sonra “ne” olduğunu öğrenmesi hem daha kolay olmakta hem de öğrenilen bilginin temelini ve mantığını anlamak için güzel bir kapı açılmaktadır.

4. Kaynaklar

- Az Bilenler İçin C#, ÖZER İHSAN, Yayın Yeri:Seçkin Yayıncılık, Basım sayısı:1, Sayfa sayısı:190, ISBN:9789750250590,
- Veritabanı ve SQL, ÖZER İHSAN, Yayın Yeri:Seçkin Yayınevi, Basım sayısı:1, Sayfa sayısı:128, ISBN:9789750255083,

Dipnot: Makaledeki örnek kitaplar hiçbir şekilde reklam ve ticaret amaçlı kullanılmamış, öğretme tekniklerine örnek vermek ve konunun daha iyi anlaşılmasını sağlamak için kullanılmıştır.

UNCLUSTERED INDEX KULLANMANIN SORGULARA ETKİSİ

İhsan Özer

*Pamukkale Üniversitesi, Denizli Teknik Bilimler MYO, Bilgisayar Teknolojileri / Bilgisayar Programcılığı,
Denizli, Türkiye*

ihvano@pau.edu.tr

Özet

Veritabanı normalizasyon aşamalarında indexlerin önemi büyüktür. Doğru kolonlara uygulanan indexlerin sorguların hızındaki olumlu etkisi tartışılmazdır fakat veritabanının sadece bazı sorgulara daha hızlı cevap vermesi için tanımlanmış unclustered indexler varsa bunların sorgunun performansını ve uygulamaların hızını nasıl olumsuz etkileyebileceğini somut örneklerle derinlemesine inceleyeceğiz. Günümüz dünyasında hızın ne kadar önemli olduğunu hatırlatmaya gerek yok diye düşünüyorum. Bu makalede aynı sorgu cümleleri unclustered indexli tablolarda ve unclustered index olmayan tablolarda çalıştırıldığında veritabanının bu sorgulara nasıl ve hangi hızda cevap verdiği incelenecek ve bu konunun ihmal edilemeyecek kadar önemli bir ayrıntı olduğu net bir şekilde görülecektir.

Anahtar Kelimeler: index,uclustered,sorgu,performans

1. Giriş

Index kullanımı veritabanı yönetim sistemlerinde özellikle sorguların performansı açısından son derece kritik bir öneme sahiptir. Bu makalede index türlerinden unclustered indexlerin olumlu yanlarını hatırlatmakla beraber asıl vurgu yapacağımız nokta gereksiz unclustered index kullanmanın sorgulara cevap alma performansına olumsuz etkileri olacaktır.

2. Materyaller

Bu makaledeki incelemelerde aşağıdaki araçlardan faydalanılmıştır;

- SQL Server 2014
- SQL
- Windows 10 İşletim Sistemi

3. Yöntem

Elbette sorguların özellikle koşul kısımlarında sıklıkla kullanılan kolonlara index tanımlamak “select” cümlelerinin performansını ve veri tabanı yönetim sistemlerinin cevap süresini olumlu yönde etkiler. Fakat şu ayrıntı çoğu projede gözden kaçabilmektedir;

Unclustered index tanımlanan her kolon için ilgili tablonun, verileriyle beraber sanal bir kopyasını oluşturur. Tabi ki bu işlem veritabanı yönetim sistemi tarafından arka planda yapıldığı için programcı bunu fiziksel olarak göremez ve bundan dolayı ileride oluşabilecek hantallaşmaların sebeplerini başka yerlerde arayabilir.

Oluşturulan her kopya tablonun elbette ki veritabanı yönetim sistemine bir yükü de olacaktır. Mesela eklenen her kayıt ilgili tablonun kopyalarına da eklenmek zorundadır. Aksi takdirde verilerde tutarsızlıklar olur ve index de pek sağlıklı davranamaz. Bu durumda şunu söyleyebiliriz ki index “select” cümlelerinin performansını oldukça olumlu etkiler ama insert,update ve delete cümlelerinin performanslarını kesinlikle olumsuz etkileyecektir. Zira aynı işlemi kopya tablolarda da yapmak zorundadır.

Buradan şunu da anlayabiliriz ki; eğer sürekli ekleme, çıkarma veya güncelleme olan bir tabloya “select” performansını arttırmak için indexler tanımlanmadan önce iki defa düşünülmelidir. Zira bir talebe hızlı cevap vermek isterken diğer bütün taleplerin cevabı olumsuz yönde etkilenebilir.

Bunu test etmek için öncelikle SQL Server da tanımlanan bir veritabanında verilerle beraber birbirinin kopyası aşağıdaki gibi iki tablo oluşturuldu;

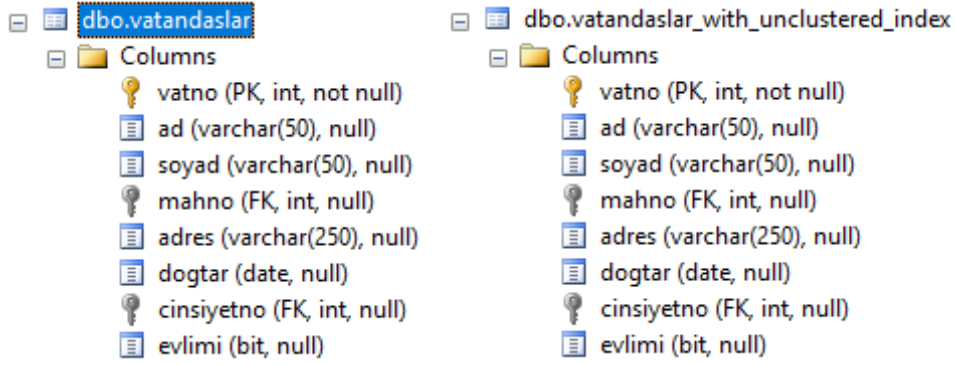
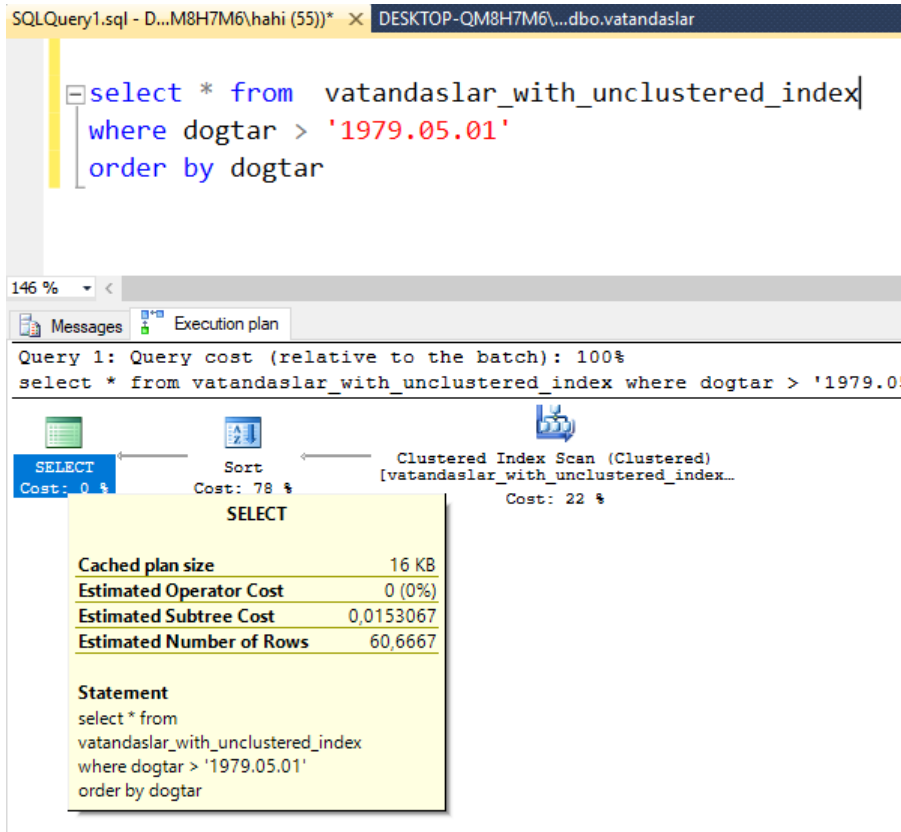


Table Name	Column Name	Column Type	Constraints
dbo.vatandaslar	vatno	int	PK, not null
	ad	varchar(50)	null
	soyad	varchar(50)	null
	mahno	int	FK, null
	adres	varchar(250)	null
	dogtar	date	null
	cinsiyetno	int	FK, null
	evlimi	bit	null
dbo.vatandaslar_with_unclustered_index	vatno	int	PK, not null
	ad	varchar(50)	null
	soyad	varchar(50)	null
	mahno	int	FK, null
	adres	varchar(250)	null
	dogtar	date	null
	cinsiyetno	int	FK, null
	evlimi	bit	null

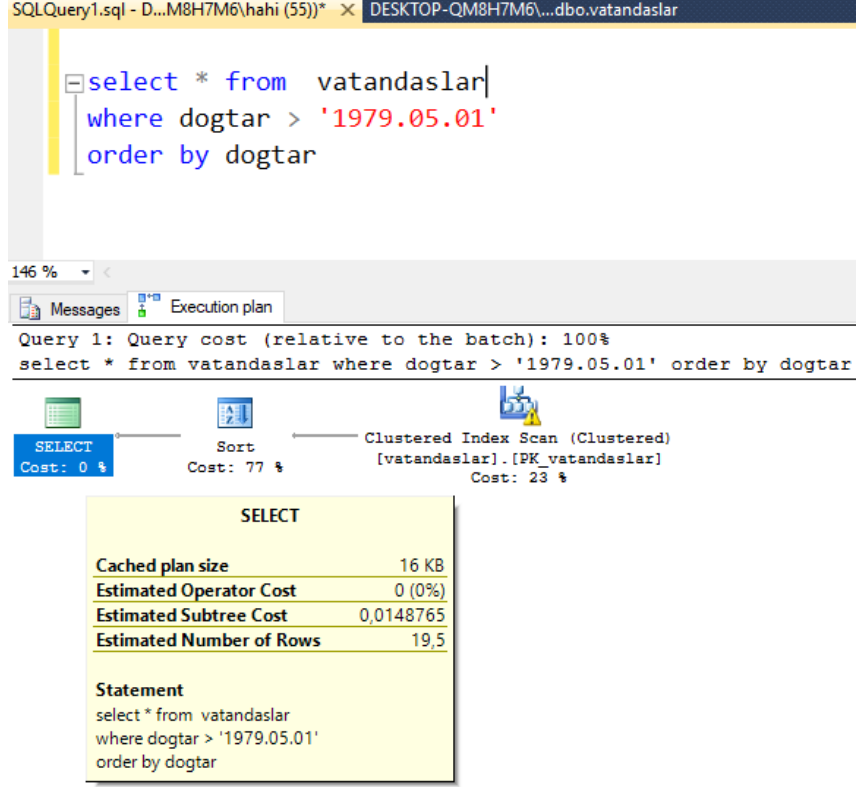
Şekil 1 Tablolar

Bu tabloların içerisindeki veriler de birebir aynıdır. Aralarındaki tek fark sağdaki tablonun (vatandaslar_with_unclustered_index) “dogtar” kolonuna tanımlanan unclustered indextir.

Aynı select cümlesi iki tablo için de çalıştırılıp çalıştırma planına (execution plan) bakıldığında indexli tablonun sorgu performansını olumlu yönde etkilediği net bir şekilde görülmektedir.

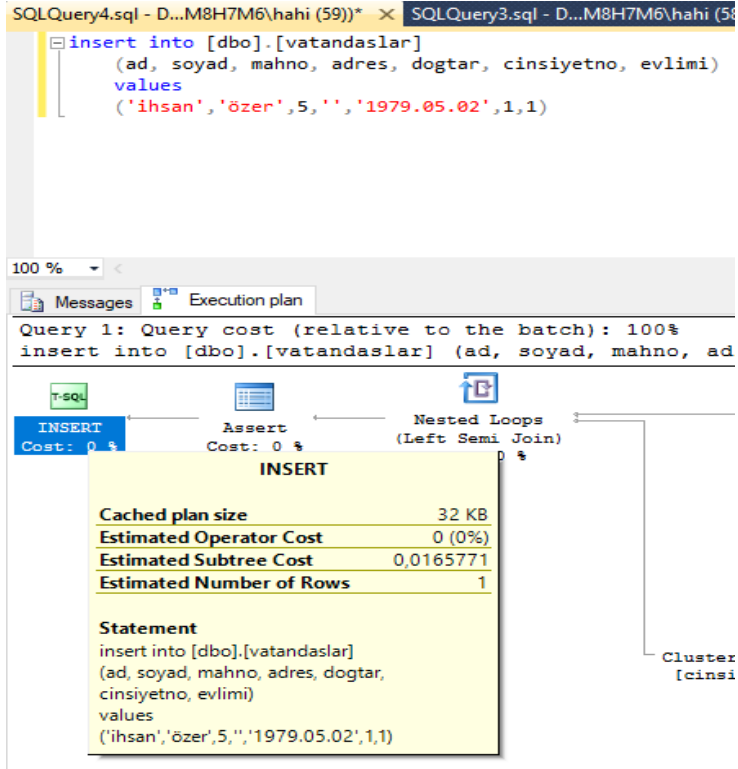


Şekil 2 Index Tanımlanan Tablonun Çalıştırma Planı Sonucu(“Select” İçin)

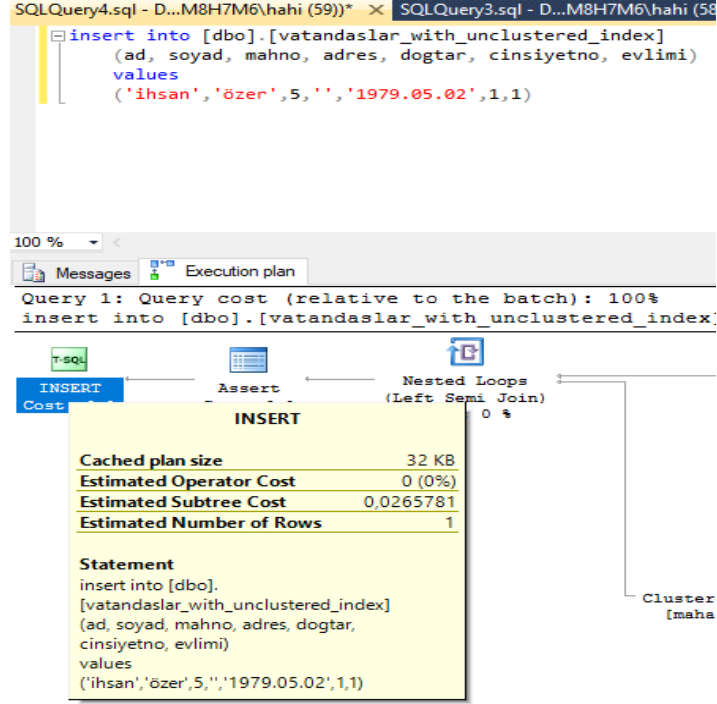


Şekil 2 Index Tanımlanmayan Tablonun Çalıştırma Planı (“Select” İçin)

Fakat aynı “insert” sql cümlesini iki tablo için çalıştırdığımız zaman index tanımlanan tablonun sorguya daha fazla maliyet getirdiği görülmektedir.



Şekil 3 Index Tanımlanmayan Tablonun Çalıştırma Planı (“Insert” İçin)



Şekil 4 Index Tanımlanan Tablonun Çalıştırma Planı (“Insert” İçin)

4. Sonuç

Yapılan incelemeler ve uygulamalar sonucunda unclustered indexlerin “select” performansını arttırdığı fakat “insert,update,delete” performanslarını olumsuz etkilediği görülmektedir. Bundan dolayı unclustered index ler tanımlanmadan önce tanımlanan tablonun meşguliyeti ve projedeki rolü dikkatli bir şekilde analiz edilmeli ve veritabanı yönetim sistemlerinin çalışma mantıkları hiçbir zaman göz ardı edilmemelidir. Zira bu makaledeki basit tablo ve sorgularda dahi net bir şekilde görünen performans farklarının içerisinde milyarlarca kayıt barındıran tablolarda ve projelerde ne gibi sorunlara yol açabileceği unutulmamalıdır.

5. Kaynaklar

- SQL (Sequenced Query Language)
- SQL Server 2014

VERİTABANINDA GEREKSİZ TRİGGER KULLANMANIN MALİYETİ

İhsan Özer

Pamukkale Üniversitesi,Denizli Teknik Bilimler MYO, Bilgisayar Teknolojileri / Bilgisayar Programcılığı,
Denizli,Türkiye

ihvano@pau.edu.tr

Özet

Şüphesiz triggerlar veritabanı yönetim sistemlerinin en havalı yapılarındandır. Triggerların veritabanlarını efektif bir şekilde kullanan uygulamalara faydaları saymakla bitmez. Bundan dolayıdır ki trigger ın olumsuz yönde etkileyebileceği durumlar çoğu projede maalesef ihmal edilmektedir. İşte bu makalede trigger ın bu yönüne dikkat çekilecektir. Özellikle web uygulamalarında gereksiz trigger kullanmanın üzerinde bulunduğu tabloyu nasıl hantallaştırdığı ve sunucunun cevap hızını nasıl düşürdüğü daha net bir şekilde görülecektir. Üzerinde trigger çalışan tabloları ve trigger olmayan tabloları kullanan sorguların çalıştırma planları incelenerek trigger ların sorguların performansına maliyeti analiz edilecektir. Ve inanıyorum ki bu analizlerden sonra veritabanı uzmanları ve programcılar bu yapıyı elbette kullanmaya devam edecektir fakat tetiklenmesi gereken her durumda trigger yazıp yazmaması gerektiğini artık iki kez düşünecektir.

Anahtar Kelimeler: trigger,performans,sorgu

1. Giriş

Trigger, bir veritabanı yönetim sisteminde tablolar üzerinde belirtilen bir olay olunca (tetiklenince) çalışan yapılardır. Yerinde kullanıldığında son derece kullanışlıdır fakat bu makalede kod tarafında çözülebilen durumlarda gereksiz yere kullanıldıklarında veritabanına veya projeye performans açısından ne kadar maliyetli olabilecekleri üzerinde durulacaktır.

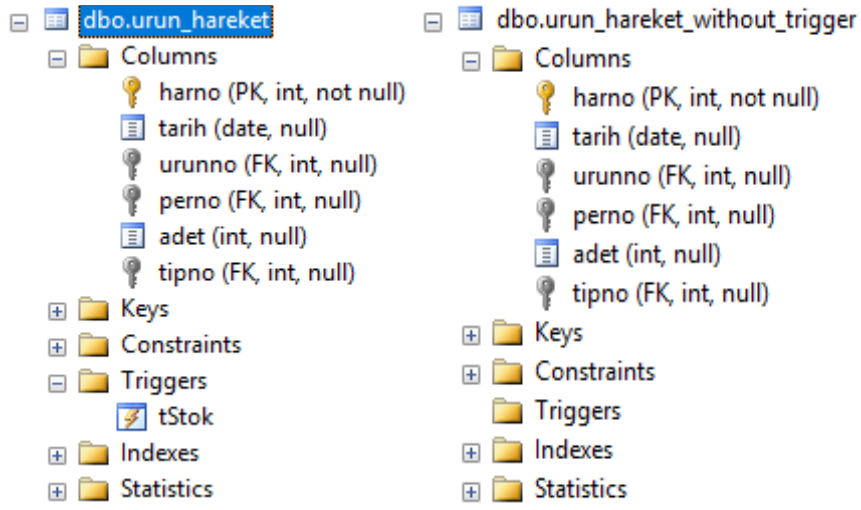
2. Materyaller

Bu makaledeki incelemelerde aşağıdaki araçlardan faydalanılmıştır;

- SQL server 2014
- SQL (Sorgulama Dili)
- Windows 10 İşletim Sistemi

3. Yöntem

Trigger ın projeye, veritabanı sunucusuna veya sorgu performansına maliyetinin daha iyi anlaşılması için trigger dışındaki bütün argümanların aynı olmasına özen gösterilmiştir. Bundan dolayı aynı veritabanında her şeyi ile aynı olan iki kopya tablo kullanılmıştır. (Veri tipleri, kolon sayıları ve veriler) bu tablolar aşağıdaki gibidir.



Şekil 1 Tablolar

Görüldüğü üzere soldaki tablonun sağdaki tablodan tek farkı “tStok” isimli bir trigger a sahip olmasıdır.

“tStok” isimli trigger ın sql kodu ise şu şekilde olup ilgili tabloya bir kayıt eklendiğinde hareketin alış veya satış olup olmadığına bakarak stoğu otomatik olarak güncelleme işlemini yapmaktadır.

```
-- urun_hareket tablosunun üzerinde çalışan tStok isimli bir trigger
ALTER trigger [dbo].[tStok] on [dbo].[urun_hareket]
after insert -- urun_hareket tablosuna bir kayıt eklendiğinde çalışacak
as
begin
-- lazım olan değişkenlerimiz
declare @urunno int
declare @adet int
declare @hareket_tipi int

-- inserted tek bir kayıt olduğundan 'select' i tıpkı 'set' gibi
-- değişkenlere değer atmak için kullanabiliyoruz.
-- eklenen kayıttan değerleri okuyup değişkenlere atıyoruz
select @urunno = urunno,@adet=adet,@hareket_tipi = tipno from inserted

-- eklenen kaydın hareket tipi 1 ise 'Alış', 2 ise 'Satış' işlemi olduğundan
-- 1 ise ilgili urunun stok miktarı adet kadar arttırılıyor
-- aksi durumda ise adet kadar azaltılıyor.
if (@hareket_tipi = 1)
update urunler set stok = stok + @adet where urunno = @urunno
else
update urunler set stok = stok - @adet where urunno = @urunno

end
```

Şekil 2 “tStok” Trigger Kodu

Şimdi bu iki tabloya da “insert” işlemi yapıp sunucunun işlemcisini (CPU) izleyelim ve sadece CPU da dahi ne gibi bir meşguliyet oluşturduğunu görelim.

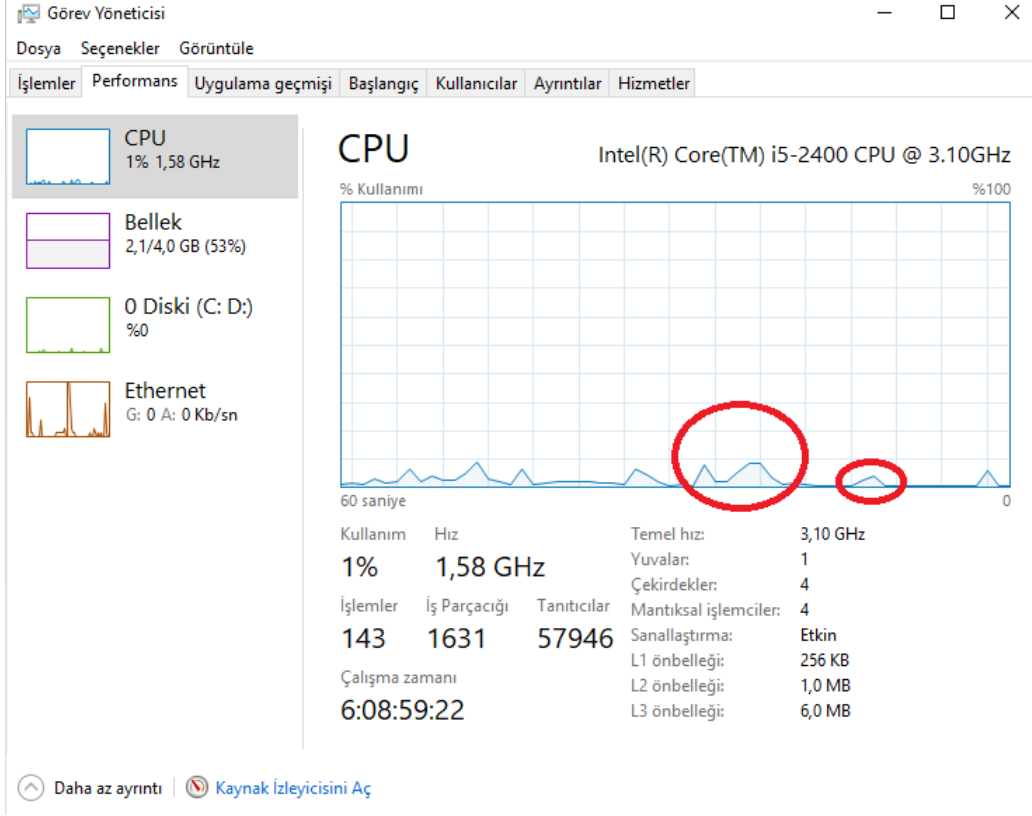
İki tablo için de aşağıdaki basit “insert” sql sorgusunu çalıştıralım;

```
ALTER procedure [dbo].[spTrigger]
as
begin
insert into urun_hareket
(tarih, urunno, perno, adet, tipno)
values
('2019.08.28',3,2,3,1)
end

ALTER procedure [dbo].[spWithoutTrigger]
as
begin
insert into [dbo].[urun_hareket_without_trigger]
(tarih, urunno, perno, adet, tipno)
values
('2019.08.28',3,2,3,1)
end
```

Şekil 3 Trigger ı Tetikleyen Sql Kodu

Bu iki sql cümlesini de aynı anda çalıştırıp CPU nun performas analizine bakalım;



Şekil 4 CPU Performans Analizi

Yukarıdaki CPU performans analiz grafiğine baktığımızda ilk işaretlenmiş kısım üzerinde trigger çalışan, ikinci işaretlenen kısım ise üzerinde trigger çalışmayan tabloyu kullanan sorgunun çalıştığı andır.

Şekilde basit bir sorguda dahi sunucunun CPU sunu trigger olmayan tabloya nazaran ne kadar meşgul ettiği görülmektedir.

Basit bir tabloda ve sorgu da dahi işlemciyi bu kadar meşgul eden bu yapının, üzerinde milyarlarca kayıt olan ve sürekli kullanılan tablolarda nasıl bir meşgulliyete sebep olabileceğini tahmin etmemiz zor değildir.

Ayrıca bir tablo üzerinde bir sorgu çalıştığı zaman veritabanı yönetim sistemi o sorguya cevap vermeden önce tabloyu kilitler bundan dolayı da eğer triggerlar "select" ile çok talep edilen tablolar üzerinde tanımlandıysa istemciye dönüş zamanı uzayacaktır.

4. Sonuç

Elbette ki ihtiyaç durumunda veritabanı sunucusunu çok yormadığı sürece trigger kullanılmalıdır. Fakat kodsız çok maliyeti olmayan durumlarda trigger tanımlanan tablonun kullanım sıklığına bakılmalı ve ona göre trigger ın yazılıp yazılmayacağına karar verilmelidir.

Aksi takdirde gereksiz kullanımlarda hem tabloların hantallaşmasına hem de istemciye cevap verme süresinin artmasına sebep olacaktır.

5. Kaynaklar

- SQL Server 2014 (Veritabanı Yönetim Sistemi)
- SQL (Sorgulama Dili)
- Windows 10 Görev Yöneticisi

4.5G MOBİL TELEFON YAYINIMINA MARUZİYETİN SIÇANLARDA AĞIRLIK ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

İrem Karaman^{1*}, Özlem Coşkun²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik Anabilim Dalı

irempostaci@gmail.com

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

ozlemcoskun@sdu.edu.tr

*Sorumlu Yazar

Özet

Bu çalışmada, 4.5G mobil telefon yayınından kaynaklı 2600 MHz elektromanyetik alan maruziyetinin sıçan ağırlıkları üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Deney süresince sıçanlar sıcaklığın ortalama 22 ± 2 °C, nisbi nemin ortalama % 50 ± 5 olduğu ve ideal aydınlatma şartlarında olan laboratuvarlarda standart besin ve su ile beslenmişlerdir. 8 adet yetişkin erkek Wistar Albino sıçanlar her gün 1 saat olmak üzere 30 gün boyunca 2600 MHz elektromanyetik alana (EMA) maruz bırakılmıştır. Deney süresi boyunca haftada bir kez hayvanların vücut ağırlıkları ölçülmüştür. Kontrol (n=8) ve EMA grubunda (n=8) meydana gelen ortalama ağırlık değişimlerine göre istatistiksel olarak karşılaştırma yapılmıştır. Elektromanyetik alan uygulamadan önceki ortalama ağırlıklar; kontrol grubunda 463 gr (SS: 62,8), EMA grubunda 378,9 gr (SS: 21,9) olarak ölçülmüştür. 30 gün sonunda ise ortalama ağırlıkların kontrol grubunda 448,6 gr (SS: 69,3), EMA grubunda 364,9 gr (SS: 34,4) olduğu gözlenmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda, EMA grubundaki ortalama ağırlık değişiminin kontrol grubuna göre anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Anahtar Kelimeler: 4.5G, 2600 MHz Elektromanyetik Alan, Mobil Telefon, Sıçan, Ağırlık

1. Giriş

Her geçen gün yeni nesil kablosuz haberleşme teknolojileri ile dönüşüm yaşanan dünyada, elektromanyetik kirlilik düzeyleri de bu dönüşüm hızına paralel değişim göstermektedir [1]. Doğal elektromanyetik alan (EMA) kaynaklarının (Güneş, yıldırım gibi) yanı sıra günlük hayatımızda sıklıkla kullandığımız TV ve bilgisayarlar, cep telefonları, tıp alanında teşhis amaçlı kullanılan cihazlar, mikrodalga fırınlar, radarlar, elektrikli ev aletleri gibi doğal olmayan kaynakların oluşturduğu EMA'lara maruz kalmaktayız. İnsanların ortamda oluşan bu EMA'ya maruz kalmaları sonucu olumsuz etkiler ortaya çıkabilmektedir. Bu da bilim insanlarını elektromanyetik kirlilik alanında çalışmalar yapmaya yöneltmiştir [2, 3].

Yalnızca yeni standartlar ve donanım geliştirmeye odaklanan 3G mobil sistemlerin tersine, 4G mobil sistemler, GSM, Bluetooth gibi mevcut kablosuz teknolojileri sorunsuz bir şekilde entegre etmeye odaklanmıştır [4]. Bu teknoloji daha yüksek hızda, daha düşük gecikme süresi ve yüksek kapasitede mobil internet sağlayan mobil iletişim teknolojisidir. 4.5G'nin en önemli özelliklerinden biri farklı frekansları kendi içinde eriterek tek bir frekans gibi çok yüksek bir hızda bize sunabilmesidir. Daha kısa sürede dosya indirmek veya sorunsuz bir ağla sağlanan görüntülü görüşmenin mobil telefon kullanımını azaltacağı düşünülebilir. Ancak cep telefonu kullanımıyla ilgili alışkanlıklar dikkate alındığında bu sürenin kısalmayacağı hatta yüksek hızlı, sorunsuz bir bağlantıdan dolayı belki de kullanımın daha da artacağı söylenebilir. Bant genişliğini arttıracak daha yüksek frekanslı bir yayının, insanların daha yüksek SAR (Özgül Soğurma Oranı) değerlerine maruz kalacağını bir realite haline getirmektedir. Bilindiği üzere ortamdaki aynı elektrik alan değerlerinde olsa bile canlı dokuların iletkenlikleri frekansa bağlı olarak artmaktadır. Dolayısıyla dokuda absorbe edilen enerji miktarı da artmaktadır.

EMA maruziyetiyle ilgili literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Özellikle 900 MHz ve 1800 MHz frekansları gibi mobil telefon yayınından kaynaklanan EMA maruziyetinin etkilerinin araştırıldığı çalışma sayısı oldukça fazladır. Diem vd. (2005) yaptıkları çalışmada, kültürlenmiş insan fibroblast hücrelerini, kesikli ve sürekli olarak 1800 MHz EMA'ya maruz bırakmışlardır. Bu maruziyet DNA çift sarmalda kopmalara neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır [5]. Cellat ve Kılıçalp (2010), kobayları bir ay süreyle hem 900 MHz elektromanyetik alana maruz bırakmışlar ve hem de antioksidan olarak günlük 100 mg/kg yeşil çay ekstraktı uygulamışlardır. Elektromanyetik radyasyon uygulanan grupta oksidatif stres göstergesi olan malondialdehit (MDA) düzeyinde kontrol grubuna göre istatistiksel açıdan anlamlı artışlar, antioksidan enzim aktivitelerinde ise önemli azalmalar tespit edilmiştir. Sonuç olarak, 900 MHz EMA'nın böbrek üzerinde oksidatif stres oluşturduğu ve yeşil çay ekstraktının hasarı azalttığı sonucuna ulaşmışlardır [6]. Narayanan vd. (2014), Wistar ratları dört hafta boyunca günde 1 saat boyunca 900 MHz radyofrekans (RF) elektromanyetik radyasyona (RF-EMR) maruz bıraktılar ve oksidatif stresin oluşumunu araştırdılar. 900 MHz RF-EMR'nin lipid peroksidasyonunu indüklediği ve sıçan beyininde antioksidanları azalttığı sonucuna ulaşmışlardır [7]. Postacı (2017) yaptığı çalışmada, ratları 30 gün boyunca günde 1 saat 4.5 G mobil telefon yayınından kaynaklı 2600 MHz EMA'ya maruz bırakmıştır. 2600 MHz EMA'nın karaciğer dokusunda orta seviyede hasarlar oluşturduğu, böbrek dokusunda önemli hasarlara yol açmadığı, comet assay değerlendirmesine göre ise tam kanda lenfositler üzerinde DNA hasarı meydana getirdiği sonucuna ulaşmıştır [8].

Literatürde EMA maruziyetinin sıçanlarda vücut ağırlığı üzerine etkilerine dair çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmaların çoğunda EMA'ların ağırlık üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Çalışmaların bazılarında ağırlıkta artış gözlenirken bazılarında azalma gözlenmiştir. Buna bağlı olarak ağırlıktaki değişimde uygulanan frekans ve maruziyet süresi gibi parametrelerin etkili olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Hayvan çalışmalarında, normal ve hatalı verileri tanımlamak için hayvanın fizyolojisi ve davranışı dikkatle izlenmelidir. Böylece farklı değerleri olan hayvanlar çalışmadan elimine edilebilir. Hayvanlar deney sırasında strese girebilir ve bu da çalışma sonucunda değerlerin farklı çıkmasına neden olabilir. Stres oluşumunu takip etmenin basit bir yolu vücut kütleindeki değişiklikleri belirlemektir. Ulusal Sağlık Enstitüleri, sıçanlar gibi hayvanlar için deney sürecince en az haftada bir kez ağırlık ölçümü yapılması gerektiğini vurgulamaktadır [9].

Literatür incelendiğinde 2600 MHz frekansta sıçanların ağırlıkları üzerine yapılan çalışma eksikliği konunun önemini arttırmaktadır. Bu çalışmada 16 adet erişkin erkek Wistar Albino sıçana 30 gün boyunca günde 1 saat 2600 MHz elektromanyetik alan (EMA) uygulanmıştır. 4.5G mobil telefon yayınından kaynaklı 2600 MHz EMA maruziyetinin sıçan ağırlıkları üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma için etik kurul onayı Süleyman Demirel Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan alınmıştır (Tarih: 05.05.2016, Sayı: 4). Çalışmada, Wistar- Albino cinsi 16 adet sağlıklı yetişkin erkek sıçan kullanılmıştır. Çalışma süresince sıçanların bakımı, beslenmesi, barınması ve deney süresince takibi için, Deney Hayvanları Üretimi ve Deneysel Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan odalar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan sıçanların tamamı Deneysel Araştırma Laboratuvarı'ndan sağlandığı için, deney sırasında sıçanlarda çevresel değişikliklerden kaynaklanan stres veya uyum problemi yaşanmamıştır. Deney süresince sıçanlar sıcaklığın ortalama 22 ± 2 °C, nisbi nemin ortalama % 50 ± 5 olduğu ve ideal aydınlatma şartlarında olan laboratuvarlarda standart besin ve su ile beslenmişlerdir. Deney süresi boyunca haftada bir kez hayvanların vücut ağırlıkları ölçülmüştür. Kontrol (n=8) ve EMA grubunda (n=8) meydana gelen ortalama ağırlık değişimlerine göre istatistiksel olarak karşılaştırma yapılmıştır. İstatistiksel analiz 'SPSS 15.0 for Windows' yazılımı ile T-test'e göre yapılmıştır. Anlamlılık değeri $p < 0,05$ olarak seçilmiştir.

Tüm ratlar Kontrol ve EMA grubu olarak rastgele iki gruba ayrılmıştır. EMA grubuna 30 gün boyunca günde 1 saat 2600 MHz EMA uygulanmıştır.

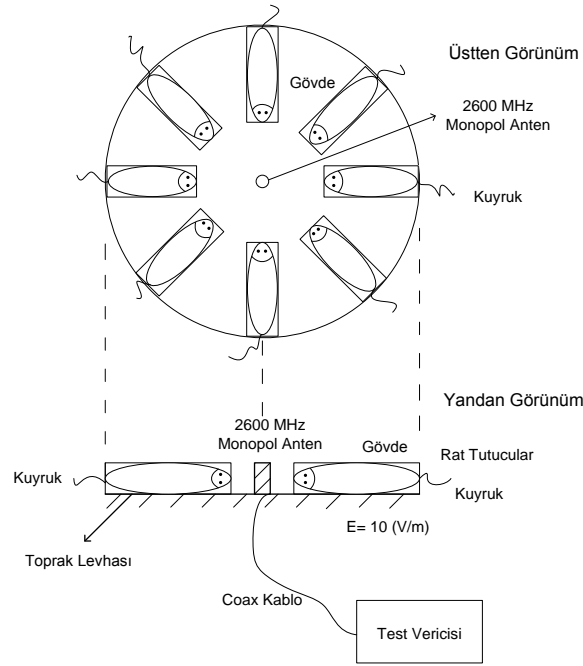
- I. grup: Kontrol grubu. EMA'ya maruz kalmadan kafeste bekleyen ratlar (n=8)
- II. grup: EMA grubu. 30 gün boyunca 1 saat/gün EMA'ya maruz kalan ratlar (n=8)

2.1. Deney Düzeneği ve EMA Etkisinin Oluşturulması

EMA kaynağı olarak 2600 MHz merkez frekanslı, (2550-2650 MHz ayarlı), 50 ohm çıkış yüküne 1 W rms güç verebilen bir test vericisi (SET ELEKTRONİK Telekomünikasyon, Sakarya, Turkey) kullanılmıştır. Bu cihaza ait monopollü anten 50 ohm empedanslı olup, Carousel deney düzeneğinin ortasına yerleştirilmiştir. Test vericisi ayrıca antene verilen elektromanyetik dalganın dalga şeklini darbeli/sürekli (Pulsed/continuous) olarak ve gücü 0.1 W-1 W olarak ayarlayabilmektedir. Böylece anten yakın veya uzak alanında istenen elektromanyetik alan şiddeti oluşturulabilmiştir. Elektromanyetik Alan Ölçer (EXTECH Instruments Corporation, U.S.A) kullanarak deney düzeneğine ait antenden hedefe en yakın noktadaki elektrik alanın 10 V/m değerine kadar verici çıkış gücü artırılmış o noktada sabitlemiştir. Ratlar 5,5 cm çapındaki ve 12 cm uzunluğundaki plastik tüplere yerleştirilmiştir. Tüp içerisine yerleştirilen ratlar monopollü antene eşit mesafede olacak şekilde sistem düzenlenmiştir. Şekil 1 ve Şekil 2'de ratların 2600 MHz EMA'ya maruz kalma düzenekleri verilmiştir.



Şekil 1: Deney sırasında EMA grubu



Şekil 2: Deney düzeneği

3. Sonuç ve Tartışma

EMA grubu 30 gün boyunca günde 1 saat 2600 MHz EMA'ya maruz bırakılmıştır. Deneye başlamadan önce tüm gruplarda bulunan sıçanların ağırlıkları ölçülmüştür. Daha sonra 30 gün boyunca haftada bir kez olmak üzere ağırlık ölçümüne devam edilmiştir. Elektromanyetik alan uygulamadan önceki ortalama ağırlıklar; kontrol grubunda 463 gr (SS: 62,8), EMA grubunda 378,9 gr (SS: 21,9) olarak ölçülmüştür. 30 gün sonunda ise ortalama ağırlıkların kontrol grubunda 448,6 gr (SS: 69,3), EMA grubunda 364,9 gr (SS: 34,4) olduğu gözlenmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda, EMA grubundaki ortalama ağırlık değişiminin kontrol grubuna göre anlamlı olduğu tespit edilmiştir. ($p < 0,05$) (Tablo 1:)

Tablo 1: Kontrol ve EMA grubuna ait ölçüm sonuçları

Deney Süresi	Vücut Ağırlığı (g)	
	Kontrol grubu (n=8)	EMA grubu (n=8)
Deney başlangıcı	463±62,77	378,875±21,99
1. hafta	445±66,77	374,625±28,88
2. hafta	441,75±64,33	367,25±30,10
3. hafta	448,38±68,31	360,125±35,65
4. hafta	448,63±69,26	364,8571±34,37

RF kaynakları tarafından üretilen EMA'lar vücut içinde soğurular, indüklenen elektrik ve manyetik alanlar oluşturarak dokularda akımların akmasına neden olur. İndüklenen alanları belirleyen en önemli faktörler kaynağın gövdeden uzaklığı ve çıkış gücü seviyesidir. Kuplajın etkinliği ve gövde içerisinde ortaya çıkan alan dağılımı, çoğunlukla frekans, polarizasyon, dalganın vücuda geliş açısı, maruz kalan kişinin anatomik özellikleri (vücut kütle indeksi, duruşu) ve dokuların dielektrik özelliklerine bağlıdır [10].

Lerchl vd. (2008), hamsterlara 60 gün boyunca 24 saat/gün 900 MHz ve 1800 MHz EMA uygulamışlardır. 900 MHz'de vücut ağırlığında belirgin bir artış gözlenmiştir. 1800 MHz'de ise vücut ağırlığı üzerinde herhangi bir etki olmadığı sonucuna ulaşmışlardır [11].

Aziz vd. (2010), Wistar albino ratları 2 hafta boyunca günde 8 saat 900 MHz EMA'ya maruz bırakmışlardır. Aynı zamanda EMA maruziyetine ek olarak C ve E vitamini uygulaması yapmışlardır. Ortalama vücut ağırlıklarında; Kontrol grubunda artış, EMA

grubunda anlamlı azalma, Vitamin C ve E uygulaması yapılan gruplarda da artış gözlenmiştir [12]. Bu çalışmada da EMA grubunda anlamlı azalma gözlenmiştir.

4. Kaynakça

- [1] Sakurai, T., Kiyokawa, T., Narita, E., Suzuki, Y., Taki, M., & Miyakoshi, J. (2011). Analysis of gene expression in a human-derived glial cell line exposed to 2.45 GHz continuous radiofrequency electromagnetic fields. *Journal of radiation research*, 1102170187-1102170187.
- [2] Uygunol, O. (2009). *Coğrafi bilgi sistemi yardımıyla GSM baz istasyonlarında elektromanyetik alan kirliliğinin tespiti ve Konya örneği* (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [3] Coşkun, Ö., & Çömlekçi, S. Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Ve Uygulama Hastanesinin Elektromanyetik Alan Haritasının Çıkarılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 4(2), 93-97.
- [4] Hui, S. Y., & Yeung, K. H. (2003). Challenges in the migration to 4G mobile systems. *IEEE Communications magazine*, 41(12), 54-59.
- [5] Diem, E., Schwarz, C., Adlkofer, F., Jahn, O., & Rüdiger, H. (2005). Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GF1H-R17 rat granulosa cells in vitro. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 583(2), 178-183.
- [6] Cellat, M., Kılınç Kılıçalp, D. (2010). Elektromanyetik Radyasyona Maruz Bırakılan Kobayların Böbrek Dokusunda Prooksidan-Antioksidan Düzeylerine Yeşil Çayın Etkisi. *F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg.*, 24 (1), 17-21.
- [7] Narayanan, S. N., Kumar, R. S., Kedage, V., Nalini, K., Nayak, S., & Bhat, P. G. (2014). Evaluation of oxidant stress and antioxidant defense in discrete brain regions of rats exposed to 900 MHz radiation. *Bratislava medical journal*, 115(5), 260-266.
- [8] Postacı, İ.(2017). *4.5 G mobil telefon yayınına maruz kalan ratların karaciğer ve böbrek dokusunda oksidatif stres üzerine kuersetinin fizyopatolojik etkileri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- [9] Sandrey, M. A., Vesper, D. N., Johnson, M. T., Nindl, G., Swez, J. A., Chamberlain, J., & Balcavage, W. X. (2002). Effect of short duration electromagnetic field exposures on rat mass. *Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society, The Society for Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association*, 23(1), 2-6.
- [10] Baan, R., Grosse, Y., Lauby-Secretan, B., El Ghissassi, F., Bouvard, V., Benbrahim-Tallaa, L., ... & Straif, K. (2011). Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *The lancet oncology*, 12(7), 624-626.
- [11] Lerchl, A., Krüger, H., Niehaus, M., Streckert, J. R., Bitz, A. K., & Hansen, V. (2008). Effects of mobile phone electromagnetic fields at nonthermal SAR values on melatonin and body weight of Djungarian hamsters (*Phodopus sungorus*). *Journal of pineal research*, 44(3), 267-272.
- [12] Aziz, I. A., El-Khozondar, H. J., Shabat, M., Elwasife, K. H. I. T. A. M., & Mohamed-Osman, A. (2010). Effect of electromagnetic field on body weight and blood indices in albino rats and the therapeutic action of vitamin C or E. *Romanian Journal of Biophysics*, 20(3), 235-244.

NOT: Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından (4741-YL-2-16) nolu BAP projesi ile desteklenmiştir.

ISPARTA ŞEHİR MERKEZİ VE YAKIN BÖLGELERİNDE UZUN SÜRELİ ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI VE HARİTALARI

Ömer Kaya¹, İrem Karaman^{2*}, Özlem Coşkun³

^{1,3} Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

omerkaya@hotmail.com , ozlemcoskun@sdu.edu.tr

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik Anabilim Dalı

irempostaci@gmail.com

*Sorumlu Yazar

Özet

Gelişen teknoloji ile birlikte elektrikli cihazlar hayatımızın en önemli parçalarından olmuştur. Çevremizde tüm elektrik ile çalışan cihazlar birer elektromanyetik alan kaynağıdır. Son derece düşük frekanslı elektrik ve manyetik alanlar, radyo frekansı ve mikrodalga radyasyonu ile birlikte iyonize olmayan elektromanyetik radyasyonlara maruziyet gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca cep telefonu kullanımının artmasına bağlı olarak çok sayıda yeni baz istasyonu da kurulmaktadır. Tüm bu elektromanyetik alan kaynaklarına maruziyet sağlığımızı açısından endişelere yol açmıştır. Bu konuya katkı sağlamak amacıyla bu çalışmada Isparta şehir merkezi ve elektromanyetik kirlilik yoğunluğunun yüksek olabileceği bölgelerde, elektromanyetik alan ölçüm cihazı (EXTECH, Extech Instrument Corporation, USA) ile ölçümler yapılmıştır. Sonuçlar Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP) tarafından halk maruziyeti için belirlenen elektrik alan ve manyetik alan sınır değerlerine göre değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümler ve analizler sonucunda belirlenen sınır değerlerinin aşıldığı herhangi bir nokta bulunmadığı, insan yoğunluğunun fazla olduğu, kafe, alışveriş merkezi, okul çevreleri gibi bölgelerde elektromanyetik kirliliğin çok daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak her geçen gün artan baz istasyonları, tv ve radyo vericileri gibi yüksek frekanslarda elektromanyetik alan yayan cihazların sayısı artmakta ve buna bağlı olarak yaşadığımız ortamdaki elektromanyetik kirlilik de artmaktadır. Dolayısıyla bu ölçümlerin sürekli yapılması ve limit değerlerinin aşıldığı durumlarda ilgili kuruluşlara bilgi verilmesi gerekmektedir. İnsanların yaşamını sürdürdüğü bölgelerde periyodik olarak ölçümler yapılmalı ve sonuçların ICNIRP'nin belirlemiş olduğu maruziyet limitlerini aşmadığından emin olunmalıdır. Elektromanyetik alandan nasıl korunulması gerektiği ile ilgili konferanslar düzenlenip eğitimler verilerek bu konular ile ilgili güncel bilgilerin insanlara doğru bir şekilde ulaştırılması sağlanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik Alan Ölçümü, Elektromanyetik Alan Haritası, Elektromanyetik Kirlilik, Isparta

1. Giriş

Elektromanyetik alan (EMA), elektrik alan ve manyetik alan kavramlarının etkileşimi sonucu meydana gelir. EMA, bazı koşullarda EM enerjiye sahip bir dalga olarak da düşünülebilir [1,2]. Kararsız bir atom çekirdeği kararlı duruma geçmek istediğinde EM dalga veya parçacık halinde enerji yayılımı meydana gelir. Buna radyasyon denir. Elektromanyetik radyasyon (EMR) ise elektromanyetik (EM) dalganın herhangi bir ortamda yayılmasıdır. Radyasyon, iyonlaştırıcı radyasyon ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak iki grupta incelenir. İyonlaştırıcı radyasyon; alfa, beta parçacıkları, kozmik ışınlar, gama ve X ışınları gibi atomları iyonlaştıracak enerjiye sahip radyasyondur. İyonlaştırıcı olmayan radyasyona ise radyo dalgaları (RF), mikrodalgalar, terahertz, kızıl ötesi ve görülebilir ışık örnek olarak verilebilir [3]. Mobil iletişim sistemlerinden kaynaklı radyasyon, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon içerisinde yer almaktadır. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon ısı ve ısı olmayan etkiler olarak ikiye ayrılır [4,5]. EMR dokular üzerinde enerjinin canlı vücudunda soğurulmasına ve dokular üzerinde ısı etkisi ile hasar oluşmasına neden olurlar [6,7].

EM dalgaların dokuda oluşturabileceği etki, dalga enerjisine, doku ile yaptığı etkileşimin türüne, dokuda absorbe edilen enerji yoğunluğuna, dokunun dielektrik özelliklerine ve maruziyet süresine bağlı olarak değişmektedir. Değişen EMA maruziyeti ve dokularda absorbe edilen enerji ile birlikte vücut içinde akımlar akmaya başlar. Yüzey başına watt birimiyle ifade edilen güç yoğunluğu olan Özgül Soğurulma Oranı (Specific Absorbtion Rate, SAR) (W/kg), dokularda soğurulan enerji miktarıdır. Yaklaşık 30 dakika boyunca 4 W / kg'lık bir SAR değerine maruz kalmanın vücudun 1 kg'ının sıcaklığını 1°C yükselttiği belirtilmiştir [8]. Dolayısıyla standartlar hazırlanırken 4 W/kg'lık SAR değeri biyolojik değişiklik gözlenebilecek değer olarak belirlenmiştir.

EMR, çevremizi bizimle beraber paylaşan bir unsur haline gelmiştir. Günümüzde mobil telefon sistemleri, radarlar, radyo ve televizyon verici-alıcı sistemleri, endüstriyel ve tıp alanlarında kullanılan cihazlar, elektrikli ev aletleri vb. cihazlar çevremizde farklı frekans ve şiddetlerde elektromanyetik alan (EMA) oluştururlar [9,10]. Son derece düşük frekanslı elektrik ve manyetik alanlar, radyo frekansı ve mikrodalga radyasyonu ile birlikte iyonize olmayan elektromanyetik radyasyonlara maruziyet gün geçtikçe artmaktadır. Evlerimizdeki elektrik tesisatları, yüksek gerilim hatları, hatta odanın tavan yüksekliği yeterli seviyede değilse tasarruflu ampulden bile EMR oluşabileceğini belirten çalışmalar bulunmaktadır [11].

Ayrıca cep telefonu kullanımının artmasına bağlı olarak çok sayıda yeni baz istasyonu kurulmaktadır. Baz istasyonu sayısının artışı ile birlikte elektromanyetik kirlilik de artmaktadır. İnsanların ortamda oluşan bu EMA'ya maruz kalmaları sonucu olumsuz etkiler ortaya çıkabilmektedir. Bu da bilim insanlarını elektromanyetik kirlilik alanında çalışmalar yapmaya yöneltmiştir. Bu çalışmada da,

Isparta şehir merkezi ve elektromanyetik kirlilik yoğunluğunun yüksek olabileceği bölgelerde, elektromanyetik alan ölçümleri yapılarak konuya katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. Elektromanyetik Alanın Biyolojik Etkileri

Günümüzde EMA'nın biyolojik sistemler üzerine olumlu veya olumsuz etkilerini belirleyebilmek için birçok çalışma yapılmaktadır. EMA, biyolojik sistemleri serbest radikallerin ömrünü uzatarak etkilemektedir [12]. Serbest radikaller oksidatif DNA hasarına, protein fonksiyonunun ve lipid peroksidasyonunun bozulmasına sebep olmaktadır.

Cellat ve Kılıçalp (2010), kobayları bir ay süreyle hem 900 MHz elektromanyetik alana maruz bırakmışlar ve 100 mg/kg günlük doz olarak ağızdan yeşil çay ekstraktı uygulamışlardır. EMA grubuyla kontrol grubu karşılaştırıldığında malondialdehit (MDA) seviyesinde göre istatistiki olarak anlamlı artış, süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinde ise önemli azalmalar tespit edilmiştir. Antioksidan olarak yeşil çay ekstraktı kullanımının böbrek dokusunda meydana gelen oksidatif stresi azalttığı sonucuna varmışlardır [13].

Saygın vd. (2011), erkek ratlara 28 gün boyunca günde 60 dakika, 3.21 W/kg özgül soğurma oranında (SAR), 2.45 GHz elektromanyetik radyasyon uygulamışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda, 2.45 GHz EMA grubundaki sıçanların testis dokularındaki Leydig hücre sayısında anlamlı olarak azalma saptanmıştır [14]. Gürler vd. (2014) yaptıkları çalışmada, ratları 30 gün boyunca günde 1 saat süreyle 2.45 GHz EMA'ya maruz bırakmışlardır. Deney sonunda EMA'nın beyin üzerindeki etkilerini ve sarımsağın koruyucu rolünü incelemişlerdir. Sonuç olarak, DNA hasarı olduğu ve sarımsağın (500 mg/kg) bu hasarın artmasını önlediği sonucuna ulaşmışlardır [15]. Eser vd. (2013) ise Wi-Fi frekansı olan 2450 MHz EMA'nın beyin dokusu üzerine etkilerini incelemişler ve oksidatif stresi artırıp önemli hasarlar oluşturduğu sonucuna ulaşmışlardır [16]. Holovska vd. (2015), 2.45 GHz elektromanyetik alanın ratlarda karaciğer üzerine etkilerini incelemişlerdir. EMA'nın sıçan karaciğeri üzerinde olumsuz etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır [17].

Postacı vd. (2018), ratları 30 gün boyunca günde 1 saat 2600 MHz EMA'ya maruz bırakmışlardır. Sonuç olarak; 2600 MHz EMA'nın karaciğer dokusunda orta seviyede hasarlar oluşturduğu ve oksidatif stres göstergesi olan MDA değerinde artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Comet assay değerlendirmesine göre ise tam kanda lenfositler üzerinde DNA hasarı meydana getirdiği sonucuna ulaşmışlardır [18].

Ding vd. (2018) yaptıkları çalışmada, katılımcıları 1800 MHz ve 2450 MHz EMA'ya maruz bıraktıktan sonra DNA üzerindeki semen kalitesi ve oksidatif stres oluşumunu değerlendirmişlerdir. Uzun süreli maruziyet (günlük >120 dk) sonunda oksidatif hasarın ortaya çıktığı ve toplam antioksidan enzim aktivitelerinin azaldığı, comet analizine göre ise sperm DNA kırıklarının arttığı gözlenmiştir. Elektromanyetik radyasyonun sperm DNA'sına zarar verebileceği, sperm kalitesini azaltabileceği ve sonuç olarak bu faktörlerin etkisiyle erkek fertilitasını olumsuz yönde etkileyebileceği sonucuna ulaşmışlardır [19].

3. Elektromanyetik Alan Sınır Değerleri

EMR'nin insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda uluslararası standartlar ve sınırlamalar vardır. Bu sınır değerler, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından tanınan Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP) tarafından belirlenmiştir. Her ülke kendi sınırlarını oluşturmuştur. Sınır değerleri kontrollü ve kontrolsüz olarak iki grupta oluşturulmuş ve bu değerler vücut sıcaklığında 1°C artışa neden olan minimum değerler olarak tanımlanmıştır. Kontrollü olarak belirtilen grupta mesleği nedeniyle EMR'ye maruz kalanlar bulunmaktadır. Meslekleri gereği hangi sürelerde ve ne kadar maruz kaldıklarından haberdar olup, eğitimlere katılarak gerekli tedbirleri aldıkları düşünülerek sınır değerler belirlenmiştir. Kontrolsüz olarak belirtilen grupta ise etrafındaki radyasyondan haberi olmadan bilinçsiz ve istemsiz bir şekilde 24 saat boyunca EMR'ye maruz kalan genel halk bulunmaktadır. Bu nedenlerden dolayı sınır değerler belirlenirken, kontrolsüz grupta kontrollü gruba göre 5 kat daha fazla koruma eklenmiştir. Mesleki maruziyet için yeterli koruma sağlayan kısıtlama olarak tüm vücutta ortalama 0,4 W/kg SAR sınır değer olarak seçilmiştir. Genel halk maruziyeti için ise ortalama tüm vücut SAR sınırı 0,08 W/kg olarak belirlenmiştir [8]. Tablo 1'de mesleki maruziyet için, Tablo 2'de ise genel halk için ICNIRP tarafından belirlenen temel limitler verilmiştir [20, 21].

Tablo 1: Mesleki maruziyet için temel limitler

Frekans (f)	Akım yoğunluğu (mA/m ²)	Vücutta SAR (W/kg)	Yerel SAR (W/kg)
1 Hz' e kadar	40	-	-
1 Hz - 4 Hz	40/f	-	-
4 Hz - 1 kHz	10	-	-
1 kHz - 100 kHz	f/100	-	-
100 kHz - 10 MHz	f/100	0.4	10
10 MHz - 10 GHz	-	0.4	10

Tablo 2: Genel halk için temel limitler

Frekans (f)	Akım yoğunluğu (mA/m ²)	Vücutta SAR (W/kg)	Yerel SAR (W/kg)
1 Hz' e kadar	8	-	-
1 Hz - 4 Hz	8/f	-	-
4 Hz - 1 kHz	2	-	-
1 kHz - 100 kHz	f/500	-	-
100 kHz - 10 MHz	f/500	0.08	2
10 MHz - 10 GHz	-	0.08	10

4. Materyal ve Yöntem

Yapılan çalışmada Isparta şehir merkezi ve elektromanyetik kirlilik yoğunluğunun yüksek olabileceği bölgelerde, elektromanyetik alan ölçüm cihazı (EXTECH, Extech Instrument Corporation, USA) ile ölçümler yapılmıştır. Ölçümlerin yapıldığı Extech 480836 3.5 GHz RF EM Mukavemet Metre elektrik alan şiddeti ölçüm cihazı, 50 MHz ile 3.5 GHz frekans aralığında çalışmaktadır. 0.01 V/m (Volt/metre)'den 300 V/m (Volt/metre)'ye kadar elektrik alan şiddetini ölçmek için tasarlanmış mobil /cep telefonları, baz istasyonları ve mikrodalga kaçağı EMF ölçümleri için idealdir. Üç kanallı (üç eksenli) ölçüm probu ile yönsüz (izotropik) ölçüm yapan manuel bir cihazdır.

Sonuçlar Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP) tarafından halk maruziyeti için belirlenen elektrik alan ve manyetik alan sınır değerlerine göre değerlendirilmiştir.

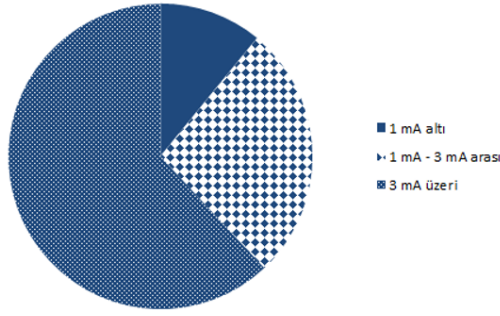
5. Bulgular

Tablo 3: Ölçüm sonuçları

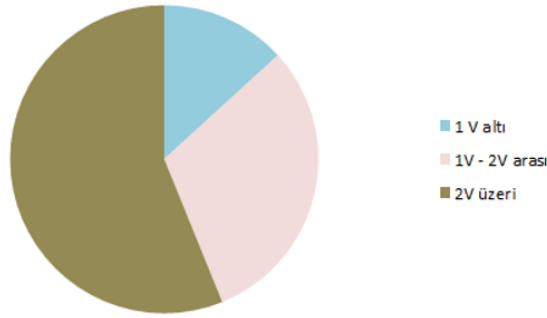
ÖLÇÜM YAPILAN ADRES	ELEKTRİK ALAN	MANYETİK ALAN
Yedişehitler Mahallesi, 59- Ertokuş cad. No:61	746 mV/m	2mA/m
Fatih Mahallesi 32200 Isparta Merkez/Isparta	303 mV/m	803µA/m
Kutlubey Mahallesi, Çünür Yolu, 32100 Isparta, Merkez/Isparta	1,73 V/m	4,56mA/m
Fatih Mahallesi, Toptancılar Cd. No:1, 32200 Bahçelievler Mahallesi, No., 108. Cd. No:4	3.17 V/m	8.6mA/m
Bahçelievler Mahallesi, 108. Cd. No:1	1.57 V/m	4.1 mA/m
Bahçelievler Mahallesi, 108. Cd. No:1	1.92 V/m	5,125 mA/m
Modern Evler Mahallesi, Otogar Karşısı Merkez/Isparta	354 mV/m	992 µA/m
Bahçelievler Mah. 3013 sok. 32200 Merkez/Isparta	1,07 V/m	2,84 mA/m
IYASPARK AVM Merkez/Isparta	2,57 V/m	6,83 mA/m
Kutlubey Mahallesi, Yusuf Özbek Sk.	3,12 V/m	8,06 mA/m
Isparta Valiliği	1,5 V/m	4mA/m
Kutlubey Mah., 6 Mart Atatürk Cad. 12/C	223 mV/m	295,2 µA/m
İstiklal Mahallesi, 32300	420 mV/m	1,91 mA/m
İstiklal Mahallesi, 1108. Sk., 32040	3,424 V/m	1,22 mA/m
Kutlubey Mahallesi, 32100 Isparta Merkez	2,05 V/m	5,43 mA/m
Kutlubey Mahallesi, Cengiz Topel Cd., 32100	1,05 V/m	2,42 mA/m
Kutlubey mahallesi 1001.sokak	7,95 V/m	21,09 mA/m

6. Sonuç ve Öneriler

Yapılan ölçümler ve analizler sonucunda belirlenen sınır değerlerinin aşıldığı herhangi bir nokta bulunmadığı, ancak insan yoğunluğunun fazla olduğu, kafe, alışveriş merkezi, okul çevreleri gibi bölgelerde elektromanyetik kirliliğin çok daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 1: Ölçüm Sonucunda Elde Edilen Manyetik Alan Değer Grafiği



Şekil 2: Ölçüm Sonucunda Elde Edilen Elektrik Alan Değer Grafiği

ICNIRP tarafından halk maruziyetinde tek bir cihaz için sınır elektrik alan değeri 10 V/m olarak belirlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda yüksek frekans kaynaklı elektrik alan değerlerinin ICNIRP'nin belirlemiş olduğu halk maruziyet limitlerini aşmadığına bakılmıştır. Ancak her geçen gün artan baz istasyonları, tv vericileri, radyo vericileri gibi yüksek frekanslarda elektromanyetik alan yayan cihazların sayısı artmaktadır. Dolayısıyla insanların yaşamış olduğu tüm yerleşim merkezlerinde periyodik olarak elektromanyetik alan ölçümleri yapılmalı ve ölçüm sonuçlarının ICNIRP'nin belirlemiş olduğu maruziyet limitlerini aşmadığından emin olunmalıdır. Elektromanyetik kirlilik çalışmaları artırılmalı ve kirliliğin yoğun olduğu bölgeler belirlenmelidir. Özellikle kirliliğin fazla olduğu baz istasyonu çevresi ve alışveriş merkezleri gibi kalabalık bölgelerde ölçümler daha sık yapılmalıdır. Ayrıca bu konuyla ilgili eğitimler düzenlenip insanlar bilinçlendirilmelidir.

7. Kaynakça

- [1] Griffiths, D. J., & Karaoğlu, B. (1996). *Elektromagnetik teori*. Güven Kitap Yayın Dağıtım.
- [2] Hancı H., (2013). *Prenatal Dönemde Uygulanan Elektromanyetik Alanın Yavru Sıçanların Testisi Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- [3] Ng, K. H. (2003, October). Non-ionizing radiations–sources, biological effects, emissions and exposures. In Proceedings of the international conference on non-ionizing radiation at UNITEN (pp. 1-16).
- [4] Knave, B. (1998). Radiation, non-ionizing. *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. VII. 4th ed. Geneva: International Labour Office, 49-1.
- [5] Aydoğan, F. C., (2008). *Diz Eklemine Kondral Defekt İyileşmesine, Elektromanyetik Alanın Etkileri: Sıçanlarda Deneysel Çalışma*. (Uzmanlık Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı).
- [6] Şeker, S. S. (1997). *Çevremizdeki radyasyon ve korunma yöntemleri*. Boğaziçi Üniversitesi.
- [7] Saygın, M. (2009). *2450 MHz dalga frekanslı elektromanyetik alanın sıçanların testislerinde oluşturduğu fizyopatolojik ve yapısal değişikliklerin araştırılması* (Doctoral dissertation, SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- [8] Guideline, I. C. N. I. R. P. (1998). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health phys*, 74(4), 494-522.
- [9] Yürekli, A. İ. (2006). *Biological Effects of Electromagnetic Fields at Mobile Telecommunication Frequency* (Doctoral dissertation, Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü, 86s).
- [10] Coşkun, Ö., Çömlekçi, S. (2016). Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Ve Uygulama Hastanesinin Elektromanyetik Alan Haritasının Çıkarılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 4(2), 93-97.

- [11] Türkkan, A., Çerezci, O., & Pala, K. (2012). *Elektromanyetik Alan ve Sağlık Etkileri*. https://www.researchgate.net/publication/312628249_Elektromanyetik_Alan_ve_Saglik_Etkileri
- [12] Simkó, M., & Mattsson, M. O. (2004). Extremely low frequency electromagnetic fields as effectors of cellular responses in vitro: possible immune cell activation. *Journal of cellular biochemistry*, 93(1), 83-92.
- [13] Cellat, M., Kılınç Kılıçalp, D. (2010). Elektromanyetik Radyasyona Maruz Bırakılan Kobayların Böbrek Dokusunda Prooksidan-Antioksidan Düzeylerine Yeşil Çayın Etkisi. *F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg.*, 24 (1), 17-21.
- [14] Saygin, M., Caliskan, S., Karahan, N., Koyu, A., Gumral, N., & Uguz, A. C. (2011). Testicular apoptosis and histopathological changes induced by a 2.45 GHz electromagnetic field. *Toxicology and industrial health*, 27(5), 455-463.
- [15] Gürler, H. Ş., Bilgici, B., Akar, A. K., Tomak, L., & Bedir, A. (2014). Increased DNA oxidation (8-OHdG) and protein oxidation (AOPP) by low level electromagnetic field (2.45 GHz) in rat brain and protective effect of garlic. *International journal of radiation biology*, 90(10), 892-896.
- [16] Eser, O., Songur, A., Aktas, C., Karavelioglu, E., Caglar, V., Aylak, F., ... & Kanter, M. (2013). The effect of electromagnetic radiation on the rat brain: an experimental study. *Turkish neurosurgery*, 23(6), 707-715.
- [17] Holovská, K., Almäšiová, V., Cigánková, V., Beňová, K., Račeková, E., & Martončíková, M. (2015). Structural and ultrastructural study of rat liver influenced by electromagnetic radiation. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 78(6), 353-356.
- [18] Postaci, I., Coskun, O., Senol, N., Aslankoc, R., & Comlekci, S. (2018). The physiopathological effects of quercetin on oxidative stress in radiation of 4.5 g mobile phone exposed liver tissue of rat. *Bratislavske lekarske listy*, 119(8), 481-489.
- [19] Ding, S. S., Ping, S., & Hong, T. (2018). Association between daily exposure to electromagnetic radiation from 4G smartphone and 2.45-GHz wi-fi and oxidative damage to semen of males attending a genetics clinic: a primary study. *Int J Clin Exp Med*, 11(3), 2821-2830.
- [20] Sevgi, L. (2000). Elektromanyetik Kirlilik, Cep Telefonları ve Baz İstasyonları. *Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi*, 18.
- [21] Postacı, İ.(2017). *4.5 G Mobil Telefon Yayınımına Maruz Kalan Ratların Karaciğer ve Böbrek Dokusunda Oksidatif Stres Üzerine Kuersetinin Fizyopatolojik Etkileri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

AFYON JEOTERMAL ENERJİ SANTRALİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELENMESİ VE OPTİMİZASYONU

İsmail Koyuncu^{1*}, Ceyhun Yılmaz²

^{1,3}Department of Electrical Electronics Engineering, Afyon Kocatepe University, Technology Faculty, Afyonkarahisar, Turkey

ismailkoyuncu@aku.edu.tr

² Department of Mechanical Engineering, Afyon Kocatepe University, Technology Faculty, Afyonkarahisar, Turkey

ceyhunyilmaz@aku.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Bu çalışmada, Türkiye'nin Afyon ilinde 2.7 MW kapasiteli Binary çevrimi ile çalışan jeotermal güç santralının (Binary Geothermal Power Plant) termoeconomik performans değerlendirmesi ve optimizasyonu güncel tesis işletme verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Performans analizi üzerinden Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak potansiyel iyileştirmeler tespit edilmiştir. Çalışmada sunulan Afyon Jeotermal Güç Santrali çok katmanlı İleri Beslemeli kullanılarak modellenmiştir. Modelleme aşamasında gerçek Binary Jeotermal Güç Santral'den elde edilen 100X8 adet veri seti, 80X8 eğitim verisi ve 20X8 test verisi olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Bu işlemin ardından Çok Katmanlı İleri Beslemeli tabanlı Jeotermal Güç Santrali sistemi 3 girişli ve 5 çıkışlı olmak üzere Matlab üzerinde nümerik olarak oluşturulmuştur. YSA-tabanlı sistem yapısında bulunan 1 adet gizli katmanda 10 nöron bulunmakta ve her nöron içerisinde transfer fonksiyonu olarak Logaritmik sigmoid transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Çıkış katmanında bulunan nöronlarda ise purelin transfer fonksiyonu bulunmaktadır. Eğitim işlemi sonucunda YSA-tabanlı Jeotermal Güç Santrali sisteminden 3.06x10E-2 MSE (mean square error) değeri elde edilmiştir. Eğitim aşamasının ardından test aşamasında 20X8 veri seti yardımı ile test işlemi gerçekleştirilmiştir. YSA-tabanlı Jeotermal Güç Santrali sisteminin çıkışlarından yaklaşık olarak 5.89x10E-2 ortalama MSE değeri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal enerji santrali, termodinamik analiz, termoeconomik analiz, YSA, optimizasyon.

1. Giriş

Enerji kaynakları ve bu kaynakların verimli kullanımı güncel hayatın en önemli konularından biridir. İnsan hayatının yaşam kalitesi enerjinin elde edilebilirliğine ve kullanımına bağlı hale gelmiştir. İnsanlık tarihinde, uygarlıklardaki büyük avantajlara enerji tüketimindeki artışlar eşlik etmiştir. Bugün, enerji tüketimi ülkelerin nüfusu ve sanayileşme derecesi ile doğrudan ilişkili görünmektedir. Kendilerine bol miktarda enerji tedariki sağlayabilen ülkeler, önemli ölçüde endüstriyel büyüme oranları gerçekleştirmişlerdir. Çoğu durumda, düşük maliyetli enerji kullanılabilirliği, enerjinin verimsiz kullanılmasına ve zararlı çevresel etkilere yol açmıştır. Bununla birlikte, dünya nüfus seviyesinin yükselmesiyle mevcut enerji tüketim oranının büyük ölçüde artırılması gerektiği açıktır. Şu anda, dünyanın en büyük enerji kaynağı fosil yakıtlar denilen geleneksel enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar, dünyadaki toplam enerji tüketiminin yaklaşık yüzde 70'ini oluşturmaktadır. Diğer yüzde 30 ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır [1]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çok caziptir çünkü sürdürülebilir ya da tükenmeyen enerji kaynaklarıdır ve nispeten kirletici olmadığı için çok önemlidirler.

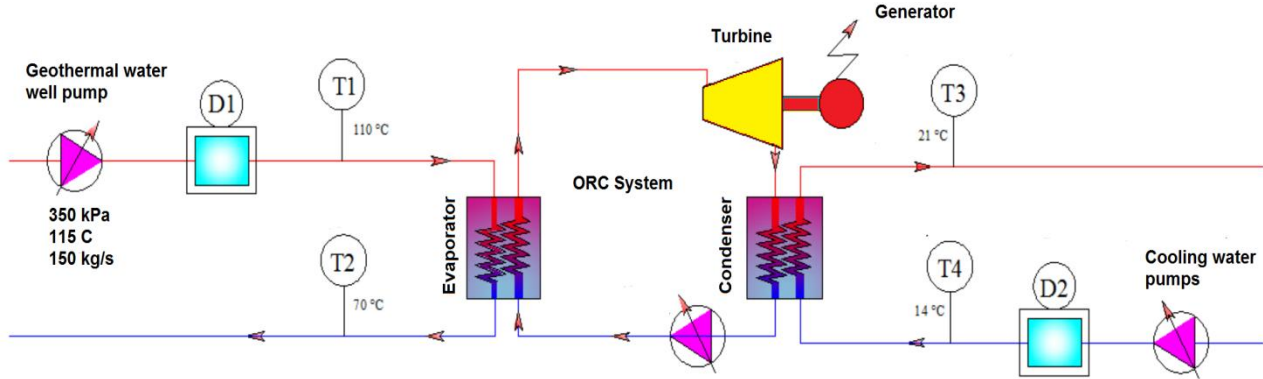
Jeotermal enerji, Türkiye'deki en hızlı büyüyen enerji kaynaklarından biridir. Türkiye enerji bakanlığına göre, jeotermal enerji santralleri son on yılda tüm yerli üretim kapasitesinin 10'unu oluşturmuştur. Bu çalışmada, aktif bir santral olan Afyon Jeotermal Santralinin termoeconomik bir değerlendirmesini ve optimizasyonu yapılmıştır. Termoeconomik bir yaklaşım geliştirilmiş ve santralin optimum çalışma koşullarının belirlenmesi için YSA kullanılmıştır. Bu bağlamda, tesisin termoeconomik bir analizi yapılmış ve performans değerleri belirlenmiş ve optimize edilmiştir. Açık literatürde, bu santral için yapılmış bir termodinamik ve ekonomik analiz mevcut değildir. Bu nedenle bu çalışma, bu santral için özgün ve yeni bir çalışmadır.

Çalışmanın en temel özgülüğü hâlihazırda kurulu ve işletmede olan mevcut bir AFJES tesisinin performans analizi olmasıdır. Santral, termoeconomik maliyet yöntemi kullanılarak bilgisayar ortamında termodinamik modellenen ekonomiyi, enerji üretiminde jeotermal enerjinin kullanımı için kapsamlı bir şekilde uygular ve optimize eder. Bu çalışmada, (1) santralin mevcut çalışma koşullarında termodinamik analizi, (2) santralin her bir ekipmanı için ekserji ve ekserjetik maliyet analizleri yapılmış ve (3) termoeconomik analiz ile ilgili optimum çalışma koşulları ve maliyetleri YSA kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca, santralin mevcut durumunun basit geri ödeme süresi, farklı çalışma koşulları için parametrik çalışmalar ile incelenmiştir.

2. Jeotermal Güç Santrali Çalışma Prensibi ve Termodinamik Modellenmesi

AFJES santrali üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar jeotermal su çevrimi, ORC'nin çevrimi (R134a) ve soğutma suyu çevrimidir. Soğutma suyu çevrimi ile yüksek basınca ulaşan R134a'nın buhar şeklini türbin çıkışındaki jeotermal suya dönüştürmek için, çalışma akışkanı kondensere doğru akış ve sıcaklıkta verilir ve verimli enerji dönüşümü için gereklidir. Jeotermal su bu nedenle,

Afyonkarahisar ilindeki ortalama aylık hava sıcaklıkları incelendiğinde, soğutma suyunun tasarım değerlerine yaklaşıma ilişkin soğutma sıvısı sıcaklığı ve performans grafiklerini tahmin etmemize yardımcı olacaktır. AFJES'nin sistem modellemesi ve SCADA görünümü aşağıda Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 14: Afyon Jeotermal Güç Santrali ve SCADA görünümü [2]

Afyon jeotermal santralinde, Binary çevrimin ısı kaynağı olarak 110 °C'de jeotermal su kullanılmaktadır. Santral 2622 kW güç kapasitesine sahiptir ve iş akışkanı olarak R134a ile basit Organik Rankin Çevrimi kullanılarak çalışmaktadır. 110 °C ve 150 kg/s debiye sahip olan jeotermal suyun enerjisi Binary Çevrimine bir ısı değiştirici tarafından aktarılmaktadır. Jeotermal su çevrimi 70 °C de terk etmektedir.

Afyon jeotermal güç santralinin çalışması değerlendirilirken aşağıdaki varsayımlara sahip bir termodinamik model geliştirilmiştir. Sistem sabit rejimde çalışmakta ve ekipmanlar kontrol hacmi yaklaşımı dikkate alınarak termodinamik analiz yapılmıştır. Termodinamik analiz için, jeotermal su yerine "Steam_IAPWS" sıvısının özellikleri önerilmiştir. Potansiyel ve kinetik enerji değişiklikleri göz ardı edilmiştir. Borulardaki ve ekipman bağlantılarındaki basınç kaybı ve düşmeler dikkate alınmaz.

Tüm sistem bileşenlerine uygulanan kütle, enerji ve ekserji denge denklemleri, yukarıdaki termodinamik yaklaşımlar ve varsayımlara göre Tablo 1'de ifade edilmiştir.

Tablo 10: Tüm bileşenlere uygulanan enerji, ekserji ve kütle dengesi denklemleri

Sistem bileşenleri	Kütle, enerji ve ekserji denklemleri
	$\dot{m}_3 = \dot{m}_4$ $\dot{W}_{turb,act} = \dot{m}_3(h_3 - h_4)$ $\dot{W}_{turb,rev} = \dot{m}_3(ex_3 - ex_4)$ $\dot{E}x_{turb,dest} = \dot{W}_{turb,rev} - \dot{W}_{turb,act}$ $\varepsilon = \frac{\dot{W}_{turb,act}}{\dot{W}_{turb,rev}}, \quad \eta_{turb} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4s}}$

	$\dot{m}_3 = \dot{m}_2 \quad \dot{m}_6 = \dot{m}_5$ $\dot{m}_2(h_3 - h_2) = \dot{m}_5(h_5 - h_6)$ $\dot{E}x_{BHE,dest} = \dot{m}_5(ex_5 - ex_6) - \dot{m}_2(ex_3 - ex_2)$ $\varepsilon = \frac{\dot{m}_2(ex_3 - ex_2)}{\dot{m}_5(ex_5 - ex_6)}$
	$\dot{m}_2 = \dot{m}_1$ $\dot{W}_{pump,act} = \dot{m}_2(h_2 - h_1)$ $\dot{W}_{pump,rev} = \dot{m}_2(ex_2 - ex_1), \quad \varepsilon = \frac{\dot{W}_{pump,rev}}{\dot{W}_{pump,act}}$ $\dot{E}x_{pump,dest} = \dot{W}_{turb,act} - \dot{W}_{turb,rev}$
	$\dot{m}_4 = \dot{m}_1 \quad \dot{m}_8 = \dot{m}_7$ $\dot{m}_4(h_4 - h_1) = \dot{m}_7(h_8 - h_7)$ $\dot{E}x_{WCC,dest} = \dot{m}_4(ex_4 - ex_1) - \dot{m}_7(ex_8 - ex_7)$ $\varepsilon = \frac{\dot{m}_7(ex_8 - ex_7)}{\dot{m}_4(ex_4 - ex_1)}$

Şekil 1'deki sistemin her bir durumu için enerji ve ekserji özellikleri, Tablo 2'de hesaplanmıştır. Jeotermal suyun ve R134a'nın seçilen çalışma akışkanının ikili çevrimdeki sıvı ve gaz fazlarının termodinamik özellikleri, bilgisayar yazılımı olan EES programı ile hesaplanmıştır [3]. Termodinamik analiz kritiktir. Çünkü termoekonomik analizin ve optimizasyonun temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle termodinamik analiz doğru yapılmalıdır. Tablo 2'de, santraldeki tüm bileşenlerin ve genel santralin ekserji değerleri hesaplanmakta ve ayrıntılı olarak verilmektedir. Bu değerler tesisin fiili çalışma koşulları dikkate alınarak önceden belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

Tablo 2: Afyon Jeotermal Güç Santralinin hesaplanan termodinamik özellikleri

Durum	Akışkan	P (kPa)	T (°C)	\dot{m} (kg/s)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg°C)	ex (kJ/kg)	$\dot{E}x$ (kW)
0	Jeotermal su	89.4	11.3	-	47.56	0.1703	-	-
0'	R-134a	89.4	11.3	-	265.1	1.076	-	-
0''	Su	89.4	11.3	-	47.52	0.1701	-	-
1	R-134a	1650	15.7	108	73.33	0.2802	34.54	3731
2	R-134a	120	17.0	108	75.51	0.2814	36.39	3931
3	R-134a	120	100	108	309	0.9644	75.74	8182

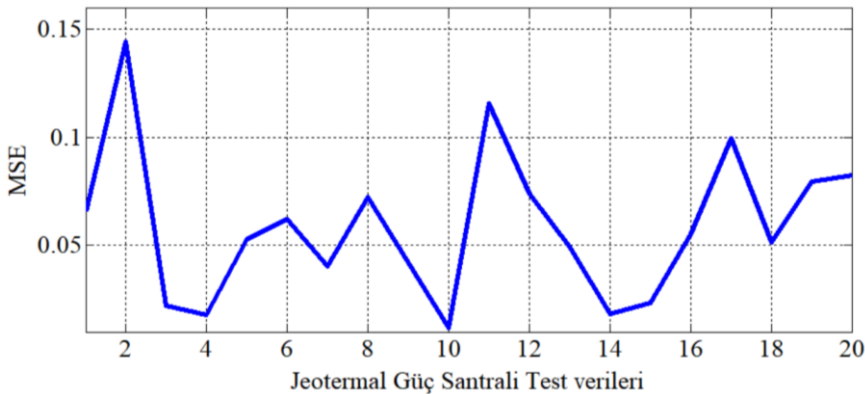
4	R-134a	1650	34.1	108	276.9	0.9831	38.29	4137
5	Jeotermal su	1650	110	150	461.4	1.419	58.9	8835
6	Jeotermal su	720	70	150	293.1	0.9552	22.38	3357
7	Su	100	11.3	541.9	47.52	0.1701	0	0
8	Su	100	21	541.9	88.1	0.3104	0.6976	378

3. Jeotermal Güç Santralinin YSA-Tabanlı Modellenmesi

YSA günümüzde pek çok uygulamada yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bu uygulama alanlarına kaotik osilatör tasarımı [4, 5], optimizasyon [6, 7], sınıflandırma [8, 9], tahmin [10, 11], kontrol [12] ve aydınlatma [13] örnek olarak verilebilir. YSA yazılım (software) ve donanım (hardware) tabanlı olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Donanım-tabanlı YSA uygulamalarında FPGA (Field Programmable Gate Array) çipleri [14], ASIC (Application Specified Integrated Circuit) [15] ve DSP (Digital Signal Processor) [16] gibi sayısal platformlar kullanılmaktadır. FPGA çipleri tekrar tekrar programlanabilme, paralel sinyal işleme ve hızlı ilk üretim gibi özellikleri sayesinde diğer sayısal platformlara göre önemli avantajlar sağlamaktadır [17]. YSA için literatürde çok farklı sınıflandırmalar yapılmıştır. İleri beslemeli çok katmanlı bir YSA (Feed-Forward Multi-Layer Artificial Neural Network) giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere üç bölüme incelenmektedir. YSA giriş katmanı dış dünyadan gelen sayısal sinyalleri YSA yapısına içerisine alınması için kullanılmaktadır. Bu katman genellikle transfer fonksiyonu içermemektedir. Çıkış katmanı YSA sinyal çıkışlarının üretilerek dış dünyaya aktarıldığı bölümdür. Bu katmanda genel olarak pureline transfer fonksiyonu kullanılmaktadır. Fakat farklı transfer fonksiyonları da kullanılabilir. İleri beslemeli çok katmanlı bir YSA yapısının en önemli bölümü gizli katmandır. İleri beslemeli çok katmanlı bir YSA yapısında bir veya daha fazla sayıda gizli katman bulunabilmektedir [18]. Gizli katman sayısı yapılan uygulamaya göre değişiklik göstermektedir. Gizli katmanda kullanılan transfer fonksiyonları çoğunlukla Tanjant Sigmoid (TanSig), Logaritmik Sigmoid (LogSig) ve Radial Basis (RadBas) gibi doğrusal olmayan transfer fonksiyonlarıdır.

Sunulan bu çalışmada, Afyon Jeotermal Güç Santrali ileri beslemeli çok katmanlı YSA kullanılarak modellenmiştir. Modelleme aşamasında gerçek Jeotermal Güç Santrali'nden 100X8 adet veri seti elde edilmiştir. Bu veri seti 80X8 eğitim verisi ve 20X8 test verisi olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Bu işlemin ardından ileri beslemeli çok katmanlı Jeotermal Güç Santrali sistemi 3 girişli ve 5 çıkışlı olmak üzere Matlab üzerinde nümerik olarak oluşturulmuştur. YSA-tabanlı sistemin yapısında bir adet gizli katman bulunmaktadır. Sistemin gizli katmanında 10 nöron bulunmaktadır. Gizli katmanda bulunan nöronlar içerisinde transfer fonksiyonu olarak LogSig transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Çıkış katmanında bulunan 5 adet nöronlarda ise pureline transfer fonksiyonu bulunmaktadır.

İleri beslemeli çok katmanlı YSA modeli yapısal olarak oluşturulan Jeotermal Güç Santrali için eğitim işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada Levenberg-Marquardt eğitim algoritması kullanılmıştır. Eğitim işlemi sonucunda YSA-tabanlı Jeotermal Güç Santrali sisteminden Mean Square Error (MSE) değeri 3.06×10^{-2} olarak elde edilmiştir. Eğitim işleminin ardından test işlemine gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için 20X8 veri seti kullanılmıştır. Test işleminden YSA-tabanlı Jeotermal Güç Santrali sistemi SPP, C_elec, eta_ex, eta_th ve W_net çıkışları için yaklaşık olarak 5.89×10^{-2} MSE değeri elde edilmiştir. Şekil 2'de YSA-tabanlı Jeotermal Güç Santrali sisteminden SPP, C_elec, eta_ex, eta_th ve W_net çıkışları için elde edilen ortalama MSE değerlerinin değişimi verilmiştir.



Şekil 2: YSA-tabanlı Jeotermal Güç Santrali sisteminden elde edilen MSE değerleri

4. Sonuçlar

Sunulan bu çalışmada, 2.7 MW kapasiteye sahip Afyon Jeotermal Güç Santralinin termoeconomik performans değerlendirmesi ve optimizasyonu tesise ait 100X8 gerçek veri seti ile YSA kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Jeotermal Güç Santrali yapısı

çok katmanlı ileri beslemeli YSA modeli oluşturulmuştur. Modelleme bölümünde Jeotermal Güç Santral'den elde edilen gerçek veri seti 80X8 eğitim verisi ve 20X8 test verisi olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Ardından YSA tabanlı Jeotermal Güç Santrali sistemi 3-10-5 olmak üzere ileri beslemeli çok katmanlı YSA modeli kullanılarak oluşturulmuştur. Sistemin gizli katmanında bulunan nöronlarda transfer fonksiyonu olarak LogSig transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Sistemin eğitim işlemi sonucunda YSA-tabanlı Jeotermal Güç Santrali sisteminden 3.06x10E-2 MSE test işlemi sonucunda ise çıkışlarından yaklaşık olarak 5.89x10E-2 ortalama MSE değeri elde edilmiştir. İleriki çalışmalarda, bu çalışmada sunulan YSA tabanlı Jeotermal Güç Santrali sistemi kullanılarak FPGA çipleri üzerinde çalışmak üzere gerçek zamanlı YSA tabanlı Jeotermal Güç Santrali sistemi uygulamaları gerçekleştirilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma, 18.KARIYER.57 proje numarası ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

5. Kaynakça

- [1] Kasaei, M. J., Gandomkar, M., Nikoukar, J., Optimal management of renewable energy sources by virtual power plant, *Renewable Energy*, 114, 1180-1188, 2017.
- [2] Sahin, C., Electricity Generation With Organic Rankine Cycle (Orc) In Low Temperature Geothermal Field And Modelling Of Afyon Geothermal Electric Production Co., *Electrical and Electronics Engineering*, M.S. Thesis, 2016.
- [3] F-Chart Software, EES, engineering equation solver, In: F-Chart Software, Inter-net Website, www.fchart.com/ees/ees.shtml, 2015.
- [4] Alcin, M., Koyuncu, I., Tuna, M., Varan, M., & Pehlivan, I. (2019). A novel high speed Artificial Neural Network–based chaotic True Random Number Generator on Field Programmable Gate Array. *International Journal of Circuit Theory and Applications*, 47(3), 365-378.
- [5] Alçın, M., Tuna, M., Koyuncu, İ. IQ-Math Based Designing of Fourth Order Runge-Kutta Algorithm on FPGA and Performance Analysis According to ANN Approximation, *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 5(8), pp. 3523-3530, 2018.
- [6] E. Betiku, A. E. Taiwo, “Modeling and optimization of bioethanol production from breadfruit starch hydrolyzate response surface methodology and artificial neural network,” *Renewable Energy*, In vivo thermography-based image for early detection of breast cancer using two-tier segmentation algorithm and artificial neural network vol. 74, pp. 87–94, 2015. doi 10.1016/j.renene.2014.07.054.
- [7] Şahin, M., Determining Optimum Tilt Angles of Photovoltaic Panels by Using Artificial Neural Networks in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, Tehnički vjesnik 26 (3), 596-602, 2019.
- [8] W. Zang, X. Liu, W. Bi, “An artificial neural network classification model based on DNA computing,” *Human Centered Computing Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8944, pp. 880–889, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-15554-8_82
- [9] D. Avci, M. K. Leblebicioglu, M. Poyraz and E. Dogantekin, A new method based on adaptive discrete wavelet entropy energy and neural network classifier (ADWEENN) for recognition of urine cells from microscopic images independent of rotation and scaling, *J Med Syst*. 38 (2014) pp. 1–9.
- [10] Şahin M., Oğuz Y., Büyüktümtürk F., ANN-based estimation of time-dependent energy loss in lighting systems, *Energy and Buildings*, vol.116, pp.455-467, 2016.
- [11] Şahin, M., A New Approach for the Estimation of Depreciation Factor and Energy Loss in Lighting System, *Fresenius Environmental Bulletin*, No:28, Vol:5, pp.3787-3794, 2019.
- [12] J. Fei and H. Ding, Adaptive sliding mode control of dynamic system using RBF neural network, *Nonlinear Dyn.* 70 (2012) pp. 1563–1573.
- [13] Şahin M., Oğuz Y., Buyuktumturk F., Approximate and Three-Dimensional Modeling of Brightness Levels in Interior Spaces by Using Artificial Neural Networks”, *Journal of Electrical Engineering & Technology*, vol.10, pp.1822-1829, 2015.
- [14] Yılmaz, C., Koyuncu, I., Alcin, M., & Tuna, M., Artificial Neural Networks based thermodynamic and economic analysis of a hydrogen production system assisted by geothermal energy on Field Programmable Gate Array. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2019.
- [15] Rieger, R., ve Deng, S. L. (2013). Double-differential recording and AGC using microcontrolled variable gain ASIC. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 21(1), 47-54.
- [16] Kim, N., Kehtarnavaz, N., Yeary, M. B., ve Thornton, S. (2003). DSP-based hierarchical neural network modulation signal classification. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 14(5), 1065-1071.
- [17] Koyuncu, İ., Şeker, H. İ. (2019). Implementation of Dormand-Prince based chaotic oscillator designs in different IQ-Math number standards on FPGA. *Sakarya University Journal of Science*, 23(5), 859-868.

[18] Alçın, M. (2017). The Effect on Modelling Performance of Different Activation Functions for Feed Forward and Feedback Network Structures in Modeling of Chen Chaotic System. International Journal of Scientific and Technological Research, ISSN, 2422-8702.

DP600 VE HSLA SAC MALZEMELERDE ZIMBA RADYÜSÜ VE KALIP AÇISININ GERİ ESNEMEYE ETKİSİ

Kadir Aydın¹, Mehmet Okan Kabakçı², İbrahim Karaağaç²

¹ Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Meslek Yüksekokulu, Kütahya, Türkiye

kadir.aydin@dpu.edu.tr

² Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

ibrahimkaraagac@gazi.edu.tr

mehmetokankabakci@gmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Bu çalışmada çift fazlı DP600 ve yüksek dayanımlı düşük alaşımlı HSLA300 sac malzemelerin geri esneme davranışlarına zımba radyüsünün etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışmada deney parametreleri olarak zımba radyüsü (0, 2, 4, 6 mm) ve kalıp açısı (30, 60, 90 derece) tercih edilmiştir. Zımba radyüsünün artmasıyla birlikte geri esneme açısının azaldığı belirlenmiştir. DP600 sac malzemede zımba radyüsünün artmasıyla geri esneme açısının ortalama % 41,7 azaldığı gözlemlenmiştir. HSLA sac malzemede ise zımba radyüsünün artmasıyla geri esneme açısının ortalama % 63,2 azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: DP600, HSLA, Geri esneme

1. Giriş

Dünyada enerji kaynakları artan tüketim talebine bağlı olarak giderek azalma göstermektedir. Otomotiv sektörü de bu duruma bağlı olarak fosil yakıt tüketimini azaltmak amacıyla araç hafifletme projeleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Araçların hafifletilmesine karşın istenilen mukavemetin de korunması gerekmektedir [1]. Bundan dolayı son yıllarda yüksek mukavemetli çelikler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Çift fazlı (DP) ve yüksek mukavemetli düşük alaşımlı (HSLA) çelikler bu grubun içerisinde yer almaktadır. DP ve HSLA çelikler yüksek mukavemet ve iyi şekillendirilebilme özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir [2]. Çift fazlı çelikler, yumuşak ferrit matris içerisinde adacıklar biçiminde dağılmış martenzit fazı içermektedir. Çift fazlı çeliklerde martenzit fazı, gerekli dayanımı sağlarken, diğeri yumuşak faz olan ferrit fazı süneklik sağlamaktadır. Her iki özelliğin bir arada bulunması ile dayanım ve süneklik özelliği yüksek olan bir mikro yapı elde edilmektedir [3]. HSLA çelikler ise ferrit içinde dağılmış ince karbürlerden oluşan bir yapıya sahiptir [4].

Sac malzemelerde şekillendirme işlemi sonrasında uygulanan kuvvetin kaldırılmasıyla sac malzemenin istenilen formdan uzaklaşması olayına geri esneme adı verilmektedir. Bu durum parçada istenilen ölçülerin değişmesine sebep olmaktadır [5]. Geri esneme; malzemenin kalınlığına, malzemenin cinsine, zımba yükünün malzeme üzerinde kalma süresi olan ütüleme süresine, hadde yönüne, elastikiyet modülüne, kalıp ölçülerine, uygulanan kuvvete bağlı olarak değişmektedir [6]. Geri esnemenin önceden tahmin edilebilmesi zaman sarfiyatı, işgücü maliyeti ve deneme yanılma gibi istenmeyen durumların önüne geçilmesi açısından önem arz etmektedir [7]. Sac malzemelerde geri esnemeyi etkileyen çok sayıda parametre bulunmaktadır. Kılıç yapmış olduğu çalışmada deformasyon hızı, sac kalınlığı ve sac genişliğinin geri esnemeye etkisini araştırmıştır. Çalışma sonunda sac kalınlığı ve deformasyon hızının artmasıyla geri esneme miktarının azaldığı sac genişliğinin ise geri esnemeye çok fazla etkisi olmadığı tespit edilmiştir [1]. Umur ise kalıp açısı, hadde yönü ve zımba radyüsünün geri esnemeye etkisini araştırmıştır. Çalışmada küçük kalıp açılarında ileri esneme büyük kalıp açılarında geri esneme olduğu, hadde yönündeki ve zımba radyüsündeki artışın geri esnemeyi azalttığını belirlenmiştir [8]. Geri esnemenin tahmin edilmesinde deneysel çalışmalar dışında sonlu elemanlar yöntemi de kullanılmaktadır. Souza ve Rolfe DP, HSLA ve TRIP çeliklerinin geri esneme davranışlarını sonlu elemanlar yöntemini kullanarak araştırmışlardır. Çalışma parametreleri olarak baskı kuvveti, sürtünme etkisi ve zımba radyüsünü tercih etmişlerdir. Geri esnemeye en az etkisi olan parametrenin zımba radyüsü olduğu tespit edilmiştir [9]. Tahsin yapmış olduğu çalışmada DP600 ve Titanyum Grade 1 sac malzemelerin geri esneme davranışına sıcaklık, kalıp açısı ve zımba radyüsü parametrelerinin etkilerini deneysel olarak araştırmıştır. Çalışma sonunda zımba radyüsünün ve kalıp açısının artmasıyla geri esnemenin arttığı, sıcaklığın artmasıyla da geri esnemenin azaldığı belirlenmiştir [10].

Bu çalışmada özellikle otomotiv sektöründe geniş bir kullanım alanına sahip olan DP ve HSLA çeliklerinin farklı kalıp açıları ve zımba radyüslerinde V bükme yöntemiyle şekillendirilmesinin geri esneme miktarına olan etkisi deneysel olarak araştırılmıştır.

2. Metot

Çalışmada 1,2 mm kalınlığında soğuk haddelenmiş DP600 ve HSLA sac malzemeler kullanılmıştır. DP600 ve HSLA sac malzemelerin çekme testine tabi tutulması sonucu elde edilen mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Ayrıca sac malzemelerin kimyasal spektrometre analizleri de yapılarak Tablo 2’de verilmiştir.

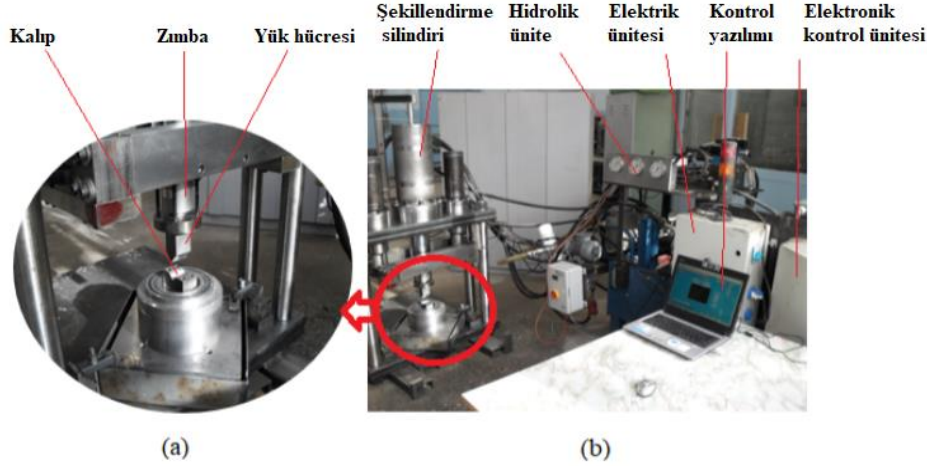
Tablo 11: DP600 ve HSLA malzemelerin mekanik özellikleri

Malzeme	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Elastikiyet modülü (GPa)	Sertlik (Vickers)
DP600	460,423	732,847	19,721	188,839	155
HSLA	314,231	396,357	32,182	182,929	96

Tablo 2: DP600 ve HSLA malzemelerin kimyasal özellikleri

Malzeme	C	Mn	Cr	Mo	Cu	Nb	Fe
DP600	0.086	1.518	0.555	0.081	-	-	Kalan
HSLA	0.068	0.254	0.034	-	0.03	0.03	Kalan

Deneyde kullanılan sac malzemeler giyotin makas ile kesilerek 40x40 mm boyutlarına getirilmiştir. Daha sonra bilgisayar kontrollü şekillendirme cihazıyla sac malzemelerin V bükme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada V bükme işlemi 10 mm/sn sabit bükme hızında gerçekleştirilmiştir. Şekil 1’de deneysel çalışma ortamı verilmiştir.



Şekil 1: Deneysel çalışma ortamının genel görünümü; a) detay görünüm, b) genel görünüm

Çalışmada proses deney parametre girdisi olarak farklı kalıp açısı ve malzeme türüne göre zimba radyüsü belirlenmiştir. Çıktı olarak ise geri esneme açısı belirlenmiştir. Tablo 3’te deney parametreleri ve parametre değerleri verilmiştir.

Tablo 3: Deneysel parametreleri ve değerleri

Deneysel parametreleri	Parametre değerleri
Kalıp açısı (derece)	30,60 ve 90
Zimba radyüsü (mm)	0, 2, 4 ve 6
Malzeme	DP600 ve HSLA

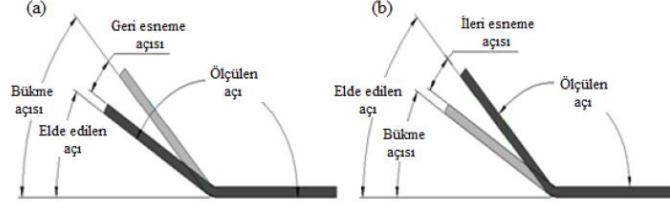
Deneysel çalışmada bükme kuvvetinin hesaplamasında Eş.1 kullanılmıştır [11].

$$F = \frac{lt^2.k.\sigma}{s} \quad (1)$$

Hesaplanan bükme kuvveti değerleri tasarlanan yazılımda programa el ile girilmiş ve deneysel çalışmalar hesaplanan kuvvet değerinde gerçekleştirilmiştir. Eş.1’de verilen; F bükme kuvveti, l bükme uzunluğu, k kalıp açıklık faktörü, t sac kalınlığı, σ çekme gerilmesi, s kalıp açıklığının genişliği olarak tanımlanmıştır. Deneysel çalışmalar sonuçların güvenilirliği açısından ikişer defa tekrar edilmiştir.

Bükme işlemlerinde malzemelerin elastikiyet sınırı aşılmakta, ancak maksimum çekme gerilmeleri aşılamamaktadır. Bu nedenle, malzeme orijinal esnekliğinin bir kısmını elastik gerilmelerden dolayı hala korumaktadır. Deneyler sırasında uygulanan bükme kuvveti kaldırıldığında elastik deformasyondan dolayı malzeme bükme yönünün aksi yönde bir miktar esneyerek geriye doğru açılmaktadır. Malzemenin göstermiş olduğu bu olay geri esneme olarak tanımlanmaktadır. Sac malzemenin istenilen açıdan daha

büyük bir açıda elde edilmesi ise, ileri esneme veya negatif geri esneme olarak tanımlanmaktadır [6,12]. Şekil 2’de geri ve ileri esneme davranışları şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2: Bükmede geri ve ileri esnemenin belirlenmesi; a) geri esneme, b) ileri esneme [7]

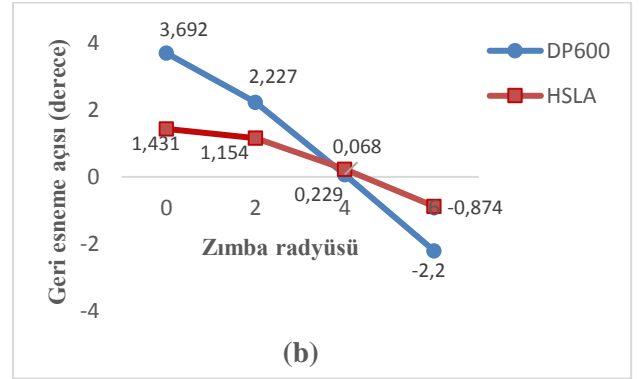
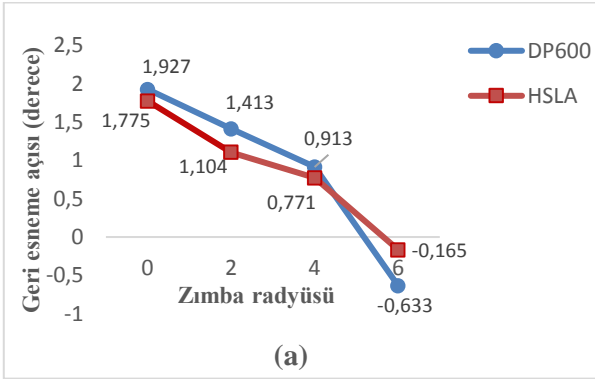
V bükme ile şekillendirilen deney numunelerinde açı ölçümü bilgisayarlı koordinat ölçme (CMM) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle, şekillendirilen deney numuneleri bir sac malzeme üzerinde deforme edilmeden hassas bir şekilde yapıştırılmıştır. Daha sonraki adımda, bükülen parçanın bir yüzüne üç noktadan CMM cihazının probu ile dokunularak bir düzlem elde edilmiştir. Devamındaki adımda da aynı işlem şekillendirilen parçanın diğer yüzeyi için uygulanarak ikinci düzlem elde edilmiştir. Elde edilen bu iki düzlem arasındaki açıdan büküm açısı çıkartılarak geri esneme açısı elde edilmiştir. Geri esneme açısının ölçümüne ait çalışma ortamı Şekil 3’te verilmiştir.

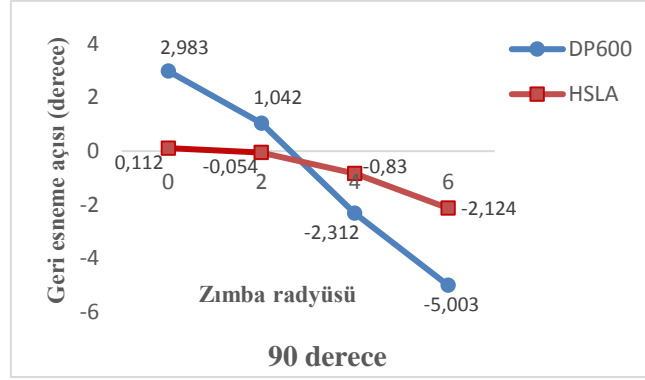


Şekil 3: Geri esnemenin ölçümü

3. Bulgular ve Tartışma

Bükme ile şekillendirme işleminde zımba uç radyüsünün geri esnemeyi etkileyen önemli parametreler arasında yer aldığı gözlemlenmiştir. DP600 ve HSLA malzemelerde zımba radyüsünün artmasıyla geri esnemenin azaldığı tespit edilmiştir. DP600 sac malzemede zımba radyüsünün artmasıyla geri esneme açısının ortalama % 41,7 azaldığı gözlemlenmiştir. HSLA sac malzemede ise zımba radyüsünün artmasıyla geri esneme açısının ortalama % 63,2 azaldığı belirlenmiştir. Şekil 4’de geri esneme-kalıp açısı grafikleri verilmiştir.





Şekil 4: Kalıp açısı ve zımba radyüsü etkisinde oluşan geri esneme grafikleri; a) 30, b) 60, c) 90 derece kalıp açısı

4. Sonuçlar

Çalışma sonunda elde edilen genel sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- DP600 sac malzemede zımba radyüsünün artmasıyla geri esneme açısının ortalama % 41,7 azaldığı gözlemlenmiştir. HSLA sac malzemede ise zımba radyüsünün artmasıyla geri esnemenin ortalama % 63,2 azaldığı belirlenmiştir.
- DP600 sac malzemede en yüksek geri esneme değeri 60 derece kalıp açısı R0 zımba radyüsünde 3,692 derece olarak gözlemlenmiştir. DP600 sac malzemede en düşük geri esneme değeri ise 90 derece kalıp açısı ve R6 zımba radyüsünde -5,003 derece olarak belirlenmiştir.
- HSLA sac malzemede en yüksek geri esneme değeri 30 derece kalıp açısı ve R0 zımba radyüsünde 1,775 derece olarak tespit edilmiştir. HSLA sac malzemede en düşük geri esneme değeri ise 90 derece kalıp açısı ve R6 zımba radyüsünde -2,124 derece olarak belirlenmiştir.

5. Kaynakça

- [1] Kılıç, S., “DP600 Çeliğinin Geri Esneme Davranışlarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 2009.
- [2] Şen, M. Yıldırım, E. Çebi, H. and Özdemir, C., “Çift Fazlı Çeliklerden Üretilen Otomotiv Sac Parçalarının Dizaynında Geri Esnemeyi Optimize Edebilmek İçin Sac Kalınlığına Bağlı Olarak Büküm Radyüslerinin Belirlenmesi”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 12(2), 75-95, 2015.
- [3] Davies, R.G., “Influence of martensite composition and content on the properties of dual phase steels” *Metallurgical Transactions A*, 9(5), 671-679, 1978.
- [4] Xu, W. Westerbaan, D. Nayak, S.S. Chen, D.L. Goodwin, F. and Zhou, Y., “Tensile and fatigue properties of fiber laser welded high strength low alloy and DP980 dual-phase steel joints”, *Materials & Design*, 43, 373-383, 2013.
- [5] Işıktaş, A., “Farklı Kalınlıklardaki DKP ve Paslanmaz Sacların Farklı Açılarda Yapılan V-Bükme İşlemindeki Geri Yaylanmaların İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 2011.
- [6] Kalpakjian, S., (2000). *Manufacturing Engineering and Technology*, A.B.D, Prentice Hall
- [7] Özdemir, M., “1.5415 (16Mo3) Sac Malzemenin Geri-İleri Esneme Miktarı ve Deformasyon İlişkisinin Deneysel ve Matematiksel Olarak İncelenmesi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2015.
- [8] Umur, Y., “Dual Fazlı Çelik Saclarda Geri Yaylanma Probleminin Deneysel Olarak İncelenmesi”, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2016.
- [9] De Souza, T. and Rolfe, B.F., “Understanding robustness of springback in high strength steels”, *International Journal of Mechanical Sciences*, 68, 236-245, 2013.
- [10] Önel, T., “V Bükme İşleminde Sıcaklığın Geri Esneme Davranışına Etkisinin Deneysel Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2017.
- [11] A. International Handbook Committee, Volume 14: Forming and Forging 1993.
- [12] Tan, Z. Persson, B. and Magnusson, C., “An empiric model for controlling springback in V-die bending of sheet metals”, *Journal of Materials Processing Technology*, 34(1-4), 449-455, 1992.

DP800 SAC MALZEMENİN GERİ ESNEME DAVRANIŞLARI

Kadir Aydın¹, Mehmet Okan Kabakçı², İbrahim Karaağaç²

¹ Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Meslek Yüksekokulu, Kütahya, Türkiye

kadir.aydin@dpu.edu.tr

² Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

ibrahimkaraagac@gazi.edu.tr

mehmetokankabakci@gmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Bu çalışmada, çift fazlı DP800 sac malzemenin V bükümünde sac genişliğinin geri esneme davranışlarına etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışmada deney parametreleri olarak 20x20, 30x20, 40x40 sac malzeme genişliği ve 30, 60, 90 kalıp açısı tercih edilmiştir. DP800 sac malzemede sac genişliğinin 10 mm artmasıyla geri esneme açısının ortalama % 2,7 azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kalıp açısındaki değişimlere göre genişliğin geri esnemeye etkileri de detaylıca yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: DP800, Geri esneme, Sac genişliği, Kalıp açısı

1. Giriş

Sac malzemeler otomotiv, demiryolu, havacılık, uzay sanayi, bilgisayar ve beyaz eşya gibi çok farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda sınırlı olan enerji kaynaklarını daha verimli kullanmak ve artan çevre kirliliğini önlemek; üretim, işçilik ve ulaşım gibi zamanla artan maliyetleri düşürebilmek için yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların başında enerji tüketimini ve çevre kirliliğini azaltan hafif malzemeler üzerine yapılan çalışmalar önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, otomotiv endüstrisinde de yeni nesil çelikler olarak adlandırılan çift fazlı ve üç fazlı çeliklerle, yüksek mukavemetli düşük alaşım HSLA çelikler yoğun olarak kullanılmaktadır. Çift fazlı çelikler, yumuşak ferrit matris içerisinde adacıklar biçiminde dağılmış martenzit fazı içermektedir. Çift fazlı çeliklerde martenzit fazı, gerekli dayanımı sağlarken, yumuşak faz olan ferrit fazı süneklik sağlamaktadır. Sac malzemede her iki özelliğin bir arada bulunması ile dayanım ve süneklik özelliği yüksek olan bir mikro yapı elde edilmektedir [1].

Bütün malzemeler bir elastikiyet modülüne sahip olduğundan, plastik deformasyonda uygulanan yük malzeme üzerinden kaldırıldığı zaman, bir miktar elastik geri dönüş olmaktadır. Bir bükme işleminde; uygulanan yük malzeme üzerinden kaldırıldığında, basma gerilmesine maruz kalan taraftaki malzeme uzamaya, çekme gerilmesine maruz kalan taraftaki malzeme ise çekilmeye çalışmaktadır. Bu elastik geri kazanımın bir sonucu olarak, başlangıçtaki halini almaya çalışan bükülmüş parçalarda, bükme açısında sapmalar meydana getirmektedir. Bükme operasyonlarında malzemenin göstermiş olduğu bu davranış geri esneme olarak tanımlanmaktadır [2]. Geri esneme; malzemenin kalınlığına, cinsine, uygulanan bükme kuvvetine, uygulanan kuvvetin malzeme üzerinde kalma süresi olan ütüleme süresine, hadde yönüne, elastikiyet modülüne ve kalıp ölçülerine bağlı olarak değişmektedir [3].

Geri esneme davranışı şekillendirilen sac parçanın açılal ölçü doğruluğunu etkilemektedir ve bükme operasyonlarında istenmeyen bir durumdur. Geri esnemeye maruz kalan parçaların boyutsal olarak uygun olmaması nedeniyle montaj sırasında ciddi problemlerle karşılaşmaktadır. Çift fazlı malzemelerle ilgili yapılan geri esneme çalışmaları literatürde detaylı araştırılmıştır. Öztürk ve diğerleri yaptıkları çalışmada 0, 200 ve 300°C sıcaklıklarda DP600 malzemenin bükülmesi sonrası geri esneme davranışını incelemiştir. Yaptıkları çalışmada sıcaklığın artmasıyla geri esneme miktarının azaldığı tespit edilmiştir [4]. Peter ve diğerleri ise yaptıkları çalışmada DP600 malzeme için sürtünme katsayısı ve baskı plakası kuvvetinin geri esnemeye etkisini sonlu elemanlar methoduyla incelemiştir. Yapılan çalışma sonucunda baskı plakası kuvvetinin 15 kN den 100 kN' a artmasıyla geri esneme miktarında %30 azalma tespit edilmiştir. Sürtünme katsayısının artmasının geri esnemenin azalması yönünde katkı sağladığı tespit edilmiştir [5]. Baskı plaka kuvveti ve sürtünmenin araştırıldığı bir diğer çalışmada da Souza ve Rolfe; DP, TRIP ve HSLA çelik malzemelerinin baskı plakası kuvveti, sürtünme etkisi ve zimba radyüsü parametrelerinin geri esneme miktarına etkisini sonlu elemanlar methodunu kullanarak araştırmışlardır. Baskı plakası kuvveti ve sürtünme etkisinin artmasıyla geri esnemenin azaldığını gözlemlenmiştir [6]. Gan ve diğerleri de farklı kalınlıktaki DP780 ve TRIP780 çeliklerinin gerdirmeli bükme prosesi sonrası geri esneme davranışlarını deneysel ve sonlu elemanlar methodunu kullanarak araştırmışlardır. Deneysel çalışmalar sonucunda DP780 çeliğindeki geri esnemenin TRIP780 çeliğinden daha fazla olduğunu gözlemlenmiştir [7]. Yapılan literatür araştırmalarında DP malzemeler için geri esnemenin yaygın olarak çok sayıda parametre göz önünde bulundurularak araştırıldığı gözlemlenmiştir. Ancak genişliğin geri esnemeye etkisinin yeterince araştırılmadığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada özellikle otomotiv sektöründe geniş bir kullanım alanına sahip olan DP800 sac malzemelerin farklı kalıp açıları ve sac genişliğinde V bükme yöntemiyle şekillendirerek geri esneme miktarları deneysel olarak araştırılmıştır.

2. Metot

Yapılan çalışma kapsamında galvaniz kaplı soğuk haddelenmiş 1,2 mm kalınlığında DP800 sac levha malzeme kullanılmıştır. Endüstriden temin edilmiş olan sac levha malzemenin mekanik özelliklerinin ölçülmesi amacıyla ASTM-E8M standartlarında çekme numuneleri 0, 45, 90 derece hadde yönlerinde kesilerek hazırlanmış ve çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan mekanik testler sonucu elde edilen veriler Tablo 1 ile gösterilmiştir. Ayrıca DP800 sac malzemenin kimyasal bileşiminin belirlenmesi için kimyasal spektrometre cihazı kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucu DP800 sac malzemenin kimyasal kompozisyonu belirlenmiş ve Tablo 2 ile gösterilmiştir.

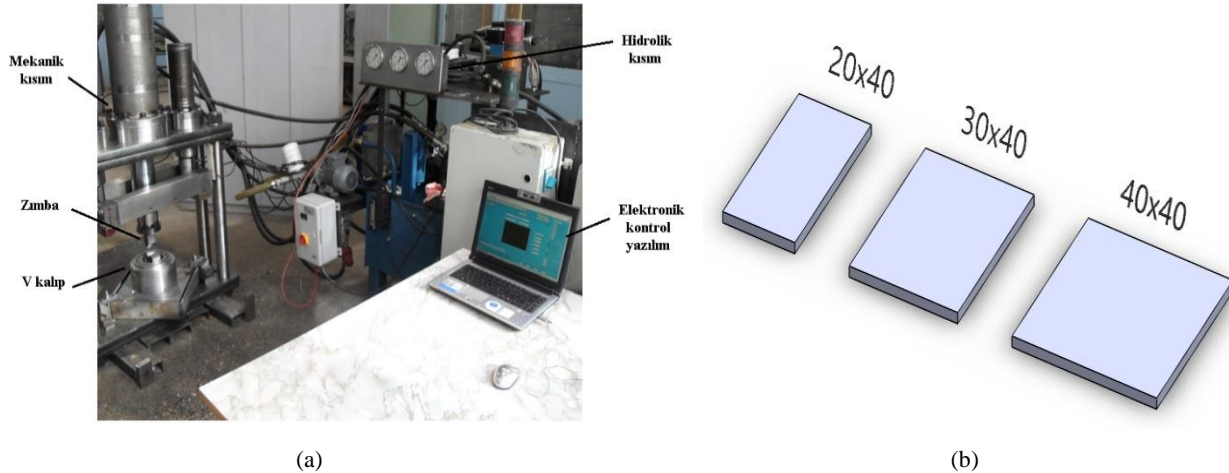
Tablo 12: DP800 malzemenin mekanik özellikleri

Malzeme	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Elastikiyet modülü (GPa)
DP800	511,4	832,4	17,75	179,52

Tablo 2: DP800 malzemenin kimyasal özellikleri (% ağırlık)

Malzeme	Fe	Mn	Cr	Ni	Cu	Co	Zn	C
DP800	32,552	0,816	0,120	0,028	0,06	0,271	66,131	Kalan

Şekillendirmede kullanılan deney numuneleri çalışmanın hazırlık aşamasında giyotin makas ile kesilerek 20x40, 30x40 ve 40x40 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Daha sonra bilgisayar kontrollü şekillendirme cihazıyla sac malzemelerin V bükme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada V bükme işlemi 10 mm/sn sabit bükme hızında gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de deneysel çalışma ortamı ve deney numunelerinin şematik görüntüsü verilmiştir.



Şekil 1: Deneysel çalışma ortamı; a) Deney düzeneğinin genel görünümü, b) Deney numunelerinin şematik görünümü

Yapılan çalışmada; değişken deney parametreleri olarak sac genişliği ve kalıp açısı, sabit parametre olarak ise 2 mm zimba uç radyüsü belirlenmiştir. Sonuç olarak ise geri esneme açısının belirlenmesi hedeflenmiştir. Tablo 3'te kullanılan deney parametreleri ve değerleri gösterilmiştir.

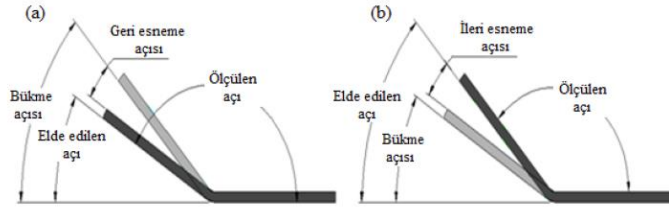
Tablo 3: Deney parametreleri ve değerleri

Deney parametreleri	Parametre değerleri
Kalıp açısı (derece)	30,60, 90 ve 120
Sac genişliği (mm)	20x40, 30x40 ve 40x40
Malzeme	DP800
Şekillendirme hızı (mm/sn)	10
Zimba uç radyüsü (mm)	2

Deneyel çalışmada bükme kuvvetinin hesaplamasında Eş.1 kullanılmıştır [8]. Hesaplanan bükme kuvveti değerleri tasarlanan yazılımda programa girilmiş ve deneyel çalışmalar hesaplanan kuvvet değerinde gerçekleştirilmiştir. Eş.1’de verilen; F bükme kuvveti, l bükme uzunluğu, k kalıp açıklık faktörü, t sac kalınlığı, σ çekme gerilmesi, s kalıp açıklığının genişliği olarak tanımlanmıştır. Deneyel çalışmalar sonuçların daha yüksek güvenilirlik sağlaması açısından ikişer defa tekrar edilmiştir.

$$F = \frac{lt^2.k.\sigma}{s} \quad (1)$$

Bükme işlemlerinde malzemelerin elastikiyet sınırı aşılmakta, ancak maksimum çekme gerilmeleri aşılamamaktadır. Bu nedenle, malzeme orijinal elastikiyetinin bir kısmını elastik gerilmelerden dolayı hala korumaktadır. Deneyler sırasında uygulanan bükme kuvveti kaldırıldığında elastik deformasyondan dolayı malzeme bükme yönünün aksi yönde bir miktar esneyerek geriye doğru açılmaktadır. Malzemenin göstermiş olduğu bu davranış geri esneme olarak tanımlanmaktadır. Sac malzemenin istenilen açıdan daha büyük bir açıda elde edilmesi ise, ileri esneme veya negatif geri esneme olarak tanımlanmaktadır [9,10]. Şekil 2’de geri esneme ve ileri esneme davranışları şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2: Bükmede geri ve ileri esneme davranışları; a) geri esneme, b) ileri esneme [11]

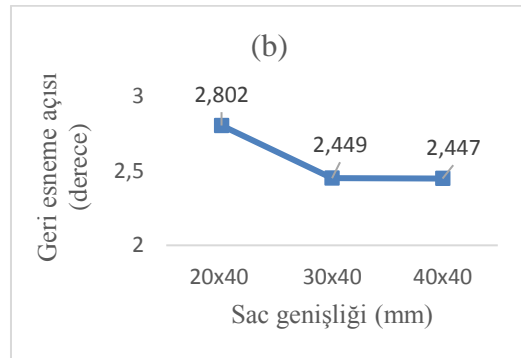
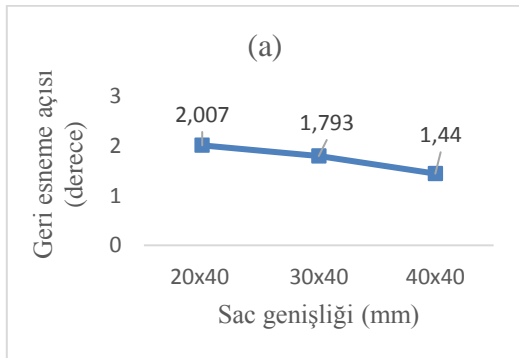
V bükme ile şekillendirilen deney numunelerinin bükme operasyonlarında geri esneme ve ileri esneme şekillendirme açısı ölçümleri bilgisayarlı koordinat ölçme (CMM) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle, şekillendirilen deney numuneleri bir sac plaka üzerine deforme edilmeden hassas bir şekilde yapıştırılmıştır. Daha sonra, bükülen parçanın bir yüzünde üç noktadan CMM cihazının probu ile dokunularak bir düzlem oluşturulmuştur. Devamında da aynı işlem şekillendirilen parçanın diğer yüzeyi için uygulanarak ikinci düzlem oluşturulmuştur. Elde edilen bu iki düzlem arasındaki açıdan büküm açısı çıkartılarak geri esneme açısı hesaplanmıştır. Geri esneme açısının ölçümlerinin gerçekleştirildiği çalışma ortamı Şekil 3’te gösterilmiştir.

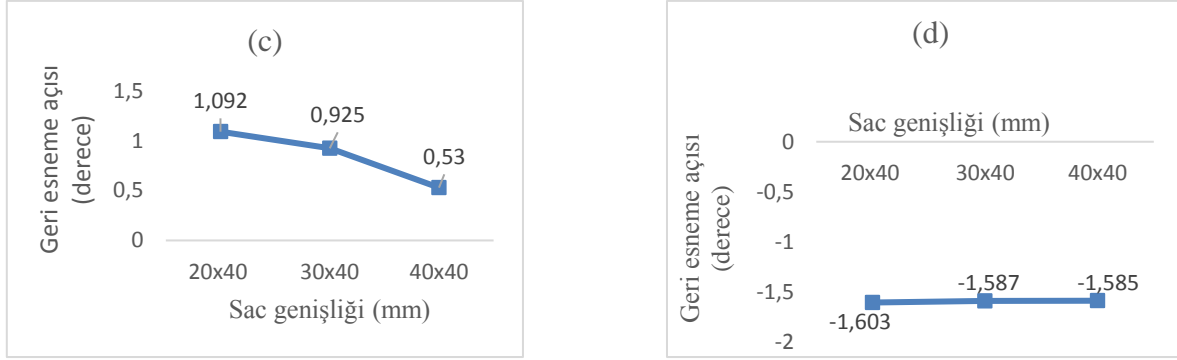


Şekil 3: CMM ile geri esnemenin ölçümü

3. Bulgular ve Tartışma

V bükme ile şekillendirme işleminde sac genişliğinin geri esnemeyi etkileyen önemli parametrelerden birisi olduğu gözlemlenmiştir. DP800 malzemede sac genişliğinin artmasıyla geri esnemenin azaldığı gözlemlenmiştir. DP800 sac malzemede sac genişliğinin 20 mm’den 40 mm’e artmasıyla geri esneme açısının ortalama % 2,7 azaldığı gözlemlenmiştir. Farklı sac genişliklerine sahip deney numunelerinin değişen açılarda V bükme ile şekillendirilmeleri sonucunda elde edilen veriler Şekil 4 ile gösterilmiştir.





Şekil 4: Kalıp açısı ve sac genişliği etkisinde oluşan geri esneme grafikleri; a) 30, b) 60, c) 90, d) 120 derece kalıp açısı

4. Sonuçlar

Çalışma sonunda elde edilen genel sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- DP800 sac malzemede sac genişliğinin 20x40 mm'den 40x40 mm'e artmasıyla geri esneme açısının ortalama % 2,7 azaldığı tespit edilmiştir.
- 20x40 mm ölçülü deney numunelerinin 60 derece büküm açılı kalıplarda şekillendirilmesi sonucu 2,802 derece geri esneme açısı ile en yüksek geri esneme değeri elde edilmiştir.
- 20x40 mm ölçülü deney numunelerinin 90 derece büküm açılı kalıplarda şekillendirilmesi sonucu 0,53 derece ile en düşük geri esneme değerinin elde edildiği gözlemlenmiştir.

5. Kaynakça

- [1] Davies, R. G. (1978). Influence of martensite composition and content on the properties of dual phase steels. *Metallurgical Transactions A*, 9(5), 671-679.
- [2] Schuler GmbH., & Schuler GmbH. (1998). *Metal forming handbook*. Springer Science & Business Media.
- [3] Kalpakjian, S.; Schmid, S.R. *Manufacturing Engineering and Technology*, 6th Edition. Prentice Hall: California, United States of America, 2010; 1224 pp
- [4] Ozturk, F., Toros, S., & Kilic, S. (2009). Tensile and spring-back behavior of DP600 advanced high strength steel at warm temperatures. *Journal of Iron and Steel Research, International*, 16(6), 41-46.
- [5] Mulidran P, Spišák E, Majerníková J. (2017). Springback prediction in sheet metal forming via FEA simulation, *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, 6(9), 49-52.
- [6] De Souza, T., & Rolfe, B. F. (2013). Understanding robustness of springback in high strength steels. *International Journal of Mechanical Sciences*, 68, 236-245.
- [7] Gan, W., Babu, S. S., Kapustka, N., & Wagoner, R. H. (2006). Microstructural effects on the springback of advanced high-strength steel. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 37(11), 3221-3231.
- [8] A. International Handbook Committee, Volume 14: Forming and Forging 1993.
- [9] Tan, Z. Persson, B. and Magnusson, C., "An empiric model for controlling springback in V-die bending of sheet metals", *Journal of Materials Processing Technology*, 34(1-4), 449-455, 1992.
- [10] Aydın, K., Karaağaç, İ. & Uluer, O. (2019), The formability and springback characterization of laser-welded DP-HSLA sheets, *Appl. Phys. A* 125: 525. <https://doi.org/10.1007/s00339-019-2817-0>.
- [11] Özdemir, M., "1.5415 (16Mo3) Sac Malzemenin Geri-İleri Esneme Miktarı ve Deformasyon İlişkisinin Deneysel ve Matematiksel Olarak İncelenmesi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2015.

CHAOTIC NATURE OF RIVER FLOW TIME SERIES: UPSTREAM TO DOWNSTREAM

Leila Malekani¹, Shahryar Ghorbani², Umud Saray³, Mandeep Kaur Saggi^{4*}

¹*Faculty of Civil Engineering, Department of Water Resources Engineering, Tabriz University, Tabriz, Iran*

lmalekani@yahoo.com

²*Graduate School of Social Science, Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*

mg.shahryar@gmail.com

³*Department of computer science, Gaziosmanpasa University, Tokat, Turkey*

umutsaray@gmail.com

⁴*Department of Computer Science, Thapar Institute of Engineering and Technology, India*

mandeepsaggi90@gmail.com

** Corresponding Author*

Abstract

Study the dynamics of runoff in the watershed and how influence of the morphological characteristics is very important in solving water engineering problems. In this paper, the dynamic behavior of the runoff of the four basins located in the Iran, on basin in Turkey and two basins located in United States using chaos theory is studied. There is several stream gauge station in all selected basin. For all basin time series of runoff extraction and then chaotic parameters are calculated.

The delay time is determined using the mutual information method, the embedding dimension and correlation dimension is estimated using the false nearest neighbor algorithm and D2 algorithm, respectively.

Analysis of the results showed that the correlation dimension has increased from upstream to downstream which constitutes the increasing complexity and number of required variables for modeling. Delay times and embedding dimension do not have relationship with position of the station and values are fairly similar to each other. It is clear that we need more studies to reach a general conclusion on this point.

Keywords: *Runoff, Dynamic, Delay Times, Embedding Dimension, Correlation Dimension,*

1. Introduction

Adequate knowledge of river flow plays a significant role in hydrology, for proper planning and management of water resources, and environment. River flow is a dynamic, nonlinear, complex system in nature and often influenced by the physical characteristics of the watershed. Many nonlinear techniques include chaos theory, artificial intelligence systems, and catastrophe theory are used for the river flow modeling (see for details, Kumar and Fofoula-Georgiou (1997), ASCE Task Committee (2000a, 2000b), Sivakumar (2000), Labat et al. (2005), Ghorbani et al. (2010), Sivakumar and Berndtsson (2010), and Khatibi et al. (2012)).

The fundamental concept in chaos theory is that complex and random-looking behaviors are not necessarily the result of actual random systems but can also be from simple nonlinear deterministic systems with sensitive dependence on initial conditions (see, Lorenz (1963); Wilks (1991)). Chaos theory has found specific applications in investigating the presence of chaotic behavior (low or high dimensional deterministic) in the river flow and related processes because such complex systems can be represented in a simplified form through chaotic approach. Also this approach determines the complexity level of a system that provides the parameters and required information for subsequent predictive analyses. (see, Jayawardena and Lai (1994); Porporato and Ridolfi (1997); Liu et al. (1998); Krasovskaia et al. (1999); Sivakumar et al. (2001); Ghorbani et al (2010), Lisi and Villi (2001); Tang and Hu (2010); Xu et al (2013); Li et al (2013)).

The research by Ng et al. (2007) focused on the application of chaotic analytical techniques to daily stream flow data of the Saugeen River in Ontario, Canada and hydrologic series comprised of outliers. Different techniques and concepts of chaotic theory were adopted to enhance the understanding of the phenomena of outliers. This paper illustrated the use of the autocorrelation functions, mutual information, power spectrum analysis, phase space reconstruction, correlation dimension, surrogate tests, and Hurst coefficients for the analysis of chaotic systems. Based on the results of analyses, the analyzed series exhibited random-like fluctuations. The existence of outliers was found to increase the complexity of the analyzed series. The differentiation of a highly complex system from a random process, and the impact of outliers on the complexity of a system were quantitatively as well as visually presented from a chaotic perspective. Khatibi et al. (2012) investigated the existence of chaotic behavior in the river stage and discharge time series observed at the Sogutluhan hydrometric station, Turkey. Five nonlinear dynamic methods were employed:

(1) phase space reconstruction; (2) false nearest neighbor (FNN) algorithm; (3) correlation dimension method; (4) Lyapunov exponent method; and (5) local approximation method. As the discharge data used in this study are produced by rating directly gauged stage time series, it becomes feasible to investigate any interference triggered by chaotic signals with the rating. The results indicated the existence of low-dimensional chaos in the two time series. They also suggested that the rating of the stage time series to obtain the discharge time series amplified significantly the fluctuations in the latter in the presence of chaotic signals.

Kędra (2014) used several independent methods, techniques and tools for studying daily discharge from two selected gauging stations of the mountain river in southern Poland, the Raba River to determine the underlying dynamics of river flow. The outcomes indicated that the investigated discharge dynamics is not random but deterministic. Moreover, the results completely confirm the nonlinear deterministic chaotic nature of the studied process.

All mentioned studies demonstrated the chaotic behavior of river flow at the certain stations on the river. In the case of a river network, the author is not aware of any attempts to study the nature of the river flow upstream to downstream. So the main aim of this study is to detect the possibility of presence of chaotic behavior in the consecutive gauge stations of seven basins from different areas of the world. Different estimators are adopted to capture the presence of deterministic and chaotic dynamics in all gauge stations, namely average mutual information, false nearest neighbors, correlation dimension. The phase space corresponding to the underlying dynamical system is reconstructed by means of optimal delay time and embedding dimension, obtained from first local minimum of the average mutual information and from the false nearest neighbors techniques, respectively. The main signatures of chaotic dynamics will be investigated by means of the correlation dimension.

2. Methodology

Chaos theory or nonlinear time series analysis involves a host of methods, essentially based on the phase space reconstruction of the process, from scalar or multivariate measurements of its physical observables (Manlio *et al.* 2013).

2.1. Reconstruction of phase space

The first step in the process of chaos theory is reconstructing the dynamics in phase space. The concept of phase-space is a powerful tool for characterizing dynamic system, because with a model and a set of appropriate variables, dynamics can represent a real-world system as the geometry of a single moving point (Ghorbani *et al.* 2012). A method for reconstructing phase-space from an observed time series has been presented by Takens (1981). Using a single variable X_i ($i=1, 2, \dots, N$) the phase space (multi-dimensional) can be reconstructed using the method of delays (Takens, 1981) as following:

$$Y_j = \{X_j, X_{j+\tau}, X_{j+2\tau}, \dots, X_{j+(m-1)\tau}\} \quad (1)$$

Where $j = 1, 2, \dots, N - (m - 1)\tau/\Delta t$; τ is delay time; m is the dimension of the Y_j or embedding dimension and Δt is sampling time. If the dynamics of the system can be reduced to a set of deterministic laws, the trajectories of the system converge towards the subset of the phase space, called the attractor (Domenico *et al.* 2012).

The time delay τ can be defined by the average mutual information method (Fraser and Swinney, 1986). This method defines how the measurements $X(t)$ at time t are connected in an information theoretic fashion to measurements $X(t + \tau)$ at time $t + \tau$ (Abarbanel, 1996). The Average Mutual Information (AMI) is defined as:

$$I(\tau) = \sum_{i, i+\tau} P(X_i, X_{i+\tau}) \log_2 \left[\frac{P(X_i, X_{i+\tau})}{P(X_i) P(X_{i+\tau})} \right] \quad (2)$$

Where i is total number of samples. $P(X_i)$ and $P(X_{i+\tau})$ are individual probabilities for the measurements of X_i and $X_{i+\tau}$. $P(X_i, X_{i+\tau})$ are the joint probability density for measurements $P(X_i)$ and $P(X_{i+\tau})$. The appropriate time delay τ is defined as the first minimum of the average mutual information $I(\tau)$ (Ghorbani *et al.* 2012).

2.2. Correlation dimension

Correlation dimension method is one of the most efficient methods to determine the presence of chaos (Jani *et al.* 2013). This method is used as a fractal dimension quantifier and is based on the correlation integral (Grassberger & Procaccia, 1983).

For an m -dimensional phase space the correlation function $C_m(r)$ is given by Theiler (1986) as:

$$C_m(r) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i, j=1}^N H(r - |Y_i - Y_j|) \quad (3)$$

where H is the Heaviside step function, with $H(u) = 1$ for $u \geq 0$, and $H(u) = 0$ for $u \leq 0$, where $u = r - |Y_i - Y_j|$, N is the number of points on the reconstructed attractor, r is the radius of the sphere centered on Y_i or Y_j (Jani *et al.* 2013). If the

time series is characterized by an attractor, then for positive values of r the correlation function $C_m(r)$ is related to the radius r . For stochastic time series $C_m(r) \propto r^m$ holds, whereas for chaotic time series the correlation function scales with r as:

$$C_m(r) \propto r^{D_2} \quad (4)$$

Where D_2 , called *correlation exponent*. The correlation exponent is defined by

$$D_2 = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln C_m(r)}{\ln r} \quad (5)$$

And can reliably be estimated as the slope in the $\ln C_m(r)$ vs. $\ln(r)$ plot. The slope can be computed by the least-squares fit of a straight line (i.e. scaling region) over a length scales of r . According to Grassberger-Procaccia algorithm (1983), in case of deterministic data set the plot of 'm' versus ' D_2 ' should be a straight line parallel to embedding dimension, in case of stochastic data set, it should be straight line sloping 45 degrees to x and y axis. For a chaotic system, the correlation exponent initially increases but finally saturates after an especial embedding dimension. The saturation value of the correlation exponent is defined as the correlation dimension. If the value of correlation dimension is relatively small and fractal, the system can be considered as low-dimensional deterministic chaotic dynamic. Sivakumar and Singh (2012) classify systems with correlation dimension to the four groups of low, medium, high-dimensional and unidentifiable. The associated dimensionalities are as follows: (1) low-dimensional, with $d \leq 3.0$; (2) medium-dimensional, with $3.0 < d \leq 6.0$; (3) high-dimensional, with $d > 6.0$; and (4) unidentifiable.

2.3. River flow data

In this study, historical time series for 24 gauging stations at the seven basins from different regions of the world were used. Table 1 presents detailed spatial and temporal information about these basins. The statistical parameters corresponding to each time series are given in Table 2, while Figure 1(a)-(g) shows the observed river flow time series variations in the selected stations versus time.

Table 1 Spatial and temporal detail of the case studies

Basin	Station ID	Country	Date (y-m)		Location		Elevation (m)	Drainage Area (km ²)
			Start	End	Latitude	Longitude		
AjiChai	31005	Iran	1988-10	2010-10	47°28'48"	37°52'48"	1,660	1,679
	31014		1981-10	2010-10	47°13'59"	38°00'00"	1,600	2,451
	31117		1991-10	2010-10	46°48'58"	38°09'58"	1,518	5,635
	31015		2001-10	2010-10	46°23'60"	38°06'36"	1,450	7,280
	31045		1976-10	1996-10	46°02'60"	38°00'36"	1,310	9,670
BalkhluChai	19049	Iran	1981-10	2010-10	38°07'00"	47°54'03"	2,068	18
	19051		1981-10	2010-10	38°02'02"	47°59'38"	1,624	168
	19910		1999-10	2010-10	38°02'05"	48°02'11"	1,584	567
	19053		1981-10	2010-10	38°08'16"	48°11'19"	1,440	1,044
BeheshAbad	21955	Iran			32°13'09"	50°32'44"	2,022	114
	21418				32°15'58"	50°37'04"	2,049	368
	21429				32°05'51"	50°38'29"	1,996	897
	21483		1996-10	2010-10	32°02'57"	51°05'48"	2,134	946
	21888				32°05'44"	50°50'17"	2,006	2,527
	21497				32°05'22"	50°40'00"	1,977	3,015
	21425				32°01'50"	50°37'46"	1,680	3,955
Taleghan	17050	Iran	1997-10	2011-10	36°10'31"	51°03'55"	2,353	83
	17966		1992-10	2011-10	36°10'54"	50°54'28"	1,979	427
	17035		1992-10	2011-10	36°10'07"	51°44'02"	1,783	805
Kizilirmak	1535	Turkey	1996-10	2002-12	39°56'18"	32°49'44"	1,243	6,607
	1501		1996-10	2002-12	39°55'0"	32°33'56"	995	15,582
Bear	10011500	U.S.			40°57'55"	110°51'10"	2,428	445
	10020100		1962-01	2012-12	41°26'04"	111°01'01"	1,967	1,955
	10038000				40°43'53"	110°51'10"	1,871	6,338
Eel	11472800	U.S.	1990-01	2005-10	39°49'45"	123°04'11"	457	528
	11473900		1990-01	2005-12	39°42'23"	123°19'27"	275	1930
	11475000		1990-01	2005-12	40°13'06"	123°37'53"	66	5457
	11478000		1990-01	2005-12	40°29'30"	124°05'55"	11	8063

Table 2 Statistics of the river flow time series for the case studies considered

Basin	Station	Statistics						
		Number of Data	Mean (m ³ /s)	Min. (m ³ /s)	Max. (m ³ /s)	Std. Deviation (m ³ /s)	Skew	Kurtosis
AjiChai	31005	240	4.43	0	32.34	6.11	2.37	6.12
	31014	120	2.61	0	32.42	5.43	3.55	14.26
	31117	240	5.96	0	50.29	10.25	2.43	5.75
	31015	360	9.52	0	107.70	16.43	2.97	10.49
	31045	288	8.64	0	107.31	15.62	3.61	15.78
BalkhluChai	19049	360	0.16	0.01	2.01	0.23	5.37	33.04
	19051	360	1.23	0.12	8.66	0.73	2.79	23.28
	19910	144	2.04	0.36	8.47	1.51	1.98	4.86
	19053	360	3.48	0.03	18.33	2.87	1.60	4.09
BeheshAbad	21955	156	1.86	0.39	8.61	1.77	1.76	6.24
	21418	156	1.37	0	14.00	2.47	3.27	9.81
	21429	156	6.69	0	53.20	10.24	2.54	4.93
	21483	156	0.55	0.04	4.38	0.73	3.45	15.59
	21888	156	1.94	0	23.60	3.61	3.29	10.33
	21497	156	4.11	0.058	42.20	5.09	3.66	7.93
	21425	156	14.07	0.91	118.00	18.84	2.64	4.23
Taleghan	17050	192	11.91	1.364	64.47	12.31	1.82	9.50
	17966	240	8.27	1.43	42.64	8.12	1.67	2.13
	17035	240	1.26	0.05	12.10	1.71	2.63	2.95
Kizilirmak (daily data)	1535	72	33.21	3.03	232.26	46.99	2.61	7.14
	1501	72	57.79	3.96	349.32	73.34	2.60	6.87
Bear	10011500	612	5.5	0.6	56.3	8.25	2.59	7.24
	10020100	612	6.2	0.01	72.5	10.04	2.91	10.48
	10038000	612	12.1	0.0	105.1	14.66	2.84	9.51
Eel	11472800	192	157.36	0.88	1317.55	246.81	2.33	5.54
	11473900	192	95.81	0.15	877.42	155.23	2.47	6.53
	11475000	192	30.79	0.02	219.86	44.7	2.14	4.86
	11472800	84	17.13	0.09	103.88	22.99	1.86	3.75

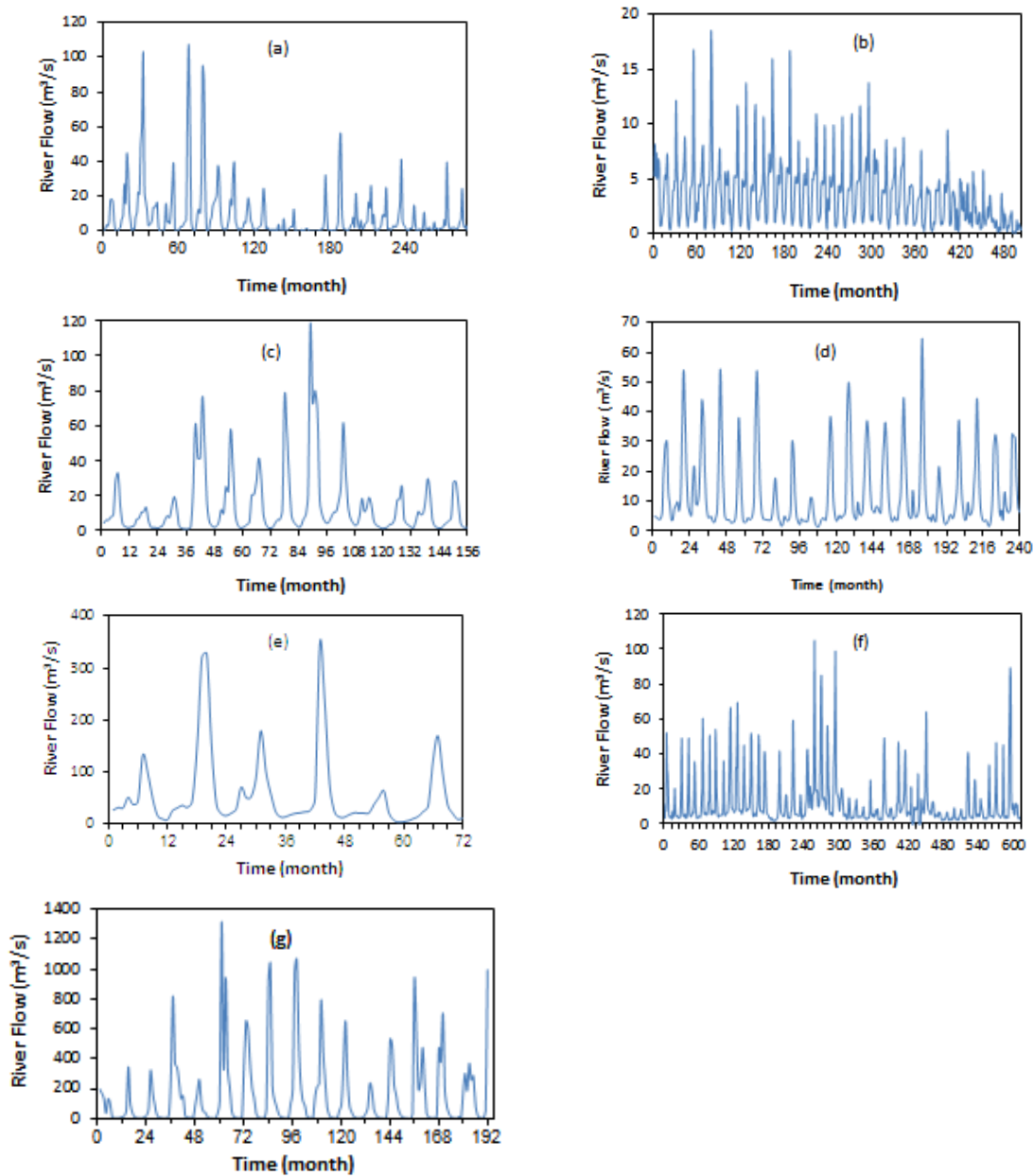


Figure 1 the river flow time series at the stations that located in outlet basin: (a) 31045 in the AjiChai basin; (b) 19053 in the BalkluChai basin; (c) 21425 in the BeheshAbad basin; (d) 17035 in the Taleghan basin; (e) 1501 in the Kizilirmak basin; (f) 10038000 in the bear basin (g) 11477000 in the Eel basin

3. Results and Discussion

To determine the chaotic dynamics for each of the stations, the all river flow time series are used for phase-space reconstruction. Fig. 2(a)–(g) shows the phase-space reconstruction of time series at stations 31045, 19053, 21425, 17035, 1535, 38000 and 7000 respectively. The plots show the projection of the attractor on the plane with delay time equal 1.

The delay time (τ) is estimated by using the average mutual information (AMI) method. The first minimum in the mutual information function can be considered as the optimal delay time (Regonda et al, 2004). The mutual information function of the stations are plotted and shown in Figure 3. Hence, the optimal delay time is chosen as 3, 4, 4, 8, 7, 6 and 4 for 31045, 19053, 21425, 17035, 1535, 10038000 and 11477000 stations, respectively (table 3). The initial exponential decay of mutual information functions indicates that the river flow series may be of chaotic nature (Li et al, 2013).

After determining the delay time values, the correlation integrals were computed by the Grassberger-Procaccia algorithm for different embedding dimensions (m). Figure 4 shows the relationship between the correlation function, $C(r)$, and the radius r (i.e. $\log C(r)$ versus $\log r$) for embedding dimensions, different value m . The relationship between the correlation exponent values (D_2) and the embedding dimension values m is shown in Figure 5.

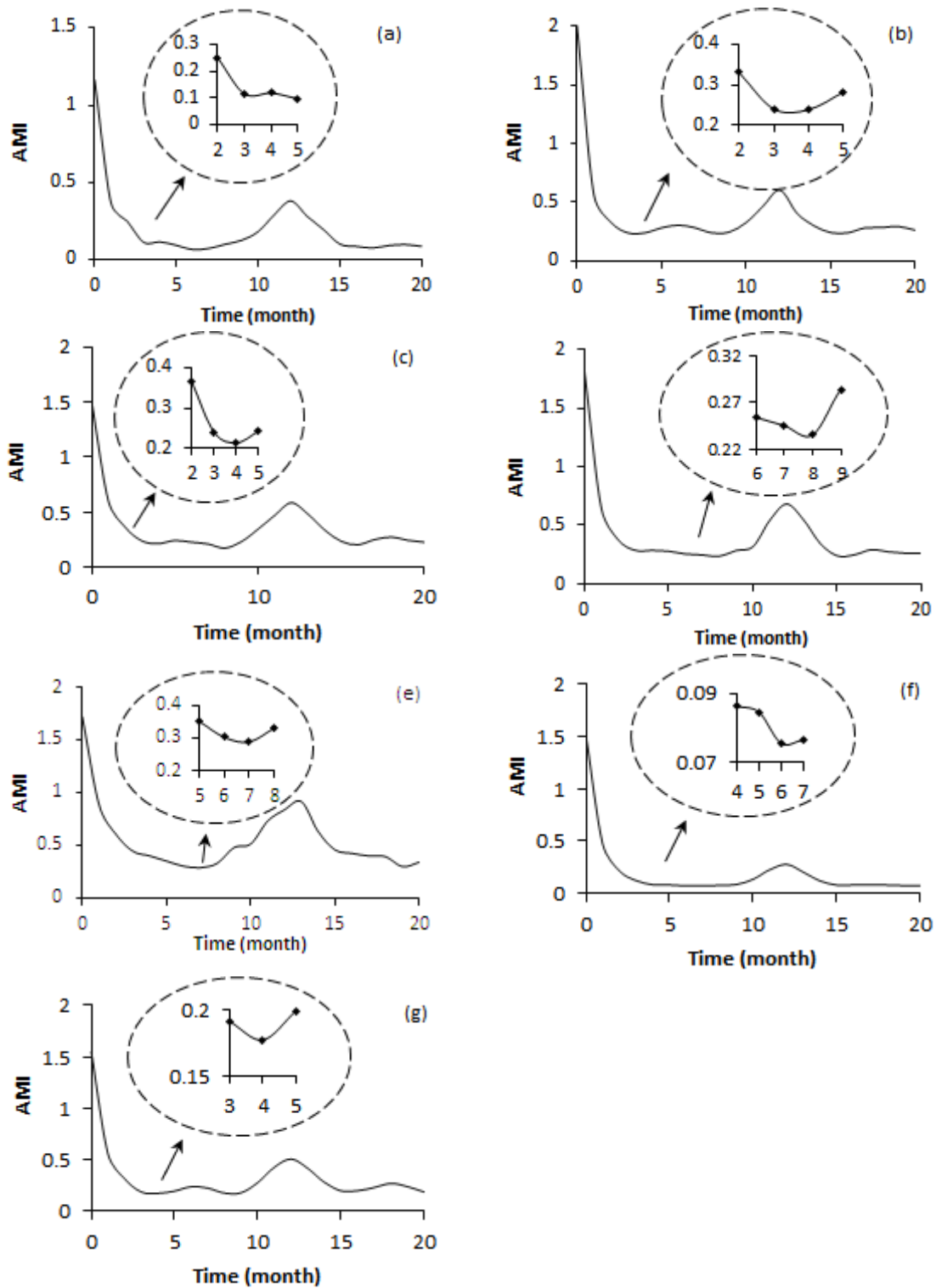


Figure 2 Average mutual information function and its relative change with lag time at the stations that located in outlet basin: (a) 31045 in the Ajichai basin; (b) 19053 in the Balkhluchai basin; (c) 21425 in the Beheshabad basin; (d) 17035 in the Taleghan basin; (e) 1501 in the Kizilirmak basin; (f) 10038000 in the bear basin; ; (g) 11477000 in the Eel basin

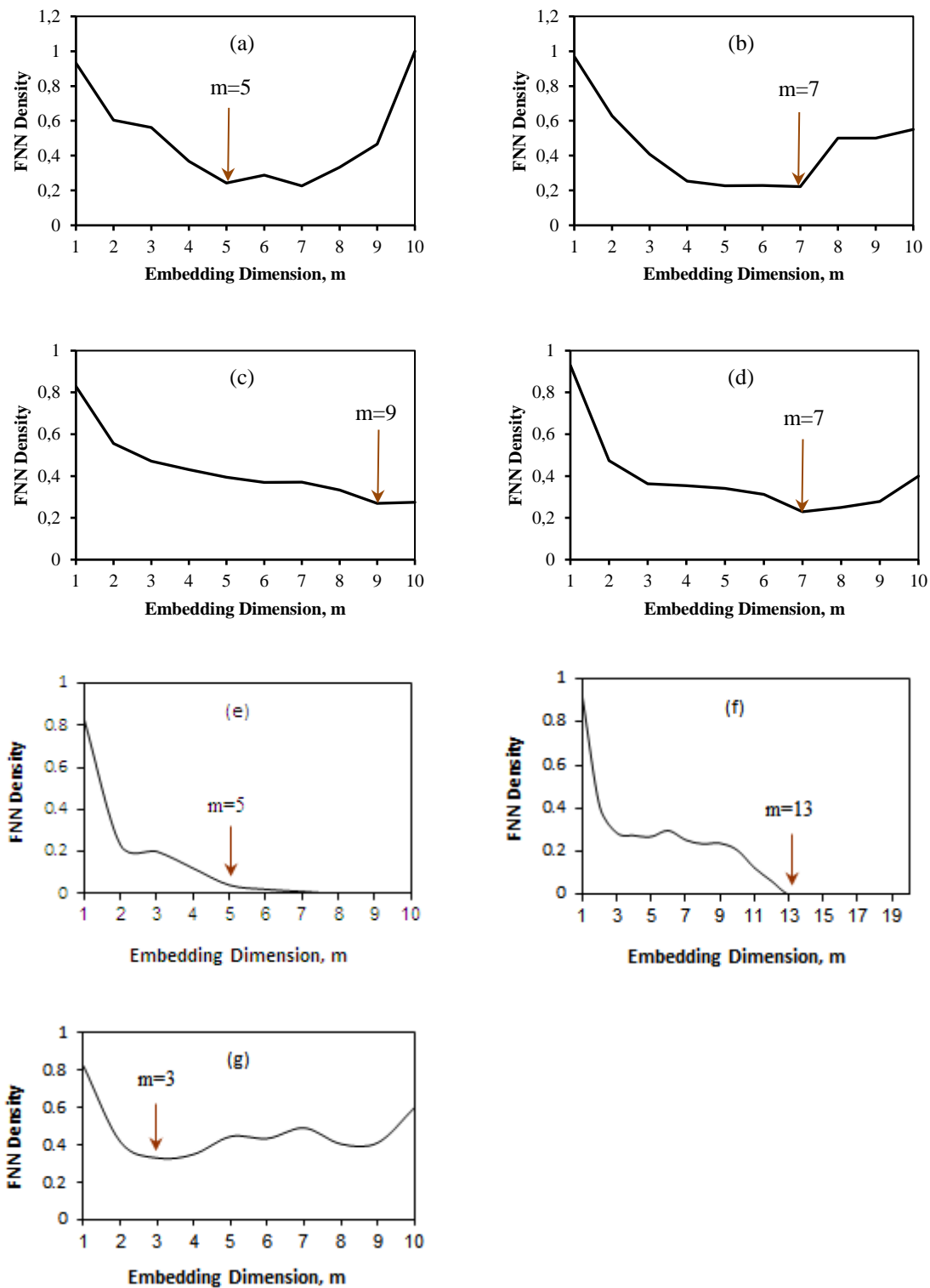


Figure 3 Percentage of false nearest neighbor of the monthly river flow time series in embedding dimension at the stations (a) 31005 in the Ajichai basin; (b) 19053 in the Balkhluchai basin; (c) 21429 in the Beheshabad basin; (d) 17966 in the Taleghan basin; (e) 1501 in the Kizilirmak basin; (f) 10038000 in the bear basin; (g) 11477000 in the Eel basin

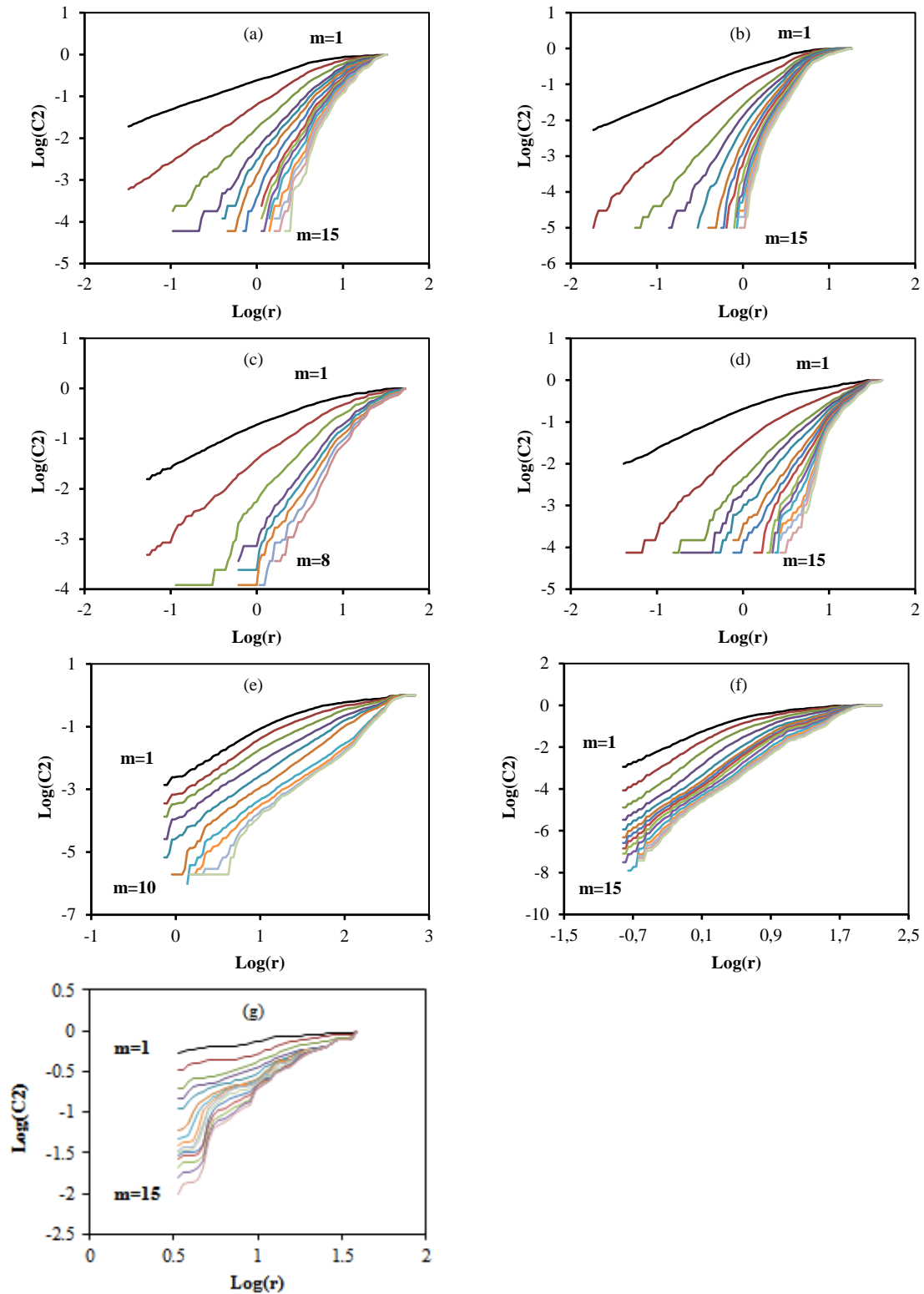


Figure 4 Log C(r) versus log (r) plots for monthly river flow data: (a) 31045 in the Ajichai basin; (b) 19053 in the Balkhluchai basin; (c) 21425 in the Beheshabad basin; (d) 17035 in the Taleghan basin; (e) 1501 in the Kizilirmak basin; (f) 10038000 in the Bear basin; (g) 11477000 in the Eel basin

Table 2: chaotic parameters in case study

	Basin	Station	AMI	FNN	D2
Iran	Ajichai	31005	3	5	2.15
		31014	5	4	2.18
		31117	6	4	2.2
		31015	7	7	3.6
		31045	3	6	4.1
	Balkhluchai	19049	6	9	2.85
		19051	3	7	3.6
		19910	3	6	3.7
		19053	4	7	3.95
	Beheshabad	21483	4	3	0.85
		21888	6	5	1.02
		21497	4	8	2.90
		21425	4	6	3.2
		21955	4	7	1.7
		21429	3	9	2.5
21425		4	6	3.2	
21418		4	7	1.3	
21429		3	9	2.5	
21425		4	6	3.2	
Taleghan	17050	4	4	1.3	
	17966	4	7	2.3	
	17035	8	6	2.5	
Turkey	Kizilirmak	1535	3	4	1.5
		1501	3	5	2.0
U.S.	Bear	10011500	3	9	2.3
		10020100	4	10	2.55
		10038000	6	13	2.9
	Eel	11472800	4	2	2.3
		11473900	5	3	2.62
		11475000	4	3	2.99
		11477000	4	3	3.61

4. Conclusions and possibility for future study

Correlation dimension (D2) in all of monthly runoff time series is a positive value and limited there for all of them are chaotic. For delay times and embedding dimension not seen relationship between them values and position of the station in basins. It seems that they do not significantly increase or decrease but in all of basin correlation dimension value increase from upstream to downstream. The rate of increase depends on the conditions of each basin such as changes in slope, land use, soil and climatic conditions. This study is among the first investigation it is clear that we need more studies to reach a general conclusion on this point. In homogeneous basin changes of D2 is less. Obtain a relation between correlation dimension and position of gauge station, Area or other physical characteristics of basin is important because D2 expressed as the number of relevant parameters and can determined type time series in terms of complexity.

5. References

- Abarbanel, H.D.I: Analysis of observed chaotic data. Springer – Verlag, New York, 1996.
- Ghorbani M A, [Kisi O](#), [Alinezhad M](#) (2010). A probe into the chaotic nature of daily streamflow time series by correlation dimension and largest Lyapunov methods. *Applied Mathematical Modelling* 34:4050–4057
- Grassberger P, Procaccia I (1983). Characterization of strange attractors. *Phys Rev Lett* 50(5): 346-349.
- Jayawardena, A W, Lai F (1994). Analysis and prediction of chaos in rainfall and stream flow time series. [J Hydrol](#) 153: 28-52.
- Kędra M. (2014) Deterministic chaotic dynamics of Raba River flow (Polish Carpathian Mountains). *Journal of Hydrology*. 509(13): 474-503.
- Khatibi R., Sivakumar B., Ghorbani M.A., Kisi O., Koçak K., FarsadiZadeh D. (2012) Investigating chaos in river stage and discharge time series. *Journal of Hydrology*. 414-415: 108-117.
- [Koçak K](#) (1997). Application of local prediction model to water level data. A Satellite Conference to the 51st ISI Session in Istanbul, Turkey: Water and Statistics, Ankara-Turkey, 185-193.
- Krasovskaia I, Gottschalk L, Kundzewicz Z W (1999). Dimensionality of scandinavian river flow regimes. *J Hydro Sci* 44:705– 723.
- [Li X](#), [Gao G](#), [Hu T](#), [Ma H](#), [Li T](#) (2013). Multiple time scales analysis of runoff series based on the Chaos Theory. doi: 10.1080/19443994.2013.813667
- Manlio D D, Ghorbani M A, Oleg M, Dina M, Asadi H (2013). [Chaos and reproduction in sea level.](#) *J Appl Math Model* 37(6): 3687–3697.
- Ng W.W., Panua U.S., Lennox, W.C., 2007. Chaos based Analytical techniques for daily extreme hydrological observations. *Journal of Hydrology*. 342(1-2): 17-41.
- Ondimu S, Murase H (2007). Reservoir level forecasting using neural networks: Lake Naivasha. *Biosystems Engineering* 96(1): 135–138.
- Porporato A, Ridolfi L (1997). Nonlinear analysis of river flow time sequences. *Water Resour Res* 33(6):1353-1367
- Regonda S, Sivakumar B, Jain A (2004). Temporal scaling in river flow: Can it be chaotic? *J Hydro Sci* 49(3):373-385.
- Sivakumar B (2001). Rainfall dynamics at different temporal scales: A chaotic perspective. *Hydrol Earth Sys Sci* 5(4): 645–651
- Sivakumar B (2005). Chaos in rainfall: Variability, temporal scale and zeros. *J Hydrol Hydromech* 7(3):175-184
- Sivakumar B and Singh V P (2012). Hydrologic system complexity and nonlinear dynamic concepts for a catchment classification framework. *Hydrol Earth Sys Sci* 16:4119–4131.
- Sivakumar B, Berndtsson R, Persson M (2001) Monthly runoff prediction using phase-space reconstruction. *J Hydro Sci* 46(3): 377-387.
- Takens F (1981). Detecting strange attractors in turbulence, in *Lectures Notes in Mathematics*, edited by D.A.Rand and L.S.Young, Springer-Verlag, New York. 898:366-381.
- Tang Q, Hu T (2010). Testing for Chaos of Yangtze River Streamflow at Different Timescales Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. 2151-2154
- Wilks DS (1991). Representing serial correlation of meteorological events and forecasts in dynamic decision-analytic models. *Monthly Weather Review* 119:1640-1662

UÇUCU KÜL İLE DAYANIMI ARTIRILMIŞ KİLLİ BİR ZEMİNİN YOL ÜSTYAPISINA ETKİLERİ

Tacettin Geçkil¹, Mehmet Mahmut Tanyıldızı^{*2}, Ekrem Serdar Yıldırım³

^{1,3}İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

tacettin.geckil@inonu.edu.tr, serdaryildiran44@gmail.com

²2'nci Ordu Komutanlığı, Malatya

mmtanyildizi@hotmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Gerçekleştirilen bu çalışma ile kil zemine farklı oranlarda katılan F sınıfı uçucu külün (UK); zeminin dayanımı, rijit ve esnek kaplamaların maliyeti üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmanın amacı kapsamında, katkı maddesi olarak belirlenen UK, kil ağırlığının % 5,10,15,20 miktarlarında eklenmiştir. Farklı oranlarda hazırlanan numuneleri, homojen karıştırma işleminden sonra, sıkıştırma, serbest basınç ve Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) deneylerine tabi tutulmuştur. Gerçekleştirilen deneyler neticesinde; Bu kil zeminin dayanım gücünün UK ilavesiyle arttığı ve maksimum dayanıma % 10'da ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Ek olarak, esnek ve rijit yol üstyapısının tasarımında kullanılan AASHTO-1986 metoduyla, UK ilaveli kil zeminin Esneklik Modülü (M_R) ve Yatak Katsayısı (k) parametreleri hesaplanmış ve her iki yapı için maliyet analizi yapılmıştır. Esnek bir üstyapıda ' M_R ' değerinin 224.385 (%10 katkı) yerine 48.000 (kil zemin) olarak alındığında, esnek bir üstyapıda (1 km uzunluğunda) yaklaşık olarak 81.840 TL maliyetin arttığı, rijit üstyapıda ' k 'nin 8,819 inç (%10 katkı) yerine 11,998 inç (kil zemin) olarak alındığında rijit bir üstyapıda (1 km uzunluğunda) yaklaşık olarak 11.880 TL maliyetin arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Killi zemin, uçucu kül, zemin dayanımı, rijit üstyapı, esnek üstyapı, AASHTO metodu.

1. Giriş

Bir zeminin iyileştirilmesi veya stabilizasyonu, dayanımı zayıf bir zemin yapısının, muhtelif iyileştirme metotları (kimyasal, fiziksel ve mekanik) ile mukavemetini artırarak dış kaynaklı kuvvetlere maruz kalmasına rağmen dayanımını koruduğu ve bunu sürdürdüğü durumu olarak ifade edilebilir [1]. Zeminlerin mukavemetini arttırmak için farklı yöntemler olmasına rağmen, genellikle en çok tercih edilen zeminin dayanımını arttırmak için ilave katkı maddesi eklemektir. Zeminin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi, doğal bir malzeme (katkı maddelerinin ilavesi) kullanılarak elde edilmesi mümkündür. Kireç, çimento, UK vb. zeminin dayanımını arttırmada kullanılan ana katkı maddelerinden bazılarıdır. Son zamanlarda, yol taban zeminini güçlendirmek ve yol üstyapısına hazır hale getirmek amacıyla yaygın olarak UK eklenerek zeminler stabilize edilmektedir [2,3,4,5].

Uçucu kül ile ilgili Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nce gerçekleştirilen bir araştırmada, UK'nın betonda katkı maddesi olarak kullanımı üzerine odaklanılmış ve Tunçbilek Termik Santrali'nden alınan UK'nın betonda katkı maddesi olarak kullanılmasının uygun olduğu tespit edilmiştir. Değişik miktarlarda UK içeren beton karışımları üzerinde yapılan deneyler sonucunda, UK katkısının hidrasyon ısısını azalttığı ve çimento içine %20 oranına kadar katılan UK'nın 90 gün sonra, normal beton mukavemetinden daha yüksek sonuçlara ulaşıldığı gözlemlenmiştir [6]. Tunçbilek UK'sı kullanılarak yapılan başka bir araştırmada, UK katkısı ile killi bir zeminin dayanım gücünün arttığı, killi zemine % 3,5,10 oranlarında UK ilave edilmesi ile zeminin plastisitesinin değişmediği, optimum su muhtevası ve serbest basınç mukavemetinin ilave edilen UK miktarı ile arttığı gözlemlenmiştir. [7]. Yol yapımında UK uygulanması ile ilgili olarak gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise yolda kullanılan UK-kireç karışımına % 1,5 ve 2,5 oranındaki katkıların olumlu etkiler yaptığı ve erken dönemlerdeki dayanımları artırdığı belirlenmiştir [8]. Zemine UK ilavesi ile maks. kuru birim hacim ağırlık değerinin azaldığı, buna karşın optimum su muhtevasında artış meydana geldiği ve bunun neticesinde artan kuru birim hacim ağırlığı ile kompaksiyon enerjisinin arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, zemine UK ilavesi ile, zeminin kompaksiyon özelliklerinde iyileşme görüldüğü, içsel sürtünme açısı ve kohezyonda önemli artış meydana geldiği, kayma mukavemetinin artmasında kohezyondaki artmanın daha etkin olduğu belirlenmiştir. UK katkısıyla permeabilite ve konsolidasyon katsayısı azalmış, ön konsolidasyon basıncının artışı ile boşluk oranının azaldığını tespit edilmiş ve Afşin – Elbistan Termik Santrali uçucu külünün zemin dayanımının iyileştirme çalışmalarında kullanılabileceği değerlendirilmiştir [9].

Bu çalışmada, F sınıfı bir UK'nın zemin mukavemetine ve yol üstyapısına etkilerini araştırma amacıyla, ağırlıkça çeşitli oranlarında killi zemine eklenerek, karışıma sıkıştırma, serbest basınç ve CBR deneyleri uygulanmıştır. Deney verileri esas alınarak, AASHTO 1986 yöntemi yardımı ile esnek ve rijit yol kaplama kalınlıkları ve maliyetleri hesaplanarak değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

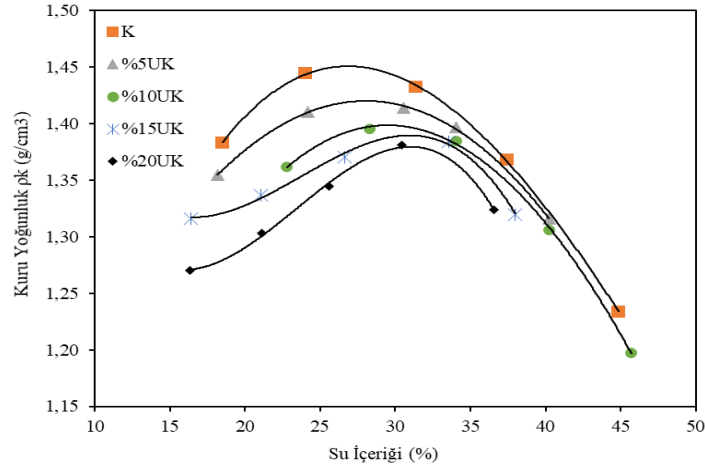
Çalışma kapsamında kullanılan kil malzeme Malatya Kıltepe bölgesinden, killi zeminin dayanımının artırılması amacıyla kullanılan F sınıfı UK ise İSKEN-İskenderun Enerji Üretim ve Tic.A.Ş. termik santralinden temin edilmiştir. TS 1900-1 göre,

kullanılan kil zemininin standart proktor, piknometre ve kıvam limit deneyleri yapılmış ve kilin mühendislik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Deneysel çalışmalar, İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Tablo 1: Kil zeminin mühendislik özellikleri

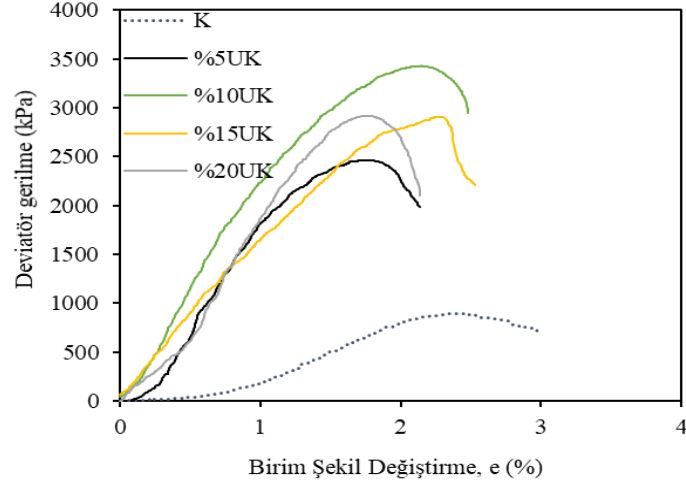
Parametre	Simgesi	Birimi	Değerler
Dane birim hacim ağırlığı	γ_s	KN/m ³	26,80
Maks. kuru birim hacim	g_{kmax}	KN/m ³	14,50
Opt. su içeriği	W_{opt}	%	27
Likit limit (LL)	-	%	61
Plastik limit (PL)	-	%	29
Plastisite indeksi (PI)	PI	-	32
Sınıflandırma	-	-	CH

Katkısız kil zemin ve oluşturulan her bir karışım için (%5, 10, 15 ve 20 oranlarında UK) üçer adet numune hazırlanmış, her numuneye standart proktor deney sonuçlarından elde edilen optimum su içeriklerinde NaOH çözeltisi ilave edilmiştir. Katkısız kil zemin ve hazırlanan tüm karışımlar üzerinde standart proktor deneyleri TS 1900-1’e göre gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen standart proktor deneylerine ait kuru yoğunluk-su içeriği grafiği Şekil 1’de verilmiştir. Şekil-1’de ve çalışmanın bütününde K, katkısız saf kili; %5UK, %10UK, %15UK ve %20UK ise ağırlıkça katılan UK miktarını göstermektedir. Şekil 1’den anlaşılacağı üzere, UK miktarının artışına bağlı olarak, optimum su içeriğinde artış, maksimum kuru yoğunlukta ise azalma olduğu görülmektedir.



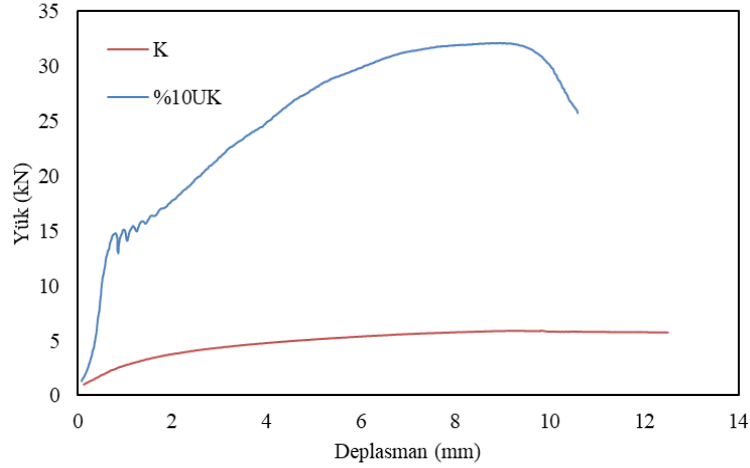
Şekil 1. Hazırlanan numunelere ait Kuru Yoğunluk (g_k)-Su İçeriği (%) grafikleri

Katkı maddesi ilavesi yapılmamış saf kil ve hazırlanan diğer tüm karışımlar 28 günlük kür süresine tabi tutulmuştur. Kür süresi bitiminde bütün numuneler üzerinde serbest basınç deneyi gerçekleştirilmiş ve bunlara ait Gerilme-Şekil değiştirme grafiği Şekil 2’de gösterilmiştir. Şekilde, maksimum serbest basınç mukavemetinin %10UK ilavesiyle hazırlanmış kil numunelere (q_u) ait olduğu belirlenmiştir. Kilin serbest basınç mukavemeti, 28 günlük kür süresinin bitiminde %10 UK ilavesi ile 1,39 kat artmıştır. Ayrıca, tüm katkılı karışımların katkısız saf kilden daha yüksek serbest basınç mukavemetine sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2. Numunelere ait serbest basınç deneyi sonuçları

Serbest basınç deneyleri sonucunda kil zemin üzerinde optimum katkı oranının %10UK olduğu tespit edildikten sonra, numuneler üzerinde CBR deneyi uygulanmıştır. Hem saf kil hem de %10UK için ikişer adet CBR deney numunesi hazırlanmış ve daha sonra bu deney numuneleri 28 gün küre tabi tutularak deney gerçekleştirilmiştir. Kür sonrasında, katkısız saf kil ve %10UK katkıları için gerçekleştirilmiş CBR deneylerine ait Yük (kN)-Deplasman (mm) grafikleri Şekil 3’de gösterilmiştir. Şekil 3’de görüleceği üzere, %10UK katkıları zeminin taşıma gücü oranı çok daha yüksek çıkmıştır. 28 günlük kür sonunda saf kil zemine ait 2,5 ve 5 mm’lik deplasmanlara ait düzeltilmiş CBR değerleri %32 ve %26,4; %10UK katkıları zemininin aynı deplasmanlara karşılık gelen düzeltilmiş CBR değerleri %149,59 ve %139,95 olarak elde edilmiştir.



Şekil 3. CBR deneyi sırasında elde edilen Yük (kN)-Deplasman (mm)

2.1. AASHTO Metodu ile Esnek ve Rijit Üstyapıda Taşıma Gücünün Analitik İncelenmesi

Esnek kaplamalar için üstyapı sayısı (SN) eşitlik 1’de verilen formüle göre hesaplanmıştır [10].

$$\log W_{8,2} = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN+1) - 0,20 + \frac{\log[\Delta PSI / (4,2 - 1,5)]}{0,40 + [1094 / (SN+1)^{5,19}]}$$

$$+ 2,32 \log(M_R) - 8,07$$

(1)

Burada;

$W_{8,2t}$: 8,2 ton tek dingil yükünün üstyapının son servis yeteneğine düşmesi için gerekli toplam tekerrür sayısı,

M_R : Taban zemini esneklik modülü (psi)

S_0 : Standart sapma

Z_R : Güvenilirliğin yüzdesine bağlı olarak tespit edilen standart normal sapma değeri

SN : Üstyapı sayısı

ΔPSI : Servis kabiliyeti indeksi

Beton (rijit) kaplama kalınlığı (D) eşitlik 2’de verilen formüle göre hesaplanmıştır [10].

$$\log_{10} W_{8,2} = Z_R \times S_0 + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}[\Delta PSI / (4.5 - 1.5)]}{1 + [1.624 \times 10^7 / (D+1)^{8.46}]}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \frac{\log_{10} S'_c \times C_d \times [D^{0.75} - 1.132]}{215.63 \times J \times [D^{0.75} - [18.42 / (E_c / k^{0.25})]]}$$
 (2)

Burada;

$W_{8,2}$: 8,2 ton eşdeğer tek-dingil yükü tekrerrür sayısı

Z_R : Standart normal sapma

S_0 : Trafik tahmini ve performans tahmininin bileşik standart hatası

D : Rijit üstyapı beton kaplama kalınlığı (inç)

ΔPSI : $P_0 - P_t$ (Servis kabiliyetinde azalma miktarı)

P_0 : Başlangıç servis kabiliyeti indeksi

P_t : Nihai servis kabiliyeti indeksi

S'_c : Betonun kopma modülü (Eğilmede çekme mukavemeti) (psi)

J : Yük transfer katsayısı

C_d : Drenaj katsayısı

E_c : Betonun elastisite modülü (psi)

k : Yatak katsayısı (pci)’ni göstermektedir.

2.2. AASHTO Metodu ile Esnek Üstyapıda Saf ve %10UK Katkılı Kil Zeminin Taşıma Gücünün Analitik İncelenmesi

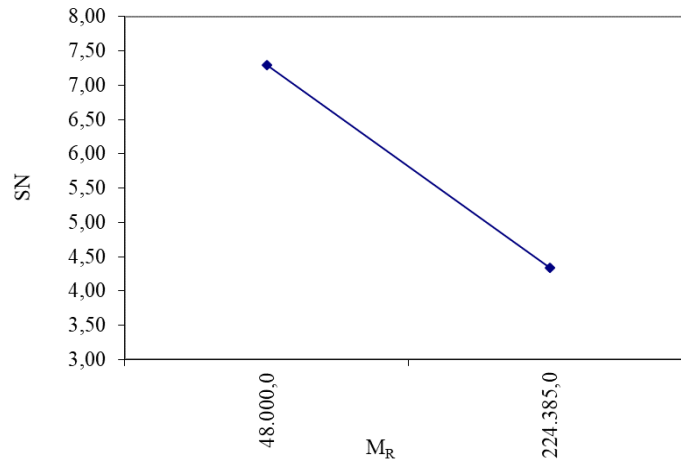
Üst yapısı hesaplanacak yolun oturacağı taban zemininin AASHTO yöntemine göre M_R değeri tespit edilmektedir. Zeminin CBR değeri ile M_R değeri arasında Psi cinsinden $M_R = 1500 \times CBR$ gibi bir bağıntı olduğundan taban zemininin CBR değerinin bilinmesi durumunda M_R değeri bulunabilmektedir [11].

28 günlük kür sonunda kil zemininin CBR değeri %32, %10UK katkıli kil zemininin CBR değeri %149,59 olarak belirlenmiştir. Buna göre, kil zemin için $M_R = 1500 \times CBR = 1500 \times 32 = 48.000$ ve %10UK katkıli kil zemin için $M_R = 1500 \times 149,59 = 224.385$ bulunur. Eşdeğer standart dingil yükü tekrerrür sayısı $T_{80} = 15$ milyon, standart sapma $S_0 = 0,60$, Servis kabiliyeti indeksi $\Delta PSI = 2,20$, $R_E = 0,999$ ve $Z_R = -3,090$ olarak alınırsa eşitlik (1) ile SN değerleri bulunur.

Tablo 2’de esnek üstyapılarda M_R ’nin üstyapı sayısına etkisini belirlemek için ele alınan parametrelerin değerleri, Şekil 4’de ise M_R ’nin üstyapı sayısına etkisi verilmiştir. Şekil 4’de görüldüğü üzere, kil zemin için $SN = 7,29$ iken %10 UK katkıli kil zemin için $SN = 4,34$ olup ‘ M_R ’ değerinin 224.385 (%10UK katkıli kil zemin) yerine 48.000 (kil zemin) alınması durumunda üstyapı sayısında $((7,29 - 4,34) \times 100) / 4,34 = \%67,97$ ’lik fazla değer elde edilmiş olmaktadır.

Tablo 2. M_R İle SN arasındaki ilişki

T_{80}	M_R	S_0	R_E	Z_R	ΔPSI	SN
15.000.000	48.000	0,60	0,999	-3,090	2,20	7,29
	224.385					4,34



Şekil 4: SN'nin MR ile değişimi

2.3. AASHTO Metodu ile Rijit Üstyapıda Saf ve %10UK Katkılı Kil Zeminin Taşıma Gücünün Analitik İncelenmesi

Esnek kaplamalarda Esneklik Modülü (M_R), beton kaplamalarda ise yatak katsayısı (k) ile tanımlanmaktadır. Zemin yatak katsayısı (k) ile Esneklik Modülü (M_R) arasında aşağıdaki gibi bir bağıntı vardır. Yatak katsayısı aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır.

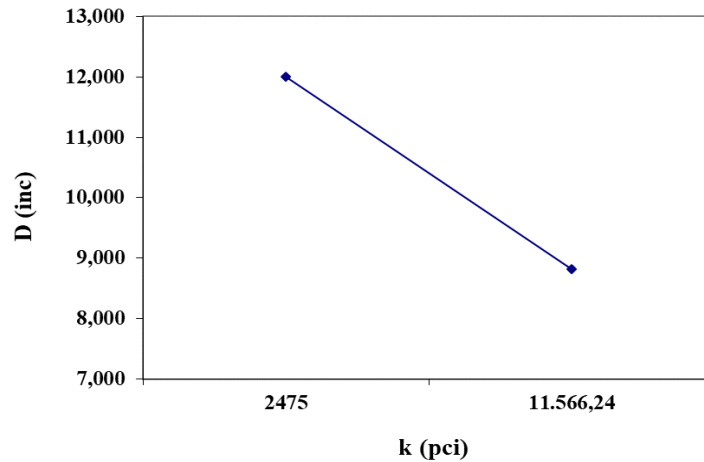
$$k = M_R/19,4$$

Kil zemin için $k=48.000/19,4=2.475$ ve %10 UK katkıli kil zemin için $k=224.385/19,4=11.566,24$ bulunur. 8,2 ton eşdeğer tek-dingil yükü tekrerrür sayısı $W_{8,2}=50$ milyon, yük transfer katsayısı $J=3,2$, drenaj katsayısı $C_d=1$, trafik tahmini ve performans tahmininin bileşik standart hatası $S_0=0,35$, standart normal sapma $Z_R = -1,645$, betonun elastisite modülü $E_c=5.000.000$ ve servis yeteneği kaybı $\Delta PSI=2$ olarak alınıp eşitlik (2) ile 'D' değerleri hesaplanır.

k 'nın üstyapı kaplama kalınlığına etkisini belirlemek için ele alınan parametrelerin değerleri Tablo 3'de, k 'nın üstyapı kaplama kalınlığına etkisi Şekil 5'de verilmiştir. Şekil 5'de görüldüğü üzere, kil zemin için $D=11,998$ inç iken %10 UK katkıli kil zemin için $D=8,819$ inç olup ' k ' değerinin 8,819 inç yerine (%10UK katkıli kil zemin), 11,998 inç alınması (kil zemin) durumunda üstyapı sayısında $((11.998-8,819) \times 100)/8,819 = \%36,05$ 'lik fazla değer elde edilmiş olmaktadır.

Tablo 3. k İle D parametreleri arasındaki ilişki

$W_{8,2}$	k (pci)	S_0	Z_R	E_c	D (inc)	D (cm)
50.000.000	2475	0,35	-1,645	5.000.000	11,998	30,475
	11.566,24				8,819	22,400



Şekil 5: D'nin k ile değişimi

2.4. Killi ve Kireç Katkılı Killi Zeminlerin Ekonomik Analizi

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) birim fiyatlarında, aşınma, binder ve bitümlü temel tabakaları için farklı kalınlıklardaki 1m² maliyetleri, temel ve alttemel tabakaları için ise m³ ve ton maliyetleri verilmiştir. Bu çalışmada, tabaka kalınlıklarına göre verilen maliyet değerleri, tabaka kalınlıklarına bölünerek m²/cm miktarının maliyeti bulunmuş ve bu değerlerin de ortalaması alınmıştır.

AASHTO (1986) metodunda taban zemini taşıma gücünün ekonomik analizi için 2018 yılı KGM birim fiyatları esas alınmıştır [12]. Tablo 4 ve Tablo 5’de analizde kullanılacak birim maliyetler verilmiştir

Birim maliyet tespitinde, aşınma tabakası (asfalt betonu) 5 cm, binder tabakası (asfalt betonu) 8 cm, bitümlü temel tabakası 12 cm, granüler temel tabakası 20 cm ve alttemel tabakası 20 cm alınmıştır.

Tablo 4. Tabaka türlerine göre birim maliyetler

Poz No	Tanım	Birimi	Birim Fiyat (TL)	m ² /cm Maliyeti (TL)
KGM/6405/S	5 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m ² asfalt betonu aşınma tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş)	m ²	9.27	1.85
KGM/6308	8 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m ² asfalt betonu binder tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile)	m ²	13.11	1.64
KGM/6212-A	12 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m ² asfalt betonu bitümlü sıcak temel tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile)	m ²	18.21	1.52
KGM/6100/3	Plentmix temel yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) Not: Kaplama yoğunluğu 2.4	ton	37.63	0.90
KGM/6010	Elenmiş çakıllı malzeme ile alttemel yapılması (kum-çakıl alttemel)	m ³	11.32	0.11

Tablo 4’de verilen birim maliyetler dikkate alınarak, aşınma tabakası maliyeti (m²/cm)=1.85 TL, binder tabakası maliyeti (m²/cm)=1.64 TL, bitümlü sıcak temel tabakası maliyeti (m²/cm)=1.52 TL, plentmix temel tabakası maliyeti (m²/cm)=0,90 TL, alttemel tabakası maliyeti (m²/cm)=0.11 TL ve toplam maliyet (m²/cm)=6.02 TL olarak bulunmuştur.

Esnek üstyapılarda kil zemin için SN=7,29 iken %10UK katkılı kil zemin için SN=4.34 olup ‘Mr’ değerinin 224.385 yerine (%10UK katkılı kil zemin) 48.000 alınması (kil zemin) durumunda üstyapı sayısında (((7,29-4,34)×100)/4,34)=%67,97’lik fazla değer elde edilmiş olmakta ve bu durum 1 m² üstyapı maliyetini 6.02×67,97/100=4.092 TL artırmaktadır. Çift şeritli bölünmüş (platform genişliği 20 m.) 1 km. uzunluğundaki esnek bir üstyapıda 20×1000×4.092=81.840 TL maliyet artışına sebep olmaktadır.

Tablo 5. C25 Betonun birim maliyeti

Poz No	Tanım	Birimi	Birim Fiyat (TL)	m ² /cm Maliyeti (TL)
Y.16.050/05	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli)	m ³	165.03	1.65

Bir rijit üstyapıda (alttemel ve temel tabakası mevcut), kil zemin için D=11,998 inç iken %10UK katkılı kil zemin için D=8,819 inç olup ‘k’ değerinin 8,819 inç yerine (%10UK katkılı kil zemin), 11,998 inç alınması (kil zemin) durumunda üstyapı kalınlığında (((11.998-8,819)×100)/8,819)=%36,05’lik fazla değer elde edilmiş olmakta ve bu durum 1 m² üstyapı maliyetini 1.65×36,05/100=0.594 TL artırmaktadır. Çift şeritli bölünmüş (platform genişliği 20 m.) 1 km. uzunluğundaki rijit bir üstyapıda 20×1000×0,594=11.880 TL maliyetin artmasına sebep olmaktadır.

3. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, killi bir zemine farklı oranlarda UK eklenerek stabilize edilmiş bir zeminin mühendislik özellikleri incelenmiş ve UK’nın esnek ve rijit üstyapı kalınlıklarına ve maliyetlerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- ❖ Kil zemin içindeki UK miktarı arttıkça, optimum su içeriği artmakta, maksimum kuru yoğunluk azalmaktadır.
- ❖ 28 günlük kür sonunda %10UK katkılı kilin serbest basınç mukavemetinin 4,67 kat arttığı görülmüştür.
- ❖ 28 günlük kür sonunda kil zemininin 2,5 ve 5 mm’lik deplasmanlara karşılık gelen düzeltilmiş CBR değerleri sırasıyla %32 ve %26,4; %10UK katkılı kil zemininin aynı deplasmanlara karşılık gelen düzeltilmiş CBR değerleri sırasıyla %149,59 ve %139,95 olarak tespit edilmiştir.

- ❖ Esnek üstyapılarda M_R 'nin ve rijit üstyapılarda k 'nın stabilize edilmemiş zemin değerinin hesaplamalarda kullanılması durumunda, yatırım giderlerinin gereksiz yere artırılmış olacağı ve bu durumun ekonomik zararlara yol açabileceği tespit edilmiştir. Yapım maliyeti bakımından 1km'lik bir yolda bu zarar, esnek üstyapı için 81.840 TL, rijit üstyapı için 11.880 TL olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak, killi bir zemine UK ilavesiyle zeminin dayanımının ciddi bir oranda arttığı ve buna paralel olarak UK ile stabilize edilmiş bir yol zemininin yol üstyapı kalınlıklarının azalmasını sağlayarak önemli ölçüde yapım maliyetini düşüreceği tespit edilmiştir. Ayrıca, esnek ve rijit yol ile sivil ve askeri havaalanı zeminlerinin UK ile stabilize edilmesi, hem UK'nın çevreye verdiği zararı bertaraf etmek, hem de ekonomik kazanç sağlama bakımından olumlu olacağı değerlendirilmektedir.

4. Kaynaklar

- [1] Çakılcıoğlu, İ., 2007. Yüksek Plastisiteli Killerin Stabilizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [2] Kılıç, G., 2008. Çimento İle Zemin Stabilizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Hausman MR., 1990. Engineering Principles of Ground Modification International Edition, 321-335, New York: McGraw-Hill.
- [4] Mitchell, J. K., 1981. Soil improvement-state of the art report. In Proc., 11th Int. Conf. on SMFE, 4, p. 509-565.
- [5] Van Impe, W. F., 1989. Soil improvement techniques and their evolution. Aa Balkema Rotterdam 124 s.
- [6] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Araştırma Laboratuvarı, 1964. Uçucu Kül Deney Sonuçları.
- [7] Aksoy, H. S., Yılmaz, M., Akarsu, E. E., 2007, Killi Zeminin Tunçbilek Uçucu Külü Kullanılarak Stabilizasyonu, 2. Geoteknik Sempozyumu, 466-472.
- [8] Jiang, Z. G., Zhao, Y., 2005, Mechanism And Optimal Application Of Chemical Additives For Accelerating Early Strength Of Lime-Fly ash Stabilized Soils, Journal Of Wuhan University Of Technology-Materials Science Edition 20 (3), 110-112
- [9] Aytekin, S., 2009, Uçucu küllerin killi zeminlerin ıslahında kullanımı, Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 81s.
- [10] American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D.C.: 1986.
- [11] Kök B.V, Yılmaz M, Geçkil A. Çimento Stabilizasyonlu Zeminin Esnek Üstyapı Maliyetine Etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi Cilt 18, Sayı 3, 2012, Sayfa 165-172.
- [12] www.birimfiyat.com

AN EXAMINATION OF FLEXIBLE FLOW SHOP SCHEDULING PROBLEMS IN CLOTHING SECTOR

Meral İşler^{1*}, Orhan Engin²

¹ Selçuk Üniversitesi, Moda Tasarımı Bölümü, Konya, Türkiye

meralisler@selcuk.edu.tr

² Konya Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

orhanengin@yahoo.com

Abstract

In recent years despite the developing technology, the clothing sector is a dynamic production type where labor intensive structure is maintained, labor losses are high and deadlines are short. The most important factors for a apparel productions are; complete and timely completion of customer demands, goods of the desired quality and work in the most efficient way with minimum cost. These factors can only emerge with the quality of production and workshop scheduling that the enterprise has made before production. Scheduling is a very important decision making process in the manufacturing and service industries. In a company, the scheduling function performs the allocation of limited resources to tasks using mathematical techniques or heuristic methods. Appropriate allocation of resources ensures that the company achieves its goals and objectives in the best possible way. Because of these factors in production structure, concepts such as productivity, planning and scheduling are important in clothing sector. The subject of this research is flow shop scheduling problems in clothing production. In this research, applications and methods used in different processes of apparel production were examined and evaluated.

Keywords: Scheduling, clothing sector, flow shop scheduling problems

1. Introduction

Clothing production is characterised by high manpower operations, frequent style changes, seasonal demand and short manufacture times (Mok et al., 2013). The most important factors for a apparel enterprises are; complete and timely completion of customer demands, produce goods of the desired quality and work in the most efficient way with minimum cost. The apparel sector is a modern industry that can produce integrated or departmental production units in all sizes from workshops to very large production facilities, where computer-aided production systems are used rapidly in all its processes, and that has no negative impact on the environment and nature (Şener, 2005). Clothing manufacturing process involves many processing steps. These are cutting, (printing), sewing, ironing, control and packaging (Figure 1). Each production steps includes one or more operations, machines or operators.

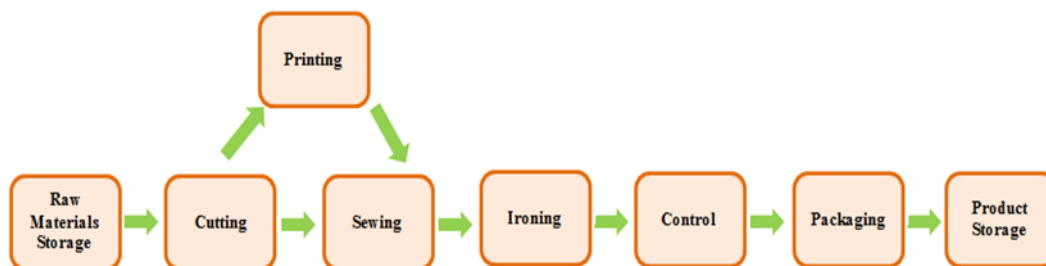


Figure 1: Workflow of Clothing Production

It has become a necessity to apply apparel time based management strategies with variable and dynamic factors. Garment enterprises have to cope with a global and very competitive environment which is characterized by fast changes, short life-cycle goods, immense product diversity, short production lead times, growing customer demand, and rising work force costs. In such conditions, industrial manufacturers frequently face complicates and crucial decisions. (Jelil, 2018). In today's apparel industry, where consumer demand is increasingly diverse, good planning and scheduling have become inevitable for enterprises.

2. Flexible Flow Shop Scheduling

Scheduling has become one of the most major problems in the textile and clothing industry. Scheduling is a decision making procedure that is utilized on a orderly basis in many production industries. It deal with the assignment of resources to tasks over given time periods and its aim is to optimize one or more objectives. The duties and resources in an company can take many diverse styles. (Pinedo, 2008).

Generally scheduling problems found in textile and apparel industry can be classified into flow shop scheduling problem (Nugraheni and Abednego, 2016). Flow shop scheduling is a generalization of two other significant machine scheduling problems: the flow shop scheduling problem and the parallel machines scheduling problem. In flow shop scheduling problems, a sequence of dissimilar

machines is organized in multiple states with only one machine at each stage. In parallel machines scheduling problems, there is a series of uniform machines and they are all at the same state (Wang, 2005)(Figure 2).

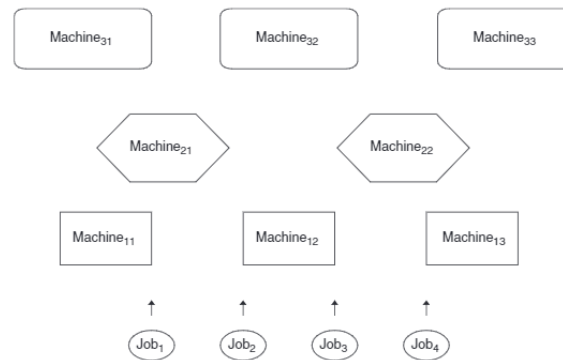


Figure 2: An Flexible Flow Shop Problem (Wang, 2005)

Scheduling is an important function that determines the efficiency of a manufacturing system together with production planning. Therefore, if it can be scheduled as well as the workshop flow, the efficiency of the manufacturing system will increase (Biroğul, 2005). A great number of meta-heuristic algorithms have already been improved to treat this subject, however, it is hard to estimate which of the many algorithms will be best to treat a special scheduling problem (Grobler, J. and Engelbrecht, 2016).

3. Scheduling Problems in Clothing Industry

Chen et al. (1992) enhanced a zero one linear integer programming model. It was formulated to include daily scheduling problem in the make to order garment production. The model seizes the flow of each process at bundle level and regards the personal operator's capability level. It also contains due date and a resilient working schedule for every operator. The model can be applied to solve small to medium sized scheduling problems within a practical computer time using a LINGO package. To reduce the analysis time, a heuristic solution method based on the simulated annealing concept was proposed for removing this problem.

Wong et al. (2001) developed Fuzzy Line Balancing model to approach the line balancing problem of fabric spreading and cutting process of the garment production. The level of work-in progress on each spreading table is browsed with planned goal at the chosen time which will serve fuzzy input variants to the fuzzy model. The schedule of created by spreading and cutting sequencing model using genetic algorithm was compared with that of Fuzzy Line Balancing model under the dynamic manufacturing environment. The results signed that the presented model could support the production management.

Gabaj (2003) developed a fuzzy genetic multiobjective optimization algorithm to solve a multi level generalized which was encountered enormously in garment production. The suggested approach is based on a hybridization of fuzzy logic and genetic algorithms. The experimental results indicated that the use of fuzzy logic enables the relaxation of the mathematical model with respect to a generalized objective scaling. In addition to this the genetic algorithm explores intelligently the search space.

Wong (2003) was presented a genetic optimised table-planning (GOTP) model to minimise the spreading and cutting resources of cutting departments for the garment production. The presented GOTP model comprise of an AutoModule, a ManualModule and a BalanceModule. This modules to operate three types of production setup, namely manual, computerised and manual-computerised systems. To verify the performance of the proposed model, three sets of production data with different order sizes are considered. The experimental results indicated that the presented GOTP model could assist the company to create the fabric-roll preparation schedule and assist the production management on decision making for table-planning for different production requirements.

Yeung and Tang (2003) proposed a hybrid genetic approach for the cutting problem in the apparel industry to developed the process and decrease the damage. With a combination of genetic algorithm and a new heuristic algorithm "Lowest-Fit Left-Aligned", the cutting problem is turned into a simple permutation problem. New heuristic algorithm was tested with different sizes of problems and it is indicated that optimal solutions can be purchased in a fairly short period of time.

Wong (2003) was suggested a queuing theory to find the optimum configuration of a computerised fabric-cutting system. This theory comprised all order within different characteristics of production including small-sized, medium-sized and large-sized production orders. The suggested queuing approach can assist garment producers to choose the most suitable cutting system configuration for their enterprises.

Wong et al(2004) improved a real time segmentation rescheduling approach. They used genetic algorithms to approach planning and scheduling problem in garment production. The scheduling were integrated to search the optimal solution of production planning on the pre-sewing stage which of marker-making, spreading, cutting and bundling. The research results showed that the makespan and the effect determined by the alteration of schedule could be minimised.

Wong et al. (2005) improved a genetic algorithms to optimize cutting department. The algorithm is intended to optimize both cut part requirements and traditional cutting methods. Two sets of manufacture data were gathered to confirm the performance of the model. The research results have showed that the production schedules composed by genetic algorithms can develop both the cut-piece completion rate and the makespan handling the same number of operatives.

Guo et al. (2006) proposed mathematical model of scheduling problem for the garment production. This model was aimed to produce the time of orders, how to make job assignments and to minimize the total delay. A genetic optimization process is then executed to solve this model. Three trial using real data are ensampled to appraise the efficiency of the suggested method. The paper results show the influence of the presented algorithm to solve the workshop scheduling problem in a mixed- and multi-product assembly.

Kwong et al. (2006) improved genetic algorithms and fuzzy set theory to compose fault resistant cutting schedules in apparel manufacturing. The efficiency of the method was made by using real data collected from a garment company in China. The results of the research showed that the developed model effectively meets the demand from production departments and the system performance is sufficiently reliable.

Rose and Shier (2006) are discussed the problem of producing more than the number of orders of garments one of the problems encountered in the clothing industry. This is especially the case when a customized order is produced or as a result of order-based production. The segment scheduling problem is concerned with finding an appropriate segment scheduling so as to form the minimum number of heaps. They have put forward an approach defining all appropriate solutions for another important form of this problem encountered in practice.

Wong et al.(2006) proposed genetic algorithms and fuzzy set theory to compose cutting schedules in a cutting department. In order to assess the validity of genetic optimization, realproduction data were collected from the cutting department. The results of the research show that the proposed model increases the satisfaction of all departments after cutting and also reduces the production costs.

Mok et al. (2007) have developed a standard permissible minute (SAM) database for manufacturers in the apparel industry to improve scheduling. The garment manufacturing environment is fuzzy and dynamic, with unchanged standard leave minute database that can turn into a meaningless effort in case of some uncertainty. In this research, a fuzzification scheme was created to indicate some uncertainties and thus the fuzzify of the standard static time specific to the work and human origin uncertainties in the fabric cutting schedules. At the same time, a meta-heuristic procedure was created by using genetic algorithm to minimize the uncertainties in work-completion and scheduling. Real data were collected in two sets and applied to the model. As a result of the experimental studies, it has been determined that methods to reduce the risks of error tolerant scheduling and at the same time to improve production performance have been developed.

İşler (2009) proposed a parallel greedy algorithm to solve the fuzzy hybrid flow shop scheduling problems with setup times and lot sizes. The objectives are average tardiness of jobs, the number of tardy jobs, the total setup time, and the total idle time of machines and the total flow time of jobs. The effectiveness of the proposed parallel greedy algorithm is demonstrated by comparing with the genetic algorithm at the literature. The developed parallel greedy algorithm is tested on real world data collected at an apparel manufacturing process. The experimental results showed that the proposed parallel greedy algorithm is more effective meta-heuristic method for fuzzy hybrid flow shop scheduling problems with setup times and lot sizes.

Eliyi (2010) dealt with the combined problem of capacity enlargement planning and job/machine scheduling in a sewing department. That model the problem mathematically and improve an iterative solution approach to help the decision maker. The application of the model was done by collecting real data from the sewing department. the experimental results indicated that more effective solution approaches may be improved in solving the gradual operational interval scheduling problem.

Montoya-Torres and Vargas-Nieto (2011) deal with the problem of production scheduling in the apparel industry where textile labels were produced. The problem has been identified as a two-stage flexible flow shop problem. The model aims to minimize both the number of delayed jobs and total makespan. A genetic algorithm has been proposed for the solution of the model. Real data were used to verify the validity of the proposed procedure. Experimental results showed improvement in performance criteria and 80% of orders delivered better than intended.

Mok (2011) used fuzzy set theory to model job uncertainties and their effects on process times. In the model, intelligent algorithms based on genetic algorithms were used for dynamic and fuzzy apparel production planning. The results of the experimental research showed that the reliability of the production plan was obtained by the proposed algorithms. Research algorithms based on fuzzy set theory, genetic algorithms and multipurpose genetic algorithms in apparel production planning.

Mohamed et al. (2013) suggested the ants colonies algorithm to solve scheduling problems in the clothing industry. These procedures can be correlated with heuristic methods or algorithms of local research. The purpose of the procedure is to achieve the most optimal solution as rapidly as possible. Research results showed that ants algorithm data such as number of cycles, number of ants and visibility matrices should be optimized to achieve the best results.

Huang and Yu (2013) proposed an effective ant colony optimization (EACO) algorithm in the garment industry. The algorithm aims to minimized earliness, tardiness, and makespan. This problem describes two-stage flexible flow workshop scheduling cutting and sewing process problems. Experimental results showed that algorithm developed for both small and big problems is more effective and powerful than both particle swarm optimization (PSO) algorithm and ACO algorithm. The proposed algorithm also solves complex problems within an acceptable time.

Guo et al. (2013) investigated the problem of order scheduling throughout the entire workflow in the apparel process. A mathematical model is proposed for this order scheduling problem. The proposed model aims to maximize the total satisfaction level of orders and to minimize the makespan. A genetic algorithm has been developed for optimal order scheduling solution. The proposed algorithm was tested using real-world production data. The results of the research showed that the proposed algorithm is better than the using method in an practical and the solution of algorithm is satisfactory.

Mok et al. (2013) developed planning algorithms based on group technology and genetic algorithm for automatic job assignment problem. The proposed algorithm was tested using real production data. The results of the research indicated that the proposed algorithms significantly improve the quality of planning.

Luche and Perhs (2016) proposed an optimization model in a protective garment manufacturing company to support decisions during production planning and control. They have developed a new model for single-stage lot size in production planning. Optimization of the programs has been described as difficult due to factors such as delivery times of orders, a diversity of products and high setup times. The model was applied in GAMS IDE and solved by CPLEX 12. Research results show that the proposed model effectively reduces delays in product deliveries.

Lin et al. (2016) modeled the flexible flow shop with stochastic capacity as a multistate flexible flow shop network (MFFSN), where each edge indicates a stage with stochastic capacity and each node indicates a buffer. A practical case of an garment production is presented to observe the performance of the suggested algorithm and the changes in network reliability for diverse time periods. The experimental results indicate that all test can be realized in 500s, and mainly test only consume less than 1s to obtain the results.

Ortiz et al. (2016) proposed a new way of combining Dispatching algorithm with Analytic Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Since garment production is dynamic and uncertain, choosing a multi-criteria approach has been a difficult decision in scheduling in Flexible Work-Workshop (FJS) systems. In the proposed model, AHP and TOPSIS are combined to provide a proximity coefficient that combines different criteria critical to flexible flow shop systems. An empirical study from the apparel industry is presented to prove the validity of the proposed method.

4. Conclusion

In recent years, with the rapid change of technology and the impact of globalization, consumer awareness has changed and new market conditions have emerged. Now lower cost, higher quality production and more product types as well as production time have become important. The apparel industry has also been greatly influenced by these market conditions. Garment production is labor intensive and dynamic. This makes both human and machine factors important in production. Since garment production takes place in a flow, a failure and loss in production affect the whole flow. This paper is deal with flow shop scheduling problems in clothing production. In the scope of the research, applications and methods used in different processes of apparel production were examined and evaluated. It has been seen that the studies examined within the scope of the research mostly deal with cutting, sewing and the whole workshop scheduling problem. In addition, it is seen that scheduling plays an important role in every stage of garment production and the meta-heuristic methods used have achieved successful results that can be applied in practice. Another finding is that the research investigated of scheduling problems in clothing industry at previous studies are limited.

5. References

- Biroğul, S., (2005). "Genetik Algoritma Yaklaşımıyla Atölye Çizelgeleme", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Chen, C., Racine, R., Swift, F., (1992). "A Practical Approach to the Apparel Production-Planning and Scheduling Problem", *International Journal of Clothing Science and Technology*, Bradford.
- Eliyi, D. T. (2010). "Integrated Capacity Expansion and Scheduling Decisions in a Sewing Workshop.". *Tekstil ve Konfeksiyon*, 20, 366-372.
- Gabouj, S. H. A., (2003). "Fuzzy Genetic Multiobjective Optimization Algorithm for a Multilevel Generalized Assignment Problem", *IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics - Part C: Applications And Review*, Vol. 33, No.2.
- Grobler, J., Engelbrecht, A. P., (2016). "Hyper-heuristics for the Flexible Job Shop Scheduling Problem with Additional Constraints", *Proceedings of the 7th International Conference on Swarm Intelligence*, pp. 3-10.
- Guo, Z. X., Wong, W. K., Leung, S. Y. S., Fan, J. T., Chan, S. F. (2006) "Mathematical Model and Genetic Optimization for the Job Shop Scheduling Problem in a Mixed- and Multi-Product Assembly Environment: A Case Study Based on the Apparel Industry", *Computers&Industrial Engineering*, Vol. 50, 202-219.
- Guo Z. X., Wong W. K., Leung S. Y. S., Fan J. T., Chan S. F., (2013). "Optimizing Apparel Production Order Planning Scheduling Using Genetic Algorithms". Elsevier Inc..
- Huang R. H, Yu S. C., (2013). "Clarifying Cutting and Sewing Processes with Due Windows Using an Effective Ant Colony Optimization". *Math Probl Eng.*, 1-12.
- İşler, M., (2009). "Bulanık Esnek Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Paralel Doyumsuz Algoritma İle Çözümü: Bir Hazır Giyim İşletmesine Uygulanması", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Jelil, R. A., (2018). "Review of Artificial Intelligence Applications in Garment Manufacturing", *In Artificial Intelligence for Fashion Industry in the Big Data Era*, 97-123, Springer, Singapore.
- Kwong, C. K., Mok, P. Y., Wong, W. K., (2006) "Determination of Fault-Tolerant Fabric-Cutting Schedules in a Just-In-Time Apparel Manufacturing Environment", *International Journal of Production Research*, Vol. 44, 4465-4490.
- Lin, Y. K., Huang, D. H., & Lin, J. S., (2016). "Reliability Evaluation of a Multistate Flexible Flow Shop with Stochastic Capacity for Multiple Types of Jobs", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 41, 287-298.

- Luche, J. R. D., Perhs, R. E. (2016). "Lot Sizing in Production Scheduling at a Personal Protection Equipment Company", *American Journal of Operations Research*, Vol. 6, 378-386.
- Mohamed, J., Thouraya, H., Bessem, K., Nourreddine, L., (2013). "Optimization of Textile Scheduling Problems Using Ants Colonies Algorithms", *IOSR Journal of Engineering*, 3, 31–37.
- Mok, P. Y., Kwong, C. K., Wong, W. K. (2007). "Optimisation of Fault-Tolerant Fabric-Cutting Schedules Using Genetic Algorithms and Fuzzy Set Theory", *European Journal of Operational Research*, Vol. 177(3), 1876-1893.
- Mok, P. Y., (2011). "Intelligent Apparel Production Planning for Optimizing Manual Operations Using Fuzzy Set Theory and Evolutionary Algorithms", *Proc. 5th Int. Workshop Genetic Evol. Fuzzy Syst. Symp. Comput. Intell.* (IEEE GEFS SSCI), pp. 103-110.
- Mok, P. Y., Cheung, T. Y., Wong, W. K., Leung, S. Y. S., Fan, J. T. (2013). "Intelligent Production Planning for Complex Garment Manufacturing", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 24, 133-145.
- Montoya-Torres, J.R., Vargas-Nieto, F. (2011). "Solving a Bi-criteria Hybrid Flow Shop Scheduling Problem Occurring in Apparel Manufacturing", *42 International Journal of Information Systems and Supply Chain Management*, 4(2), 42-60, April-June 2011.
- Nugraheni, C. E, and Abednego, L., (2016). "A Comparison of Heuristics for Scheduling Problems in Textile Industry," *Journal Teknologî*, Vol. 78.
- Ortiz Barrios, M., Neira Rodado, D., Jiménez, G., López Meza, P. (2016). "Integration of Dispatching Algorithm and AHP-TOPSIS Method for Flexible Job-Shop Scheduling Problem: A Case Study From the Apparel Industry". *International Journal of Control Theory and Applications*, Vol. 9.
- Pinedo, M. L., (2008). *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*, 3rd Edition, Springer.
- Şener, T., (2005). "Hızır Giyim İşletmelerinde Süreç Geliştirme Çalışmalarının İşletme Performansına Etkisi ve Örnek Bir Uygulama", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Vianna, D. S., Martins, C. B. and Pulini, I. C., (2013). "Using multiobjective genetic algorithm and multicriteria analysis for the production scheduling of a Brazilian Garment Company", *Recent Advances in Meta-Heuristics and Their Application to Real Scenarios*, INTECH Open Access Publisher.
- Wang, H., (2005). "Flexible Flow Shop Scheduling: Optimum, Heuristics and Artificial Intelligence Solutions", *Expert Systems*, 22, 2, 78-85.
- Wong, W. K., Chan, C. K., Ip, W. H., (2001). "Application of Fuzzy Concept in the Apparel Industry", *9th IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference*, 25-28 July 2001, Vancouver, BC, Canada.
- Wong, W. K. (2003). "Optimisation of Apparel Manufacturing Resource Allocation Using a Generic Optimised Table-Planning Model", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 21, 935-944.
- Wong, W. K., (2003). "A Selection of a Fabric-Cutting System Configuration in Different Types of Apparel Manufacturing Environments", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 22, 641- 648.
- Wong, W. K., Leung, S. Y. S., Au, K. F. (2004). "Real-Time GA-Based Rescheduling Approach for the Pre-Sewing Stage of an Apparel Manufacturing Process", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 25, 180-188.
- Wong, W. K., Kwong, C.K., Mok, P.Y., Ip, W.H., Chan, C.K. (2005). "Optimization of Manuel Fabric-Cutting Process in Apparel Manufacture Using Genetic Algorithms", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 27, 152-158.
- Wong, W. K., Kwong, C. K., Mok, P. Y., Ip, W. H. (2006). "Genetic Optimization of JIT Operation Schedules for Fabric-Cutting Process in Apparel Manufacture", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 17, 341-354.
- Yeung, L. H. W., Tang, W. K. S. (2003). "A Hybric Genetic Approach for Garment Cutting in the Clothing Industry", *IEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 50, No.3.

FIRE DETECTION SYSTEM USING WIRELESS 433 MHZ RF VIA ARDUINO

Metin Mohammed

Abstract

Keywords:

1. Introduction

Our aim was to make a functional and practical Project, which will help us to combine our theatrical sensor and transducer information to practical at the beginning. In order to get this mission firstly we have searched lots of databases and sources. Then we decided to make a more complex study. Although our researches we have seen lots of fire sensing Projects made by many people via Arduino but none of them was wirelessly. There were sensor, buzzer combined circuits and other RF based projects. In this Project, we combined these two elements and opened a new area for us.

In this Project, we have used two Arduino and communicated them wirelessly. First, the Arduino sense the smoke amount outside, when it reaches a threshold value, measures the value and sends its information with 433 MHz Transmitter module. At the receiver side, Arduino takes the coming information with help of 433MHZ Receiver Module, starts the buzzer for alert, and switches the relay that we used as a driver module for servomotor. As a result, the door opens.

2. Materials Used In This Project

We used in this Project two ARDUINOS, one MQ-2 smoke sensor, red and yellow leds, one relay, one servo motor an one 433MHZ Transmitter and Tranciever modules.

2.1. RF Wireless Transmitter & Receiver Module 433Mhz for Arduino

Wireless Transmitter Modules allows our microcontroller Arduino to wirelessly communicate with other Arduino, or with radio frequency (RF) controlled devices that operate in the same frequency (433Mhz in this case).

They work in pairs, meaning you need both a receiver and a transmitter to communicate with each other.

2.1.1. 433MHz RF Transmitter Module

Figures below demonstrates us characteristics of our transmitter module.



Figure(1) 433MHZ Transmitter

Table(1) 433 MHz Transmitter Specifications

Absolute Maximum Ratings:

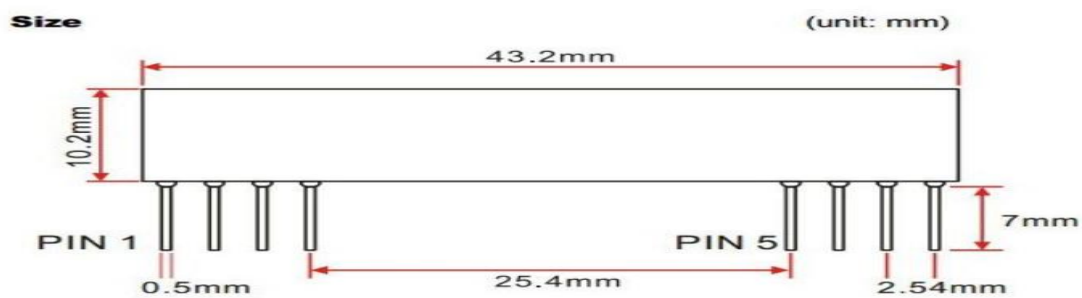
Rating	Value	Unit
Power Supply and All Input/Output Pins	-0.3 ~ +12.0	V
Non-Operating Case Temperature	-40 ~ +85	°C
Soldering Temperature(10 seconds)	230	°C

Electrical Characteristics, T=25°C , Vcc=3.6V, Fre=433.92MHz:

Characteristic	Sym	Min	Typ	Max	Unit
Operating Frequency (±300KHz)	VCC		433.92		MHz
Data Rate	ASK			8	Kbps
Transmitter Performance(OOK@2.4Kbps)					
Peak Input Current,12 Vdc Supply	ITP			53	mA
Peak Output Power (16.6dBm)	PO		10	40	mW
Turn On/ Turn Off Time	T ON/T OFF			40	US
Power Supply Voltage Range	VCC	1.5		12	VDC
Operating Ambient Temperature	TA	-40		+85	°C
Tx Antenna Out (3V) +2.4dBm	VCC				mA

2.1.2. 433MHZ RF RECEIVER

Figures below demonstrates us characteristics of our receiver module.



Figure(2) 433MHz Receiver Module

Table(1) 433 MHZ Reciever Specifications

Electrical Specification					
Parameter	Specification			Unit	Condition
	Min	Type	Max		
Frequency Range	433.62	433.92	434.22	MHz	DC
Receiver Sensitivity	-114		-118	dBm	
Data Rate	0.058		12	KBaud	
Supply Voltage, VDD	3.5		5.5	V	
Current	5.7		7.3	mA	
Operating Temperature	-20		+70	°C	

Pin Assignment

Pin	Pin Name	Description
1	ANT	RF Input
2	GND	RF GND
3	GND	RF GND
4	Vcc	Power Supply V+
5	Vcc	Power Supply V+
6	NC	--
7	DATA	Digital DATA Output
8	DGND	Power Supply GND

2.2. MQ-2 Semiconductor Sensor for Combustible

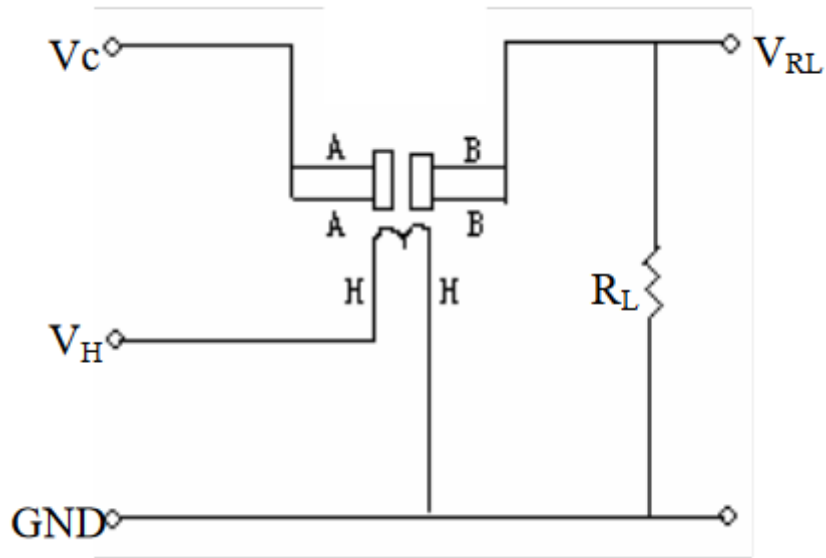
Gas Sensitive material of MQ-2 gas sensor is SnO₂, which with lower conductivity in clean air. When the target combustible gas exist, The sensor's conductivity is more higher along with the gas concentration rising.. MQ-2 gas sensor has high sensitivity to LPG,Propane and Hydrogen,also could be used to Methane and other combustible steam, it is with low cost and suitable for different application.

Character

- *Good sensitivity to Combustible gas in wide range
- * High sensitivity to LPG, Propane and Hydrogen
- * Long life and low cost
- * Simple drive circuit

Application

- * Domestic gas leakage detector
- * Industrial Combustible gas detector
- * Portable gas detector

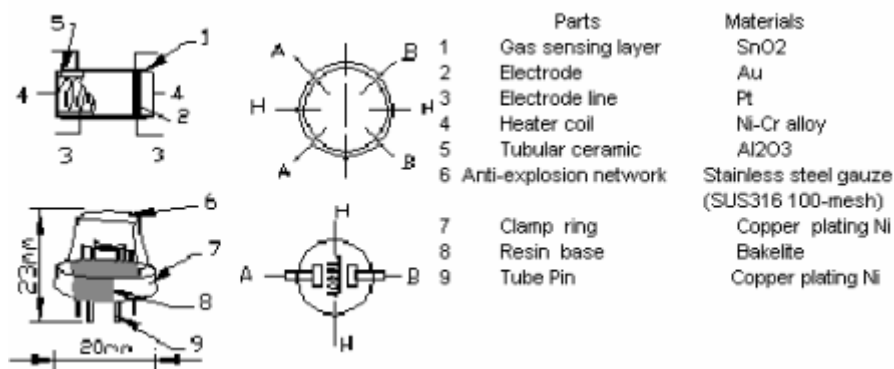


Figure(3) MQ-2 Circuit

The above is basic test circuit of the sensor. The sensor need to be put 2 voltage, heater voltage (VH) and test voltage (VC) . VH used to supply certified working temperature to the sensor, while VC used to detect voltage (VRL) on load resistance (RL) whom is in series with sensor. The sensor has light polarity, Vc need DC power. VC and VH could use same power circuit with precondition to assure performance of sensor. In order to make the sensor with better performance, suitable RL value is needed: Power of Sensitivity body(Ps): $P_s = V_c^2 \times R_s / (R_s + R_L)^2$ Resistance of sensor (Rs): $R_s = (V_c / V_{RL} - 1) \times R_L$

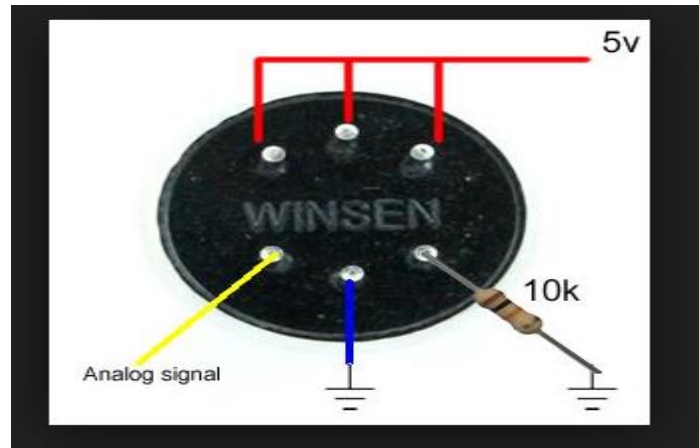
Table(3) Thecnical Data about MQ-2

Model No.		MQ-2	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Bakelite (Black Bakelite)	
Detection Gas		Combustible gas and smoke	
Concentration		300-10000ppm (Combustible gas)	
Circuit	Loop Voltage	V_c	$\leq 24V$ DC
	Heater Voltage	V_H	$5.0V \pm 0.2V$ AC or DC
	Load Resistance	R_L	Adjustable
Character	Heater Resistance	R_H	$31\Omega \pm 3\Omega$ (Room Tem.)
	Heater consumption	P_H	$\leq 900mW$
	Sensing Resistance	R_s	$2K\Omega - 20K\Omega$ (in 2000ppm C_3H_8)
	Sensitivity	S	$R_s(\text{in air})/R_s(1000\text{ppm isobutane}) \geq 5$
	Slope	α	$\leq 0.6 (R_{5000\text{ppm}}/R_{3000\text{ppm}} CH_4)$
Condition	Tem. Humidity	$20^\circ C \pm 2^\circ C$; $65\% \pm 5\% RH$	
	Standard test circuit	$V_c: 5.0V \pm 0.1V$; $V_H: 5.0V \pm 0.1V$	
	Preheat time	Over 48 hours	



Figure(4) MQ-2 structure and configuration

Structure and configuration of MQ-2 gas sensor is shown as Fig. 4, sensor composed by micro AL₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-2 have 6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.



Figure(5) MQ-2 Arduino Pin Connection Schema

2.3. Relay

The Single Relay Board can be used to turn lights, fans and other devices on/off while keeping them isolated from your microcontroller. You can control high-power devices (up to 10A) via the on-board relay. Control of the relay is provided via a 3-pin header — friendly with servo cables and convenient to connect to many development boards.

Potential uses include 120V AC brushless fan or lighting control, and 12V DC automotive applications.

2.3.1. Single Relay Board Features

- Songle SRD-05VDC-SL-C Relay
- Relay UL/CUL Rating: 10A @ 125V AC, 28V DC
- Relay CCC/TUV Rating: 10A @ 250V AC, 30V DC
- Control high-power devices up to 10A with a simple high/low signal
- Provides isolation between the microcontroller and the device being controlled
- Screw terminals for relay connections
- 3-pin servo-style header for power/signal interface
- LED indicator provides visual feedback
- Voltage requirements: 5V DC (Relay Power), 3.3V to 5V DC (Input Signal)
- Current requirements: ~85 mA (Relay Power)
- Communication: Logic High/Low (3.3V to 5V DC)
- Dimensions: 1.57 × 1.06 × 0.71 inches (4.0 × 2.7 × 1.8 cm)
- Operating temperature: -13 to +158 °F (-25 to +70 °C)



Figure(6) 5V 1 Channel Relay

2.4. Buzzer

A *buzzer* or beeper is an audio signaling device, which may be mechanical, electromechanical, or piezoelectric. Typical uses of *buzzers* and beepers include alarm devices, timers, and confirmation of user input such as a mouse click or keystroke.



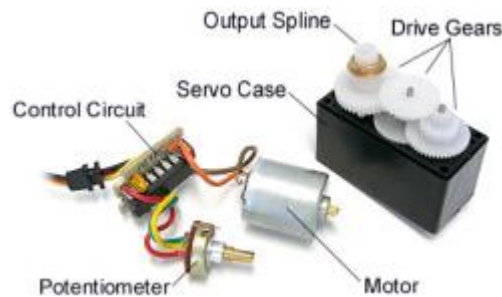
Figure(7) Buzzer 5V 9.6x9.6 SMD

2.5. Servo Motor

A **servomotor** is a rotary actuator or linear actuator that allows for precise control of angular or linear position, velocity and acceleration. It consists of a suitable **motor** coupled to a sensor for position feedback.

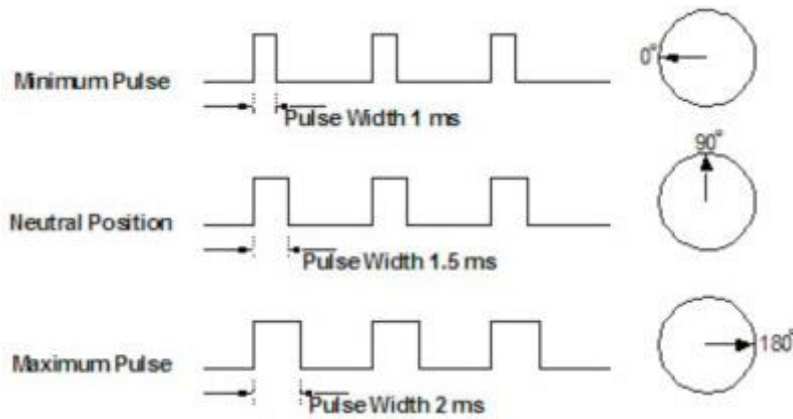


Figure(8) Hitec HS-322HD Standard Heavy Duty Servo



Figure(9) The guts of a servo motor (L) and an assembled servo (R)

Servos are controlled by sending an electrical pulse of variable width, or **pulse width modulation** (PWM), through the control wire. There is a minimum pulse, a maximum pulse, and a repetition rate. A servo motor can usually only turn 90° in either direction for a total of 180° movement. The motor's neutral position is defined as the position where the servo has the same amount of potential rotation in the both the clockwise or counter-clockwise direction. The PWM sent to the [motor](#) determines position of the shaft, and based on the duration of the pulse sent via the control wire; the [rotor](#) will turn to the desired position. The servo motor expects to see a pulse every 20 milliseconds (ms) and the length of the pulse will determine how far the motor turns. For example, a 1.5ms pulse will make the motor turn to the 90° position. Shorter than 1.5ms moves it in the counter clockwise direction toward the 0° position, and any longer than 1.5ms will turn the servo in a clockwise direction toward the 180° position.



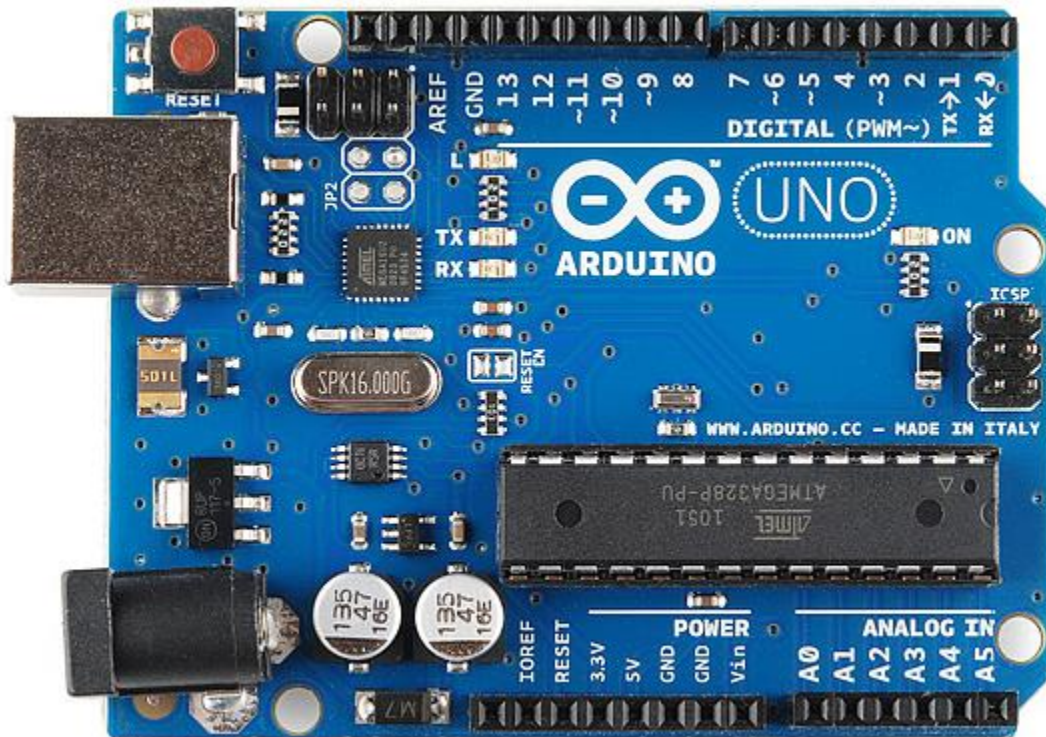
Figure(10) Variable Pulse width control servo position

When these servos are commanded to move, they will move to the position and hold that position. If an external force pushes against the servo while the servo is holding a position, the servo will resist from moving out of that position. The maximum amount of force the servo can exert is called the **torque rating** of the servo. Servos will not hold their position forever though; the position pulse must be repeated to instruct the servo to stay in position.

2.6. Arduino

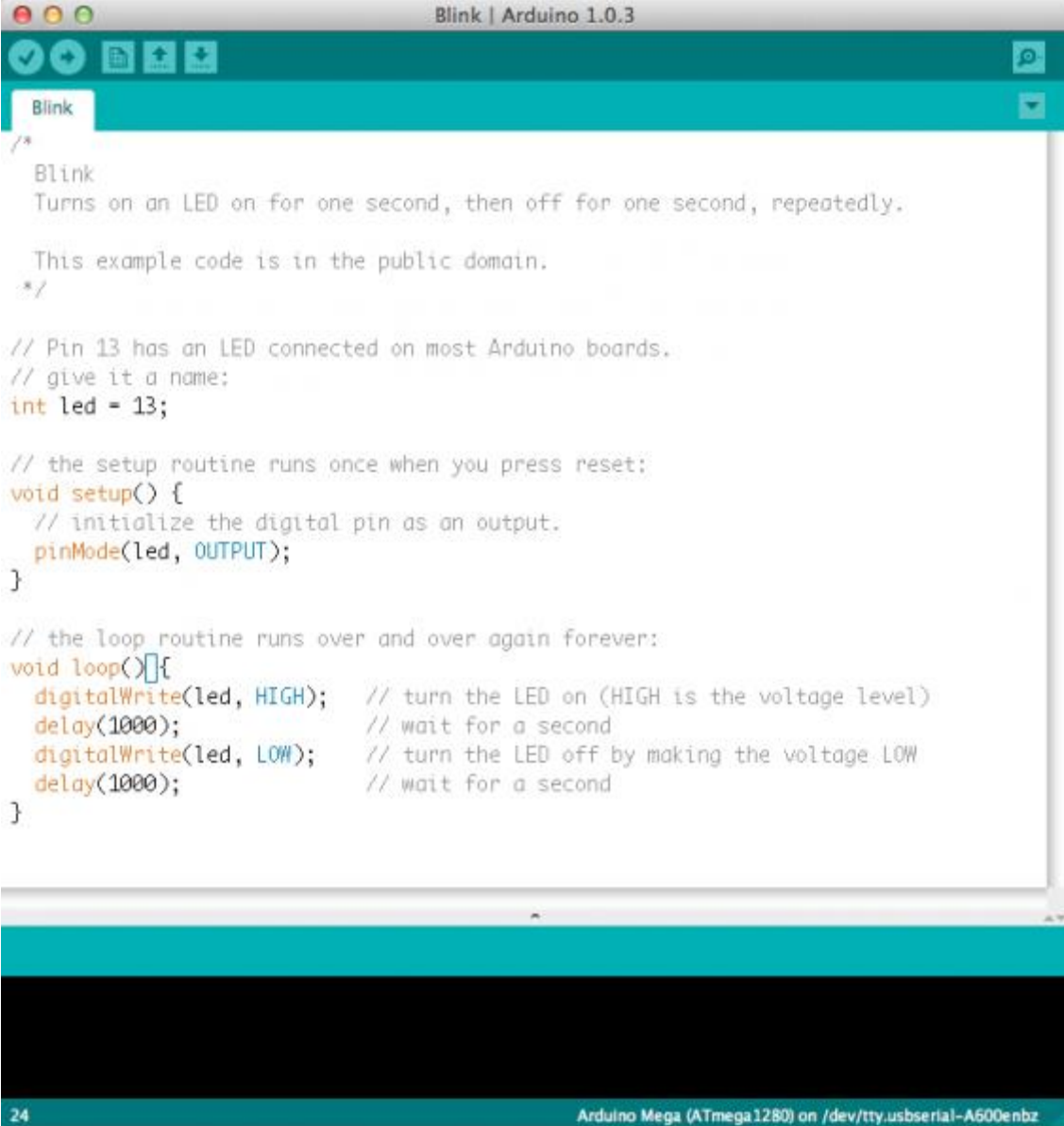
[Arduino](#) is an open-source platform used for building electronics projects. Arduino consists of both a physical programmable circuit board (often referred to as a [microcontroller](#)) and a piece of [software](#), or IDE (Integrated Development Environment) that runs on your computer, used to write and upload computer code to the physical board.

The Arduino platform has become quite popular with people just starting out with electronics, and for good reason. Unlike most previous programmable circuit boards, the Arduino does not need a separate piece of hardware (called a programmer) in order to load new code onto the board – you can simply use a USB cable. Additionally, the Arduino IDE uses a simplified version of C++, making it easier to learn to program. Finally, Arduino provides a standard form factor that breaks out the functions of the micro-controller into a more accessible package.



Figure(11) This is an Arduino Uno

The Uno is one of the more popular boards in the Arduino family and a great choice for beginners. We'll talk about what's on it and what it can do later in the tutorial.

A screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Blink | Arduino 1.0.3". The code editor shows the following code:

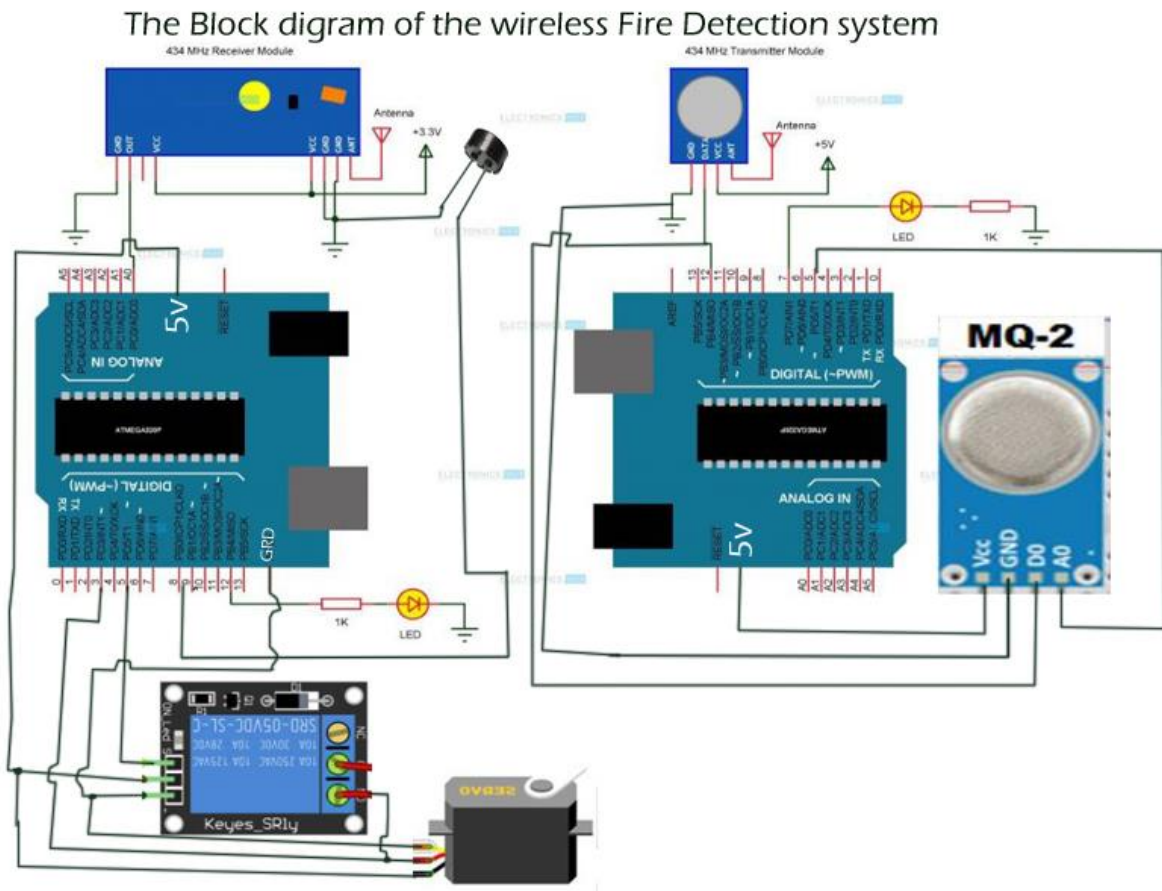
```
/*  
  Blink  
  Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.  
  
  This example code is in the public domain.  
  */  
  
// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.  
// give it a name:  
int led = 13;  
  
// the setup routine runs once when you press reset:  
void setup() {  
  // initialize the digital pin as an output.  
  pinMode(led, OUTPUT);  
}  
  
// the loop routine runs over and over again forever:  
void loop() {  
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)  
  delay(1000);             // wait for a second  
  digitalWrite(led, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW  
  delay(1000);             // wait for a second  
}
```

The status bar at the bottom indicates "24" and "Arduino Mega (ATmega1280) on /dev/tty.usbserial-A600enbz".

Figure(12) This is a screenshot of the Arduino IDE.

The Arduino hardware and software was designed for artists, designers, hobbyists, hackers, newbies, and anyone interested in creating interactive objects or environments. Arduino can interact with buttons, LEDs, motors, speakers, GPS units, cameras, the internet, and even your smart-phone or your TV! This flexibility combined with the fact that the Arduino software is free, the hardware boards are pretty cheap, and both the software and hardware are easy to learn has led to a large community of users who have contributed code and released instructions for a **huge** variety of Arduino-based projects.

3. Project Squence



GERİ DÖNÜŞÜM PAMUK İPLİKLERİ VE KARIŞIMLARINDAN ELDE EDİLMİŞ DOKUMA KUMAŞLARIN KUMAŞ KALİTESİ AÇISINDAN SINIFLANDIRILMASI

Mihriban Kalkancı

Pamukkale Üniversitesi, Denizli Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Denizli, Türkiye.

mkalkanci@pau.edu.tr

Özet

Bu çalışmada geri dönüşümlü pamuk lifleri, orijinal pamuk lifleri ve orijinal poliester lifi karıştırılarak elde edilen atkı ipliklerinden (%100 orijinal pamuk, %100 geri dönüşüm pamuk, %35/65 poliester/geri dönüşüm pamuk, %35/65 poliester/orijinal pamuk, %50/50 poliester/geri dönüşüm pamuk, %50/50 poliester/orijinal pamuk) gömleklik kumaşlar sipariş kaspamında üretilmiş ve konfeksiyon üretimi öncesinde kumaş hataları açısından incelenmiştir. Üretilen kumaşlar terbiye işlemlerinden sonra kalite kontrol makinalarında kontrolden geçirilmiştir. Kontrol sırasında görülen hatalar ve sayıları kaydedilerek hata puan sistemlerinden Graniteville78 sistemine göre puanlandırılmıştır ve sınıflandırılmıştır. Tüm kumaşlar kalitesi açısından değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Geri Dönüşüm Kumaş, Kumaş Kalitesi, Sınıflandırma, Konfeksiyona Uygunluk.

1. Giriş

Sürdürülebilir bir yaşam için tekstil ve hazır giyim sektöründe tasarım ve üretim süreçlerinde; azaltma (reduce), yeniden kullanma (reuse), enerjinin geri kazanımı ve özellikle geri dönüşüm (recycle) gibi stratejiler ön plana çıkmıştır. Tekstillerin neredeyse % 100'ü geri dönüşüme uygun maddelerdir. Geri dönüşüm büyük oranda iplikçilikte gerçekleşmekte olup özellikle ring iplikçilik sistemine göre daha kısa liflerin kullanıldığı open-end rotor iplikçilik sisteminde geri dönüştürülmüş lifler büyük bir oranda kullanılmaktadır [1].

Hammadde türü farketmeksizin dokuma kumaşların üretiminde de hata oluşumu kaçınılmazdır. Hata tanımlamalarında yorum farklılıklarını ortadan kaldırmak amacıyla TS471, ASTM D3990 ve BS7342 standartlarından faydalanılabilir [2]. Dokuma kumaş hataları; bölgesel olarak ortaya çıkan, kumaş görünümünü etkileyen, kumaş yapısını değiştiren ve bölgesel sınırlılıkta özel değişimlere yol açan sapmalardır [3]. Türk Standartları Enstitüsü tarafından ise kumaş hataları, “kumaşlarda iplik, yardımcı madde, iççilik, makine, donanım ya da çalışma metodu yüzünden oluşan, gözle görülüp değerlendirilebilen ve kumaşın görünüşünü bozan kusurlar” şeklinde tanımlanmıştır [4].

Kumaş toplarının birinci kalite veya ikinci kalite olarak sınıflandırılmasında hata puan sistemleri kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan sistemler 4 puan sistemi, 10 puan sistemi, Graniteville “78” sistemi ve The Worth Street Rules sistemleridir. Giysi üretilecek kumaşı konfeksiyon işlemlerine sokmadan önce gerekli kalite kontrollerden geçirilmesi ve kumaş hatalarının bu yöntemlerinden yararlanılarak objektif olarak değerlendirilmesi gerekmektedir [5]. Ancak 4 puan, 10 puan ve The Worth Street Rules sistemlerinde hatalara verilen puanlar hatanın etkisini göstermesi açısından ölçüm için çok uyumlu değildir. 4 puan ve The Worth Street Rules sistemlerinde bir yarda en fazla 4 puan atanabilmekte, 10 puan sisteminde ise en fazla 10 puan atanabilmektedir. Halbuki bir yarda kare için verilebilecek en fazla hata puanının kumaş eni ile belirlendiği Graniteville78 sisteminde leke hataları gibi konfeksiyon işlemlerinde ürünü ikinci kaliteye ayıracak potansiyel bir tehlike olarak görülmediği için, benzer hatalara puan verilmemektedir [2]. Bu yüzden kumaş toplarının konfeksiyona uygunluk açısından değerlendirilmesinde en uygun sistemlerden biri Graniteville78 sistemidir. Bu çalışmada konfeksiyon işlemlerinde giysiyi etkileyecek ve giderilemeyecek kumaş hatalarının tespit edilmesi amaçlandığı için Graniteville78 sistemi hata sınıflandırmasında kullanılmıştır. Tablo 1’de Graniteville 78 sisteminde kullanılan puanlandırma sisteminde belirli hata boyutlarına karşılık gelen hata puanları yer almaktadır.

Tekstil endüstrisindeki standart dokuma ve örme kumaşlar için 1975 yılında Graniteville şirketi tarafından geliştirilmiş kalite değerlendirme sistemidir. Graniteville “78” sisteminde belirlenen hata puanları Tablo 1’de verilmiştir. Bu sistemde sadece kesimde kumaşın hatalı kısmının kesilip çıkarılmasını gerektiren veya bitmiş ürünü ikinci kaliteye düşürecek hatalar dikkate alınır. Her yardakare veya metrekare kumaş en fazla 4 hata puanı alabilir. Bir yarda uzunluğundaki kumaşın alabileceği en fazla hata puanı kumaş eni ile belirlenir. Kumaş eninin inç olarak uzunluğunun 9’a bölünmesi ile bir yarda uzunluğundaki kumaşa verilebilecek en yüksek hata puanı hesaplanır. Örneğin 48 inç genişliğindeki bir kumaş kontrolünde $48/9=5.33$ ya da 6 puan bir yarda kumaş için verilebilecek en fazla hata puanıdır [2].

Tablo 1. Graniteville 78 sisteminde kullanılan hata boyutları ve puanları [5,6].

Hata Boyutu	Hata Puanı
(9 inch) 23 cm'ye kadar hata için	1
(9-18 inch) 23-46 cm arasındaki hata için	2
(18-27 inch) 46-69 cm arasındaki hata için	3
(27-36 inch) 69-92 cm arasındaki hata için	4
(36-45 inch) 92-115 cm arasındaki hata için	5
(45-54 inch) 115-138 cm arasındaki hata için	6
(54-63 inch) 138-160 cm arasındaki hata için	7

Bu çalışmada piyasada rejenere iplik olarak tabir edilen geri dönüşüm pamuk iplikleri ve karışımlarından elde edilen gömleklik kumaş üreten bir dokuma işletmesindeki farklı sipariş kumaşları incelenmiştir. Geri dönüşüm ipliklerden üretilen kumaşlarda konfeksiyon işlemlerinde görülebilen hataların tanımlanması ve belirlenmesi amaçlanmıştır. İncelenen kumaşlar hata puan sistemlerinden Graniteville “78” sistemi ile kalite bakımından sınıflandırılmıştır.

2. Materyal- Metot

Çalışma, Türkiye’de Denizli ilinde faaliyet gösteren 315 dokuma tezgahı bulunan ve geri dönüşüm iplikleri de kullanarak çarşaf, nevresim gibi ev tekstili kumaşları, gömleklik, pantolonluk ve giysilik kumaş üreten bir tekstil (iplik ve dokuma üretimi) işletmesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada çeşitli siparişler kapsamında farklı oranlarda karışım içeren altı farklı atkı ipliği kullanılarak beyaz, gömleklik kumaşlar üretilmiştir. Kullanılan atkı ipliği hammaddeleri sırasıyla %100 r- cotton, %100 Cotton, %35 PES -%65 r-Cotton, %35 PES -%65 Cotton, %50 PES-%50 r-Cotton, %50 PES-%50 Cotton’dur.

Üretilen kumaşların yapısal özellikleri Tablo 2’de verilmiştir. Kumaşların konstrüksiyonları ve üretilen miktarları aynıdır. Kumaşların tamamında çözgü ipliği olarak 100 denye poliester ipliği kullanılmış ve tüm kumaşlar bezayağı olarak üretilmiştir. Geri dönüşüm iplikler ilgili tekstil işletmesinin open-end iplik tesisinde üretilmiş olup, geri dönüşüm elyaflar Uşak ilinden temin edilmiştir. İplik üretiminde kullanılan polyester kesikli elyafın uzunluğu 38 mm’dir. Dokuma kumaşlarda hem atkı hem de çözgü iplik özellikleri kumaşların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Çalışmada çözgü sıklığı ve çözgü tipinde değişiklik yapılmamıştır. Buna karşılık yalnızca atkı iplik numarasında değişiklik yapılmıştır.

Tablo 2. Kumaşların yapısal özellikleri

Kumaş kodu	Atkı İpliği Hammade	Atkı İplik Ne	Sıklık(tel/cm)		Metrekare Ağırlığı (g/m ²)	Toplam (mt)
			Çözgü	Atkı		
1	%100 r-Cotton	20/1	30	24	100	350
2	%100 Cotton	20/1	30	24	100	350
3	%35 PES -%65 r-Cotton	20/1	30	24	100	350
4	%35 PES -%65 Cotton	20/1	30	24	100	350
5	%50 PES-%50 r-Cotton	20/1	30	24	100	350
6	%50 PES-%50 Cotton	20/1	30	24	100	350

Tüm kumaşlar farklı zamanlarda terbiye işletmesinde ağartma işlemi görerek işletmeye beyaz renkte gelmiştir. Terbiye işletmesinden gelen kumaşlar alıcı konfeksiyon işletmesine sevk edilmeden önce ışıklı kontrol panosunda manuel kumaş kontrolü yapılmıştır. Daha sonra incelenen kumaşlar hata puan sistemlerinden Graniteville “78” sistemi ile kalite bakımından sınıflandırılmıştır.

Manuel kumaş kalite kontrol yönteminde, üretilen kumaşların kalite kontrolü ışıklı bir pano üzerinde hareket eden kumaşın insan gözü ile kontrolü şeklinde gerçekleştirilmektedir. Kumaşın geçtiği yüzey alt ve üst kısımlardan farklı ışık kaynakları ile aydınlatılabilmektedir. Kalite kontrol operatörü, eğimli yüzeyin ön tarafında durarak eğimli alandan geçerek sarılan kumaşı gözle takip etmekte ve kumaş hatalarını tespit etmektedir.

Bu çalışmada kullanılan kumaş kalite kontrol formlarında sınıflanmış hatalar; atkı yönündeki hatalar, çözgü yönündeki hatalar ve diğer hatalar olmak üzere üç ana gruptadır. Atkı yönündeki hatalar; tüm en çift atkı, yarım çift atkı, tüm en kopuk atkı, yarım kopuk atkı, duruş izi, renkli elyaf, kirli-yağlı atkı, ince kalın atkı, atkı toplanması, çözgü yönündeki hatalar; çözgü kopuşu, çözgü yığılması, gergin-gevşek çözgü, çözgüde renkli elyaf, kirli-yağlı çözgü, ince kalın çözgü, çift çözgü, eksik tel, cımbaz izi, diğer hatalar ise; uçuntu, bozuk kenar, düğüm olarak sınıflandırılmıştır.

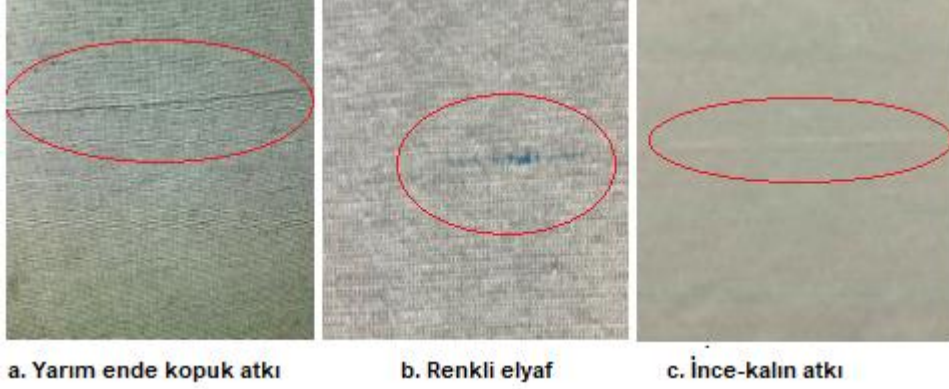
3. Bulgular

Toplam 2.100 metre kumaş kontrolü sonucunda görülen dokuma hataları, belirlenen sınıflar dikkate alınarak, kalite kontrol formlarına işlenmiştir. Kenardan 3 cm içerideki hatalar dikkate alınmamıştır. 1 metretülde birden fazla hata var ise; kontrol kartına en büyük hata kaydedilmiştir. İncelenen kumaşlar hata puan sistemlerinden Graniteville “78” sistemi ile kalite bakımından sınıflandırılmıştır.

Kumaş toplarında tüm en çift atkı, yarım çift atkı, tüm en kopuk atkı, yarım en kopuk atkı, duruş izi, atkıda renkli elyaf, kirli-yağlı atkı, ince kalın atkı, atkı toplanması, çözgü kopuşu, çözgü yığılması, gergin-gevşek çözgü, çözgüde renkli elyaf, kirli-yağlı çözgü, ince kalın çözgü, çift çözgü, eksik tel, uçuntu, düğüm şeklinde hatalar tespit edilmiştir.

Buna göre bu çalışmada belirtilen hatalardan atkı ipliği farklılığından dolayı oluşabilecek hataların yoğunluğu, doğal olarak atkı yönündedir. Buna göre Şekil 1’de gösterilen yarım en kopuk atkı, renkli elyaf, ince-kalın atkı hatası ve düğüm hatalarının geri dönüşüm ipliğin üretimi sırasında oluşan spesifik hatalar olduğu söylenebilmektedir. Yarım en kopuk atkı ve ince-kalın atkı hatası geri dönüşüm elyafların kalitesinden kaynaklanmaktadır. Kırpıntıların elyafa ve ipliğe dönüşümü sırasında yaşanan mukavemet kaybı ve kısa lif oranının artmış olmasından dolayı iplik mukavemeti düşmekte ve dokuma işlemleri sırasında atkı kopuşları yaşanmaktadır. İnce-kalın atkı hatası ve düğüm hatası da elyaf üretimi sırasında oluşmaktadır. Bu hata, makina elyaf açma makinasındaki ayarlardan

ve işlenen elyafın özelliğinden oluşabilmektedir. Makina ayarlarındaki silindir açıklığı artırılırsa geri besleme daha fazla olur, açıklık eğer azaltılırsa bu sefer de kırpıntılar elyaf haline tam olarak dönüştürülemez, nepsler oluşur [7]. Bu çalışmada karşılaşılan renkli elyaf hatası da geri dönüşüm ipliklere özel bir hata türüdür. Geri dönüşüm iplik tesislerinde işletmeye balyalar hâlinde gelen kırpıntılar gözle muayene edilerek renk kataloguna göre tasnif edilmektedir [32]. Mekanik yöntemlerden olan açma yöntemi denilen şifanoz yönteminin ilk aşaması tasnif işlemidir. Genellikle el işçiliği ile yapılan bu işlem sırasında balyalarda farklı renkte elyafların bulunması bu hataya neden olmaktadır.



Şekil 1. Geri dönüşüm kumaşlarda sık karşılaşılan kumaş hataları

Altı farklı atkı ipliğinden 350' şer metrelik dokuma kumaş kontrolü sonunda tespit edilen hata sayıları, puan verilmesi gerekli olan hata uzunlukları ve Graniteville "78" sistemine göre hesaplanan hata puanları, %100 r- cotton ve %100 Cotton kumaşlar için Tablo 3'te, %35 PES -%65 r-Cotton ve %35 PES -%65 Cotton kumaşlar için Tablo 4'te, %50 PES-%50 r-Cotton ve %50 PES-%50 Cotton kumaşlar için Tablo 5'te verilmiştir.

Graniteville "78" sisteminde leke gibi hatalarda, konfeksiyon işlemlerinde ürünü ikinci kaliteye ayıracak potansiyel bir tehlike olarak görülmediği için, benzer hatalara puan verilmemektedir Buna göre kalite kontrol işlemleri sırasında tespit edilip kalite kontrol formlarına işlenmiş ancak konfeksiyon işlemleri sırasında giderilebilecek türden hatalara puan verilmemiştir. Bu hatalar renkli elyaf, uçuntu, yağ kir lekesi, kirli yağlı çözü, çözüde renkli elyaf hatalarıdır.

%100 r- cotton kumaşlarda hesaplanan hata puanı 115, %100 Cotton kumaşlarda ise 86'dır. Yarım ende kopuk atkı hatası %100 r- cotton kumaşlarda en sık karşılaşılan hatadır. İkinci en sık karşılaşılan hata düğüm hatasıdır.

Tablo 4'e göre %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlarda hesaplanan hata puanı 100, %35 PES -%65 Cotton kumaşlarda ise 68'dir. Yarım ende kopuk atkı hatası %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlarda en sık karşılaşılan hatadır. Ancak PES ipliğinin karışıma eklenmesi mukavemet artışına neden olduğu için yarım ende kopuk atkı hatası oranı %100 r- cotton kumaşlara göre daha düşüktür.

Tablo 5'e göre %50 PES-%50 r-Cotton kumaşlarda hesaplanan hata puanı 79, %50 PES-%50 Cotton kumaşlarda ise 63'dür. Yarım ende kopuk atkı hatası %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlarda en sık karşılaşılan hatadır. Ancak PES ipliğinin karışıma eklenmesi mukavemet artışına neden olduğu için yarım ende kopuk atkı hatası oranı %100 r- cotton kumaşlara göre daha düşüktür.

Tablo 3. %100 r- cotton ve %100 Cotton kumaşlardaki hataların uzunlukları (inch) ve puanları

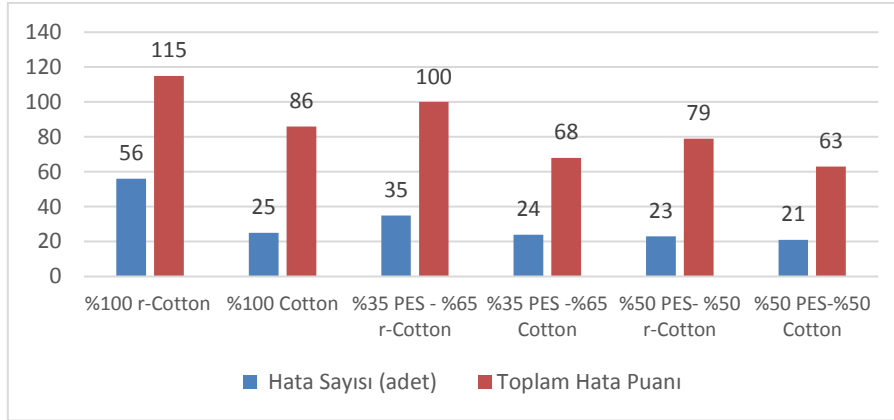
%100 r-Cotton	Hata Uzunluğu- inch											%100 Cotton	Hata Uzunluğu- inch						
Hata Adı												Hata Adı							
Tüm en çift atkı	63	63	63	63								Tüm en çift atkı	63	63	63	63			
Hata puanı	7	7	7	7							28	Hata puanı	7	7	7	7			28
Yarım ve az çift atkı	12	11	9	7								Yarım ve az çift atkı	8	9					
Hata puanı	2	2	1	1							6	Hata puanı	1	1					2
Tüm en kopuk atkı	63											Yarım kopuk atkı	27	18	15	27			
Hata puanı	7										7	Hata puanı	3	2	2	3			10
Yarım kopuk atkı	27	12	5	9	18	30	4	18	9			Duruş izi	63	63	63				
Hata puanı	3	2	1	1	2	4	1	2	1	17	Hata puanı	7	7	7				21	
Duruş izi	63	63	63	63	63							Atkı toplanması	2	2					
Hata puanı	7	7	7	7	7					35	Hata puanı	1	1					2	
Renkli elyaf	0,1	0,1	0,1	0,1								Çözgü kopuşu	36	21	3	3	18	18	
Hata puanı	0	0	0	0						0	Hata puanı	4	3	1	1	2	2	13	
Kirli-yağlı atkı	8	6	4									Kirli-yağlı çözgü	1						
Hata puanı	0	0	0							0	Hata puanı	0						0	
İnce- kalın atkı	1	5	7	8	9							İnce kalın çözgü	36						
Hata puanı	1	1	1	1	1					5	Hata puanı	4						4	
Çözgü kopuşu	6	2	8	9	9							Çift çözgü	27						
Hata puanı	1	1	1	1	1					5	Hata puanı	3						3	
Gergin-gevşek çözgü	18	36										Eksik tel	18						
Hata puanı	2	4								6	Hata puanı	2						2	
Kirli-yağlı çözgü	9	5	8									Düğüm	1						
Hata puanı	0	0	0							0	Hata puanı	1						1	
Uçumtu	1											Toplam Hata Puanı							86
Hata puanı	0									0									
Düğüm	1	1	1	1	1	1													
Hata puanı	1	1	1	1	1	1				6									
Yağ kir kelesi	1	9	8																
Hata puanı	0	0	0							0									
Toplam Hata Puanı										115									

Tablo 4. %35 PES -%65 r-Cotton ve %35 PES -%65 Cotton kumaşlardaki hataların uzunlukları (inch) ve puanları

%35 PES - %65 r-Cotton	Hata uzunluğu- inch							%35 PES -%65 Cotton	Hata Uzunluğu- inch				
Hata Adı								Hata Adı					
Tüm en çift atkı	63	63	63	63	63			Tüm en çift atkı	63	63	63	63	
Hata puanı	7	7	7	7	7		35	Hata puanı	7	7	7	7	28
Yarım ve az çift atkı	21	15	12					Yarım ve az çift atkı	9	5			
Hata puanı	3	2	2				7	Hata puanı	1	1			2
Yarım kopuk atkı	31	12	5	9	18	30		Yarım kopuk atkı	31	27			
Hata puanı	4	2	1	1	2	4	14	Hata puanı	4	3			7
Duruş izi	63	63	63	63				Duruş izi	63	63	63		
Hata puanı	7	7	7	7			28	Hata puanı	7	7	7		21
Renkli elyaf	0,1	0,2	0,1	0,1				Renkli elyaf	1				
Hata puanı	0	0	0	0			0	Hata puanı	0				0
Ince- kalm atkı	2	4	3	1				Kirli-yağlı atkı	5	4	4		
Hata puanı	1	1	1	1			4	Hata puanı	0	0	0		0
Çözümlenmiş kopuşu	14	12	18	21				Çözümlenmiş kopuşu	18	18	9	9	18
Hata puanı	2	1	2	3			8	Hata puanı	2	2	1	1	2
Çözümde renkli elyaf	1							Çözümde renkli elyaf	9				
Hata puanı	0						0	Hata puanı	1				1
Düğüm	1	1	1	1				Uçuntu	1				
Hata puanı	1	1	1	1			4	Hata puanı	0				
Toplam Hata Puanı							100	Toplam Hata Puanı					63

Tablo 5. %50 PES-%50 r-Cotton ve %50 PES-%50 Cotton kumaşlardaki hataların uzunlukları (inch) ve puanları

%50 PES- %50 r-Cotton	Hata Uzunluğu- inch							%50 PES-%50 Cotton	Hata uzunluğu- inch				
Hata Adı								Hata Adı					
Tüm en çift atkı	63	63	63					Tüm en çift atkı	63	63	63		
Hata puanı	7	7	7				21	Hata puanı	7	7	7		21
Yarım ve az çift atkı	27	18						Yarım kopuk atkı	24	4	13		
Hata puanı	3	2					5	Hata puanı	3	1	2		6
Yarım kopuk atkı	27	27	18	9	27	18		Duruş izi	63	63	63	63	
Hata puanı	3	3	2	1	3	2	18	Hata puanı	7	7	7	7	28
Duruş izi	63	63	63	63				Ince- kalm atkı	2	1	2		
Hata puanı	7	7	7	7			28	Hata puanı	1	1	1		3
Renkli elyaf	1							Çözümde renkli elyaf	9	18	3	3	
Hata puanı	0						0	Hata puanı	1	2	1	1	5
Çözümde kopuşu	27							Kirli-yağlı çözümü	1				
Hata puanı	3						3	Hata puanı	0				0
Çözümde renkli elyaf	9							Uçuntu	0				
Hata puanı	1						1	Hata puanı	0				0
Uçuntu	1							Yağ kir kelesi	1	4			
Hata puanı	0						0	Hata puanı	0	0			0
Düğüm	1	1	1					Toplam Hata Puanı					63
Hata puanı	1	1	1				3						
Yağ kir kelesi	1												
Hata puanı	0						0						
Toplam Hata Puanı							79						



Şekil 2. Graniteville78 sistemine hesaplanan hata puanları ve hata sayıları

Şekil 2’de tüm kumaşlar için hesaplanan hata puanları ve sayıları grafik olarak görülmektedir. Buna göre en fazla hata puanı %100 r- cotton kumaşta gerçekleşmiştir. Sırasıyla %35 PES -%65 r-Cotton kumaş 100 puan, %100 cotton kumaş 86 puan, %50 PES-%50 r-Cotton kumaş 79 puan, %35 PES -%65 Cotton kumaş 68 puan, %50 PES-%50 Cotton kumaş 63 puan almıştır. Atkı ipliğindeki PES oranının artması geri dönüşüm ipliklerde karşılaşılan hataların azalmasını sağlamıştır. Tablo 6’da tüm kumaşlar için hesaplanan hata puanları ve sayıları görülmektedir. Buna göre Graniteville78 sistemine göre hesaplanan toplam hata puanları ve top hakkındaki değerlendirme tablo sonuna eklenmiştir. Tüm kumaşlar konfeksiyon işlemleri için uygun nitelikte olup kabul edilmiştir.

Tablo 6. Graniteville78 sistemine göre hesaplanan toplam hata puanları ve kumaş toplarının sınıflandırılması.

Hata Adı	Hata Sayısı					
	%100 r-Cotton	%100 Cotton	%35 PES - %65 r-Cotton	%35 PES - %65 Cotton	%50 PES - %50 r-Cotton	%50 PES - %50 Cotton
Tüm en çift atkı	4	4	5	4	3	3
Yarım ve az ende çift atkı	4	2	3	2	2	
Tüm en kopuk atkı	1					
Yarım en kopuk atkı	9	4	6	2	6	3
Duruş izi	5	3	4	3	4	4
Renkli elyaf	4		4	1	1	
Kirli-yagli atkı	3			3		
Ince- kalın atkı	5		4			3
Atkı toplanması		2				
Çözü kopuşu	5	5	4	4	1	4
Çözgü yığılması				1	1	
Gergin-gevşek çözgü	2					
Çözgüde renkli elyaf			1			
Kirli-yagli çözgü	3	1				1
Ince kalın çözgü		1				
Çift çözgü		1				
Eksik tel		1				
Uçuntu	2			1	1	1
Düğüm	6	1	4	1	3	
Yağ kir lekesi	3			2	1	2
Hata Sayısı	56	25	35	24	23	21
Topun Genişliği (inch)	63	63	63	63	63	63
Topun Uzunluğu(yarda)	382,8	382,8	382,8	382,8	382,8	382,8
Toplam Hata Puanı	116	86	100	68	79	63
Değerlendirme	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul

4. Sonuç Ve Değerlendirme

Fiyat ve çevreye sağladığı olumlu etkilerden dolayı geri dönüşüm ham maddeden iplik ve kumaş üretiminin önemi günümüzde giderek artmaktadır. Üretilen kumaş toplarının birinci kalite veya ikinci kalite olarak sınıflandırılması çok zor bir aşamadır. Geri dönüşüm kumaşlarda da oluşabilecek hatalar da bu kapsamda önem arz etmektedir. Üreticiye göre birinci kalite kabul edilen kumaş müşteri açısından ikinci kalite olabilmektedir. Kumaş hata puan sistemleri herkesin aynı dilden konuşmasını sağlayan sistemlerdir. Bu çalışma geri dönüşüm ipliklerden elde edilmiş kumaşlarda, konfeksiyon işlemlerinden önce görülebilen hataların belirlenmesi ve ilgili kumaş topunun sınıflandırılması amacıyla yapılmıştır. Ancak geri dönüşüm iplikçiliğine kalite standardizasyonu getirilmelidir. Daha kaliteli ve yüksek verimde geri dönüşüm ipliğinin ve kumaşların nasıl üretilebileceği konusunda araştırmalara daha fazla yer verilmelidir.

5. Kaynaklar

1. A.A. Merati, M. Okamura, Producing medium count yarns from recycled fibers with friction spinning. Text. Res. J. 74(7) (2004) 640-645.
2. Ala D.M. , İkiz Y., "Bornozluk Kadife Kumaşların Hata Kontrolü ve Hata Puan Sistemlerine Göre Sınıflandırılması", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, cilt.21, ss.288-295, 2015.
3. Dülgeroğlu Kısaoğlu Ö.“ Orta Büyüklükte Bir Dokuma İşletmesinde İstatistiksel Proses Kontrol Sistemi: I. Kumaş Hatalarının Kontrolü”. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(3), 291-301, 2010.
4. Türk Standartları Enstitüsü. “Dokunmuş Kumaşlar Hata Tarifleri Terimler”. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, TS 471 ISO 8498, 2005.
5. Gürarda, A., (2015): Konfeksiyon İşlemleri ile Kumaş Özellikleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Tekstil ve Mühendis, 22: 99, 41-50.
6. ASTM D5430-13, “Standard Test Methods for Visually Inspecting and Grading Fabric.
7. <http://www.yuksel.com.tr/index2.html> Accessed May 13, 2018.

GERİ DÖNÜŞÜM PAMUK İPLİKLERİ VE KARIŞIMLARINDAN ELDE EDİLMİŞ DOKUMA KUMAŞLARDAKİ YÜZEY HATALARININ VE KONFEKSİYON VERİMLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Mihriban Kalkancı

Pamukkale Üniversitesi, Denizli Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Denizli, Türkiye.

mkalkanci@pau.edu.tr

Özet

Bu çalışmada bir tekstil işletmesinde sipariş amacıyla; geri dönüşümlü pamuk lifleri, orijinal pamuk lifleri ve orijinal poliester lifi karıştırılarak elde edilen atkı ipliklerinden (%35/65poliester/geri dönüşüm pamuk, %35/65 poliester/orjinal pamuk) üretilen gömleklilik kumaşlardaki yüzey hataları kontrol edilmiş ve konfeksiyon verimliliği araştırılmıştır. Kontrol sırasında görülen hatalar ve sayıları kaydedilerek oluşan hatalar pareto analizi ile incelenmiştir. 35 PES -%65 r-Cotton kumaşlardan üretilen gömleklilerdeki dokuma/yüzey hatalı ürün oranı, tüm hatalar içinde %78,57' lik bir paya sahipken, %35 PES -%65 Cotton kumaşlardan üretilen gömleklilerde bu oran %69,09'dur. Sonuçta geri dönüşüm ipliklerden elde edilen ürünlerde konfeksiyon işlemleri sonunda % 4,9 oranında 2.kalite ürün ortaya çıkarken, orijinal ipliklerden üretilen ürünlerdeki 2. kalite oranı %2,75 olarak gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Geri Dönüşüm Kumaş, Kumaş Kalitesi, 2. Kalite, Fire, Konfeksiyon Verimliliği.*

1. Giriş

Doğal kaynaklardaki azalma ve tekstil sektörünün çevreye zarar veren önemli sektörlerden birisi olması nedeniyle geri dönüşüm konusu ön plana çıkmıştır.

Dokuma kumaşların üretimi sürecinde birtakım hatalar oluşmaktadır. Kumaş hatalarının tespiti ve istatistiksel olarak değerlendirilmesi amacıyla bornozluk [1] ve giysilik [2, 3] kumaşların üretildiği dokuma işletmeleri temel alınarak yapılan çalışmalarda dokuma hatalarından sanayide karşılaşılan sorunların %95' inin yedi temel teknikte çözümlenebildiği belirtilmektedir. Bu teknikler akış diyagramı, çetele diyagramı, pareto analizi, neden sonuç diyagramı, histogram, dağılım diyagramı ve kontrol kartlarıdır [4, 5]. Dokuma kumaş hataları; bölgesel olarak ortaya çıkan, kumaş görünümünü etkileyen, kumaş yapısını değiştiren ve bölgesel sınırlılıkta özel değişimlere yol açan sapmalardır [6]. Türk Standartları Enstitüsü tarafından ise kumaş hataları, “kumaşlarda iplik, yardımcı madde, işçilik, makine, donanım ya da çalışma metodu yüzünden oluşan, gözle görülüp değerlendirilebilen ve kumaşın görünüşünü bozan kusurlar” şeklinde tanımlanmıştır [7].

Bu çalışmada piyasada rejenere iplik olarak tabir edilen geri dönüşüm pamuk iplikleri ve karışımlarından elde edilen gömleklilik kumaş üreten bir işletmede kumaşlarda görülen hataların tanımlanması ve belirlenmesi amaçlanmıştır. En fazla karşılaşılan hatalar istatistiksel proses kontrol yöntemlerinden pareto analizi ile incelenmiştir. Sonrasında konfeksiyon üretiminde tasnif işlemlerinde üretilen hatalı parçalar ve pastal atımı sırasındaki ek yerleri ve üretim sonunda oluşan 2. kalite ürün miktarları incelenerek iki sipariş için kumaş verimliliği karşılaştırılmıştır.

2. Materyal- Metot

Çalışma, Denizli ilinde faaliyet gösteren 315 dokuma tezgahı bulunan ve geri dönüşüm iplikleri de kullanarak çarşaf, nevresim gibi ev tekstili kumaşları, gömleklilik, pantolonluk ve giysilik kumaş üreten bir tekstil (iplik ve dokuma üretimi) işletmesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 2 farklı bayan gömleği siparişi için üretilen (%35/65poliester/geri dönüşüm pamuk ve %35/65 poliester/orjinal pamuk atkı ipliği) beyaz gömleklilik kumaşlar incelenmiştir. Kumaşların tamamında çözgü ipliği olarak 100 denye poliester ipliği kullanılmış ve tüm kumaşlar bezayağı olarak üretilmiştir. Geri dönüşüm iplikler ilgili tekstil işletmesinin open-end iplik tesisinde üretilmiş olup, geri dönüşüm elyaflar Uşak ilinden temin edilmiştir. İplik üretiminde kullanılan polyester kesikli elyafların uzunluğu 38 mm'dir. Dokuma kumaşlarda hem atkı hem de çözgü iplik özellikleri kumaşların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Piyasada karışımlarda, geri dönüşüm ipliklerinden kaynaklanabilecek olumsuzlukları bertaraf etmek ve mukavemet artışı için polyester elyaf tercih edilmektedir. Bu çalışmada çözgü sıklığı ve çözgü tipinde değişiklik yapılmamıştır. Buna karşılık yalnızca atkı iplik numarasında değişiklik yapılmıştır. Tablo 1'de siparişler için üretilen kumaşların sıklık ve gramaj değerleri görülmektedir.

Terbiye işletmesinden gelen kumaşların ışıklı kontrol panosunda manuel kontrolü yapılmıştır. Kumaş kontrolü sonucunda görülen hata sayılarının istatistiksel değerlendirilmesinde istatistiksel proses kontrol yöntemlerinden pareto analizi kullanılmıştır.

Manuel kumaş kalite kontrol yönteminde, üretilen kumaşların kalite kontrolü ışıklı bir pano üzerinde hareket eden kumaşın insan gözü ile kontrolü şeklinde gerçekleştirilmektedir. Kumaşın geçtiği yüzey alt ve üst kısımlardan farklı ışık kaynakları ile aydınlatılabilmektedir. Kalite kontrol operatörü, eğimli yüzeyin ön tarafında durarak eğimli alandan geçerek sarılan kumaş gözle takip etmekte ve kumaş hatalarını tespit etmektedir.

Tablo 1. Kumaş özellikleri

Sipariş No	Atkı İpliği Hammadde	Atkı İplik Ne	Sıklık(tel/cm)		Metrekar e Ağırlığı (g/m2)	Top sayısı	Toplam (mt)
			Çözü	Atkı			
1	%35 PES -%65 r-Cotton	20/1	30	25	100	9	2372
2	%35 PES -%65 Cotton	20/1	30	25	100	8	2360

Çalışmada kullanılan kumaş kalite kontrol formlarında sınıflanmış hatalar; atkı yönündeki hatalar, çözgü yönündeki hatalar ve diğer hatalar olmak üzere üç ana gruptadır. *Atkı yönündeki hatalar*; tüm en çift atkı, yarım çift atkı, tüm en kopuk atkı, yarım en kopuk atkı, atkı kaçığı, duruş izi, renkli elyaf, kirli-yağlı atkı, ince kalın atkı, atkı toplanması, *çözgü yönündeki hatalar*; çözgü kopuşu, çözgü yığılması, gergin-gevşek çözgü, tahar hatası, kafes, çözgüde renkli elyaf, kirli-yağlı çözgü, ince kalın çözgü, çift çözgü, eksik tel, cımbaz izi, *diğer hatalar* ise; delik-yırtık-patlak, uçuntu, bozuk kenar, düğüm, lot farkı, dalgalanma olarak sınıflandırılmıştır.

Tüm kumaşlar 2 parti halinde terbiye işletmesinde ağartma işlemi yaparak işletmeye beyaz renkte gelmiştir. Kalite kontrol işlemlerinden sonra konfeksiyon işlemleri gerçekleştirilmiş ve konfeksiyon verimliliği, 2. kalite oranları belirlenmiştir.

3. Bulgular

3.1. Dokuma Hata Sayıları ve Pareto Analizi

Tablo 2’de siparişler için üretilen kumaşların top enleri, uzunlukları ve gramaj değerleri görülmektedir. Buna göre %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlar toplam 9 top, %35 PES -%65 Cotton kumaşlar ise toplam 8 top olmak üzere kontrole alınmıştır.

Tablo 2. Kontrol edilen kumaşların yapısal özellikleri

%35 PES -%65 r-Cotton kumaşlar									
Kumaş top no	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Top uz. (metre)	347	248	150	222	373	286	276	175	295
Top eni (cm)	159	160	161	159,5	160	160	161	160	160
gr/m2	103	110	109	105	101	100	102	109	105
%35 PES -%65 Cotton kumaşlar									
Kumaş top no	1	2	3	4	5	6	7	8	
Top uz. (metre)	228	293	305	345	380	253	246	310	
Top eni (cm)	160	159,5	160	160	159,5	160	160	161	
gr/m2	102	100	103	101	101	100	109	104	

2.372 metre %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlardan ve 2.360 metre %35 PES -%65 Cotton kumaşlardan üretilen siparişlerde görülen dokuma hataları, belirlenen sınıflar dikkate alınarak, kalite kontrol formlarına işlenmiştir. Kenardan 3 cm içerideki hatalar dikkate alınmamıştır. 1 metretülde birden fazla hata var ise; kontrol kartına en büyük hata kaydedilmiştir. Kumaş kontrolü sonucunda görülen hata sayılarının istatistiksel değerlendirilmesinde istatistiksel proses kontrol yöntemlerinden pareto analizi kullanılmıştır.

%35 PES -%65 r-Cotton kumaş toplarında görülen hata sayıları Tablo 3’te verilmiştir. Buna göre 9 adet kumaş topunda görülen toplam hata sayısı 293’tür.

Tablo 3. %35 PES -%65 r-Cotton kumaş toplanında görülen hata sayıları

Hata Adı	1.top	2.top	3.top	4.top	5.top	6.top	7.top	8.top	9.top
Tüm en çift atkı	5	3	2	2	4	2	6	1	3
Yarım ve az çift atkı	3		3	3	4	2	2	2	2
Tüm en kopuk atkı					1				
Yarım kopuk atkı	7	3	4	3	7	8	7	8	8
Duruş izi	5	4	2	4	5	3	6	2	4
Renkli elyaf	3			1	4		3		1
Kirli-yağlı atkı			2		3		5		
İnce- kalın atkı	4	3		3	5			3	
Atkı toplanması						2			
Çözü kopuşu	4	4	3	6	5	4	4	2	1
Çözgü yığılması				1			1	1	1
Gergin-gevşek çözgü					2				
Tahar hatası				1				1	
Kafes			1						
Çözgüde renkli elyaf	1								
Kirli-yağlı çözgü		1	1	2	3	1		3	
İnce kalın çözgü						1			
Çift çözgü						1			
Eksik tel						1			
Cımbar izi					1				
Delik-yırtık-patlak			1						
Uçuntu		1		4	6		1	4	1
Bozuk kenar	1	3			1	4	4		4
Düğüm				3	1	1	1	3	1
Yağ kir lekesi		2			3		2		1
Toptaki Hata Sayısı	33	24	19	33	55	30	42	30	27
Toplam Hata Sayısı	293								

%35 PES -%65 Cotton kumaş toplanında görülen hata sayıları Tablo 4'de verilmiştir. Buna göre 8 adet kumaş topunda görülen toplam hata sayısı 202'dir.

Tablo 4. %35 PES -%65 Cotton kumaş toplarında görülen hata sayıları

Hata Adı	1.top	2.top	3.top	4.top	5.top	6.top	7.top	8.top
Tüm en çift atkı	1	1	2	2	3	5	1	2
Yarım ve az çift atkı		2	2	3	4	2	2	3
Tüm en kopuk atkı		1			1			
Yarım kopuk atkı	1	2	1	1	1	1	3	2
Duruş izi	4	4	2	4	5	3	2	2
Renkli elyaf								
Kirli-yağlı atkı					3	1		2
İnce- kalın atkı	1			3	2		3	
Atkı toplanması			1					
Çözü kopuşu	4	2	1	8	5	4	1	3
Çözgü yığılması		1	1	1		1	1	
Gergin-gevşek çözgü				2				
Tahar hatası				1			1	
Kafes								1
Çözgüde renkli elyaf			1					
Kirli-yağlı çözgü	1			2	4		3	1
İnce kalın çözgü				1				
Çift çözgü			1					
Eksik tel	1							
Cımbar izi					1			
Delik-yırtık-patlak								1
Uçuntu	1	2	1	5	7	1	4	
Bozuk kenar	3	4	4		1	4		
Düğüm		1	1	3	1	1	3	
Yağ kir lekesi	2	1	1		3	2		
Toptaki Hata Sayısı	19	21	19	36	41	25	24	17
Toplam Hata Sayısı	202							

Hata takip raporundaki kumaş hataları toplam sayılarına göre büyükten küçüğe sıralanıp, hata yüzdeleri ve birikimli yüzdeleri hesaplanarak Tablo 5 oluşturulmuştur.

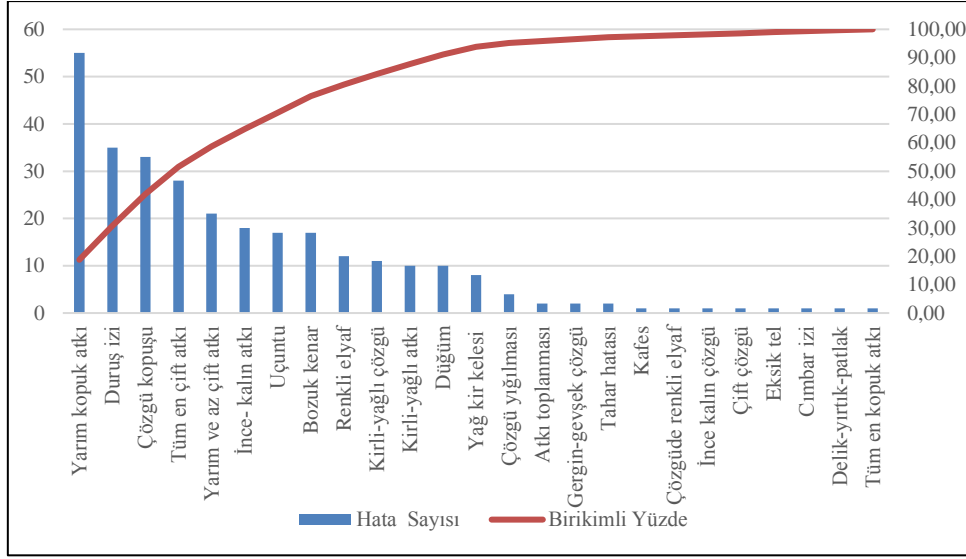
Tablo 5. Kumaşlardaki hata dağılımları

%35 PES -%65 r-Cotton kumaşlar					%35 PES -%65 Cotton kumaşlar				
Hata sırası	Hata Adı	Hata Sayısı	Hata Yüzdesi	Birikimli Yüzde	Hata sırası	Hata Adı	Hata Sayısı	Hata Yüzdesi	Birikimli Yüzde
1	Yarım kopuk atkı	55	18,77	18,77	1	Çözü kopuşu	28	13,86	13,86
2	Duruş izi	35	11,95	30,72	2	Duruş izi	26	12,87	26,73
3	Çözü kopuşu	33	11,26	41,98	3	Uçuntu	21	10,40	37,13
4	Tüm en çift atkı	28	9,56	51,54	4	Yarım ve az çift atkı	18	8,91	46,04
5	Yarım ve az çift atkı	21	7,17	58,7	5	Tüm en çift atkı	17	8,42	54,46
6	İnce- kalın atkı	18	6,14	64,85	6	Bozuk kenar	16	7,92	62,38
7	Uçuntu	17	5,8	70,65	7	Yarım kopuk atkı	12	5,94	68,32
8	Bozuk kenar	17	5,8	76,45	8	Kirli-yağlı çözgü	11	5,45	73,76
9	Renkli elyaf	12	4,1	80,55	9	Düğüm	10	4,95	78,71
10	Kirli-yağlı çözgü	11	3,75	84,3	10	İnce- kalın atkı	9	4,46	83,17
11	Kirli-yağlı atkı	10	3,41	87,71	11	Yağ kir lekesi	9	4,46	87,62
12	Düğüm	10	3,41	91,13	12	Kirli-yağlı atkı	6	2,97	90,59
13	Yağ kir kelesi	8	2,73	93,86	13	Çözü yığılması	5	2,48	93,07
14	Çözü yığılması	4	1,37	95,22	14	Tüm en kopuk atkı	2	0,99	94,06
15	Atkı toplanması	2	0,68	95,9	15	Gergin-gevşek çözgü	2	0,99	95,05
16	Gergin-gevşek çözgü	2	0,68	96,59	16	Tahar hatası	2	0,99	96,04
17	Tahar hatası	2	0,68	97,27	17	Atkı toplanması	1	0,50	96,53
18	Kafes	1	0,34	97,61	18	Kafes	1	0,50	97,03
19	Çözgüde renkli elyaf	1	0,34	97,95	19	Çözgüde renkli elyaf	1	0,50	97,52
20	İnce kalın çözgü	1	0,34	98,29	20	İnce kalın çözgü	1	0,50	98,02
21	Çift çözgü	1	0,34	98,63	21	Çift çözgü	1	0,50	98,51
22	Eksik tel	1	0,34	98,98	22	Eksik tel	1	0,50	99,01
23	Cımbar izi	1	0,34	99,32	23	Cımbar izi	1	0,50	99,50
24	Delik-yırtık-patlak	1	0,34	99,66	24	Delik-yırtık-patlak	1	0,50	100,00
25	Tüm en kopuk atkı	1	0,34	100	25	Renkli elyaf	0	0,00	100,00

%35 PES -%65 r-Cotton kumaş toplarında; incelenen 25 dokuma hatası arasında, toplam hataların %80'ini oluşturan hataların belirlenmesi amacıyla, Tablo 5'deki veriler kullanılarak, Şekil 2'deki pareto diyagramı oluşturulmuştur. Hazırlanan pareto analizinde (Tablo5) 25 hata sınıfının içinde, yarım kopuk atkı (%18.77), duruş izi (%11.95), çözgü kopuşu (%11.26), tüm en çift atkı (%8.42), yarım ve daha az ende çift atkı (%7. 17), ince-kalın atkı (%6.14), uçuntu (%5.80), bozuk kenar (%5.80), renkli elyaf (%4.10) hatalarının dokuz sırayı alarak; toplam hata sayısının %80.55'ini oluşturdukları görülmektedir.

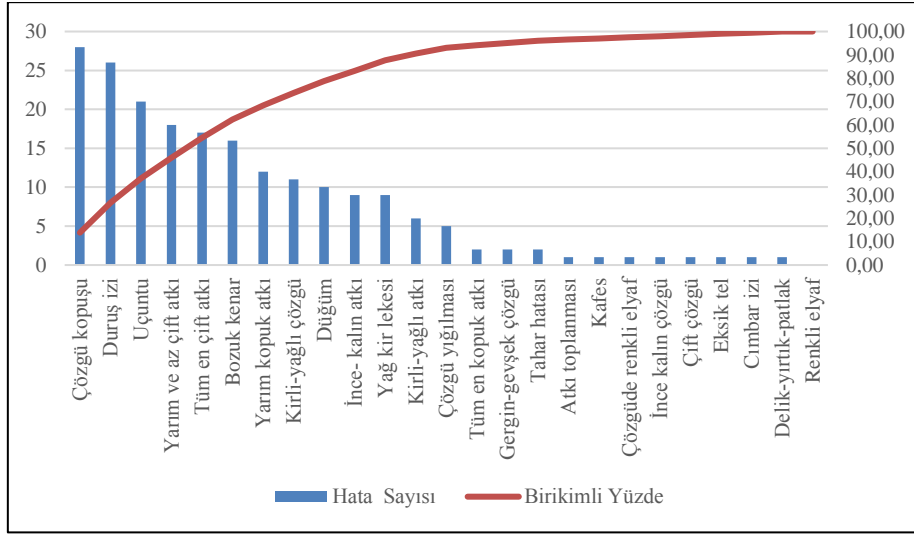
%35 PES -%65 Cotton kumaş toplarında; incelenen 25 dokuma hatası arasında, toplam hataların %80'ini oluşturan hataların belirlenmesi amacıyla, Tablo 5'deki veriler kullanılarak, Şekil 3'deki pareto diyagramı oluşturulmuştur. Hazırlanan pareto analizinde (Tablo5) 25 hata sınıfının içinde, çözgü kopuşu (%13.86), duruş izi (%12.87), uçuntu (%10.40), yarım ve daha az ende çift atkı

(%8.91), tüm en çift atkı (%8.42), bozuk kenar (%7.92), yarım kopuk atkı (%5.94), kirli yağlı çözgü (%5.45), düğüm (%4.95) hatalarının dokuz sırayı alarak; toplam hata sayısının %78.71'ini oluşturdukları görülmektedir.



Şekil 1. %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlarda görülen dokuma hatası miktarlarını gösteren pareto diyagramı

Her iki kumaş grubunun dokunması sırasında karşılaşılan 25 adet hatadan ilk dokuz hatanın önlenmesi sayesinde toplam firenin yaklaşık %80 oranında azalabilmesi sözkonusudur.

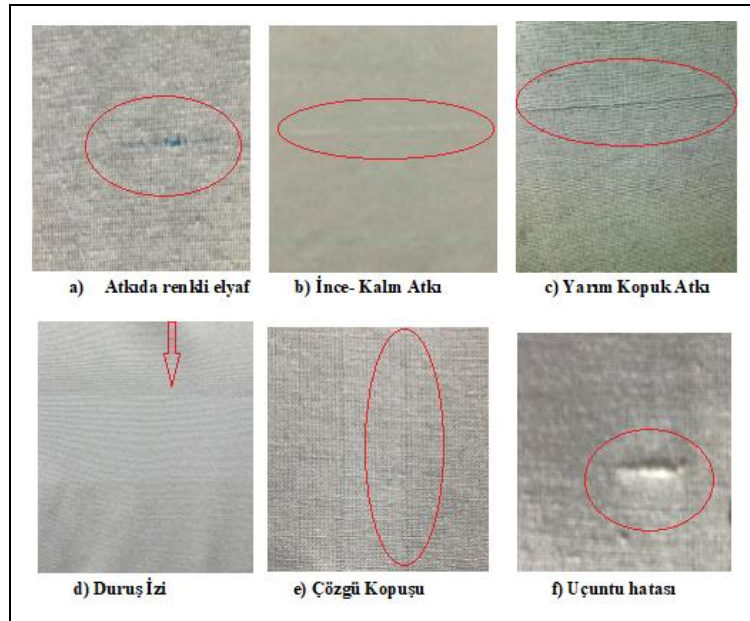


Şekil 2. %35 PES -%65 Cotton kumaşlarda görülen dokuma hatası miktarlarını gösteren pareto diyagramı

Tablo 5, Şekil 1 ve Şekil 2 incelendiğinde %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlarda ve %35 PES -%65 Cotton kumaşlarda hata önceliklerinin değiştiği görülmektedir. %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlarda ilk sırada görülen ve toplam hataların %18.77'sini oluşturan yarım kopuk atkı hatası; geri dönüşüm pamuk ipliğinin üretim şekli ya da elyaf içeriğinden kaynaklanmaktadır. Orjinal kumaşlarda yarım ende kopuk atkı hatası %5.94 oranında gerçekleşerek 7. sıraya gerilemiştir. Atkı ipliğinin mukavemetinin geri dönüşüm ipliklerdeki elyaf niteliğinden dolayı ipliğin mukavemetinin düştüğü ve bu yüzden atkı ipliğinde kopmaların olduğu düşünülmektedir. Ersoy ve Şenol (2017) geri dönüşüm elyaflardan iplik üretimi için yaptıkları çalışmalarında; yüksek rotor devirlerinde iplik oluşumuna bağlı olarak oluşan iplikteki birim uzunluktaki kütleli değişimler artmakta böylelikle, düzgünsüzlük değeri yükseldiğini belirtmişlerdir. Pamuk lifleri, polyester liflerine göre daha kısa olmakla birlikte elyaf topluluğu içinde lifler birbirine göre çok çeşitli uzunluğa ve kalınlığa sahiptir. Bu durum değerlendirildiğinde, pamuk miktarındaki artış iplikte oluşan düzgünsüzlüğü artırmaktadır [27] Bu yüzden geri dönüşüm kumaşlardaki, yarım kopuk atkı hatası, ince-kalın atkı hatası ve renkli elyaf hatası geri dönüşüm kumaşlarda karşılaşılan spesifik hata türüdür.

Yarım ende kopuk atkı hatası ve ince-kalın atkı hatası iplik düzgünsüzlüğünden kaynaklanırken, geri dönüşüm kumaşlarda karşılaşılan özel hatalardan birisi de renkli elyaf hatasıdır. Geri dönüşüm ipliğin ilk üretim aşaması olan teleflerin ayrılması esnasında, renkli kumaş kırıntılarının ayrıştırılması ve tasnifi sırasında karışan renkli elyafların bu soruna neden olduğu düşünülmektedir.

%35 PES -%65 r-Cotton kumaşlarda görülen duruş izi (%11.95), çözgü kopuşu (%11.26), tüm en çift atkı (%8.42), uçuntu (%5.80), bozuk kenar (%5.80) hataları dokuma işlemleri sırasında mekanik hatalar ve işçilik hataları [26] kapsamında değerlendirmektedir. Dolayısıyla geri dönüşüm atkı ipliklerinin üretimi ve niteliğinden değil, dokuma işlemleri sırasında gerçekleşen hatalardır. Çalışma kapsamında sık karşılaşılan hatalar Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Çalışma kapsamında sık karşılaşılan kumaş hataları

3.2. Konfeksiyon İşlemleri ve 2. Kalite Oranları

Toplam 17 adet kumaş topu kesim bölümüne sevk edilerek pastal planına uygun olarak serim ve kesim işlemi gerçekleştirilmiştir. Tablo 6'da görülen pastal verimliliklerinde 4 beden (36, 38, 40, 42) için 1'er adet yerleşim yapılmıştır. Tüm pastalarda aynı pastal resmi kullanılmıştır. Pastalda 100'er kat olarak %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlar için 5 adet, %35 PES -%65 Cotton kumaşlar için 5 adet olmak üzere toplam 10 adet pastal serim işlemi yapılmıştır. Serim sırasında kumaş topunun bitmesinden dolayı belirli bir katın yarım kalması veya hatalı kısımların kumaştaki kesilerek çıkartılması nedeniyle %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlar da 43 adet, %35 PES -%65 Cotton kumaşlarda 29 adet ek yapılmıştır. Her ek kısmında 20-60 cm uzunlukta kumaş parçası üst üste bindirilmiştir. Serim ve kesim işlemlerinden sonra numaralanan ürün parçaları demetlenerek etiketlenmiş ve dikim bölümüne sevk edilmiştir. Dikim işlemlerinden sonra tüm ürünler %100 kalite kontrolden geçirilmiş ve 1. ve 2. kalite ürün ayrımı yapılmıştır.

Tablo 6. Sipariş Kesim ve Pastal Bilgileri

Kumaş Türü	Toplam Kumaş (m)	Planlanan Kesim Adedi	Top Sayısı	Pastal Sayısı	Asorti	CAD (%)	Verimliliği	Asorti Birim Metraj (m)
%35 PES -%65 r-Cotton kumaşlar	2372	2000	9	5	4	84,6- 83,4-84,8-81,4-82,3		1,15
%35 PES -%65 Cotton kumaşlar	2360	2000	8	5	4	83,8-81,9-84,5-82,1-81,8		

Tablo 7'de üretim sonunda ortaya çıkan 1. ve 2. kalite ürün değerleri verilmiştir. Buna göre üretim sonunda %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlarda çıkan 2.kalite ürün oranı %4,9 olarak gerçekleşirken, %35 PES -%65 Cotton kumaşlarda çıkan 2.kalite ürün oranı %2,75'dir. Aradaki fark %2,15 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 7. Gerçekleşen Sipariş Bilgileri

Kumaş Türü	Toplam Kumaş (m)	Planlanan Kesim Adedi	Pastalda Yapılan Ek Yeri Sayısı	Birinci Kalite (adet)	İkinci Kalite (adet)	Sipariş İkinci Kalite Oranı (%)
%35 PES -%65 r-Cotton kumaşlar	2372	2000	43	1902	98	4,9
%35 PES -%65 Cotton kumaşlar	2360	2000	29	1945	55	2,75

Üretim sonunda kesim/ ölçü hatası, boya-baskı hatası, dikiş hatası, iplik- dokuma hatası ve diğer hatalar olmak üzere giderilemeyen ve 2. kaliteye ayrılan ürünlerin dağılımı Tablo 8'de verilmiştir. Tablo 8'e göre %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlarda dokuma/yüzey hatalı ürün oranı, tüm hatalar içinde %78,57' lik bir paya sahipken, %35 PES -%65 Cotton kumaşlarda dokuma/yüzey hatalı ürün oranının tüm hatalara oranı %69,09'dur.

Tablo 8. Siparişteki Hatalı Ürün Dağılımı

Kumaş Türü	Kesim / Ölçü Hatası (adet)	Boya / Baskı Hatası (adet)	Dikiş Katası (adet)	Dokuma /Yüzey Hatası (adet)	Diğer	İkinci Kalite (adet)	Dokuma Kaynaklı 2. Kalite Oranı (%)
%35 PES -%65 r-Cotton kumaşlar	13	4	1	77	3	98	78,57
%35 PES -%65 Cotton kumaşlar	11	3	2	38	1	55	69,09

4. Sonuç Ve Değerlendirme

Bu çalışma geri dönüşüm ipliklerden elde edilmiş kumaşlar ve aynı özelliklere sahip orijinal kumaşların dokuma ve konfeksiyon işlemlerinde karşılaşılan hataların tanımlanması ve belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Dokuma üretimi sonunda %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlarda 2372 m²'lik kumaş üretimi sonunda 293 hata %35 PES -%65 Cotton kumaşlarda ise 202 hata kaydedilmiştir. Üretim sonunda %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlarda ve %35 PES -%65 Cotton kumaşlarda hata önceliklerinin değiştiği görülmektedir. Pareto analizi tekniği ile birçok hata tipi önem sırasına göre sıralanmıştır. Bu sayede geri dönüşüm ipliklerle üretilmiş kumaşlarda en önemli kumaş hataları tespit edilmiştir. Geri dönüşüm kumaşlarda karşılaşılan spesifik hata türlerinin yarım ende kopuk atkı hatası, ince-kalın atkı hatası ve renkli elyaf hatası olduğu gözlenmiştir. Dokuma kumaş kalite kontrolü sırasında tespit edilen kumaş hatalarının tamamının oluşmasını önlemek mümkün olmamaktadır. Ancak prosesi kontrol altına almak ve hedeflenen ürün kalitesine ulaşmak için üretimin ilk aşaması olan geri dönüşüm iplik üretiminde ilgili düzenlemeler ve geliştirmeler dikkatlice planlanmalıdır. Bitmiş üründe istenmeyen bir durum olan kumaş hatalarının hepsini birden oluşmadan önlemek olanaksızdır. Ancak hatalı üretimin azalması sayesinde istenilen ürün kalitesine ulaşılmasının yanı sıra işletme maliyetleri de önemli ölçüde azalacaktır.

Konfeksiyon üretimi sonunda %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlardan üretilen gömleklere dokuma/yüzey hatalı ürün oranı, tüm hatalar içinde %78,57' lik bir paya sahipken, %35 PES -%65 Cotton kumaşlarda bu oran %69,09'dur. %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlardan üretilen gömleklere dokuma/yüzey hatalı ürün oranı %9,48'dir. Üretim sonunda %35 PES -%65 r-Cotton kumaşlarda çıkan 2.kalite ürün oranı %4,9 olarak gerçekleşirken, %35 PES -%65 Cotton kumaşlarda çıkan 2.kalite ürün oranı %2,75'dir. Aradaki fark %2,15 olarak gerçekleşmiştir. Aynı konstrüksiyonda, aynı şartlarda ve aynı işletmede üretilen iki farklı kumaş çeşidi karşılaştırıldığında, bu farkın geri dönüşüm ipliklerinden kaynaklandığı rahatça söylenebilir. Ancak geri dönüşüm ipliklerin sağladığı olumlu çevresel katkılar ve ekonomik avantajlar dikkate alındığında bu fark göz ardı edilmelidir.

5. Kaynaklar

1. Ala D.M. , İkiz Y., "Bornozluk Kadife Kumaşların Hata Kontrolü ve Hata Puan Sistemlerine Göre Sınıflandırılması", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, cilt.21, ss.288-295, 2015.
2. Ala D.M. , İkiz Y., "Dokuma Üretimi Süresince Oluşan Kumaş Hatalarının Belirlenmesine Yönelik İstatistiksel Bir Araştırma", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, cilt.21, ss.282-287, 2015.
3. Kısaoğlu Ö. "Kumaş Kalite Kontrol Sistemleri". Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(2), 233-241, 2006.
4. Patır S. "İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri ve Kontrol Grafiklerinin Malatya'daki Bir Tekstil (İplik Dokuma) İşletmesinde Bobin Sarım Kontrolüne Uygulanması". Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 12(18), 231-249, 2009.
5. Dülgeroğlu Kısaoğlu Ö." Orta Büyüklükte Bir Dokuma İşletmesinde İstatistiksel Proses Kontrol Sistemi: II. Duruşların Kontrolü". Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(3), 303-313, 2010.
6. Dülgeroğlu Kısaoğlu Ö." Orta Büyüklükte Bir Dokuma İşletmesinde İstatistiksel Proses Kontrol Sistemi: I. Kumaş Hatalarının Kontrolü". Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(3), 291-301, 2010.
7. Türk Standartları Enstitüsü. "Dokunmuş Kumaşlar Hata Tarifleri Terimler". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, TS 471 ISO 8498, 2005.

DOĞAL VE SENTETİK LİFLERDEN ÜRETİLMİŞ TEKSTİL ÜRÜNLERİNİN GERİ DÖNÜŞÜM PROSESLERİ

Mihriban Kalkancı

Pamukkale Üniversitesi, Denizli Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Denizli, Türkiye.

mkalkanci@pau.edu.tr

Özet

Sürdürülebilir bir yaşam için tekstil ve hazır giyim sektöründe tasarım, üretim, geri dönüşüm ve atık değerlendirme süreçlerinde yeni stratejiler ön plana çıkmıştır. Bu çalışmada; pamuk, yün gibi doğal lifler ve poliester, poliamid gibi sentetik liflerden üretilmiş kumaş ya da tekstil yarı mamullerinin geri dönüşüm aşamaları incelenmiştir. Sonuç olarak doğal ve sentetik liflerin geri dönüşüm olanakları birbirinden farklıdır. Karışım ipliklerde/kumaşlarda geri dönüşüm işlemleri geri dönüşüm iplik üreticilerini zorlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Doğal Lif, Sentetik Lif, Geri Dönüşüm.*

1. Giriş

Tekstil telef ve atıkları sistemli bir şekilde toplanıp değerlendirilmeye alındığı takdirde tekstil geri kazanım sanayisi uygulanabilir ve varlığını sürdürülebilir bir endüstridir [1]. Eskiyip çöpe atılan tekstil ürünlerinin, yakılarak, çürümeye bırakılarak, depolanarak veya başka bir şekilde yok edilirken çevreye ve insanlara zarar vermemesi gerekir. Bu alanda en önemli çözüm recycling'dir [2]. Yani eskiyen tekstil ürünlerinin liflerinin tekrar kullanılmasıdır [3]. Üretim sırasında kullanılan hammadde, makine parkı, enerji çeşitleri ve maliyetleri, süreçlerde ortaya çıkan çevresel etkileşimler ve ürünlerin geri dönüşüm potansiyelleri aynı olmadığından tekstil ürünlerinde geri dönüşüm konusunun tek bir başlık altında değerlendirilmesi oldukça zordur [4].

Tekstil atıklarından liflerin geri kazanılması ve ileride konvansiyonel tekstil işlemlerinde kullanılabilmesi için, atıkların liflerine açılması ve ayrılması gerekmektedir. İplik açma bileşenlerinin dahil edildiği kumaş parçalama makineleri, liflerin açılmasını sağlamaktadır. Parçalama işlemi sonrasında lif bileşenlerinin ayrılması, karışım haldeki atıklardan değerli liflerin kazanılmasındaki en önemli adımdır [5] İpliğin son kullanım amacına bağlı olarak lifler birleşik halde kalabilir. Ardından tarıklama işlemi ile lifler temizlenip karıştırılarak, sonraki dokuma veya örme işlemleri için eğilmeye hazır hale getirilir [6].

Tekstil sektöründeki büyük üretim miktarlarının sonucu olarak Türkiye'de her yıl yaklaşık olarak bir milyon ton civarında tekstil atığının ortaya çıktığı görülmektedir. Bu geri kazanım tamamıyla gerçekleştirilebilirse; elde edilecek geri dönüştürülen pamuk miktarı ülke kütlü pamuk üretiminin %17'sini karşılayacaktır [7].

Geri dönüşüm büyük oranda iplikçilikte gerçekleşmekte olup özellikle ring iplikçilik sistemine göre daha kısa liflerin kullanıldığı open-end rotor iplikçilik sisteminde geri dönüştürülmüş lifler büyük bir oranda kullanılmaktadır [8]. Ancak tekstil üretim sürecinin son safhası olan konfeksiyon aşamasında ortaya çıkan atıklar, kumaş top başı ve sonu kumaş parçaları (toplam kumaşın yaklaşık %15'i), postal kesiminde oluşan kırpıntılar ve hatalı kumaş parçalarıdır [9]. Bir ring işletmesinde karde iplik üretimi aşamasında ortaya çıkan telef miktarı yaklaşık %5,5-10,5, penye iplik üretiminde yaklaşık %12, kumaş üretimi ve konfeksiyon aşamalarında ise bu oran %23'lere kadar çıkmaktadır [10]. Konfeksiyon ve iplik üretimi sırasındaki atıklar değerlendirildiğinde ciddi bir hammadde kazanımı elde edilebilmektedir.

Tekstil atıklarının geri kazanımı yöntemleri genel olarak aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir[11].

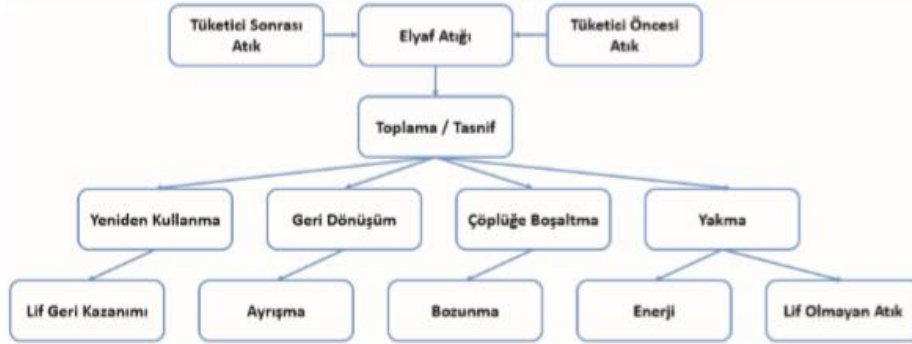
- A) Mekaniksel yöntemler
- B) Termo-mekaniksel yöntemler
- C) Kimyasal yöntemler
- D) Enerji elde etme
- E) Diğer yöntemler

Mekaniksel yöntemle atıklar, iplik, kumaş ve dokusuz yüzeylerin üretiminde kullanılacak lifli forma getirilirken, termo-mekaniksel yöntemde, yeniden eritilerek granül haline getirilmekte ve elde edilen granüller plastiklerin ve liflerin üretiminde kullanılmaktadır.

Kimyasal yöntemde ise, özellikle sentetik esaslı atıklar, genellikle kimyasal depolimerizasyon yöntemleri ile hammaddeye veya ara ürüne kadar geri dönüştürülmekte ve elde edilen ürünler, tekstil bitim maddeleri, lifler, doymamış reçineler gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Geri dönüşüm teknolojileri 4 gruba ayrılabilir: Birincil geri dönüşüm bir ürünün orijinal haline geri dönüştürülmesidir; ikincil geri dönüşüm, atığın, orijinal halinden farklı bir uygulama alanına sahip olabilen ve daha düşük fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerde yeni bir ürüne dönüştürülmesidir; üçüncül geri dönüşüm, atığın piroliz, gazlaştırma ve hidroliz yoluyla basit

kimyasallara veya yakıtlara dönüştürülmesidir; dördüncül geri dönüşüm ise katı atıkların yakılması ile oluşan ısıdan yararlanılmasıdır [12]. Bu dört yaklaşımın yer aldığı bir süreç şeması Şekil 1’de verilmektedir [13].



Şekil 1. Tekstil atıklarının geri dönüşüm olanakları [13].

Tekstil atıkları, hem üretim aşamaları sırasında hem de tüketim aşamasında oluşmaktadır. Üretim birimleri bu katı atıkların bir kısmını geri dönüşüm için hurdacılara satmakta, bir kısmını da çöpe atmakta veya yakmaktadırlar. Şekil 2’de tekstil üretim atıklarından başlayan ve son ürüne kadar olan ara aşamalar örnekler ile verilmiştir.



Tekstil üretim atıkları



b. Atıkların açılması



c. Ara ürün örnekleri



d. Bitmiş ürün örnekleri

Şekil 1. Tekstil atıklarından ürün elde edilmesi ve bitmiş ürün örnekleri [11].

2. Doğal Liflerden Üretilmiş Tekstil Ürünlerinin Geri Dönüşüm Prosesleri

Tüketici öncesi ve sonrası doğal lifli atıklar, yeniden ipliklere ve ardından kumaş haline dönüştürülebilmektedir. Tekstil atıklarından liflerin geri kazanılması ve ileride konvansiyonel tekstil işlemlerinde kullanılabilmesi için, atıkların liflerine açılması ve ayrılması gerekmektedir. İplik açma bileşenlerinin dahil edildiği kumaş parçalama makineleri, liflerin açılmasını sağlamaktadır. Parçalama işlemi sonrasında lif bileşenlerinin ayrılması, karışım haldeki atıklardan değerli liflerin kazanılmasındaki en önemli adımdır [13].

2.1. Pamuk

Pamuk ipliği üretimi sırasında iplik hazırlama ve eğirme kısmında; brizör telefi, şapka telefi, cer pnömofil telefi, cer şerit telefi, fitil pnömofil telefi, fitil telefi, ring pnömofil telefi gibi atıklar ortaya çıkar. İplik aktarma işleminde ortaya çıkan teleflerin tamamı üstübü

telefidir. Bu atıkların dışında iplik üretim sürecinde oluşan diğer atık çeşidi klima tozudur. İşletme içindeki emiş ünitelerinin filtrelerinde biriken tozlar klima tozu telefi olarak toplanmaktadır [9]. Pamuk iplik hazırlık kısmında oluşan teleflerin bir kısmı geri kazanılabilmekte ve elde edilen lifler, rotor iplik makinelerinde, vatka, döşemelik ve dokusuz yüzey imalatında kullanılabilir. Pamuk iplik fabrika atıkları; işlenerek tekrar iplik ve elyaf haline, atık kumaşlar ise yeniden pamuk haline getirilebilmektedir. Kağıt yapımı, dolgu malzemesi, yalıtım malzemesi, yeni ip üretiminde de tekstil atıkları kullanılabilir [14].

Pamuktan elde edilen çekirdek atığı yağ üretiminde ve küspe olarak özellikle tavuk yemi olarak, çekirdek üzerinde kalan kısa lif- linterler de rejenere lif üretiminde hammadde olarak ya da kâğıt para yapımında kullanılmaktadır. Çırcırdan atık olarak gelen fire temizleme işleminden geçirilerek her 5 kg'ından yaklaşık 1 kg pamuk elyafı elde edilebilecek şekilde ayıklanmaktadır. Atık içinde bulunan kabuk ve yaprak kırıntıları ile çekirdek kabukları yem yapımında kullanılarak hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir [9, 15].

2.2. Yün

Yün liflerin elde edilmesinde hayvanın postu üzerindeki yünler tefrikçi tarafından sınıflandırılarak lif oluşuna uygun olmayan kalitedeki lifler ayrılarak atık oluştur ayrıca iplik üretimi sırasında, pamuk ipliği üretiminde olduğu gibi üretim basamaklarının her birinde atık oluşmaktadır. Yün liflerinin elde edilmesi sırasında oluşan atıklar keçe yapımında değerlendirilir. Ayrıca iplik üretimi sırasında da telef oluşur. Oluşan telefler daha sonra iplik yapımında ya da keçe üretiminde kullanılarak geri kazandırılmaktadır. Yünün yağından kozmetik sanayinde yararlanılır [15].

2.3. İpek

İpek özellikle yüksek kaliteli tekstil mamulleri için kullanılan çok değerli bir hayvansal lifdir. İpek üretiminde kozanın işlenmesi sırasında filament iplik olarak çekilemeyen atıklar ortaya çıkmakta ve deşe ipek olarak adlandırılan bu atıklar önemli miktarlara ulaşmaktadır. Deşe ipeklerin sınıflandırılması; Koza atıkları (koza pamuğu, hatalı kozalar, çifte koza, çipez koza, delik koza, şekilsiz koza, ezik kozalar), çekim atıkları (Kamçıbaşı, kaynamış, tava dibi), iplik atıkları (bunlar ipek iplik yapımıyla ilgili çeşitli aşamalarda temizlik ve düğüm atıklarından oluşur) [16]. İpek üretiminde oluşan deşe ipeğinin önemli bir kısmından dikiş ipliği yapımında, geri kalanından da kumaş üretiminde ve halıcılıkta yararlanılır.

3. Sentetik Liflerden Üretilmiş Tekstil Ürünlerinin Geri Dönüşüm Prosesleri

3.1. Polyester

Polyester atık kumaş ve polipropilen çuval atıklarının kompozit yapılarda değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır [17]. Cam, polipropilen ve akrilik lifleri ve tekstillerin hepsi betonun, sıvaların ve diğer inşaat malzemelerinin çatlamasını önlemede kullanılmaktadır. Betonların kuvvetlendirilmesi, kopma ve eğilme mukavemetlerinin artırılması amacıyla lif kullanmak artık tüm inşaat sektöründe yaygın olarak başvurulan bir yöntemdir [18]. Sentetik lif üretim atıkları, üretimin herhangi bir aşamasında istenmeden ortaya çıkan ve bir işlem görmeden yeniden kullanılmayan maddelerdir. Sentetik lif üretimi sırasında oluşan atık miktarı yaklaşık olarak %3-7 civarındadır. Sentetik lif üretimi sırasında ortaya çıkan atıkların nedenleri; üretim parametrelerinin değişmesi, makine ve işçi hatası, hammadde hataları, teknolojik yetersizlikler ve enerji dalgalanmaları gibi sebeplerden biridir [19]. Şekil 2'de polyester atıklarından elde edilmiş ürün örnekleri görülmektedir.

Geri dönüşüm ile sentetik lifli tekstil atıklarından iplik elde edilmesi, mekanik veya kimyasal geri dönüşüm yöntemleri ile mümkün olabilmektedir. Bu teknolojiler, plastik şişelerin lif haline geri dönüştürülmesinde kullanılan metotlara dayanmaktadır [13, 20]. Poliester esaslı malzemelerde, geri dönüşüm giysinin küçük parçalara kesilmesiyle başlar. Parça kumaşlar granüle edilerek poliester çipsleri haline getirilir. Bu çipsler eritilerek yeni filament lifler çekilir ve yeni poliester kumaşlar üretilir [13, 21].

Kullanılmış giysi atıklarından iyi durumdakiler ikinci el giysi olarak, daha kötü durumdakiler 3. Dünya ülkelerine yardım olarak, iyi durumda olmayanlar ise mekanik yöntemlerle geri kazanım ile değerlendirilmektedir[15,22].

Kullanım dışı kalan ürünler değişik yöntemlerle geri kazanım merkezlerine ulaştırılması durumunda, geri kazanım sürecinin içerisine dâhil edilmektedir. Geri kazanım merkezlerine getirilen tekstil atıkları mevcut sağlamlık, renk ve malzeme bileşenlerine göre ayrıştırılmaktadırlar. Daha sonra iyi durumda olanlar belli temizlik işleminden sonra ihtiyacı olanların kullanımına sunulabilmektedir. Ayrıştırılma işleminden sonra ürünlerin bir bölümü ısınma amaçlı olarak yakılmakta, geri kalan atıklar ise elyaf olarak açılmak üzere ilgili sürece yönlendirilmektedirler[4,15].



a) PET şişeler ve polyester (PET) iplik üretim atıkları



b) Atıklardan elde edilen granüller ve granüllerin eritilmesiyle üretilen polyester iplikler

Şekil 2. Polyester atıklarından elde edilmiş ürün örnekleri [11].

4. Sonuç Ve Değerlendirme

Fiyat ve çevreye sağladığı olumlu etkilerden dolayı geri dönüşüm ham maddeden iplik üretiminin önemi günümüzde giderek artmaktadır. Ancak geri dönüşüm iplikçiliğine kalite standardizasyonun getirilmelidir. Daha kaliteli ve yüksek verimde geri dönüşüm ipliğinin nasıl üretilebileceği konusunda araştırmalara daha fazla yer verilmelidir.

Günümüzde sosyal sorumluluk projeleri çerçevesinde H&M, Levi Strauss & Company, Adidas, Nike, Timberland gibi birçok üretici firma ürünlerinde geri dönüştürülmüş malzemeler kullanmaktadır. Dünya çapında polyester, naylon ve pamuk gibi hammaddelerden geri dönüşüm iplik ve kumaş üreten farklı firmalar (Repreve®-Unifi, Produced by Unifi, Repreve®, Ecocircle® - Tenjin, Econyl®-Aquafil) yeni ürünler geliştirmekte, geri dönüşüm iplik ve kumaşların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Ülkemizde de Türkiye'nin önemli tekstil merkezlerinden Uşak'ta, tekstil atıklarından toprak, traktör, su, boya ve hiçbir kimyasal madde kullanmadan hazır renkli pamuk ve iplik elde edilmektedir. İkinci kalite iplikler, orijinalinin üçte biri fiyatına satılmaktadır. Türkiye'nin ve dünyanın çeşitli yerlerinden toplandıktan sonra Uşak'a getirilen konfeksiyon atıkları, kentteki firmalarda önce renk renk ayrıldıktan sonra kesim işlemi uygulanmaktadır. Daha sonra şifanoz makinasıyla pamuk haline getirilen atıkların bir kısmıyla keçe yapılarak otomobil sanayi, yatak yapımı gibi birçok noktada kullanılırken, iplik haline getirilenlerden ise ev tekstil ürünleri, perde, kıyafet, koltuk kılıfı üretilmektedir. Bir yandan geri dönüşümle bu atıklar tekrar ekonomiye kazandırılırken, diğer yandan toprak, traktör, su, boya ve hiç bir kimyasal madde kullanmadan hazır renkli pamuk elde edilmektedir [33].

Tekstil kullanım atıklarının büyük kısmı geri kazanılabilen atıklardır. Tekstil atıklarının geri kazanılmasına yönelik etkin önlemler uygulayan kuruluşlar desteklenmeli, tekstil sanayi kuruluşlarının işbirliği içinde geri kazanım ve atık bertaraf tesisleri inşa etmeleri sağlanmalı, bunun için cezai yaptırım uygulama veya vergi indirimi gibi özendirici düzenlemeler yapma yoluna gidilmelidir.

Tekstil üretim sürecinde oluşan atıkların geri kazanılmasından ziyade atık miktarının azaltılması için verimliliği artırıcı çalışmalar yapılmalıdır. Tekstil sanayinde atık üretiminin azaltılmasına yönelik proses ve teknolojilerin uygulanması, çevre dostu ileri teknolojilerden yararlanılması, teknolojik alt yapının yenilenmesi ile maliyetlerin azaltılması, kalitenin ve verimliliğin artırılması sağlanabileceği gibi atık miktarını da azaltacağı unutulmamalıdır.

Farklı lif karışımlarında ve karışım oranlarında geri dönüşüm liflerinden üretilen ipliklerden yapılan kumaşların çeşitli mekanik ve fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi ve bu konuda iyileştirmelerin yapılması gelecek çalışmalara konu olarak önerilmektedir.

5. Kaynaklar

1. Hawley, J.M., 2008, "Economic Impact of Textile Recycling", <http://krex.kstate.edu/dspace/bitstream/2097/1228/1/EconImpactHawley2008.pdf> (Accessed June 15, 2018.)
2. Chen, H., Burns, L.D., "Environmental Analysis of Textile Products", Clothing and Textile Research Journal, 24, 3, 248-26, 2006.
3. Bayraktar, T., "Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Ekoloji ve Ekolojik Etiketler", İTKİB AR&GE ve Mevzuat Şubesi, 2005.
4. Güngör, A., Palamutçu, S., İkiz, Y., "Pamuklu Tekstiller ve Çevre: Bir Bornozun Yaşam Döngü Değerlendirmesi", Tekstil ve Konfeksiyon, 3, 197-205, 2009.

5. Lu, J.J., Hamouda, H., (2014), Current Status of Fiber Waste Recycling and its Future, *Advanced Materials Research*, 878, 122-131. 28
6. Eryuruk, S.H., (2012), Greening of the Textile and Clothing Industry, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20, 6A(95), 22-27.
7. Altun, Ş., “Tekstil Üretim ve Kullanım Atıklarının, Geri Kazanımı, Çevresel ve Ekonomik Etkileri”, Uşak Ticaret ve Sanayi Odası Raporu, 26 syf, 2016.
8. A.A. Merati, M. Okamura, Producing medium count yarns from recycled fibers with friction spinning. *Text. Res. J.* 74(7) (2004) 640-645.
9. Güngör, A., Palamutçu, S., İkiz, Y., “Pamuklu Tekstiller ve Çevre: Bir Bornozun Yaşam Döngü Değerlendirmesi”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 197-205, 2009.
10. Ş. Altun, Türkiye’deki Tekstil ve Hazır Giyim Atıklarının ve Geri Kazanım İmkanlarının Genel Profilinin Çıkarılması, Proje No: 109Y008, (2010).
11. Ş. Altun Tekstil Geri Kazanım Sektörü Raporu, Uşak TSO, 2014.
12. Wang, Y., Wu, H.C., Li, V.C., (2000), Concrete Reinforcement with Recycled Fibers, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 12, 4, 314-319.
13. Eser, B., Çelik, P., Çay,A., Akgümüş, D., (2016): Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları, *Tekstil ve Mühendis*, 23: 101, 43-60.
14. Lüy, E., Varınca, K. B., Kemirtlek, A., (2007), Katı Atık Geri Kazanım Çalışmaları: İstanbul Örneği, TÜRKAY 2007 - AB Sürecinde Türkiye’de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 28-31 Mayıs, İstanbul.
15. Yavaşcaoğlu, A., (2012), Tekstil Katı Atıkları, Katı Atık Oluşumunun Azaltılması ve Geri Kazanımı, *Mesleki Bilimler Dergisi*, 1(2): 137 – 148.
16. Altun, Ş., Ulçay, Y., (1999), Klasik Tekstil Üretimi Sırasında Ortaya Çıkan Atıklar, Nedenleri Ve Geri Kazanım Yöntemlerine Genel Bir Bakış ,*Tekstil Maraton Dergisi*, Syf: 48-64 .
17. Aral, N., Berkalp, Ö., B., Bakkal, M., Sandıkoğlu, T., G.,(2009), Atık Kumaş Takvyeli Polmer Matrisli Kompozitlerin Darbe Ve Çekme Davranışlarının İncelenmesi, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, Sayı:2, Syf:139-14.
18. Kozak, M., (2010), Tekstil Atıkların Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Alanlarının Arastırılması, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 6, No: 1, Syf: 62-70 .
19. Altun, Ş., (1999), Poliester Lif Üretim Atıklarından Granül Eldesi için Ekstruder Dizaynı ve Elde Edilen Granül Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Bursa.
20. Hagoort, S., (2013), Evaluating the Impact of Closed Loop Supply Chains on Nike’s Environmental Performance and Costs, MSc Thesis, Operations Management and Logistics, Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
21. Eryuruk, S.H., (2012), Greening of the Textile and Clothing Industry, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20, 6A(95), 22-27.
22. Altun, Ş., (2011), Tekstil Üretim Süreçlerinde Çevresel Etkiler ve Atık Geri Kazanımı, Lisansüstü Ders Notları, Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa.
23. <http://www.milliyet.com.tr/turkiye-nin-tekstil-atigi-usak-ta-iplige-usak-yerelhaber-2339877/> 16 Ekim 2017.

HAVACILIK SEKTÖRÜNDE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ İÇİN PATENT VERİ TABANI ANALİZİ – ROBOTİK, ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK, NESNELERİN İNTERNETİ

Muhammet Sürmeli*, Ercan Onur Sever, Beste Sezen, Simge Ünlüsoy, Hakan Öztürkmen

TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü Patent Mühendisliği, Ankara, Türkiye

muhammet.surmeli@tai.com.tr, ercanonur.sever@tai.com.tr, beste.sezen@tai.com.tr, simge.unlusoy@tai.com.tr,
hakan.ozturkmen@tai.com.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Endüstri 4.0, üretim süreçleri ile ürün ve servis taleplerinin dijitalleşmesini, müşteri ve altyükleniciler ile değer zincirinin entegrasyonunu kapsayan bir kavramdır. Bu çalışmada Endüstri 4.0 ile birlikte havacılık sektöründe üretim süreçlerinde kullanılan yenilikçi teknolojilerin tespit edilmesi ve bu kapsamdaki uygulamaların incelenmesi amaçlanmıştır. Özellikle Endüstri 4.0'da öne çıkan artırılmış gerçeklik, nesnelerin interneti ve robotik teknolojilerinin kullanımının araştırılmasına odaklanılmıştır. Çalışmada havacılık sektöründe lider olan firmaların son 3 yılda üretim ile ilgili patent başvuruları araştırılarak detaylı inceleme yapılmıştır. İncelenen patent başvuruları, robotik, artırılmış gerçeklik ve nesnelerin interneti kategorileri altında sınıflandırılmıştır. Ek olarak, tekniğin bilinen durumuna getirdiği yenilik ile dikkat çeken patent başvuruları belirlenmiş ve başvurunun konusu, tekniğin bilinen durumu ve getirdiği yenilik incelenerek üretim teknolojilerine ilişkin teknolojik yönelim belirlenmiştir.

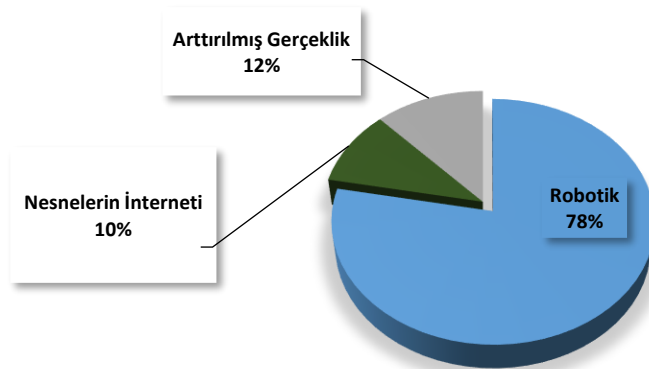
Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Arttırılmış Gerçeklik, Nesnelerin İnterneti, Robotik Havacılık, Üretim, Patent Analizi

1. Giriş

İçinde bulunduğumuz dönemde öne çıkan teknolojiler, ürün ömür döngüsü boyunca tüm değer zincirinin düzenlenmesi ve kontrolünü sağlayan, değer zincirindeki tüm nesnelerin entegrasyonunu, entegrasyon sürecine dahil yardımcı elemanların kontrolünü, kişi, nesne ve sistemlerin birbirine siber fiziksel ortamda bağlanmasını, bilgiye gerçek zamanlı ulaşılabilmesini ve elde edilen veriler kullanılarak en uygun değer akışının belirlenebilmesine imkân veren “Endüstri 4.0” kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Endüstri 4.0 kapsamında eklemeli imalat teknolojileri, robotik ve otomasyon, görüntü işleme, makine öğrenmesi, nesnelerin interneti ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerin üretim sahalarında yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır. Bu sayede üretim zamanının kısaltılması, oluşması muhtemel üretim hatalarının önlenmesi, üretim veriminin artması ve son üründe talep edilen hassasiyet değerlerine ulaşılması sağlanabilir. Teknolojinin geldiği en ileri noktayı (state of the art) belirleyebilmek ve ilgili alanda teknolojik eğilimleri tespit edebilmek için patent Veritabanı analizi tüm dünyada yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Üretim süreçlerinde kullanılmakta olan teknolojilerin gelişim evrelerinin tespiti için de bu kapsamdaki patent başvurularının incelenmesi bu çalışmada tercih edilmiştir. Bu bildiri kapsamında, havacılık ve uzay sanayinde lider konumda olan Boeing, Airbus ve Lockheed Martin firmalarının son 3 yıldaki üretim ve imalat konuları ile ilgili patent başvuruları incelenmiştir. İncelenen patentler robotik, artırılmış gerçeklik ve nesnelerin interneti teknoloji alanları bazında gruplandırılmıştır. Ek olarak, ilgili teknoloji alanlarında firmaların dikkat çeken patentleri detaylı olarak açıklanmıştır.

2. Endüstri 4.0 Uygulamaları

Yapılan çalışmada Endüstri 4.0 kapsamında toplam 50 patent incelenmiştir. Bu patentlerin robotik, nesnelerin interneti ve artırılmış gerçeklik teknoloji alanlarına göre dağılımı Şekil 1’de gösterilmektedir. Airbus, Boeing ve Lockheed Martin firmalarının 2016-2019 yılları kapsamında robotik alanına yönelik patent sayısının artırılmış gerçeklik ve nesnelerin interneti teknolojilerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 1: Robotik, Arttırılmış Gerçeklik, Nesnelerin İnterneti - Patent Sayıları

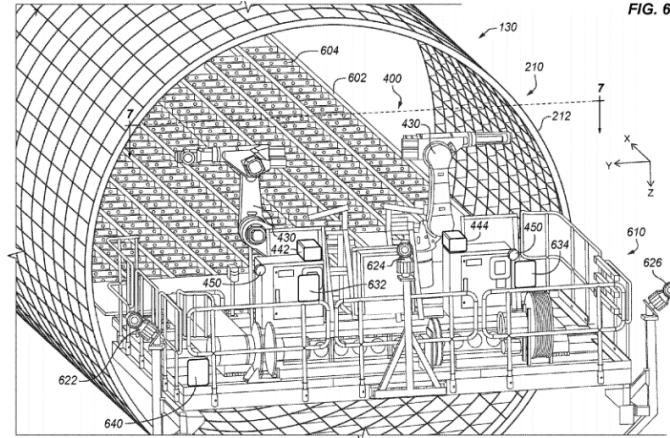
2.1. Robotik

Patent veri tabanı incelendiğinde robotik alanında son yıllarda yapılan çalışmaların odaklandığı konular, üretim faaliyetlerinde robotik, robot kolu ve otomasyon üzerine olduğu görülmektedir. Patent başvuruları incelenen firmaların, öncelikli olarak, üretim ve üretim sonrası işlemlerde robotların kullanım alanlarını arttıracak şekilde organize edilen bir sistemin geliştirilmesi üzerine çalışmaları olduğu görülmektedir. Fiber serme, eklemeli imalat metotları, perçinleme, delik delme gibi alanlarda otomasyonun yaygınlaştığı, ek olarak üretim sonrası yüzey işlemleri ve parça muayenesi gibi alanlarda da robot kullanımına yönelik patent başvurularının olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bu firmaların robotik kolların kontrol süreçlerinin iyileştirilmesi ve robotların hareket kabiliyetlerinin artırılmasına yönelik çalışmalara yoğunlaştığı da görülmektedir. Robotik alanında dikkat çeken patent başvuruları aşağıda verilmiştir.

- EP3287241 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşeli, Boeing firmasının, 2016 yılına ait patent başvurusunda uçak gövde montajında delme, perçinleme, sıkı geçme, civatalama ve muayene gibi işlemlerin robotlar tarafından gerçekleştirilmesi amaçlamaktadır.

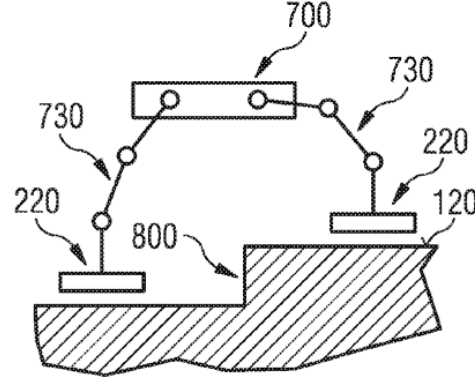
Robotların yerleştirildikleri gövdede nümerik kontrol üniteleri ile doğru, öngörülebilir ve tekrarlanabilir şekilde belirlenen yüzeylerde hareket etmesi veya işlem yapması sağlanır. Ancak, robotların gövde üzerindeki işlemleri, monte edilmeleri gereken mukavemetli ve destek verici yüzey bulunmadığı durumda zorluk yaratmaktadır. Bu sorunu gidermek üzere gövde zemininde, geçici bir yüzey oluşturulabilir. Ayrıca, bu geçici yüzeyler gerektiğinde kayabilir şekilde de tasarlanabilir. Ancak, yüzeyleri taşıyan sistemlerin montaj yapılan gövdeye göre farklı oranlarda hareket etmesi o bölgedeki montaj hata oranını arttırmaya sebebiyet vermektedir.

İlgili patentte, yapısal olarak birleştirilmiş hareketli kontrol edilebilir robot sistemi ile altında yer alan geçici hareketli yüzeyin istenilen konumda belirlenen oranlarda hareket etmesini sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Düzenek hareket halindeyken hedeflenen bir konumdan sapma oluşması durumunda, sistem kapalı döngü veya açık döngü kontrol mekanizmaları kullanarak, düzenek yeniden yönlendirip konumlandırmaktadır. Robotların işlem sırasında gövde üzerindeki konum sensörleri ile işlem yüzeylerindeki oluşacak konum farklılıkları belirlenerek yön kalibrasyonu gerçekleştirilmektedir [1].



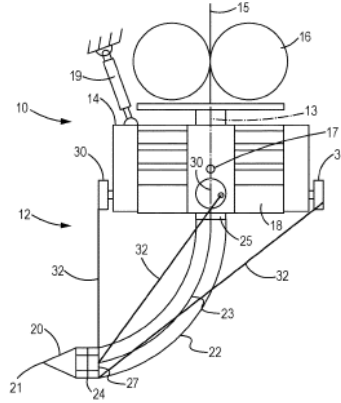
Şekil 2: EP3287241 Patentinde Geçen Uçak Gövde İskeleti [1]

- US20170244341 numaralı, Almanya menşeli, Airbus firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusu kompozit fiber yapıların üretim sonrası işlemlerinde kullanılan robotların manyetik alan yardımıyla kontrol edilmesini kapsar. Kompozit yapıların üretiminde kullanılan prosesler otomasyon iyileştirmelerini amaçlamaktadır. Bununla beraber, kompozit yapıların üretim sırasında veya sonrasında yüzey üzerinde gerekli prosesleri gerçekleştirmek amacı ile robotik sistemler kullanılmaktadır. Ancak, kullanılan robotların hareket alanları limitlidir ve üretilen kompozit yüzey üzerinde hasara yol açabilmektedir. Örneğin, uçak gövdesinin iç kısımlarında bulunan dar alanlara erişimde zorluk yaşanmaktadır. Bu ve benzeri durumlar robotların otomasyon süreci içeren üretim proseslerinin verimini düşürmektedir. Bu sorunlara istinaden, ilgili patent dokümanında robotların işlem yüzeyleri üzerinde temassız hareket etmesini sağlayan manyetik yüzeyler kullanılmıştır. Manyetik yüzeyleri oluşturmak için sonradan manyetikleştirilebilir ek yüzeyler de sistemde kullanılabilir [2].



Şekil 3: US20170244341 Patentinde Geçen Robotik Kol Ünitesi [2]

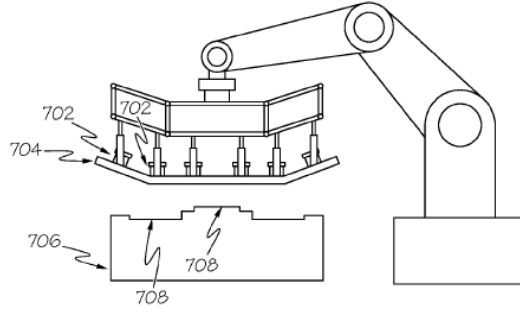
- US20190091929 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşei, Boeing firmasının 2017 yılına ait patent başvurusunun parça imalatında kullanılan 2 boyutlu ve 3 boyutlu eksenle hareket edebilen robotik kolların yerine bağlı olduğu gövde eksenleri üzerinde yeniden ayarlanabilen ve 180 derece dönebilen robotik kol kullanımı üstüne olduğu görülmektedir. Tekniğin bilinen durumunda kullanılan robotik kol ile imalat planının bir katmanı bitene kadar 2 veya 3 boyutlu belirlenen koordinatlar üzerinde hareket sağlanabilmektedir. Bahsedilen sorunun çözümü için imalat için kullanılması amaçlanan kol üzerinde bulunan, parçalara ayrılmış şekilde ve kavslenebilecek şekilde konumlandırılan hareketlendiriciler yardımı ile kol yeniden ayarlanır ve istenilen açıların oluşturulması ile düşey eksenle 180 derece, yatay eksenle 360 derece hareket edebilir duruma getirilmektedir [3].



Şekil 4: US20190091929 Patentinde Geçen Kavslenebilir Robotik Ekstrüzyon Kolu [3]

- US20190039264 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşei, Boeing firmasının 2017 yılına ait patent başvurusu, kalıba serilen fiber katmanların robotik kolda bulunan robotik uç dengeleyiciler ile hassas serimi ve şekil verilmesi konusunu kapsamaktadır.

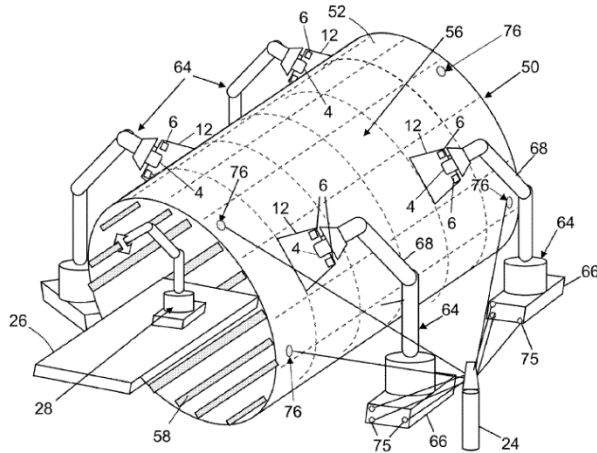
Tekniğin bilinen durumunda 3 boyutlu serim yapılan kalıbının üzerine yapılan işlemden, fiberlerin katmanlarının pozisyonunu ve serim açılarının hassasiyetini serim yapılan kalıba uygun şekilde ayarlamak üretim sırasında değişkenlik gösteren farklı parametrelerden dolayı (örneğin, sıcaklık ve basınç) zorlaşır. Bahsedilen sorunun çözümü için robotik kollarla kontrolü sağlanan uç dengeleyiciler ile bir veya daha fazla fiber katmanları tutularak alçalan ve yükselen bölgeleri olan kalıba hassas serim yapılabilmektedir [4].



Şekil 5: US20190039264 Patentinde Geçen Serim İşlemi İçin Kullanılan Robotik Kollu Dengeleyiciler [4]

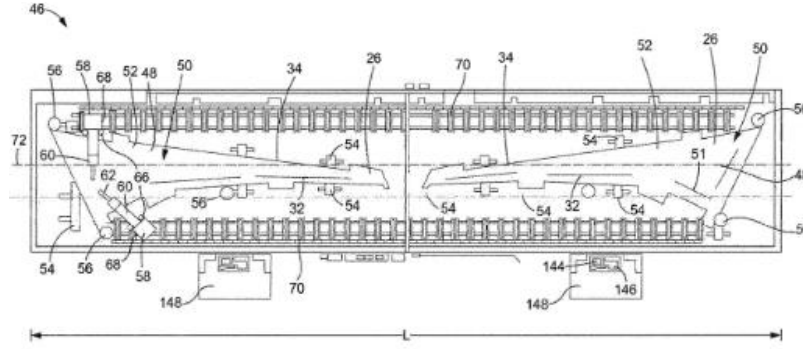
- US20180164775 numaralı, Amerika menşei, BOEING firmasına 2018 yılına ait patent başvurusu, robotik cihazlarla parça delik delimi esnasında robotun işlem gerçekleştirdiği istasyonların optimize edilmesini amaçlamaktadır. Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, robotik cihazlar ile delme işlemleri sırasında parçaların birden çok istasyonda işlenmesi sonucunda zaman ve enerji kaybı meydana gelmektedir. Bahsedilen sorunun çözümü için parça üzerine delinmesi gereken deliklerin konumları 3D-model üzerinden alınmaktadır. Alınan delik konumları, robotik cihaz tarafından tanımlanarak, maksimum sayıdaki delik delme işleminin minimum sayıda istasyonda gerçekleştirilmesi sağlayan ve bu işlemi optimize eden bir tasarım çözümü oluşturulmuştur [5].
- US20180104820 numaralı, Amerika menşei, BOEING firmasına 2018 yılına ait patent başvurusu robotların parça delik delme esnasında hizalanması konusunu içermektedir. Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, bir parça üzerinde robot kullanılarak gerçekleştirilen delme işlemlerinde farklılaşan ortam koşullarına göre, örneğin ısı artışı, işlem yüzeyi hizalama olumsuz etkilenmektedir. Bu durumda insan eliyle müdahale gerekmekte ve programın yeniden başlatılması söz konusu olabilmektedir. Ya da CMM cihazı ile koordinat kontrolü sağlanarak işlem gerçekleştirilmektedir. Ancak bu işlemler zaman ve enerji kaybına neden olmaktadır. Bahsedilen sorunun çözümüne yönelik olarak, bir iş parçasının yerini temas ederek bulabilmek için bir translasyon eklemi ve temas probu bulunan bir uç efektörü kullanılmaktadır. Bahsedilen uç efektörünün çok eksenli olduğu belirtilmektedir [6].
- US9519844 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşei Boeing firmasının, 2016 yılına ait patentinde kompozit yapılarda hasar karakterizasyonu için kızılötesi termografik yöntemlerin kullanılması hususu işlenmiştir. Dokümanda bahsedilen tekniğin durumuna göre, havacılık uygulamaları için kompozit laminat yapı imalatı, kırışıklığın büyüklüğüne bağlı olarak yapının performansını etkileyebilecek kat düzlemlerinin istenmeyen kırışmasına neden olabilir. Kırışıklıkları belirlemek için ultrasonik yöntemler geliştirilmiştir. Ancak bu yöntemle yapının arkasına erişilememekte ve verilerin toplanması çok fazla zaman almaktadır.

Bahsedilen soruna sunulan çözümde, kızılötesi kameraların yakaladığı kızılötesi görüntüleme verileri, kompozit yapılarda iç kırışıklıkları, özellikle kırışıklıkları tespit etmek için işlenebilmektedir. Kızılötesi görüntüleme verilerine dayanarak bu tür hataları bulmak ve ölçmek için bir bilgisayar sistemi programlanmaktadır. Sistem, kompozit yapının geniş yüzey alanlarındaki kırışıklıkları çok hızlı bir şekilde tespit etmek ve ayrıca tespit edilen kırışıkların boyutsal bir parametresini ölçmek için inceleme verilerini toplayabilmektedir. Ayrıca, sistem içinde birden fazla robot içeren bir kızılötesi termografik denetleme sistemi tarafından sistemin kontrolü sağlanmaktadır [7].



Şekil 6: US9519844 Patent Dokümanında Geçen Kızılötesi Termografik Muayene Sistemi [7]

- EP3345683 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşei Boeing firmasının, 2017 yılına ait patenti yüzey işleme sistemleri ve boyama yüzeyleri için otomatik yüzey işleme sistemleri kullanım alanına yöneliktir. Dokümanda bahsedilen tekniğin durumuna göre, yapısal yüzeylerinin işlenmesi ve kaplanması zaman kaybına yol açabilecek ve detaylı şekilde gerçekleştirilmesi gereken bir işlemdir. Yüzey işleme genellikle düz, içbükey, dışbükey ve diğer şekilli yüzeyler gibi çeşitli geometriler içeren yapısal bir yüzeyin kaplanmasını gerektirir. Bu işlemleri çeşitli şekillendirilmiş yüzeylere sahip geniş alanlarda gerçekleştirmek önemli miktarda zaman ve kaynak gerektirmektedir. Bahsedilen soruna sunulan çözüm şu şekildedir; sistem bir destek şasisi ve bir işlem malzemesini bir yüzey üzerine dağıtacak şekilde düzenlenmiş bir malzeme aplikatörü içermektedir. Yüzey işleme sistemi ayrıca destek şasisine işlevsel bir şekilde tutturulmuş olan ve yüzeyin işlenmesi sırasında aplikatör düzeneğini hareket ettirmek ve konumlandırmak üzere yapılandırılmış bir robotik kol içermektedir [8].



Şekil 7: EP3345683 Patent Dokümanına Ait Kanat Ve Robotik Kolları Kapsayan Sistemin Üstten Görünümü [8]

- US20170197350 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşei Boeing firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusu boşlukların "filler" ile doldurulması işleminin robot kolları ile gerçekleştirilmesini kapsamaktadır. Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, T, L, U ve benzeri şekilli kompozit yapısal parçaların üretimi sırasında, kıvrım noktalarında oluşan boşlukların "filler" ile doldurulması işlemi ekstrüzyon yöntemi kullanılarak yapılmaktadır. Bahsedilen duruma getirilen yenilik ile bu süreçte el ile yapılan işçiliği azaltmak amacıyla robotik kol kullanılmaktadır [9].
- US20170210011 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşei Boeing firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusu robotik sistemlerin hizalanma yöntemlerinin iyileştirilmesine yöneliktir. Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, kamera yerleştirilmiş bir robot ile kesme, delme, kaynak gibi işlemler gerçekleştirilebilir. Bu işlemler esnasında, kamera kullanılarak yapılan yarı otomatik hizalama işlemlerini gerçekleştirmek, çalışılan parçaya temasın ya da kamerada oluşabilecek bir hasarın önüne geçmek için yavaş gerçekleştirilir ve zaman kaybına yol açmaktadır. Bahsedilen soruna sunulan çözümü için robotun uç kısmına eklenen bir ışık kaynağı ile hizalama yapılarak işlem görece parçanın ve robot kolunun pozisyonu belirlenebilmektedir. Bu şekilde konumlandırma süreci hızlandırılmak istenmektedir [10].

2.2. Arttırılmış Gerçeklik ve Nesnelerin İnterneti (Augmented Reality & IoT)

Firma bazında yapılan patent veri tabanı analizi sonucunda, arttırılmış gerçeklik teknolojisinin karmaşık üretim süreçlerinde, üretim öncesi ve sonrası işlemlerde test ve iyileştirme amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Örnek olarak, zaman ve kaynak kazancına yönelik boya ve montaj işlemlerinde yapılacak uygulamanın uygunluk testi için kullanıldığı görülmüştür. Bir diğer örnek ise, net veriler elde etmek için tahribatsız muayene süreçlerinde ulaşılması güç alanlara erişimi kolaylaştırmak adına arttırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılmıştır. Ek olarak, nesnelerin interneti veri aktarımını kolaylaştırmak için verilerin sıkıştırılması ve üretim sürecinin kontrolü olarak çok parçalı ürünlerin üretim ortamında montajı yönetmek ve süreci iyileştirmek üzere kullanıldığı görülmektedir.

2.2.1. Arttırılmış Gerçeklik

- US10293601 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşei Boeing firmasının, 2017 yılına ait patenti içerisinde hava araçlarında sınırları belirlenmiş geniş yüzeylerin boyanması için otomatik kontrol planının geliştirilmesine yönelik yöntemler bulunmaktadır.

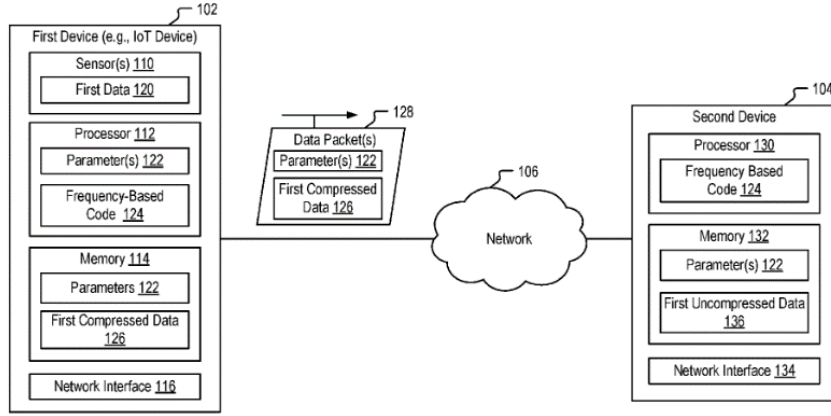
Makinelerin yüzey yapılarının muayene ve kaplamaları uzun ve pahalı süreçlerdir. Yüzey muayenesi geniş yüzeylerin kaplanmasını gerektirir ve mühendislik özelliklerine göre birçok katman ile kaplama yapılabilir. Bu süreçler karmaşık, uzun ve fazla kaynak gerektirmektedir. Dokümanda bahsedilen sorunlara çözüm için, sınırları belirlenen yüzey taranır ve sınırları belirlenmiş yüzeyin veri kümesi oluşturulur. Böylece çok yönlü model oluşturulabilmektedir [11].

- US20180343422 numaralı, Fransa menşei Airbus firmasının, 2018 yılına ait patent başvurusu tahribatsız muayene yapılırken arttırılmış gerçeklik gözlüğünün sistem içine entegre edilmesini kapsamaktadır. Dokümanda bahsedilen tekniğin bilinen durumuna göre, test çubuğu ve bir görüntüleyici kullanılarak yapılan tahribatsız muayene yönteminde, ulaşılması zor olan bölgelerin kontrolü kolay yapılamamakta, dolayısıyla tatmin edici sonuç vermemektedir. Bahsedilen soruna sunulan çözümü için, sisteme yerleştirilen bir kamera ile işlem yapılan alan bölgeye ait veriler ile eşleştirilerek kaydedilmektedir. Test çubuğu ve kameradan alınan görüntü, bir arttırılmış gerçeklik gözlüğü ile operatöre lokal olarak

denetlenen bölgelerin hasarsız muayene verileri ile birlikte iletilerek ulaşılması zor bölgelerin muayenesi kolaylaştırılmakta ve iyileştirilmektedir [12].

2.2.2. Nesnelerin İnterneti

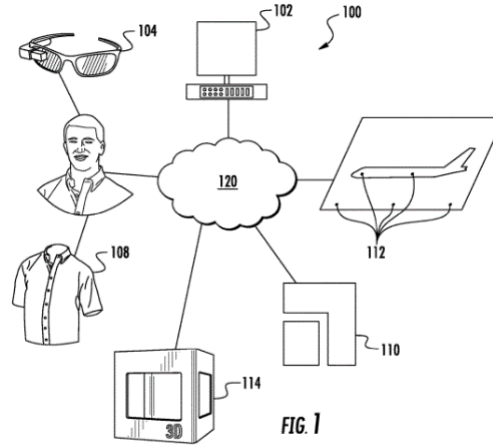
- US20190109600 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşei Boeing firmasının, 2017 yılına ait patent başvurusunda üretim alanında, nesnelerin interneti ile veri toplanması, depolanması ve aktarımının geliştirilmesi kapsamaktadır. Cihazlarla veri paylaşımını yapabilen, elektronik cihazlarda üretilen önemli miktarda veriyi saklamak için gereken veri depolama alanlarının bulunamaması durumu ile karşılaşılabilir. Ek olarak, bu tür verilerin cihazlar arasında paylaşılması büyük miktarda ağ yüküne neden olabilir. Bu sorunları gidermek için veri sıkıştırma teknikleri veri boyutlarını düşürmek için kullanılabilir. Geliştirilen yöntem, birinci cihazda veri üretmeyi ve verilere dayanarak değerlerin istatistiksel bir dağılımına karşılık gelen bir veya birden fazla parametreleri belirlenmektedir. Ayrıca, verilerin sıkıştırılmış veri üretmek için istatistiksel dağılımına dayanan bir frekansa dayalı koda bağlı işlenmesini içerir. Yöntem ayrıca bir veya daha fazla parametre ve sıkıştırılmış verilerin birinci cihazdan ikinci bir cihaza gönderilmesini içerir [13].



Şekil 8: US20190109600 Numaralı Patent Başvurusuna Ait Sistem İşletim Tablosu [13]

2.2.3. Artırılmış Gerçeklik & Nesnelerin İnterneti

- US9869996 numaralı, Amerika Birleşik Devletleri menşei Boeing firmasının, 2016 yılına ait patent dokümanında uçak üretim hattında, birden çok parçanın montaj işlemlerinin görüntülenmesi ve kontrolünü sağlamak için nesnelerin interneti ve görüntüleme araçlarının kullanımından bahsedilmektedir. Üretim sırasında, teknisyenin çözemediği bir sorun ile karşılaşılırsa, teknisyen daha fazla uzmanlık seviyesinde sahip bir mühendis ile iletişime geçerek ek zaman harcamak zorunda kalır. Parçalar eşleştikten sonra, teknisyen parçaların başarılı bir şekilde eşleşmesini onaylamak ve iş yeri üzerinde önceden yapılandırılmış kalite değerlerini sağlamak için iş istasyonlarına geri dönmek zorunda kalmaktadır. Buna istinaden, geliştirilen yöntemde çok parçalı bir ürünün bir üretim ortamında montajını yönetmek için bilgisayar tarafından okunabilen bir depolama ortamı bulunmaktadır. Bu bağlamda sistem, ürünü üretim ortamı içinde kullanıcının vücudu üzerinde veya çevresinde yerleştirilmiş olan en az bir giyilebilir sensör, en az bir noktaya monte edilebilen bir kullanıcıya görüntü sağlayabilen bir giyilebilir cihaz içerebilir. Ayrıca, sistem içinde en az bir bilgisayar, ürün montajına ilişkin talimat görüntüleri, ürünün üretim ortamında monte edilmesi gereken lokasyonu ile ilgili bilgileri içeren ürün montaj bilgisi bulunmaktadır. Kullanım noktasındaki giyilebilir cihaz, giyilebilir sensör, montaj noktası sensöre, parça sensörü ve bilgisayar internet veya kablosuz bir yerel ağ ile bağlantısı sağlanmaktadır [14].



Şekil 9: US9869996 Numaralı Patentin Üretim Alanında Kontrolü Sağlanan Üniteleri [14]

3. Sonuç

Bu bildiriye incelenen, yenilikçi üretim teknolojilerinin havacılık ve uzay sanayii içerisinde Airbus, Boeing ve Lockheed Martin firmalarının son 3 yıl içerisinde yapmış oldukları 50 patent başvurusu ile üretim alanlarındaki teknolojik yönelimlerin belirlenmiştir. Ayrıca, robotik, artırılmış gerçeklik ve nesnelerin interneti teknolojilerini barındıran dikkat çeken patentler detaylı şekilde analiz edilmiştir. Patent başvuruları arasında robotik kol veya robot hareket kabiliyetlerinin artırılması ve kontrol stabilizasyon platformlarının iyileştirilmesinin robotik alanda öne çıktığı görülmüştür. Nesnelerin interneti ve artırılmış gerçeklik alanlarında ise üretim yönetiminin ve denetlenmesinin eşzamanlı olmasını amaçlayan kalite kontrol işlemlerinin hassasiyetini artırmak amacıyla geliştirilmiş olan sistemler olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen teknolojilerin sanayii içerisindeki ilerleme ve devamlılıklarının kontrolü için patent analizi önem arz etmektedir. Bu yöntem kullanılarak sektörde lider konumunu sürdüren firmaların teknolojik gelişmelerinin takibi şirketin teknoloji yol haritasının doğru yönlendirilmesi için de önemli bir girdi teşkil eder.

4. Kaynakça

- [1] A. Ayyagari, T. Q. Nguyen, N. S. Le, B. Bang, W. X. Wang, D. H. Amirehteshami, "Movement Control For Tracked Robot Assemblies That Manufacture Aircraft", EP Patent 3287241, Feb. 28, 2018.
- [2] P. Zahlen, I. Krohne, M. Hegenbart, P. Linde, "Magnetically Levitated Arrangement And Use of Magnetically Levitated Arrangement of This Kind", US Patent 20170244341, Aug. 24, 2017.
- [3] S. Harrison, N. S. Evans, F. Torres, M. P. Kozar, M. S. Wilenski, "Reconfigurable Nozzle for Material Deposition", US Patent 20190091929, Mar. 28, 2019.
- [4] K. T. Tsotsis, "Method For Manufacturing A Preform, A Preform, And A Composite Article", US Patent 20190039264, Feb. 7, 2019.
- [5] M. Crivella, P. L. Freeman, J.D. Kalin, R.S. Strong, P.J. Michaels, "Robotic Task System", US Patent 20180164775, June 14, 2018.
- [6] J.J. Troy, D.J. Wright, S.W. Lea, "Method and Apparatus for Compliant Robotic End Effector", US Patent 20180104820, Apr. 19, 2018.
- [7] J.G. Thompson, G.E. Georgeson, T.M. Holmes, H.H. Tat, "Infrared Thermographic Methods For Wrinkle Characterization in Composite Structures", US Patent 9519844, Dec. 13, 2016.
- [8] S.N. NGO, "Automated Maskless Paint Applicator", EP Patent 3345683, July 11, 2018.
- [9] W. Song, "2-Stage Extrusion Apparatus And Method of Extrusion", US Patent 20170197350, July 13, 2017.
- [10] J.A. Hull, "Apapratus and Method To Optically Locate Workpiece For Robotic Operations", US Patent 20170210011, July 27, 2017.
- [11] A.W. Baker, L.C. Ingram, K.P. Bowers, III, Z.R. Smith, D.J. Homolak, "Automated Controls For Contoured Surface Inkjet Printing", US Patent 10293601, May 21, 2019.
- [12] A. Rautureau, F. Bertrand, O. Daffos, "Non-Destructive Inspection Device Comprising A Remote Display System", US Patent 20180343422, Nov. 29, 2018.
- [13] A.L. Liaghati, "Data Collection Device With Efficient Data Compression", US Patent 20190109600, Apr. 11, 2019.

[14] R. J. Rencher, D. Patel, L. A. Vinuelas, R. N. Freeman, D. W. Nelson, "System and Method For Using An Internet Of Things Network For Managing Factory Production", US Patent 9869996, Jan. 16, 2018.

KARBON KOMPOZİT ÇARPIŞMA KUTULARINDA METAL TAKVİYESİNİN ÇARPIŞMA PERFORMANSINA ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Mehmet Emin Çelik¹, Murat Reis^{1*}

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü,

emincelik.1548@gmail.com, reis@uludag.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Bu çalışmada, metal örgü tel takviyesinin karbon fiber kompozit çarpma kutularının çarpışma performansına etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Silindirik geometriye sahip dört farklı tip metal takviyeli ve iki adet takviyesiz olmak üzere altı farklı tip test numunelerinden üçer adet toplamda on sekiz çarpışma kutusu numunesi üretilmiş ve aynı şartlarda düşürme testlerine tabi tutulmuştur. Deneysel metal takviyeli karbon fiber çarpışma kutularında tel çapı ve tel yoğunluğu değişken olmak üzere dört farklı AISI304 örgü tel kullanılmıştır. Metal takviyeli numunelerde örgü tel, çift eksenli (biaxial) tipi iki karbon fiber kumaş arasına yerleştirilmiştir. Metal takviyesiz test numunelerinde ise ilk test numunesinde iki kat ve üç kat çift eksenli (biaxial) tipi karbon fiber kumaş, elle yatırma yöntemi ve reçine kullanılarak üretilmiştir. Numunelerin düşürme testlerinde kuvvet, deplasman ve zaman verileri kaydedilmiştir. Deneysel sonuçta düşük çaplardaki ince metal tel takviyesinin kalın örgülü tele kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Ancak karbon kompozit çarpışma kutularında metal örgü teli takviyesinin, birim kütle başına özgül enerji emilim değerini azalttığı ve bu nedenle çarpışma kutusu performansına kayda değer bir pozitif etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karbon, kompozit, çarpışma kutusu, örgü tel

1. Giriş

Taşıtların ağırlığının azaltılmasına yönelik çalışmalar uzun yıllardan beri devam etmekte ve bununla birlikte ortalama taşıt ağırlıkları her geçen gün biraz daha azalmaktadır. Zira, gerek yakıt tüketiminin gerekse karbon emisyonunun azaltılması için taşıt ağırlığı en önemli faktördür. Bu nedenle, günümüzde birçok taşıt bileşeni kompozit malzemelerden üretilmektedir. Karbon fiber kompozitler ise taşıt bileşenlerinde en sık kullanılan kompozit malzeme türlerinden biridir [1]. Araçların pasif güvenlik elemanı olarak bilinen çarpışma kutularının da hem güvenliği artırmak hem de ağırlığı azaltmak için kompozit yapılardan üretilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır [2]. Bununla birlikte metal/kompozit gibi hibrit yapılar, eksenel ve eğik yüklemeler altında daha üstün performans gösterebilmektedir [3]. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, uygun şekilde tasarlanmış kompozit çarpışma kutularının, metal çarpışma kutularına kıyasla enerji emiliminde daha iyi sonuçlar verdiği göstermiştir [4].

Shin ve ark. alüminyum kare kutu profilinin dış yüzüne cam fiber sarıp üretilen numunelere düşme testi uygulamış ve sonucunda enerji emilimlerinin arttığını gözlemlemiştir [5]. Babbage ve Mallick ise, alüminyum kare profil yerine bu kez silindirik kutu numunelerin dış yüzeylerini cam fiber ile güçlendirmiş ve iç kısımlarını da epoksi köpük ile doldurarak numunelere düşme testi uygulamışlardır. Sonuç olarak hem içi boş, hem de içi epoksi köpük dolu olan numunelerin takviyesiz olan numunelere göre enerji emilim değerlerinin daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir [6]. Guden ve ark. alüminyum silindirik kutu numunelerin dış yüzeylerini cam fiber ile güçlendirmiş ve iç kısımlarını alüminyum köpük ile doldurarak numunelere düşme testi uygulamış ve sonuç olarak içi boş cam fiber takviyeli numunede daha yüksek özgül enerji emiliminin olduğu gözlemlenmiştir [7]. Bisagni, CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) malzemesi kullanarak eksenel yük altında darbe testi gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak CFRP çarpışma kutularının 75 J / g özgül enerji emilimine sahip olduğu gözlemlenmiştir [8]. Bunun yanında, Qiang Liu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada CFRP çarpışma kutularının enerji emilimlerinin 60-90 J/g olarak saptamışlardır [4]. Fauzi ve ark., 3-6 ve 9 kat karbon fiber kumaş kullanılarak yapılan numunelere düşme testi uygulamışlardır [9]. 3 kat olan 35,8 J/g, 6 kat olan 49,1 J/g, 9 kat olan 50,7 J/g enerji emilimi yapmıştır. Altın ve Yücesu, farklı geometrilerdeki alüminyum çarpışma kutuları için sonlu elemanlar analizleri yaparak enerji sönümleme kapasitelerini incelemiştir. Sonuç olarak alüminyum kutuların özgül enerji sönümleme kapasitelerinin 15-24 J/g aralığında değiştiği görülmüştür [10]. Bu değerlere bakıldığında CFRP çarpışma kutularının enerji sönümleme kapasiteleri alüminyum çarpışma kutularının enerji sönümleme kapasitelerinin yaklaşık 3 katı olduğu anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada silindirik geometriye sahip dört farklı tip metal takviyeli ve iki adet takviyesiz olmak üzere altı farklı tip test numunelerinden üçer adet toplamda on sekiz çarpışma kutusu numunesi üretilmiş ve aynı şartlarda düşürme testlerine tabi tutulmuştur. Deneysel metal takviyeli karbon fiber çarpışma kutularında tel çapı ve tel yoğunluğu değişken olmak üzere dört farklı AISI304 örgü tel kullanılmıştır. Metal takviyeli numunelerde örgü tel, çift eksenli (biaxial) tipi iki karbon fiber kumaş arasına yerleştirilmiştir. Metal takviyesiz test numunelerinde ise ilk test numunesinde iki kat ve üç kat çift eksenli (biaxial) tipi karbon fiber kumaş, elle yatırma yöntemi ile üretilmiştir. Düşürme testlerinde Bursa Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği laboratuvarındaki düşürme testi cihazı kullanılmıştır.

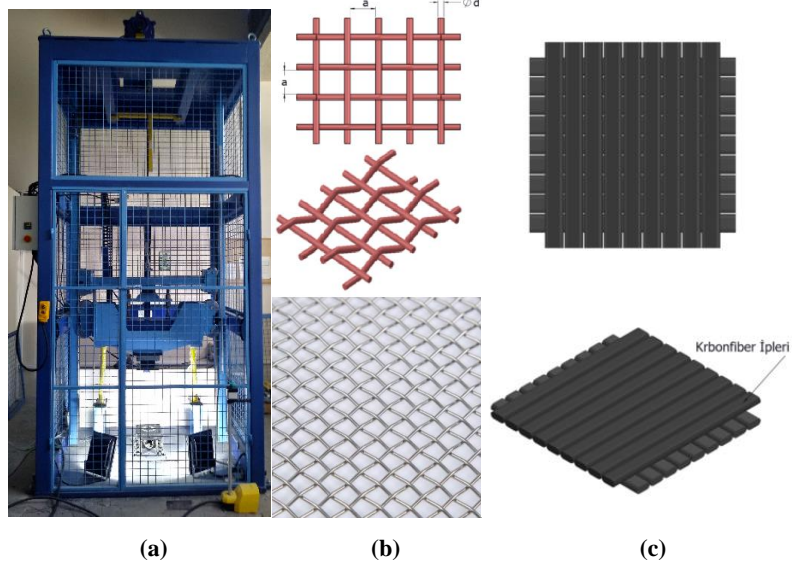
2. Materyal ve Yöntem

Test edilecek numuneler elle yatırma yöntemi ile epoksi bağlayıcı malzemesi kullanılarak üretilmiştir. Üretilen 6 tip numunenin 4 tanesi metal takviyeli 2 tanesi ise takviyesizdir. Her numuneden 3'er adet üretilip aynı şartlarda test edilmiştir. Numunelerde kullanılan karbon fiber kumaş türü çift eksenli (biaxial)'dır ve takviye malzemesi olarak ta AISI304 malzeme örgü tel kullanılmıştır.

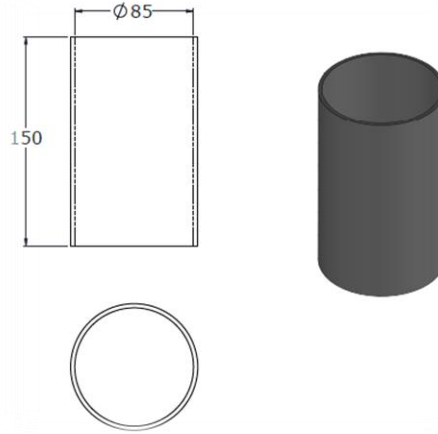
Tel çapı ve tel yoğunluğunun değişmesi durumunda çarpışma kutularının çarpışma performansının nasıl etkileneceğini görmek için farklı tel çapı ve tel yoğunluklarından oluşan 4 çeşit örgü tel çeşidi kullanılmıştır.

Düşürme test cihazı çarpma başlığı üzerindeki kuvvet ve deplasman sensörü ile çarpışma kutusu ile çarpan kütle arasında ortaya çıkan kuvveti ve kutunun ezilme miktarını (deplasman) kaydetmektedir. Eş zamanlı hızlı kamera ile süreç takip edilmektedir. Test cihazı, kullanılan takviye malzemesi ve kullanılan karbon fiber kumaş sırasıyla, Şekil 1 a, Şekil 1 b ve Şekil 1 c'de gösterilmektedir. Şekil 2'deki ölçülerde üretilen numunelerin üzerine 0,68 m yükseklikten 450 kg yük düşürülerek numunelerin 3 kJ enerjisi sönümlenmesi beklenmektedir.

Üretilen 6 tip numunelerin üzerine, numune adı ve hassas terazide ölçülüp ağırlıkları yazılmıştır (Şekil 3). Numune tipleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Burada, $\emptyset 0,47-14$ mesh : 0,47 değeri örgü telde kullanılan telin çapını(mm), 14 değeri ise 1 inch'te bulunan kare boşluk sayısını belirtmektedir.



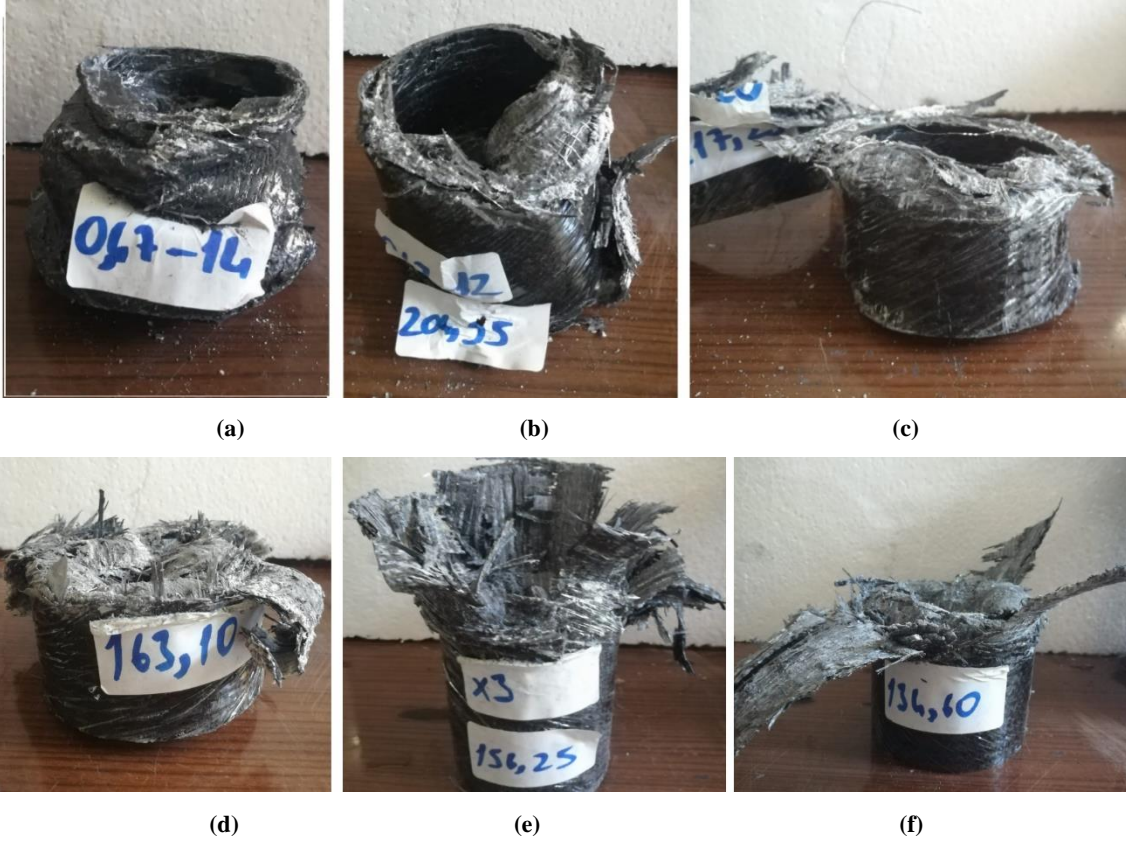
Şekil 1: a) Düşme test cihazı, b) Kullanılan takviye örgü tel, c) Kullanılan karbon fiber kumaş (biaxial)



Şekil 2: Çarpışma kutusunun boyutları



Şekil 3: Üretilen çarpışma kutuları (Üsteki etiket numune adı, alttaki etikette ise ağırlık yazmaktadır.)



Şekil 4: Deney sonrası çarpışma kutularının deformasyonları

a) 0,47-14, b) 0,47-12 c) 0,37-20 d) 0,25-20 e) X3 f) X2

Tablo 1: Çarpışma kutusu numune tipleri

Numune	Takviye Malzemesi	Numune Ağırlığı	Açıklama
0,47-14	Ø0,47 mm tel-14 mesh örgü tel	223,90 g	2 katman karbon fiber kumaş arasında örgü tel
0,47-12	Ø0,47 mm tel-12 mesh örgü tel	204,95 g	2 katman karbon fiber kumaş arasında örgü tel
0,37-20	Ø0,37 mm tel-20 mesh örgü tel	217,25 g	2 katman karbon fiber kumaş arasında örgü tel
0,25-20	Ø0,25 mm tel-20 mesh örgü tel	163,10 g	2 katman karbon fiber kumaş arasında örgü tel
X3	Yok	156,23 g	3 kat karbon fiber kumaş
X2	Yok	134,60 g	2 kat karbon fiber kumaş

3. Sonuçlar

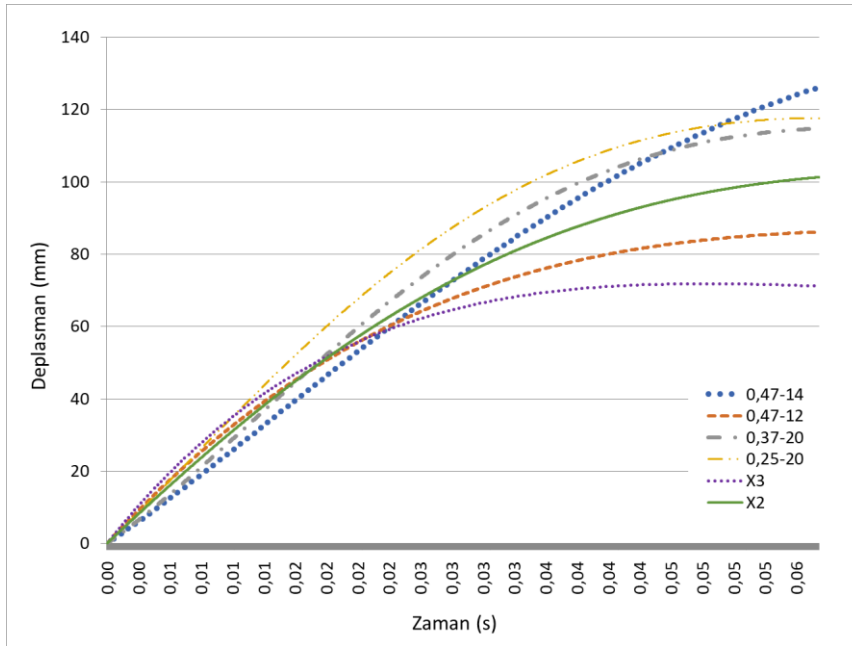
Düşürme testleri esnasında deney numunelerindeki tepki kuvveti, deplasman ve zaman verileri kaydedilmiştir. Bu veriler ışığında Şekil 5. 'te zamana bağlı deformasyon miktarı görülmektedir. En fazla deformasyon miktarı 0,47-14 numunesinde 126 mm olarak ölçülmüştür. En az deformasyon miktarı ise X3 numunesinde 71,3 mm olarak ölçülmüştür. Tel çapı ve yoğunluğu büyük olan örgü tel takviyeli numunede deformasyon miktarı yüksek çıkmıştır. Tel yoğunluğunun artması deformasyon miktarını da artırmıştır. Tel yoğunluğu aynı olan örgü tellerde tel çapının artması deformasyon miktarını azaltmıştır. Örgü tel takviyesiz olan numunelere bakıldığında 3 katlı olan numune deformasyon miktarı 2 katlı olan numuneden daha az deformasyona uğramıştır.

Şekil 6'da çarpışma kuvvetinin deformasyon miktarına bağlı değişim eğrileri görülmektedir. Maksimum çarpışma kuvveti 0,25-20 numunesinde 101250N olarak ölçülmüştür. 0,37-20 numunesinde de bu kuvvete yakın bir kuvvet oluşmuştur (86000N). Bu iki numunede takviye malzemesi örgü tel yoğunlukları aynıdır. Örgü teldeki tel çapının azalması oluşan kuvvetleri artırmıştır. Bu iki numunede eğriler birbirine benzemektedir. İlk kuvvetler sonucunda numune deformasyona uğradığı anda kuvvetler sıfırlanıp tekrar yükselmiştir. Hızlı kamerada kaydedilen görüntülere bu iki numunenin deformasyon biçimleri aynıdır. Tel çapı 0,47 mm olan örgü tel takviyeli numunelere bakıldığında, tel yoğunluğu az olan numunede daha büyük kuvvetlerin oluştuğu görülmektedir. En düzgün kuvvet-deplasman eğrileri; metal takviyesi olmayan numunelerde gerçekleşmiş olup, maksimum kuvvetler 3 katlı olan numunede oluşmuştur.

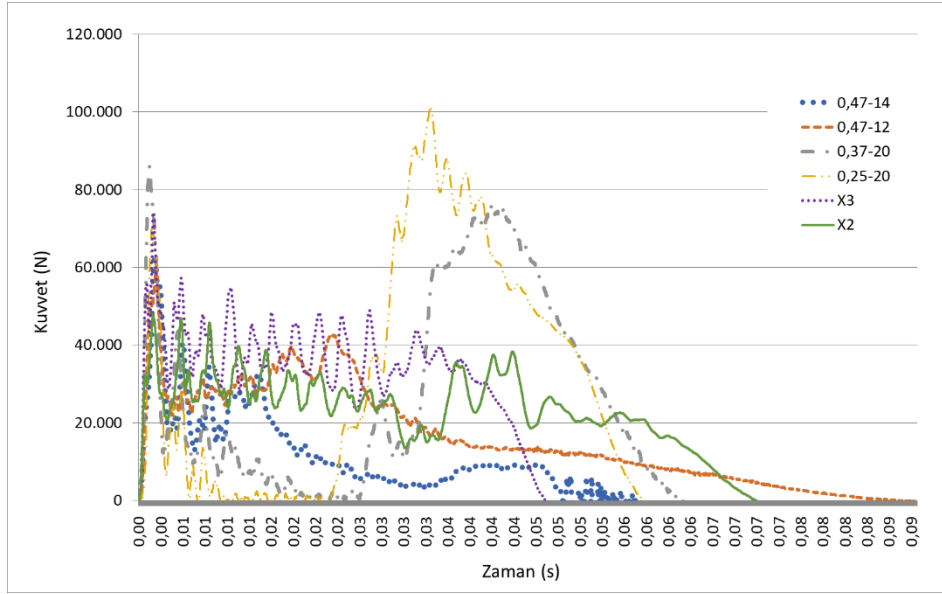
Şekil 7'deki eğrilere baktığımızda, 0,25-20 numune oluşan 3 kJ çarpışma enerjisinin %99 unu sönmlemiştir (2970 J). 0,37-20 olan numune enerjisinin %87'sini (2620J) sönmlemiştir. Bu iki numuneye bakıldığında, örgü telin tel çapı artırılması sönmleme enerjisini azaltmıştır. Örgü teldeki tel çapı 0,47mm olan örgü tel takviyeli numunelerde; tel yoğunluğu 14 olan numune enerjisinin %55'ini (1660J), tel yoğunluğu 12 olan numune ise enerjisinin %80'ini (2420J) sönmlemiştir. Burada, tel yoğunluğunun artması sönmleme enerjisini azalttığı görülmektedir. Metal takviyesi olmayan numunelerde; 3 katlı olan numune 2830 J (%94,3), 2 katlı olan numune ise 2840 J (%94,7) enerji sönmlemiştir. Sönmleme enerjilerinin birbirine çok yakın olmasının nedeni, 2 katlı olan numunede deformasyon miktarının, 3 katlı olan numunede ise oluşan kuvvetlerin fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 8 de her bir test numunesi için enerji emilim ve özgül enerji emilim değerleri görülmektedir. Grafiklerden en yüksek enerji emilimin 0,25-20 numunesinde olduğu halde, özgül enerji emilimi örgü tel takviyesi olmayan numunelerden daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise örgü tel takviye malzemesinin kütlelerini artırma oranının, enerji emilimini artırdığı orandan fazla artırmasıdır. Sönmleme enerjisinin bu numunede yüksek çıkmasının nedeni ise, oluşan çarpışma kuvvetlerin etkisi büyüktür. En yüksek özgül enerji emilimi 2 katlı olan numunede daha fazla çıkmıştır. 2 katlı numunede özgül enerji emiliminin yüksek çıkmasında deformasyon miktarının ve ağırlığının etkisi büyüktür. En düşük sönmleme enerjisi ve özgül enerji emilimi 0,47-14 örgü tel takviyesi olan numunede gerçekleşmiştir.

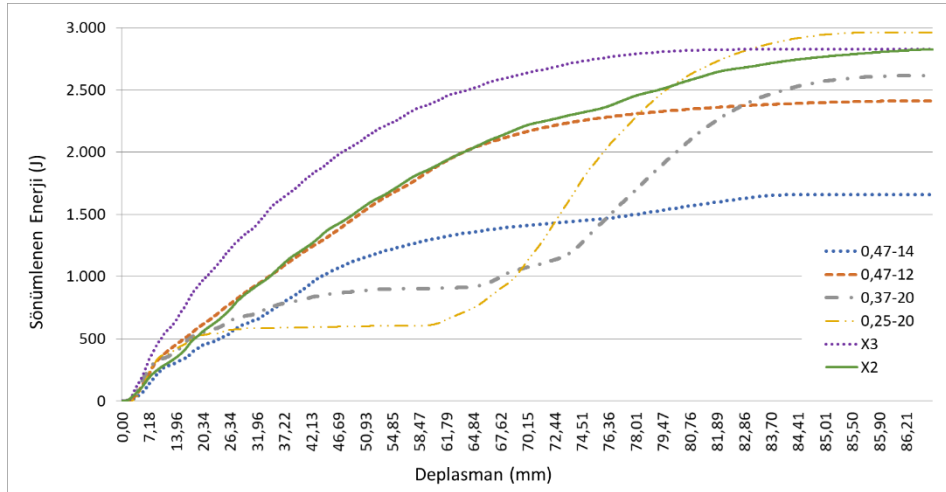
Sonuç olarak tel yoğunluğunun artması; deformasyon miktarını, maksimum-ortalama kuvvetini artırmış ve sönmleme enerjisini, ezilme kuvveti verimini, özgül enerji emilimini azaltmıştır. Tel çapının artması; deformasyon miktarını, maksimum-ortalama kuvvetini, sönmleme enerjisini, ezilme kuvveti verimini ve özgül enerji emilimini azaltmıştır. Karbon fiber kumaşının kat sayısının artırılması; maksimum-ortalama kuvvetini artırmış ve deformasyon miktarını, ezilme kuvveti verimini, özgül enerji emilimini azaltmıştır. Deneyler sonucunda düşük çaptaki ince metal tel takviyesinin nispeten kalın örgülü tele kıyasla daha olumlu olduğu gözlenmiştir. En fazla enerji emiliminin küçük çaptaki örgü tel takviyesi olan numunede olduğu gözlemlenmiştir. Fakat, metal takviyesinin birim kütle başına özgül enerji emilim değerini azaltmıştır.



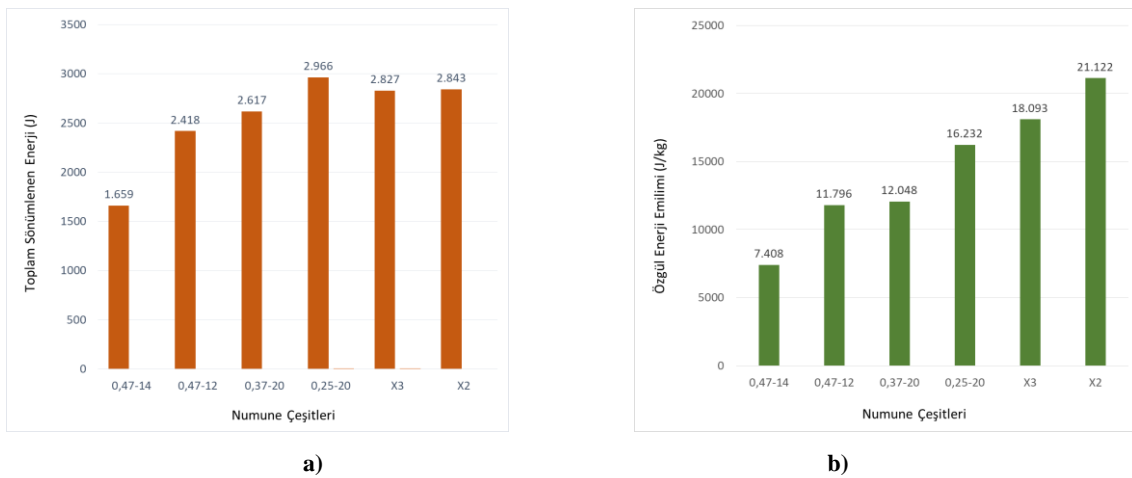
Şekil 5: Farklı çarpışma kutuları için deformasyon miktarının zamana bağlı değişim eğrileri



Şekil 6: Farklı çarpışma kutuları için çarpışma kuvvetinin deformasyon miktarına bağlı değişim eğrileri



Şekil 7: Farklı çarpışma kutusu numunelerinde sönmülenen çarpışma enerjisinin deformasyon ile değişim eğrileri



Şekil 8: a) Çarpışma kutuları tarafından sönmülenen toplam enerji. b) Çarpışma kutularının özgül enerji emilimleri

4. Kaynakça

- [1] Saenz-Dominguez, I., Tena, I., Esnaola, A., Sarrionandia, M., Torre, J. and Aurrekoetxea, J., “Design and characterisation of cellular composite structures for automotive crash-boxes manufactured by out of die ultraviolet cured pultrusion,” *Compos. Part B Eng.*, vol. 160, no. September 2018, pp. 217–224, 2019.
- [2] Zarei, H., Kröger, M. and Albertsen, H., “An experimental and numerical crashworthiness investigation of thermoplastic composite crash boxes,” *Compos. Struct.*, vol. 85, no. 3, pp. 245–257, 2007.
- [3] Zhu, G., Zhao, X., Shi, P. and Yu, Q. , “Crashworthiness analysis and design of metal/CFRP hybrid structures under lateral loading,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 64558–64570, 2019.
- [4] Liu, Q., Xing, H., Ju, Y., Ou, Z. and Li, Q., “Quasi-static axial crushing and transverse bending of double hat shaped CFRP tubes,” *Compos. Struct.*, vol. 117, no. 1, pp. 1–11, 2014.
- [5] Shin, K., Lee, J. J., Hyun, K., Cheol, M. and Huh, J. S. , “Axial crush and bending collapse of an aluminum / GFRP hybrid square tube and its energy absorption capability,” vol. 57, pp. 279–287, 2002.
- [6] Babbage, J. M. and Mallick, P. K., “Static axial crush performance of unfilled and foam-filled aluminum – composite hybrid tubes,” vol. 70, pp. 177–184, 2004.
- [7] Guden, M., Taşdemirci, A. and Tanoğlu, M., “Effect of aluminum closed-cell foam filling on the quasi-static axial crush performance of glass fiber reinforced polyester composite and aluminum / composite hybrid tubes,” vol. 81, pp. 480–490, 2006.
- [8] Bisagni, C. , “Experimental investigation of the collapse modes and energy absorption characteristics of composite tubes,” *Int. J. Crashworthiness*, vol. 14, no. 4, pp. 365–378, 2009.
- [9] F. R. Fauzi, B. K. Hadi, S. P. Santosa, and A. Jusuf, “Composite Based Lightweight Structure Design for Crash and Safety Application,” *Proceeding - 2018 5th Int. Conf. Electr. Veh. Technol. ICEVT 2018*, pp. 161–166, 2018.
- [10] Altın, M. and Yücesu, H. S., “Farklı Geometrik Yapılardaki Çarpışma Kutularının İçerisine Yerleştirilen Alüminyum Köpük Malzemenin Enerji Sönümlenme Kapasitesi Üzerine Etkisinin İncelenmesi,” *J. Polytech.*, vol. 0900, no. 1, pp. 141–148, 2019.

FPGA ÜZERİNDE YSA-RİNG TABANLI YENİ BİR GERÇEK RASGELE SAYI ÜRETECİ TASARIMI

İsmail Koyuncu¹, Pakize Erdoğan², Murat Tuna^{3*}, Murat Alçın⁴

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

ismailkoyuncu@aku.edu.tr

²Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

pakizeerdogmus@duzce.edu.tr

³Kırklareli Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Programı, Elektrik Bölümü

murat.tuna@klu.edu.tr

⁴Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü

muratalcin@aku.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Günümüzde Yapay Sinir Ağları (YSA) pek çok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışma alanlarından birisi de kaotik osilatör tasarımlarıdır. Bu çalışmada FPGA çipleri üzerinde çalışmak üzere YSA-tabanlı kaotik osilatör ve ring osilatör yapıları kullanılarak hibrit yeni bir GRSÜ tasarımı sunulmuştur. Sunulan çalışmada, YSA-tabanlı kaotik osilatör tasarımında kullanılan TanSig aktivasyon fonksiyonu Elliott-93 yaklaşımı ile hibrit bir GRSÜ tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarım 32-bit IEEE-754-1985 sayı standardı kullanılarak VHDL'de kodlanmıştır. Tasarlanan GRSÜ ünitesi Xilinx ISE Design Tools programı kullanılarak Virtex-6 FPGA çipi için sentezlenmiştir. Place-Route işleminin ardından hibrit GRSÜ ünitesine ait FPGA çip istatistikleri ve maksimum çalışma frekansı sunulmuştur. FPGA üzerinde Elliott-93-tabanlı TF yaklaşımı kullanılarak tasarlanan hibrit GRSÜ tasarımının maksimum çalışma frekansı 241.059 MHz olarak elde edilmiştir. YSA tabanlı yeni hibrit GRSÜ tarafından üretilen 1 milyon bit dizisi NIST-800-22 rasgelelik testlerine tabi tutulmuştur. Önerilen YSA tabanlı yeni hibrit GRSÜ ünitesi tüm testlerden başarılı bir şekilde geçmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Ring osilatörler, FPGA, Hibrit GRSÜ

1. Giriş

Son yıllarda Yapay Sinir Ağları (YSA (Artificial Neural Networks (ANN))) pek çok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışma alanlarına biomedikal, tahmin, arıza tespiti, rasgele sayı üreticileri, optimizasyon, osilatör tasarımı, sınıflandırma, senkronizasyon, görüntü işleme ve güvenli haberleşme örnek olarak verilebilir [1-5]. Donanımsal olarak YSA'nın gerçekleştirilmesi için literatürde farklı yapılar kullanılmaktadır. Paralel işlem yapabilmek ve yüksek işlem gücü gibi avantajlara sahip FPGA çipleri, yeniden programlanabilir olmalarından dolayı tasarım aşamasındaki herhangi bir hata, maliyet kaybına neden olmadan ve çok kısa bir süre içerisinde düzeltilebilmektedir. Bu gibi avantajlarından dolayı FPGA çipleri, YSA tabanlı uygulamalarda diğer donanımlara göre büyük avantajlar sağlamaktadır [6-8]. YSA'da kullanılan Aktivasyon Fonksiyonları (AF) doğrusal ve doğrusal olmayan AF olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Doğrusal olmayan AF için RadBas (**R**adial **B**asis), dalgacık (wavelet) ve TanSig (**T**angent **S**igmoid) gibi AF örnek olarak verilebilir. Doğrusal olmayan AF üstel işlemler içerdiğinden bu işlemlerin donanım tabanlı gerçeklemeleri diğer AF ve yazılım tabanlı platformlara göre oldukça zor olmaktadır. Bu nedenle YSA'nın FPGA tabanlı olarak gerçekleştirilebilmesi amacı ile literatürde bazı çalışmalar sunulmuştur. Himavathi ve arkadaşlarının sundukları çalışmada, FPGA çiplerinde çalışmak üzere kaynak ihtiyacını azaltmaya yönelik çok katmanlı ileri beslemeli YSA ile ilgili yeni bir yapı önerdiler ve önerilen tekniğin YSA'nın çalışma hızı dikkate alınmadan FPGA çipi üzerindeki kaynak kullanımını önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir [9]. Lin ve arkadaşları, FPGA tabanlı çok katmanlı YSA uygulamasını boru-hattı (pipeline) ve katman çoğullama yapısı yaklaşımı ile gerçekleştirmişlerdir [10]. Sahin ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, Spartan FPGA çipi üzerinde örnek bir YSA uygulamasını 32-bit kayan noktalı sayı standardında LUT ve Cordic yaklaşımları kullanılarak Logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonunun gerçekleştirilebilmesi amacı ile yeni bir yöntem sunulmuştur [11]. Literatürde sunulan diğer bir çalışmada Alçın ve arkadaşları, FPGA çipleri üzerinde çalışmak üzere YSA-tabanlı Pehlivan-Uyaroğlu kaotik sistemini VHDL dili kullanarak tasarlamışlardır [12]. Literatürde sunulan bir diğer çalışmada, Koyuncu ve arkadaşları YSA uygulamalarının tasarım süresini azaltabilmek amacı ile bir nöron kütüphanesi oluşturmuşlardır. Oluşturulan kütüphanede on farklı aktivasyon fonksiyonu üzerinde çalışılmıştır. Tasarımlar 32-bit kayan noktalı sayı standardı kullanılarak VHDL dilinde kodlanmıştır. Çalışmada toplamda 60 farklı aktivasyon fonksiyonu için maksimum çalışma frekansları, çip kullanım istatistikleri ve gecikme süreleri verilmiştir. Ayrıca çalışmada logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonları kullanılarak Rössler kaotik sistemi için örnek bir YSA uygulaması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir [13]. Literatürde yapılan bir

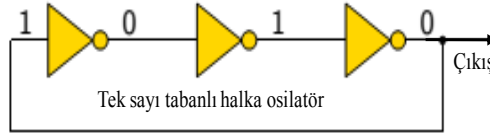
diğer çalışmada, Yasin ve arkadaşları YSA kullanılarak FPGA üzerinde çalışmak üzere biyometrik tanımlama sistemi tasarlamışlardır [14]. Şahin ve arkadaşları tarafından sunulan çalışmada, logaritmik sigmoid, radial basis ve tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonları 2, 4 ve 6 girişli olarak biaslı ve biasız olmak üzere FPGA üzerinde VHDL dili kullanılarak tasarlanmıştır. Tasarımlarda 32-bit kayan noktalı sayı standardı kullanılmıştır.

Bu çalışmada, doğrusal olmayan TanSig Aktivasyon Fonksiyonu (TSAF) Elliott-93 yaklaşımı kullanılarak YSA-tabanlı kaotik osilatör ve ring osilatör yapıları oluşturulmuştur. Oluşturulan yapılar bir son işlem ünitesinde birleştirilerek FPGA üzerinde YSA-tabanlı hibrit GRSÜ tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yapılan tasarım 32-bit IEEE-754-1985 kayan noktalı sayı standardı kullanılarak ve Çok Yüksek Hızlı Tümüleşik Devre Donanım Tanımlama Dili (Very High Speed Integrated Circuit (VHSIC) Hardware Description Language (VHDL)) ile kodlanmıştır. Bu çalışma da İkinci Bölüm'de, Ring osilatörler, Van der Pol sistemi (VdP), FPGA çipleri ve YSA hakkında genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü Bölüm'de, FPGA çipi üzerinde Elliott-93 TSAF yaklaşımı kullanılarak tasarlanan YSA-tabanlı hibrit Gerçek Rasgele Sayı Üreteci (GRSÜ) tasarımı ve tasarımdan elde edilen FPGA çip istatistikleri sunulmuştur. Son bölümde tasarlanan hibrit GRSÜ ünitelerinin ürettiği bit dizileri uluslararası rasgelelik testleri olan NIST-800-22 testlerine tabi tutulmuş ve testlerden elde edilen sonuçlar için değerlendirmeler yapılmıştır.

2. Ring ve VdP osilatör yapıları

2.1. Ring osilatör yapısı

Tek sayıdaki değil kapıların arka arkaya bağlanarak oluşturdukları yapıya ring veya halka osilatör adı verilmektedir. Bu yapılarda her değil kapısının çıkışı bir sonraki değil kapısının girişine, yapıdaki son değil kapısının çıkışı ise ilk değil kapısının girişine bağlanmaktadır. Ring osilatörler, ring/halka içerisinde oluşan gecikmeye bağlı olarak kare dalga üretmektedirler. Sonuç olarak halka çıkışında elde edilen kare dalganın frekansı, ring yapısını oluşturan elemanlardaki statik veya dinamik etkilere göre farklılık göstermektedir. Diğer bir ifade ile aynı yapıda oluşturulmuş iki halka osilatörün ürettiği çıkış sinyalleri farklı olacaktır. Bu nedenle, ring osilatörler rasgele sayı üretiminde sık bir şekilde kullanılmaktadır [15]. Şekil 1'de tek sayılı ring osilatörün genel yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1. Ring osilatör genel yapısı

2.2. VdP Sistemi

Başlangıç koşullarına ve sistem parametrelerine oldukça hassas bağımlı, zaman boyutunda periyodik olmayan, gürültü benzeri davranışlar sergileyen deterministik sistemler olarak tanımlanabilen kaos veya kaotik sistemlerin bu gibi özelliklerinden dolayı literatürde bu sistemler ile ilgili birçok çalışmalar yapılmaktadır [16]–[19]. VdP kaotik sistemine ait diferansiyel denklemler Eş. 1'de verilmiştir [20]. Sistemin başlangıç şartları $x_0=1.0$ ve $u_0=-0.97$ olarak alınmıştır. Bu eşitlikte verilen μ sistem parametresi olmak üzere bu çalışmada $\mu=0.5$ olarak alınmıştır. Bu parametre sistemin dinamik davranışını değiştirmektedir.

$$\frac{dx}{dt} = u$$

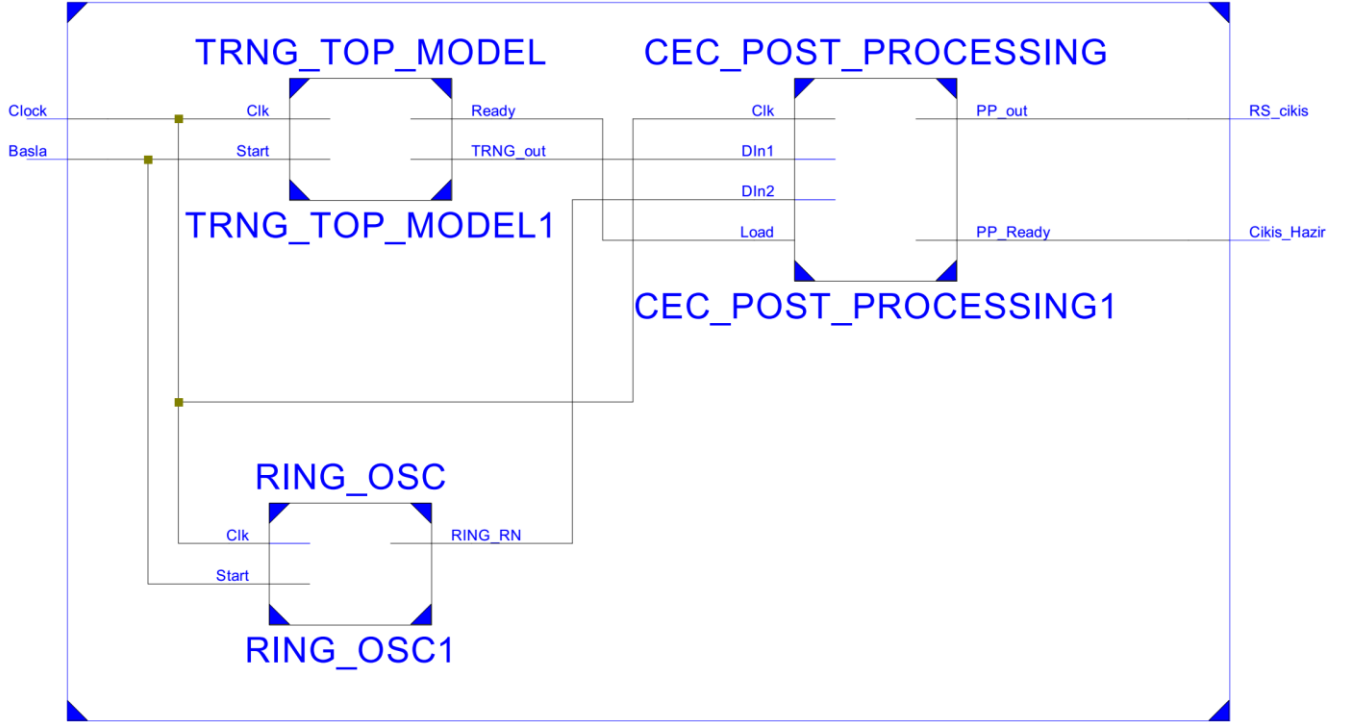
$$\frac{du}{dt} = \mu(1-x^2)u - x$$

(1)

3. FPGA üzerinde YSA-Tabanlı Hibrit GRSÜ Tasarımı

Bu bölümde, FPGA-üzerinde tasarımı yapılan YSA-tabanlı hibrit GRSÜ tasarımı sunulmuştur. Tasarımda Elliott-93 yaklaşımı kullanılarak YSA-tabanlı VdP Kaotik Sistem (YVKS) ile ring osilatör yapıları son işlem (post processing) ünitesinde birleştirilerek yüksek hızlı yeni bir hibrit GRSÜ tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yapılan tasarım sonucunda elde edilen FPGA üzerindeki YSA-tabanlı hibrit GRSÜ ünitesinin performans ve çip istatistikleri incelenmiştir. Şekil 2'de FPGA üzerinde Elliott-93 yaklaşımı ile tasarlanan YVKS ve ring tabanlı hibrit GRSÜ ünitesinin blok şeması verilmiştir. Ünite üzerinde 1-bitlik Basla ve Clock ile RS_çıkış ve Çıkış_hazır olmak üzere 2 giriş 2 çıkış sinyalleri bulunmaktadır. Ünite Basla sinyali '1' olduğunda işlem yapmaya başlamaktadır. Clock sinyali ünite içerisinde çalışan alt birimlerin senkron bir şekilde çalışması için kullanılmıştır. Ünite çıkışından elde edilen rasgele bit dizileri RS_çıkış sinyalinden alınmaktadır. Bu anda Çıkış_hazır sinyali '1' değerini çıkışa göndermektedir. Sistemin rasgele sayı üretmediği durumlarda Çıkış_hazır sinyali '0' olmaktadır. Yapılan tasarım ring osilatörü, YSA-tabanlı VdP osilatörü ve XOR ünitesinden oluşmaktadır. Ring osilatör ve YVKS ünitesinden çıkan rasgele sayılar XOR ünitesinde karıştırma işlemine tabi tutulmaktadır. YVKS ünitesi YSA-tabanlı kaotik osilatör, kuantalama ünitesi ve düzeltici fonksiyon ünitesi olmak üzere üç alt üniteden oluşmaktadır. YSA-tabanlı kaotik osilatörde üretilen sayılar 32-bit kayan noktalı sayı standardındaki sayılardır. Osilatörden gelen sayılar, Kuantalama ünitesinde en düşük değerlikli bitinden itibaren (Least Significant Bit (LSB)) 22 biti alınmakta ve diğer bitler genellikle kendisini tekrar ettiğinden atılmaktadır. Ayrıca osilatörün iki çıkışı bulunduğundan bu iki çıkışın bitleri bu birimde sayıcı ve MUX aracılığı ile karıştırılmaktadır. Bu birimden çıkan rasgele sayılar daha rasgele hale gelebilmesi amacı ile Düzeltici Fonksiyon ünitesinden geçirilerek XOR ünitesine gönderilmektedir.

YSA-tabanlı VdP osilatör ünitesinin FPGA üzerinde modellenilebilmesi amacı ile öncelikle nümerik model oluşturulmuştur. Bu amaç ile VdP sistemi için veri beşinci dereceden Runge-Kutta-Butcher algoritması (RK5B) kullanılarak bir veri seti üretilmiştir. Veri setinde VdP sisteminin durum değişkenleri olan x ve u için 1000x2 veri bulunmaktadır. FPGA üzerindeki VdP-tabanlı uygulama için ilk olarak çok-katmanlı ileri beslemeli YSA yapısı oluşturulmuştur. VPS veri seti (1000x2 değer), eğitim veri seti 800x2 ve test veri seti 200x2 olmak üzere iki parçaya bölünmüştür. Oluşturulan ileri beslemeli çok-katmanlı YSA yapısı, giriş katmanında iki giriş, gizli katmanda 4 adet TSAF içeren 4 nöron ve çıkış katmanında pureline TF içeren iki çıkış bulundurmaktadır. Eğitim aşamasında Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmış ve eğitim performansı 2.87×10^{-12} (MSE) değerine 20,000 epoch sonunda ulaşmıştır. Bu sürecin ardından YSA 200x2 test veri seti kullanılarak test edilmiş ve test hata performansı 1.87×10^{-10} (MSE) olarak elde edilmiştir. Test aşamasında kullanılan Matlab-tabanlı YSA yapısının bias ve ağırlık değerleri FPGA-tabanlı ileri beslemeli YSA yapısının oluşturulabilmesi amacı ile referans olarak alınmıştır. Ayrıca bu değerlerin tasarımda kullanılabilmesi için bias ve ağırlık değerleri 32-bit IEEE-754-1985 kayan noktalı sayı [21, 22] formatına dönüştürülmüştür. YSA-tabanlı VdP osilatör ünitesi giriş katmanında 2 adet giriş ve çıkış katmanında ise pureline transfer fonksiyonu içeren 2 adet nöron bulunmaktadır. Gizli katmanda ise Tanjant sigmoid transfer fonksiyonu (TSAF) içeren 8 adet nöron bulunmaktadır. Bu çalışmada gizli katmanda bulunan TSAF için Elliott-93 tabanlı AF yaklaşımı kullanılarak FPGA üzerinde YSA-tabanlı hibrit GRSÜ ünitesi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. FPGA üzerinde Elliott-93 tabanlı YVKS kullanılarak tasarlanan hibrit GRSÜ ünitesi blok şeması

D. L. Elliott tarafından 1993 yılında yapılmıştır [22]. Bu yaklaşım Eş. 2'de verilmiştir. Elliott-93 yaklaşımında TSAF'ın hesaplanması için çok fazla nümerik olarak işlem yapılmamakta ve e^u fonksiyonunun hesaplanmasına gerek duyulmamaktadır. Bu nedenle Elliott-93 yaklaşımı çok hassas sonuçlar üretememesine rağmen donanımsal gerçekleştirilmesi kolay olduğundan tercih edilebilmektedir. Elliott-93 yaklaşımı ile TSAF'ın FPGA üzerinde gerçekleştirilebilmesi amacıyla VHDL kullanılarak ünitenin tasarımı yapılmıştır. Ünite pipeline olarak çalışmakta ve ilk sonucu 21 saat darbesi sonra ürettikten sonra her saat darbesi boyunca yeni sonuçlar üretebilmektedir.

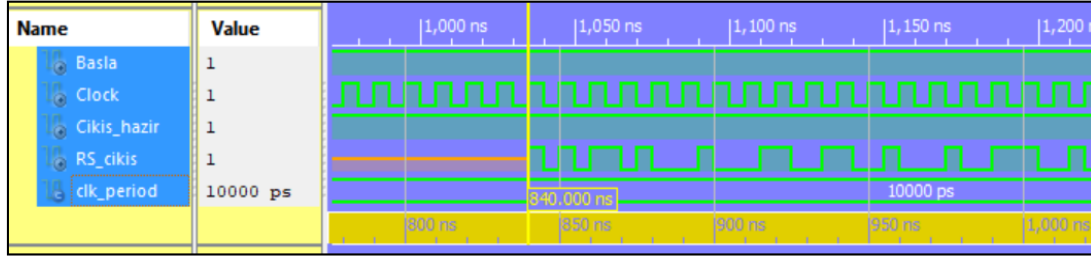
$$\sigma_{e_{93}}(u) = u / (1 + |u|) \quad (2)$$

4. YSA-Tabanlı Hibrit GRSÜ Performans Analizleri ve Rasgelelik Testleri

Bu bölümde, FPGA üzerinde Elliott-93 yaklaşım ünitesi kullanılarak TSAF ile yapılan YSA osilatörü kullanılarak tasarlanan hibrit GRSÜ ünitesinin çip istatistikleri ve rasgelelik testleri sunulmuştur. Yapılan tüm tasarımlar 32-bit IEEE 754-1985 kayan noktalı sayı standardına uygun olarak VHDL dilinde kodlanmıştır. Tasarımı yapılan hibrit GRSÜ üniteleri Xilinx ISE 14.1 tasarım araçları kullanılarak Virtex-6 (XC6VLX240T-3FF784) FPGA çipi için sentezlenmiştir. Tasarımı yapılan hibrit GRSÜ ünitesi Xilinx ISE Design Tools programında test edilmiştir. Tablo 1'de tasarlanan yeni GRSÜ ünitesi için gerçekleştirilen Place ve Route işleminin ardından elde edilen FPGA çip istatistikleri, maksimum çalışma frekansı ve bit üretim hızı sunulmuştur. Şekil 3'te Elliott-93 yaklaşımı kullanılarak oluşturulan YSA-tabanlı hibrit GRSÜ ünitesi simülasyon sonuçları sunulmuştur.

Tablo 1. YSA-tabanlı hibrit GRSÜ tasarımlarının FPGA çip istatistikleri

Hibrit GRSÜ		Slice Registers Sayısı	Slice LUTs Sayısı	GÇB Sayısı	Gecikme (Saat Darbesi)	Çalışma Frekansı (MHz)
Elliott-93-tabanlı	Kullanılan	21,797	22,674	4	21	241.059
	Kullanım Oranı (%)	7	15	1		



Şekil 3. FPGA üzerinde Elliott-93 yaklaşımı tabanlı hibrit GRSÜ çıkışları

Hibrit GRSÜ yapısının ürettiği bit dizilerinin rasgele olup olmadığı matematiksel olarak kanıtlanamamakla birlikte, uluslararası düzeyde kabul görmüş bazı istatistiksel testler uygulanarak, bit dizilerinin rasgele olduğu veya olmadığı söylenebilmektedir. Bir GRSÜ tarafından üretilen bit dizisinin rasgele olduğunu söyleyebilmek için, tüm bu istatistiksel testlerden geçmesi gerekmektedir [23]. Uluslararası geçerliliğe sahip istatistiksel test olan NIST Test Suite’de 15 test bulunmaktadır [24]. Random-Excursions ve Random Excursions Variant testleri için genel olarak 1 milyon bit veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, testlerin yapılabilmesi amacıyla genel olarak her bir GRSÜ ünitesinden 1 milyon bitlik veriler toplanarak dosyaya kaydedilmiştir. Ardından bit dosyası NIST Test Suite’de bulunan 15 teste tabi tutulmuştur. Tablo 2’de FPGA üzerinde gerçekleştirilen YSA-tabanlı hibrit GRSÜ ünitesi için yapılan testin sonucu verilmiştir. Rasgele yürüyüş testi ve rasgele yürüyüş değişken testi içerisinde çok fazla test bulunduğundan bu testler için sadece tek bir test sonucu verilmiştir. Bütün testlerde sonuçların başarılı kabul edilebilmesi için rastgeleliğin ölçüsü olarak kabul edilen P-değerinin 0.001’den büyük olması gerekmektedir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere, Elliott-93-tabanlı hibrit GRSÜ tasarımından elde edilen bit dizilerinin tüm NIST-800-22 test sonuçları P-değeri ≥ 0.001 olduğundan elde edilen diziler rasgele olarak kabul edilmektedir.

Tablo 2. YSA-tabanlı hibrit GRSÜ tasarımı NIST-800-22 test sonuçları

NIST-800-22 İstatistiksel Testleri		Elliott-93-tabanlı hibrit GRSÜ	
		P-Değeri	Sonuç
1.	Frekans Testi	0.98563	Başarılı
2.	Blok-Frekans Testi	0.02357	Başarılı
3.	Koşu Testi	0.38211	Başarılı
4.	En Uzun Koşu Testi	0.45614	Başarılı
5.	İkili Rank Testi	0.09602	Başarılı
6.	Ayrık Fourier Testi	0.86158	Başarılı
7.	Örtüşmeyen Şablon Eşleştirme Testi	0.12619	Başarılı
8.	Örtüşen Şablon Eşleştirme Testi	0.64180	Başarılı
9.	Maurer Ünsersal Testi	0.15203	Başarılı
10.	Doğrusal Karmaşıklık Testi	0.23177	Başarılı
11.	Seri Testi-1	0.51703	Başarılı
12.	Seri Testi-2	0.35490	Başarılı
13.	Yaklaşık Entropi Testi	0.10973	Başarılı
14.	Kümülatif Toplamlar Testi	0.74396	Başarılı
15.	Rasgele Yürüyüş Testleri	0.49135	Başarılı
16.	Rasgele Yürüyüş Değişken Testleri	0.89410	Başarılı

5. Sonuçlar

Sunulan bu çalışma da, FPGA çiplerinde çalışmak üzere YSA-tabanlı VdP osilatörü ile ring osilatörü kullanılarak yüksek hızlı YSA-tabanlı hibrit bir GRSÜ ünitesi tasarımı yapılmıştır. YSA-tabanlı kaotik osilatör tasarımı için Elliott-93 yaklaşım kullanılmış ve bu yaklaşım GRSÜ ünitesine uygulanmıştır. YSA-tabanlı hibrit tasarım VHDL dilinde kodlanmış ve tasarımlar için 32-bit IEEE-754-1985 tek hassasiyetli kayan noktalı sayı standardı kullanılmış ve Xilinx ISE Design Tools programında sentezlenerek Place-Route işleminin ardından ünitenin maksimum çalışma frekansı 241 MHz olarak gözlemlenmiştir. Tasarımı yapılan YSA-tabanlı hibrit

GRSÜ ünitelerinin üretmiş olduğu rasgele bit dizilerinin rasgele olup olmadığının belirlenebilmesi amacı ile NIST-800-22 testleri gerçekleştirilmiş ve testlerinin tümünden Elliott-93 tabanlı hibrit GRSÜ başarılı bir şekilde geçmiş ve ünitelerinin bit üretim hızları yaklaşık olarak 241 Mbit/s olarak elde edilmiştir.

6. Kaynaklar

- [1] I. Sahin and I. Koyuncu, "Design and Implementation of Neural Networks Neurons with RadBas, LogSig, and TanSig Activation Functions on FPGA," *Electron. Electr. Eng.*, vol. 120, no. 4, pp. 51–54, Apr. 2012.
- [2] Ü. Çavuşoğlu, Y. Uyaroğlu, and İ. Pehlivan, "Design of A Continuous-Time Autonomous Chaotic Circuit and Application of Signal Masking," *J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ.*, vol. 29, no. 1, pp. 79–87, Mar. 2014.
- [3] M. Alcin, I. Koyuncu, M. Tuna, M. Varan, and I. Pehlivan, "A novel high speed Artificial Neural Network-based chaotic True Random Number Generator on Field Programmable Gate Array," *Int. J. Circuit Theory Appl.*, vol. 47, no. 3, pp. 365–378, Mar. 2019.
- [4] R. Ahmed, M. El Sayed, S. A. Gadsden, J. Tjong, and S. Habibi, "Automotive Internal-Combustion-Engine Fault Detection and Classification Using Artificial Neural Network Techniques," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 64, no. 1, pp. 21–33, Jan. 2015.
- [5] M. Tuna and C. B. Fidan, "A Study on the importance of chaotic oscillators based on FPGA for true random number generating (TRNG) and chaotic systems," *J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ.*, vol. 2018, no. 2018, pp. 1–1, 2018.
- [6] I. Koyuncu, "Implementation of High Speed Tangent Sigmoid Transfer Function Approximations for Artificial Neural Network Applications on FPGA," *Adv. Electr. Comput. Eng.*, vol. 18, no. 3, pp. 79–87, Aug. 2018.
- [7] İ. Koyuncu and M. Tuna, "Implementation of Elliott-2 Based Tangent Sigmoid Transfer Function For Embedded Artificial Neural Network Applications on FPGA," in *International Conference on Computer Science and Engineering-2016*, 2016, no. October, pp. 20–23.
- [8] I. Koyuncu, "Design and Implementation of High Speed Artificial Neural Network Based Sprott 94 S System on FPGA," *Int. J. Intell. Syst. Appl. Eng.*, vol. 4, no. 2, p. 33, May 2016.
- [9] S. Himavathi, D. Anitha, and A. Muthuramalingam, "Feedforward Neural Network Implementation in FPGA Using Layer Multiplexing for Effective Resource Utilization," *IEEE Trans. Neural Networks*, vol. 18, no. 3, pp. 880–888, May 2007.
- [10] Z. Lin, Y. Dong, Y. Li, and T. Watanabe, "A hybrid architecture for efficient FPGA-based implementation of multilayer neural network," in *2010 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems*, 2010, pp. 616–619.
- [11] S. Sahin, Y. Becerikli, and S. Yazici, "Neural Network Implementation in Hardware Using FPGAs," in *International Conference on Neural Information Processing*, 2006, pp. 1105–1112.
- [12] M. Alcin, İ. Pehlivan, and İ. Koyuncu, "Hardware design and implementation of a novel ANN-based chaotic generator in FPGA," *Opt. - Int. J. Light Electron Opt.*, vol. 127, no. 13, pp. 5500–5505, Jul. 2016.
- [13] İ. Koyuncu, İ. Şahin, C. Gloster, and N. K. Sarıtekin, "A Neuron Library for Rapid Realization of Artificial Neural Networks on FPGA: A Case Study of Rössler Chaotic System," *J. Circuits, Syst. Comput.*, vol. 26, no. 01, p. 1750015, Jan. 2017.
- [14] F. Mohd-Yasin, A. L. Tan, and M. I. Reaz, "The FPGA prototyping of iris recognition for biometric identification employing neural network," in *Proceedings. The 16th International Conference on Microelectronics*, 2004. ICM 2004., pp. 458–461.
- [15] N. Bochar, F. Bernard, and V. Fischer, "Observing the Randomness in RO-Based TRNG," in *2009 International Conference on Reconfigurable Computing and FPGAs*, 2009, pp. 237–242.
- [16] M. Tuna, C. B. Fidan, I. Koyuncu, and I. Pehlivan, "Real time hardware implementation of the 3D chaotic oscillator which having golden-section equilibria," in *2016 24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU)*, 2016, pp. 1309–1312.
- [17] M. Tuna, I. Koyuncu, C. B. Fidan, and I. Pehlivan, "Real time implementation of a novel chaotic generator on FPGA," in *2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2015, pp. 698–701.
- [18] M. Alcin, İ. Pehlivan, and İ. Koyuncu, "A Chaos Based Signal Masking Application Using Sprott 94 S System," in *9th International Conference on Information Security and Cryptology*, 2016, pp. 166–171.
- [19] I. Koyuncu, A. T. Ozcerit, and I. Pehlivan, "An analog circuit design and FPGA-based implementation of the Burke-Shaw chaotic system," *Optoelectron. Adv. Materials-Rapid Communications*, vol. 7, no. 9, pp. 635–638, Sep. 2013.
- [20] S. Vaidyanathan, "Anti-synchronization of Mathieu-Van der Pol Chaotic Systems via Adaptive Control Method," *Int. J. ChemTech Res.*, vol. 8, no. 11, pp. 638–653, 2015.
- [21] M. L. Overton, *Numerical Computing with IEEE Floating Point Arithmetic*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2001.
- [22] D. L. Elliott, "A Better Activation Function for Artificial Neural Networks," *Inst. Syst. Res.*, 1993.

- [23] I. Koyuncu, A. T. Ozcerit, and I. Pehlivan, "Implementation of FPGA-based real time novel chaotic oscillator," *Nonlinear Dyn.*, vol. 77, no. 1–2, pp. 49–59, Jul. 2014.
- [24] K. Wold and C. H. Tan, "Analysis and Enhancement of Random Number Generator in FPGA Based on Oscillator Rings," *Int. J. Reconfigurable Comput.*, vol. 2009, pp. 1–8, 2009.

EFFECT OF FUEL INJECTION PRESSURE ON PERFORMANCE AND EMISSION CHARACTERISTICS OF AN ELECTRONICALLY CONTROLLED SINGLE-CYLINDER DIESEL ENGINE FUELLED WITH WASTE BIODIESEL

Mustafa Aydın^{1*}, M. Bahattin Çelik²

¹Karabük Üniversitesi, TOBB MYO, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü

m.aydin@karabuk.edu.tr

² Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü

mcelik@karabuk.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Bu çalışmada tek silindri klasik bir dizel motorun yakıt sistemi, enjeksiyon parametrelerinin değiştirilmesine izin veren Elektronik Kontrollü Yakıt Sistemi'ne (EKYS) dönüştürülerek performans ve emisyonların iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Deney motoru klasik yakıt enjeksiyon sistemi sökülerek yerine EKYS monte edilmiştir. EKYS ile püskürtme basıncının, püskürtme avansının ve püskürtme süresinin anlık değişimi sağlanmıştır. EKYS Elektronik Kontrol Ünitesi (EKÜ) için Altera DE2 FPGA geliştirme kiti kullanılmıştır. EKYS enjeksiyon parametrelerinin motorun durdurulmasına gerek kalmadan ve mekanik bir eleman değişimi yapmadan ayarlanmasına imkân vermektedir. Deneysel çalışmalar sırasında test motorunda alternatif yakıt olarak atık yağlardan elde edilen biyodizel kullanılarak motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre biyodizel kullanımının dizel motor emisyonlarına olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Biyodizel yakıtı ile çalışmada; enjeksiyon basıncı değişimi ile HC emisyonunda %19, CO emisyonunda %18, is emisyonunda %15 oranında azalma elde edilirken NOx emisyonunda ise %5 oranında artış görülmüştür. Ayrıca enjeksiyon basıncının değişimi ile efektif verimde %3 artış elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dizel motor, elektronik kontrol, alternatif yakıt, atık biyodizel, performans, emisyon,

1. Giriş

Dizel motorlar ulaşım başta olmak üzere endüstriyel imalat, nakliye, enerji üretimi, ağır iş makineleri ve sabit tesis gibi birçok alanda ihtiyaç duyulan gücün karşılanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte dizel motorları otomotiv sektöründe de yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve son yıllarda pazar payında ciddi bir artış yakalayarak benzinli motorların önüne geçmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2018 Mayıs ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı 12 milyon 248 bin 784 adet otomobilin % 38'i LPG'li, % 36'sı dizel, % 25,5'i benzin yakıtlıdır [1]. Dünya Motorlu Taşıt Üreticileri Organizasyonu verilerine göre, 2012 yılında 63,081,024 adet olan sektördeki toplam üretim 2017 yılında % 15 oranında artarak 73,456,531 adede çıkmıştır [2]. Bu verilere baktığımızda ülkemiz ve dünya genelinde motorlu araç sayısının fazlalığından kaynaklanan akaryakıt talebi ve kirletici emisyonların ne kadar ürkütücü boyutlara ulaştığı anlaşılmaktadır. Sayısı gün geçtikçe artan motorlu taşıtlardan kaynaklanan zehirli egzoz emisyonlarının hava kirliliğinde önemli bir payı bulunmaktadır. Dizel motorlar hava fazlalığı ile çalıştıklarından benzinli motorlara kıyasla verimleri yüksek, karbonmonoksit (CO) ve karbondioksit (CO₂) emisyonları düşük olsa da azot oksit (NO_x) ve partikül madde (PM) emisyonları hala yüksektir. Bu zararlı emisyonların her geçen gün daha sıkı sınırlandırmalar getirilen emisyon standartlarına uygun olacak şekilde en aza indirilmesi günümüz dizel motorlarının en önemli araştırma konularındadır.

Dizel motor, aynı boyut aralığında diğer motor tipleri ile karşılaştırıldığında düşük maliyetle yüksek güç üretmesi nedeniyle çok yüksek bir kullanım oranına sahiptir. Dizel motorların yaygın kullanımına bağlı olarak dizel motorlarla ilgili temel araştırma başlıkları, motor performansını artırırken yakıt tüketimini ve zararlı emisyonları azaltmaktır. Dünya çapında mevcut fosil yakıt rezervlerinin kullanım ömürlerinin oldukça azalması ve her geçen gün daha sıkı kurallar getirilen emisyon standartları nedeniyle dizel motorlar için çevre dostu yakıtlar ve yakıt sistemleri geliştirmek bu motorlarla ilgili öne çıkan araştırma konularıdır. Dizel motorlarda, alternatif yakıtları kullanarak motor performansını iyileştirmek ve zararlı emisyonları azaltmak için yapılan birçok çalışma vardır [3–6]

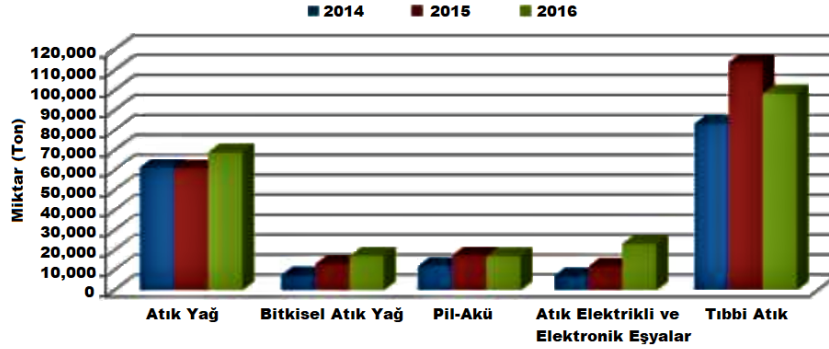
Dizel motorlarda birincil yakıt olarak dizel kullanılmakla birlikte alternatif yakıt olarak birçok sıvı veya gaz yakıt kullanılmaktadır. Bitkisel yağ, hayvansal yağ, atık plastikler ve atık pişirme yağları gibi çeşitli kaynaklardan üretilen biyodizel, atık lastiklerden elde edilen Lestik Piroliz Yakıt (LPY) ve çeşitli alkol karışımları, dizel motorlarda kullanılan alternatif sıvı yakıtlardandır [7–15]. Sıvı yakıtlara ek olarak, hidrojen, Sıkıştırılmış Doğal Gaz (CNG), Dizel Metil Ester (DME), biyogaz ve sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG) gibi gaz yakıtları da dizel motorlarda kullanılabilir [16–21].

Dizel motorlarda kullanılan alternatif sıvı yakıtlardan olan biyodizelin petrol kökenli yakıtlarla karşılaştırıldığı zaman emisyon değerleri daha düşük olduğundan çevre ve insan sağlığına olan zararları daha azdır. Biyodizel bitkisel ve hayvansal yağların yanı sıra yosunlar, atık plastikler ve atık motor yağları gibi birçok yenilenebilir enerji kaynağı kullanılarak üretilmektedir. Günümüzde biyodizel yakıtların yaygın olarak kullanılmamasının sebebi üretim maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Atık yağlardan üretilen biyodizel üretim maliyetlerini düşürmesi açısından büyük önem arz etmekte, ayrıca çevre sağlığına da katkı sağlamaktadır. Biyodizel

kullanımı dizel yakıtına kıyasla egzoz emisyon değerlerinin düşürmesinin yanında çevreye bilinçsizce atılan atık yağların toprak ve suya karışarak doğaya verdiği zararın önüne geçilmesine katkıda bulunmaktadır. Dizel motorların yanma odası veya yakıt enjeksiyon sisteminde kapsamlı bir değişikliğe gitmeden kullanılabilir olması da biyodizel kullanımının diğer bir olumlu tarafıdır. Biyodizel gelecekte dizel yakıtının yerini alabilecek, yenilenebilir, toksin etkisi olmayan ve doğada kolay bozunabilir bir yakıttır [5,22–27].

Biyodizel üretiminde ağırlıklı olarak bitkisel yağların ve hayvansal yağların kullanılması üretim maliyetlerini oldukça artırmaktadır. Atık yağlardan biyodizel üretimi, maliyetinin düşük olmasının yanında atık yağların çevreye verdiği olumsuz etkilerin ortadan kalkmasına da büyük fayda sağlamaktadır. Aksi halde atık yağlar çevreye bilinçsiz bir şekilde atılmaktadır. Özellikle sanayi ve evlerimizde kullandığımız yağların, logar ve lavabolar vasıtası ile atılması ve doğaya karışması neticesinde tam bir çevre felaketi yaşanmaktadır. Atık yağlar toprağa karıştığında, toprağın yapısını bozarak bitki örtüsüne zarar vermekte ve verim kaybına neden olmaktadır. Ayrıca lavaboya dökülen atık yağlar dren sistemine sızarak zamanla kanalizasyon sistemini daraltarak tıkanmasına da sebep olmaktadır. Ayrıca evsel atık sularının içinde bulunan yağları, biyolojik olarak arıtmak mümkün değildir. Çöpe dökülen atık yağlar, çöp depolama alanında sık sık yangınların çıkmasına neden olmaktadır. Çöpe atıldığında, önce toprağa ardında da yağmur suları ile yeraltı temiz su kaynaklarına ulaşarak kirliliğe neden olmaktadır. Yağlar suların yüzeyini kaplayarak havadan suya oksijen transferini önler. Zamanla su bozularak, oksijenin tükenmesini hızlandırır ve suda yaşayan canlıların ölmesine sebep olurlar. Aynı zamanda denizlerde denizanası oluşumunu artırarak, deniz kirliliğini hızlandırır. Bir litre atık yağ bir milyon litre suyu kirlilemektedir. Bu çapta büyük çevre felaketlerine sebep olabilecek atık yağların çevreye atılması yasalarla, atık yağ toplama kampanyalarıyla azaltılmaya çalışılmaktadır [28].

2016 yılı Tehlikeli Atık Beyan Sistemi TABS verilerine göre ülkemizdeki bitkisel atık yağ miktarı 7,234 ton iken, 2016 yılında bu rakam 17,070 ton değerine çıkmıştır. 2016 yılında atık yağ miktarında bir önceki yıla göre yaklaşık %10 artış, bitkisel atık yağ miktarında ise bir önceki yıla göre yaklaşık %30 artış gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 1'de 2014-2016 yıllarında gerçekleşen özel ve tıbbi atık dağılımı görülmektedir. Bitkisel atık yağın toplam atık dağılımındaki payı bir yıl içinde iki katına çıkararak %7,61 olmuştur [29]. Artan nüfusla birlikte bu payın daha da artacağı düşünülmektedir.



Şekil 32. 2014 ve 2016 yılları arasındaki özel ve tıbbi atık dağılımı [29].

Bitkisel yağlardan biyodizel üretimi ve dizel motorlarında kullanılması ülkemizin mevcut durumu göz önünde bulundurulduğunda oldukça yüksek maliyete neden olmaktadır. Ancak atık yağların değerlendirilerek biyodizel olarak geri dönüşümü ve dizel yakıtı yerine kullanılması hem çevreye atık olarak verdiği zararı ortadan kaldıracak hem de mevcut şartlarda ortaya çıkan bu yüksek maliyeti oldukça düşürecektir. Bitkisel atık yağların geri dönüşüme uğramadan atılması ciddi çevre problemlerine neden olmaktadır. Küçük ölçekli bireysel tip ev mutfaklarından büyük ölçekli endüstriyel tip yemek fabrikalarına kadar birçok mutfakta dikkatsizce lavaboya dökülen atık bitkisel yağlar zamanla kanalizasyon sistemini tıkayarak büyük maliyetler ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca atık bitkisel yağların herhangi bir işleminden geçirilmeden çevreye atılması yer altı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır [30]. Endüstriyel ve evsel atık yağların değerlendirilerek biyodizel olarak kullanılmasının hem çevresel hem de ekonomik açıdan pek çok avantajı bulunmaktadır.

Gürü vd. tarafından yapılan çalışmada atık tavuk yağından elde edilen biyodizel yakıtına magnezyum katkısı yaparak tek silindirli bir dizel motorda motor performansı ve yanma karakteristiğine etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında dizel yakıtına magnezyum katkılı biyodizel ekleyerek saf dizel yakıtı ile kıyaslamışlardır. Deneysel sonuçlara göre dizel yakıtına ilave edilen biyodizelin CO ve is emisyonlarını azaltırken NO_x emisyonlarını bir miktar artırdığını ifade etmişlerdir. Biyodizelin maksimum yanma basıncının ve oksijen içeriğinin dizel yakıtına kıyasla daha yüksek olmasının NO_x emisyonu artışında rolü olduğunu belirtmişlerdir [31].

Behçet ve Çakmak tarafından yapılan çalışmada dizel bir motorda balık yağından elde edilen biyodizel karışımlarının motor performans ve emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Biyodizel miktarı arttıkça dizel yakıtına göre motor momenti, motor gücü, SO₂ ve CO emisyonunda azalma meydana gelirken özgül yakıt tüketimi, egzoz gazı sıcaklığı ve NO_x emisyonunda artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Balık yağından elde edilen biyodizelin dizel yakıtına benzer özellikler gösterdiği ve bu sebeple egzoz emisyonlarını azaltıcı yönde etkilerinden dolayı dizel yakıtına alternatif bir yakıt olarak kullanılabilirliği belirlenmiştir [32].

Sugözü vd. yaptıkları çalışmada, atık motor yağlarını toz, metal parçacıkları, kükürt ve su gibi maddelerden arıtarak, dizel motorlarında kullanılabilir yakıt elde ettikleri yakıtın motor performansı ve egzoz emisyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. %5, %10, %15 oranlarında atık motor yağı bir dizel motorda kullanılarak, motor performans ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırmışlardır. Atık motor yağından yaklaşık %10 oranında dizel motorlarda kullanılabilir dizel benzeri yakıt elde etmişlerdir. 1200-2400 d/d ve tam yük pozisyonunda dizel yakıtına %5, %10, %15 oranlarda atık motor yağı katılarak yapılan

deneylerde motor performansının düştüğünü, tork ve efektif gücün dizel yakıtına göre daha düşük, özgül yakıt tüketiminin ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen karışım yakıtlarının CO ve NO_x emisyon değerlerinin dizel yakıtına göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir [33].

Behçet vd. yaptıkları çalışmada, atık kızartma yağı metil esterinin dizel motorunda, motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini araştırmışlardır. Çalışmalar değişik karışım oranlarında ve motor hızlarında yapılmıştır. Yapılan çalışmaların sonucunda elde edilen motor momenti ve efektif motor gücü dizel yakıtından biraz düşük, yakıt tüketimi ise fazla çıkmıştır. Aynı devirlerde elde edilen değerler birbirine yakın çıkmıştır. Emisyon deneylerinde ise, NO_x ve O₂, metil ester karışımlarında dizel yakıtından daha yüksek çıkmıştır. HC, CO₂ ve CO emisyonları metil ester karışımlarında daha düşük seviyelerinde kalmıştır. Motor emisyonlarında metil ester karışımlarının genel olarak çevreye daha az zararlı olduğu belirlenmiştir [34].

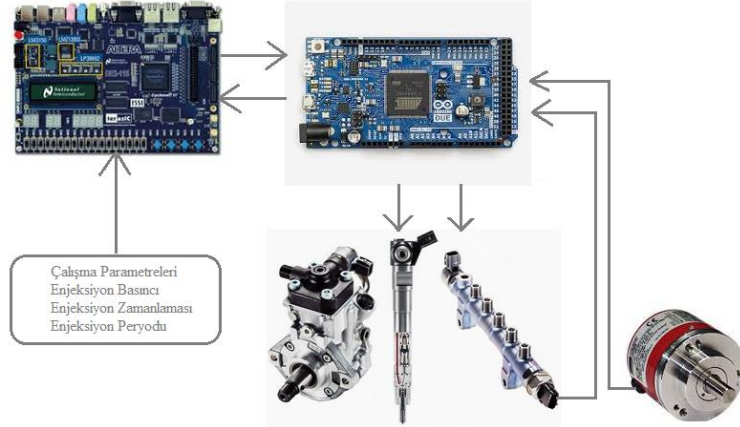
Gümüş vd. yaptıkları çalışmada biyodizel yakıtının değişik enjeksiyon basınçlarında egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında enjeksiyon basıncını değiştirebilmek için enjektörün içini açarak enjektör yayı altına 0.2 mm kalınlığında basınç ayar pulları yerleştirmişlerdir. Her bir basınç ayar pulu için enjeksiyon basıncının 2 MPa arttığını ifade etmişlerdir [35].

Sayın ve Çanakçı yaptıkları çalışmada çift yakıtlı bir dizel motorda enjeksiyon zamanlamasının egzoz emisyonlarına ve motor performansına etkilerini incelemişlerdir. Dizel yakıtına %0 dan %15 e kadar %5 oranla etanol ilave ederek oluşturdukları dört farklı yakıt karışımının değişik enjeksiyon zamanlamalarında motor performans ve emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Homojen bir yakıt karışımı oluşturmak için yakıt karışımlarını deneye başlamadan hemen önce hazırlamışlar, ayrışmayı önlemek için de yakıt tankı içine bir mikser koymuşlardır. Enjeksiyon avansını değiştirebilmek için yakıt pompası ve motor gövdesi arasına 0.25 mm kalınlığında basınç ayar şimi yerleştirmişlerdir. Ekledikleri her bir basınç ayar şimi için enjeksiyon avansının 3° Krank Mili Açısı (KMA) kadar arttığını ifade etmişlerdir [36].

2. Materyal ve Metot

2.1. Mekanik ve Elektronik Donanım

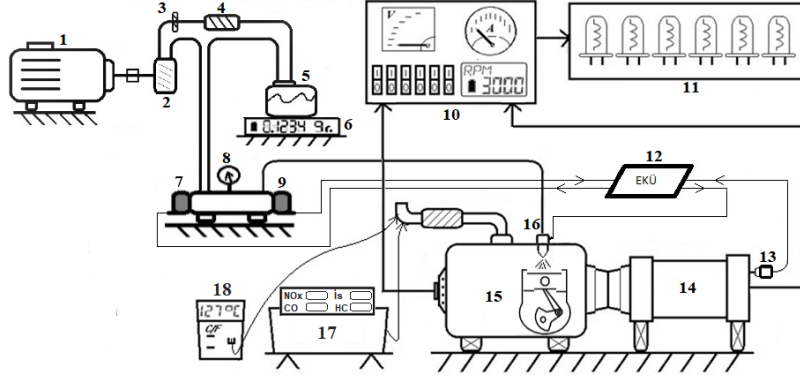
Deneyel çalışmaların ilk aşamasında test motoru klasik yakıt enjeksiyon sistemi sökülerek yerine EKYS monte edilmiştir. EKYS EKÜ için Altera DE2 ve Arduino mega kartları kullanılmıştır. Şekil 2'de EKYS için kullanılan mekanik ve elektronik donanım görülmektedir. EKÜ motor kam miline bağlı enkoder üzerinden motor devri ve anlık piston konum bilgisini almaktadır. Ayrıca EKÜ common rail yakıt hattı üzerinde bulunan yakıt basınç sensöründen anlık yakıt basıncı bilgisini alarak yakıt hattı üzerinde bulunan basınç kontrol valfine PWM sinyali göndererek istenilen basınç seviyesini ayarlamaktadır. Deneyler sırasında yakıt hat basıncının görsel olarak takip edilmesi için rail borusu üzerindeki enjektör çıkışlarından birine analog bir basınç göstergesi (manometre) eklenmiştir. Yüksek basınç pompasının tahrikini sağlamak için 2.2 kW gücünde üç fazlı asenkron motor kullanılmıştır.



Şekil 33. EKYS için kullanılan mekanik ve elektronik donanım

2.2. Deney Donanımı

EKYS'li dizel motor test düzeneği şeması Şekil 3'te görülmektedir. Deney düzeneğinde kullanılan materyaller sırası ile; 1- Elektrik motoru, 2- Yüksek basınç pompası, 3- Yakıt filtresi, 4- Besleme pompası, 5- Yakıt tankı, 6- Dijital terazi, 7- Basınç kontrol valfi, 8- Manometre, 9- Basınç sensörü, 10-Kontrol paneli, 11-Yük ünitesi, 12- EKÜ, 13- Enkoder, 14- Alternatör, 15- Dizel motor, 16- Selenoid enjektör, 17- Egzoz emisyon cihazı ve opasimetre, 18-Dijital multimetre ve termokupl' dur.



Şekil 34. EKYS'li dizel motor test düzeneği şematik görünümü.

Egzoz emisyon ölçümlerinin yapılmasında teknik özellikleri Tablo 1’de verilen SPIN ITALO PLUS marka egzoz emisyon cihazı ve opasimetre kullanılmıştır. Egzoz emisyon cihazı; CO (% vol), HC (ppm), NO_x (ppm) ve İs (%) emisyonlarını ölçebilmektedir. Cihaz optik absorpsiyon spektroskopisi yöntemi ile belirli bir dalga boyunda gaz sıcaklığı ve konsantrasyonunu ölçebilmektedir. Egzoz gazının içinden geçen lazer ışınının ölçüm sensörü üzerine düşen kısmının analiz edilmesi ile egzoz gazındaki anlık konsantrasyon ve sıcaklık hesaplanmaktadır.

Tablo 7. Egzoz Emisyon cihazı teknik özellikleri

Ölçülen Parametre	Ölçme Yöntemi	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
CO (% v/v)	NDIR	0~9.99	0.01
HC (ppm)	NDIR	0~2500	1
NO _x (ppm)	CLD	0~2000	1
İs (%)	NDIR	0~99	±2
Çalışma sıcaklığı (°C)		5-40	
Çalışma gerilimi (Vdc)		12	

2.3. Deneş Yakıtları

Deneyler sırasında D100 (saf dizel), B20 (%80 dizel + %20 biyodizel), B40 (%60 dizel + %40 biyodizel), B60 (%40 dizel + %60 biyodizel) yakıt karışımları olmak üzere dört farklı yakıt türü kullanılmıştır. Testlerde kullanılan yakıtların özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

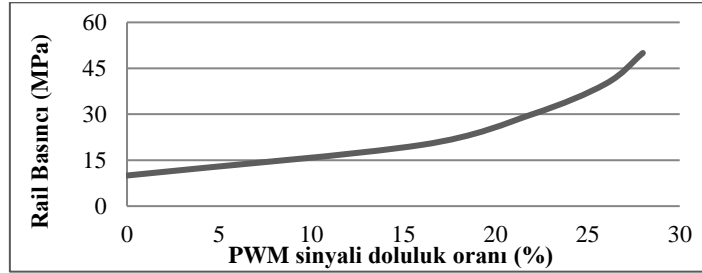
Tablo 8. Test yakıtlarının özellikleri

Yakıt	Dizel	Biyodizel
Kimyasal Yapısı	C ₁₃ H ₂₈	C ₁₈ H ₃₄
Alt ısıl değeri (kJ/kg)	42.500	39.576
Tutuşma sıcaklığı (°C)	240	316
Kaynama noktası (°C)	160-370	182-338
Setan sayısı	52	60,4
Kinematik vizkozite @ 40 °C	3	5
Yoğunluk (15 °C) (kg/L)	0,83	0,87
Gizli buharlaşma ısısı (MJ/kg)	0,260	0,325
Karbon/Hidrojen oranı (C/H)	~0,47	0,52

2.4. Deneş Şartları ve Deneşlerin Yapılışı

Motor performansı ve egzoz emisyonları testlerinde atık yağlardan elde edilen biyodizel ve dizel karışımlarının farklı enjeksiyon basınçlarında sabit devir değışken motor yüküne bağılı olarak motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Testler 200-400-600 bar enjeksiyon basıncı değerlerinde yapılmış olup çalışma ortamı ve deneş koşullarının durumu dikkate alınarak daha yüksek çalışma basınçlarına çıkılmamıştır. CRDI üzerinde bulunan basınç kontrol valfi 1 kHz frekans değerine sahip bir PWM sinyali ile tetiklenmektedir. Yakıt enjeksiyon basıncı bu PWM sinyalinin doluluk oranı ile ayarlanmaktadır. Şekil 4’te PWM sinyali doluluk oranı değışimine göre rail basıncında meydana gelen değışim görülmektedir. Test yakıtlarının 3000 d/d sabit devir, 500,750,1000,1250,1500 Watt değışken motor yüklerinde motor performansı (yakıt tüketimi, Fren Özgöl Yakıt Tüketimi, Egzoz Gaz Sıcaklığı, efektif verim) ve egzoz emisyonu (NO_x, HC, CO, İs) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deneşlerde, referans verilerini

oluşturmak için önce standart dizel yakıt kullanılmıştır. Daha sonra, değişik oranlardaki yakıt karışımları aynı deney şartları altında test edilmiştir. Deneysel ölçümlere başlamadan önce motor test yakıtları ile 90 °C çalışma sıcaklığına ulaşıncaya kadar çalıştırılmıştır. Yük ünitesi üzerinden motor yüklenerek stabil çalışmaya başladıktan sonra ölçümler alınmıştır. Deneysel çalışmalar esnasında her bir ölçüm noktasında 3'er kez tekrarlanan ölçümlerin ortalaması alınmıştır

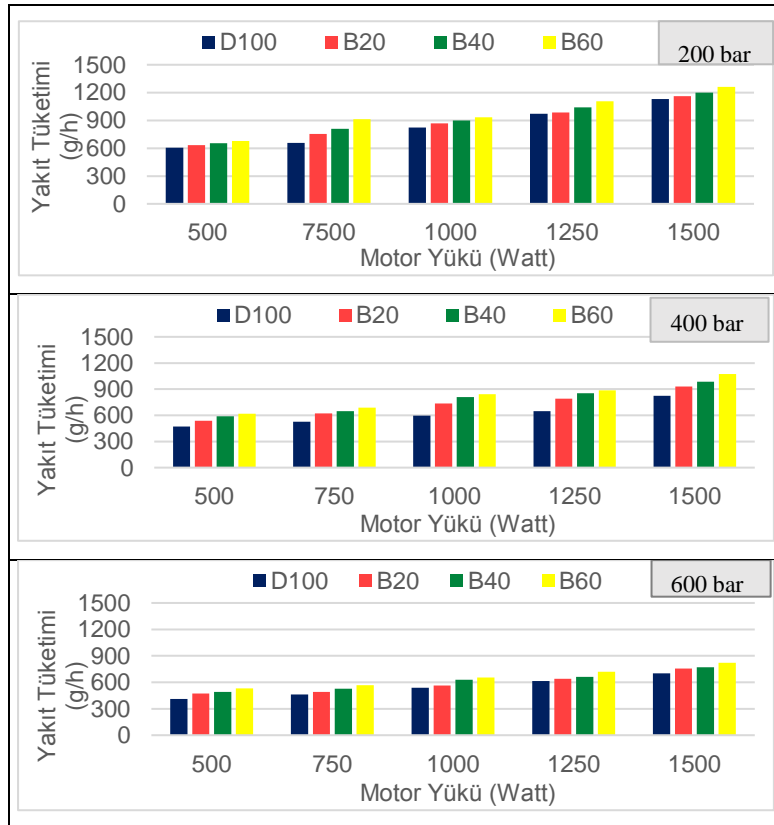


Şekil 35. PWM sinyali doluluk oranına bağlı yakıt basıncı değişimi

3. Deneysel Bulgular ve Tartışma

3.1. Motor Performansı

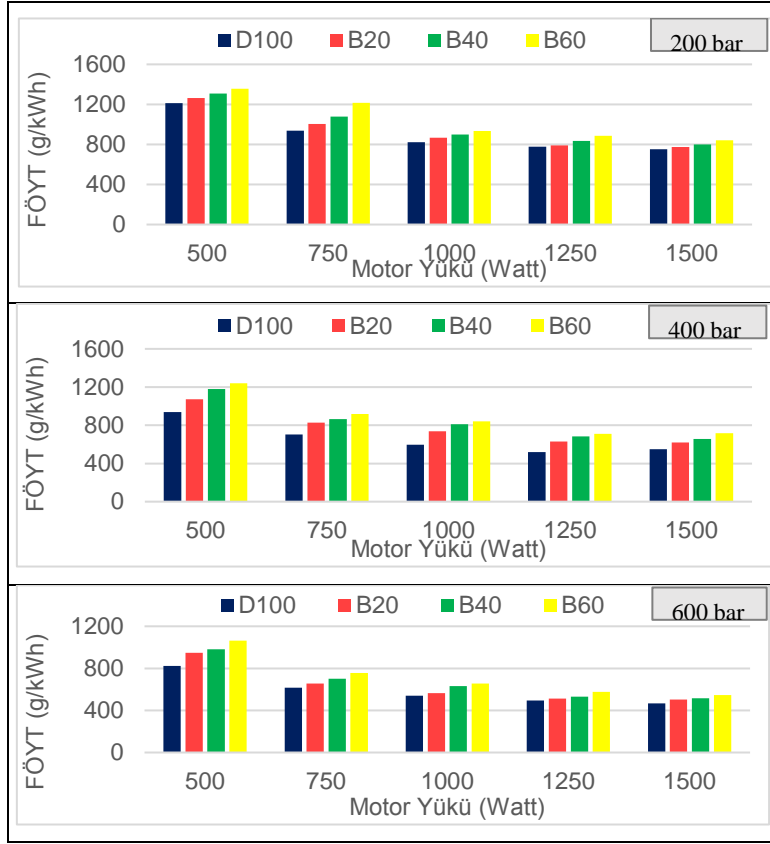
Test yakıtlarının motor yüküne ve enjeksiyon basıncına göre yakıt tüketimleri grafiği Şekil 5'te verilmiştir. Biyodizel karışumlu yakıt dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında tüm motor yükü ve enjeksiyon basıncı koşulları için yakıt tüketimini ortalama %15 civarında daha fazla olduğu görülmüştür. Biyodizel yakıtın alt ısıl değerinin düşük olmasının bu durumda etkili olduğu düşünülmektedir. Aynı motor gücünü sağlamak için biyodizel içeriğine bağlı olarak motor yakıt tüketimi de fazla olmuştur. Artan motor yüküne bağlı olarak test yakıtlarının yakıt tüketimleri artarken enjeksiyon basıncının artması yakıt tüketimlerini düşürmüştür. Enjeksiyon basıncının azalması yakıt demetindeki tanecik çapının büyümesine, bu da tutuşma gecikmesi süresinin ve yakıt tüketiminin artmasına neden olur. Enjeksiyon basıncının artması ise yakıtın daha iyi atomizasyon olmasını sağladığı için silindir içinde daha verimli bir yanma oluşmasını sağlar. Aynı zamanda yakıt demeti içindeki tanecik çapının küçülmesi soğutma etkisi de oluşturarak yanmaya katkıda bulunur [35,37–39].



Şekil 36. Farklı enjeksiyon basınçlarında test yakıtlarının yakıt tüketimine etkisi

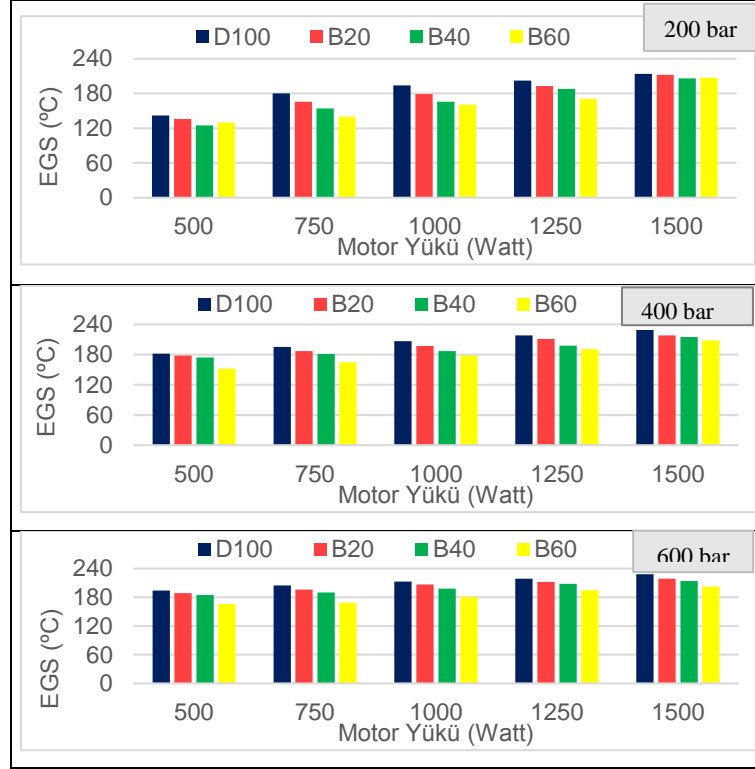
Motor yükü ve test yakıtların FÖYT'e etkisi şekil 7.16'da verilmiştir. Tüm motor yüklerinde yakıt karışımı içindeki biyodizel oranının artması ile FÖYT'de yaklaşık ortalama %3'lük bir artış gözlenmiştir. Bunun nedeni biyodizelin alt ısıl değerinin dizel

yakıtına göre düşük olmasıdır. Tüm test yakıtları için motor yükü arttıkça FÖYT’de iyileşme gözlenmiştir. Yük arttıkça FÖYT’ün düşmesinin nedeni yanma veriminin artması ve ısı kayıpların azalmasıdır.



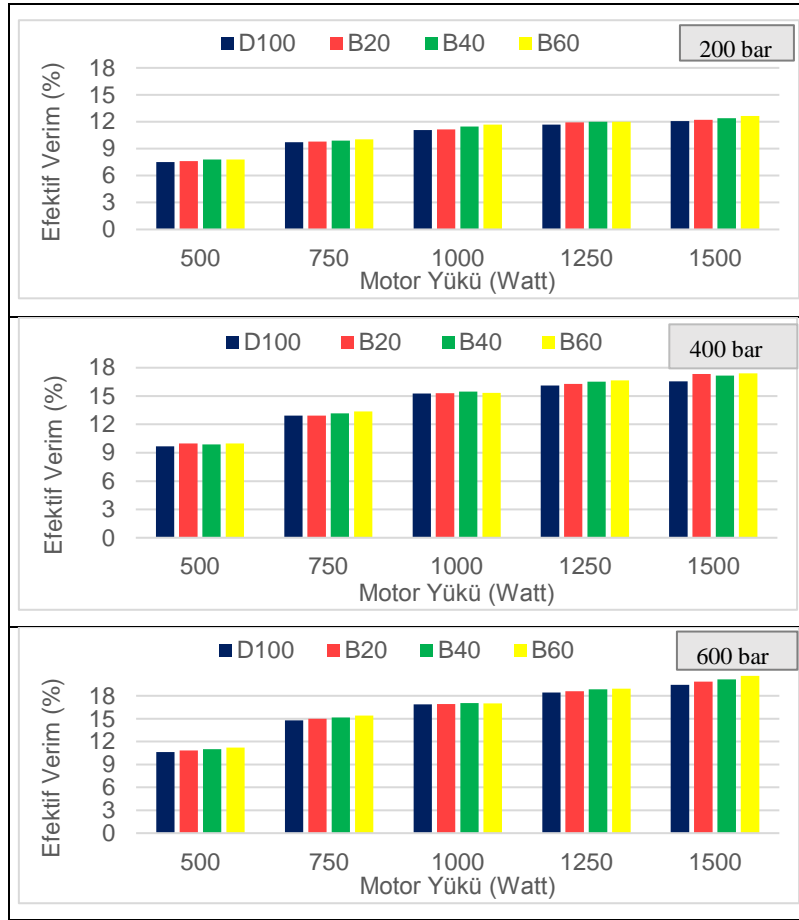
Şekil 37. Farklı enjeksiyon basınçlarında test yakıtlarının FÖYT’e etkisi

Test yakıtlarının motor yüküne bağlı olarak değişik enjeksiyon basınçlarında EGS’ye etkisi Şekil 7.18’ de verilmiştir. Tüm motor yüklerinde enjeksiyon basıncının artması ile birlikte EGS’de artış gözlenmiştir. Yakıt karışımındaki biyodizel oranı artışına bağlı olarak EGS de düşüş gözlemlenmiştir. Bunun nedeni; biyodizel yakıtının standart dizel yakıtına göre daha uçucu ve daha düşük alt ısı değere sahip olmasıdır. Biyodizel karışım yakıtlarının alt ısı değerinin düşük olması yanma sonu sıcaklıklarının dizel yakıtına göre daha düşük çıkmasına neden olur. Bunun yanında yüksek uçuculuğa sahip yakıtlar buharlaşırken çevrelerinden ısıyı çekerek soğutma etkisi sağlarlar ve EGS’ yi düşürürler [40]. Düşük motor yüklerinde tutuşma gecikmesi süresi arttığından silindir içindeki düşük basınç ve sıcaklıklar yakıt karışımının daha iyi tutuşmasını ve yanmasını engellemektedir. Ancak yüksek motor yüklerinde dizel yakıtının tutuşma gecikmesi süresi kısaldığından silindir içindeki basınç ve sıcaklıkların nispeten artması yakıt karışımının daha iyi tutuşmasını ve yanmasını sağlamıştır. Silindir içindeki yanma reaksiyonunun iyileşmesi EGS’yi artırmıştır.



Şekil 38. Farklı enjeksiyon basınçlarında test yakıtlarının EGS'ye etkisi

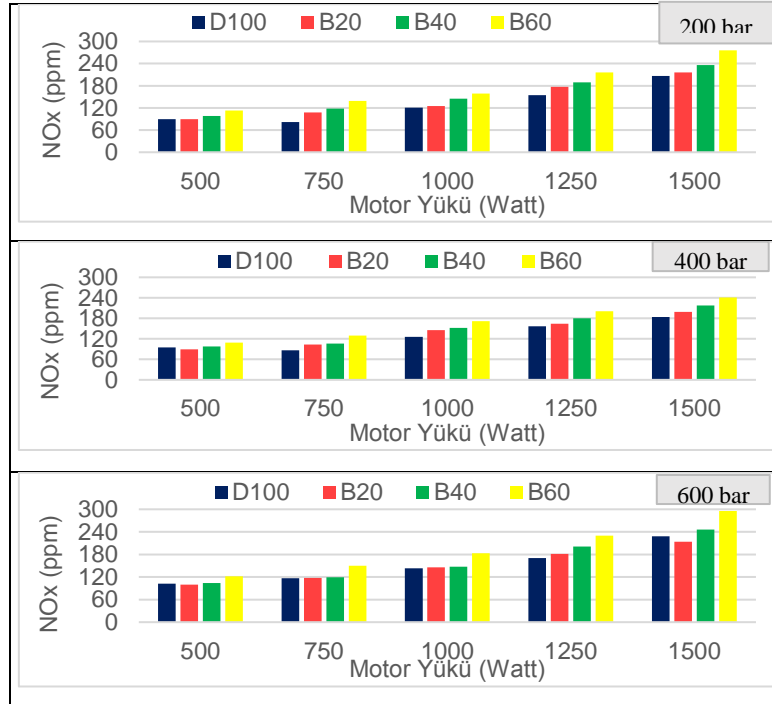
Motor yüküne bağlı olarak test yakıtlarının farklı enjeksiyon basınçlarında efektif verim üzerine etkisi Şekil 8' de gösterilmiştir. Motor yükü arttıkça efektif verim de artmaktadır. Yük arttıkça yanma verimi artmakta ve ısı kayıpları azalmaktadır. Biyodizel kullanımıyla efektif verimde artma olmuştur. Biyodizelin yapısında oksijen bulunması yanmayı iyileştirmektedir. Nitekim biyodizel kullanımıyla CO, HC ve is emisyonlarının dizel yakıtına göre daha düşük çıkması verimin arttığını göstermektedir. Ayrıca enjeksiyon basıncının artması ile silindir içerisine püskürtülen yakıt spreyi tanecik boyutu küçülmüş ve daha homojen bir hava-yakıt karışımı sağlanmıştır.



Şekil 39. Farklı enjeksiyon basınçlarında test yakıtlarının efektif verime etkisi

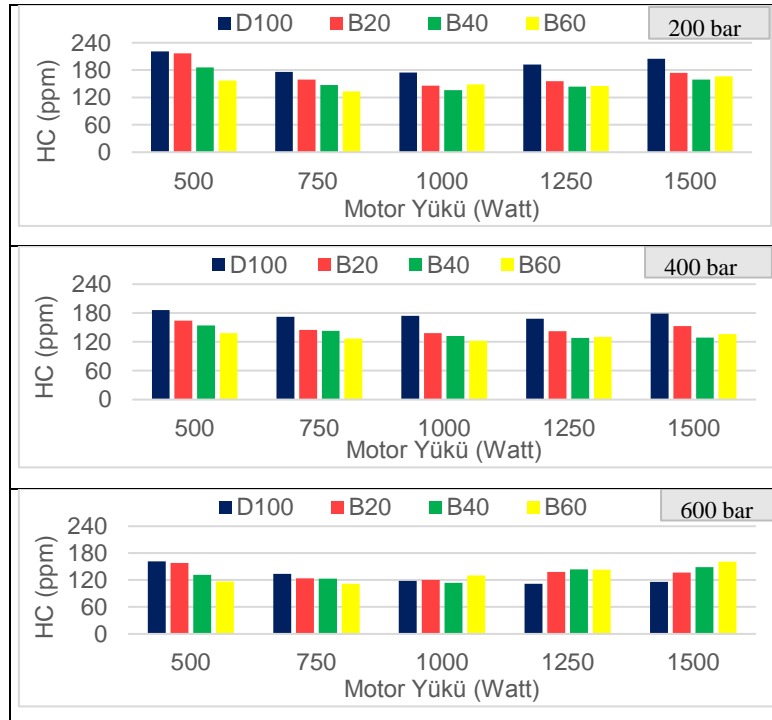
3.2. Egzoz Emisyonları

NO_x emisyonları silindir içindeki yakıt-hava karışımının içerisinde bulunan azotun yanma sonu oluşan yüksek sıcaklıklarda oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu oluşmaktadır. NO_x emisyonlarının yanma sonunda silindir içinde 1800 °C lere varan yüksek sıcaklıklar nedeniyle nitrojenin oksijenle tepkimeye girmesi sonucu oluştuğu bilinmektedir. Otomotiv endüstrisinde silindir içerisinde daha iyi bir yanma ve efektif verimin artması istenirken aslında bu durum NO_x emisyonlarının yükselmesine doğrudan etki etmektedir. Motor yükünün artması ile birlikte, silindir içerisine daha zengin karışım gönderildiğinden yanma sonu sıcaklıklar artmakta bu da NO_x emisyonlarını artırmaktadır. Silindir içinde yer yer oluşan zengin karışımlar dizel motorların artan yük nedeniyle oluşan sıcaklık artışına daha az duyarlı olmasına neden olmaktadır [40–42]. Şekil 9 incelendiğinde tüm test yakıtları için NO_x miktarının motor yükü ve enjeksiyon basıncına bağlı olarak arttığı görülmektedir. Yakıt karışımı içerisindeki biyodizel oranı arttıkça NO_x emisyonları da artış göstermiştir. Bunun sebebi biyodizel yakıtının oksijen içeriğinin, dizel yakıtına göre daha yüksek olmasından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca biyodizel yakıtın yüksek kendi kendine tutuşma sıcaklığının tutuşma gecikmesi süresinin uzamasına ve yanma sırasındaki basınç artış hızının artmasına neden olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, NO_x, birim KMA başına silindir basıncındaki aşırı değişim ve çevrimin maksimum sıcaklığının artması nedeniyle artacaktır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar NO_x emisyonları açısından literatürdeki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.



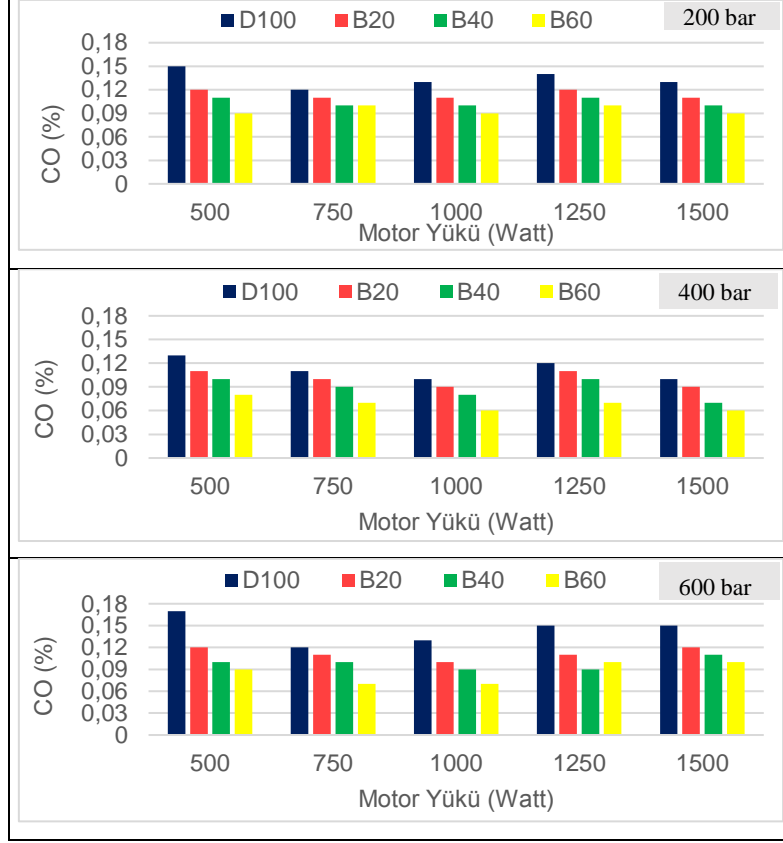
Şekil 40. Farklı enjeksiyon basınçlarında test yakıtlarının NOx emisyonuna etkisi

HC emisyonlarının oluşmasının ana nedeni özellikle fakir karışımlarda ortaya çıkan düşük yanma sonu sıcaklıkları, yetersiz oksijen miktarı, yer yer oluşan zengin karışımlar için yetersiz yanma süresi, eksik yanma nedeniyle oluşan yanmamış yakıt miktarı gibi etmenlerdir. HC emisyonlarının oluşumu silindir içerisine gönderilen yakıtın hepsinin yanmaması sonucu dışarı atılan yakıtın kaynaklanmaktadır. Şekil 10'da test yakıtlarının motor yükü ve enjeksiyon basıncına bağlı olarak HC emisyonuna etkisi görülmektedir. HC emisyonunun motor yükü arttıkça azaldığı gözlemlenmiştir. Dizel yakıtının HC emisyonunun biyodizel yakıtına göre yüksek olması biyodizel karbon içeriğinin D100 yakıtına göre daha düşük olduğundan kaynaklanmaktadır. Karbon içeriği daha yüksek yakıtlar karışımı zenginleştirmekte ve HC emisyonlarını artırmaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar HC emisyonları açısından literatürdeki bazı çalışmalar ile benzerlik gösterirken, bazı çalışmalarda ise farklı sonuçlar göstermiştir.



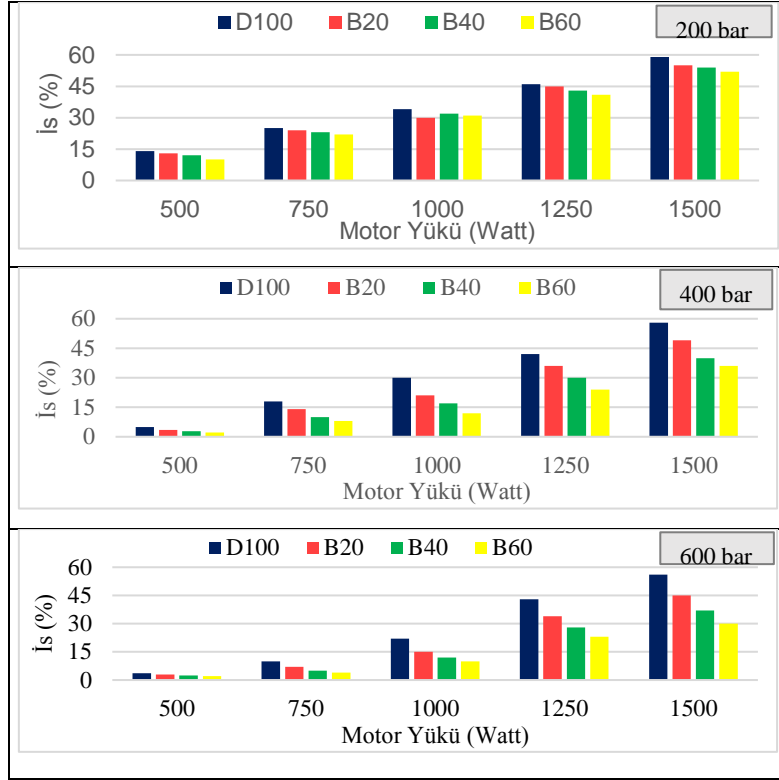
Şekil 41. Farklı enjeksiyon basınçlarında test yakıtlarının HC emisyonuna etkisi

CO oluşumunun gerçek sebebi yeterli oksijen bulunmadığı için yanmanın eksik olmasıdır. CO ve HC emisyonları oluşum nedenleri benzerdir. Genel olarak CO emisyonları silindir içerisinde yüksek miktarda yakıtın tam yanmaması sonucu oluşmaktadır. Tam yanma sonucu silindir içerisinde kalan artık yakıtın eksik yanması nedeniyle CO emisyonları oluşmaktadır. Motor yükü arttıkça hava/yakıt oranı azalmakta ve CO miktarı da artmaktadır. Şekil 11’de test yakıtlarının değişen motor yükü ve enjeksiyon basıncına bağlı olarak CO emisyonuna etkisi görülmektedir. Bütün motor yüklerinde dizel yakıtının CO emisyonu biyodizel yakıtına göre daha yüksek çıkmıştır. Biyodizelin yapısında oksijen bulunması CO emisyonunun azalmasına etkili olmaktadır.



Şekil 42. Farklı enjeksiyon basınçlarında test yakıtlarının CO emisyonuna etkisi

Şekil 12’de motor yükü ve enjeksiyon basıncına bağlı olarak test yakıtının is emisyonlarına etkisi görülmektedir. Yakıtın hava ile yeterli düzeyde karışmaması ve karbon taneciklerinin yeterli oksijen bulamaması is emisyonunu artırmaktadır. Yük arttıkça motora verilen yakıt miktarı da arttığı için is emisyonu artan motor yüküne paralel olarak artmıştır. Bütün motor yüklerinde yakıt karışımı içindeki biyodizel oranının artmasına bağlı olarak is emisyonları dizel yakıtına göre ortalama %38 daha düşük çıkmıştır. Biyodizel yakıtının oksijen içeriğinden dolayı hava/yakıt oranı daha yüksek olduğundan karışım daha fakirdir. Bu durum is emisyonlarının azaltılmasına etkili olmuştur. Ayrıca biyodizel yakıtın setan sayısının yüksek olması daha verimli bir yanma sağlayarak is emisyonunu azaltmaktadır.



Şekil 43. Farklı enjeksiyon basınçlarında test yakıtlarının is emisyonuna etkisi

4. Sonuçlar

Bu çalışmada tek silindri bir dizel motor için enjeksiyon basıncı, periyodu ve zamanlamasının ayarlanabildiği elektronik kontrollü bir yakıt enjeksiyon sistemi geliştirilmiştir. Enjeksiyon basıncı, püskürtme avansı ve püskürtme periyodunun kolaylıkla ayarlanabilmesi araştırmacılara alternatif yakıtlarla çalışma imkânı vermektedir. Sistem farklı yakıtlara göre değişkenlik gösterebilen bu parametreleri kolayca değiştirme imkânı sunmaktadır. Klasik motorlarda enjeksiyon basıncını değiştirmek için motorun durdurulması enjektörün sökülerek iç mekanizmasına müdahale edilmesi gibi yorucu ve zaman alıcı prosedürleri ortadan kaldırmıştır. Benzer şekilde enjeksiyon avansının değiştirilmesi için tekrar motorun durdurulması yakıt pompasının sökülerek pompa yuvasına değişik kalınlıklarda şim takılması gibi zahmetli ve zaman gerektiren işlemleri ortadan kaldırmıştır. Bahsedilen parametrelerin klasik yöntemlerle değiştirilmesi aslında motorun çalışma parametrelerini de olumsuz yönde etkilemektedir. Örneğin enjeksiyon basıncının değiştirilmesi için enjektörün sökülerek iç mekanizmasına müdahale edilmesi enjektörün daha yüksek basınçta çalışmasını sağlayabilir ancak değişmeyen kam profili nedeniyle bu durum aynı zamanda istenmeyen bir enjeksiyon avansı değişikliğine de yol açmakta ve motorun çalışma koşullarının farkında olmadan değiştiğini göstermektedir. Bu durum alternatif yakıtlı çalışmalarda emisyon ve performansı olumsuz yönde etkilemektedir. Geliştirilen sistemle bu tür olumsuz durumların önüne geçilmiştir. Ayrıca, dizel motor emisyonlarını doğrudan etkileyen çalışma parametrelerinin kolayca değiştirilebilmesi ile emisyon değerleri kontrol altına alınabilmektedir.

Dizel/biyodizel yakıt karışımı ile yapılan test sonuçları değerlendirildiğinde; biyodizel kullanımının dizel motor emisyonlarına olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Biyodizel yakıtı ile çalışmada; enjeksiyon basıncı değişimi ile HC emisyonunda %19, CO emisyonunda %18, is emisyonunda %15 oranında azalma elde edilirken NO_x emisyonunda ise %5 oranında artış görülmüştür. Ayrıca enjeksiyon basıncının değişimi ile efektif verimde %3 artış elde edilmiştir. Enjeksiyon avansının değişimi ile HC emisyonu %19, CO emisyonu %20, is emisyonu %10 oranında azalırken NO_x emisyonu ise %5 oranında artmıştır.

5. Kaynakça

1. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu, "Motorlu Kara Taşıtları, Aralık 2016", <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27647> (2018).
2. İnternet: Oica, "World Motor Vehicle Production by Country And Type", <http://www.oica.net/wp-content/uploads/Passenger-Cars-2017.pdf> (2018).
3. Selim, M. Y. E., Radwan, M. S., and Saleh, H. E., "Improving the performance of dual fuel engines running on natural gas/LPG by using pilot fuel derived from jojoba seeds", *Renewable Energy*, 33 (6): 1173–1185 (2008).
4. Ramadhas, A. S., Muraleedharan, C., and Jayaraj, S., "Performance and emission evaluation of a diesel engine fueled with methyl esters of rubber seed oil", *Renewable Energy*, 30 (12): 1789–1800 (2005).

5. Qasim, M., Ansari, T. M., and Hussain, M., "Combustion, Performance, and Emission Evaluation of a Diesel Engine with Biodiesel Like Fuel Blends Derived From a Mixture of Pakistani Waste Canola and Waste Transformer Oils", *Energies*, 10 (7): 1023 (2017).
6. Rakopoulos, C. D., Antonopoulos, K. A., Rakopoulos, D. C., Hountalas, D. T., and Giakoumis, E. G., "Comparative performance and emissions study of a direct injection Diesel engine using blends of Diesel fuel with vegetable oils or bio-diesels of various origins", *Energy Conversion And Management*, 47 (18–19): 3272–3287 (2006).
7. Qi, D. H., Bian, Y. Z., Ma, Z. Y., Zhang, C. H., and Liu, S. Q., "Combustion and exhaust emission characteristics of a compression ignition engine using liquefied petroleum gas–Diesel blended fuel", *Energy Conversion And Management*, 48 (2): 500–509 (2007).
8. Usta, N., Öztürk, E., Can, Ö., Conkur, E. S., Nas, S., Çon, A. H., Can, A. Ç., and Topcu, M., "Combustion of biodiesel fuel produced from hazelnut soapstock/waste sunflower oil mixture in a Diesel engine", *Energy Conversion And Management*, 46 (5): 741–755 (2005).
9. Dorado, M. ., Ballesteros, E., Arnal, J. ., Gómez, J., and López, F. ., "Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil☆", *Fuel*, 82 (11): 1311–1315 (2003).
10. Ghobadian, B., Rahimi, H., Nikbakht, A. M., Najafi, G., and Yusaf, T. F., "Diesel engine performance and exhaust emission analysis using waste cooking biodiesel fuel with an artificial neural network", *Renewable Energy*, 34 (4): 976–982 (2009).
11. Ge, J., Yoon, S., Kim, M., and Choi, N., "Application of Canola Oil Biodiesel/Diesel Blends in a Common Rail Diesel Engine", *Applied Sciences*, 7 (1): 34 (2016).
12. Doğan, O., Çelik, M. B., and Özdalyan, B., "The effect of tire derived fuel/diesel fuel blends utilization on diesel engine performance and emissions", *Fuel*, 95: 340–346 (2012).
13. Rakopoulos, D. C., Rakopoulos, C. D., Giakoumis, E. G., Dimaratos, A. M., and Kyritsis, D. C., "Effects of butanol–diesel fuel blends on the performance and emissions of a high-speed DI diesel engine", *Energy Conversion And Management*, 51 (10): 1989–1997 (2010).
14. Ramos, Á., García-Contreras, R., and Armas, O., "Performance, combustion timing and emissions from a light duty vehicle at different altitudes fueled with animal fat biodiesel, GTL and diesel fuels", *Applied Energy*, 182: 507–517 (2016).
15. Bezergianni, S., Dimitriadis, A., Fausson, G.-C., and Karonis, D., "Alternative Diesel from Waste Plastics", *Energies*, 10 (11): 1750 (2017).
16. Saravanan, N., Nagarajan, G., Sanjay, G., Dhanasekaran, C., and Kalaiselvan, K. M., "Combustion analysis on a DI diesel engine with hydrogen in dual fuel mode", *Fuel*, 87 (17–18): 3591–3599 (2008).
17. Liu, J., Yang, F., Wang, H., Ouyang, M., and Hao, S., "Effects of pilot fuel quantity on the emissions characteristics of a CNG/diesel dual fuel engine with optimized pilot injection timing", *Applied Energy*, 110: 201–206 (2013).
18. Papagiannakis, R. . and Hountalas, D. ., "Experimental investigation concerning the effect of natural gas percentage on performance and emissions of a DI dual fuel diesel engine", *Applied Thermal Engineering*, 23 (3): 353–365 (2003).
19. Arcoumanis, C., Bae, C., Crookes, R., and Kinoshita, E., "The potential of di-methyl ether (DME) as an alternative fuel for compression-ignition engines: A review", *Fuel*, 87 (7): 1014–1030 (2008).
20. Bari, S., "Effect of carbon dioxide on the performance of biogas/diesel dual-fuel engine", *Renewable Energy*, 9 (1–4): 1007–1010 (1996).
21. Ciniviz, M., Salman, S., and Kazım, Ç., "Dizel motorlarında dizel yakıtı + LPG kullanımının performans ve emisyon etkisi", *Selçuk-Teknik Dergisi*, 2 (1): (2001).
22. Çanakçı, M. and Özsezen, A. N., "Atık mutfak yağlarının alternatif dizel yakıtı olarak değerlendirilmesi", *Gazi University Journal Of Science*, 18 (1): 81–91 (2010).
23. Kulkarni, M. G. and Dalai, A. K., "Waste Cooking Oils An Economical Source for Biodiesel: A Review", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45 (9): 2901–2913 (2006).
24. Zhang, Y., Dubé, M. ., McLean, D. ., and Kates, M., "Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis", *Bioresour. Technol.*, 90 (3): 229–240 (2003).
25. Aydın, M., Aşar, M., and Çelik, M. B., "Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Atık Biyodizel Kullanımının Motor Performansı ve Emisyonlarına Etkisi", *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (2017).
26. Çetinkaya, M., Ulusoy, Y., Tekin, Y., and Karaosmanoğlu, F., "Engine and winter road test performances of used cooking oil originated biodiesel", *Energy Conversion And Management*, 46 (7–8): 1279–1291 (2005).
27. Alptekin, E. and Çanakçı, M., "Biyodizel ve Türkiye’deki Durumu", *Mühendis Ve Makina*, 47 (561): 57–64 (2006).

28. İnternet: Antakya Belediyesi, "Antakya Belediyesi Bitkisel Atık Yağ Toplama Projesi", <http://antakya.bel.tr/icerik/16/4041/antakya-belediyesinden-bitkisel-atik-yag-toplama-projesi.aspx> (2018).
29. İnternet: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, "Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni (2016)", [http://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/eduardosya/2016_YILI_TEHLIKELI_ATIK_ISTATISTIKLERI%20%2002_01_2018\(1\).pdf](http://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/eduardosya/2016_YILI_TEHLIKELI_ATIK_ISTATISTIKLERI%20%2002_01_2018(1).pdf) (2018).
30. İnternet: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, "Bitkisel Atık Yağların Yönetimi", <http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr> (2018).
31. Gürü, M., Koca, A., Can, Ö., Çınar, C., and Şahin, F., "Biodiesel production from waste chicken fat based sources and evaluation with Mg based additive in a diesel engine", *Renewable Energy*, 35 (3): 637–643 (2010).
32. Behçet, R., ve Çakmak, A. V., "Bir dizel motorda yakıt olarak kullanılan balık yağı metil esteri karışımlarının motor performans ve emisyonlarına etkisi" *6th International Advanced Technologies Symposium*, (IATS'11), Elazığ, 161-165 (2011)
33. Sugözü, İ., Aksoy, F., and Baydır, Ş. A., "Atık motor yağının alternatif yakıt olarak bir dizel motorunda kullanılması", *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1 (1): 9–16 (2009).
34. Behçet, R., Çakmak, A. V., Aydın, S., İlkılıç, C., ve Aydın, H., "Atık kızartma yağı metil esterinin bir dizel motorunda motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisinin araştırılması", *6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Elazığ, 72-76 (2011).
35. Gumus, M., Sayin, C., and Canakci, M., "The impact of fuel injection pressure on the exhaust emissions of a direct injection diesel engine fueled with biodiesel–diesel fuel blends", *Fuel*, 95: 486–494 (2012).
36. Sayin, C. and Canakci, M., "Effects of injection timing on the engine performance and exhaust emissions of a dual-fuel diesel engine", *Energy Conversion And Management*, 50 (1): 203–213 (2009).
37. Agarwal, A. K., Srivastava, D. K., Dhar, A., Maurya, R. K., Shukla, P. C., and Singh, A. P., "Effect of fuel injection timing and pressure on combustion, emissions and performance characteristics of a single cylinder diesel engine", *Fuel*, 111: 374–383 (2013).
38. Xue, J., Grift, T. E., and Hansen, A. C., "Effect of biodiesel on engine performances and emissions", *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 15 (2): 1098–1116 (2011).
39. Basha, S. A., Gopal, K. R., and Jebaraj, S., "A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance", *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 13 (6–7): 1628–1634 (2009).
40. Hall, D., "Automotive engineering", *Global Media*, ISBN: 8190457500, Delhi, India, (2007).
41. Ergenç, A. T. and Koca, D. Ö., "PLC controlled single cylinder diesel-LPG engine", *Fuel*, 130: 273–278 (2014).
42. Lata, D. B., Misra, A., and Medhekar, S., "Effect of hydrogen and LPG addition on the efficiency and emissions of a dual fuel diesel engine", *International Journal Of Hydrogen Energy*, 37 (7): 6084–6096 (2012).

GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ AGREGALARIN HARÇ ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Mustafa Gümüşsoy^{1*}, Osman Gençel², Recep Delibaş¹

¹Bartın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı Bartın/ Türkiye

mustafagumusoy@hotmail.com.tr

recepakilbas@gmail.com

²Bartın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bartın/ Türkiye

ogencel@bartin.edu.tr

*Sorumlu Yazar

Özet

İnşaat sektöründe en çok kullanılan ve en fazla atık oluşturan yapı elemanı betondur. Beton kullanımının artması neticesinde agrega miktarı artmakta ve bunun sonucunda kullanılabilir agrega rezervleri zamanla tükenmektedir. Bunun sonucunda da agrega ihtiyacının temininde sıkıntılar oluşacağı aşikârdır. Bu sebepten ötürü sürdürülebilir hayatta inşaat yıkıntı atıklarının çevreye verdiği zararı göz önüne aldığımızda geri kazanılmış agreganın kullanılması zorunlu kılınmaktadır. Beton endüstrisinde geri dönüşümlü malzeme kullanımı, tabii hammadde kullanımını azaltacağından dolayı ve aynı zamanda çevresel atıkları da en aza indireceği için iyi bir çözüm olacaktır. Yaptığım bu düzenlemede, yaşı ve sınıfı belirli olan inşaat artıklarından çeşitli işlemler sonucu kazanılan irili ufaklı agreganın geri kazanım agregası olarak betonda kullanım seçenekleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Harç, geri dönüşüm, geri dönüştürülmüş agrega, çevresel kirlilik, basınç ve eğilme

1. Giriş

Beton, günümüzde kullanımı en yaygın olan yapı malzemelerden bir tanesidir. Neredeyse tüm inşaat yapılarında beton kullanılmaktadır. Aynı zamanda bina, köprü, baraj, yol, su yapıları ve diğer yapıların inşaatında kullanılan ve gün geçtikçe önemi artan bir yapı malzemesidir. Betonun yapılarda tercih edilmesinin başlıca sebepleri; dayanıklılığı, yangına karşı olan yüksek direnci, su geçirimsizliği, üretiminin ekonomik olması, enerjide sağladığı verimlilik ve yerinde imalatın yapılabilmesi gibi başlıca özellikleridir [1].

İçerisinde bulunduğumuz çağda, dünyada tahmini olarak 10 milyar m³ hazır beton üretimi yapılmaktadır. Avrupa Hazır Beton Birliği ERMCO'nun 2016 yılı kaynaklarına göre ülkemizde üretilen beton ise 109 milyon m³ seviyelerindedir. Dünya genelinde bu nicelikte betonun oluşturulabilmesi için dünyada gerekli olan agrega ise aşağı yukarı 7 milyar m³ tür. Türkiye'de ise bu rakam 76 milyon m³ gibi bir değere denk gelmektedir. Gün geçtikçe bu miktarların artan kentleşmeyle beraber artacağı da aşikârdır [2].

Beton üretiminde %70-75 oranında kullanılan malzemenin agrega olmasından dolayı betona duyulan ihtiyacın, bileşimini büyük miktarda oluşturan agrega kaynaklarında yeni arayışlar üzerinde çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. Bu konu hakkında birçok araştırmacı çalışma yapmış ve geri dönüşüm agregasının betonun fiziksel, mekanik ve dayanıklılık özelliklerini hangi yönde etkilediğini araştırmışlardır [3].

Büyük yerleşim alanlarında doğal agrega kaynaklarının yeterli miktarda bulunmaması ve bulunan kaynakların da şehir merkezinden bir hayli uzakta olması, ekonomik açıdan baktığımızda da aynı zamanda bu ağır malzemelerin yerleşim merkezlerine olan nakliyesinin maliyetleri arttırdığı gibi karayollarının da bu taşınma esnasında bozulması bir başka nedendir. Düşünülmesi gereken bir diğer etken ise, oluşan bu inşaat yıkım atıklarının %75'ini betonun oluşturması ve ortaya çıkan bu atık betonun da hiçbir şekilde değerlendirilmeyerek atılması ile bu inşaat yıkım atıklarının yığıldıkları yerlerde kapladıkları alan kaybına ve bununla beraber çevre kirliliğine neden olmasıdır. Atık sorununu çözenin en iyi yolu iyi planlanmış bir katı atık yönetimi oluşturmak ve bu atıkların çevreye olan zararlarını en aza indirmektir [4].

Bir yanda tükenen doğal agrega kaynakları, diğer yanda ise deprem, yangın, kentsel dönüşüm, bozulma ve restorasyon gibi nedenlerle oluşan yıkıntı atıklarının atılacağı alanların azlığı ve çevreye verdiği zararlar, insanları geri dönüşüm agregası konusu üzerinde yoğunlaşmaya zorlamıştır. Geri dönüşüm agregası ile ilgili yapılan çalışmalar hem Türkiye hem de dünya ülkeleri için büyük önem arz etmektedir. Birçok ülkede yapılan deneysel araştırmalar sonucunda beton agregası ile ilgili standartlarda geri dönüşüm agregasının kullanımı ile ilgili bilgilere de yer verilmeye başlanmıştır.

2. Beton

Beton; çimento, agrega, su ve bazı durumlarda kimyasal ve mineral katkı maddelerinin eklendiği ve bu karışımın homojen bir şekilde yapılarak elde edilen kompoze bir yapı malzemesidir [5]. Betonu diğer yapı malzemelerine göre daha üstün kılan en önemli özelliklerden biri, kolayca istenilen biçimin verilebilmesini sağlayan plastik kıvamıdır. Beton, homojen bir şekilde karıştırılıp kalıba döküldükten sonra kısa bir sürede katlaşır ve zamanla yüksek dayanım kazanır [6].

2.1. Betonun İçeriğindeki Malzemeler

Beton içeriğinin yaklaşık %70'i agregaya (kum, çakıl, mıcır), %10'luk bir kısmı çimento ve %20'si ise sudan oluşur. Gerekli durumlarda betona, çimento ağırlığının %5'inden çok olmamak kaydıyla ilave katkı maddeleri eklenebilir.

2.2. Betonun En Önemli Yapı Taşı (Agrega)

Beton içerisinde kullanılan ve %60-80 oranlarına ulaşarak betonun iskeletini meydana getiren kum-çakıl ve kırmataş benzeri malzemelere agregaya denilmektedir. Agregalar; doğal agregaya (kum, çakıl, kırmataş) ve yapay agregaya (yüksek fırın cürufu, genleştirilmiş kil, perlit) olmak üzere iki kısımda değerlendirilirler. Betonun içerisinde kullanılacak olan agregaya TS EN 706 12620 + A1 standardına uygun olmalıdır [7].

Agregaya; doğal ve yapay yolla elde edilebildiği gibi atıkların dönüşümüyle de üretilebilir. Agregaya, birleştirici özellikteki kum ile etkileştirildiğinde harç meydana gelir ve bu karışıma da agregaya eklenirse betonu üretmiş oluruz. Bir beton karışımının büyük kısmını agregaya meydana getirdiği için, agreganın karışımdaki etkisi had safhadadır. Aynı zamanda karışımlardaki agreganın dayanımı, mineral yapısı, pürüzlü bir yüzeye sahip olması, gözenekli yapısı, en yüksek seviyedeki tane boyutu, temizlik seviyesi, vb. gibi nitelikler betonun yapısını önemli ölçüde etkilemektedir [8].

2.3. Geri Dönüşümün Önemi

Günümüzde nüfusun artmasına paralel olarak tüketim miktarı da artmaktadır. Bu durum üretim için gerekli olan dünyadaki hammadde miktarının hızla azalmasına, ekolojik dengenin bozulmasına, çevre kirliliğine ve atık maddelerin çok olmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, birçok ülkede geri dönüşüm üzerine geniş çaplı araştırmalar yapılmaya başlanmış, ayrıca bazı ülkelerde geri dönüşümün yasalasma süreci başlamıştır [9].

Geri dönüşümün önemini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Sağladığı tasarruflarla ekonomik kazanım sağlar.
- Çevre kirliliğini azaltarak çevrenin korunmasına yardımcı olur.
- Hammadde kaynaklarının daha az tüketilmesiyle doğal kaynakların ömrünün uzamasına katkı sağlar.
- Yeni bir sanayi sektörünün açılmasıyla iş istihdamını artırır [10].

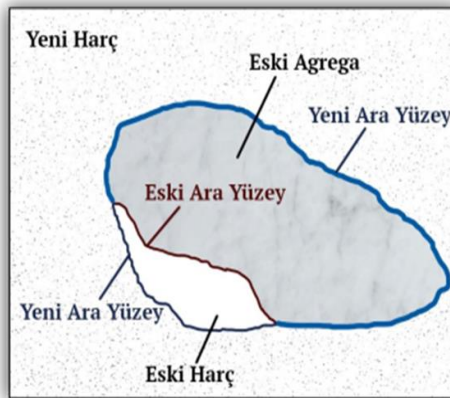
2.4. Geri Dönüşüm Agregası

Beton karışımlarının kütleli olarak %75'i agregaya, %12'si çimento ve %8'i karışım suyundan oluşmaktadır. Dolayısıyla beton karışımlarının büyük bölümünü agregaya oluşturmaktadır. Dünya genelinde yıllık 10 milyar ton agregaya kullanıldığı tahmin edilmektedir. Dünya üzerindeki yapım yıkım atığı ise yaklaşık olarak 1 milyar tonu bulmaktadır. Bu nedendir ki, agregaların geri dönüşümü büyük önem kazanmaktadır. Yıkım atıklarının geri dönüşüm agregası olarak betonda kullanılması sıkıntıları bir nebze de olsa giderecektir ve bizlere avantaj sağlayacaktır. Nitekim birçok ülkede, bu konu üzerinde çalışmalar devam etmektedir [11].

2.5. Geri Dönüşüm Agregasının Yapısı

Şekil 1.'de görüldüğü gibi GDA kullanılan betonda üç farklı ara yüzey bölgesi vardır:

- 1) GDA'daki eski ara yüzey bölgesi,
- 2) Eski ve yeni çimento hamuru arasındaki ara yüzey bölgesi,
- 3) GDA'daki agregaya ve yeni çimento hamuru arasındaki ara yüzey bölgesi.



Şekil 1. GDA kullanılan betonda ara yüzey bölgeleri:

2.6. Geri Dönüşüm Agregasının Kullanım Amacı

Yeni yapı inşaatlarının artmasından dolayı beton hacminin büyük miktarını oluşturan agregaya duyulan ihtiyaç artmakta ve doğal agrega kaynaklarının giderek azalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla agrega maliyeti artmaktadır. Ayrıca eski yapıların yıkılmasıyla meydana gelen beton atıkları giderek artmakta ve çevresel, çevreyle ilgili ve ekonomik olarak birçok problem meydana gelmektedir. Bu atıkların belirli işlemlerden sonra beton üretiminde agrega olarak kullanılması bu problemlerin çözülmesine katkıda bulunacaktır. Çevresel etki olarak düşünüldüğünde, betonun hacimce %70-75'ini oluşturan agreganın taş ocaklarından temin edilmesine devam edilirse hammadde kaynakları giderek azalacak ve zamanla çevrenin dengesinin bozulmasına neden olacaktır [12]. Bu nedenle, geri dönüşüm agregasının beton üretiminde kullanımı, çevrenin korunması açısından çok büyük önem arz etmektedir. Günümüzde atık betonları değerlendirmek, doğal hammadde kaynaklarının azalmasına engel olmak, çevreyle ilgili ve ekonomik dengeyi sağlamak amacıyla geri dönüşüm agregasını kullanmanın önemi ortaya çıkmaktadır [13].

2.7. Geri Dönüşüm Agregasının Kullanım Alanları

Başta Avrupa'da olmak üzere birçok ülkede inşaat ve yıkıntı atıklarının depolama tesislerinde depolanması ve bertaraf edilmesi ortaya çıkardığı yüksek maliyetten dolayı tercih edilmez hale gelmiştir. Bundan dolayı inşaat ve yıkıntı atıklarının geri dönüşüm agregası olarak kullanılması daha cazip hale gelmiştir. İnşaat ve yıkıntı atıklarından elde edilen geri dönüşüm agregası dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Yıkılan yapı betonarme ise, bina yapımında kullanılan donatı demirleri ayrıştırıldıktan sonra kendi başına kalan betondan elde edilen malzemeler altyapı malzemesi olarak kullanılabilir. Beton parçacıkları küçük parçalara kadar öğütmeye gerek kalmadan drenaj sistemlerinde ve kanalizasyon boru döşemelerinde kullanılabilir. Yine bu atıklardan elde edilen geri dönüşüm agregaları kaldırım yapımında ve temel altı dolgu malzemesi olarak kullanılabilir [14].

2.8. Geri Dönüşüm Agregasını Elde Etme Süreci

İnşaat yıkıntı atıklarından geri dönüştürülebilir malzemeler birçok farklı yöntemle ayrıştırılabilir. Bunlardan birincisi Şekil 2.'de görülen geri dönüştürülecek malzemelerin kaynağa ayrılmasıdır. Bu yöntemde yapının yıkıldığı şantiyede malzemeler ayrıştırıldıktan sonra farklı konteynırlarda depolanır. Malzemenin kaynağa ayrılmasından dolayı geri dönüşüm tesisine götürülmesine gerek olmayacağından maliyet azalır ancak şantiyede fazla iş gücü ve farklı malzemeler için birçok konteynır gerekmektedir [15].



Şekil 2. Geri dönüşüm agregasının kaynağa ayrıştırılması

Bir diğer yöntem ise inşaat yıkıntı atıklarının geri dönüşüm tesislerinde ayrıştırılmasıdır. Bu yöntemde ise inşaat yıkıntı atıkları tesise götürülür. Önce beton atıkları tuğla, demir, ahşap, plastik, alçı, demir, vb. diğer maddelerden arındırılır. Daha sonra beton parçaları kırılıp elendikten sonra betonda agrega olarak kullanmak üzere istenilen boyutlarda depolanır. Şekil 3.'te inşaat yıkımının yapılarak geri dönüşüm agregasını elde etme sürecinin ilk basamağı gösterilmektedir. Yapılacak olan yıkım genel olarak iş makineleri yardımıyla veya patlayıcı maddeler ile gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3. İnşaat yıkımı

2.9. Geri Dönüşüm Agregasının Kullanılabilirliği İçin Yapılan Çalışmalar ve Deneyler

Yapılan harç karışımlarında su:çimento:agrega miktarları, standart çimento harcı üretiminde kullanılan miktarlar olup karışım oranı 225:450:1350 olarak belirlenmiştir. Geri dönüşüm agregasının harç üretimindeki etkisini araştırdığım bu çalışmada, yapılan harç karışımlarında GDA sırasıyla %, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında standart agrega ile ikame edilerek numuneler üretilmiştir.

Yapılan çalışmada 7 ve 28 günlük numunelerden planlanan deneyleri yapmak için her bir orandan 6 adet toplamda 30 adet 4x4x16 cm prizma numune ve yine her bir orandan 3 adet toplamda 15 adet 10x20 cm silindir numuneler hazırlanmıştır.

Harç numunelerinin üretimi yapılırken karışım kabına yapılan harç karışım oranları hesabına göre ilk önce su konulup ardından çimento ilave edilerek 15-20 saniye karıştırılıp şerbet elde edilmiştir. Devamında da yine belirlediğimiz harç karışım oranlarına göre standart agrega ve geri dönüşüm agregaları ilave edilerek yaklaşık 4-5 dakika, harcın homojenliğini sağlayana kadar mini harç karma makinesi ile karıştırılmıştır. Ardından harçlar 4x4x16 cm prizma ve 10x20 cm silindir numune kalıplarına homojen bir şekilde numune kodları üzerlerine yazılarak yerleştirilmiştir ve üzerleri kapatılmıştır. Harç üretiminden 24 saat sonra kalıplar sökülüp ve harç numuneleri deneyin yapılacağı güne kadar bekletmek üzere 23 ± 1.7 °C sıcaklıktaki kür havuzuna konulmuştur.

Hazırlanan harçların kıvamını belirlemek amacıyla TS EN 1015-3 standardına uygun, taze harçlar üzerinde yayılma tablası deneyi yapılmıştır. Deney esnasında yayılma konisi tablanın üzerine yerleştirilmiş ve taze harçlar yayılma konisinin içerisine sıkıştırılarak doldurulmuştur. Ardından yayılma konisi, üzeri düzeldikten sonra çıkartılmış ve saniyede bir devir olacak şekilde toplamda 15 dönüşüm yapılmıştır. Yayılan harcın çapı ölçülerek deney tamamlanmıştır. Harç numuneleri 28 gün kür havuzunda bekletildikten sonra çıkartılarak suya doymun ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından 24 saat süresince 100 °C (± 5 °C) etüvde bekletilerek etüv kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bu deney düzeneği için numuneyi tartabilecek hassas düzenekli terazi kullanılmıştır. Birim hacim ağırlık ve su emme oranının belirlenmesi TS EN 12390-7 standardına göre yapılmıştır.

Ayrıca kür havuzunda 28 gün bekletilen 4x4x16 cm boyutlarındaki prizma numuneler ve donma çözülme deneyi uygulanan aynı boyutlardaki harç numunelere eğilme dayanımı testi uygulanmıştır. TS EN 12390-5 standardı dikkate alınarak uygulanan deneyde, harç numunelerine tek eksenli (orta noktadan) yükleme yapılmış olup üç noktada eğilmede çekme deneyi yapılmıştır. Deneyi yapan cihazın yükleme hızı 40 N/s olarak belirlenmiştir. Eğilme deneyinden elde edilen ikiye bölünmüş harç numuneler üzerinde ve 10x20 cm boyutlarında üretilen silindir numuneler üzerinde TS EN 12390-3 standardına uygun olarak basınç deneyi yapılmıştır. Silindir numuneler üzerinde uygulanan basınç deneyinde oluşabilecek hatayı minimum seviyeye indirmek için numunelerin yüzeyleri pürüzsüz hale getirilerek kükürt başlık dökülmüştür. Pres başlıkları arasına harç numuneleri yerleştirilmiş ve saniyede 2400 N olacak şekilde basınç yüklemesi yapılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde her bir harç numunesi için ortalama değerler hesaplanmıştır.

Son olarak, 10x20 cm boyutlarında silindir harç numuneleri üzerinde TS EN 12504-4 standardına uygun hareket ederek, numunelerin ultrases geçiş hızları belirlenmiştir. Öncelikle, ultrases deneyi uygulanacak silindir numuneler üzerinde, problemlerin tam teması için numuneler üzerine ultrason jeli sürülmüştür. Ardından numuneler üzerinde ölçüm yapılacak noktalar işaretlemiş ve karşılıklı iki yüzeyde ultrases geçiş süreleri standardına uygun bir biçimde ölçülmüştür. Aynı işlem diğer yüzeyden de yapılmış ve bu ikisinin ultrases geçiş sürelerinin ortalaması alınmıştır. Numuneler üzerinde yaptığımız okumalar sonucunda, ulaşılan zaman değerleri ve numune kalınlıklarından, dalganın geçiş hızı belirlenir. Ölçüm cihazı, ses dalgasının bir probtan diğer proba ulaştığı zamanı μ s olarak vermektedir. Böylece hazırlanan harç numuneleri içerisinde bulunan çatlaklar ve kusurlar tespit edilmiştir.

3. Sonuçlar ve Öneriler

- Harç numunelerinde GDA ikame oranı arttıkça işlenebilirliğin azaldığı, slump değerlerinin düştüğü ve yayılma çaplarının azaldığı görülmüştür. Dolayısıyla numunelerde GDA oranı arttıkça kıvam azalmıştır. Bu durumu sürtünmeyle açıklayabiliriz. GDA içeriğinde sürtünme arttıkça işlenebilirlik zorlaşmıştır. Buna çözüm olarak GDA'nın içerisinde bulunan nem miktarını artırarak işlenebilirliğini artırabiliriz.
- Harç karışımlarında GDA oranı arttıkça birim hacim ağırlığın azaldığı gözlenmektedir. Hatta harç numunelerindeki GDA oranı %50'yi geçtiğinde bu düşüş daha belirgin hale gelmiştir. GDA oranı arttıkça birim hacim ağırlığın azalmasının nedenini, geri dönüşüm agregasının normal agregaya oranla daha hafif olmasından kaynaklı olduğunu söyleyebiliriz.
- GDA oranı arttıkça su emme oranının da arttığı görülmektedir. GDA üzerindeki artık kalıntıların su emme oranının yüksek çıkmasına neden olduğu söylenebilir. Hazırlanacak harç numunelerinde uçucu kül kullanarak su emme oranının belirgin şekilde azaltılabileceğini söylemek mümkündür.
- GDA ile üretilen harç numunelerin eğilmede çekme dayanımlarının hem 7 günlük sonuçlarda hem de 28 günlük sonuçlarda, normal agrega ile üretilen harç numunelere oranla daha düşük olduğu açığa çıkmıştır. Harç numune üretiminde kullanılan geri dönüşüm agregalarının yıkanarak kullanılması durumunda veya mineral katkı kullanarak, eğilmede çekme dayanımının artacağı yönünde bulgular ortaya çıkmıştır.
- GDA oranı arttıkça, basınç dayanımlarının azaldığı görülmektedir. Bu azalmayı GDA'nın içeriğinde bulunan eski harcın varlığıyla açıklayabiliriz. Eski harç yapısının porozitesi (boşluk yapısı) yüksektir ve dolayısıyla dayanımı düşüktür. GDA ile üretilen harç numunelerde daha iri taneli GDA kullanarak basınç dayanımlarını artırabilmek mümkündür.
- GDA oranı arttıkça ultrases geçiş hızlarının düştüğü gözlenmiştir. Bunun nedenini ise, GDA'nın içeriğinin normal agregaya oranla daha boşluklu olduğundan kaynaklandığını söyleyebiliriz.
- Dayanımlardaki azalmalara karşın, deneysel çalışmalarda %100 oranında GDA kullandığımızda dahi, numunelerin basınç dayanımlarının C 30/37 sınıfına denk geldiği belirlenmiş olup, GDA'nın normal agregaya bir alternatif olabileceği tespit edilmiştir.
- Yapılan deneysel çalışmaları göz önüne aldığımızda, atıklardan elde edilen GDA'nın beton karışımlarında kullanılabileceği görülmüştür. Ayrıca, GDA ile yüksek dayanımlı beton üretmek için çalışmalar geliştirilebilir ve farklı kimyasal ve mineral katkıları kullanmanın GDA'nın beton üretimine nasıl etki edebileceği araştırılabilir.

- Bir diğer önemli husus, beton üretiminde GDA kullanarak agrega rezervlerinin azalmasının önüne geçilebilir ve böylelikle daha ekonomik bir şekilde beton numuneleri üretilebilir. Dolayısıyla da betonlarda GDA kullanarak çevresel kirliliği önemli ölçüde azaltabiliriz.

4. Kaynakça

1. Köksal F., Çelik Tel Donatılı Betonların Mekanik Davranışı ve Optimum Tasarımı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2004.
2. URL-1, <http://www.thbb.org/sector/dunyada-sektor/>. 1 Mayıs 2018.
3. Mehta K. P. (2002). Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development, *Concrete International*, 24, 23-28.
4. İpekçi C.A., Coşkun, N. ve Karadayı, T.T., İnşaat Sektöründe Geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi, *Türk Bilim Araştırma Vakfı*, 10, 2 (2017) 43-50.
5. Doğançün A., (2008). Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
6. Ersoy U., Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Profesörlerinden, İstanbul, Cilt 1, (1985).
7. Agrega Sektör Raporu, Agrega Üreticileri Birliği Teknik Komite, (2006), İstanbul.
8. Şimşek O., "Beton ve Beton Teknolojisi", Seçkin Yayıncılık 3. Baskı, Ankara, 1293 (2009)
9. Öztürk M., 2005. İnşaat/Yıkıntı Atıkları Yönetimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara
10. Khalaf F. M. ve Devenny, A.S., 2004. Recycling of Demolished Masonry Rubble as Coarse Aggregate in Concrete: Review, *J. Mater. Civ. Eng.*, 16, 4, (2004) 331-340.
11. Otsuki N., M. ASCE, M., Shin-ichi Miyazato, ve Yodsudjai, W., Influence of Recycled Aggregate on Interfacial Transition Zone, Strength, Chloride Penetration and Carbonation of Concrete, *J. Mater. Civ. Eng.*, 15, 5, (2003) 443-451.
12. Chandra S. (2004). Implications of using recycled construction and demolition waste as aggregate in concrete. Paper presented at International Conference on Sustainable Waste Management and Recycling, Kingston University, London, 105-114.
13. Tüfekçi M.M., 2011. Geri Kazanılmış Agregaların Beton Üretiminde Yeniden Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
14. Agrela F., Juan, M.S., Ayuso, J., Geraldès, V. L. ve Jimenez, J. R. (2011). Limiting Properties in the Characterisation of Mixed Recycled Aggregates for use in the Manufacture of Concrete. *Construction and Building Materials*, 25 (4), 3950-3955.
15. Fong W., Yeung, J. ve Poon, C.S. (2004). Hong Kong Experience Of Using Recycled Aggregates From Construction And Demolition Materials In Ready Mix Concrete. Paper Presented at International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology, 267-275.

ÇİFT KATMANLI UZAY KAFES SİSTEMLERİN BAŞLANGIÇ EĞRİLİK KUSURLARI DİKKATE ALINARAK DOĞRUSAL OLMAYAN MODELLEMESİ

Mustafa Temşi^{1*}, Mojibullah Noori¹, Nurten Topaloğlu¹, Hakan T. Türker¹

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

mustafatemsi@gmail.com, mojib.noori2014@gmail.com, nurtopaloglu@gmail.com, hakanturker@gmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Günümüzde geniş açıklığa sahip yapıların çözümünde uzay kafes sistemler sıklıkla kullanılmaktadır. Tasarımları esnasında kusursuz kabul edilen bu sistemler, insan unsuru, nakliye şekli, imalat, montaj, sıcaklık değişimi vb. nedenlerden dolayı küçük kusurlardan tamamen arındırılmayabilmektedir. Bu çalışmada çift katmanlı uzay kafes sistemlerin elemanlarında başlangıç eğrilik kusurları bulunması halinde geometrik ve malzeme nonlinearity dikkate alınarak Sonlu Elemanlar modellemesinin nasıl yapılacağı irdelenmiştir. Ticari Sonlu Elemanlar paket programı olan ABAQUS kullanılarak, bir elemana eğrilik kusurunun verilmesi ve bu kusur dikkate alınarak doğrusal olmayan analizinin yapılması farklı yöntemler ile yapılmış ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu makalede eleman eğrilik kusurlarının ABAQUS programında verilme yöntemleri incelenmiş olup sonuçlar raporlanmıştır. Eleman eğrilik kusurlarına sahip üç boyutlu çift katmanlı uzay kafes sistem ABAQUS programında modellenip, doğrusal olmayan analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre elemanlarda kaçınılması mümkün olmayan ve sistem içerisinde gelişigüzel dağıtılan eğrilik kusurlarının Çift Katmanlı Uzay Kafes Sistemlerin yük taşıma kapasitesine önemli ölçüde etkisi bulunduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uzay Kafes Sistemler, Çift Katmanlı Uzay Kafes Sistemler, Eğrilik Kusuru, Nonlinear Analiz, ABAQUS

1. Giriş

Taşıyıcı sistem seçiminde kolonsuz çözümlerin tercih edildiği yüzme havuzları, sinema salonları, hangarlar ve müzeler gibi geniş açıklığa sahip yapılarda “Uzay Kafes Sistemler” kullanılmaktadır. Binlerce eleman ve düğüm noktasından oluşan bu sistemler içinde “Düzlemsel Çift Katmanlı Uzay Kafes Sistemler” sıklıkla tercih edilmektedir. Alt ve üst tabaka elemanları ile diyagonal (çapraz) elemanlardan oluşan çift katmanlı uzay kafes sistemler kullanıcılara birçok avantaj sağlamaktadır. Hafif olması, yüksek hiperstatiklik derecesine sahip olması, çatılarda bulunan tesisat kablo ve malzemelerinin rahatlıkla bu sistemler içindeki boşluklardan geçirilebilmesi, estetik görünüm ve ekonomik olmaları, sağladığı avantajlardan bazılarıdır. [1]

Çift katmanlı uzay kafes sistemlerin sağladığı avantajların yanı sıra sistem elemanlarının üretimi, montajı veya nakliyesi sırasında oluşan hatalar, sistemin kusursuz üretilmesine engel olmaktadır. Elemanların üretim aşamasında ideal düzgünlükte üretilmeyip bir miktar eğrilik içermesi kusurlara verilebilecek bir örnektir. Çeşitli nedenlerle meydana gelebilecek kusurlardan dolayı elemanlarda oluşan iç gerilmeler, uzay kafes sistemlerin yük taşıma kapasitesini önemli oranda etkilediğini göstermiştir.

M.T. Roudsari ve M. Gordini, başlangıç eğrilik kusurlarının farklı tipteki mesnetlenme koşullarına sahip çift katmanlı uzay kafes sistemlerin yük taşıma kapasitesine olasılıksal etkisini araştırmışlardır. Gamma dağılımından yararlanarak gelişigüzel kusurlar oluşturulup elemanlar arasında rastgele dağıtmışlardır. Daha sonra yapının göçme davranışını ve nihai yük taşıma kapasitesini doğrusal olmayan ve deplasman kontrollü analiz kullanarak belirlemişlerdir ve bu işlemleri art arda tekrarlamışlardır. Sonuçlar, çift katmanlı uzay kafes sistemlerin göçme davranışının başlangıç eğrilik kusurlarının rastgele dağılımına ve mesnetlenme koşullarına duyarlılığını göstermektedir. [1], [2]

H. Lia ve Y. Taniguchi, düğüm noktası eğilme rijitliği ve başlangıç eğrilik kusurunun farklı narinlik oranları dikkate alınarak çift katmanlı uzay kafes sistemlerin yük taşıma kapasitesine etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar başlangıç eğrilik kusuruna sahip sistemlerin yük taşıma kapasitesinin düğüm noktası eğilme rijitliğinden oldukça etkilendiğini göstermiştir (Özellikle narin elemanlara sahip sistemler için geçerli). Başlangıç eğrilik kusurlarının sistem üzerindeki etkisinin narinlik oranıyla ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Narinlik oranı arttıkça kapasite azalmıştır. Ayrıca başlangıç eğrilik kusurlarının dağılımının sistemin yük taşıma kapasitesini belirgin şekilde etkilediğini belirtmişlerdir. [3]

M. Gordini, M.R. Habibi, M.H. Tavana, M. Tahamouli Roudsari ve M. Amiri, çift katmanlı uzay yapılarının yük taşıma kapasitesindeki ilk eğrilik kusurunun etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla, üç farklı mesnetlenme tipini dikkate almışlardır. Eğrilik kusurunu gamma dağılımı ile yapının tüm elemanları arasında rastgele dağıtmışlardır. Yapıların göçme davranışını ve nihai yük taşıma kapasitesini doğrusal olmayan analizler kullanarak belirlemişler ve bu prosedürü Monte Carlo simülasyon yöntemi ile tekrarlamışlardır. Sonuçlar, çift katmanlı uzay yapılarının göçme davranışının, başlangıçtaki kusurların rastgele dağılımına duyarlı olduğunu göstermiştir. [4]

Eğrilik kusurlarının yanı sıra elemanlarda başka türlü kusurlar da yer alabilmektedir. Elemanların boylarının olması gerekenden daha uzun veya daha kısa olma durumu da bir çeşit kusur türüdür. M. Tahamouli Roudsari, çalışmasında başlangıçtaki eğrilik ve uzunluk kusurlarının olasılıksal dağılımının, mesnetlenme koşulları dikkate alınarak çift katmanlı uzay kafes sistemlerin taşıma kapasitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. İlk olarak, yapı elemanlarının sayısına eşit olarak, sırasıyla ilk eğriligi ve uzunluk kusurlarını hesaba katacak şekilde Gamma ve Gauss dağılımları kullanılarak iki rastgele sayı kümesi üretilmiştir. Kusurları elemanlar arasında

rastgele dağıtmıştır. Daha sonra, Push-Down analizine dayanarak, yapının nihai yük taşıma kapasitesini OpenSees yazılımıyla yaptığı lineer olmayan analizlerle belirlemiş ve kesinliği için bu prosedürü birçok kez tekrarlamıştır. Elde ettiği sonuçlar, çift katmanlı uzay kafes sistemlerinin davranışının, başlangıçtaki kusurların rastgele dağılımına duyarlı olduğunu ve onlardan etkilenebileceğini göstermiştir.[5]

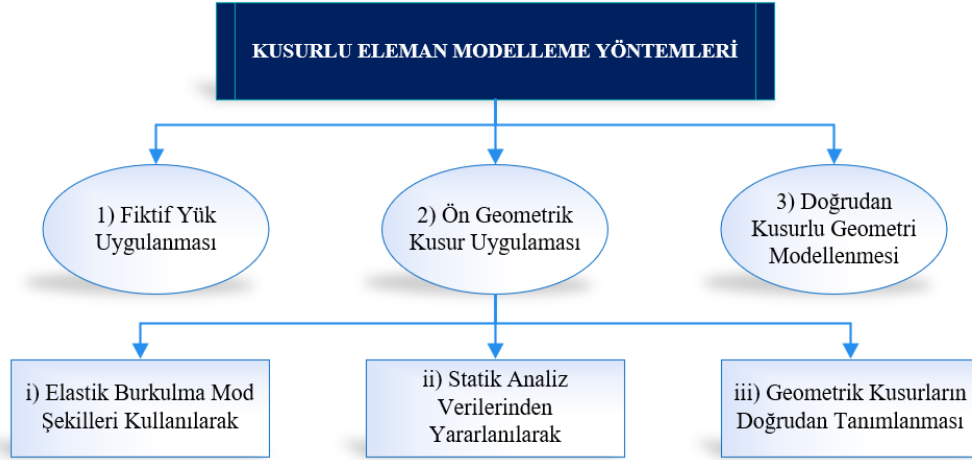
Bu makalede ilk olarak başlangıç eğrilik kusurlarının elemanlara ABAQUS programında hangi yollarla verilebileceği anlatılmıştır. Seçilen iki kusur tanımlama yöntemi dikkate alınarak inelastik kolon burkulma analizi yapılmıştır. Daha sonra başlangıç eğrilik kusurlarının çift katmanlı uzay kafes sistemlerin yük taşıma kapasitesine etkisi incelenmiştir. Kusurların yeri ve büyüklüğü konusunda Gamma dağılımından yararlanılarak olasılıksal bir yaklaşım sergilenmiştir. Sonuçlar grafiklerle ve tablolarla detaylı bir şekilde verilmiştir.

2. ABAQUS Programında Eleman Başlangıç Eğrilik Kusurlarının Modellenmesi

ABAQUS programında elemanlara iki tür başlangıç eğrilik kusuru verilmiştir. Birincisi elemanların yük taşıma kapasitesini etkilemeyecek kadar küçük kusurlardır. Bahsedilen bu küçük kusurlar, bu makalede fiktif kusur olarak anılacaktır. Her bir elemana verilen fiktif kusurların büyüklüğü ise $L/6250$ 'dir. İkincisi ise gerçek hayatta çeşitli nedenlerle oluşabilecek ve elemanların yük taşıma kapasitesini olumsuz yönde etkileyebilecek kusurlardır. Bu makalede gerçek kusur olarak anılacak bu kusurların yeri ve büyüklüğü kesin olarak bilinmemekle beraber bu kusurlar her bir model için rastgele dağıtılmışlardır.

Yerdeğiştirmelerin yeterli derecede küçük olmadığı yapı sistemlerinde denge denklemlerinin şekil değiştirmiş eksen üzerinde yazılması gerekmektedir. Geometri değişimlerinin (yerdeğiştirmelerin) denge denklemlerine etkisinin göz önüne alındığı bu teoriye ikinci mertbe teorisi denir.[6] ABAQUS'te elemanlara fiktif kusurların verilme sebebi ise ikincil mertbe etkilerinin oluşmasını sağlayarak burkulmanın tetiklenmesidir. Aksi takdirde ikinci mertbe etkileri oluşmayacak ve basınç kuvveti altında elemanlarda burkulma yerine akma meydana gelecektir. Bu da gerçekçi bir yaklaşım olmayacaktır.

Kusurların tanımlanması için ABAQUS sonlu elemanlar paket programı kullanıcılara farklı yöntemler sunmaktadır. Şekil 1'de görüleceği üzere geometrik kusurların modellenmesi için üç yöntem bulunmaktadır: Fiktif yük uygulanması, ön geometrik kusur uygulaması ve doğrudan kusurlu geometri modellenmesi. Ön geometrik kusur uygulaması ABAQUS'ün sunmakta olduğu bir yöntem olarak, kusursuz bir elemanı sonradan kusurlu hale getirme anlayışına dayanır. Ön geometrik kusur uygulamasının üç farklı yöntemi bulunmaktadır. Bunlar burkulma özdeğerlerinin doğrusal süperpozisyonu yapılarak, bir statik analizin yerdeğiştirme sonucundan yararlanılarak veya düğüm noktası ve kusur değerlerinin belirtilmesidir.



Şekil 1: ABAQUS'te kusurlu eleman modelleme yöntemleri

2.1. Fiktif Yük Uygulanarak Kusur Tanımlama Yöntemi

Bu yöntemde küçük bir fiktif yük, elemanın belirli bir noktasında tekil yük olarak veya eleman uzunluğu boyunca doğrusal veya doğrusal olmayan yayılı yük olarak burkulmayı tetikleyecek şekilde verilmektedir. Elemana veya yapıya uygulanan fiktif kuvvetin büyüklüğünün belirli bir aralıkta olması gerekmektedir. Kuvvet çok büyük olursa elemanın kapasitesi etkileneceği gibi çok küçük olursa da burkulma tetiklenmeyebilir.

ABAQUS'te bu yöntem iki analiz adımında gerçekleştirilir. İlk adımda doğrusal statik analiz yapan "Static, General" analiz türü oluşturularak fiktif yük uygulanır. İkinci adımda da doğrusal olmayan analiz yapan "Riks" vb. analiz türü kullanılarak artırımlı yükleme gerçekleştirilir.

2.2. Ön Geometrik Kusur Uygulama Yöntemi

ABAQUS'ün kendi içinde yer alan özelliklerle kusurlu geometri tanımlanması yapılmıştır. Bu yöntemde kusursuz geometriye sahip elemana veya yapıya farklı yollarla kusur tanımlanması yapılmaktadır.

2.2.1. Elastik Burkulma Mod Şekilleri Kullanılarak Kusur Tanımlama Yöntemi

Yapı ilk olarak kusursuz bir şekilde modellenir. Elastik burkulma analizi gerçekleştirilir ve burkulma modları elde edilir. Bulunan burkulma modlarından en küçüğü modele kusurlu geometri olarak verilir. İkinci adımda kusurlu geometriye sahip yapı analiz edilir.

2.2.2. Statik Analiz Verilerinden Yararlanılarak Kusur Tanımlama Yöntemi

Kusursuz oluşturulan modele statik analiz uygulanır. Statik analiz sonucunda modelde deformasyonlar oluşur. Deformasyona uğramış model, kusurlu geometri olarak seçilir. İkinci analizde deforme olmuş kusurlu geometriye sahip model analiz edilir.

2.2.3. Geometrik Kusurların Doğrudan Tanımlanması Yöntemi

Kusurların dolaylı olarak tanımlanması yerine, doğrudan düğüm noktalarının numaraları ve koordinatları şeklinde tanımlanmasıdır. Bu yöntemde birinci analize gerek kalmadan kusurlar, düğüm noktalarının herhangi bir koordinat sistemine göre yer değiştirmeler şeklinde tanımlanması şeklinde oluşturulmaktadır.

2.3. Doğrudan Kusurlu Geometri Modellenmesi Yöntemi

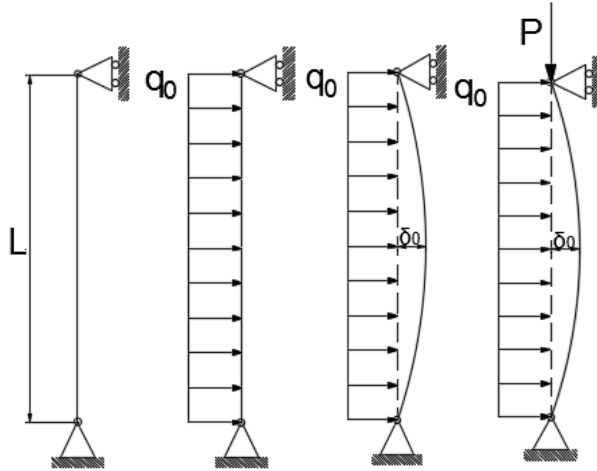
Bu yöntem, bu çalışmada çift katmanlı uzay kafes sistem elemanlarının kusurlu modellenmesi için uygulanmış bir yöntemdir. ABAQUS/CAE kullanılırken sistemin kusurlu durumdaki geometrisinin çizilmesi veya ABAQUS/Input kullanıldığında elemanın kusurlu geometri halinin koordinatlarının tanımlanması yöntemidir. Bu metodun avantajı diğer yöntemlerden farklı olarak iki ayrı analize gerek duyulmamasıdır.

Tanımlanan her bir yöntemin avantajları ve dezavantajları vardır. Örneğin, rijit düğüm noktaları olmayan mafsallı uzay kafes sistemlerin elemanlarına geometrik eğrilik kusuru verilmesi, Elastik Burkulma Analizi yöntemiyle yapılamaz. Çünkü elastik burkulma analizinde her bir modda sadece bir elemanın burkulduğu gösterilir ancak sistem olarak kusur tanımlaması yapılamamaktadır.

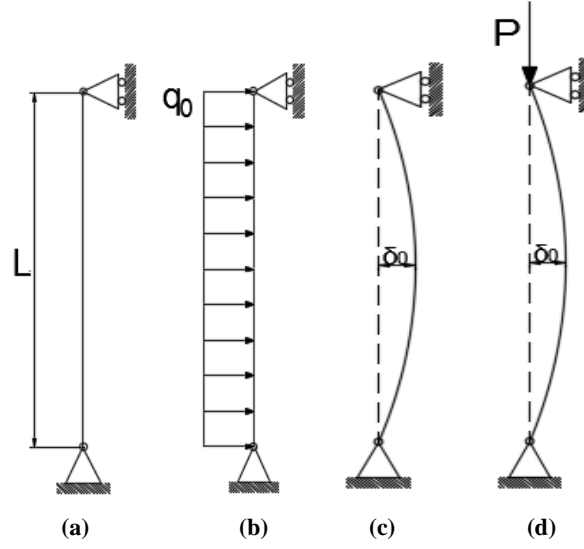
2.4. Fiktif Yük Uygulanarak ve Statik Analiz Verilerinden Yararlanılarak Tanımlanan Kusurlu Kolonun Doğrusal Olmayan Analizi

Farklı yöntemlerle tanımlanabilen geometrik kusurlar için çalışmanın bu kısmında Fiktif Yük Uygulanarak Kusur Tanımlama Yöntemi ve Statik Analiz Verilerinden Yararlanılarak Kusur Tanımlama Yöntemi ile kusurlu geometri tanımlaması yapılmış olup her iki yöntem hem kendi içinde hem de birbirleriyle kıyaslanarak yorumlanmıştır.

Bu çalışmada ABAQUS'te belirli bir kiriş-kolon eleman tipi olan Euler Bernoulli (B21) elemanı değerlendirilmiştir. Fiktif Yük Uygulanarak Kusur Tanımlama Yöntemi'nde (Fiktif Yükleme Yöntemi olarak anılacaktır) elemana uygulanan burkulma tetikleyici yük olarak fiktif üniform yayılı yük (q_0) dikkate alınmıştır. Şekil 2'de görüldüğü gibi elemanın orta noktasında δ_0 kadar bir deplasman oluşturacak şekilde q_0 yükü uygulanmıştır. Statik Analiz Verilerinden Yararlanılarak Kusur Tanımlama Yöntemi'nin (Başlangıç Eğrilik Yöntemi olarak anılacaktır) Fiktif Yükleme yöntemi ile kıyaslanabilmesi için birinci analiz adımında elemanın orta noktasında δ_0 kadar bir deplasman oluşturacak q_0 yayılı yükü uygulanmış olup (Şekil 3.a) ikinci adımda deforme olmuş (eğriliğe sahip) model üzerinden aksel basınç yüklemesi yapılmıştır (Şekil 3.d). Başlangıç eğrilik yöntemi için hazırlanmış kiriş-kolon elemanın mesnetlenme ve yükleme durumu Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 2: Kiriş-kolon tipi elemana q_0 fiktif yükünün uygulanması



Şekil 3: Başlangıç eğrilik yöntemine göre kiriş-kolon elemanı mesnetlenme ve yükleme durumu

Dikkate alınan boru kesitli elemanın geometri ve malzeme özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir. Kiriş-kolon elemanı sabit bir uzunluğa ve kesit alanına sahiptir. Böylece bütün analizler sabit bir narinlik oranı için yapılmış olur.

Tablo 1: Kiriş-kolon elemanın malzeme ve geometri özellikleri

Alan	Çap	Et kalınlığı	L(Boy)	Elastisite modülü	Akma dayanımı	Narinlik oranı
2880 mm ²	101.6 mm	10 mm	3000 mm	2.10E+5	355MPa	92.02

Fiktif yükün (q_0) büyüklüğü ise sabit bir eleman uzunluğu ve değişken deplasmanlara (δ_0) bağlı olarak aşağıdaki formülden yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$q = \frac{384EI}{5L^4} \cdot \delta$$

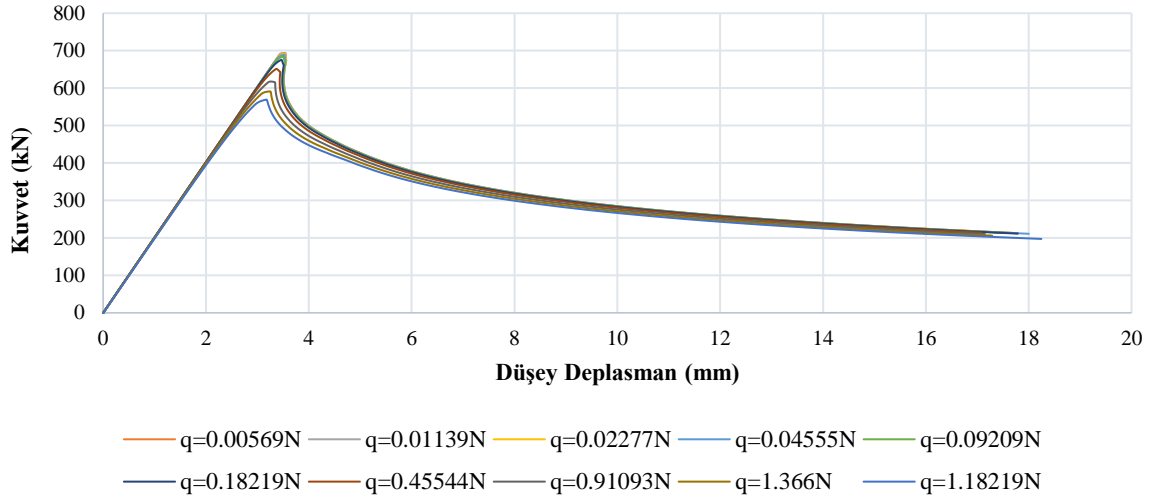
Elemanların aksenal basınç kuvveti altındaki kapasiteleri (burkulma kapasiteleri) her iki kusur uygulama yöntemi dikkate alınarak değişken q_0 değerleri ve onlara karşılık gelen δ_0 için kuvvet kontrollü “Riks” analizi ile bulunmuştur. Sonuçları Tablo 2’de verilmiştir (P_n).

Tablo 2: q_0 ’a göre hesaplanmış δ_0 değerleri ve elemanların burkulma kapasiteleri

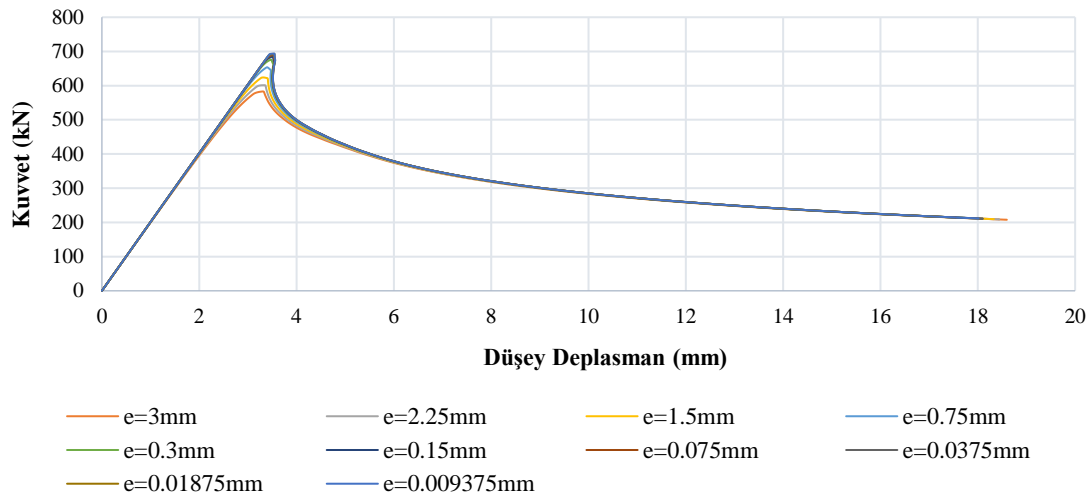
Analiz No	(L/ δ_0)	δ_0 (mm)	q_0 (N)	Fiktif Yükleme Yöntemi	Başlangıç Eğrilik Yöntemi
				P_n (kN)	P_n (kN)
1	1000	3	1.821	569.256	582.950
2	1333	2.25	1.366	591.160	601.154
3	2000	1.5	0.910	617.687	623.893
4	4000	0.75	0.455	651.391	653.625
5	10000	0.3	0.182	675.655	676.120
6	20000	0.15	0.091	684.552	684.775
7	40000	0.075	0.045	689.323	689.432
8	80000	0.0375	0.022	691.832	691.834
9	160000	0.01875	0.011	693.037	693.038
10	320000	0.009375	0.005	693.649	693.655
11	638977.636	0.004695	0.002	x	x

Tablo 2’deki verilere göre uygulanan kusur miktarı arttıkça iki yöntem için de eleman kapasitesinde bir azalma görülmektedir. Bunun yanı sıra elemana belli bir değerden daha küçük bir kusur miktarı verilince burkulma meydana gelmediği için basınç kuvveti kapasitesi bulunamamaktadır. Fiktif yükleme ve başlangıç eğrilik yöntemiyle tanımlanan kusurlu geometriye sahip inelastik kolonun 10 analiz sonucuna göre kuvvet-deplasman grafikleri çizilmiş olup Şekil 4 ve Şekil 5’te verilmiştir. Bir elemanda ister fiktif yük

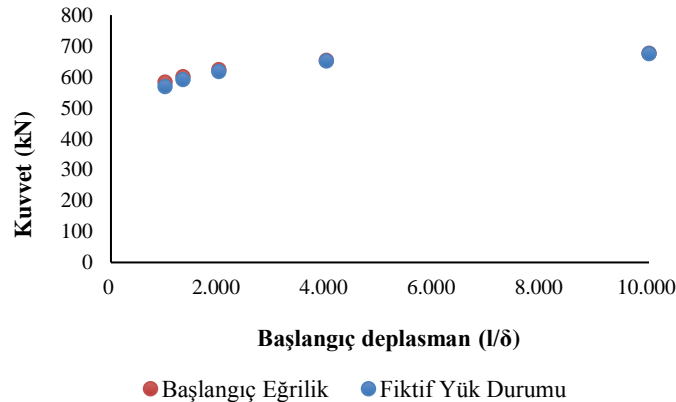
isterse başlangıç eğriliği suretiyle verilen kusurun belirli bir değerden sonra eleman kapasitesine etki ettiği görülmektedir. Fiktif yük ve başlangıç eğriliğinin eleman kapasitesine etkisi Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 4. Değişken fiktif yüklü merkezi aksenal basınç etkisi altındaki kiriş-kolon eleman davranışı



Şekil 5: Değişken başlangıç eğriliği merkezi aksenal basınç etkisi altındaki kiriş-kolon eleman davranışı



Şekil 6: Fiktif yük durumu ile başlangıç eğrilik durumunun karşılaştırılması

2.4.1. Değerlendirme

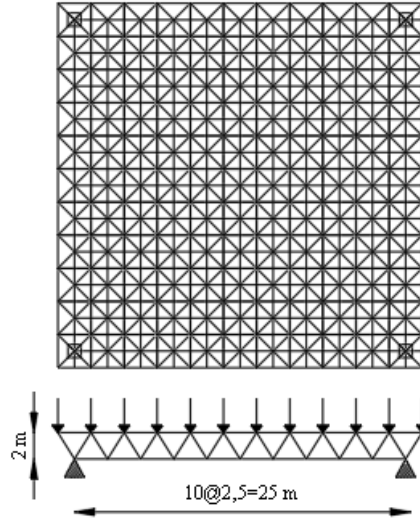
Kusur miktarının küçük oranlarda olması durumunda burkulmayı tetikleyici yöntem olarak yük veya eğrilik verilmesi arasında önemli bir fark görülmemektedir. Diğer yandan fiktif yükleme yöntemi ile başlangıç eğrilik yönteminin uygulandığı inelastik kolon kapasiteleri arasındaki fark, uygulanan yük/başlangıç deplasmanı arttıkça artmaktadır (Şekil 6). Bu farkın oluşma nedeni elemanda yayılı yük olarak tanımlanan fiktif yükten kaynaklanan momentlerdir. Fiktif yükün büyük olması durumunda büyük momentler oluşmakta ve dolayısıyla hata oranı büyümektedir. Ancak küçük değerler için göz ardı edilebilecek bir moment olduğundan eleman kapasitesi önemli oranda etkilenmemekte ve böylece sistemin başlangıç eğriliği verilmiş elemanlar ile aynı kapasiteye sahip olduğu kabul edilmektedir.

3. Başlangıç Eğrilik Kusuruna Sahip Elemanlar İçeren Çift Katmanlı Uzak Kafes Sistemin Analitik Modellerinin Oluşturulması

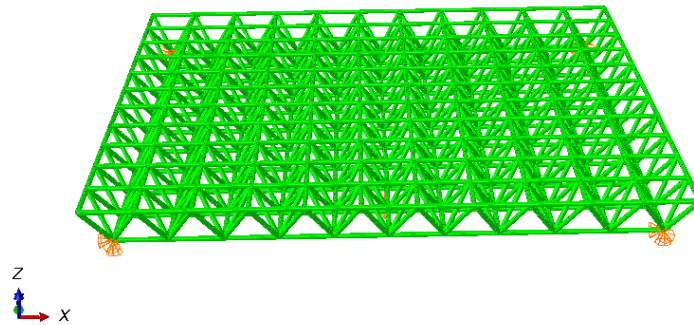
Bu çalışmada Çift Katmanlı Uzak Kafes Sistem modelleri, MATHEMATICA programından yararlanılarak ABAQUS/Inp dosyası olarak oluşturulmuştur. Eleman başlangıç eğrilik kusurları düğüm noktası koordinatlarıyla verilmiştir. 10x10 modül sayısına sahip çift katmanlı uzak kafes sistem elemanları alt, üst ve diyagonal elemanlar olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Bütün elemanlar boru tipi enkesitine sahip B31 eleman tipi kullanılarak modellenmiştir. Sistem geometrisi Şekil 7’de verilen çift tabakalı uzak kafes sistemin mesnetlenme koşulları dört köşesinden sabit mesnet olması durumudur. Alt ve üst katman elemanlarının uzunlukları 2.5m iken diyagonal elemanların uzunlukları 2.67m’dir. Model derinliği 2m’dir.

Çift katmanlı uzak kafes sistemin elemanları birbiriyle mafsallı olarak bağlanmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için Abaqus/Standard’da bulunan “*Release” komutu kullanılmıştır. Bu komut ile dönme serbestlik dereceleri serbest bırakılmıştır.

Sistemin gerçekçi davranışının elde edilebilmesi amacıyla malzeme ve geometride doğrusal olmayan analiz dikkate alınmıştır. Malzeme nonlineerliği için çelik malzemesine 355 Mpa akma gerilmesi atanmıştır. Geometrideki nonlineerlik için ise MATHEMATICA programı yardımıyla her elemana kapasitesini etkilemeyecek küçüklikte eğrilik kusurları ($L/6250$) Bölüm 2.3’te anlatılan yöntemle gelişigüzel atanmıştır. Böylelikle elemanlarda ikinci mertebe etkileri tetiklenebilecek ve burkulma meydana gelebilecektir.



Şekil 7: Çift katmanlı uzak kafes sistem geometrisi



Şekil 8: Çift katmanlı uzak kafes sistem 3D görünüşü

Çift katmanlı uzay kafes sistemlerde başlangıç eğrilik kusurunun araştırılması sebebiyle MATHEMATICA programı kullanılarak rastgele kusurlar oluşturulmuş ve elemanlarında kapasiteyi olumsuz anlamda etkileyecek kusurların bulunmadığı, daha önce oluşturulmuş modellere gelişigüzel bir şekilde atanmıştır. Bu işlem esnasında Gamma dağılımlı olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılmıştır. Elemanlara atanan kusurlar arasındaki maksimum değer 7.5L/1000, ortalama değer ise L/1000 olarak kabul edilmiştir.

Yüklem tipi olarak kuvvet kontrollü yükleme tercih edilmiştir. Üst katmanlar üzerine yayılı olarak 0.5kN/m² ölü yük ve 0.5kN/m² hareketli yük gelecek şekilde yükleme yapılmıştır. Yük kombinasyonu olarak G+Q yük kombinasyonu kullanılmıştır. En fazla zorlanan kritik elemanlar için kapasite oranları aynı olup aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilmektedir. P_{uc} talep edilen eksenel kuvvet, P_n ise elemanın kapasite değerini ifade etmektedir. Aşağıdaki bağıntı dikkate alınarak hesaplanmış kapasite oranları Tablo 3'te yer almaktadır.

$$CR_c = \frac{P_{uc}}{P_n} \quad (1)$$

Tablo 3: Katman bazında elemanların kapasite oranları

Katman	Talep Edilen Kuvvet (kN)	Eleman (kN)	Kapasitesi	Kapasite Oranı
Üst	205	235		0.872
Diyagonal	95	113		0.841
Alt	89	105		0.848

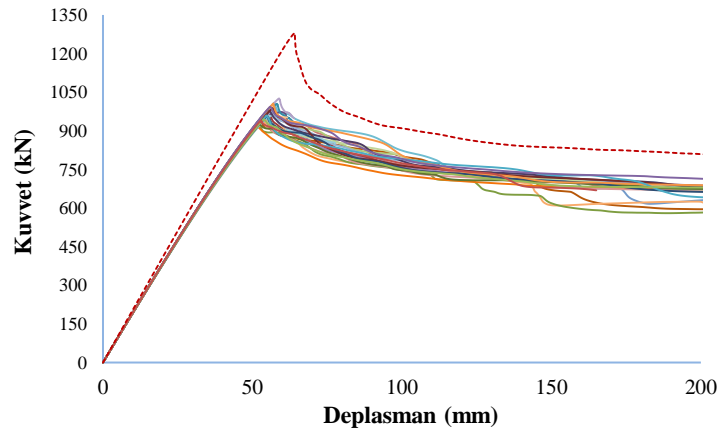
Bütün elemanlarda narinlik oranı 115 kabul edilmiştir. En fazla zorlanan elemanlarda aynı kapasite oranı ve bütün elemanlarda aynı narinlik oranına bağlı olarak katman bazında eleman kesitleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Katman bazında eleman kesitleri

Katman	Kesit
Üst	CHS 68.6 x 8
Diyagonal	CHS 69 x 3.5
Alt	CHS 64.8 x 3.5

4. Bulgular ve Tartışma

Tablo 4'te belirtilen eleman kesitleri ve çift katmanlı uzay kafes sistem modellerine ait Bölüm 3'te verilen bilgiler ışığında 1 tane kusursuz model, 30 tane kusurlu model hazırlanmıştır. 30 kusurlu modelin her birinde farklı kusur dağılımı mevcuttur. Çeşitli nedenlerle oluşabilecek kusurların yerinin ve büyüklüğünün tespiti imkansızdır. Bu yüzden kusurların gerçekçi bir şekilde simüle edilebilmesi amacıyla farklı kusur dağılımlarına sahip 30 farklı model analiz edilmiştir. Analiz türü olarak ABAQUS'te yer alan "Static, General" analizi kullanılmıştır. Malzeme ve geometik nonlineerliğin dikkate alındığı analizlerin sonucunda kusursuz model de dahil olmak üzere her bir modelin kuvvet-deplasman grafikleri çıkarılmıştır. Kuvvet-deplasman grafikleri çıkarılırken her bir modelin alt tabakasının orta noktası dikkate alınmıştır.



Şekil 9: Çift katmanlı uzay kafes sistemlerin kuvvet-deplasman grafikleri

Şekil 9'da verilen kuvvet-deplasman grafiklerine göre kırmızı, kesik çizgili eğri kusursuz modeli temsil ederken diğer çizgiler 30 farklı eğrilik kusurlu modelleri temsil etmektedir.

Kusursuz ve kusurlu modellere ait kuvvet-deplasman grafikleri incelendiğinde başlangıç eğrilik kusurunun çift katmanlı uzay kafes sistemlerin yük taşıma kapasitesini olumsuz anlamda etkilediği görülebilmektedir. Olumsuz anlamdaki bu etkiyi daha iyi inceleyebilmek adına kusurlu ve kusursuz modellere ait yük taşıma kapasiteleri, kusurların yüzdesel etkisi Tablo 5'te verilmiştir. Bu etkinin büyüklüğü ise sistem içinde yer alan kusurların dağılımı ve miktarıyla ilişkilidir. Tablo 5 incelendiğinde 30 farklı kusur dağılımını dikkate alan modeller için başlangıç eğrilik kusurları, çift katmanlı uzay kafes sistemlerin yük taşıma kapasitesini maksimum %28.7 oranında azaltırken minimum %20 oranında azaltmaktadır. Ortalama %23 oranında bir kapasite düşüşüne neden olmaktadır. Kusurlar sistemin yük taşıma kapasitesini olumsuz anlamda etkilerken sistem rijitliğini, belirgin bir şekilde etkilememektedir. Özellikle 25mm deplasmana kadar olan kısımda tüm sistemler hemen hemen aynı rijitliğe sahiptir.

Tablo 5: Kusursuz ile kusurlu modellere ait kapasiteler ve kusurlardan kaynaklanan kapasite düşüşleri

Sistem Kapasite Değerleri (kN)				Kapasite Düşüş Oranları (%)		
Kusursuz Model	Kusurlu Modeller			Min.	Mak.	Ort.
	Min	Mak.	Ort.			
1280	913	1025	936	20	28.7	26.9

5. Sonuçlar

Çift katmanlı uzay kafes sistemlerde başlangıç eğrilik kusurunun etkisini incelemek amacıyla yapılan bu çalışmada elde edilen analiz sonuçlarına göre aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

1. Başlangıç eğrilik kusurları ABAQUS programında farklı metotlarla oluşturabilir. Pratik olması açısından ABAQUS/Inp dosyasında direkt olarak kusurlu sistemin düğüm noktaları için koordinat verilmesi yöntemi önerilmektedir.
2. Geometride doğrusal olmayan analiz yapılırken burkulma tetikleyici fiktif kusurlar belirli aralıkta olmalıdır. Kusurların büyük olması sistem kapasitesini etkilerken, küçük olması burkulmayı tetiklememektedir.
3. Başlangıç eğrilik kusuru çift katmanlı uzay kafes sistemin rijitliğini belirgin bir şekilde etkilememektedir.
4. Çift katmanlı uzay kafes sistemlerin yük taşıma kapasitesi başlangıç eğrilik kusurundan olumsuz anlamda etkilenmektedir.
5. Gelişigüzel dağıtılmış kusur durumları çift katmanlı uzay kafes sistemin yük taşıma kapasitesini -%28.7 ile -%20 arasında etkilemektedir. Dolayısıyla sistemin yük taşıma kapasitesindeki değişim eğrilik kusurlarına ve bu kusurların dağılımına duyarlıdır.
6. Bu çalışmada başlangıç eğrilik kusurunun çift katmanlı uzay kafes sistemlerin yük taşıma kapasitesine etkisi incelenmiştir. Artık gerilme, eleman boy kusurları gibi farklı tip kusurların da çift katmanlı uzay kafes sistemlerin kapasitesini etkileyeceği düşünülmektedir. Özellikle birbirlerini tetikleyecek kusurların bir arada olması daha olumsuz senaryoların oluşmasına neden olabilir.

6. Kaynakça

- [1] M. T. Roudsari and M. Gordini, "Random imperfection effect on reliability of space structures with different supports," *Struct. Eng. Mech.*, vol. 55, no. 3, pp. 461–472, 2015.
- [2] M. Tahamouli Roudsari, M. Gordini, H. Fazeli, and B. Kavehei, "Probability analysis of double layer barrel vaults considering the effect of initial curvature and length imperfections simultaneously," *Int. J. Steel Struct.*, vol. 17, no. 3, pp. 939–948, 2017.
- [3] H. Li and Y. Taniguchi, "Load-carrying capacity of semi-rigid double-layer grid structures with initial crookedness of member," vol. 184, no. June 2018, pp. 421–433, 2019.
- [4] M. Gordini, M. R. Habibi, M. H. Tavana, M. TahamouliRoudsari, and M. Amiri, "Reliability Analysis of Space Structures Using Monte-Carlo Simulation Method," *Structures*, vol. 14, no. April 2017, pp. 209–219, 2018.
- [5] M. TahamouliRoudsari, "Probing the Probabilistic Effects of Imperfections on the Load Carrying Capacity of Flat Double - Layer Space Structures," vol. 1, pp. 79–95, 2017.
- [6] Y. M. K. A. HAŞİM, "SONLU ELEMENLARLA İKİNCİ MERTEBE TEORİSİNE GÖRE HESAP," 2007.

OFİS ERGONOMİSİNE İLİŞKİN AKADEMİSYEN GÖRÜŞLERİNİN DEĞERLENDİRMESİ

Nevin Çankaya¹, Meryem Yalçinkaya Demirtaş²

¹Uşak Üniversitesi, Kimya Bölümü, Uşak, TÜRKİYE

nevin.cankaya@usak.edu.tr

²Uşak Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, Uşak, TÜRKİYE

mrym-ylcnky@hotmail.com

Özet

Bu çalışmanın amacı, ofis ergonomisine ilişkin akademisyenlerin görüşlerini saptamaktır. Çalışma grubu, Uşak Üniversitesinde 2018-2019 akademik yılında görev yapan öğretim üyelerinden oluşmaktadır. Öğretim üyeleri ile yüz yüze yapılan görüşme sonucu cevaplar görüşme formuna kaydedilmiştir. Toplamda 130 kişinin verdiği cevaplar değerlendirilmiştir. Görüşme formu, araştırmacılar tarafından hazırlanan, uzman görüşüne sunulan 15 kapalı uçlu, 1 açık uçlu olmak üzere 16 sorudan oluşturulmuştur. 130 akademisyenin 56'sı açık uçlu soruya cevap vermiştir. Katılımcı görüşleri yazılı formlar üzerinden betimsel analiz ile değerlendirilmiştir. Akademisyen görüşleri üzerinden yapılan betimsel analize göre, ofis içi mekân özelliği ve ofis yapısı olmak üzere iki kategori belirlenmiştir. Ofis içi mekân özelliği kategorisine ilişkin akademisyen görüşleri incelendiğinde; ofislerde aydınlatma düzeyi, ofis yalıtımı, ofis havalandırması, ısı düzeyi, ofis kapasitesi, ofis içi yaşam alanı temalarının önemli olduğuna vurgu yapılmıştır. Ofis yapısına ilişkin olarak ise, ofislerin prefabrik yapı biçiminde olmaması ve teknoloji donanımlı ofislerin olması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ergonomi, Ofis Ergonomisi, Akademisyen Görüşleri.

1. Giriş

Ergonomi, insanların anatomik yapılarını, vücut ölçülerini ve karakteristiklerini, fizyolojik düzeylerini ve toleranslarını göz önünde bulundurarak, endüstriyel iş ortamındaki tüm unsurların etkisi ile oluşabilecek, fiziksel ve psiko-sosyal stresler karşısında, sistem verimliliği ve "insan-makine-çevre" uyumunun temel yasalarını ortaya çıkarmaya çalışan, çok disiplinli bir araştırma ve geliştirme dalıdır [1]. Biyolojik ve psikolojik konforu en üst seviyede tutma çabası güder, insan ve makine uyumunun doğal ve teknolojik kuralını araştırır. Temel bileşenleri; İş yeri değerlendirmesi, risk etkenlerinin önlenmesi ve kontrol altına alınması, tıbbi yaklaşım ve eğitimidir [2]. Çalışanların fiziksel ve psikolojik sağlığını korumak, fiziksel alabilecekleri hasarların, kalıcı sakatlıkların yaşanmasını önlemek, iş verimini artırmak, vücut ve zihin yorgunluğunu en aza indirmek, çalışanı kas-iskelet ağrılarından korumak temel amaçlarından olup, çalışma ortamının çalışana en uygun hale getirilmesini, çalışanda ortama uyumunun en üst seviyede tutulmasını ilke edinir. Yaşam kalitesini yükseltmeyi hedef alan ergonomi, bununla birlikte iş memnuniyetini, insan değerini, yürütülen işin etkisini ve etkinliğini, iş günü kaybını, meydana gelebilecek hastalıkların mali boyutunu düşürmeyi, iş kazasında yaşanabilecek hasarı en aza indirmeyi ve iş ortamında kaliteyi hedefler [3]. Çalışma alanı, bir iş sistemi içerisinde kişinin görevini yapabilmesi için ayrılan yerdir [4]. Ofis çalışma alanları ise kurum ve kuruluşlarda, genel olarak masa başında ve evrak kayıt-belgeleme işlerinin yürütüldüğü, adına "Bölüm, Şube, Kalem, Yazıhane, Çalışma Odası, İşyeri" gibi terimlerin de verildiği yerlerdir [4, 5]. Çalışanlar günlerinin büyük bölümünü masa başında ve ofis ortamında geçirmektedirler, çalışma alanları tek kişi, iki, üç ya da daha fazla kişiyle birlikte kullanabilmektedirler. Günümüz iş dünyasında zihinsel üretim ve dikkat gerektiren işlerin, iletişim gerektiren işlerden ayrılması performans artışı ve çalışan memnuniyeti için gerekmektedir. Aksi halde çalışanlara psikolojik sıkıntı verebilmekte ve iş esnasında dikkat bozukluğu olarak yansımakta ve çalışanın veriminin düşmesine sebep olabilmektedir [1, 4, 6]. Ofis ergonomisi ise, ofis mekânının işi yapan kişiye en uygun halde düzenlenmesidir. Bu düzen kişinin KISH (Kas İskelet Sistemi Hastalıkları) sorunlarına yakalanma riskini, şikâyetini ve stresini azaltırken, iş verimini ve iş memnuniyetini artırmaktadır [2, 7, 8]. Çalışmayı etkileyen diğer sebepler ise, fiziksel unsurlar (iş yeri yerleşim planı, hacmi vb.), ekranlı araçlar ve diğer ekipmanlar (monitör konumu, klavye, çalışma masa ve sandalyesi vb.), çevresel unsurlar (gürültü, termal konfor, aydınlatma) ve psikolojik unsurlar (çalışandan kaynaklanan sorunlar, iş yeri ya da işletmenin yapısıyla ilgili sorunlar) göz ardı edilemez etkenlerdir [3, 7, 8, 9].

Ofis aydınlatmaları yetersiz olduğunda, çalışmanın sağlıklı yürütülmesini olumsuz etkileyebileceği gibi, yüksek aydınlatma olması da monitör ekranında parlama, yansıma, göz yorgunluğu, çift görme ve baş ağrısı gibi rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Ofis mekânı tasarlanırken bu durumlar düşünülmeli, yansıtıcı olabilecek duvar yüzey malzemelerinden kaçınılmalı, perde kullanılmalı, monitör pencere düzlemine dik olarak yerleştirilmelidir. Gürültü faktörü de çalışmayı olumsuz etkileyen bir başka unsurdur, kaynağı ofiste bulunan fotokopi makineleri, telefonlar, yazıcılar, insan konuşmaları ve trafiktir. Gürültü seviyesi işitme kaybına sebep olacak düzeyde olmasa da çalışanı engelleyici, moral bozucu ve dikkat dağıtıcıdır. Bu konuda duvarlar, paravanlar, zemin ve tavan sesini yutucu malzemeler ile kaplanabilir, gürültü çıkaran makineler de yalıtımlı malzeme içine alınarak ya da mümkünse çalışandan uzak bir bölüme taşınarak sorun giderilebilir. Ortam ısısı, bilgisayarlardan yayılan ısısında dâhil olmasıyla hava akımına yüksek seviyede olmasa da etki eder. Ortam sıcaklığının fazla olması terlemeye ve bunun beraberinde daha fazla yorulmaya sebep olur [2, 6, 8, 9].

Çalışan kişilerin bedensel ve zihinsel konforlarını, sağlıklarını ve iş verimlerini direkt olarak etkileyen ergonomi unsuru, iş yerlerinin fiziksel ve çevresel koşullarının ergonomik kriterlere göre düzenlenerek, çalışanın tam verime ulaşmasını amaçlayan, çalışma

ortamları oluşturmayı hedefler. Bu şartların oluşturulmadığı çalışma alanlarında, iş üretimi ve çalışanın performansında artış olmadığı gibi insanların fiziki sağlıklarında da sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Ergonomik unsurlara göre tasarlanan çalışma mekânlarında daha hızlı adapte olunabildiği, iş veriminin arttığı, çalışanın daha az enerji harcadığı ve iş şartlarından daha memnun olduğu görülmektedir [10].

İş kazalarının nedenlerinin belirlenmesine dair yapılan çalışmalar ise yeni bir görüşü meydana getirmiştir: Güvenli tasarım anlayışı. Bu görüş, kazaların önemli bir bölümünün, tasarım kaynaklı sebeplerden meydana geldiği ve bu aşamanın daha iyi bir çalışma sistemi içinde yürütülerek ve ileride oluşabilecek sorunlar öngörülerek, iş kazalarına engel olunabileceğini ya da en az seviyeye düşürülebileceğini savunmaktadır. İş kazalarının birçoğunun tasarım sebebi olduğu ve bu aşamada iyi bir öngörme ve çalışma ile kazaların önüne geçilebileceği unutulmamalıdır [11].

2. Yöntem

Bu çalışma nitel araştırma yönteminde olgubilim deseninde bir çalışmadır. Nitel araştırma yaklaşımı, araştırmacının esnek olmasını, toplanan verilere göre araştırma sürecini yeniden biçimlendirmesini ve gerek araştırma desenini gerekse toplanan verilerin analizinde tümevarıma dayalı bir yaklaşım izlenmesini gerektirmektedir. Olgubilim ise farkında olunan ancak hakkında derinlemesine ve ayrıntılı bilgi sahibi olunmayan olgulara değinerek daha iyi anlaşılmasına odaklanmaz. Toplanan veriler betimsel olarak analiz edilmiştir. Betimsel analiz, elde edilen verilerin daha önceden belirlenmiş başlıklar altında özetlenmesi ve yorumlanmasıdır [12].

2.1. Çalışma Grubu

Çalışma grubu, Uşak Üniversitesinde 2018-2019 akademik yılında görev yapan akademisyenlerden (öğretim üyesi ve görevlisi) oluşmaktadır. Akademisyenler ile yüz yüze yapılan görüşme sonucu cevaplarını görüşme formuna yazılı olarak vermeleri istenmiştir. Toplamda 130 akademisyene 15 kapalı ve 1 açık uçlu olmak üzere 16 soru yöneltilmiştir. Akademisyenlerden 56 kişi kapalı ve açık uçlu soruya cevap verirken, diğerleri sadece kapalı uçlu soruya cevap vermişlerdir. Verilen cevaplar görüşme formlarına kayıt edilerek değerlendirilmiştir.

2.2. Veri Toplama Aracı

Veriler, araştırmacılar tarafından hazırlanan ve uzman görüşüne sunulduktan sonra son hali verilen sorulardır:

- *Ofisinizde aydınlatmayı yeterli buluyor musunuz?*
- *Havalandırma sistemi düzenli olarak çalışıyor mu?*
- *Ofis ortamında ısı ve nem değerleri düzenli aralıklarla denetleniyor mu?*
- *Gürültü seviyesi rahatsız edecek düzeyde mi?*
- *Ofisinizde açıldığında kablolar ve düzensiz yerleşmiş elektrik donanımları, sizi rahatsız etmeyecek biçimde mi yapılmış?*
- *Kitaplık ve dolaplar uzanma gerektirmeyecek şekilde yapılmış mı?*
- *Çalışma ortamında kişiler arası sözel iletişim rahatlıkla sağlanabiliyor mu?*
- *Fakültenizde serbest zamanlarınız da (molalarınızda) dinlenebileceğiniz ortamlar var mı?*
- *Koltuğunuz kalça ve dizlerin uygun açıyla büküleceğini şekilde tasarlanmış mı?*
- *Koltuğunuz geriye doğru meyilli mi? (Oturma sırasında öne doğru kayma engelleniyor mu?)*

- *Koltuğunuzun oturma yüksekliği ayarlanabiliyor mu?*
- *Devamlı bilgisayar başında çalışmaktan ötürü, gözlerinizde bir rahatsızlık hissediyor musunuz?*
- *Sürekli başka kimselerin görüş alanında olmak sizi rahatsız ediyor mu?*
- *Çalışma alanınızda, pencere bulunuyor mu?*
- *Ofisinizde masa, sandalye ve dolapların yanlış yerleştirilmesinden dolayı, çalışmalarınız olumsuz etkileniyor mu?*
- *Çalışma ofisinizin tasarım olarak nasıl olmasını istersiniz?*

15'i kapalı ve 1'i açık uçlu olmak üzere 16 sorudan oluşan görüşme formu aracılığıyla elde edilmiştir. Katılımcı görüşleri yazılı formlar üzerinden betimsel analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

Bu kısımda çalışma grubunda yer alan kişilerin ofis ergonomisine ilişkin görüşleri, cinsiyete göre dağılımı ve kişilerin görüşleri üzerinden belirlenen tema ve kodlar yer almaktadır. Akademisyen görüşleri üzerinden yapılan betimsel analize göre ofis içi mekân özelliği ve ofis yapısı kategorileri belirlenmiştir.

Tablo 1: Ofis İçi Mekân Özelliği Kategorisine İlişkin Akademisyen Görüşleri

KATEGORİ	TEMA	KOD
OFİS İÇİ MEKÂN ÖZELLİĞİ	Genişlik	<i>"Daha ferah ve büyük odaların olmasını isterdim."</i> (Erkek)
		<i>"Odalar biraz daha geniş olmalı."</i> (Kadın)
		<i>"Ofisler geniş ve ferah olmalı."</i> (Erkek)
		<i>"Hizmet alanı dar olmamalı."</i> (Erkek)
		<i>"Kitaplıkların rahat sığabileceği alan olmalı."</i> (Erkek)
		<i>"Odalar daha geniş olabilirdi."</i> (Kadın)
	Aydınlık	<i>"Ofislerin aydınlık ve ferah olması gerektiğini düşünüyorum."</i> (Kadın)
		<i>"Ofisimin aydınlatma sisteminin daha iyi olmasını isterdim."</i> (Erkek)
		<i>"Ofisin daha aydınlık olması gerekir."</i> (Kadın)
		<i>"Daha aydınlık olmalı."</i> (Erkek)
		<i>"Odalar güneş ışığının geliş açısına göre düzenlenmelidir."</i> (Erkek)
		<i>"Ofisimin daha aydınlık olmasını isterdim."</i> (Kadın)
	Yalıtım	<i>"Ofisler güneş görebilmeli."</i> (Erkek)
		<i>Aşırı gürültüyü içeri yansıtmayan yalıtımda olmalı."</i> (Erkek)
		<i>Ofis duvarları sesi daha az geçirecek şekilde olmalı."</i> (Erkek)
<i>Odalarda ses yalıtımı şart."</i> (Erkek)		
<i>Daha sessiz odalar olmalı."</i> (Kadın)		
Havalandırma	<i>Lavabolardan ve dışarıdan gelen kokulara karşı ofisler yalıtımlı olmalı."</i> (Kadın)	
	<i>"Ofislerin penceresi alttan yukarı doğru kısmen açıldığından, yeterli olmuyor."</i> (Erkek)	
	<i>"Havalandırma büyük sorun."</i> (Erkek)	
Isı	<i>"Odalarda havalandırma yetersiz."</i> (Kadın)	
	<i>"Mevsim şartlarına göre ısı durumu ayarlanmalı."</i> (Erkek)	
	<i>"Ofisler çok sıcak olduğundan yazın soğutma sistemi yeterli gelmiyor."</i> (Erkek)	
Kişi Sayısı	<i>"Ofislerin ısı düzeni mevsimsel olmalı."</i> (Erkek)	
	<i>"Odalar tek kişilik çalışma ofisi şeklinde olursa daha iyi olur."</i> (Kadın)	
	<i>"Konfordan ziyade ofisin tek kişilik olması bana yeterli."</i> (Kadın)	
	<i>"Odam tek kişilik olsa daha iyi olurdu."</i> (Erkek)	
	<i>"Ofisler tek kişilik olsa daha iyi olur."</i> (Kadın)	
	<i>"Tek kişilik odalar olmalı."</i> (Erkek)	
	<i>"Tek kişilik odalar isterdim."</i> (Kadın)	
Yaşam Alanı	<i>"Kullanışlılık ofisin en önemli özelliğidir."</i> (Erkek)	
	<i>"Google tipi ofislerin olmasını tercih ederim."</i> (Erkek)	
	<i>"Aynı mekân içerisinde çay, kahve diğer içecek imkânı olmalı."</i> (Kadın)	

Ofis içi mekân özelliği kategorisine ilişkin akademisyen görüşleri incelendiğinde ofislerde aydınlatma düzeyi, ofis yalıtımı, havalandırması, ısı düzeyi, ofis kapasitesi, ofis içi yaşam alanı temalarının önemli olduğuna vurgu yapılmıştır. Çalışanların belirtmiş olduğu ortam koşullarından biriside çalışma alanlarının geniş ve ferah olmamasından duydukları rahatsızlıktır. Çalışma alanının

genişliği, iç alanın tasarımı, fizyolojik ve psikolojik açıdan elverişli olması, ofis yerleşim düzeninin çalışma performansına engel olmayacak şekilde düzenlenmesi ve organize edilmesi gerekmektedir. Çalışma ortamının daha rahat olması ve çalışma anında çalışana hareket kolaylığı sağlaması gidış ve gelişlerini rahat yapabilmesi için masanın ve sandalyenin eksenli etrafında yeterli alan bırakılması gerekmektedir. Masalar arası, 80 cm ve geçiş alanları 100 cm den daha az olmamalıdır ayrıca çalışma rahatlığının yanı sıra birden fazla çalışanın bir arada olduğu ofislerde temiz hava sirkülasyonu için de her çalışana ayrılması gereken alan m^2 ve m^3 olarak hesaplanmalıdır. Açık ofislerde kişi başına ortalama 10 m^2 taban alanı ve 30 m^3 hacim (yükseklik x taban alanı) standart olarak kabul edilebilir. Çalışma alanlarındaki en büyük sorunlardan birisi yeterli genişlikte olmamasıdır [5, 13].

Aydınlatma, güvenli çalışma ve sağlıklı bir görüş alanı oluşturmak için çalışma alanlarında önemli bir yer almaktadır. Ofislerde aydınlatma ihtiyacı yapılan işin niteliğine göre farklılık gösterir. Genel aydınlatmanın yeterli olmadığı ya da farklı alanlar için bölgesel aydınlatma sistemleri ihtiyacı olan alanlarda ise halojen lambalar ve spot ışıklandırma gibi noktasal ve direkt ışık veren aydınlatmalar kullanılabilir. Fakat bu uygulamada aşırıya gidilmemesi, özel vurgulama ve çalışma yapılan bölgesel alanlar için uygulanması önerilmektedir. Genel aydınlatma açısından, çoğunlukla floresan kullanılmakta, özellikle de kompakt floresanlı armatürlerin tercih edilmesi daha faydalı olmaktadır. Çalışma alanlarında düzgün dağılımlı, orantılı ve homojen aydınlık yüzeyler için yeterli genel aydınlatma sağlanmalıdır. Genel aydınlatmanın gerekli olduğu çalışma alanlarında sadece bölgesel aydınlatma kullanmak doğru bir uygulama değildir. Genel aydınlatma tasarımı yapılırken, mekânın her alanına eşit dağılmasına dikkat edilmelidir. Homojen dağılım armatürler yerleşirken hesaplı ve düzgün aralıklarla konumlanması ile sağlanabilir. Armatürlerin eşit dağılımı için çalışma alanı zemin düzlemi ve tavan arası mesafe, mekân en-boy mesafesi, tavan, duvar ve zemin yansıtma katsayıları hesaplanmalıdır. Aydınlatma, doğal (güneş ışığı) ve yapay aydınlatma olmak üzere iki şekilde sağlanabilir. Yapılarda enerji verimliliğine yönelik çalışmaların giderek artması ve insan sağlığı açısından oldukça önemli olması sebebiyle ofisin en fazla doğal ışığı alabileceği şekilde yapıların konumlandırılması gerekmektedir. Güneş ışığı, çalışan insanların üzerinde olumlu bir etki yaratacağından tasarım aşamasında gün ışığının mekâna gelişine dikkat edilmeli aydınlık ve ferah mekânlar yaratılmalıdır. İhtiyaç durumunda doğru noktalara konulması şartıyla bölgesel aydınlatmalar yapılabilir [3, 14]. Kazaların yaşanmaması, iş akışının bozulmaması, çalışanların performansının olumsuz etkilenmemesi için, ışığın göz sağlığına uygun ayarlanması gerekmektedir. Sağlıklı bir aydınlatmadan söz edebilmek için ortamın yaklaşık aydınlık seviyesinin ve düzgünlüğünün sayısal açıdan oluşturulmasının yanında; parlaklık dağılımı, kamaşma, ışığın ve yüzey alanlarının renkleri, fliker olayı, güneş ışığı (doğal aydınlatma) ve bakım onarım gibi birçok öğeye dikkat edilmeli, aydınlatmanın başlıca unsurları sağlanarak tasarlanmalıdır.

Doğal aydınlatma sadece enerji ihtiyacını karşılamakla kalmayacak aynı zamanda huzurlu ve sıcak bir ofis ortamı sağlayacaktır. Bu koşulların sağlanmasında, cam sistemleri ve panjur seçimi, pencerelerin baktığı yön ve büyüklüğü önemlidir. Bina tasarlanırken pencerelerin güney cepheye bakması, geniş ve açık planlanmış giriş kısmı gibi ayrıntılar, güneş ışığından daha fazla yararlanmayı sağlayacaktır [14-18].

Ofis çalışma alanları genel olarak zihinsel düşünce gerektiren ve gürültüden önemli derecede etkilenen çalışma alanlarıdır. Ortamda rahatsızlık veren sese gürültü denir. Gürültünün en büyük olumsuz etkisi dikkat dağıtmasıdır. Buna bağlı olarak iş veriminde azalma, moral bozukluğu ve sinirli olma haline sebep olur. Ofis ortamlarındaki gürültü, endüstriyel çalışma alanlarındaki gibi işitme kaybına sebep olacak şiddette sesler değildir, fakat kesintisiz ve zihinsel çalışmayı etkileyecek düzeyde olması çalışanın dayanılmaz strese girmesine sebep olur. Yapılan çalışmalarda gürültünün beden çalışanlarında %30, zihinsel olarak üretim yapan çalışanlarda %60'a varan performans düşmesine ve verim kaybına sebep olduğu görülmüştür. Gürültü arttıkça dikkat azalır, sinir sistemi yıpranır çalışanın iş becerisi ve verim düşmesine sebep olur. Ofis ortamlarında ses şiddeti, ofis hacim ve genişliğine göre değişkenlik göstermekle beraber yaklaşık 50-55 db'dir. Ülkemizde yürürlükte olan "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi" yönetmeliğine göre, pencereler kapalı iken kabul edilebilir gürültü düzeyi büyük bürolarda 45 db, açık bürolarda 50 db'dir [3, 19-20]. Gürültü nedenlerinden bazıları ofis iş yerlerinde çalışanların kendileri, havalandırma sistemleri, fanlar, bilgisayarlar, telefon, faks, fotokopi makineleri ve büro ofis ortamı dışından gelen trafik sesleri olabilir. Gürültüyü sonlandırmanın en iyi yolu gürültü kaynağını yok etmek ya da kaynağın etkisini azaltmaktır [6]. Gürültü sebebi olan makine ve ekipmanların belirli aralıklarla bakımı yapılmalı, taşınabileceği uygun alan varsa farklı bölgeye taşınmalıdır. Yalıtımdan kaynaklı bu sorunların çözümü için, en etkili önlem duvar, pencere ve kapıların ses yalıtımını sağlayan malzemeler ile kaplanmasıdır. Ofis ve benzeri çalışma ortamlarında gürültünün ortadan kaldırılması için masa ve sandalye ayaklarına kauçuk malzeme geçirilmesi, telefon zil seslerinin düşürülmesi ya da ışıkla uyarı uygulaması kullanılmalıdır. İç ses yalıtımı için yerlere halı, halifleks, marley vb. ses emici yalıtım malzemeleri döşenmesi, pencerelerde perde sistemleri, duvarların kurşunlu ya da kurşun tozlu yalıtım levhaları ile kaplanması alınabilecek başlıca önlemlerdir. Ziyaretçisi çok olan ofis birimlerinin, mutlaka diğer bölümlerden ayrılması gerekmektedir [3, 4, 6, 20].

Ofis iç mekânlarının kalitesi çalışan konforu açısından oldukça önemli bir koşuldur. Mekân içerisinde bulunan mobilyalar, elektronik aletlerin çıkardığı zehirli gazlar, dışarıdan gelen ve temiz olmayan hava, ofis ortamlarında bazı zamanlarda kullanılan temizlik malzemelerinin kokusu ortam hava kalitesine etki eden sebeplerdir. Doğal havalandırmanın yapılmadığı, pencerelerin açılmadığı ofislerde barınan kuru hava, çalışana olumsuz etkilemektedir. Nem dengesinin doğru ayarlanmadığı kapalı alanlarda özellikle ekranlı işlerde çalışan kişiler için göz kuruluğu, baş ağrısı gibi rahatsızlıklara sebep olabilir. Canlı bir mekânın nefes alabilen yapıda olması gerekmektedir [21].

Uzun süre kapalı mekânlarda çalışan insanların yaşadığı bir diğer sorun ise, hasta bina sendromu olarak bilinen; halsizlik, baş ağrısı, sersemlik, mide bulantısı, ciltte kuruma, gözde kuruma-batma ve yanma, burun tıkanıklığı gibi sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına sebep olan durumdur. Bu rahatsızlık tam olarak penceresi açılmayan veya penceresi hiç olmayan kapalı mekânlarda ya da merkezi havalandırmaya bağlı iş yerlerinde ortaya çıkar. Bazı ofislerde camların hiç açılmadığı görülmektedir, camları açılmayacak düzenekte yapılan bu binaların sayısı giderek artmaktadır. Bu iş yerlerinde klimaların tercih edilmesi zorunlu hale gelmektedir, fakat temiz hava bağlantısı olmayan bu yapıların hava dolaşımı sağlanmadığından iç ortamda kirli hava oranı son derece artış göstermektedir. Sonuç olarak ise ortamda çalışan tüm insanların biyolojik ve kimyasal toksinlere maruz kalması meslek hastalıklarının oluşmasına zemin hazırlamaktadır [3]. Çalışanlar işlerinin özelliğine göre belirli bir zaman aralığında ya da devamlı

olarak bir arada bulunmak durumundadırlar. Özellikle birden fazla kişinin aynı ofiste çalışması, solunum yoluyla ortamdaki temiz havanın azalmasına neden olur. Bu durum havalandırmanın önemini artırmaktadır. Havalandırma yönteminin en doğal ve sağlıklı olanı, kapı ve pencerelerden ortama alınan temiz havadır. Çalışma saatleri içerisinde öğle molalarında ofis havalandırması hem kolay hem de sağlıklı bir çözüm olacaktır. Fakat bu hususta çalışanın bu akımda kalarak boyun tutulması, baş ağrısı, burun tıkanıklığı, sık grip gibi sağlık sorunlarına yakalanmamaya dikkat etmesi gerekmektedir. Bu da iş veriminde kayıp yaşanmasına sebep olabilir [6].

Çalışanlar günde ortalama sekiz saatlerini ofis ortamlarında ve oturarak geçirmektedirler, bu nedenle çalışma ortamlarının sıcaklık, nem, hava akımı gibi koşullarının sağlanması çalışanların sağlığı, konforu ve verimini direkt olarak etkilemesi nedeniyle önem teşkil eder. Ofis içi hava sıcaklığı ne fazla ne de az olmalıdır. 20-26 °C ortam sıcaklığı için uygun kabul edilmektedir. Çalışma ortamının uygun koşullarda olmaması ilk olarak beden sağlığını etkilemektedir. Örnek olarak, aşırı nemden kaynaklanan romatizma hastalıkları, iç beden ve dış beden ısı farkından kaynaklanan sorunlar, bronşit ve iç hastalıklara yönelik rahatsızlıkların oluşması ve kullanılan eşyaların uygun olmayışından kaynaklı bedensel hastalıkların ortaya çıkması verilebilir.

Ortam sıcaklığının fazla olması ve havalandırmanın yeterli olmaması, çalışanların monotonlaşmasına, isteksizleşmesine, bedensel yorgunluğunun artmasına sebep olur. Mekanın ısı, ortamda oturan bir kişinin terlemesine sebep olacak derecede ise, çalışan kişi başka bir ortama geçtiğinde sıcak-soğuk ortam geçişinden kaynaklı olarak bel ve sırt ağrılarına yakalanma riski meydana gelmiş olur. Aynı zamanda kişinin terleme ile su ve tuz kaybetmesine, organik direncinin azalmasına, kalp atışının hızlanmasına, kas kramplarına, ısı çarpmalarına neden olur. Fazla sıcaklığın yarattığı rahatsızlık ve bunun sonucunda çalışma isteksizliği de meydana gelebilir. Ortamın ısı değerinin düşük olması ise kan dolaşım hızını düşürür, eklemlerde sertleşme meydana getirir bu da kişinin ani bir harekette bulunulmasıyla kalıcı sorunlar yaşamasına neden olabilir el becerileri ve fonksiyonunda azalma, iş veriminde düşme meydana gelmesi de olumsuz etkilerdendir [3, 5-6, 14, 22].

Ofis içerisinde bulunan çalışan sayısı ise, çalışanların işlerini yaptıkları sırada ortam içerisinde bir başkasını görmesi, sesini duyması ve dikkatinde dağılma yaşamaları iş yerlerinde mahremiyetin önemini göstermektedir. Çalışma ortamlarında, çalışanların kendi hareketlerini algılamaları ve aynı zamanda bir başkasının hareketini algılamaları iki ayrı psikolojik problemi beraberinde getirir. Başka bir insanın hareket halinde olması, işi yapan kişinin dikkatini dağıtır, odaklanmasını güçleştirir, veriminin düşmesine sebep olur. Başka birisi tarafından gözetlenmek/denetlenmek ya da öyle olduğunu düşünme hissi ise baskı, stres ve psikolojik rahatsızlık meydana getirebilir [13].

Fizyolojik açıdan iş yeri tasarlanmasının amacı, çalışma metot ve şartlarının kişiye uygun olması ve yapılan işin daha iyi koşullarda yürütülmesine yöneliktir. Bu amaca ulaşabilmek için öncelikle dikkat edilmesi gereken, çalışanın olumsuz etkilenmesine neden olan durumlar en az hale getirilmeli ve aynı performansın devam edebilmesi için, hareket hızı ve dinlenme aralarının uyumlu olması sağlanmalıdır. Ayrıca, uygun aralıklarla görev değişimi yapılmalı ve dinlenme sürelerinin konulması gerekmektedir. Ağır işler daha kuvvetli kas gruplarına verilmelidir, doğru duruş pozisyonu seçilmelidir. Sırt üstü uzanmaya kıyasla, otururken %3-5, ayakta dururken % 8-10, ayaktayken yere eğilmiş vaziyette ise % 50-60 daha fazla enerjiye gerek duyulacağı yani daha fazla zorlanacağı unutulmamalıdır [1, 6]. İş memnuniyetini, çalışanın verimini, üretimini, çalışma potansiyelini olumlu yönde etkileyen, çalışanın işine ve işyerine olan bağlılığını artıran bir duygudur. İş stresi ise, çalışanlarının beklentilerinin karşılık bulmadığı, fiziksel ve ruhsal açıdan çalışana olumsuz koşulların sunulduğu iş yerlerinde görülür, çalışma verimini, moralini, performansını düşüren bir durumdur. Olumsuz çalışma koşullarının olmaması ya da en az seviyeye inmesi için, çalışma alanlarının dış yapısı dâhil olmak üzere ısınma, havalandırma, aydınlatma, termal-konfor şartları, gürültü gibi iç mekân ortam koşullarının sağlanması ve bu koşullarının sağlanmasında kullanılan araç-gereç bakımı, temizliği, onarımı çalışanın isteğine ve ergonomisine uygun hale getirilmelidir. Verimli bir iş yeri düzeninin temelinde bu unsurlar yer almaktadır. Ofis ortamında sağlıklı iş yürütme, iş memnuniyeti, verimlilik, güvenli ve huzurlu iş yeri gibi öğeler bu temel üzerinde biçimlenecektir [10, 15-16].

Tablo 2: Ofis Yapısı Kategorisine İlişkin Akademisyen Görüşleri

KATEGORİ	TEMA	KOD
OFİS YAPISI	Prefabrik	"Ofisim paravanla yan ofislerden ayrılmış, yalıtım yok, birbirinden tamamen ayrı olmalı." (Kadın)
	Teknoloji Ofisi	"Odalar paravanlarla ayrılmış ayrı bir oda olmasını tercih ederdim." (Erkek) "Fotokopi, öğretim teknolojileri materyal ofisleri mutlaka ayrı olmalı." (Erkek)

Akademisyenlerin ofis ergonomisine ilişkin görüşleri üzerinde yapılan betimsel analizi sonucunda ofis yapısına ilişkin; ofislerin prefabrik yapı biçiminde olmaması ve teknoloji donanımlı ofislerin olması gerektiği şeklinde görüşlerini bildirmişlerdir.

Özel ofisler 1-4 kişinin birlikte çalıştığı küçük alanlardır ve bu çalışma alanlarına kapalı ofis adı da verilmektedir. Açık ofisler ise geniş salonlarda toplu çalışmaların yürütüldüğü çalışma alanlarıdır. Açık ofislerde yaklaşık 5-100 personel bir arada çalışabilir. Açık ofisler taşınabilir ve ses yalıtımlı bölücüler ile küçük salonlar haline getirilebilir. Açık düzenli ofislerde kullanılan bölücü elemanların donanımlı olarak tasarlanmasına dikkat edilmelidir. Geliştirilen malzeme ve üretim teknolojisiyle birlikte kullanılan ağırlığı hafif, ses yutuculuğu olan istenildiğinde katlanıp depolanabilen düzeneğe sahip, üzerine eklenen yardımcı elemanlarla depolama birimlerine dönüştürülen modüler tasarımlar yapılmalıdır. Yerleştirilen kılavuzlar boyunca ray üzerinde hareket edebilen sistemler de örnekler arasında verilebilir [21].

Özel ofis ortamlarında çalışanların kapılarını kapatarak kendilerine izole edilmiş bir ortam oluşturma şansları vardır fakat açık ofis çalışanları bu şansa sahip değildirler. Özel ofisler hem çalışma konforu hem de kişilerin özel eşyalarının güvenliği açısından çalışanların beklentisini karşılamaktadır [13, 20].

Açık ofis çalışma ortamlarında yaşanan başlıca sıkıntılar şunlardır;

- Özellikle para ile ilgili güvenilirliğin önemli olduğu işlerdeki gizlilik azalır.
- Ziyaret için gelen misafirler ve ortamın genel yoğunluğu dikkat dağıtıcı olabilmektedir.
- Birden fazla kişinin konuşma halinde olması uğultulu bir ortam yaratabilmekte ve rahatsız edebilmektedir.
- Bulaşıcı hastalık tehlikelerine açıktır.
- Çalışanların belirli bir gruba dâhil edilmesi ve ast-üst ayrımının çalışana açıkça hissettirilmesi moral bozukluğu yaratır.
- Bireysel saygınlığın azaldığı hissiyatı yaratır [13].

Ofis ergonomik donanımı ve çalışma şartları, çalışanın fiziksel ve ruhsal sağlık durumlarını direkt etkileyen öğelerdir. Ergonomik koşulların göz ardı edildiği iş yerlerinde, hem iş güvenliği önemli derecede tehlikeye girer hem de çalışanın sağlığı ve iş verimi olumsuz etkilenir [1].

4. Sonuçlar

Ofis alanlarında meydana gelebilecek ergonomik sorunları engelleyebilmek için ilk olarak ofis çalışma yerlerinin en doğru şekilde tasarlanması sağlanmalıdır. Yürütülen işin yapısına ve amacına uygun araç, gereç ve donanımların tercih edilmesi ve çalışanlara işveren ya da kurum tarafından sunulması gerekmektedir. Ofis çalışma alanları, diğer çalışma alanlarına göre daha az tehlikeli grupta yer alır, fakat günümüz şartlarına bakıldığında ofis meslek hastalıklarının artış göstermesi ile ofis iş sağlığı ve güvenliği konusu önem kazanmaya başlamıştır.

Bu çalışmada, ofis iş yerlerinde ergonomi unsurlarının neler olduğuna ve birbirleriyle bağlantılarına, yerleşim olarak nasıl olması gerektiğine ve çalışanın bu koşullar ile bağlantısının neler olduğuna bakılmıştır. Ofis içerisinde olması gereken uygun ortam koşulları (havalandırma, aydınlatma, ısı-sıcaklık, gürültü) çalışanın kullandığı ofis araç ve gereçleri ve bu donanımların yeterli olması ya da yeterli olmaması durumunda ne gibi sorunlar meydana gelebileceği üzerinde durulmuştur. Ofis ortamında bulunan bütün koşulların bir bütün olarak ele alınması ve hiçbir koşulun bir diğeri göz ardı edilerek sağlanmaya çalışılmaması gerektiği bu şekilde sağlıklı ve ergonomik bir çalışma alanı oluşturulamayacağı görülmüştür. Ortam koşulları ve ekipmanlarının birbiriyle ilişkisine bakıldığında, aydınlatmanın homojen olduğu ve görsel yeterliliğin sağlandığı bir çalışma alanında, gürültü konforunun ihmal edildiği ya da havalandırma sistemlerinin yetersiz olduğu, bakım onarımın yapılmadığı bir tasarımın mümkün olmadığı görülmektedir. Koşulların birbirinden bağımsız sağlanamayacağı yanı sıra, çalışanın merkezde tutulduğu ve iş yerinin çalışana uyumlu hale getirilmeye çalışıldığı ergonomik ofis tasarımları, işveren ya da kurum tarafından çalışana sağlanması gerekmektedir.

Yapılan araştırmalara bakıldığında ergonomik tasarlanan bir ofiste, ekipmanların ergonomik olması ve birbirleriyle ilişkisinin doğru olmasının önemi görülmektedir. Örneğin çalışanın sandalyesinin ayarlanabiliyor olması, masa ile ilişkinin uygun mesafe ve açılarda olması ne kadar önemli ise; çalışan ile evrak dolaplarının arasındaki mesafe, çalışanın gereğinden fazla uzanma halinde olması ya da sürekli yerinden kalkmak zorunda kalması da sorun yaratabilmekte ve kişinin dikkatini dağıtıp işinden uzaklaşmasına sebep olabilmektedir. Bu her iki koşul (ekipman ve diğer unsurlar ile uyumu) sağlandığı zaman, hem kişinin iş motivasyonu artacak hem de kullandığı enerjinin minimuma inmesi sağlanmış olacaktır ve çalışanın kas-iskelet sorunlarına yakalanma riski en aza indirilecektir. Ofis içerisinde bulunan eşyalarının kapladığı alan göz önünde bulundurulmadan büyük ebatlarda tercih edilmesi alanın daralmasına sebep olurken, karanlık ve sıkıcı bir çalışma alanı yaratmaktadır. Akademisyenlerin görüşlerine bakıldığında birçoğunun ferah ve geniş çalışma alanı istediği de yapılan tespitlerdendir. Gürültü faktörünün çalışanların performanslarını en üst düzeyde etkileyen ortam koşulları arasında olduğu ve yalıtımsız yapı elemanlarının ses geçirgenliği göstermesiyle, çalışanların zihinsel olarak düşünmesine engel olduğu bunun da zaman içerisinde psikolojik sıkıntılar meydana getirdiği ve iş verimini düşürdüğü gözlemlenmektedir. Birbirinden bağımsız konumlanması gereken birimlerin (mahallerin) yan yana konumlandırılması, ziyaretçisi çok olan bölümlerdeki seslerin birbirine geçiş yapması ve prefabrik çalışma alanlarındaki ortak alan kullanımlarının çalışana özel alan sunmamasının da önemli sıkıntıları meydana getirdiği görülmektedir. Mahal yerleşimlerinin ve çalışma mahremiyetinin çalışan üzerindeki önemi ve çalışan üzerinde ki etkileri de gözlemler arasında yer edinmiştir. Aydınlatma seviyesinin az ya da çok olması, ofis konumlarının güneş ışığını alıp almaması da oldukça önemlidir. Işık yüksek seviyede olduğu mekânlarda ekranlı araçlarda yansıma ve parlamaya sebep olabileceği, bunun da göz rahatsızlıklarını meydana getirebileceği görülmektedir. Aynı zamanda ekranın pencereden yansıyan ışık ile doğru konumlandırılmıyş olması da doğru ışığın yanlış kullanımını meydana getirebilmektedir.

Ergonomik tasarlanan bir ofiste çalışanın fiziksel ve psikolojik sağlığının ön planda tutulduğu görülmektedir. Bunun sağlanmasıyla da çalışanın daha güvenli ve huzurlu bir ortamda çalışmasının sağlanabileceği sonucuna varılmaktadır. Aynı zamanda çalışanın bedensel sağlığının korunmasını, çalışanların daha pozitif bireyler olmasını, birbirleriyle pozitif çalışma ilişkileri kurmalarını ve verimli iş üretimini, iş memnuniyetini ve çalışanın iş yerine bağlılığını artırmaya sebep olacağı görülmektedir. Ofislerin ergonomik tasarlanma aşamasının bir kısmının henüz tasarım devam ederken sağlanması gereken köklü değişimler olduğu görülse de, birçoğunun ufak dokunuşlarla sistemli yerleşim ve konumlandırılmaya ve mekân içerisindeki bağlantıların doğru ilişkilendirilmesi ve mekâna sonradan ilave edilebilecek elemanlar ile kullanışlı yerleşim haline getirilmesinin sağlanabileceği görülmektedir.

5. Kaynakça

- [1] Kahraman, M. F., “Türkiye’de antropometrik verilere göre ofiste ergonomik işyeri tasarımı” İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, ÇSGB, 2013.
- [2] Esmacilzadeh, S., “Bilgisayar kullanıcılarında üst ekstremitelere işe bağlı kas iskelet hastalıklarından korunmada ergonomi girişiminin etkinliği”, Uzmanlık Tezi, *İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi*, 2008.
- [3] Turan, Ö.G., “Ofis çalışmalarında ergonomik risklerin iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2016.
- [4] Morkoç, K. D., Okçu, O., “Çalışma mekânlarının ve büro mobilyalarının ergonomik açıdan değerlendirilmesine yönelik bir araştırma: Çanakkale on sekiz mart üniversitesi örneği”, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi (Journal of Advanced Technology Sciences)* 6 (3), 422-434, 2017.
- [5] Yılmaz, G. M., “Ofislerdeki çalışma istasyonlarının (workstationların) tasarımını etkileyen ergonomi faktörünün incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2010.
- [6] Tiftik, E., “Kastamonu üniversitesi bürolarında mekân ve mobilyaların ergonomik kriterler açısından değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2016.
- [7] Polat, İ., “İşyeri ergonomisinin örgütsel stres üzerine etkisi: Erzurum ilindeki banka çalışanları üzerinde bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 2016.
- [8] Keleş, O., “Ofis çalışanlarında ergonomi eğitiminin ağrı şiddeti, fonksiyonel kısıtlılık ve farkındalık düzeyine etkisi” Yüksek Lisans Tezi, *Haliç Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, 2016.
- [9] Akbulut, T., “Ofis çalışanlarında ergonomi” Yüksek Lisans Tezi, *Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, 2016.
- [10] Koçer, S., Yazıcı T. , Ekinci, D., “Büro ortamlarının çalışana etkisi üzerine bir araştırma: Kocaeli büyükşehir belediyesi örneği”, *Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi*, 4 (2), 554-586, 2016.
- [11] Karaca Gürsoy, S., “Risk yönetimi çerçevesinde Türkiye’de mevzuata uygun bir güvenli tasarım modeli” Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2014.
- [12] Karataş, Z., “Sosyal bilim araştırmalarında paradigma değişimi: Nitel yaklaşımın yükselişi” *Türkiye sosyal hizmet araştırmaları dergisi* 1(1) , 73-78, 2017.
- [13] “Büro yönetimi, büro düzenleme” *Milli Eğitim Bakanlığı (MEGEP)*, 26-42, 2011.
- [14] Aktaş, E., “Ofislerde sıklıkla karşılaşılan iş kazaları karşılaşılabilecek riskler ve risk analizi” Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Esenyurt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2018.
- [15] “Pazarlama ve perakende-ofis ve yeri donanımı”, *Milli Eğitim Bakanlığı (MEGEP)*, 26-42, 2011.
- [16] Çelik, İ., “Büro çalışanlarının maruz kaldığı riskler ve alınması gereken önlemlerin belirlenmesi” *İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, ÇSGB*, 2007.
- [17] Bayraktar G., “İşyerlerinde aydınlatma koşullarının iş sağlığı ve güvenliği yönünden değerlendirilmesi” *İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, ÇSGB*, 2016.
- [18] Erkin, E., “Ofis binaları için aydınlatma enerjisi tasarruf potansiyelleri hesaplama amaçlı bir yöntem önerisi” Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, 2012.
- [19] Özmen, A., “Çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik hükümlerinin örneklerle ve saha uygulamalarıyla açıklanması”, *İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, ÇSGB*, 2014.
- [20] Acar, B., Akdağ, Y. N., “Açık planlı bürolarda akustik sorunlar ve denetim önlemleri: Bir örnek üzerinde değerlendirmeler” *YTÜ Mim. Fak. E-Dergisi*, 3 (1), 2018.
- [21] Kayan, H. Z. A., Tuncel, D., “Ofis iç mekân tasarımlarında gelişen teknolojiler ışığında esneklik” *Tasarım+Kuram*, 8 (14), 79-95, 2012.
- [22] Çetin, M. S., Karabay, G., Kurumer, G., “Ofis sandalyesi memnuniyet araştırması” *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3 (3), 269-274, 2015.

DENİZLİ İLİNDE PESTİSİT TÜKETİMİNE GENEL BİR BAKIŞ

Oktay Erdoğan

Pamukkale Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü

oktaye@pau.edu.tr

Özet

Çalışmada, 2014-2018 yılları arasında Denizli’de bitkisel üretimde kullanılan pestisit miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. 2014 yılında, Denizli’de 1,097,230 kg-L fungusit, 187,345 kg-L insektisit, 88,018 kg-L diğer, 52,820 kg-L herbisit, 13,304 kg-L akarisit, 3,534 kg-L kışlık ve yazlık yağlar ile 138 kg-L nematisit olmak üzere toplam 1,442,389 kg-L pestisit kullanılırken; 2018 yılında ise 702,662 kg-L fungusit, 144,841 kg-L insektisit, 70,814 kg-L diğer, 44,786 kg-L herbisit, 11,524 kg-L akarisit, 2,985 kg-L kışlık ve yazlık yağlar ile 97 kg-L nematisit olmak üzere toplam 977,709 kg-L pestisit kullanılmıştır. Yıllara göre pestisit türlerinin tüketimi incelendiğinde; fungusit tüketiminde % 35,9, toplam tüketimde % 32,2, nematisit tüketiminde % 29,7, insektisit tüketiminde % 22,7, diğer tüketimde % 19,5, kışlık ve yazlık yağ tüketiminde % 15,5, herbisit tüketiminde % 15,2 ve akarisit tüketiminde % 13,4’lük bir azalma saptanmıştır. Sonuç olarak, tarım potansiyeli yüksek olan ve polikültür tarım yapılan Denizli’de pestisit tüketimi azalmakla birlikte, halen Ege Bölgesindeki pestisit tüketiminin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu unutulmamalıdır.

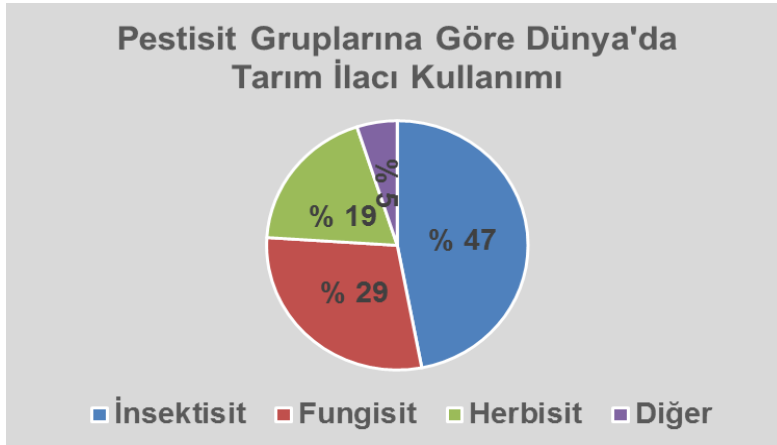
Anahtar Kelimeler: Pestisit, Zehirli kimyasal, Bitkisel üretim, Denizli

1. Giriş

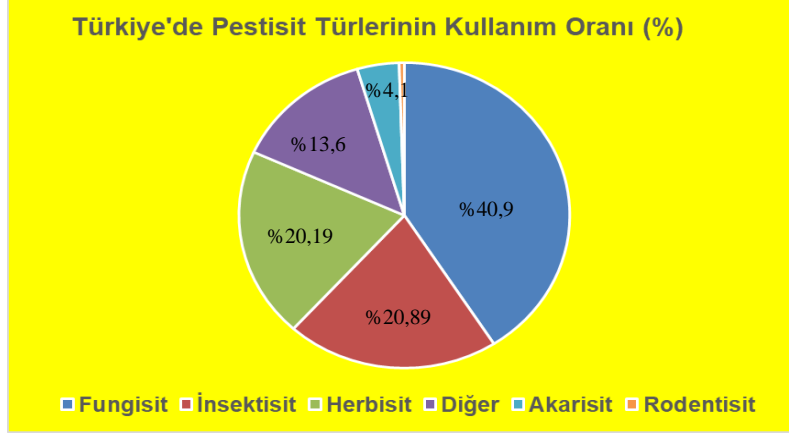
Dünyanın esas besin kaynağını bitkiler teşkil etmektedir. Ancak yetiştiriciliği yapılan kültür bitkilerinin tamamına yakını hastalık, zararlı ve yabancı otların tehdidi altında bulunmaktadır. Tarımda mücadele yöntemlerinden birisi de bitkisel ürünlerin zararlılar, hastalık etmenleri ve yabancıotlardan korunması, verimlilive kaliteli ürün elde edilmesi için kullanılan pestisitlerdir (Erdogan ve ark., 2016). Pestisitler, ürünlerde arzu edilmeyen organizmaları yok etmede kullanılan sentetik organik bileşikler olup, bitki koruma amacıyla kullanılan her türlü ilaç, preparatlar ve bunların imalinde kullanılan maddeleri kapsamaktadır. Farklı mücadele yöntemleri arasında, pestisitlerin kullanıldığı kimyasal mücadele %95’in üzerinde bir paya sahiptir.

Dünyada yetiştiriciliği yapılan kültür bitkilerinin hemen hepsi bitki hastalıkları, yabancı ot ve zararlılar nedeniyle yaklaşık %35 oranında ürün kaybına uğramaktadır (Yeşil ve Ögür, 2011). Bitkisel üretim de mücadele yöntemleri kullanılmadığı takdirde ürün kaybının %60 civarında olacağı saptanmıştır (Tiryaki ve ark., 2010). Ürün kaybı ise tüm dünya ülkeleri için kronik açlık gibi önemli bir tehdit unsuru oluşturmaktadır. 2016 yılında 60,2 milyar dolar değerinde olan global pestisit pazarının 2021 yılına kadar %5,5 oranında artarak 78,7 milyar dolara ulaşması beklenmektedir (Anonymous, 2017). Dünya pestisit piyasasında gelişmiş ülkelerin payı %80 iken Türkiye’nin payı %0,6’dır (Durmuşoğlu ve ark., 2010).

Dünyada, pestisitler içerisinde insektisitler %47’lik payla birinci sırayı alırken, bunu %29 ile fungusitler, %19 ile herbisitler izlemektedir (Şekil 1). Pestisit tüketim miktarları bakımından Latin Amerika ülkeleri ilk sıralarda yer alırken, Japonya, Çin, Malezya ve Yeni Zelanda ise pestisit kullanımı yüksek olan diğer ülkeler arasında yer almaktadır. Avrupa ülkelerinden de Hollanda ve İtalya yüksek pestisit kullanımlarıyla dikkat çeken ülkelerdir (Burçak ve ark., 2014). Avrupa Birliği Satış raporlarına göre; fungusit ve bakterisitlerin %43,8; herbisit ve yosun öldürücülerin %33,2; diğer bitki koruyucuların %14,2; insektisit ve akarisitlerin %5,2; bitki büyüme ve düzenleyicilerin %3,2 ve mollusitlerin %0,4 oranında tüketildiği belirlenmiştir (EU, 2018). Türkiye’de ise pestisit tüketiminin 3 kg/ha olduğu tahmin edilmektedir (Arslan, 2016). Türkiye’de 2018 yılı itibarıyla pestisit tüketimi 60,020 ton olup, pestisit tüketim miktarının %40,9’unu fungusitler, %20,8’ini insektisitler, %20,1’ini herbisitler, %13,6’sını diğer gruplar ve %4,1’ini akarisitler oluşturmaktadır (Şekil 2).

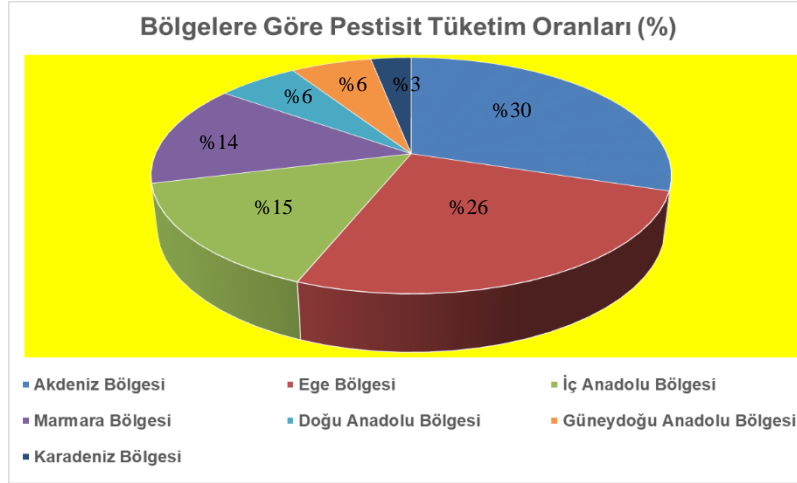


Şekil 1: Dünya’da pestisit türlerinin kullanım oranı (%)



Şekil 2: Türkiye'de pestisit türlerinin kullanım oranları (%)

Bölgeler itibariyle pestisit tüketiminin %30'u Akdeniz, %26'sı Ege, %15'i İç Anadolu, %14'ü Marmara, %6'sı Güneydoğu Anadolu, %6'sı Doğu Anadolu ve %3'ü Karadeniz Bölgelerinde gerçekleşmektedir (Şekil 3). Türkiye'de 2018 yılı verilerine göre 5,628 adet ruhsatlı bitki koruma ürünü, 334 adet ruhsatlı etkili madde ve bu ürünleri satan 6,786 zirai ilaç bayisi bulunmaktadır (TÜİK, 2019). Türkiye, pazar büyüklüğü bakımından ilk on ülke içerisinde yer almasa da büyük hacimli pazarlar içerisinde en yüksek pozitif büyümesi olan ülke olarak öne çıkmaktadır. Ülkemizde kullanılan pestisitlerin yıllık satış tutarı yaklaşık 593 milyon dolar/yıl (Burçak, 2015).



Şekil 3: Türkiye'de bölgelere göre pestisit tüketim oranları (%)

Denizli ili Ege, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri arasında yer alırken, doğuda Burdur, Isparta, Afyon; batıda Aydın, Manisa; güneyde Muğla; kuzeyde Uşak illeri ile komşudur. Tarımsal alanda rakım; Aşağı Menderes Havzası Sarayköy İlçesinde 130 metreden başlayıp Çameli İlçesinde 1,700 metreye kadar yükselmektedir. İl merkezinin denizden yüksekliği 354 metredir. İlin en yüksek noktası 2,571 metrede Honaz Dağı ve yüzölçümü 12,134 km²'dir. Denizli ili Türkiye'nin yaklaşık %1,5'ini ve Ege Bölgesinin %18,5'ini oluşturmaktadır. Bu alanın %31'ini tarım alanları, %2'sini çayır - mera alanları, %49'unu orman ve fundalıklar ve %18'ini diğer alanlar oluşturmaktadır. Denizli yüzey şekilleri bakımından dalgalı olup, alçak ve yüksek ovalar, yaylalar ve dağlar birbirini tamamlar. İl topraklarının yaklaşık %47,1'ini dağlar, %28,2'sini ovalar, %23,2'sini platolar ve %1,5'ini ise yaylalar oluşturmaktadır. Büyük Menderes ve Çürüksu Vadisi boyunca kademeler halinde alçalan Çardak, Çivril, Baklan, Kaklık, Böceli, Denizli (Çürüksu) ve Sarayköy (Büyük Menderes) Ovaları ile yayla görünümü Acıpayam, Tavas, Eksere Ovaları, Karayayla, Çameli, Uzunpınar, Yoran, Şahman Süleymaniye, Kuyucak Yaylası ilin düzlüklerini oluşturur. İlde, genel olarak, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. İl'de yağışlı gün sayısı yıllık ortalama 80 gün, ortalama sıcaklık 16,1°C ve yıllık ortalama yağış 589 mm'dir (Anonim, 2018).

İlin toplam 376,738 ha tarım alanı içinde %51,5'i (194.158 ha) sulanmaktadır. 2018 yılı verilerine göre ilin %78'inde tarla bitkileri yetiştiriciliği, %10'unda bağ yetiştiriciliği, %9'unda meyve yetiştiriciliği ve %3'ünde sebze yetiştiriciliği yapılmaktadır (TÜİK, 2019). Denizli ilinde tarla bitkileri içerisinde ilk beş sırayı ekiliş alanlarına göre hububat, tütün, ayçiçeği (çerezlik), fiğ (yeşil ot) ve kekik; meyve ve bağ içerisinde üzüm, elma, şeftali, nar ve kiraz; sebze içerisinde kavun, domates, karpuz, soğan (taze) ve biber almaktadır. Denizli'de 2002 yılında tarımdan elde edilen gayrisafi üretim 741,513,287 TL iken, bu miktar 2018 yılında 12 kat artış göstermiştir (Anonim, 2018). İl nüfusunun %45,69'unun kırsal alanlarda yaşaması tarımsal potansiyel açısından önemini açıkça ortaya koymaktadır. Gayrisafi üretim değeri bakımından bitkisel üretimde, ilk üç ürünün ikisinde meyve (üzüm ve elma) üretiminin olması, ilin tarımsal açıdan üretim desenini ve meyveciliğin önemini göstermektedir (Akın, 2015).

Bu çalışmada, 2014-2018 yılları arasında Denizli ilinde bitkisel üretimde kullanılan pestisit miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma, ülkemizin Güneybatısında ve Ege Bölgesinde, 28°30' - 29°30' doğu meridyenleri ile 37°12' - 38°12' kuzey paralelleri arasında yer alan Denizli ilinde yürütülmüştür. Denizli ilinin merkez ilçeler (Pamukkale ve Merkezefendi) dahil Acıpayam, Babadağ, Baklan, Bekilli, Beyağaç, Bozkurt, Buldan, Çal, Çameli, Çardak, Çivril, Güney, Honaz, Kale, Sarayköy, Serinhisar ve Tavas olmak üzere toplam 19 ilçesi bulunmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4: Denizli ili (Anonim, 2018)

2.2. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada, Denizli ilinde bitkisel üretimde kullanılan toplam pestisit miktarlarının belirlenmesi için insektisit, fungusit, herbisit, diğer pestisit gruplarına ilişkin 2014-2018 yılları arasındaki veriler Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Denizli Tarım ve Orman İl Müdürlüğü kayıtlarından alınmıştır. Microsoft Excel programında hesaplanan değerler şekiller ve tablolar halinde değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Polikültür tarım yapılan Denizli ilinin geçim kaynaklarından birisi de tarım ve hayvancılık faaliyetleridir. Ülkemizin diğer bölgelerinde olduğu gibi Denizli ilinde üreticiler tarımsal faaliyetlerde özellikle bitkisel üretimde birim alandan yüksek verim ve kaliteli ürün alabilmek amacıyla bitki koruma etmenlerine karşı mücadelede kimyasal mücadeleyi tercih etmekte ve pestisit kullanmaktadır. Denizli ilinde 2014-2018 yılları arasında bitkisel üretimde bitki koruma etmenlerine karşı mücadelede kullanılan pestisit türleri ve tüketim miktarları (kg-L) Tablo 1'de verilmiştir.

Denizli ilinde 2014 yılında pestisit türleri içerisinde en fazla fungusit (1,097,230 kg-L) tüketilirken, bunu 187,345 kg-L ile insektisit, 88,018 kg-L ile diğerleri, 52,820 kg-L ile herbisit, 13,304 kg-L ile akarisit takip etmiş ve toplam 1,442,389 kg-L pestisit tüketilmiştir. 2015 yılında en fazla fungusit (877,784 kg-L) tüketilirken, bunu 168,610 kg-L ile insektisit, 86,258 kg-L ile diğerleri, 53,876 kg-L ile herbisit, 13,570 kg-L ile akarisit takip etmiş ve toplam 1,203,696 kg-L pestisit tüketilmiştir. 2016 yılında en fazla fungusit (860,228 kg-L) tüketilirken, bunu 165,237 kg-L ile insektisit, 84,532 kg-L ile diğerleri, 52,798 kg-L ile herbisit, 13,298 kg-L ile akarisit takip etmiş ve toplam 1,176,093 kg-L pestisit tüketilmiştir. 2017 yılında en fazla fungusit (843,024 kg-L) tüketilirken, bunu 162,033 kg-L ile insektisit, 82,741 kg-L ile diğerleri, 51,748 kg-L ile herbisit, 13,033 kg-L ile akarisit takip etmiş ve toplam 1,152,579 kg-L pestisit tüketilmiştir. Benzer şekilde 2018 yılında en fazla fungusit (702,662 kg-L) tüketilirken, bunu 144,841 kg-L ile insektisit, 70,814 kg-L ile diğerleri, 44,786 kg-L ile herbisit, 11,524 kg-L ile akarisit takip etmiş ve toplam 974,627 kg-L pestisit tüketilmiştir. Denizli'de 2014-2018 yılları arasında pestisit türlerinin tüketim oranları Fungusitte % 35,9; toplamda % 32,2; insektisitte % 22,7; diğerlerinde % 19,5; herbisitte % 15,2 ve akarisitte % 13,4 olarak azalmıştır (Tablo 1). Çalışmada elde edilen bulgulara benzer şekilde Erdoğan (2016), Nevşehir ilinde 2010-2014 yılları arasında bitkisel üretimde kullanılan pestisit türlerinden fungusit, insektisit, herbisit ve diğer grupların tüketiminin azaldığını; Katip (2019), Bursa ilinde 2009-2016 yılları arasında bitkisel üretimde kullanılan pestisit türlerinin

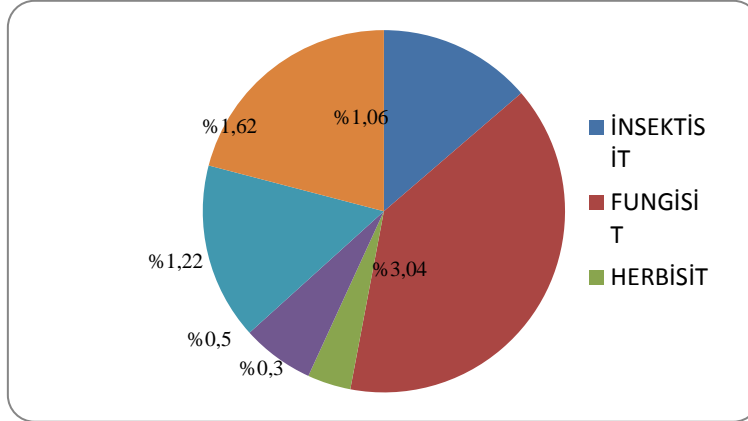
tüketiminin genel olarak azaldığını bildirirken, bulgularımızın aksine Erdoğan ve ark. (2017), Aydın ilinde 2010-2014 yılları arasında bitkisel üretimde kullanılan pestisit türlerinden fungusit, herbisit, toplam ve diğer grupların tüketiminin arttığını bildirmiştir. Ülkemizde 2018 yılında 23,047,000 kg-L fungusit; 14,794,000 kg-L herbisit; 13,583,000 kg-L insektisit; 5,801,000 kg-L diğerleri ve 2,486,000 kg-L akarisit olmak üzere toplam 60,020,000 kg-L pestisit tüketilmiştir. Katip (2019), son yıllarda ülkemizde pestisit tüketiminin geçmiş yıllara oranla azalma eğiliminde olduğunu ifade etmiştir.

Tablo 1: Denizli ilinde bitkisel üretimde kullanılan pestisit türleri ve tüketim miktarları (kg-L)*

Pestisit Grupları	2014	2015	2016	2017	2018	Türkiye (2018)
İnsektisit	187,345	168,610	165,237	162,033	144,841	13,583,000
Fungisit	1,097,230	877,784	860,228	843,024	702,662	23,047,000
Herbisit	52,820	53,876	52,798	51,748	44,786	14,794,000
Akarisit	13,304	13,570	13,298	13,033	11,524	2,486,000
Diğerleri	88,018	86,258	84,532	82,741	70,814	5,801,000
Toplam	1,442,389	1,203,696	1,176,093	1,152,579	974,627	60,020,000

* Anonim, 2018

2018 yılında Denizli ilindeki pestisit tüketim oranı Türkiye pestisit tüketim oranı (%) ile karşılaştırıldığında; Ülkemizde tüketilen fungusitlerin %3,04'ü; toplam tüketimin %1,62'si; diğer grupların %1,22'si; insektisitlerin %1,06'sı; akarisitlerin %0,5'i ve herbisitlerin %0,3'ü Denizli ilinde bitkisel üretim yapan üreticiler tarafından tüketilmektedir (Şekil 5). Ülkemizde pestisit tüketiminin %26'sının Ege Bölgesinde yapıldığı düşünüldüğünde Denizli ilindeki %3,04 oranındaki fungusit tüketimi dikkate alınması gereken bir durumdur. Çalışmadan elde edilen bulgular Erdoğan (2016) ve Katip (2019)'in bulgularıyla benzerlik gösterirken, Erdoğan ve ark. (2017)'nin bulgularıyla paralellik göstermemiştir.



Şekil 5: Denizli/Türkiye 2018 Yılı Pestisit Tüketim Oranı (%)

4. Sonuç ve Öneriler

Denizli'de polikültür tarım yapılmakta ve bu alanların yarısından fazlası sulanmaktadır. İl, örtüaltı alan bakımından Türkiye'nin % 1,8'ine sahiptir. Tarla bitkileri, bağ, meyve ve sebze yetiştiriciliği yapılan alanlarda fungusit, insektisit, herbisit, akarisit ve toplam pestisit tüketim miktarlarının azaldığı saptanmıştır. Özellikle fungusitlerin yaygın olarak kullanıldığı elma karalekesi, buğdayda yaprak hastalıkları gibi benzeri hastalıkların ortaya çıkışında yağışın en önemli faktör olduğu bilinmektedir. Bu yıllarda kurak geçen kış ve takip eden ilkbahar aylarında bu hastalıkların sorun oluşturmadığı, bu nedenle de fungusit kullanımında bir azalma ortaya çıkmış olabileceği düşünülmektedir. Denizli ilinde pestisit tüketim oranı Türkiye geneli ile kıyaslandığında; fungusit, insektisit ve diğer pestisit tüketiminin azımsanmayacak seviyede olduğu göze çarpmaktadır. İl'de özellikle elma, kiraz, üzüm, pamuk, şeftali gibi ürünlerin ihraç edildiği düşünüldüğünde, bilinçsizce yapılacak pestisit uygulamalarının beraberinde kalıntı sorununa yol açacağı unutulmamalıdır. Modern tarımda verimli ve kaliteli üretim yapabilmek için bitki koruma etmenleri ile mücadelede maalesef pestisitleri kullanmama gibi bir lüksümüz yoktur. Bu nedenle pestisitleri kendimize zarar vermeyecek şekilde kullanmalıyız. Üreticiler bitkisel üretimde bitki koruma etmenlerine karşı kimyasal mücadelede doğru zaman, doğru doz, doğru uygulama kuralını akıllarından çıkarmamalıdır. Hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadele ederken tüm mücadele yöntemlerinden faydalanılmalı, sonuç alınmaz ise uygun pestisitler dikkatlice uygulanmalıdır. Pestisitler doz aşımında insan, çevre sağlığını olumsuz yönde etkilemekte, üründe kalıntı bırakmakta ve girdi maliyetini de artırmaktadır. Geçmiş yıllar ile kıyaslandığında il'de pestisit tüketimi azalmakla birlikte Ege Bölgesinde, pestisit tüketiminin halen Türkiye ortalamasının üzerindedir. Bu bağlamda, Denizli'deki üreticilerin kimyasal mücadele ve pestisit uygulamaları konusunda bilgilerinin güncellenmesi büyük önem arz etmektedir. Bitkisel üretimde verimi ve teknoloji kullanımını en üst seviyeye getirmek için üreticiler ile Tarım ve Ormanlık İl Müdürlüğü, Tarımsal Araştırma Enstitüleri ve Üniversiteler arasında iletişim güçlendirilmeli ve üreticilerin eğitimine önem verilmelidir.

5. Kaynakça

- Akın, O., (2015). Denizli ilinde mevcut tarımsal durum ve kırsal kalkınmaya bakış açısının incelenmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 21(1), 17-26.
- Anonim, (2018). Briefing Raporu. T.C. Denizli Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. s. 124, Denizli.
- Anonymous, (2017). BCC Research chemical report. CHM029F. Global Markets for Biopesticides.
- Arslan, S., (2016). Türkiye’de pestisit kullanımı ve çevresel etkiler. XII. Tarım Ekonomisi Kongresi, s. 2215-2224, 25-27 Mayıs, Isparta.
- Burçak, A.A., (2015). Sustainable pesticide usage in Turkey. IPM Innovation in Europe, Book of Abstracts, pp. 27, January 14–16, Poznań.
- Burçak, A.A., Duru, A.U., Kaya, M., Cönger, E., Tatlı, Ö., Gölge, Ö. and Dokumacı, S., (2014). Biber ve hıyarda bazı pestisitlerin ülkesel maksimum kalıntı limitlerinin belirlenmesi. V. Bitki Koruma Kongresi, Bildiri Özetleri, s. 15, 3-5 Şubat, Antalya.
- Durmuşoğlu, E., Tiryaki, O. and Canhilal, R., (2010). Türkiye’de pestisit kullanımı, kalıntı ve dayanıklılık sorunları. VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Bildiriler Kitabı, s 589-607, 11-15 Ocak, Ankara.
- Erdogan, O., Bagdatli, M.C. and Zeybek, A., (2016). Spatial analysis with GIS mapping of fungicide consumption in agricultural areas. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(7), 2676-2681.
- Erdoğan, O., (2016). Nevşehir ilinde tarımsal üretimde kullanılan pestisitler. II. Uluslararası Nevşehir Tarih ve Kültür Sempozyumu, s. 153, 2-4 Mayıs, Nevşehir.
- Erdoğan, O., Gökdoğan, O. and Baran, M.F., (2017). Pesticides used in agricultural production in Aydın province. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies, pp. 309, May 15-17, Nevşehir.
- EU, (2018). Member of European Countries Statics. <http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/> (Erişim tarihi: 28.03.2018).
- Katip, A., (2019). Bursa ili tarımsal pestisit kullanımının değerlendirilmesi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 197-205.
- Tiryaki, O., Canhilal, R. and Horuz, S., (2010). The use of pesticides and their risks. *Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology*, 26(2), 154-169.
- TÜİK, (2019). Tarımsal yapı ve üretim. Bitkisel üretim istatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 19.07.2019)
- Yeşil, S. and Öğür, E., (2011). Zirai mücadelede pestisit kullanımının Türkiye’de ve Konya ölçeğinde değerlendirilmesi ve pestisit kullanımının olası sakıncaları. TMMOB, Konya İl Koordinasyon Kurulu, I. Konya Kent Sempozyumu, 26-27 Kasım, Konya.

NOT: Bu çalışma, Pamukkale Üniversitesi BAP birimi tarafından 2019KKP077 numaralı proje ile desteklenmiştir

KROMİT CEVHERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ YÖNTEMLERİ VE DÜŞÜK TENÖRLÜ KROMİTLERİN KAZANILMASI

Oyku Bilgin

Sırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

ykbilgin@yahoo.com

Özet

Krom cevherinin ekonomik değer taşıyan minerali olan kromit; bir demir krom oksit metali olup, teorik formülü; $FeCr_2O_4$, kimyasal formülü; $(Fe, Mg)(Cr, Al, Fe)_2O_4$ ile ifade edilen mineralojik olarak spinel grubuna ait bir mineraldir. Krom cevherinin yapısındaki $\%SiO_2$, $\%Cr_2O_3$, $\%Al_2O_3$ ve $\%Cr/Fe$ miktarları cevherin sanayideki kullanım alanını belirlemektedir. Kromitin başlıca kullanım alanları arasında metalurji sanayi(paslanmaz çelik vs.), refrakter sanayi, döküm kumu ve kimya alanı gelmektedir. Krom cevheri, maden yatağının topografyasına ve boyutuna göre açık işletme veya yeraltı işletme yöntemlerine çıkarıldıktan sonra elle ayıklama, elekten geçirme veya yıkama yöntemleri ile cevherin içindeki gang minerallerinden (silikat vb.) ayrılması sağlanır. Cr_2O_3 tenörü, $\%32$ 'den düşük olan kromit cevherinin kullanım alanı bulabilmesi için sektörlerin talebine göre cevher zenginleştirme yöntemlerine tabi tutulması gerekmektedir. Yani, düşük tenörlü kromitler; cevher hazırlama tesislerinde kırılıp, öğütüldükten sonra zenginleştirilerek tenörü yükseltilmekte ve pazarlanabilmektedir. Örneğin $\%5$ tenörlü kromit, zenginleştirme yöntemleri ile $\%45$ 'lik tenöre ulaşabilmektedir. Bu çalışmada; kromit zenginleştirme yöntemleri olan yoğunluk farkı ile zenginleştirme(jig, sallantılı masa, spiral zenginleştiriciler, ağır ortam vs.), manyetik ayırma ile zenginleştirme ve flotasyon ile zenginleştirme yöntemleri örneklerle anlatılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Krom, Kromit, Cevher zenginleştirme, Cevher hazırlama*

1. Giriş

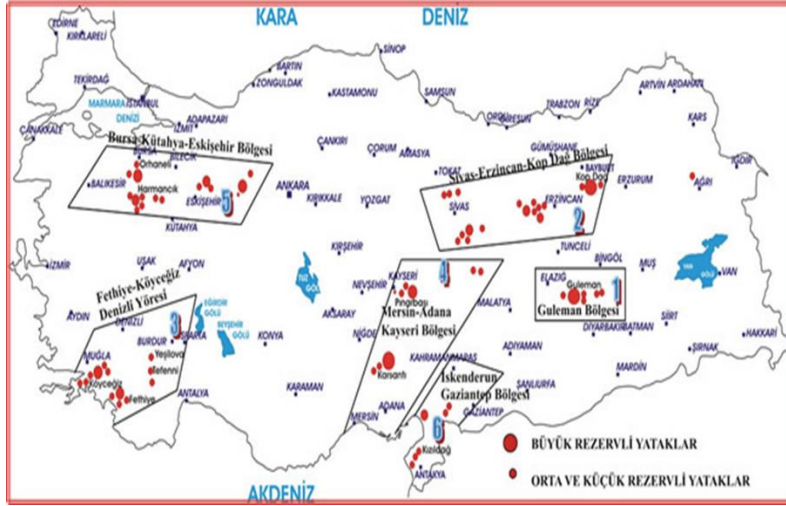
Kromit cevherinin kullanım alanları arasında metalurji sanayi(paslanmaz çelik vs.), refrakter sanayi, döküm kumu ve kimya alanı gelmektedir. Kromitin en yaygın kullanım alanı metalurji sanayi başta olmak üzere paslanmaz çelik metal ve silah üretiminde kullanılan ferrokrom hammaddesidir. Krom cevherinin en önemli özelliği; çelik üretiminde sertlik vermesi, darbe ve kırılmaya karşı direnç göstermesi, aşınma ve oksitlenmelere karşı direnç sağlamasıdır. Bu sebeple krom cevherinin pek çok alaşımları, gemi, uçak, mermi, denizaltı, top ve silahlar ile ilgili destek sistemlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca otobüs duraklarında, cadde ve sokak aydınlatmasında, binaların merdiven korkulukları yapımında, deniz içinde petrol arama platformları yapımında, ısıya dayanıklı süper krom alaşımları ile yüksek verimli türbin motorları yapımı gibi alanlarda kullanılmaktadır[1].

Krom cevheri içerisindeki $\%Cr_2O_3$ tenörü, demir oksit ve Al_2O_3 değerleri kullanım alanını belirlemektedir. Örneğin; ferrokrom üretimi için cevherdeki Cr_2O_3/FeO oranının 2,5-3,0 arasında olması gerekmektedir. Metalurji alanında kullanılan kromit cevherinde Cr/Fe oranı $\%2,5$ 'u geçer ise $\%46$ 'dan daha çok Cr_2O_3 tenör içermelidir. Kimya sektöründe kullanılan kromitin, Cr/Fe oranı 1.5-2.0 olduğu zaman $\%40-46$ Cr_2O_3 içeriğe sahip olmalıdır. Refrakter yapımında kullanılan kromit içeriğinin de $\%20$ 'den fazla Al_2O_3 bulunması beklenmektedir[2]. Diğer taraftan cevherdeki Al_2O_3 miktarı $\%15$ 'in üzerinde ise ateşe dayanıklı ürün üretiminde ve kimya alanında kullanılmaktadır. Ateşe dayanıklı ürün üretimi için cevherdeki Cr/Fe oranı dikkate alınmamaktadır. Ayrıca cevherin tane iriliğinin 2-3 mm' in altında olmaması ve sert olması gerekmektedir. Krom cevherinin içeriğinde yer alan SiO_2 (max. $\%4-6$), kükürt (max. $\%0,05$) ve fosfor (max. $\%0,07$) istenmeyen gang mineralleridir[3].

Türkiye'de bulunan kromit yatakları Alpin tip şeklinde sınıflandırılmıştır. Türkiye Krom Rezervi; toplam 26.000.000 ton $\%20$ Cr_2O_3 tenörlü ve üzeri mevcuttur. Elazığ ilinde yer alan krom yatakları Türkiye krom rezerv miktarının yaklaşık $\%45$ oranını oluşturmaktadır. Bu sahanın toplam krom rezervi yaklaşık 11.502.060 tondur. Malatya(Hekimhan) sahasında $\%42$ Cr_2O_3 tenörlü 169.760 ton rezerv, Elazığ (Guleman, Kapın, Kef, Aypınar) sahasında $\%35$ Cr_2O_3 tenör ve üzeri 500.000 ton rezerv, $\%15-35$ tenörlü 7.000.000 ton rezerv. Erzincan(Refahiye, Ilıç, Çayırılı, Tercan) sahasında $\%10-54$ Cr_2O_3 tenörlü 4.000.000 ton rezerv. Erzurum (Aşkale)' de $\%20-52$ Cr_2O_3 tenörde 300.000 ton rezerv. Tunceli (Pülümür) sahasında $\%42-54$ Cr_2O_3 miktarında 32.300 ton rezerv mevcuttur [4]. Türkiye kromit yatakları;

- Muğla(Fethiye-Köyceğiz) sahası
- Malatya(Hekimhan) sahası
- Elazığ (Guleman, Soridağ) sahası
- Bursa (Çatak, Harmanlık, Orhaneli) sahası
- Kütahya(Dağardı, Bozbelen) sahası
- Eskişehir (Mihalıcak, Kavak, Başören, Sepetçik) sahası
- Mersin-Karsantı-Pınarbaşı sahası
- Çankırı (Kalecik) sahası

- Sivas (Kangal, Divriği) sahası
- Erzincan-Erzurum-Kopdağ, Aşkale sahası
- Kastamonu (Taşköprü) sahası
- İskenderun-Kahramanmaraş sahası
- Hatay-Gaziantep (İskenderun-İslahiye) sahası
- Seyhan-İçel (Pozantı, Karsantı, Musalı) sahası
- Antalya (Tekirova-Atbükü) sahası
- Denizli-Burdur (Mevrutlar Yeşilova) sahası' dır[5, 6]. Şekil 1' de Türkiye kromit yataklarının dağılımı genel olarak gösterilmektedir.



Şekil Türkiye Kromit Yatakları Haritası[7]

2. Üretim ve Kromit Zenginleştirme

Krom cevheri, maden yatağının topografyasına ve boyutuna göre açık işletme veya yeraltı işletme yöntemlerine çıkarıldıktan sonra elle ayıklama, elekten geçirme veya yıkama yöntemleri ile cevherin içindeki gang minerallerinden (silikat vb.) ayrılması sağlanır. Cr_2O_3 tenörü, %32'den düşük olan kromit cevherinin kullanım alanı bulabilmesi için sektörlerin talebine göre cevher zenginleştirme yöntemlerine tabi tutulması gerekmektedir[8]. Yani, düşük tenörlü kromitler; cevher hazırlama tesislerinde kırılıp, öğütüldükten sonra zenginleştirilerek tenörü yükseltilmekte ve pazarlanabilmektedir. Krom cevheri Cr_2O_3 tenörüne göre üç sınıfa ayrılır. Genel olarak en az % 20-35 Cr tenörlü cevherler işletilebilmektedir. Cr_2O_3 tenörü %48'den fazla ise cevher 1. Sınıf, %42-%48 arasında ise 2. Sınıf ve %42'den az ise 3. Sınıf olarak ifade edilmektedir[9].

Krom cevherinin yüksek Cr_2O_3 tenör içeriğine sahip rezervlerin azalması, yeni maden sahalarının bulunmasındaki zorluklar ve pazar koşulları sebebi ile , düşük tenörlü ve işletilmeleri kolay olan krom maden sahalarının çalıştırılması mümkün hale gelmiştir. Örneğin uygun Pazar şartları sebebi ile %8-9 Cr_2O_3 tenör içerikli kromit cevherleri işletilebilmektedir[10].

Kromit cevherinin zenginleştirilmesi için uygulanan zenginleştirme yöntemlerini; cevherdeki serbestleşme tane boyutu, cevherin içeriğindeki konsantrisinde FeO , SiO_2 , Al_2O_3 ve Cr_2O_3 tenör değerleri, Cr/Fe oranı, yapısındaki gang mineraller ile kromit minerali arasındaki fizikokimyasal ve fiziksel özellik farkları belirlemektedir [11]. Diğer bir deyişle; düşük tenörlü kromitlerin endüstrinin kullanıma uygun hale getirilmesi için zenginleştirilme yöntemlerine tabi tutulmaları gerekmektedir. Bunun için kullanılan genel yöntemler;

- El ile Ayıklama
- Özgül Ağırlık farkına göre zenginleştirme(sallantılı masa, jig, spiral zenginleştiriciler, ağır ortam vs.)
- Manyetik ayırma ile zenginleştirme
- Flotasyon yöntemi ile zenginleştirme
- Kimyasal yöntem ile zenginleştirme
- Elektrostatik ayırma yöntemi ile zenginleştirme

2.1. El ile Ayıklama Yöntemi

El ile ayıklama yönteminde; kromit cevherinin farklı parlaklık, renk ve özgül ağırlık gibi özelliklerine bakılarak cevher ile gang minerallerinin farklılığı esasına göre birbirlerinden ayrılmaktadır [12]. Kromit; iri tane boyutlarında gang minerallerinden serbest kalabilmektedir ve böyle durumda herhangi bir zenginleştirme yöntemi uygulamadan veya bir zenginleştirme yöntemi öncesi işlemi şeklinde uygulanmaktadır[13]. Türkiye'deki pek çok kromit işletmesinde, parça cevher üretimine uygun olmasından dolayı, sadece el ile ayıklama(triyaj) yöntemi yapılmaktadır. Bu yöntemde; 25 mm'lik eleklerden geçirilen cevher +25 mm üzerindeki kısmı el ile ayıklama yöntemine tabi tutulmaktadır. İşlem sonunda triyaj atıkları içerisinde de çok miktarda kromit kaldığı için bu atıklar da daha sonra farklı zenginleştirme yöntemleri için stoklanmakta ve farklı teknolojik yöntemler ile değerlendirilmektedir [11].

2.2. Özgül Ağırlık Farkına göre Zenginleştirme

Kromit cevherinin gang minerallerinden ayrılabilmesi aralarındaki özgül ağırlık farklılığına göre, akışkan ortam yardımı ile hareket esasına dayanarak birbirlerinden ayrılması şeklinde gerçekleşen zenginleştirme yöntemleridir. Cevherin yan kayaç parçaları ve yoğunluğu 3,5-4 gr/cm³ arasında olan olivin miktarı fazla ise yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemleri ile temizlenmektedir. Fakat cevherin içeriğindeki olivin miktarı az ise özgül ağırlık farkı ile zenginleştirilen konsantr, manyetik ayırma yöntemi ile temizlenmektedir ve daha yüksek Cr₂O₃ tenörlü konsantr elde edilmektedir[14]. Özgül ağırlık farkına göre zenginleştirme (sallantılı masa, jig, spiral zenginleştiriciler, ağır ortam vb.) şeklinde gruplandırılabilir.

2.2.1. Sallantılı Masa ile Zenginleştirme

Sallantılı masa; akışkan ortam içerisinde tabaka halinde ayırma/zenginleştirme yapabilen ve ayırıcı yüzeyi hareketli bir cihazdır. Özellikle krom cevherinin yoğunluğa göre zenginleştirilmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Sallantılı masanın üzerinde tabaka şeklinde akışkan akışımı sağlayan paralel kenar, dikdörtgen, dikdörtgene yakın yamuk veya V şekillerinde yüzey mevcuttur. Masanın mekanizması ile uzun eksen doğrultusu ve geriye doğru hareketi ile ileri-geri hareket ettirilmektedir. Sallantılı masaya cevher besleme tane iriliği; 2 - 0.05 mm arasında değişmektedir. Bu yöntem ile kromit ile yapısındaki gang mineralleri arasında özgül ağırlık farklılığına dayanılarak akışkan ortamda hareket farklılığı esasına göre birbirlerinden ayrılmaktadır[15]. Şekil 2'de Erzurum ili Krom cevheri Sallantılı Masa ile Zenginleştirme gösterilmektedir.



Şekil 2 Erzurum-Krom cevheri Sallantılı Masa ile Zenginleştirme[16].

2.2.2. Jig ile Zenginleştirme

Kromit cevheri iri tane boyutlarında genellikle serbest hale gelerek ayrılmaktadır. Hidrolik jigler kullanılarak 25-1 mm tane boyutu arasındaki cevher zenginleştirilebilmektedir. Havalı jigler kullanılarak zenginleştirme tane boyutu 0.1 mm kadar olabilmektedir. Verimli ayırma etkinliği için dar tane boyutları gruplandırılmak suretiyle sınıflandırmaktadır[12].

2.2.3. MGS ile Zenginleştirme

İnce ve çok ince kromit tanelerinin zenginleştirilmesi için üretilen "Multi Gravity Separator" (MGS) yoğunluk farkına göre zenginleştirilmesinde olanak sağlamıştır. Besleme malı tane boyutu 250 Mikron altıdır. Yapılan bir çalışmada; İnce tane boyutundaki krom cevheri MGS zenginleştirme deneyine göre; besleme malı Cr₂O₃ tenörü %24.00 olan cevherden, Cr₂O₃ tenörü %51.18 olan konsantrisi %94.04 metal kazanma verimi ile elde edilmiştir[17,18].

2.2.4. Knelson Konsantratörü ile Zenginleştirme

Knelson konsantratörü; çok ince veya ince tane boyutlu ağır mineral tanelerinin kazanılmasında santrifüj kuvvetinden faydalanılarak zenginleştirme yapan cihazdır. Burada tane boyutu üzerinde etkili olan santrifüj kuvveti gravite kuvvetinin 50 katı kadardır. Yöntemde uygulanan santrifüj kuvvetinin şiddeti ne kadar artarsa kazanılan tane boyutu da o kadar ince olmaktadır. Sistemde dönme işlemi için bir ünite ile birlikte, yüksek hızda dönebilen bir yatak bulunmaktadır. Pulp şeklinde cevher üst bölmeden beslenmektedir ve santrifüj kuvveti etkisi ile pulp içerisindeki ağır mineral taneleri konsantr şeklinde yatağın oluk bölmesine takılmaktadır. Gang(atık) mineraller ise pulp üst akışı ile birlikte atılmaktadır. Besleme, %0-70 pulp yoğunluğunda düşey bir tüp yardımı ile Knelson konsantratörünün haznesi içine yapılmaktadır. Konsantratör haznesi dibinde beslemeyi dağıtan bir pervane vardır. Bir

Knelson konsantratörü ana operasyonun etkenleri; yıkama suyunun hızı, besleme pülponun yoğunluğu ve alınma zamanıdır. Besleme tane iriliği ise maksimum 2mm' dir [19, 20, 9].

2.2.5. Spiral ile Zenginleştirme

Spiral zenginleştirme cihazları, düşük tenörlü cevherlerin ön zenginleştirilmesi için cevher hazırlama alanında kullanılan, düşük maliyetli yer çekimi kuvvetinden faydalanılarak zenginleştirme yapmaktadırlar. Spiral zenginleştiriciler özellikle metalik cevherlerde, endüstriyel minerallerde ve sahil kuşlarında konsantr elde etmek amacı ile ve kömür zenginleştirme sektöründe yaygın şekilde kullanım alanı bulmaktadır. Humphreys tarafından geliştirilen spiral zenginleştiriciler, "Çoklu Çıkış Ağzına Sahip Spiraller" ve "Sınırlı Çıkış Ağzına Sahip Spiraller" şeklinde sınıflandırılmaktadırlar [21, 22]. Kromiti yer çekimiyle ayırma ile zenginleştirmek için en verimli besleme tane boyutu 2-0.1 mm arasında değişmektedir. Yapılan bir çalışmada besleme malı Cr₂O₃ tenörü %5-8 arasında iken spiral zenginleştirme sonunda %28-33 arasında tenörlü konsantr elde edilmiştir[22].

2.3. Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme

Minerallerin farklı manyetik alan özelliklerinden faydalanılarak manyetik ayırıcılar ile yapılan zenginleştirme yöntemine manyetik ayırma ile zenginleştirme denir. Kromit cevherinin zenginleştirilmesi için, yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcı veya yaş manyetik ayırıcı kullanılmaktadır. Kromit içerisinde bulunan gang mineralleri olan olivin ve serpantinde yer alan Fe(demir) oranına göre farklı manyetik duyarlılıklar meydana gelmektedir[12]. Kromit cevherinin manyetik alanı şiddeti 1,0-1,6 Tesla (1tesla 10000 Gauss) arasında değişmektedir. Ancak kromit içerisinde manyetit mineralini içermesi halinde manyetik duyarlılık şiddeti yükselmektedir. Bu durumda gang içerisindeki manyetik duyarlılık artmakta ve uygulanan manyetik alan şiddeti düşmektedir, buna bağlı olarak da kromitin gang minerallerinden ayrılması zorlaşmaktadır. Bu yöntemde besleme tane iriliği 0,1-25 mm arasında olmaktadır. Kromitin manyetik alan 3.000-7.500 x 106 duyarlılığı ve manyetik özgül ağırlık 650-2.000 x 106 gr/cm³ duyarlılığı arasında değişmektedir. Buna göre kromit, 6.000-15.000 Gauss şiddeti kullanılarak manyetik alanda zenginleşebilirler. Genellikle cevher ince tane boyutlu olduğundan yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcılar daha verimli olmaktadır. Eğer cevher -0,2 mm tane boyutundan daha iri taneli serbestleşebiliyorsa kuru manyetik ayırıcılar da tercih edilebilir[11].

2.4. Flotasyon ile Zenginleştirme

Flotasyon ile zenginleştirme yönteminde; faydalı minerallerin, faydasız(gang) minerallerinden yüzey veya arayüzey özellikleri yardımı ile ayrılması amacı ile kullanılan bir zenginleştirme yöntemidir. Kromit mineralleri oksit/hidroksit mineraller olduğundan, sülfat/sülfonatlar, yağ asitleri, gibi anyonik toplayıcılar ve aminler yardımı ile yüzdürülmektedirler. Flotasyon yönteminde gang içeriğindeki olivin, serpantin gibi mineraller kromitten ayrılabilir. Bu yöntemde kromit yüzdürülür ve gangi bastırılır veya kromit bastırılır ve gang yüzdürülür[23, 12].

2.5. Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirme

Elektrostatik ayırma yönteminde, yüksek iletken bir mineral tanesi, topraklanmış olan metal bir silindire üstünden düşer iken yüksek alan potansiyel (10.000-20.000 volt) ile yüklenmiş olan bir elektrod tesiri ile polarize olarak, topraklanan metal bir silindire elektron yükü ileterek silindirden ayrılmaktadır ve çekici elektrod etkisi ile silindirden uzaklaşmak suretiyle düşmektedir. Zayıf iletken taneler ise, üzerinde bulunan yükü yavaş bir şekilde bıraktığı için, silindire yapışmış halde birlikte dönmektedir ve elektrodun etkisinden kurtularak bir fırça yardımı ile ayrı yerde toplanmaktadır. Mineral tanelerinin dar tane boyut aralığında olması, ayrıca kuru ve 60 - 120°C'de ısıtılmış olmaları verimli bir zenginleştirme için gerekli şartlardır. Elektrostatik zenginleştirme için besleme tane boyutu 2-0,1 mm arasında olmaktadır[14].

3. Sonuçlar

Krom cevheri, maden yatağının topografyasına ve boyutuna göre açık işletme veya yeraltı işletme yöntemlerine çıkarıldıktan sonra elle ayıklama, elekten geçirme veya yıkama yöntemleri ile cevherin içindeki gang minerallerinden (silikat vb.) ayrılması sağlanır. Cr₂O₃ tenörü, %32'den düşük olan kromit cevherinin kullanım alanı bulabilmesi için sektörlerin talebine göre cevher zenginleştirme yöntemlerine tabi tutulması gerekmektedir. Yani, düşük tenörlü kromitler; cevher hazırlama tesislerinde kırılıp, öğütüldükten sonra zenginleştirilerek tenörü yükseltilmekte ve pazarlanabilmektedir. Örneğin %5 tenörlü kromit cevheri, zenginleştirme yöntemleri ile %45'lik tenöre ulaşabilmektedir. Genellikle kromit zenginleştirme yöntemleri olan yoğunluk farkı ile zenginleştirme(jig, sallantılı masa, spiral zenginleştiriciler, ağır ortam vs.), manyetik ayırma ile zenginleştirme ve flotasyon ile zenginleştirme yöntemleri kullanılmaktadır.

4. Kaynakça

- [1] URL-1 <http://www.metaluzmani.com/malzeme-menu/krom/>, erişim, 2018.
- [2] Tahtakıran E., Krom Cevher Standartları ve Pazarlanması, Madencilik Bülteni, 55-58, 2008.
- [3] URL-2 http://80.251.40.59/eng.ankara.edu.tr/koc/pdf_dosyaları/ders_notları/maden_yatakları_2.pdf, erişim, 2019.
- [4] Gözler M.Z., Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin Maden, Su ve Enerji Kaynakları, 21. Yüzyıl Türkiye Enstitüsü, Rapor No:20, s:36, 2014.
- [5] DPT, Metal Madenler (Krom). 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Metal Madenler Alt Komisyonu Krom Çalışma Grubu Raporu, DPT: 2626- ÖİK: 637, Ankara, 2001.

- [6] Aratoğlu, M., Bilfer Eskiköy Krom Konsanre Tesisi Atıklarının Flotasyon İle Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, s.117, 2017.
- [7] URL-3 http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/images/b_h/krom.jpg, erişim, 2019.
- [8] Güney, A., Etibank Üçköprü Krom Zenginleştirme Tesisi Artıklarından Küçük Boyutlu Kromitin Zenginleştirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1990.
- [9] Kıdımın F.B., ve Bayat O., Düşük Tenörlü Krom Cevherlerinin Zenginleştirilmesinin Araştırılması, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Cilt:22-2, 89, 2010.
- [10] <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/krom>, erişim, 2019.
- [11] Çilingir Y., Metalik Cevherler ve Zenginleştirme Yöntemleri, C.1, İzmir, 1990.
- [12] Gence N., Elazığ Kafdağı Kromitlerinin Zenginleştirilmesi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Eskişehir, 1985.
- [13] Önal G., Cevher Hazırlamada Flotasyon Dışındaki Zenginleştirme Yöntemleri, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul, 1985.
- [14] Kıdımın F.B., Düşük Tenörlü Krom Cevherlerinin Zenginleştirilmesinin Araştırılması, Maden Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans tezi, s:90, Adana, 2009.
- [15] Ağaçayak, T., Topraktepe (Yeşildağ – Beyşehir – Konya) Kromitlerinin Zenginleştirme Yöntemlerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2004.
- [16] <http://www.cihangrup.com.tr/kromitzenginlestirme>, erişim, 2019.
- [17] Chan, S.K. and Mozley, R.H. Enhanced Gravity Separation for the Beneficiation of Fine and Ultra Fines. Richard Mozley Limited, Cornwall, UK, 1987.
- [18] Aslan N. ve Canbazoglu M., İnce Boyutlu Krom Cevherlerinin Multi-Gravity Separator İle Zenginleştirilmesi Araştırmaları, Türkiye 14 Madencilik Kongresi / 14th Mining Congress of Turkey, ISBN 975-395-150-7, 1995.
- [19] Knelson B. and Jones, R., A New Generation Of Knelson Concentrators" A Totally Secure System Goes On Line, Minerals Engineering, Vol. 7, Nos 2/3, pp. 201-207, [https://doi.org/10.1016/0892-6875\(94\)90064-7](https://doi.org/10.1016/0892-6875(94)90064-7), Printed in Great Britain, 1994.
- [20] Huang, L., Upgrading of Gold Gravity Concentrates: A Study of the Knelson Concentrator, Doktora Tezi, Department of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University, Montreal, 1996.
- [21] Burt, R.O., Gravity Concentration Technology, New York: Elsevier Science Publishing Company Inc, 1984.
- [22] Güçbilmez D., Spiral Zenginleştiricilerde Tane Boyunun Performansa Etkisinin İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, s: 105, 2013.
- [23] URL-4 <http://www.marbleport.com/madencilik-kulturu/331/cevher-zenginlestirme-yontemleri>, erişim, 2019.

SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAĞININ FARKLI ALÜMİNYUM PARÇALARA UYGULANMASI

Ozan Doktaş

Y.Lisans Öğrencisi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Müh. Anabilim Dalı,

doktasozan@gmail.com

Özet

Sürtünme karıştırma kaynağı, erime sıcaklığı altında monte edilecek parçaların birleştirilmesi ile elde edilen bir katı hal kaynak yöntemidir. Sürtünme karıştırma kaynak yönteminde, kaynak yapılacak malzemeden daha sert bir malzemeden tasarlanmış bir probe kullanılır. Bu kaynak yöntemi havacılık, otomotiv, gemi taşımacılığı, makine endüstrisinde ve raylı sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem klasik kaynak yöntemlerinin birleştirilmesi zor yüksek mukavemetli alüminyum alaşımları ile diğer metal alaşımların birleştirilmesi ile kullanılabilir. Tez kapsamında sürtünme karıştırma kaynağı ile kaynak edilebilen ve kaynaklı bağlantılar ile mekanik özelliklerine takım pim profilin, takım dönme hızı ve takım ilerleme hızının etkisi ile incelenmesi amaçlanmıştır. Farklı alüminyum parçalar kullanılarak kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkarılan numunelerin yapısal incelemeleri yapılmış, sertlik ölçme ve basma değerleri ölçülmüştür. Bu sonuçlar ile birleştirme işlemi gerçekleştirilen kaynaklı alüminyum parçalar daha iyi sonuçlar verdiği belirlendi.

Anahtar Kelimeler: *Sürtünme karıştırma kaynağı, takım dönme hızı, alüminyum alaşımı, mekanik özellikler, mikro yapı*

1. Giriş

Geçmişten günümüze kadar olan zaman dilimin insanoğlunun yaşamını kolaylaştırmayı amaçlamak için geliştirilen alüminyum parçaların aynı zamanda da ekonomik olması bilinmektedir [1]. Teknolojinin büyümesiyle birlikte üretimi gerçekleşen malzemeden beklenen verimin alınmaması durumunda yeni malzemelerin bulunmasına dair önemli rol oynamıştır [2].

Bakır, kullanıma uygun bir metal olmasına karşın ısı işlem uygulanmaz, soğuk bir halde olması durumunda sertleşme özelliği olan bir metaldir [3]. Ekonomik, mekanik ve fiziksel özelliklerinin uygun olduğu durumlar nedeni ile yaygın bir şekilde kullanılır. Bakır gibi birçok metal malzemelerin özellikleri istenilenlerin doğrultusunda alaşım malzemeleri oluşturmaya yönelik bir gelişim sağlamıştır [4].

Sürtünme karıştırma kaynak yöntemi, çoğu kez istenilen parçaların ergime ısısı altında belli sıcaklıkta birleştirilmesini örnek alan bir katı hal birleştirme yöntemidir [5]. Bu katı hal birleştirme yönteminde kaynak işlemi yapılacak parçalardan daha sert bir parçadan tasarlanan probe kullanılmaktadır [6]. Kaynak yapılan parçalarda, oluşan sıcaklığın etkisi ile plastikleşen parçaların probe yardımı ile karıştırılarak kaynak ile birleştirme esasına dayanır [7].

Günümüzde birçok teknolojiler geleneksel kaynak yöntemleriyle karşılaşılan sorunları ortadan kaldırıp, değişik yapıdaki metal parçaların kaynaklı birleştirme işlemi yapılarak istenilen özellikteki metallerin oluşmasına olanak sağlamıştır [8].

2. Materyal ve Metot

Üniversitemiz bünyesinde yapılan deneysel çalışmanın sonuçlarından hareketle sürtünme karıştırma kaynağı yapılarak alüminyum parçaların birleştirilmesi sağlanmıştır. Kaynak öncesi sürtünme karıştırma kaynağı yapılacak olan alüminyum parçaların kalıba bağlanması Şekil 1.'de gösterilmektedir. Şekil 2'de prob ucunun freze makinesine bağlandıktan sonraki kaynak yapım aşamasını göstermektedir.



Şekil 1: Kaynak parçalarının kalıba bağlanması



Şekil 2: Freze makinasında kaynaklı birleştirme

Sürtünme karıştırma kaynağı sonucunda; Kaynak yapılan alüminyum parçaların kaynak kalitesini arttırmak üzere yapılması gereken iyileştirmeler belirlenmiştir. Şekil 3’de kaynak sonrası ön dikiş görünümü ve şekil 4’de kaynak sonrası arka dikiş görülmektedir.

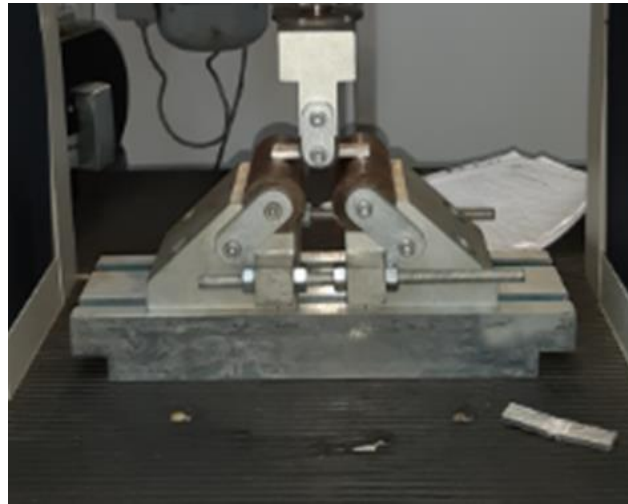


Şekil 3: Kaynak sonrası ön dikiş görünümü



Şekil 4: Kaynak sonrası arka dikiş görünümü

Şekil 5’de kaynak sonrası elde edilen numune parçalarına üç nokta eğme deneyi yapılarak alüminyum parçaların ne kadarlık bir kuvvet uygulanmasından sonra kaynaklı bölgenin hangi bölgeden kırıldığı incelenmiştir. Şekil 6’da kaynak sonrası elde edilen numune parçalarına brinell sertlik deneyi sonrası parçadaki ne kadarlık bir sertliğe dayanabileceği incelenmiştir.



Şekil 5: Kaynaklı parçanın kırılma görüntüsü



Şekil 6: Kaynaklı parçaların brinell sertlik ölçümü

3. Sonuç ve Öneriler

Kaynak işlemi tamamlanan alüminyum parçaların yapılan testler neticesinde farklı devir sayıları ve ilerleme hızları sonucunda kaynak bölgelerinde belirli veri sonuçları elde edildi. Kaynak bölgesinde elde edilen veri sonuçları maddeler halinde sıralanmıştır.

- 1050 Al malzemesine (1000,1400,1800,2000) dev/dk'da kaynak işlemi yapılmıştır.
- Kaynak sonrası numunelere ait testlere bakıldığında kaynak dikişlerinde olumsuz herhangi bir çatlak , boşluk ve kaynaksız bölge olmadığı tespit edilmiştir.
- Yüksek devir ve alçak ilerleme seviyesinde daha yüksek ısı seviyesine ulaşılarak daha kaliteli kaynak işlemi gerçekleştiği görülmüştür.
- Düşük devir ve yüksek ilerleme seviyesinde kaynak dikişlerinde yüzey bozukluğu artışı görülmüştür.

Tablo 1: 1400 d/dk 'daki sertlik ölçüm değerleri

1400 d/dk	Sertlik Değerler				
Kaynak bölgesi	Ön yüz	68,35	66,44		
	Arka yüz	64,67	67,06		
Kaynak bölgesi dışı	Ön yüz	80,31	80,65	80,47	82,13
	Arka yüz	80,29	80,36	79,90	81,68

Tablo 1'de 1400 d/dk'da kaynaklı birleştirilmesi yapılan numunelerin sertlik ölçüm değerleri görülmektedir.

Kaynak bölgesinin ön yüzünde sertlik değerlerinde azalma görülürken arka yüzünde artış gözlenmiştir. Kaynak bölgesinin dışındaki ön yüzün ve arka yüzde sürekli değişim gösteren sertlik gözlemlenmiştir.

Tablo 2: 1400 d/dk 'daki eğme testi sonuçları

1400 d/dk	Kalınlık (mm)	Genişlik(mm)	Düşey hareket(mm)	Kuvvet(N)
5		19,78	1	350
			2	410
			2,5	410
			2,6(Çatlamaya başladı)	

Tablo 2'de 1400 d/dk 'da kaynaklı birleştirilmesi yapılan numunelerin eğme testi sonuçları görülmektedir.

Kaynaklı bölgeye yapılan eğme testinde düşey yönde 410 N'luk kuvvet uygulandığında düşey hareketin 2.6 mm'sinde kaynak dikişinde çatlama meydana gelmiştir.

Yukarıdaki tablolardan da görülebileceği gibi, en yüksek eğme kuvveti 1400 d/dk' da yapılan birleştirmelerde elde edilmiştir. 1000 d/dk' da yapılan deneylerde de benzer sonuçlar bulunmasına rağmen, 1800 d/dk 'da birleştirilen parçalarda eğme dayanımı düşmektedir.

Deneysel çalışmada kaynaklı birleştirilmesi yapılan alüminyum parçalarının istenildiği gibi olumlu sonuçlanmıştır. Ancak kaynaklı bölgelerin ısı işleminden geçirilen probe'nin olumlu sonuç vermesine rağmen probe'ye bağlı kaynaklı bölgelerin geliştirilmesi

gerektiği gözlenmektedir. Buda kaynak yapılan alt tablanın ve alüminyum parçalarının kaynak esnasında tutan tutucuları alt tablaya bağlayan vida delik sayılarını 6'ya çıkarılarak oluşacak titreşimin giderilceği gözlenmiştir.

Teşekkür:

Yazar çalışmada emeği geçen arkadaşı Büşra YILMAZ ve deney aşamalarındaki katkıları için İstanbul Aydın Üniversitesi Rektörlüğüne teşekkür eder.

4. Kaynaklar

- [1] Çam, G., “Alaşımaları için Geliştirilen Yeni Kaynak Yöntemleri”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Kaynak Teknolojisi III. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, 19–20, S. 267–277, İstanbul, Ekim, 2001
- [2] Kulekçi, M. K., gık, A., “Sürtünme karıştırma kaynağı ile alüminyum alaşımı levhaların birleştirilmesi ve elde edilen kaynaklı bağlantıların özellikleri” Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7.3 :70– 75, Isparta,2003
- [3] Davis, C.J., Thomas, W.M., 1996, “Friction Stir Process Welds Aluminum Alloys”, Welding Journal, Cambridge, U.K. March, 41-45.
- [4] Oğuz, B., 1990, “Demirdışı Metallerin Kaynağı Metalurji-Uygulama”, Oerlikon Yayınları, İstanbul.
- [5] Thomas, W.M., Nicholas, E.D., 1997, “Friction Stir Welding for the Transportation Industries, Materials Design”, 18, 269-273.
- [6] Özdemir, N., Büyükarlan, S., Sarsılmaz, F., 2007, “Sürtünme Karıştırma Kaynak Yöntemi ile Birleştirilmiş AA1030 Alüminyum Alaşımında Karıştırıcı Uç Profili ve İlerleme Hızının Arayüzey Mikroyapı Değişimi Üzerine Etkisi”, Fırat Ün. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 19, (3), 407-415.
- [7] Anık, S., 1960, “Alüminyum ve Alaşımalarının Kaynağı”, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- [8] Tülbentçi, K., 1990, “Alüminyum ve Alaşımalarının Kaynağı”, Böhler Yayınları. İstanbul.

CLASSIFICATION WITH EXTREME LEARNING MACHINE

Ozer Ozdemir¹, Asli Kaya¹

¹ *Eskisehir Technical University, Department of Statistics, Eskisehir, Turkey*

ozerozdemir@eskisehir.edu.tr

asli.k@eskisehir.edu.tr

Abstract

Artificial Neural Networks are one of the methods that are used successfully for classification problems. In this study, it was aimed to solve a classification problem with extreme learning machine which are alternatives to artificial neural networks and which eliminate the disadvantages of artificial neural networks. The “Connectionist Bench” data set from “UCI Machine Learning Repository” was classified with extreme learning machines with six different activation functions. The performance of the model was compared with the performance of the back-propagating multilayer perceptron. As a result, extreme learning machine was completed the classification with an accuracy of 82.25%. This result showed that extreme learning machine is a powerful and new method for classification problems.

Keywords: *Artificial Neural Networks, Machine Learning, Single Hidden Feedforward Network.*

1. Introduction

Nowadays, there is a large amount of data collected and stored in databases all over the world. The feeling of presence also increases every year. There is invaluable information stored in such databases, and automated methods are needed to extract it. Classification is the name of the most popular collection of methods developed to solve this problem. Classification consists of estimating a given result based on a given input. To estimate the result, the algorithm processes a set of attributes, usually a target or prediction attribute, and a set of training that includes the related result. The algorithm tries to discover the relationships between the qualities that make it possible to predict the outcome. Then, the algorithm is given a previously unknown set of data, called the prediction set, with the exception of the prediction attribute, which contains the same set of properties - yet unknown. The algorithm analyses the input and generates an estimate. Prediction accuracy defines how good the algorithm is.

Artificial neural networks are a successful method for solving many daily life problems such as classification, modelling and estimation. Artificial neural networks (ANN) are information processing systems that mimic the working principles of the human brain or central nervous system in general [1]. The studies on this subject first started with the modelling and application of neurons, the biological units that make up the brain, in computer systems. Artificial neural networks perform learning by adjusting the connection weights between the units. Weights are the main means of long-term memory in ANNs. A neural network performs learning by repeatedly adjusting these weights [2].

It is possible to summarize the working principle of artificial neural networks as follows. An artificial neural network model consists of an input layer, an output layer, and a hidden layer. It is possible that the hidden layer consists of more than one layer. There are neurons in each layer. The input layer contains as many neurons as the number of variables used. However, there is no specific rule on how many neurons should be in the hidden layer. Each neuron uses the output values of the neurons in the previous layer as input values. The neurons in the hidden layer and the output layer process the incoming signals according to a certain activation function and transmit them to the next layer. A model of neural networks with a hidden layer and enough neurons in the hidden layer can model all kinds of nonlinear functions [3].

Artificial neural networks have several advantageous sides. These advantages can be listed as follows: nonlinearity, input-output mapping, and adaptivity [4]. However, there are some limitations of artificial neural networks. Among the disadvantages are the need for a large number of examples (longer time for training) in models where supervised learning is used, the final model cannot be easily interpreted, the local optimum can be easily deducted and there is no guarantee that an acceptable result can be found [5].

2. Extreme Learning Machine

Extreme Learning Machine (ELM) is a simple, fast and precise machine learning algorithm [6]. Extreme learning machine is basically similar to artificial neural networks with one hidden layer. Therefore, the working principle of the ELM is to a certain extent the same as that of the Artificial Neural Networks. However, in the standard ELM, the hidden nodes are randomly initialized (not set) and fixed. As for Artificial Neural Networks, in ELM, an activation function is needed to shape the output of the model and this type of function has to be determined by the user.

The most important advantage of over-learning machines is the ability to perform training very quickly [7]. However, it may be considered an advantage to specify fewer parameters. In artificial neural networks, the user needs to decide on the parameters related to education. In the ELM method, training takes place in an analytical way. However, it can be considered as a disadvantage to decide which activation function should be used and the number of neurons in the intermediate layer. [7].

The simple ELM architecture is as in Figure 1.

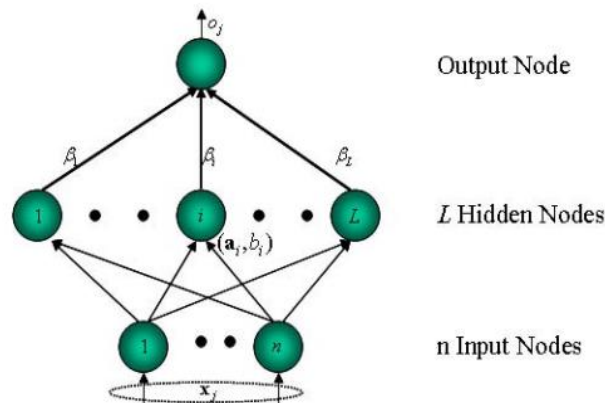


Figure 1: Architecture of ELM

As described in Figure 1, $\{a_j, b_j\}$ are randomly generated for the j^{th} hidden layer node, where a_j is a n_i -dimensional vector and b_j is a random value. As shown in Figure 1, the basic ELM model is based on feedforward neural networks with a single hidden layer and the difference with ANN can be explained as follows. In the conventional single-layer feedforward neural network model, there is data in which N input and output values are known. Standard forward-fed artificial neural networks with L neurons in the latent layer and the activation function are as in Eq.(1).

$$\sum_{i=1}^L \beta_i G(w_i x_j + b_i) = o_j \quad j = 1, \dots, N \quad (1)$$

All the parameters of SLFNs need to be adjusted; training an SLFN is simply equivalent to finding a least squares solution $\hat{\beta}$ of the linear system;

$$H\beta = T \quad (2)$$

Algorithm: ELM

- 1: for $i = 1$ to M do
- 2: randomly assign input weight w_i
- 3: randomly assign bias b_i
- 4: calculate H
- 5: calculate $\hat{\beta} = H^+ T$ where H^+ is the Moore–Penrose generalized inverse of matrix H . [6]

This algorithm tends to provide theoretically good generalization performance. It does this with extremely fast learning. While it is necessary to train the network in a feedforward ANN, this process has been transformed into an analytical equation in ELM and therefore a very fast learning ability has been gained.

3. Results

“Connectionist Bench” data from UCI Machine Learning Repository was used to construct the data set. Matlab R2015a software was used to process the data. Accuracy percentages were compared using different activation functions for classification using ELM with training and test data. The accuracy rates according to the activation functions used for simple ELM are given in Table-1. The number of hidden neurons was taken as 20. While analyzing the data, classification algorithms were obtained by running averages 10 times.

Table 13: Accuracy percentages according to ELM activation functions

Activation Function	Accuracy Percentages
Sin	70.5677
Sig	75.8065
Tansig	82.2585
Hardlim	67.7419
Tribas	72.5806
Radbis	79.0323

The highest accuracy percentage of the activation functions used is provided by tangent sigmoid and radial basis activation functions. In order to compare the performance of the classification with ELM methods, the classification was made with a multi-layer

perceptron network which is one of the classical classification methods. The same training and test data used for ELM were classified. The accuracy rates obtained by this classification method are given in Table-2.

Table 2: Comparison of ELM and MLP Methods

Classification Methods	Accuracy Percentages
MLP (tansig-20)	66.50
ELM (Tanjant-sigmoid-20)	82.25

For the classification of data obtained in daily life problems, both classical classification methods such as ANN were used and compared using new classification methods such as ELM. It has been observed that the ELM algorithms used instead of the classification methods have a high rate of performance. The activation functions used in the simple ELM were also compared among themselves. Among these activation functions, the success rate obtained with radial basis and tangent sigmoid functions was found to be higher.

4. References

- [1] Freeman, A. and Skapura, D. M.,(1991). “Neural Networks Algorithms, Applications and Programming Techniques”, New York, USA: Addison-Wesley Publishing Company.
- [2] Negnevitsky, M., (2005). “Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems,. Pearson Education.
- [3] Fausett, L., (1994). “Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications”, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1994.
- [4] Haykin, S., (2005). “Neural Networks – A Comprehensive Foundation”, India: Pearson Education.
- [5] Sumathi, S., Surekha, P., (2010). “Computational Intelligence Paradigms: Theory and Applications using MATLAB”, Taylor and Francis Group, LLC.
- [6] Huang, G.B., Zhu, Q.Y., and Sieq, C.K., (2006). “Extreme Learning Machine: Theory and Applications”, Neurocomputing, 70, 489-501.
- [7] Huang, G.B., D.H. Wang, Y. Lan (2011). “Extreme Learning Machines: a Survey”, International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 2, 107-122.

PERFORMANCE ANALYSIS OF NONLINEAR AND WAVELET ACTIVATION FUNCTIONS IN MULTILAYER PERCEPTRON

Ozer Ozdemir¹, Asli Kaya¹, Ali Alkan²

¹ *Eskisehir Technical University, Department of Statistics, Eskisehir, Turkey*

ozerozdemir@eskisehir.edu.tr

asli.k@eskisehir.edu.tr

² *Eskisehir Technical University, Department of Civil Engineering, Eskisehir, Turkey*

alialkan18@gmail.com

Abstract

Artificial Neural Networks are computer systems that learn like as human brains. Activation functions play an important role in these systems. The activation function processes the net input to the neuron to determine the output of the neuron corresponding to that input. In this study, the effects of nonlinear activation function and wavelet functions on continuous data were investigated. The analyses were made by writing code in the Matlab program. The numbers of iterations, the number of hidden nodes were taken as the same for all activation functions. The graphs obtained after the analysis showed that wavelet functions produce more successful results.

Keyword: *Wavelet, Non-linear, Activation function*

1. Introduction

The activation function unit is the most fundamental character in artificial neural networks. It is used to limit the amplitude of a neuron output. Selecting an activation function is an important consideration as it may affect how the unit should format the input data [1]. The most commonly used activation functions are sigmoid and hyperbolic tangent functions [2]. It assigns output value to some finite values. Some of the most common activation functions are to solve nonlinear problems.

Artificial nerve cells collect information from outside with a collection function and pass the transfer function to produce output and send it to other cells (process elements) over the connections of the network. The basic principle of artificial neural networks reveals that an input vector is received and then converted into an output. The information is transmitted from the input layer to the network. They are processed in intermediate layers and sent from there to the output layer. Computing refers to the conversion of information from the network to output using the weight values of the network. Weights must have the correct values for the network to produce the correct outputs for the inputs. The operation of finding the optimal weights is called training the network [3]. These values are initially assigned randomly. Weights are then changed according to the learning rule of the network each time the sample is shown to the network during training. Then different sample is presented to the network and weights are changed again and the most accurate values are tried to be found. These processes are repeated until produce the correct output for all samples [3].

In this study, we are interested in non-linear activation function and wavelet activation function. It is aimed to evaluate the performance of multilayer perceptron by using several activation functions for neurons of hidden and output layers. For this purpose, neural network models were created by including non-linear and wavelet activation functions separately.

2. Wavelet Neural Network

Wavelet neural networks combine the theory of wavelets and neural networks into one. The wavelet, first proposed by Grossman and Morlet in the 1980s [4], is a mathematical theory and method of analysis that constitutes the deficiencies of the Fourier transform.. Wavelet is a special waveform with an average of 0 and limited length. The wavelet function is generated through a series of basic transformations with a main wavelet function.

Wavelet neural network (WNN) or wavelet network (WN) is a combination of two methods. It retains the pros of the neural network and wavelet theorem. WNN, proposed by Zhang in 1992, embeds the wavelet function into the Sigmoid activation function [5].

Wavelet neural networks (WNNs) are presented as an alternative to multilayer perceptron networks (MLP); they overcome the shortcomings of MLPs in the multi-layered structure, the use of the global activation function and the slow learning algorithm [6]. The structure of a WNN is shown in Figure 1.

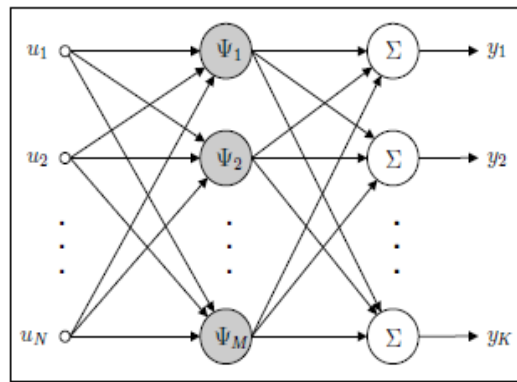


Figure 1. Structure of a Wavelet Neural Network

The learning algorithm of a WNN is shown in Figure 2.

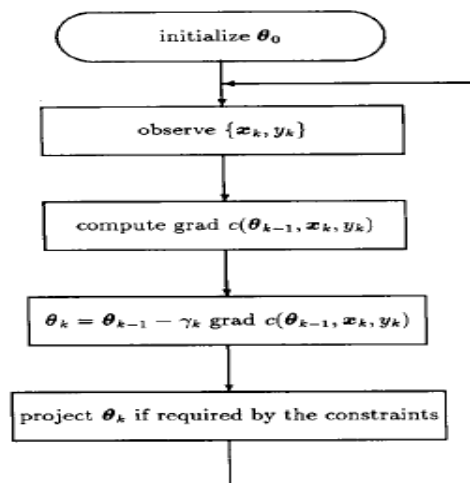


Figure 2. Algorithm of Wavelet Neural Network

The wavelets functions employed in this work are Morlet and Gaussian. The wavelet name, the wavelet and nonlinear functions are given in Table-1.

Table 14: Activation Functions

Activation function	Function
Sigmoid	$1/(1 + e^{-x})$
Hyperbolic Tangent	$\frac{(e^x - e^{-x})}{(e^x + e^{-x})}$
Morlet	$\cos(1.75x)e^{-x^2/2}$
Gaussian	$\frac{x}{\sqrt{\pi}}e^{-x^2/2}$

3. Implementation and Results

In this study, performances of nonlinear and wavelet activation functions were evaluated. Working different it is based on repetitions. The same data were produced for the analysis. For Sigmoid, Morlet, Gaussian and Hyperbolic tangent, 10 nodes were used in the hidden layer (the number of iterations is the same for both). We wrote a code in Matlab for training. Obtained results are as follows in Figure [3-6].

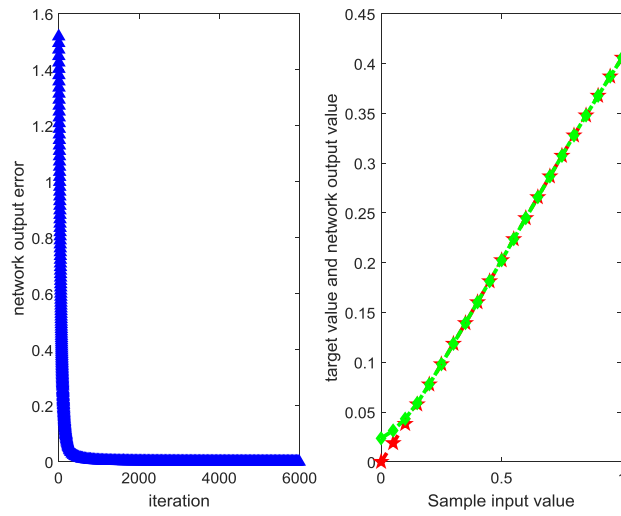


Figure 3. Results for Morlet wavelet

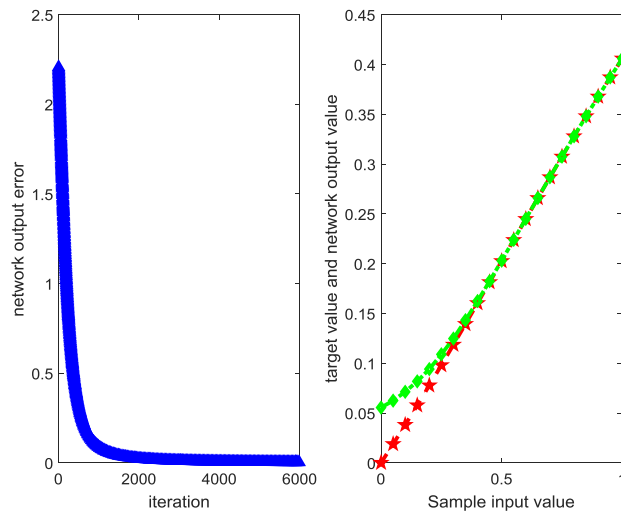


Figure 4. Results for Gaussian wavelet

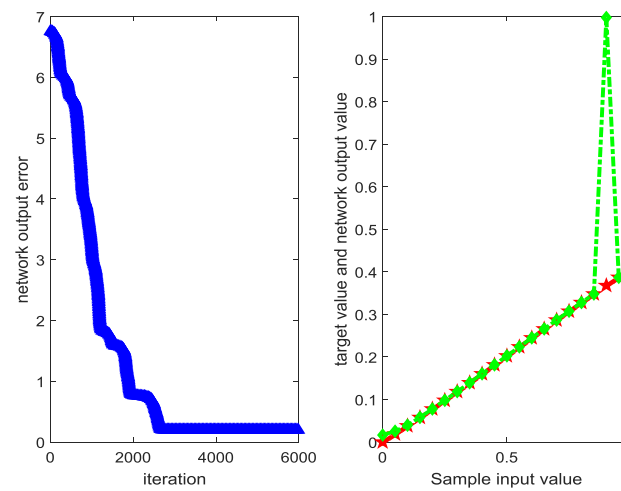


Figure 5. Results for Sigmoid function

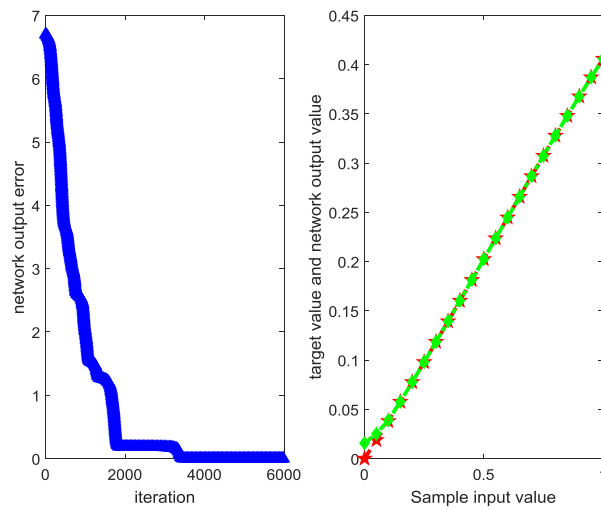


Figure 6. Results for Hyperbolic tangent function

In Figures from 3 through 6, we found Morlet wavelet function the best activation function for training. In this study, four conventional differentiable activation functions were used for the evolution of neural network. Sigmoid, Tanh (hyperbolic tangent), Morlet wavelet and Gaussian wavelet are well-known and effective activation functions. According to simulation results show that Morlet wavelet function performs better recognition accuracy than those of the other transfer functions.

4. References

- [1] Lippmann, R.P., (1987). "An introduction to computing with neural nets". IEEE Acoustics, Speech and Signal Processing, 4(2):4-22.
- [2] Haykin S., (1998). "Neural networks : a comprehensive foundation", Prentice Hall, July.
- [3] Öztemel E., (2006). "Yapay Sinir Ağları ", Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- [4] Grossmann A. and Morlet, J., (1984). "Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape," SIAM Journal on Mathematical Analysis, vol. 15, no. 4, pp. 723-736.
- [5] Zhang Q. and Benveniste A., (1992). "Wavelet networks," IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 3, no. 6, pp. 889-898.
- [6] Su H. Z., Wu Z. R., Wen Z. P. (2007). "Identification model for dam behaviour based on wavelet network", Comput-Aided Civ. Inf., 22, pp. 438-448.

HİERAPOLİS'TE KULLANILAN ANTİK TAŞLARIN ARKEOMETRİK KÖKEN ARAŞTIRMALARINDA P-XRF ELEMENTEL ANALİZ YÖNTEMİNİN KULLANILMASI, (DENİZLİ, TÜRKİYE)

Ramazan Hacimustafaoglu

Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Doğal Yapı Taşları Teknolojisi, İzmir, Türkiye

ramazan@deu.edu.tr

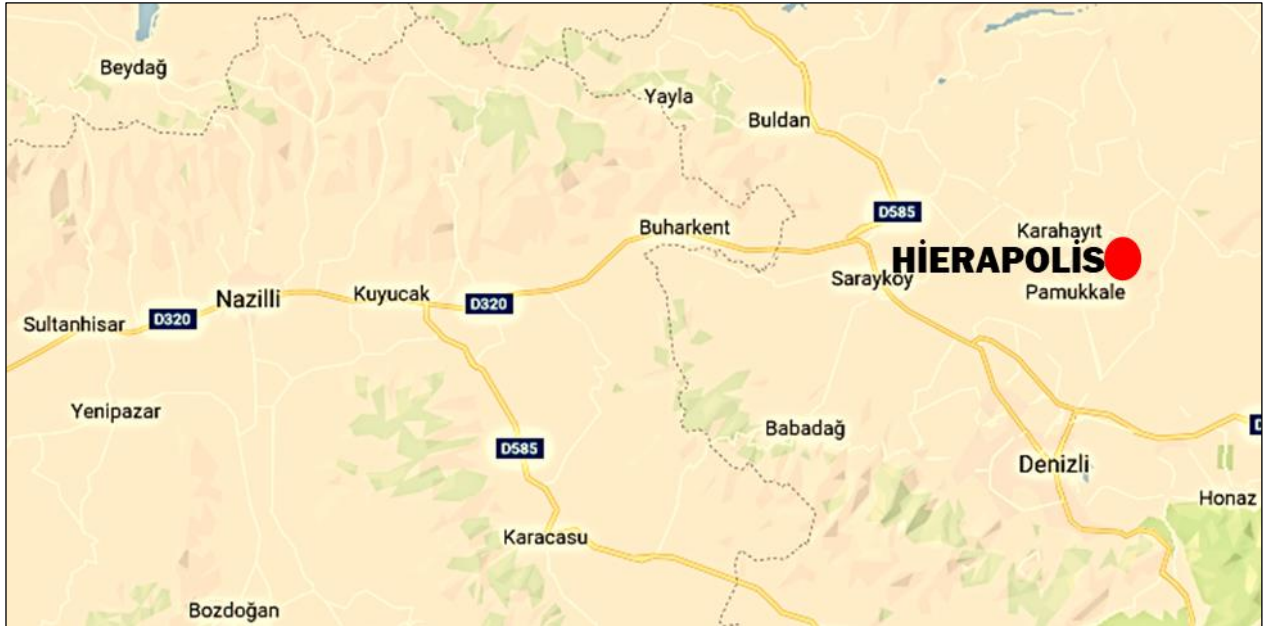
Özet

Anadolu coğrafyası, çeşitli renk ve özelliklerdeki doğaltaşların yaygın olarak kullanıldığı çok sayıda antik kentlere sahiptir. Bu antik kentlerden dünyaca bilinen ve en önemli olanlarından bir tanesi de kuşkusuz Hierapolis antik kentidir. Bu kentin günümüze kadar ulaşabilmiş olmasının tartışmasız temel nedeni, ana yapı malzemesi olarak, farklı kökene sahip mermer ve doğaltaş türlerinin kullanılmış olmasıdır. Bu çalışmada, Hierapolis antik kentinde kullanılan doğaltaş/mermerlerin köken ve türlerinin saptanmasında, elementel kimyasal bileşim özelliklerini belirlemek için yeni bir yöntem olarak P-XRF (handheld portatif XRF/X-Ray Fluorescence Analyzers) in kullanılması. Bununla birlikte kullanılan doğaltaşların petrografik ve ICP-MS (Inductively coupled plasma –mass spectrometry) kimyasal analizlerinden elde edilen veriler ile P-XRF sonuçlarını karşılaştırarak, yöntemin uygulanabilirliğini ölçmek amaçlanmıştır. Yüzde ve ppm olarak elementel değerler sağlayan P-XRF yöntemi, kısa zamanlı ve ekonomiktir. Özellikle antik kentlerde kullanılan doğaltaşlardan numune almak bir problemidir. Bu yöntemle yerinde, yapılar ve sanatsal yapıtlar üzerinde ölçüm yapmak, mümkündür. Diğer taraftan daha pratik ve yapılara zarar vermektense uzak bir yöntemdir. Elementel analiz ölçümlerinde, aynı tür ve tüm örnekler için ayrı olmak üzere ortalama on beş p-xrf ölçümü yapılmıştır. Ölçüm işleminde doğaltaş örneklerinin taze yüzey bölümleri kullanılmıştır. Her bir element için ölçülen değerlerin ortalaması elde edilmiştir. Daha sonra antik kentlerde kullanılan doğaltaş türlerinin P-xrf sonuçları ile ICP-MS değerleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar arasında ortalama %95 oranında uyumluluk olduğu belirlenmiştir. P-xrf, hızlı, pratik, ucuz ve zarar vermeyen bir yöntem olarak, antik mermer ocakları ile antik kentlerde kullanılan doğaltaşların, kimyasal karakteri belirlemede, kullanılabilir olduğu gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hierapolis, Portatif -XRF, Doğal Yapı Taşı, Mermer, Arkeometri

1. Giriş

Hierapolis, ülkemizin dünyaca bilinen önemli antik kentlerinden biridir. Hierapolis, (Yunanca: Ἱεράπολις 'kutsal şehir') Pamukkale (Denizli) yakınlarında bulunan bir antik kenttir (Şekil 1) Karia bölgesine sınırlı olan Laodikeia ve Tripolis kentlerine yakınlığı ile Hierapolisin bir Frigya kentidir (Şekil 2). Antik kentin günümüze kadar ulaşabilmiş olmasının tartışmasız temel nedeni, ana yapı malzemesi olarak, farklı kökene sahip mermer ve doğaltaş türlerinin kullanılmış olmasıdır. Doğal taşlar, bu kentlerin günümüze kadar kalıcılığını sağlayan en önemli materyaldir.



Şekil 1: Antik kent lokasyon haritası.



Şekil 2: Antik kent Frigya bölgesi lokasyon haritası.

Günümüzden antik kentlere baktığımızda, birinci malzeme olarak kullanılan farklı özelliklerdeki doğaltaşlar, şehir ve insanlarla birlikte, kentlerin kendine özgü karakterlerini oluşturmuştur. Bu bağlamda, antik kentlerde kullanılan doğaltaş türlerini ve özelliklerini tanımlamak, arkeolojik açıdan önemli olduğu kadar, jeolojik bakımdan da son derece değerlidir. Kullanılan farklı doğaltaş türleri, arkeoloji disiplini yönünden kentin tarihini sosyolojik yapısını anlamada önemli veriler sağlamakla birlikte, diğer taraftan, kent-çevre jeolojisi ilişkisi, mermer üretimi yapılan formasyonlar, üretim teknikleri ve değişik kullanım alanları ile jeoloji perspektifinden günümüze ışık tutacak nitelikte katkılar sağlar. Antik kaynaklarda, kentin Hellenistik dönem öncesi adı ile ilgili bir bilgi bulunmamaktadır. Hierapolis olarak adlandırılmadan önce kentte bir yaşamın var olduğunu Ana Tanrıça kültünden dolayı biliyoruz. Kentin kuruluşu hakkında bilgilerin kısıtlı olmasına karşın; Bergama Krallarından II. Eumenes tarafından MÖ. II. YY. başlarında kurulduğu ve Bergamanın efsanevi kurucusu Telephos'un kızı Amazonlar kraliçesi Hieradan dolayı, Hierapolis adını aldığı bilinmektedir. Hierapolis, Roma İmparatoru Neron dönemindeki (MS. 60) büyük depreme kadar, Hellenistik kentleşme ilkelerine bağlı kalarak özgün dokusunu sürdürmüştür. Büyük Menderes Grabenini sınırlayan aktif fay zonu üzerinde bulunan kent, Neron dönemi depreminden büyük zarar görmüş ve tamamen yenilenmiştir. Üst üste yaşadığı bu depremlerden sonra kent, tüm Hellenistik niteliğini kaybetmiş, tipik bir Roma kenti görünümünü almıştır. Hierapolis Roma döneminden sonra Bizans döneminde de çok önemli bir merkez olmuştur. Bu önem, MS. IV. yüzyıldan itibaren Hıristiyanlık merkezi olması (metropolis), MS. 80 yıllarında, Hz. İsa'nın havarilerinden olan, Aziz Philip'in burada öldürülmesinden kaynaklanmaktadır. Hierapolis, XII. yüzyıl sonlarına doğru Türklerin eline geçmiştir (Denizli İl Kültür Turizm Müdürlüğü, 2015). Bu amaçla, antik kente kullanılan mermer ve doğaltaş kökenel özellikleri ve özgün nitelikleri bakımından, karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve sınıflandırılmıştır. Antik kente ait mermer ve doğaltaşların sınıflandırılmasında, metodolojik bir inceleme yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde, toplanan her bir mermer ve doğaltaş örneği için, makro litolojik özellikler, detay petrografik ve kimyasal nitelik parametreleri kullanılmıştır. Olympus-Bx41TF polarizan mikroskop kullanılarak örneklerin detaylı petrografik analizleri yapılmıştır. TS EN 12407 doğaltaşlar deney metotları petrografik inceleme standardına uygun olarak yapılan çalışmada, doğaltaşların dokusal özellikleri ve mineral bileşimleri belirlenmiştir. Ayrıca kristal topluluğu şekli, boyut dağılımı ve tane sınır geometrisi sınıflandırması için Passchier ve Trouw, 1996'dan, dokusal ve bileşimsel sınıflandırmalarda Dunham (1962), Folk (1962), Flügel (2004)' ten yararlanılmıştır. Ayrıca, ilk kez bu çalışma kapsamında geniş olarak iki yöntem uygulanmıştır.

Birincisi, doğaltaşların kristal boyutlarını sınıflandırmak için bilinen bazı referans kristalin mermer örnekleri seçilmiştir. Bilgisayarlı görüntü analiz yöntemi ile polarizan mikroskop kullanılarak mermerlerin tane boyutları ölçülmüş ve elde edilen veriler işlenerek, kristal tane boyut skalası oluşturularak, Hierapolis antik kentinde kullanılan kristalin mermer türleri ve diğer doğaltaş tiplerinin tane boyut sınıflandırması saptanmıştır (Hacimustafaoğlu, 2017,2019). İkincisi ise doğaltaşların kimyasal analizleri için Inductively coupled plasma –mass spectrometry (ICP-MS) yönteminin yanında yeni bir yöntem olarak yerinde ve elde edilen numuneler üzerinde Handheld Portatif XRF/X-Ray Fluorescence Analyzers kullanılmıştır (P-XRF). Bu yöntemle elde edilen kimyasal analiz sonuçları ICP-MS sonuçları ile karşılaştırılmış ve yöntemin uygulanabilirliği belirlenmiştir. Hierapolis antik kentinde kullanılan doğal taşlar yaygın olarak, metamorfik kökenli beyaz renkli, orta tane boyutuna sahip kristalin mermer ile, sedimenter kökenli çok ince taneli mikrokristalin kalsit ve fosil tanelerden oluşan değişik renkte kireçtaşı ile farklı renk ve desenlerde traverten türlerinden oluşmaktadır. Breşik çakıltası ve kalkerli kumtaşı özelliğinde olan doğaltaş türleri daha az oranda antik kente kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3: Hierapolis antik kentinde mermer/doğaltaş kullanım örnekleri (a-l).

Buna göre Hierapolis'te 26 tür belirlenmiştir. Kullanılan tür mermer/doğaltaşların tamamına yakını karbonat kaya bileşimlidir. Yüzyıllarca yaşamış bu kent taş kullanım tercihini, kesme, işleme, şekillendirme bakımından daha zor olan sert mermerlerden ziyade yumuşak mermerlerden yana kullanmıştır. Bu noktada antik kent çevresinin jeolojik yapısı, mermer ocak kaynağı ve mermer üretim havzası, birinci derecede etkin faktör olarak tespit edilmiştir.

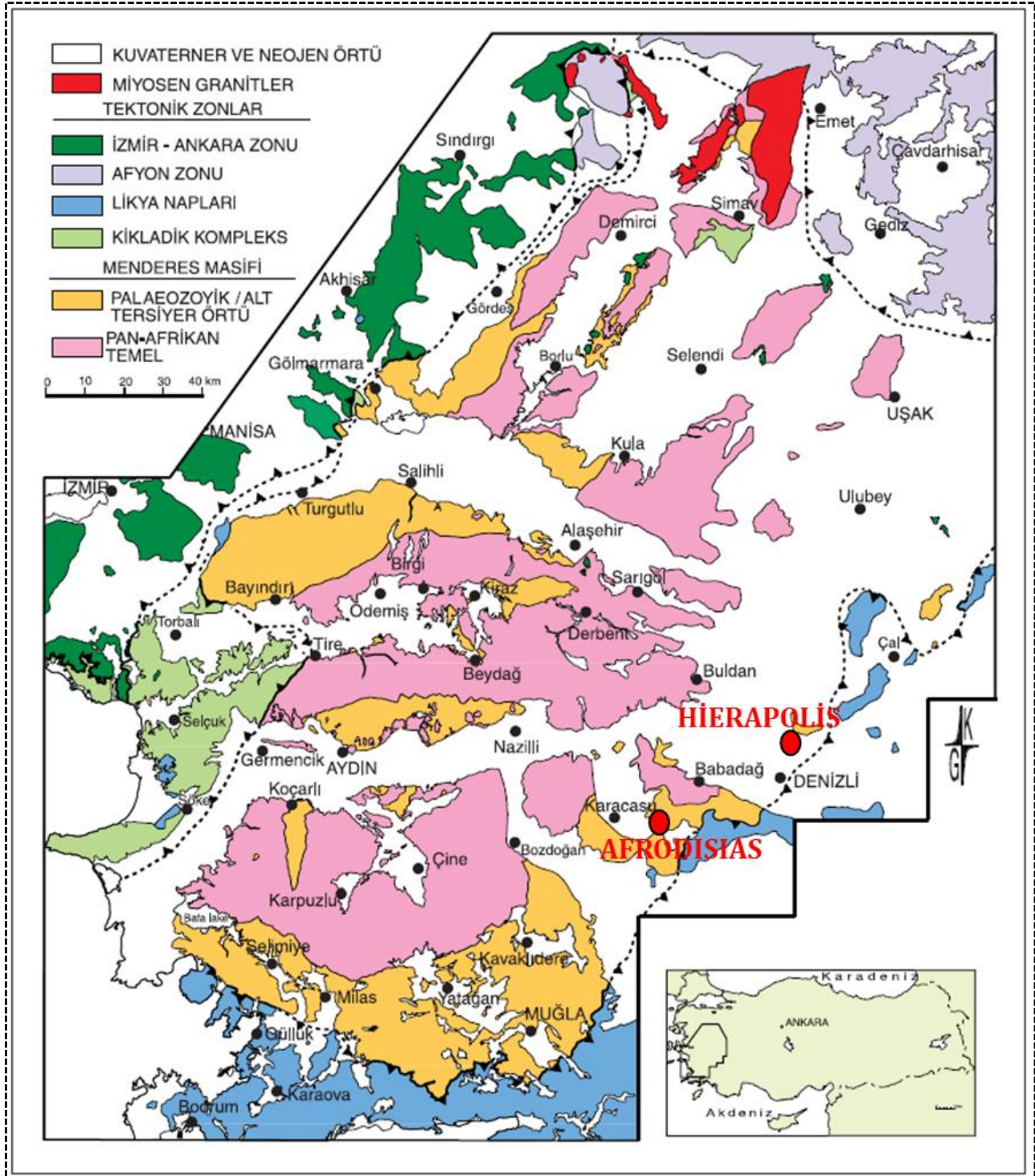
2. Yöntemler

Saha çalışmalarında, Hierapolis antik kentinden sistematik olarak toplanan farklı özellikteki doğaltaş türleri numuneleri çalışmasının temel materyalleridir. Antik kentten örnek numune seçimleri yapılırken sahanın tamamı taranarak, doğaltaş türlerinin en yaygın kullanılmış ve mümkün olan en çok sayıda olmasına hassasiyet gösterilmiştir. Renk, yapı, doku değişkenlikleri dikkate alınarak farklı cins ve türdeki doğaltaşlardan on adetten az olmamak üzere örnekleme yapılmıştır. Antik kentten elde edilen örnek numunelerin çeşitlilikleri dikkate alınarak, her bir farklı örnek üzerinde İndüktif Eşlemeli Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry), kimyasal analiz yöntemi kullanılarak, oksit ve eser element bileşimleri belirlenmiştir. Analizler için örnekler, öncelikle 25-50 gr ağırlığında olacak şekilde 50 µm boyutunda hazırlanmıştır. Bu işlem Dokuz Eylül Üniversitesi laboratuvarında yapılmıştır. Hazırlanan numunelerin kimyasal analizleri Kanada Acme laboratuvarında yapılmıştır. Elementel analizler için, olympus marka, delta portatif x-ray fluorescence cihazı (P-XRF) kullanılmıştır. Elementel analiz çalışmasında, tüm örnekler için ayrı olmak üzere ortalama on beş p-xrf ölçümü yapılmıştır. Ölçüm işleminde doğaltaş örneklerinin taze yüzeyleri kullanılmıştır. Her bir element için ölçülen değerlerin ortalaması değerlendirilmiştir. Daha sonra antik kentte kullanılan doğaltaş türlerinin P-xrf sonuçları ile ICP-MS değerleri karşılaştırılmıştır.

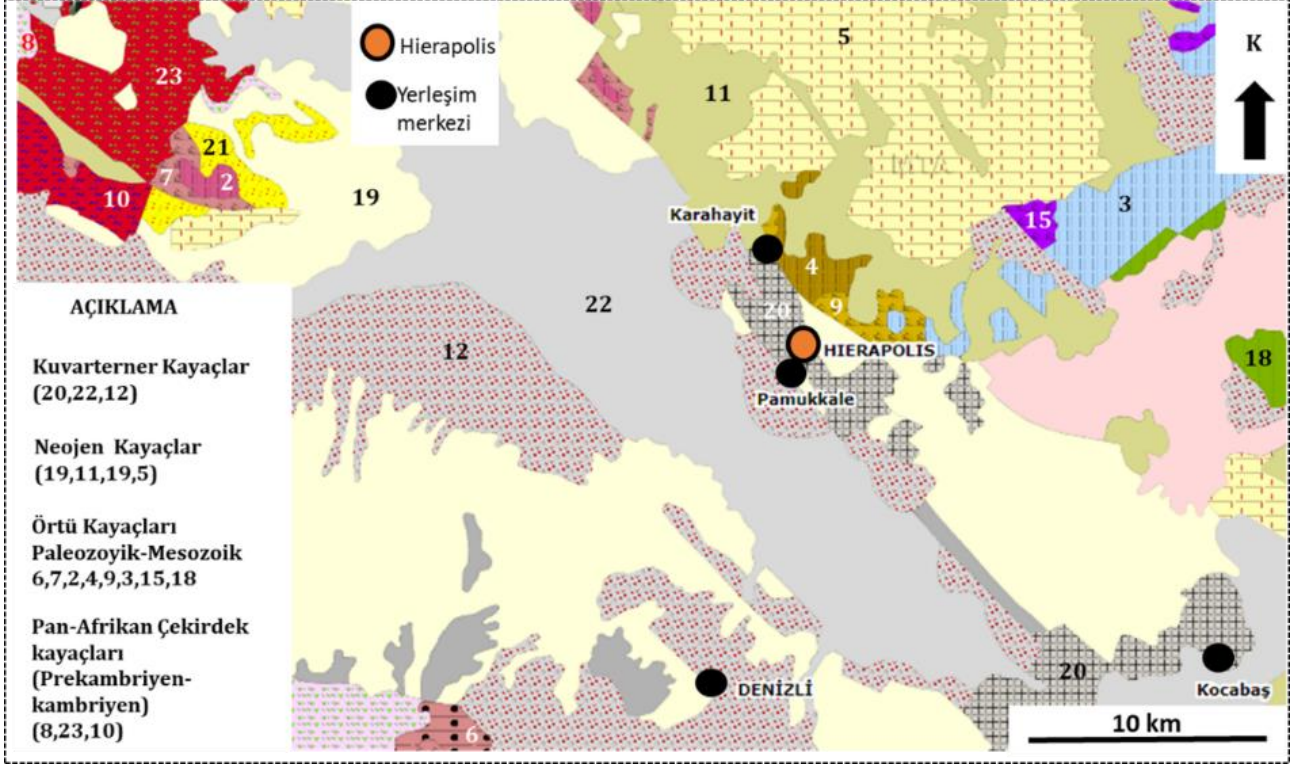
3. Bulgular

3.1. Genel Jeoloji

Hierapolis antik kentini içinde bulunduran çalışma alanı, Büyük Menderes Grabeninin kuzey kenarında içerisinde yer alır (Şekil 4). Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Gediz Grabenleri, Ege Bölgesinin büyük bölümünü kapsayan Menderes Metamorfik Masifi içinde gelişmiş en önemli çöküntü alanlarıdır. Başlıca doğu-batı yönünde uzanım gösteren bu çöküntü alanları, her iki yanı faylarla sınırlanmış simetrik grabenleri oluşturur. Şaroğlu (1987), Şengör (1987), ile Sözbilir ve diğ. (2001), doğu-batı uzanımlı Ege graben sistemlerinin, Geç Miyosen döneminden buyana Batı Anadolu'yu etkileyen Kuzey-Güney yönlü çekme kuvvetlerinin etkisi altında geliştiğini belirtirler. Barka ve diğ. (1995), Ege Bölgesinin kuzey-güney yönünde yılda 3cm'ye ulaşan bir hızla genişlediğini belirtirler. Hierapolis antik kentinin bulunduğu alan, tümüyle Büyük Menderes grabeninin kuzeyinde bulunan Neojen yaşlı karasal birimler ile bunları üstleyen traverten, alüvyonal yelpaze ve akarsu tortulları üzerinde yer almaktadır. Bölgede geniş yayılım gösteren Neojen yaşlı karasal tortullar, alttan üste doğru fluvial ve gölsel tortullardan yapıldır. Neojen karasal istifinin en altında bulunan fluvial tortullar egemen olarak yersel çapraz katmanlı çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşlarından yapıldır. Neojen istifinin üst bölümünde yer alan gölsel tortullar büyük bölümü ile kalkerli çamurtaşı, kiltası, marn, killi kireçtaşı ile bunlara eşlik eden traverten ve gözenekli kireçtaşlarından yapıldır (Şekil 5).



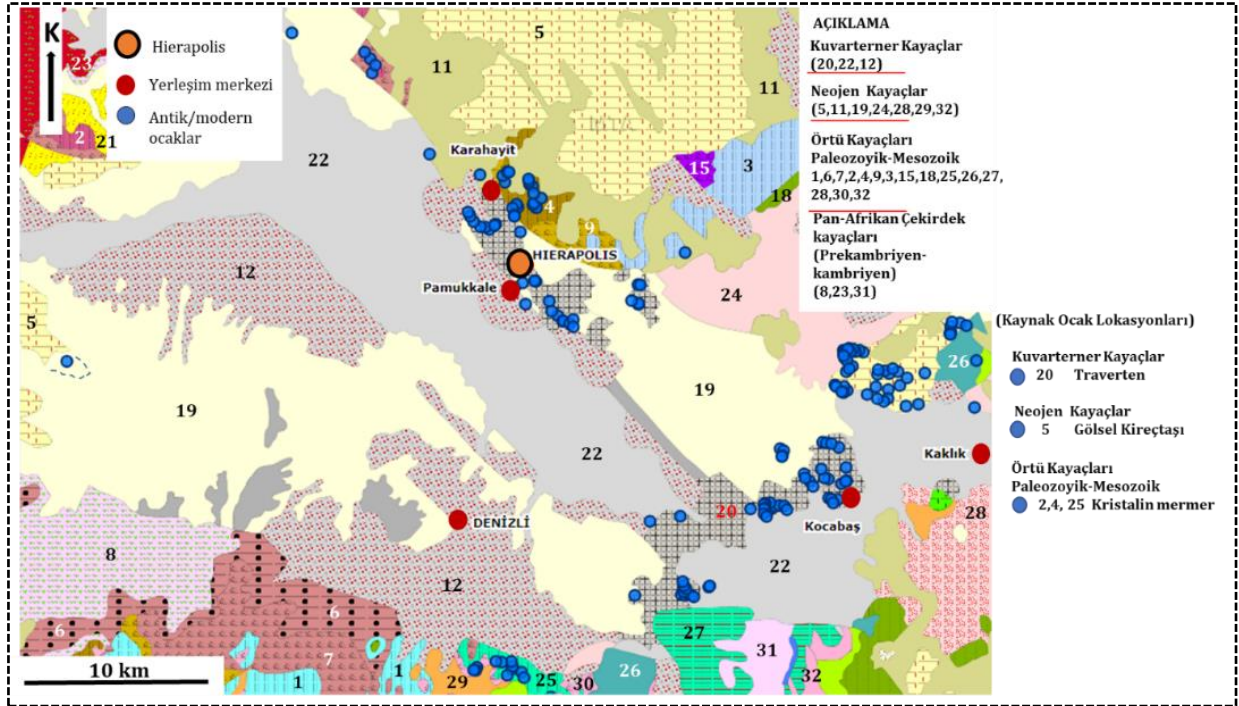
Şekil 4: Menderes Masifinin bölgesel jeolojik yapı içindeki genelleştirilmiş jeolojik haritası (Candan ve diğ. 2011), Hierapolis antik kentinin yeri.



Şekil 5: Hierapolis antik kenti ve yakın çevresinin 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası üzerindeki konumu (MTA,2019).

3.2. Hierapolis Çevresinde Bulunan Mermer Ocakları

Hierapolis antik kentinde kullanılan mermer/doğaltaşlar metamorfik ve sedimenter kökenlidir. Metamorfik kökenli olan doğaltaş tipleri kristalin mermer cinsidir. Bu mermerler, orta tane boyutuna sahip, genellikle beyaz, beyaz-gri, grimsi renk değişkenliklerine sahiptir. Temel olarak kalsit mineralinin oluşturduğu bu tip mermerler ortalama %98-100 arasında kalsiyum karbonat bileşimine sahiptir. Sedimenter kökenli olan doğaltaş tipleri ise traverten, kireçtaşı, breşik çakıltası ve kumtaşı cinsidir. Traverten cinsi mermerler çok ince kristal boyutuna sahip olup, renkleri beyaz, sarımsı beyaz, beyazımsı-krem(bej), beyazımsı-açık kırmızı, sarı-sarımsı bej, kahverengi renk aralığında değişmektedir. Mikrokristalin kalsit bileşime sahip, çok ince kristalli olan kireçtaşı cinsi mermerler ise, beyazımsı açık krem (light bej-açık bej) ve sarımsı renklidir. Breşik konglomeratik çakıltası ve kumtaşı cinsi mermerler ise kırmızımsı-beyaz ve sarımsı-beyaz damarlı renklidir. Antik kentin çevresinde çok sayıda antik ve modern mermer ocakları mevcuttur. Bu mermer ocakları, Pamukkale, Karahayit, Kocabaş, Kaklık ve Denizli güneyinde yoğunlaşmıştır. Mermer ocak lokasyonlarının bir kısmı, Menderes Masifi'nin çekirdek ve örtü serisi içerisinde yer alan Paleozoik (Permo-Karbonifer) ve Mezozoik (Trias-Jura-Kretase) yaşlı kristalin mermer litolojisi içerisinde bulunmaktadır. Mermer ocaklarının diğer bir bölümü ise Neojen (Üst Miosen) yaşlı gösel kireçtaşları ve Kuvarterner yaşlı traverten litolojisinde yer alır. Bu litolojiler içerisinde koordinatlı olarak yerleştirilen antik/modern mermer ocakları kentin mermer/doğaltaş kaynak havuzunu oluşturur (Şekil 6). Hierapolis antik kenti yakın çevresine uydu haritası üzerinden bakıldığında Kuzeybatı ve Güneydoğuda, doğaltaş/mermer kaynak ocak havuzu içerisinde yer alan yakın mesafede çok sayıda ocak lokasyonu bulunmaktadır. Kent çevresindeki bu antik/modern ocak lokasyonları kristalin mermer, traverten ve kireçtaşı cinsi doğaltaşlardır (Şekil 7). Hierapolis antik kentinin yakınında zengin kaliteli traverten, kireçtaşı ve kristalin mermer cinsi kaynak ocakları mevcuttur. Bu nedenle kent için genellikle otkton (yakın çevreden) doğaltaş kullanımı baskın olup, çevre jeoloji taş kullanım tercihinde etkin olmuştur.



Şekil 6: Hierapolis antik kenti çevresindeki antik/modern mermer ocaklarının 1/ 500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası üzerindeki konumu(MTA)

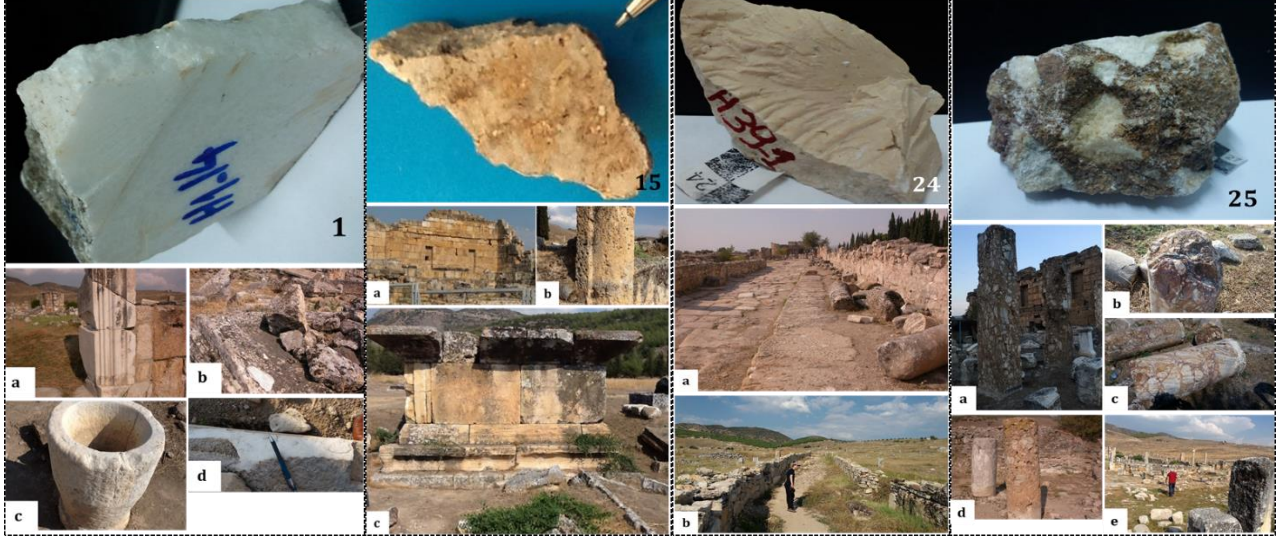


Şekil 7: Hierapolis antik kenti yakın çevresinde yer alan traverten cinsi antik mermer ocaklarının jeolojik ve uydu görüntüsü

3.3. Hierapolis Antik Kentinde Kullanılan Doğal Taşların Petrografik Özellikleri

3.3.1. Litolojik Özellikler

Hierapolis antik kentinde kullanılan doğataş türleri detaylı olarak litolojik özellikleri belirlenmiş (Şekil 8-Şekil 9), bu özelliklere göre doğataş köken grup ve mermer cinsleri olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 1).



Şekil 8: Hierapolis antik kenti doğataş türleri örnekleri.



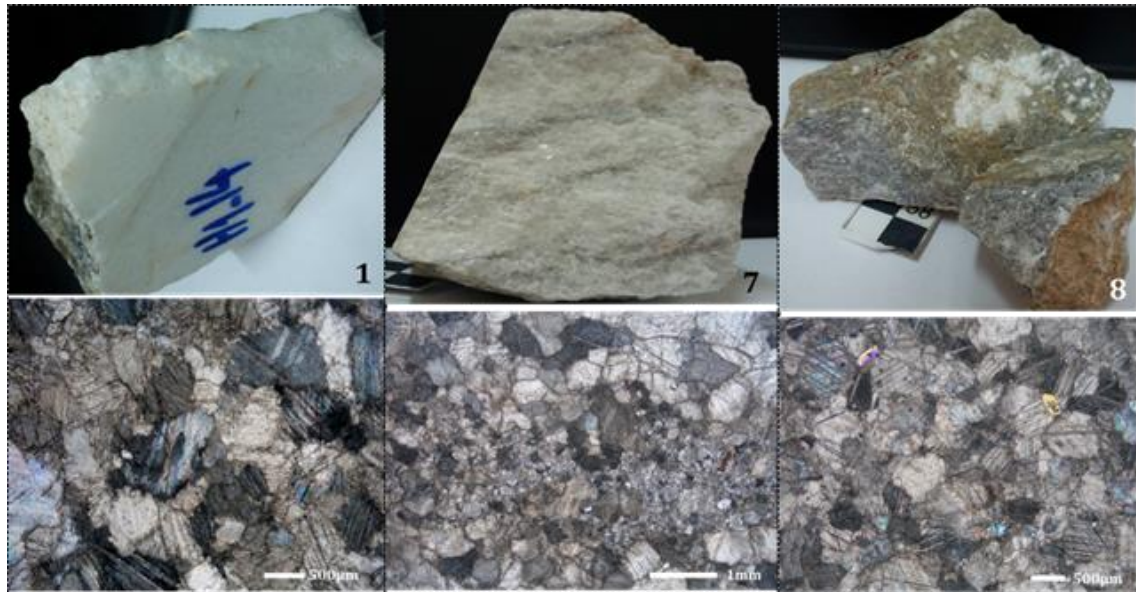
Şekil 9: Hierapolis antik kentinde kullanılan 26 doğataş türü.

Tablo 1: Hierapolis antik kenti doğaltaşları köken ve cins sınıflandırması.

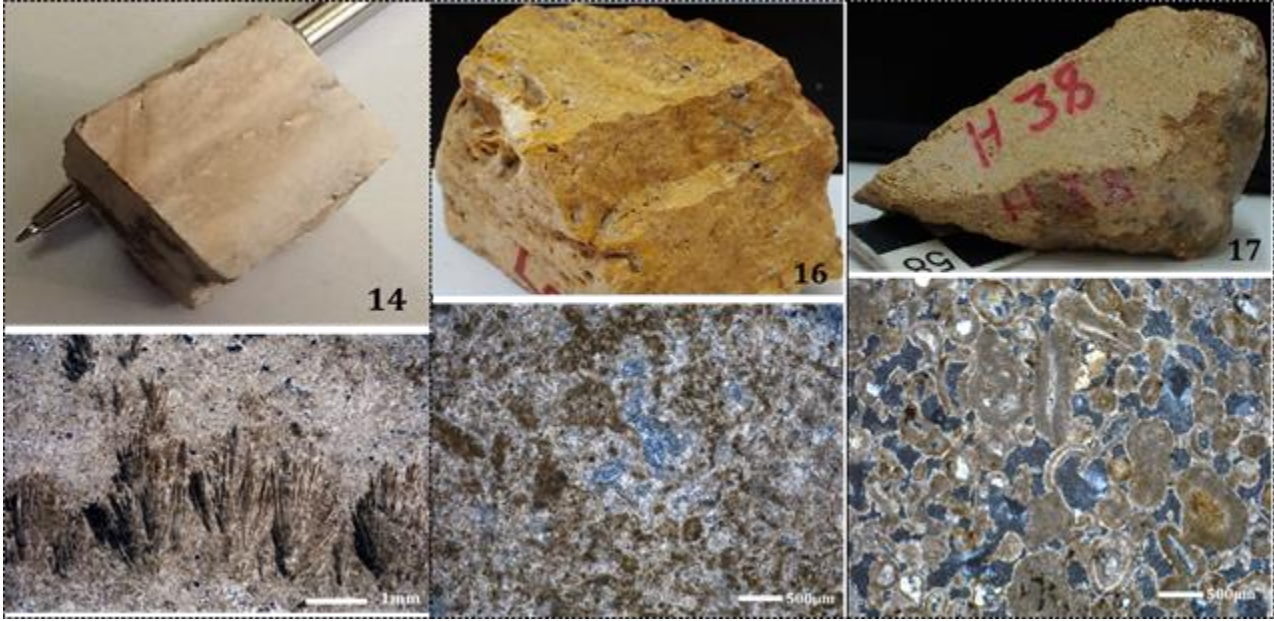
HIERAPOLİS ANTIK KENTİ DOĞAL TAŞLARI VE SINIFLANDIRMASI			
		Doğaltaş Köken Grubu	Doğaltaş Cinsi
A	1	Metamorfik	Kristalin mermer
	2	Metamorfik	Kristalin mermer
	3	Metamorfik	Kristalin mermer
	4	Metamorfik	Kristalin mermer
	5	Metamorfik	Kristalin mermer
	6	Metamorfik	Kristalin mermer
	7	Metamorfik	Kristalin mermer
	8	Metamorfik	Kristalin mermer
B	9	Sedimenter	Traverten
	10	Sedimenter	Traverten
	11	Sedimenter	Traverten
	12	Sedimenter	Traverten
	13	Sedimenter	Traverten
	14	Sedimenter	Traverten
	15	Sedimenter	Traverten
	16	Sedimenter	Traverten
	17	Sedimenter	Traverten
	18	Sedimenter	Traverten
	19	Sedimenter	Traverten
	20	Sedimenter	Traverten
	21	Sedimenter	Kireçtaşı
	22	Sedimenter	Kireçtaşı
	23	Sedimenter	Kireçtaşı
	24	Sedimenter	Kireçtaşı
	25	Sedimenter	Bresik Kireçtaşı
	26	Sedimenter	Kalkerli Kumtaşı

3.3.2. Mikroskopik Özellikler

Hierapolis antik kentinde kullanılan doğaltaş türleri her bir örnek tipinin detaylı minero-petrografik nitelikleri belirlenerek (Şekil 10-11-12) Tablo 2-5'de elde edilen veriler özetlenmiştir. Hierapolis kristalin mermer cinslerinin ortalama kristal boyutları (OTB), 319.10 µm ile 619.143 µm aralığında değişmektedir. Kristalin mermerlerin tane boyut dağılım grafiği ve karşılaştırması Şekil 13'te verilmiştir.



Şekil 10: Beyaz renkli orta kristalli kristalin mermer (tip 1/2x-ÇN), Beyaz –gri renkli orta kristalli-kristalin mermer (tip 7/2x-ÇN), Gri renkli orta kristalli-kristalin mermer (tip 8/2x-ÇN)



Şekil 11: Algal-pelloidal-vaketaşı türü/traverten (tip 14/2x-ÇN), Algal-Pelloidal istifiaşı türü/traverten (tip 16/4x-ÇN), Onkoidal istifiaşı-tanetaşı türü/traverten (tip 17/4x-ÇN)



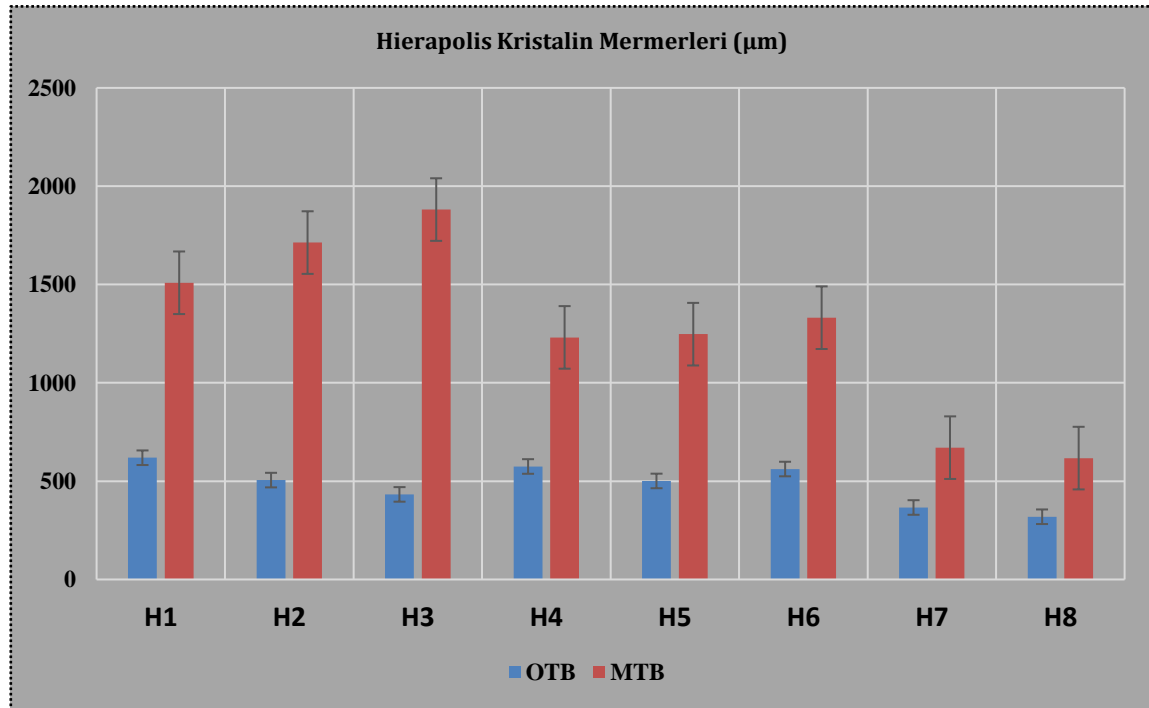
Şekil 12:Algal-Pelloidal-istifiaşı türü/kireçtaşı (tip 24/4X-TN), iyi çimentolanmış breşik kireçtaşı konglomerası (tip 25/10X-ÇN/2X-ÇN)karbonat çimentolu kuvarsaça zengin kumtaşı (tip 26/10X-ÇN).

Tablo 2: Hierapolis antik kenti kristalin mermerlerin minerolojik-petrografik özellikleri.

Doğaltaş Tipleri	Kritikal boyut dağılımı	Kristal sınır geometrisi	Kristal şekli	Doku tipi	Doku: sıklıkla görülen özellikler
H1	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> Özşekilsiz	HB	Monomineralik, kalsitlerde polisentetik ikizlenme, kristallerde deformasyon ikizleri ve ayrışma, yönelme, basınç çözünmesi, 120° lik (triple points) açılar çok yaygın değil, monokromatik, orta kristal
H2	Farklı tane boyut dağılımı	Poligonal-Eğrisel sınır	Özşekilli> Yarı özşekilli	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, deformasyon ikizleri, ikizlenmeler boyunca bozulma, basınç çözünmesi, 120° lik (triple points) açıdan yaygın, monokromatik, orta kristal
H3	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> Özşekilsiz	HB	Monomineralik,polisentetik ikizlenme, tek yönlü ikiz düzlemleri daha yaygın, kristallerde deformasyon ikizleri, ikiz düzlemleri boyunca bozulma, tane sınırlarında basınç çözünmesi, 120° lik (triple points) açılar çok az, monokromatik,orta kristal
H4	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> Özşekilli	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, tek yönlü ikiz düzlemleri daha yaygın, kristallerde deformasyon ikizleri, ikiz düzlemleri boyunca bozulmalar yaygın, tane sınırlarında basınç çözünmesi, 120° lik (triple points) açılar çok az, monokromatik, orta kristal
H5	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır - poligonal	Özşekilli> Yarı özşekilli	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, çift yönlü ikizlenme daha yaygın, deformasyon ikizleri, ikizler boyunca bozulma, basınç çözünmesi, 120° lik (triple points) açı belirgin, monokromatik, orta kristal
H6	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> Özşekilli	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, kalın lameller, tek yönlü ikizler yaygın, deformasyon ikizleri, kristallerde kısmi yönelme ve bozulma, basınç çözünmesi,120° lik (triple points) açı az, monokromatik, orta kristal
H7	Farklı tane boyut dağılımı	Poligonal-Eğrisel sınır	Özşekilli> Yarı özşekilli	HB	Polimineralik, polisentetik ikizlenme, deformasyon ikizleri, ikiz düzlemleri boyunca ve kalsit kristallerinde bozulmalar, dolomitik zonlar, 120° lik (triple points) açı belirgin, beyaz renkli -gri damarlı, polikromatik, orta kristal
H8	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> Özşekilsiz	HB	Polimineralik, polisentetik ikizlenme, deformasyon ikizleri, ikiz düzlemleri boyunca kalsit kristallerinde bozulmalar, yönelme. Kuvars, amfiol, feldspat, 120° lik (triple points) açı çok az, gri renkli,monokromatik, orta kristal

Tablo 3: Hierapolis doğaltaş/mermer türleri kristal boyut sınıfları.

Hierapolis Doğaltaş Tipleri	OTB (μm)	Kristal Boyut sınıfı
Hierapolis kristalin mermer cinsleri		
H1	619,143	orta kristal
H2	505,415	orta kristal
H3	432,704	orta kristal
H4	574,663	orta kristal
H5	501,051	orta kristal
H6	561,692	orta kristal
H7	366,148	orta kristal
H8	319,10	Orta kristal
Hierapolis Traverten-kireçtaşı- Breşik kireçtaşı ve kumtaşı cinsi mermerler		
H9	<100	Çok ince kristal
H10	<100	Çok ince kristal
H11	<100	Çok ince kristal
H12	<100	Çok ince kristal
H13	<100	Çok ince kristal
H14	<100	Çok ince kristal
H15	<100	Çok ince kristal
H16	<100	Çok ince kristal
H17	<100	Çok ince kristal
H18	<100	Çok ince kristal
H19	<100	Çok ince kristal
H20	<100	Çok ince kristal
H21	<100	Çok ince kristal
H22	<100	Çok ince kristal
H23	<100	Çok ince kristal
H24	<100	Çok ince kristal
H25		değişken
H26	<100	Çok ince kristal



Şekil 13: Hierapolis kristalin mermerlerin (OTB) ve (MTB) tane boyutu karşılaştırma grafiği.

Tablo 4: Hierapolis antik kenti kristalin mermerleri, kireçtaşı, traverten, breşik kireçtaşı ve kumtaşı cinsi doğaltaşların sınıflandırma tablosu.

HİERAPOLİS DOĞALTAŞ TÜRLERİ VE SINIFLANDIRMASI				
Hierapolis Doğaltaş Tipleri	Doğaltaş Köken Grubu	Doğaltaş Cinsi	Kristal Boyut sınıfı	Hierapolis Doğaltaş Türü
H1	Metamorfik	Mermer	orta kristal	Beyaz renkli orta kristalli mermer türü
H2	Metamorfik	Mermer	orta kristal	Beyaz renkli orta kristalli mermer türü
H3	Metamorfik	Mermer	orta kristal	Beyaz renkli orta kristalli mermer türü
H4	Metamorfik	Mermer	orta kristal	Beyaz renkli orta kristalli mermer türü
H5	Metamorfik	Mermer	orta kristal	Beyaz renkli orta kristalli mermer türü
H6	Metamorfik	Mermer	orta kristal	Beyaz renkli orta kristalli mermer türü
H7	Metamorfik	Mermer	orta kristal	Beyaz –grimsi damarlı orta kristalli mermer türü
H8	Metamorfik	Mermer	orta kristal	Gri renkli orta kristalli mermer türü
H9	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal	Sarımsı beyaz Pelloidal/vaketaşı- istiftaşı traverten türü
H10	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal	Beyazımsı krem Pelloidal/vaketaşı traverten türü
H11	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal	Beyaz Algal Pelloidal/vaketaşı-istiftaşı traverten türü
H12	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal	beyazımsı-açık kırmızı rekli Algal pelloidal/vaketaşı tarverten türü
H13	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal	beyazımsı-krem renkli Algal-pelloidal-vaketaşı traverten türü
H14	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal	Beyazımsı-krem renkli Algal pelloidal-vaketaşı traverten türü
H15	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal	Kahverengi renkli Onkoidal-pelloidal vaketaşı-istiftaşı traverten türü
H16	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal	Sarı renkli Algal pelloidal istiftaşı traverten türü
H17	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal	Sarımsı-bej renkli Onkoidal istiftaşı-tanetaşı traverten türü
H18	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal	Beyazımsı-bej renkli Algal istiftaşı traverten türü
H19	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal	Beyazımsı bej- kırmızımsı kahve renkli/ Algal istiftaşı traverten türü
H20	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal	Bej (krem-midium bej) renkli Algal istiftaşı traverten türü
H21	Sedimenter	Kireçtaşı	Çok ince kristal	Açık bej renkli Algal Pelloidal istiftaşı kireçtaşı türü
H22	Sedimenter	Kireçtaşı	Çok ince kristal	Beyazımsı-açık (bej) /light bej/ Algal Pelloidal tanetaşı kireçtaşı türü
H23	Sedimenter	Kireçtaşı	Çok ince kristal	Sarımsı renkli Onko-pelloidal istiftaşı kireçtaşı türü
H24	Sedimenter	Kireçtaşı	Çok ince kristal	Açık bej renkli Algal Pelloidal-istiftaşı kireçtaşı türü
H25	Sedimenter	Breşik Kireçtaşı	Değişken tane boyutu	Karışık (mix) kırmızımsı- beyaz renkli/ Karbonat bileşimli breşik kireçtaşı (konglomeratik) türü
H26	Sedimenter	Kalkerli kumtaşı	Çok ince kristal	Sarımsı renkli Karbonat çimentolu kuvarsca zengin kumtaşı türü

Tablo 5: Hierapolis antik kenti doğaltaş/mermer temel karakterleri karşılaştırma tablosu.

Antik kent	Doğaltaş/mermer Köken grubu			Kökentip		Doğaltaş/Mermer Cinsleri	Kristal Boyutu
	Metamorfik	Sedimenter	Magmatik	Monotip köken	Politip köken		
Hierapolis	Metamorfik- Sedimenter			Politip köken		*Kristalin mermer cinsi- *Traverten cinsi *Kireçtaşı cinsi *Breşik kireçtaşı cinsi *Kumtaşı cinsi doğaltaşlar/mermerler	Kristalin mermer cinsleri : orta kristal boyutu Traverten, kireçtaşı doğaltaş cinsleri: Çok ince kristalli

3.3.3. Hierapoliste kullanılan Doğaltaşların Kimyasal Özellikleri

3.3.4. İndükdif Eşlemeli Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS)

Hierapolis antik kentinde kullanılan doğaltaş örnekleri farklı türleri üzerinde ICP-MS yöntemi ile farklı sayılarda yapılan kimyasal analizler sonucunda, elde edilen % temel oksit ve iz element (ppm) sonuçları Tablo 6' da verilmiştir.

Tablo 6: Hierapolis kristalin mermer, kireçtaşı, traverten, kumtaşı cinsi doğaltaşların kimyasal bileşimleri.

%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃
DL	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H1	0,04	0,01	0,04	0,83	56,21	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H2	0,03	0,01	0,04	0,91	55,76	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H3	0,17	0,01	0,04	0,8	55,89	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H4	0,18	0,01	0,05	0,4	56,30	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,015
H5	0,03	0,01	0,04	0,63	56,18	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,023
H6	0,1	0,01	0,04	0,6	56,29	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,029
H7	0,12	0,01	0,14	1,01	54,70	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H8	1,31	0,72	0,34	0,75	53,71	0,02	0,18	0,03	0,01	0,01	0,002
H9	0,15	0,01	0,34	0,18	55,45	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H10	0,27	0,05	0,13	0,32	55,53	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H11	0,11	0,01	0,04	0,33	55,84	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H12	1,13	0,22	0,42	0,31	54,40	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,002
H13	0,09	0,01	0,11	0,27	55,64	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H14	0,1	0,01	0,04	0,35	55,67	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H15	0,34	0,03	0,32	0,46	54,95	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,002
H16	0,54	0,01	1,56	0,15	55,48	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,002
H17	5,41	0,69	1,33	0,11	52,40	0,01	0,03	0,10	0,01	0,09	0,018
H18	1,53	0,01	0,12	0,24	56,16	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01	0,003
H19	1,11	0,01	0,07	0,2	56,12	0,01	0,01	0,08	0,01	0,01	0,002
H20	1,1	0,01	0,12	0,1	56,03	0,01	0,01	0,08	0,01	0,02	0,002
H21	0,7	0,14	0,06	0,39	55,36	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,002
H22	0,21	0,02	0,04	0,36	55,65	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H23	24,14	3,35	2,52	1,98	30,49	0,01	0,22	0,6	0,07	0,1	0,12
H24	1,46	0,11	0,10	0,16	56,55	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01	0,002
H25	1,54	0,66	3,64	0,14	53,57	0,01	0,06	0,11	0,13	0,13	0,002
H26	2,04	0,86	1,06	2,99	52,43	0,01	0,01	0,10	0,01	0,01	0,002
ppm	Ba	Ni	Sr	Zr	Y	Nb	Sc	LOI	SUM		
DL	5	20	2	5	3	5	1	-5,1	0,01		
H1	5	20	127	5	3	5	1	42,9	99,99		
H2	5	20	193	5	3	5	1	43,2	99,99		
H3	5	33	169	5	3	5	1	43,1	99,97		

H4	5	20	138	5	3	5	1	43,0	99,99		
H5	5	22	247	5	3	5	1	43,1	99,96		
H6	5	20	126	5	3	5	1	42,9	99,96		
H7	19	20	172	5	8	5	1	43,9	99,97		
H8	10	20	191	7	4	5	1	42,9	99,97		
H9	5	20	271	5	3	5	1	43,8	99,96		
H10	6	20	837	5	3	5	1	43,8	100		
H11	10	20	816	5	3	5	1	43,6	99,96		
H12	15	20	788	8	3	5	1	43,3	99,95		
H13	7	20	519	5	3	5	1	43,8	99,96		
H14	5	20	857	5	3	5	1	43,7	100		
H15	13	20	783	5	3	5	1	43,7	100		
H16	207	20	374	5	3	5	1	42,1	100		
H17	5	20	428	9	6	5	1	39,8	100		
H18	5	20	635	6	3	6	1	41,8	99,98		
H19	5	20	1038	8	3	6	1	42,3	99,93		
H20	5	20	542	7	5	7	1	42,5	99,97		
H21	8	20	137	8	3	5	1	43,3	100		
H22	17	20	929	10	3	5	1	43,6	99,95		
H23	5	78	703	12	9	5	1	36,4	100		
H24	5	20	361	7	3	5	1	41,4	99,91		
H25	5	20	192	5	3	6	1	42,0	99,98		
H26	5	20	149	8	3	8	1	40,6	99,96		

Bu veriler değerlendirildiğinde, Hierapolis kristalin mermerlerinde CaO %53.71 ile 56.30 arasında değere sahiptir. Petrografik incelemelerde kalsit (CaCO₃) kristallerinden oluşan mermerlerin monomineralik özellikte olduğu kimyasal analiz sonuçlarında doğrulamaktadır. Stronsiyum (Sr) en belirgin iz element olarak gözlenmektedir. Hierapolis kireçtaşı cinsi doğaltaşlarda CaO %55,36 ile 55,65 arasında değere sahiptir. Traverten türü doğaltaşlarda ise CaO %54.4 ile 55.67 arasında olup, kireçtaşı ve traverten cinsi doğaltaşlarda en belirgin iz element Stronsiyum (Sr) dir.

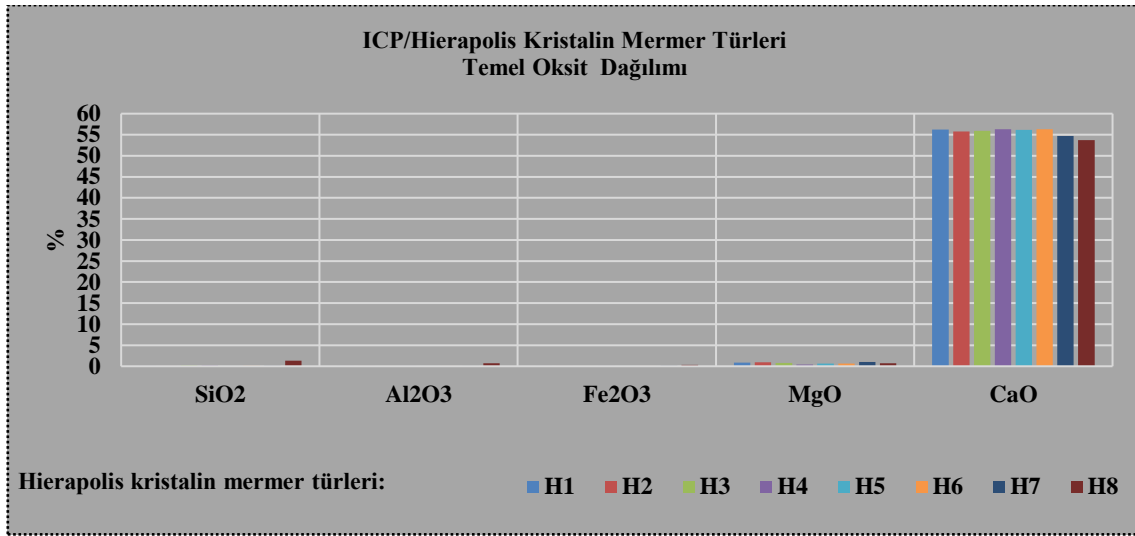
3.3.5. Hierapolis P-xrf Elementel Kimyasal Analiz Sonuçları

P-XRF (Portatif x-ray fluorescence) kullanılarak Hierapolis Antik kentinde kullanılan doğaltaş türlerinin elementel kimyasal analiz ölçümleri yapılarak elde edilen veriler değerlendirilmiştir. ICP analiz değerleri ile P-XRF verileri karşılaştırılmıştır. Hierapolis antik kenti örneklerinin P-XRF analiz sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

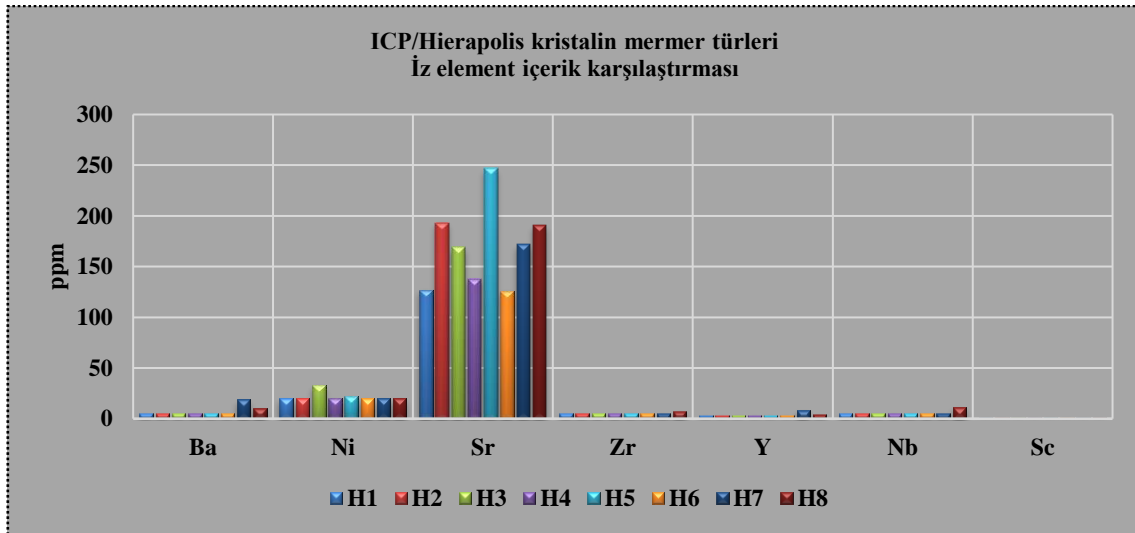
Tablo 7: Hierapolis antik kenti örnekleri p-xrf analiz sonuçları

Doğaltaş tipleri	Ca	Fe	Si	Mg	Al	Mn	Sr	Zr	Zn	Y	Nb
H1	42,06	0,1058	0,02226	0,58	-	0,0068	129,05	0	9	5	-
H2	41,17	0,0452	0,02261	0,6	-	-	192	8,5	9	-	-
H3	43	0,0217	0,0856	0,45	-	-	161	0	0	-	-
H4	42,15	0,058	0,08456	0,23	-	-	122	0	0	-	-
H5	43,43	0,0226	0,02205	0,52	-	-	241,26	0	0	-	-
H6	42,06	0,0149	0,05681	0,48	-	-	117,14	0	0	-	-
H7	40,57	0,1095	0,06066	0,71	-	0,0096	174,3	7,3	9,3	7,4	13,5
H8	40,57	0,3	0,83	0,41	0,31	0,0084	174,1	7,8	11	4,2	11
H9	41,98	0,5326	0,07991	0,12	-	-	273,14	12	-	-	-
H10	43,26	0,1236	0,13545	0,17	-	-	760,33	20	-	-	-
H11	43,3	0,1391	0,05704	0,18	-	-	723,37	15	-	-	-
H12	43,29	0,3758	0,5853	1,2	-	-	775,75	25	-	-	-
H13	41,67	0,059	0,04775	0,81	-	-	427,66	18	-	-	-
H14	44,27	0,0306	0,06054	0,21	-	-	665	15	-	-	-
H15	41,54	0,3188	0,19209	0,32	-	-	840,375	18,5	-	-	-
H16	41,79	1,215	0,2819	0,3	-	0,0326	358,57	7,5	9	4,5	10,5
H17	37,45	0,08933	0,422	0	0,35	0,0866	418	18	14,5	9,3	8
H18	42,28	0,0944	0,776	0,16	-	0,0105	630	12,7	11,5	4	11
H19	40,83	0,0591	0,442	0	-	0,01448	1028	18,8	11	-	11
H20	42,2	0,0801	0,557	0	-	0,0258	549	12,4	15	5	11
H21	44,38	0,0675	0,3701	0,26	-	-	132,1	11	-	7	-
H22	43,39	0,0138	0,1262	0,19	-	-	866,42	21,5	-	-	-
H23	24,66	1,864	11,9	1,23	1,62	0,0507	708	178	27	18	-
H24	44	0,093	0,718	0	0,23	0,00687	368	14	10,7	4	-
H25	39,72	2,1966	0,753	0	0,37	0,20151	194	8	-	5,5	10,2
H26	38,19	0,7148	1,025	1,806	0,35	0,0138	151	8,1	16,2	4,9	10

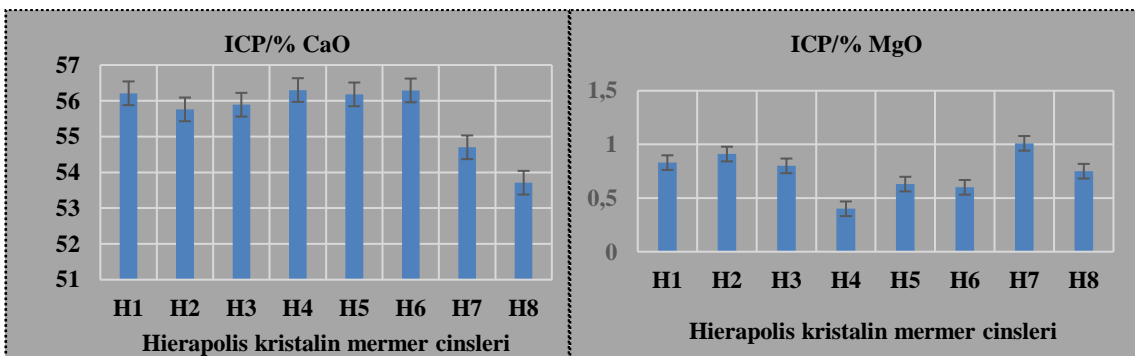
Hierapolis antik kentinde kullanılan doğaltaşların ICP –MS major oksit ve iz element ile P-XRF elementel kimyasal analiz dağılım ve karşılaştırma grafikleri (Şekil 14- 39)'da verilmiştir.



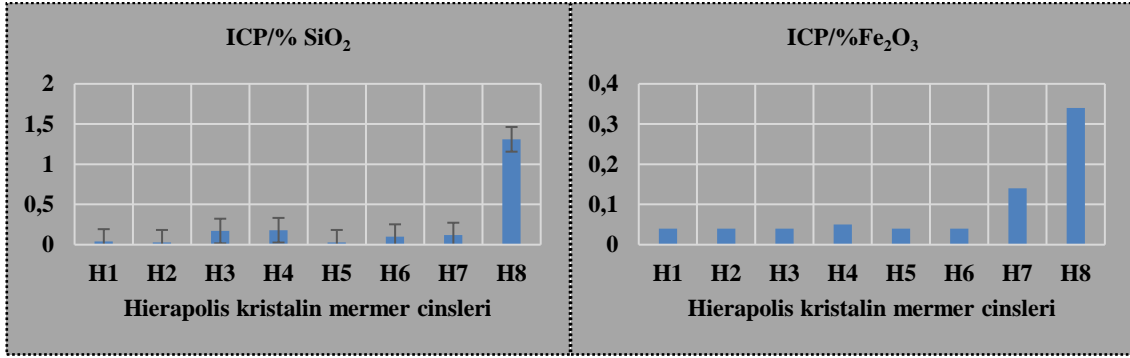
Şekil 14: Hierapolis kristalin mermer türlerinin temel oksit dağılım grafiği.



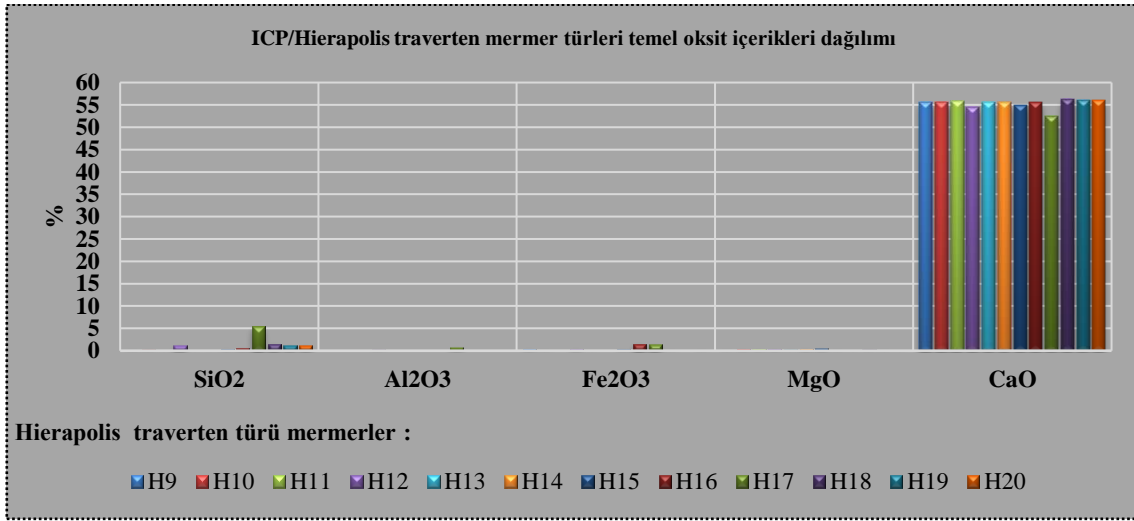
Şekil 15: Hierapolis kristalin mermer türleri iz elementler karşılaştırma grafiği.



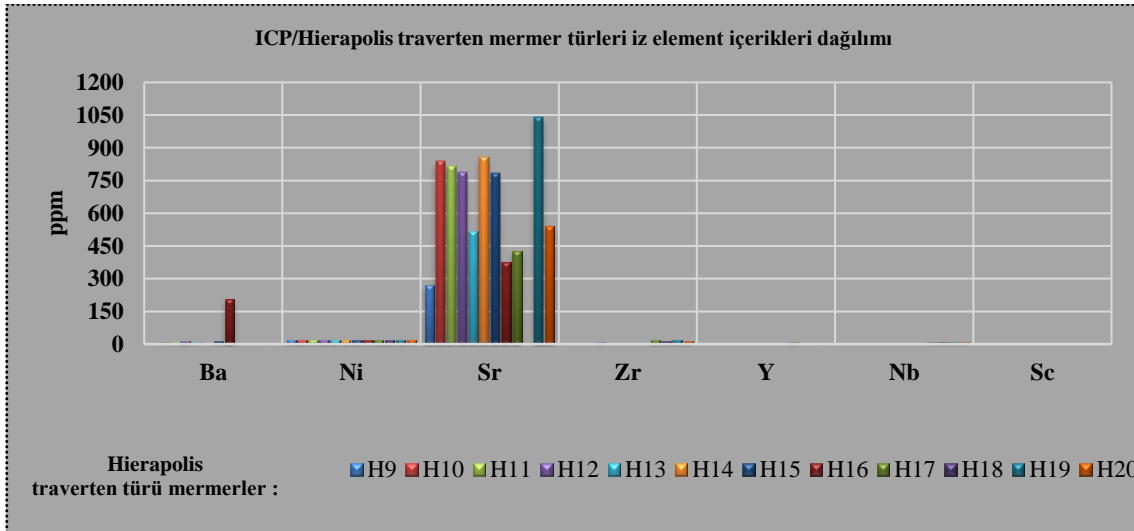
Şekil 16: Hierapolis kristalin mermer cinsi doğaltaşlar, CaO, MgO yüzde dağılım grafiği.



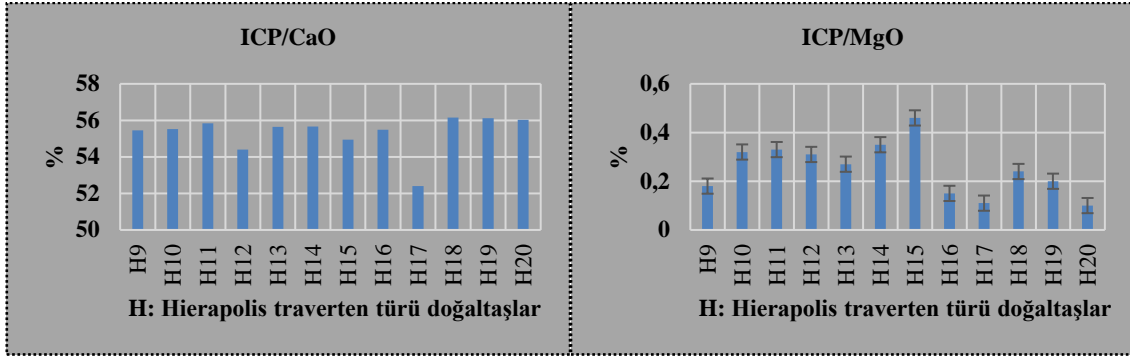
Şekil 17. Hierapolis kristalin mermer cinsi doğaltaşlar, SiO₂ - Fe₂O₃ yüzde dağılım grafiği.



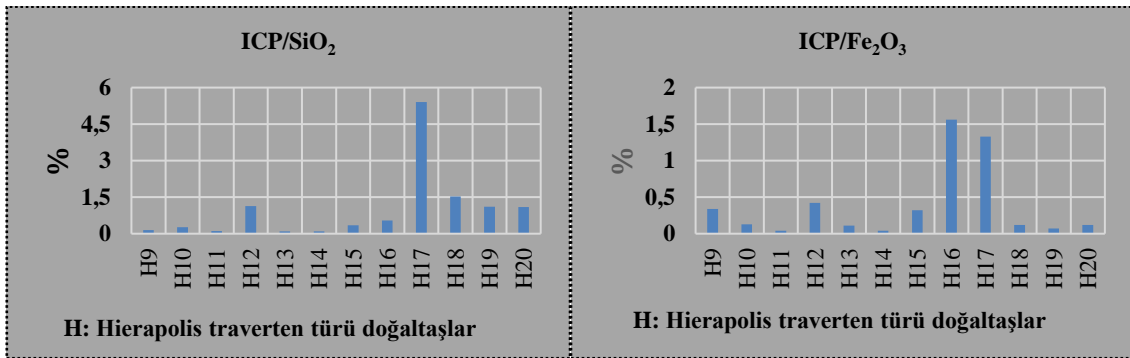
Şekil 18: Hierapolis traverten türü mermerlerin temel oksit dağılım grafiği.



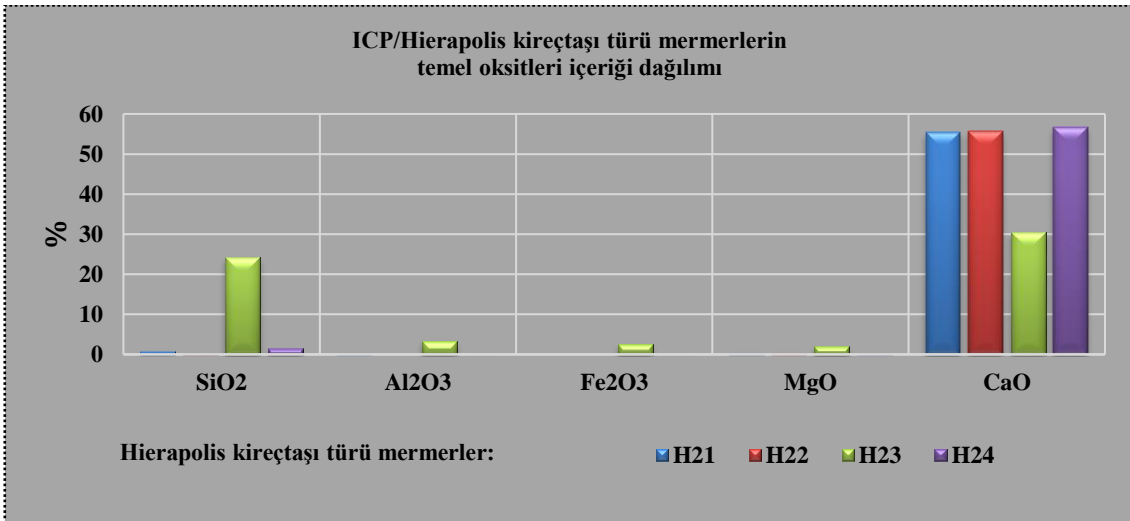
Şekil 19: Hierapolis traverten türü mermerlerin iz element grafiği.



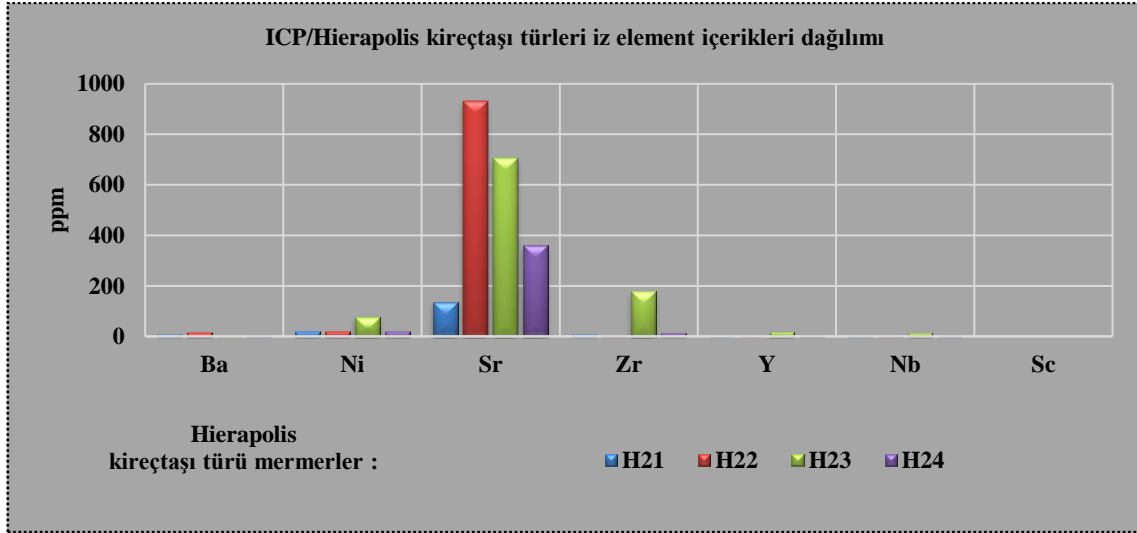
Şekil 20: Hierapolis traverten türü doğaltaşlar, CaO- MgO yüzde dağılım grafiği.



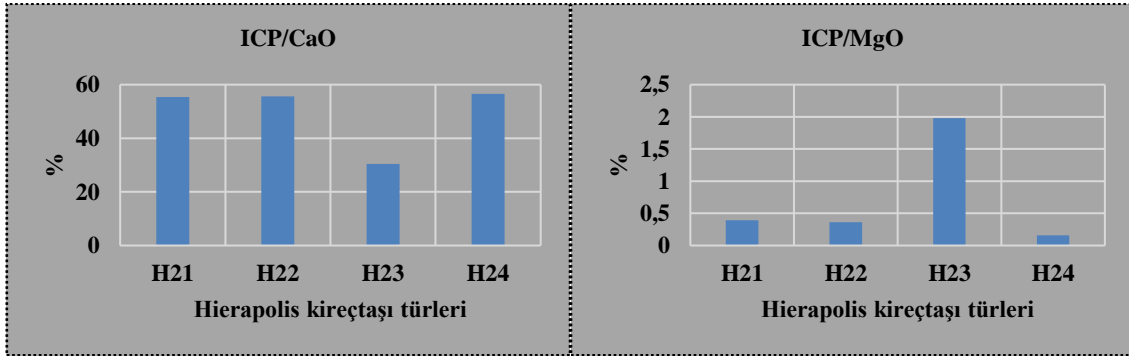
Şekil 21: Hierapolis traverten türü doğaltaşlar, SiO₂ -Fe₂O₃ yüzde dağılım grafiği.



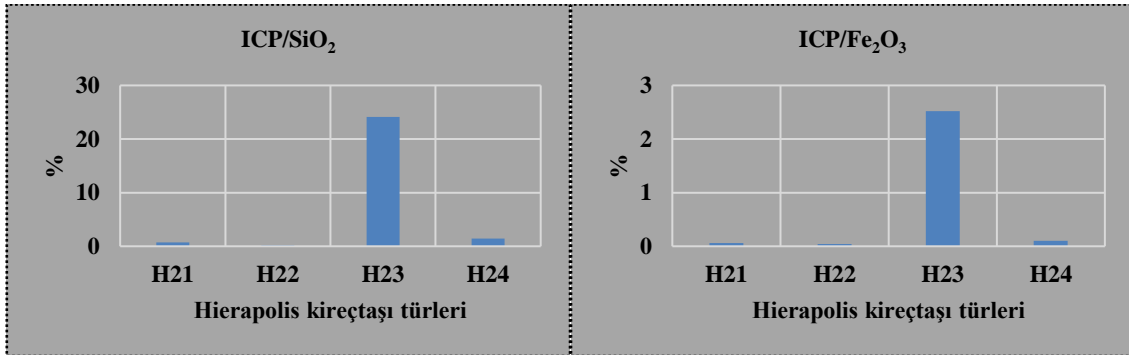
Şekil 22: Hierapolis kireçtaşı türü mermerlerin temel oksitleri dağılım grafiği.



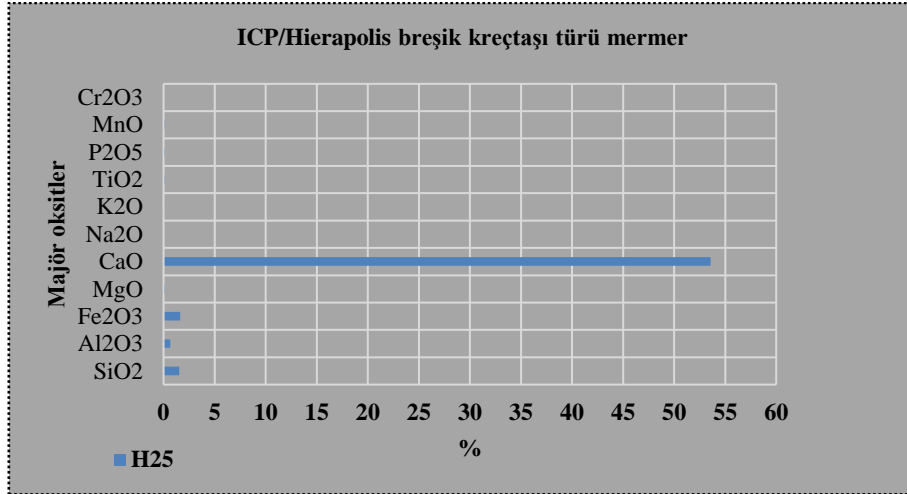
Şekil 23: Hierapolis kireçtaşı türü mermerlerin iz elementleri dağılım grafiği.



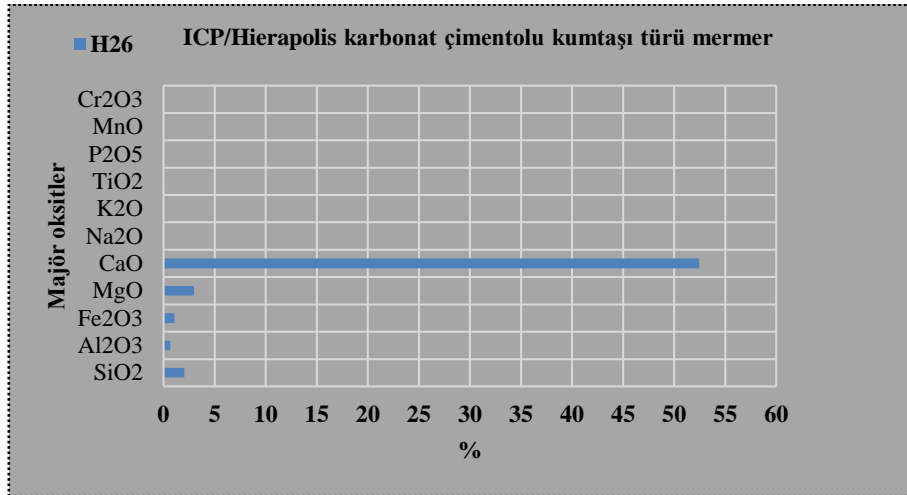
Şekil 24: Hierapolis kireçtaşı türü doğaltaşlar, CaO -MgO yüzde dağılım grafiği.



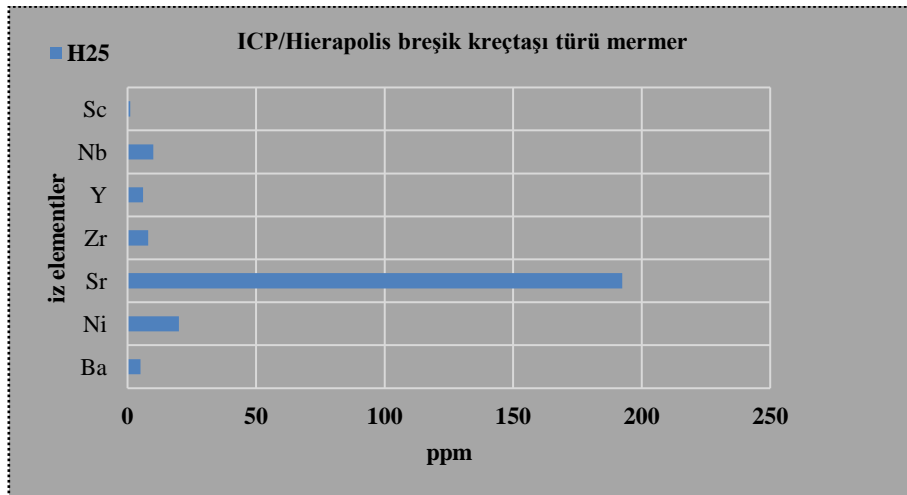
Şekil 25: Hierapolis kireçtaşı türü doğaltaşlar, SiO₂ -Fe₂O₃ yüzde dağılım grafiği.



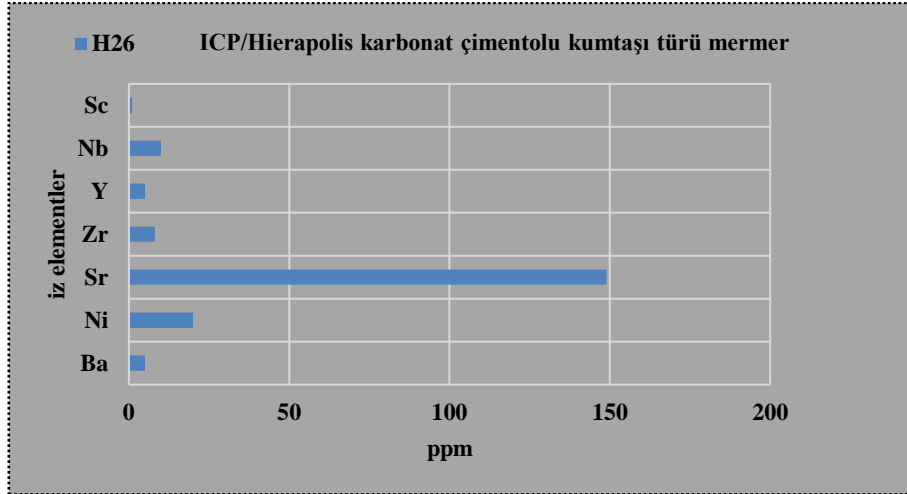
Şekil 26: Hierapolis breşik kreçtaşı mermer türü majör oksit içerik grafiği.



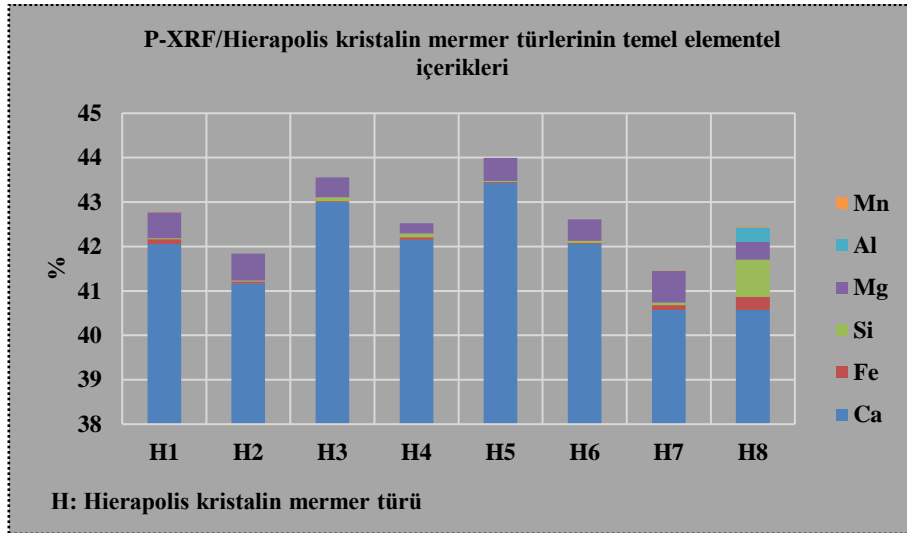
Şekil 27: Hierapolis karbonat çimentolu kumtaşı türü, majör oksit içerik grafiği.



Şekil 28: Hierapolis breşik kreçtaşı mermer türü iz element içerik grafiği.

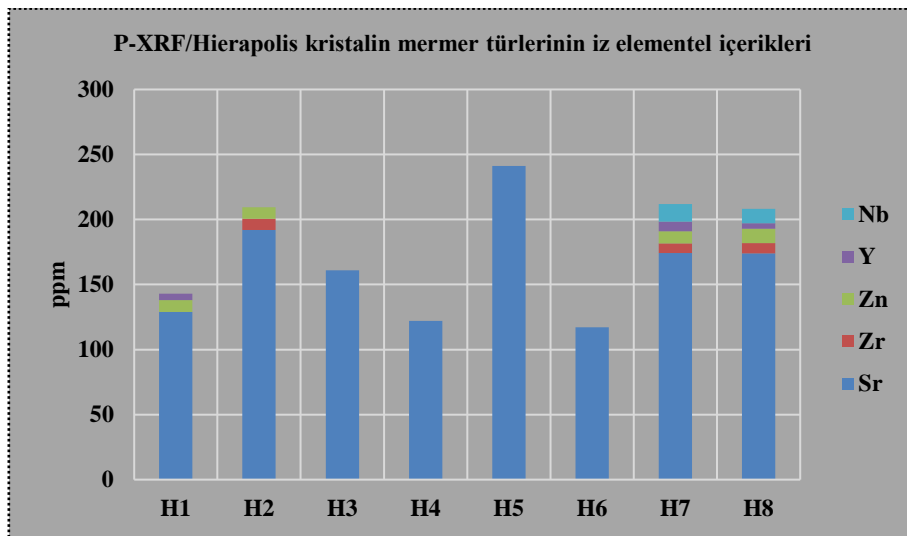


Şekil 29: Hierapolis karbonat çimentolu kumtaşı türü, iz element içerik grafiği.

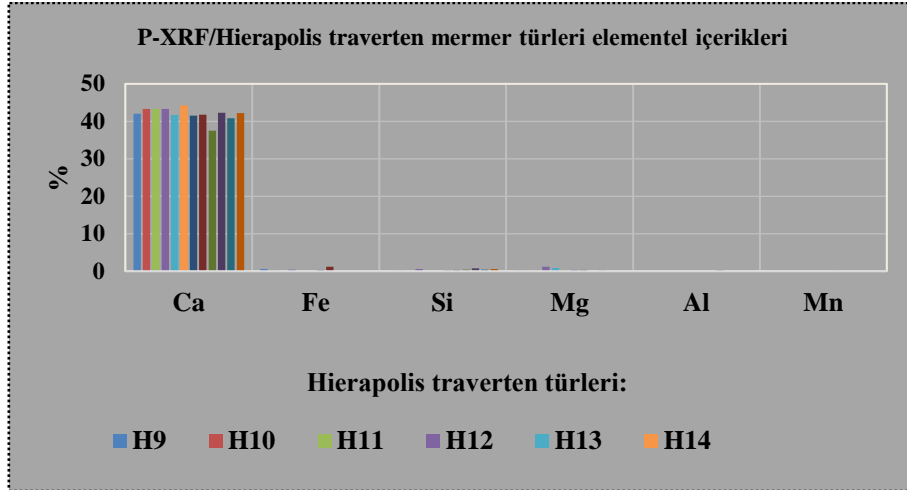


H: Hierapolis kristalin mermer türü

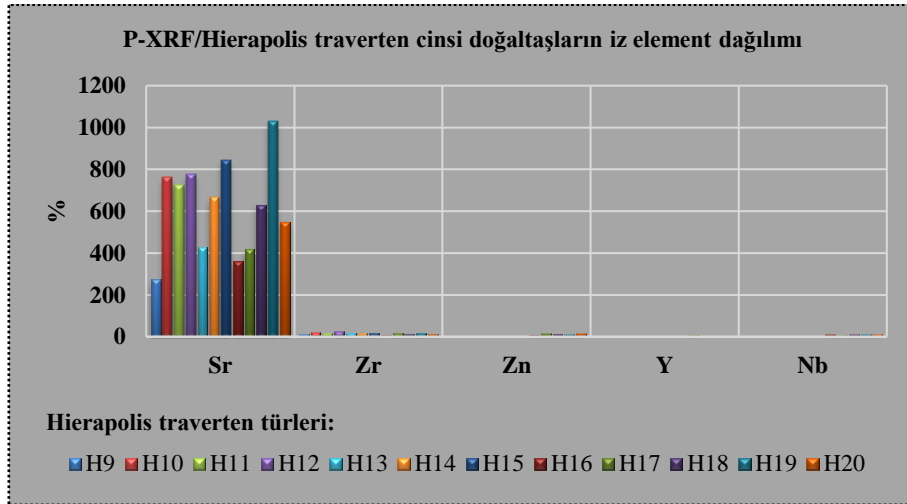
Şekil 30: Hierapolis kristalin mermer türleri elementel karşılaştırma grafiği.



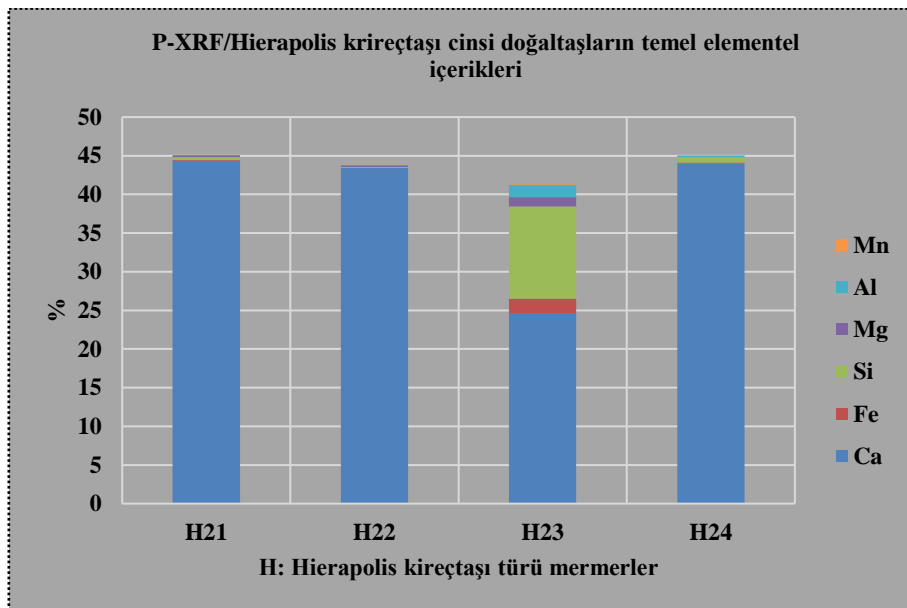
Şekil 31: Hierapolis kristalin mermer türleri iz elementel karşılaştırma grafiği.



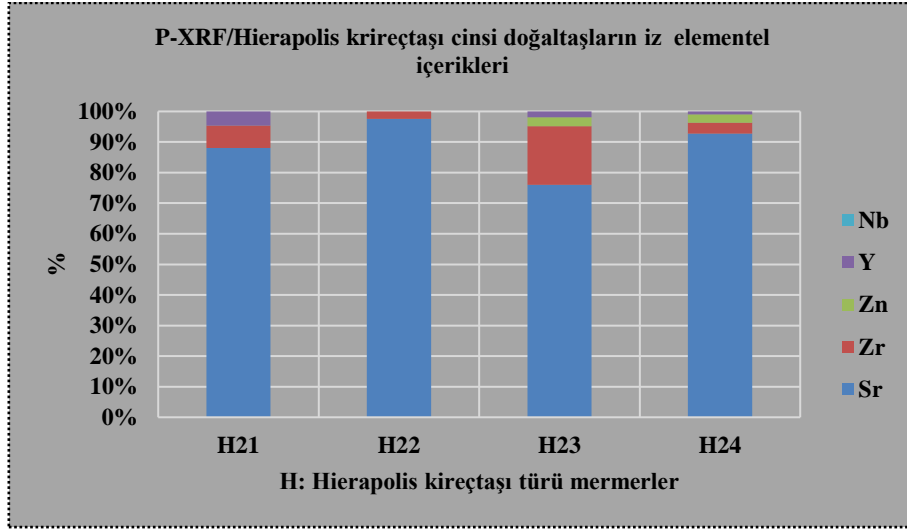
Şekil 32: Hierapolis traverten türü mermerlerin elementel dağılım grafiği.



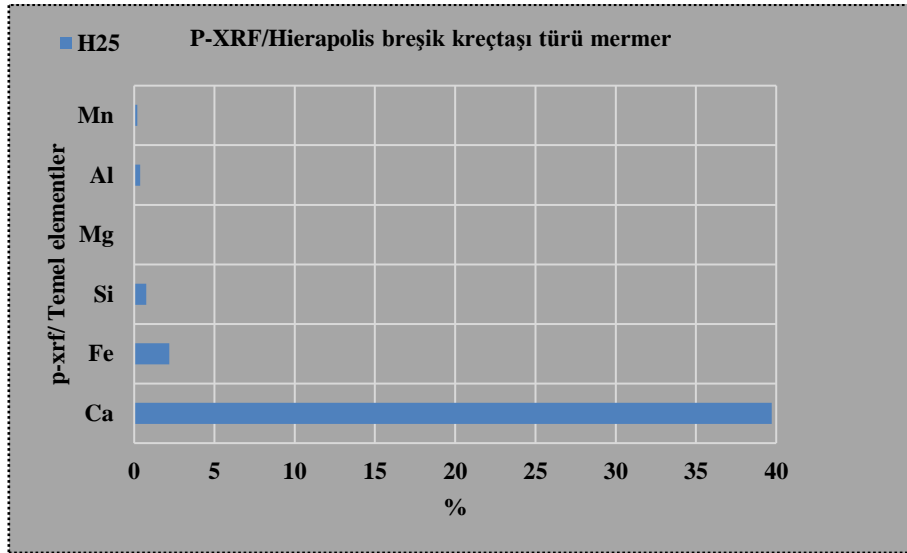
Şekil 33: Hierapolis traverten türü mermerlerin iz element dağılım grafiği.



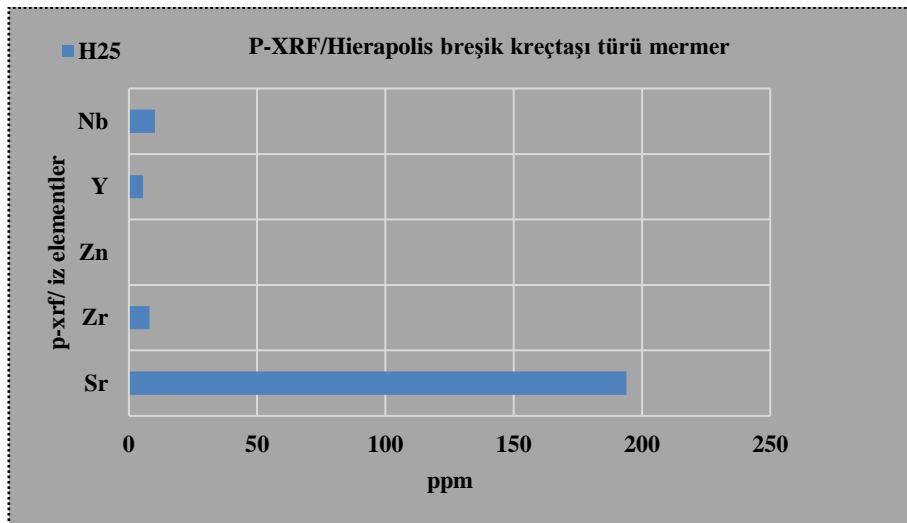
Şekil 34: Hierapolis kireçtaşı türü mermerlerin elementel karşılaştırma grafiği.



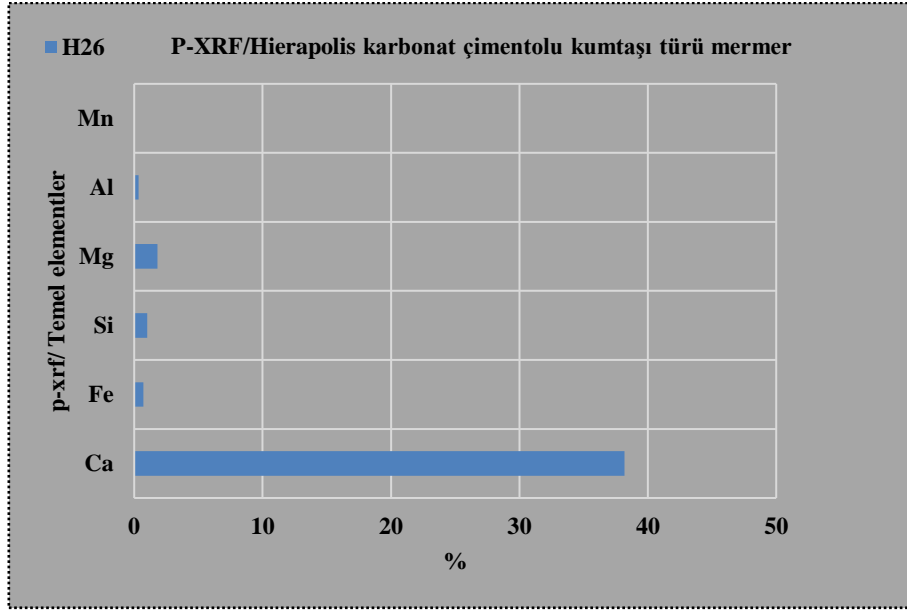
Şekil 35: Hierapolis kireçtaşı türü mermerlerin iz element karşılaştırma grafiği.



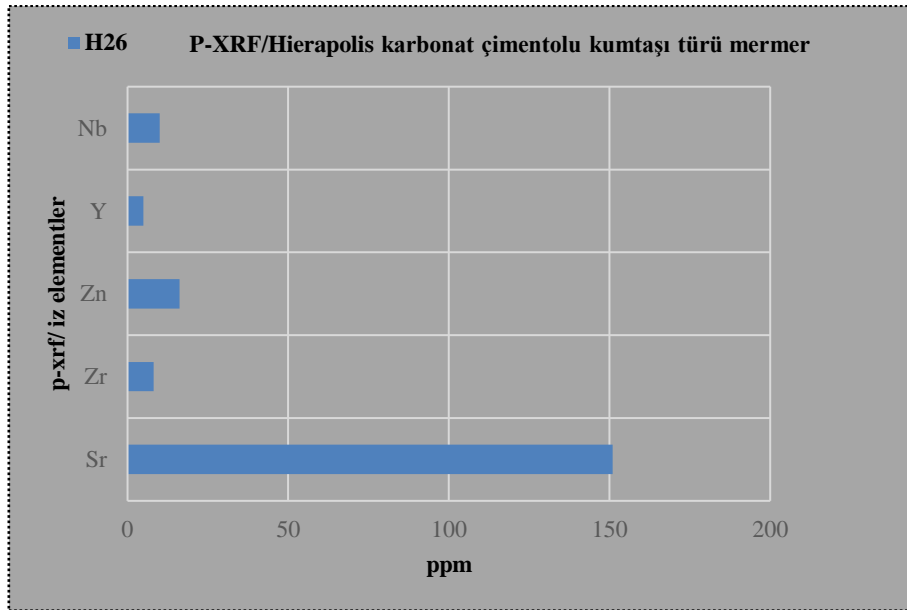
Şekil 36: Hierapolis breşik kireçtaşı mermer türü p-xrf elementel içerik grafiği.



Şekil 37: Hierapolis breşik kireçtaşı mermer türü p-xrf iz element içerik grafiği.



Şekil 38: Hierapolis karbonat çimentolu kumtaşı türü, elementel içerik grafiği.



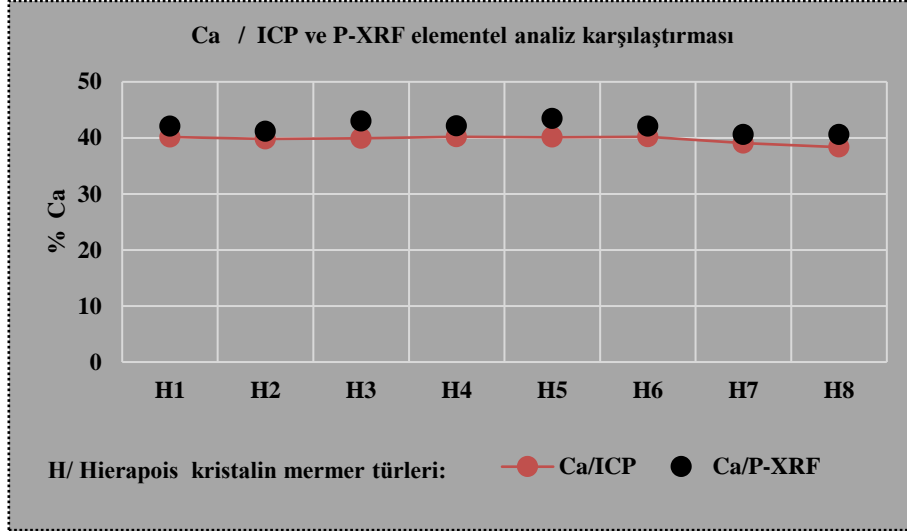
Şekil 39: Hierapolis karbonat çimentolu kumtaşı türü, iz element içerik grafiği.

3.3.6. Hierapolis Kristalin Türlerinde ICP-MS ve P-XRF Karşılaştırması

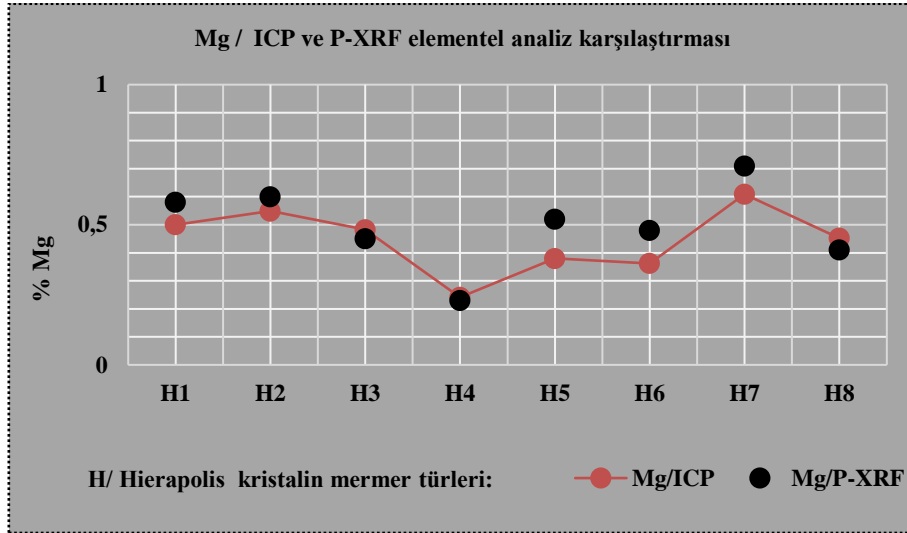
Hierapolis kristalin mermerlerin türlerinin p-xrf/ICP karşılaştırma veri tablosu ve karşılaştırma grafiği (Tablo 8 ve Şekil 40-43)'de verilmiştir.

Tablo 8: Hierapolis kristalin mermer türleri elementel ICP ve P-XRF verileri tablosu.

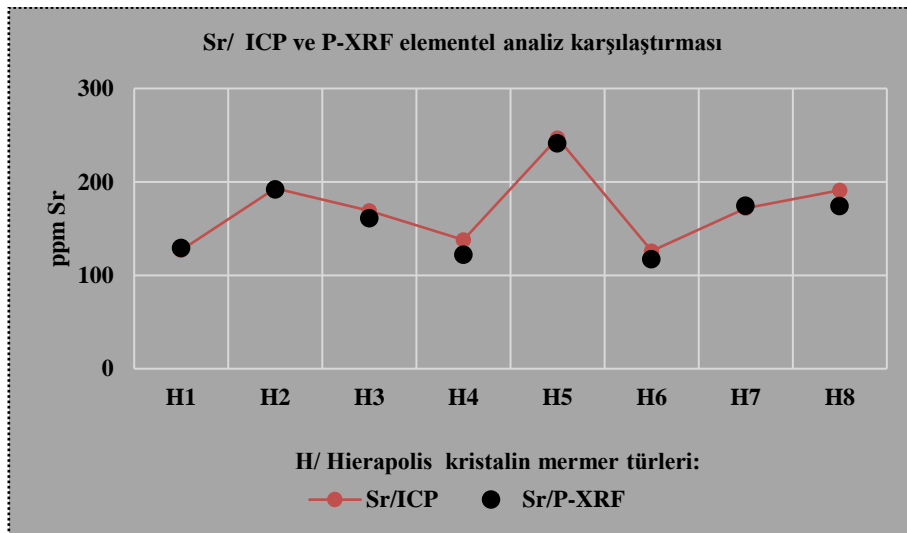
%	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
Ca/ICP	40,13	39,81	39,9	40,19	40,11	40,19	39,05	38,34
Ca/P-XRF	42,06	41,17	43	42,15	43,43	42,06	40,57	40,57
Sr/ICP	127	193	169	138	247	126	172	191
Sr/P-XRF	129,05	192	161	122	241,26	117,14	174,3	174,1
Mg/ICP	0,50049	0,54873	0,4824	0,2412	0,37989	0,3618	0,60903	0,45225
Mg/P-XRF	0,58	0,6	0,45	0,23	0,52	0,48	0,71	0,41
Fe/ICP	0,028	0,028	0,028	0,035	0,028	0,028	0,098	0,238
Fe/P-XRF	0,1058	0,0452	0,021	0,058	0,0226	0,014	0,1095	0,3



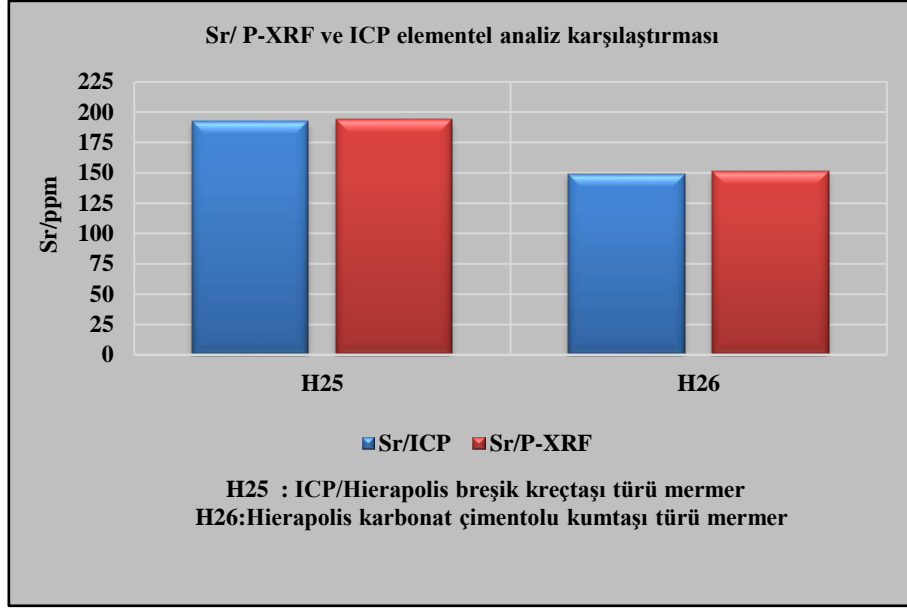
Şekil 40: Hierapolis kristalin mermer türleri Ca- ICP/Ca-P-XRF karşılaştırma grafiği.



Şekil 41: Hierapolis kristalin mermer türleri Mg- ICP/Mg-P-XRF karşılaştırma grafiği.



Şekil 42: Hierapolis kristalin mermer türleri Fe- ICP/Fe-P-XRF karşılaştırma grafiği.



Şekil 43: Hierapolis kristalin mermer türleri Fe- ICP/Fe-P-XRF karşılaştırma grafiği.

4. Sonuçlar

Hierapolis antik kentinde yaygın olarak kullanılan doğaltaş(lar)/mermer(ler); Makro, mikro-petrografik, kimyasal, litolojik veya kayatomik özellikleri, metodolojik olarak incelenmiş, aşağıdaki sonuçlar belirlenmiştir.

Hierapolis antik kentinde kullanılan doğaltaşlar 26 tür olarak belirlenmiştir. Bu mermer türleri, metamorfik köken olarak 8 tür, sedimenter köken olarak 17 tür olarak belirlenmiştir. Detay olarak bu mermer türlerinin 8 tanesi metamorfik köken ve mermer cinsi, 11 tanesi sedimenter köken ve traverten cinsi, 4 tanesi sedimenter köken ve kireçtaşı cinsi, 1 tanesi sedimenter köken ve breşik kireçtaşı cinsi, 1 tanesi de sedimenter köken kalkerli kumtaşı cinsi şeklinde belirlenmiştir. Antik kentte kullanılan beyaz, grimsi-beyaz renkli kristalin mermer türlerinin tamamı orta kristal boyutuna sahip olarak belirlenmiştir. Kristalin mermer türlerinin, kristal boyutları ortalama (OTB) 319- 619 mikrondur. Doğaltaşların kimyasal analizleri için ICP-MS yönteminin yanında yeni bir yöntem olarak kapsamlı şekilde p-XRF (handheld portatif XRF/X-Ray Fluorescence Analyzers) kullanılmıştır. Bu yöntemle elde edilen kimyasal analiz sonuçları ICP-MS sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler ile kullanılabilir bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Yüzde ve ppm olarak elementel değerler sağlayan bu yöntem, kısa zamanlı ve ekonomiktir. Özellikle antik kentlerde kullanılan doğaltaşlardan örnek numune almak bir problemdir. Bu yöntemle yerinde, yapılar ve sanatsal yapıtlar üzerinde ölçüm yapmak, mümkündür. Diğer taraftan daha pratik ve yapılara zarar vermektan uzak bir yöntemdir.

Hierapolis antik kentinde doğaltaş/mermer kullanımı politip köken olup, metamorfik kökenli kristalin mermer cinsleri ve sedimenter kökenli traverten, kireçtaşı, breşik kireçtaşı ve kumtaşı cinsi doğaltaşlardır.

Hierapolis antik kentinde kullanılan traverten cinsi mermerler, antik kent yakın çevresinde Karahayit, Pamukkale, Kocabaş lokasyonlarında, kuvarterner (traverten) yaşlı jeolojik formasyon içerisinde bulunan çok sayıda antik mermer ocaklarından, kireçtaşı cinsi mermerler ise Kaklık kuzeyinde yer alan Üst Miyosen yaşlı gölsel karbonatlar içerisindeki mermer ocaklarından sağlanmıştır. Bu ocakların koordinatlı yerleri antik kent çevre jeolojisi ocak lokasyon haritasında gösterilmiştir. Traverten jeolojik formasyonunun kent yerleşim alanına çok yakın olması, antik kentin nekropol, anıt mezarlar, tiyatro gibi yapılarında özellikle traverten cinsi ve türleri yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Hierapoliste kullanılan H1-H7 beyaz renkli orta kristal boyutuna sahip kristalin mermerler ise, antik kentin kuzey-batısında çok yakın mesafede bulunan, Üst Paleozoik yaşlı kristalin mermer litolojisi içerisindeki mermer ocaklarından sağlanmıştır. Hierapolis antik kenti; Kristalin mermer, traverten, kireçtaşı, breşik kireçtaşı, karbonat çimentolu kumtaşı türü doğaltaşlar yaygın olması nedeniyle, baskın olarak otokton taş kullanım rejimine sahiptir. Kentin çevre jeolojisi ve bu jeoloji içerisinde bulunan çok sayıda antik ve modern ocaklar bu anlamda uyumluluk göstermektedir. Hierapolis antik kentlerinde baskın otokton (Yakın çevre jeolojisinden, yerli kullanım) bir doğaltaş kullanımı mevcuttur.

Hierapolis antik kenti yerleşme alanında, depremler nedeni ile zaman zaman yıkımlarla karşı karşıya kalmışlardır. Jeotektonik açıdan, Hierapolis antik kentinin hemen güneyini kat eden, Büyük Menderes grabeni ve bu grabeni sınırlayan aktif faylar bu yıkımların nedenidir. Günümüzde yakın tarihlerde Menderes havzasında, Pamukkale, Honaz ve Serinhisar hattında çok sayıda depremler meydana gelmiştir.

5. Kaynakça

Antik Bölgeler Arkeoloji Dünyası, <http://www.arkeolojiodunyasi.com/image/haritalar/karia.gif>.

Barka, A.A., Reilinger, R., Şaroğlu, F. and Şengör, A.M.C. (1995). The Isparta Angle: Its importance in the Neotectonics of the Eastern Mediterranean Region. IESCA Proceedings, 13-18.

I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos 2019, Pamukkale,Denizli/Türkiye
I. International Science and Innovation Congress, 26-29 August 2019, Pamukkale,Denizli/TURKEY

- Candan, O., Dora, O.Ö., Oberhanslı, R., Koray, E., Çetinkaplan, M., Akal, C., Satır, M., Chen, F., ve Kaya, O., (2011). Menderes masifinin Pan-Afrikan Temelinin Stratigrafisi ve Gondvana'nın Genç Neoproterozoyik/Kambriyen Evrimi İle İlişkisi, MTA Dergisi, 142, 25-68.
- Denizli İl Kültür Turizm Müdürlüğü, (2015). Hierapolis Antik kenti ile ilgili bilgiler. <http://pamukkale.gov.tr/tr/Antik-kentler/Pamukkale-Hierapolis>.
- Dunham, R. J., (1962). Classification of carbonate rock according to depositional texture. In: Classification of carbonate Rocks. (Ed. W. G. Ham). Mem. Amer. Assoc. Petr. Geol., 1, 108-121.
- Flügel, E., (2004). Microfacies of Carbonate Rocks Analysis, Interpretation and Application, 281p, Berlin, Heidelberg.
- Folk, R. L., (1962). Spectral subdivision of limestone types. In: Classification of carbonate Rocks (Ed. W. E. Ham). Mem. Amer. Assoc. Petr. Geol., 1, 62-64.
- Hacımustafaoğlu, R., Yağmurlu F., (2017). Petrographic Properties of Crystalline Marbles of Afrodiasias Ancient City, Classification of Crystal Sizes and Comparison of Grain Size of Reference Crystal Marble Samples. IV. Uluslararası Taş Kongresi, İzmir, 142-144.
- Hacımustafaoğlu, R., (2019). Afrodiasias, Hierapolis ve Sagalassos Antik Kentlerinde Kullanılan Doğal Taşların Kökeni ve Bunların Petro-Kimyasal ve Fiziko-Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Batı Anadolu, S.D.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), (2019). Yer Bilimleri Harita Görüntüleyicisi ve Çizim Editörü. <http://www.yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>.
- Passchier, C. W and Trouw, R.A., (1996). Microtectonics, Springer-Verlag, Berlin 1996.
- Sözbilir, H. (2001). Nazilli ve dolayının (Büyük Menderes Grabeni) genç tektoniği. Büyük Menderes Depremleri Jeofizik Toplantısı, pp. 54-61.
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. (1987). Geological evolution and basin models during neotectonic episode in the Eastern Anatolia. Bull. Min. Res. Ezp., 107,74-94.
- Şengör, A.M.C. (1987). Cross faults and differential stretching of hanging walls in region of low-angle normal faulting: examples from western Turkey, in:Coward M.P., Dewey J.F. and Hancock P.L. eds. Continental extensional tectonics, Geological society special Publication, 28, 575-589 p.
- TS EN 12407 (Ocak, 2002). Doğal Taşlar Deney Metodları Petrografik İnceleme.

HİERAPOLİS VE AFRODISİAS KENTLERİNDE KULLANILAN ANTİK DOĞALTAŞLARIN KAYATOMİK ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRMASI

Ramazan Hacımustafaoglu

Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Doğal Yapı Taşları Teknolojisi

ramazan@deu.edu.tr

Özet

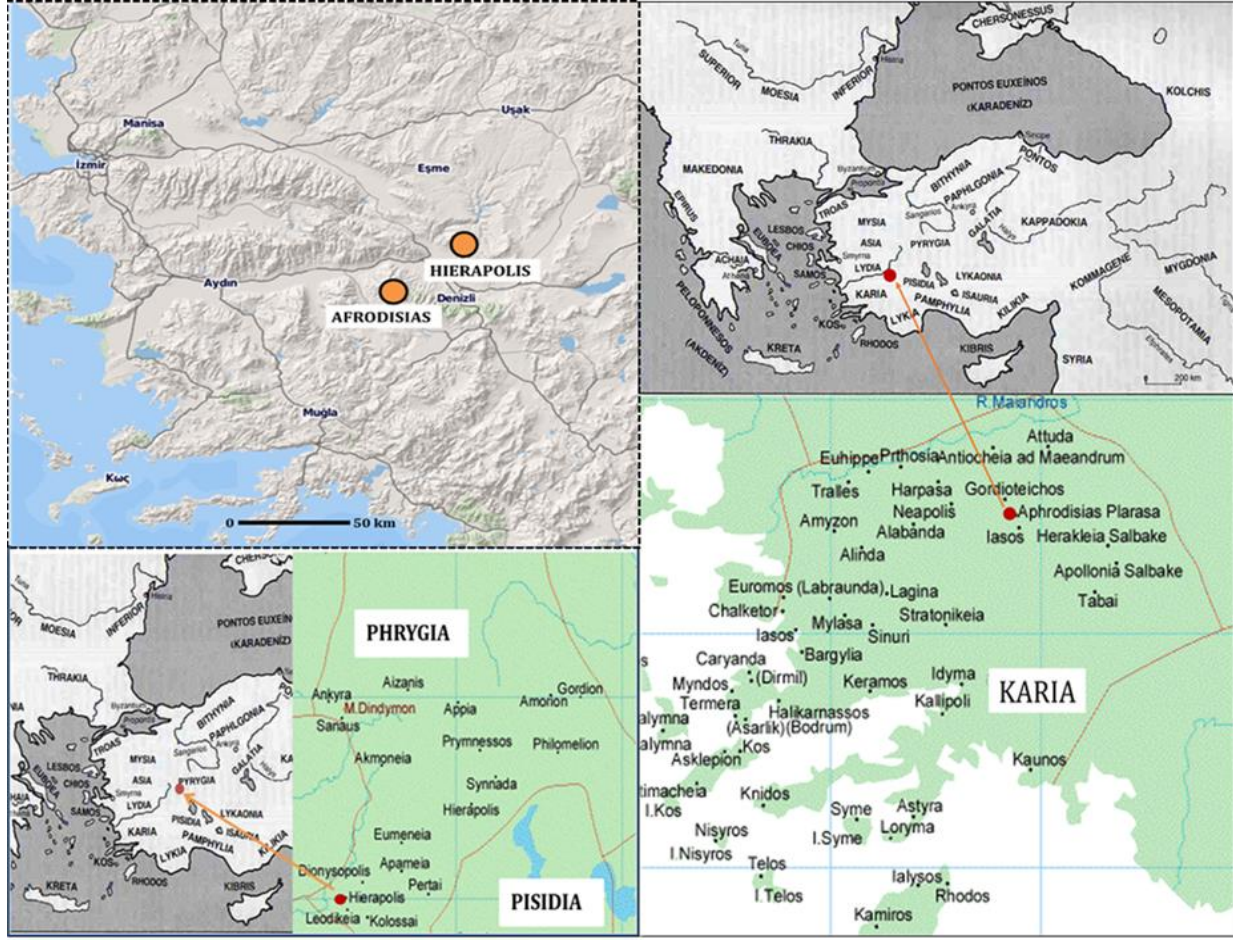
Günümüzden antik kentlere baktığımızda, birinci yapı malzemesi olarak kullanılan farklı özelliklerdeki doğaltaşlar, şehir ve insanlarla birlikte, kentlerin kendine özgü karakterlerini oluşturur. Bu bağlamda, antik kentlerde kullanılan doğaltaş türlerini ve özelliklerini tanımlamak, arkeolojik açıdan önemli olduğu kadar, jeolojik bakımdan da son derece değerlidir. Denizli ili Pamukkale ilçesi sınırları içerisinde bir Frigya kenti olan Hierapolis, Aydın ili Karacasu ilçesinde bulunan ve eski Karia bölgesi kenti Afrodisias, dünyada en önemli antik kentlerden ikisidir. Çalışmanın amacı, Hierapolis ve Afrodisias antik kentlerinde yaygın olarak kullanılan antik doğaltaş(lar)/mermer(ler)in kayatomik niteliğini içeren, makro, mikro-petrografik, kimyasal, litolojik karakterlerini metodolojik olarak belirlemek. Aynı zamanda antik kentlerin taş kullanım morfolojisini ve türlerini karşılaştırmaktır. Çalışmada, doğaltaşların köken ve cins sınıflandırması yanında, ilaveten tür tanımlamasıda yapılmıştır. Bu tanımlamada, doğaltaşın kristal boyutu, renk değişkenliği ve yapısal özellikleri dikkate alınmıştır. Olympus-Bx41TF polarizan mikroskop kullanılarak örneklerin detaylı petrografik analizleri yapılmıştır. Kristal boyutlarını sınıflandırmak için bilinen bazı referans kristalin mermer örnekleri seçilmiştir. Bilgisayarlı görüntü analiz yöntemi kullanılarak mermerlerin tane boyutları ölçülmüş ve elde edilen veriler işlenerek, kristal tane boyutları belirlenmiştir. Kimyasal analizleri için ICP-MS yönteminin yanında yeni bir yöntem olarak yerinde ve elde edilen numuneler üzerinde P-XRF (handheld portatif XRF/X-Ray Fluorescence Analyzers) kullanılmıştır. Bu yöntemle elde edilen kimyasal analiz sonuçları ICP-MS sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Buna göre Hierapolis'te 26, Afrodisias antik kentinde ise 7 tür belirlenmiştir. Mermer/doğaltaşların tamamına yakını karbonat kaya bileşimlidir. Hierapolis doğaltaş tiplerinin, 8 tanesi kristalin mermer cinsi, 11'i traverten cinsi, 4'ü kireçtaşı cinsi, 1'i breşik kireçtaşı cinsi, 1 tanesi de kalkerli kumtaşı cinsi şeklinde belirlenmiştir. Antik kentte kullanılan beyaz, grimsi-beyaz renkli kristalin mermer türlerinin tamamı orta kristal boyutuna sahip olup, ortalama kristal boyutu (OTB) 319- 619 mikron arasında saptanmıştır. Afrodisias antik kentinde yaygın olarak kullanılan 7 tür doğaltaşın tamamı kristalin mermerlerdir. Bu doğaltaş türleri metamorfik köken ve kristalin mermer cinsidir. İnce kristalli türlerin boyutları 213-230 mikron, orta kristalli türlerin ise 318-575 mikron arasında belirlenmiştir. Yüzyıllarca yaşamış bu kentler taş kullanım tercihini, kesme, işleme, şekillendirme bakımından daha zor olan sert mermerlerden ziyade yumuşak karbonatlı mermerlerden yana kullandığı belirlenmiştir. Birbirine çok uzak olmayan ve varlık dönemleri zaman zaman çakışan bu iki antik kentte, yaygın kullanım çeşitliliği bakımından mermer/doğaltaş rejimi birbirinden farklıdır. Afrodisias ve Hierapolis antik kentlerinde ortak kullanılmış olası sadece bir kristalin mermer türüne rastlanmıştır. Bu noktada antik kentler için, çevre jeolojik yapısı, antik mermer ocak kaynağı ve mermer üretim havzası gibi faktörler belirleyici olmuştur. Bu etkenler ve mevcut doğaltaş türleri değerlendirildiğinde, birinci derecede çevre jeoloji etkisinde, baskın otokton (Yakın çevre jeolojisinden, yerli kullanım) bir kullanım olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Hierapolis, Afrodisias, Portatif -XRF, Antik Doğal Yapı Taşı, Mermer,*

1. Giriş

Çeşitli renk ve özelliklerdeki doğaltaşların, yaygın olarak kullanıldığı Afrodisias ve Hierapolis antik kentleri Anadolu coğrafyasında yer alan önemli ve dünyaca bilinen örneklerden ikisidir. Günümüze kadar ulaşmış olan bu antik kentlerin temel ortak özelliği, doğal taş türlerinin ana yapı malzemesi olarak kullanılmış olmasıdır.

Kullanılan farklı doğaltaş türleri, arkeoloji disiplini yönünden kentin tarihini sosyolojik yapısını anlamada önemli veriler sağlar. Diğer taraftan, kent-çevre jeolojisi ilişkisi, mermer üretimi yapılan formasyonlar, üretim teknikleri ve değişik kullanım alanları ile jeoloji perspektifinden günümüze ışık tutacak nitelikte katkılar sağlar. Afrodisias antik kenti; Aydın ili Karacasu ilçesi, Hierapolis antik kenti; Denizli ili Pamukkale ilçesinde yer alır. Bu önemli antik kentlerden biri olan Afrodisias, Tanrıça Afrodite'ye adanmış birçok eski çağ kentinin ortak adıdır. Afrodisias (ya da Afrodisyas) adlı kentlerin en ünlüsü, Anadolu'nun Güneybatısında, eski Karia bölgesi kenti, Karia bölgesine sınır olan Laodikeia ve Tripolis kentlerine yakınlığı ile Hierapolisin ise bir Frigya kenti olduğunu ileri sürülmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Antik kentler lokasyon haritası. (www.arkeolojiodunyasi.com)

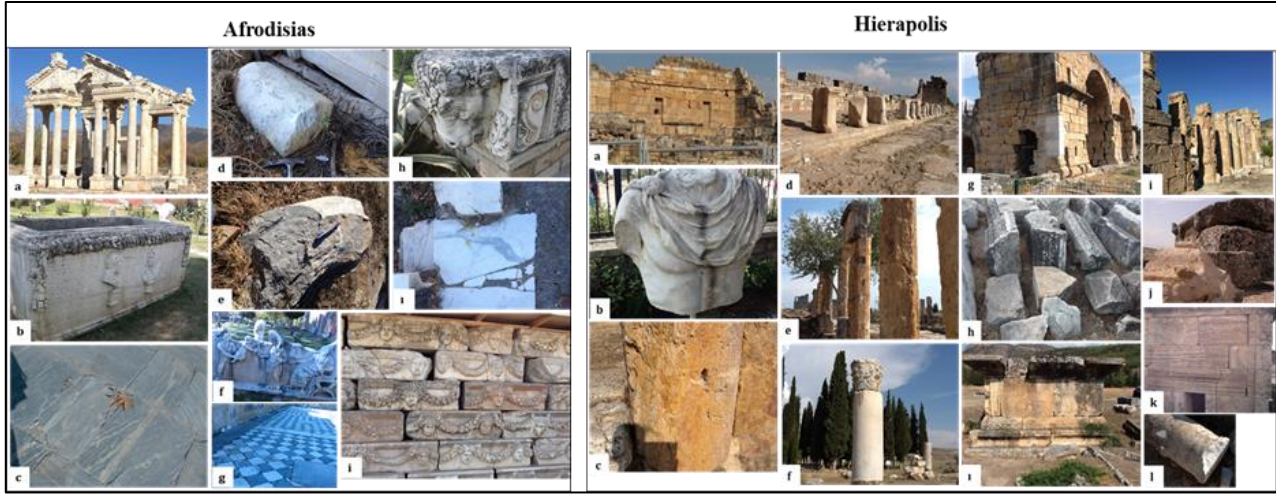
Çalışmanın amacı, antik kentler içerisinde önemli yeri olan Afrodiasis, Hierapolis antik kentlerinde kullanılan doğaltaşların köken ve türleri bakımından sınıflandırılması, doğaltaş türlerinin, gerek çevre jeoloji açısından, gerekse karakteristik özellikleri bakımından birbirleri ile karşılaştırılması, köken, cins, tür, petrografik ve kimyasal analiz sonuçları itibarı ile benzer veya aynı mermer türlerinin kullanılıp kullanılmadığını belirlemektir.

Çalışmada, doğaltaşların kimyasal analizleri için ICP-MS yönteminin yanında yeni bir yöntem olarak p-XRF (handheld portatif XRF/X-Ray Fluorescence Analyzers) kullanılmıştır. Bu yöntemle elde edilen kimyasal analiz sonuçları ICP-MS sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler ile kullanılabilir bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Yüzde ve ppm olarak elementel değerler sağlayan bu yöntem, kısa zamanlı ve ekonomiktir. Özellikle antik kentlerde kullanılan doğaltaşlardan örnek numune almak bir problemdir. Bu yöntemle yerinde, yapılar ve sanatsal yapıtlar üzerinde ölçüm yapmak, mümkündür. Diğer taraftan daha pratik ve yapılara zarar vermekten uzak bir yöntemdir. Diğer taraftan doğaltaşlar için, önerilen farklı iki sınıflandırma yapılmıştır. Bu kapsamda doğaltaşların kökeni, cinsi ve türü olmak üzere üç özellik belirlenmiştir. Her üç antik kentte kullanılan doğal taşlar, öncelikle bu özelliklere göre sınıflandırılmış ve tablolar oluşturulmuştur. Örneğin, doğaltaş köken grubu: Metamorfik, Doğaltaş cinsi: mermer, Doğaltaş türü: Orta kristalli beyaz renkli mermer biçimindedir. Bu sınıflandırma yönteminin önerilmesinin nedeni, özellikle antik kentlerde kullanılan doğaltaşların, kaynak antik ocaklarının ve bu ocakların yer aldığı formasyonların saptanmasında, farklı mermer lokasyonları ve mermer cinsi şeklinde değerlendirmelerin yanısıra payını azaltmaktır. Örneğin, aynı mermer ocağı içerisinde farklı seleksiyonda mermer türleri üretimi olması mümkündür. Bu farklılıklar, renk değişkenliğinde olabildiği gibi, kristal boyutlarında da olabilir. Bu durumda, antik kentlerde kullanılmış doğaltaşların kaynak ocak araştırmalarında, aynı mermer ocağının farklı seleksiyonları, değişik lokasyonlardan kaynaklı olarak değerlendirmek mümkün olabilmektedir. Çünkü, aynı ocağın seleksiyonlarında farklı yöntemli kimyasal analizlerde değişik sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu nedenlerle, çalışma kapsamındaki antik kentlerde kullanılan doğaltaşların sınıflandırması yapılırken, doğaltaş kökeni ve cinsi sınıflandırması yapılmış ve buna ilaveten doğaltaşın türü tanımlaması yapılmıştır. Bu tanımlamada, doğaltaşın kristal boyutu, renk değişkenliği dikkate alınmıştır.

İkincisi, doğaltaşları belirlemede önemli parametrelerden bir tanesi kristal boyutlarıdır. Antik kentlerde kullanılan doğaltaşların kristal boyutlarını sınıflandırmak için bazı referans kristalin mermer örnekleri seçilmiştir. Bilgisayarlı görüntü analiz yöntemi ile polarizan mikroskop kullanılarak mermerlerin tane boyutları ölçülmüş ve elde edilen veriler işlenerek, kristal boyutu, 100-250 µm arası ince, 250-1000 µm orta ve 1000 µm'den büyük olmak üzere, tane boyut skalası önerilmiştir. Hacimustafaoğlu (2017, 2019). Daha sonra aynı yöntem antik kentlerde kullanılan doğaltaş türleri için uygulanmıştır. Referans kristalin mermerler kullanılarak oluşturulan tane boyut skalasına göre, kristal boyut sınıfları belirlenmiş ve buna göre de sınıflandırma yapılmıştır. Antik kentlerde

kullanılan doğaltaşların tane boyut sınıflarını belirlemek için önerilen skalanın nedeni, literatürde tane boyutu ile ilgili birbirinden farklı değerlendirmeler ve boyut aralıkları verilmiş olması ve bu konuda standart bir sınıflamanın kullanılmamasıdır. Bu sebeple hem çalışma kapsamında incelen antik kentlerde kullanılan doğaltaşların tane boyut sınıflarını hem de genel anlamda tüm doğaltaşların tane boyut sınıflarını belirli bir standarda ifade etmek amaçlanmıştır.

Afrodiasis antik kentinde, şehrin ana yapılarında ve sanatsal eserlerinde kullanılan doğaltaşlar, metamorfik kökenli farklı renk ve yapıda, genellikle beyaz-beyazımsı gri, ince-orta tane boyutuna sahip, kristalin mermer cinsi doğaltaşlardır. Hierapolis antik kentinde kullanılan doğal taşlar yaygın olarak, metamorfik kökenli beyaz renkli, orta tane boyutuna sahip kristalin mermer ile, sedimenter kökenli çok ince taneli mikrokristalin kalsit ve fosil tanelerden oluşan değişik renkte kireçtaşı ile farklı renk ve desenlerde traverten türlerinden oluşmaktadır. Breşik çakıltası ve kalkerli kumtaşı özelliğinde olan doğaltaş türleri daha az oranda antik kente kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Afrodiasis ve Hierapolis antik kentinde kullanılan bazı mermer/doğaltaş örnekleri.

2. Yöntemler

2.1. Arazi Çalışmaları

Saha çalışmalarında, Afrodiasis ve Hierapolis antik kentlerinden sistematik olarak toplanan farklı özellikteki doğaltaş türleri numuneleri çalışmasının temel materyalleridir. Antik kentlerden örnek numune seçimleri yapılırken sahanın tamamı taranarak, doğaltaş türlerinin en yaygın kullanılmış ve mümkün olan en çok sayıda olmasına hassasiyet gösterilmiştir. Renk, yapı, doku değişiklikleri dikkate alınarak farklı cins ve türdeki doğaltaşlardan on adetten az olmamak üzere örnekleme yapılmıştır.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.2.1. Mineralojik Analizler

Afrodiasis ve Hierapolis antik kentlerinde kullanılan doğaltaşların detay mineralojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, alınan farklı doğaltaş numunelerinden içerdikleri ilksel tabakalanma ve foliasyon düzlemlerine dik, paralel ve vev yönlerde üçer adet ince kesit yaptırılmıştır. Olympus-Bx41TF polarizan mikroskop kullanılarak örneklerin detaylı petrografik analizleri yapılmıştır. TS EN 12407 doğaltaşlar deney metotları petrografik inceleme standardına uygun olarak yapılan çalışmada, doğaltaşların dokusal özellikleri ve mineral bileşimleri belirlenmiştir. Ayrıca kristal topluluğu şekli, boyut dağılımı ve tane sınır geometrisi sınıflandırması için Passchier ve Trouw, 1996'dan yararlanılmıştır. Dokusal ve bileşimsel sınıflandırmalarda Dunham (1962), Folk (1962), Flügel (2004)' ten yararlanılmıştır.

2.2.2. Tane Boyut Analizi

Mikroskoba entegre digital fotoğraf makinesi ile ince kesitler fotoğraflanmıştır. Bu fotoğraflar tane boyut ölçümleri için TCA-300 mikroskop kamera entegreli software view 7 programına aktarılarak bilgisayarlı görüntü analiz yöntemi kullanılmıştır. Mermer örneklerinden ortalama 500 tane boyut ölçümü yapılmıştır. Tanelerin her iki yönde boyutları ölçülmüş olup, ortalama değerler kullanılmıştır. Doğaltaş türlerinin ortalama ve maksimum tane boyutları belirlenmiştir. Her bir antik kente kullanılan doğaltaş türleri için sınıflandırma yapılmıştır. Referans mermer tane boyutları ile oluşturulan tane boyut skalası kullanılarak kristal boyut sınıfları belirlenmiştir.

2.3. Kimyasal Analizler

2.3.1. Temel Oksitler ve Eser Elementler

Antik kentlerden elde edilen örnek numunelerin çeşitlilikleri dikkate alınarak, her bir farklı örnek üzerinde İndüktif Eşlemeli Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry), kimyasal analiz yöntemi kullanılarak, oksit ve eser element bileşimleri belirlenmiştir. Analizler için örnekler, öncelikle 25-50 gr ağırlığında olacak şekilde 50 µm boyutunda

hazırlanmıştır. Bu işlem Dokuz Eylül Üniversitesi laboratuvarında yapılmıştır (Şekil 3). Hazırlanan numunelerin kimyasal analizleri Kanada Acme laboratuvarında yaptırılmıştır.

2.3.2. Elementel Analiz

Elementel analizler için, olympus marka, delta portatif x-ray fluorescence cihazı (P-XRF) kullanılmıştır (Şekil 4). Elementel analiz çalışmasında, tüm örnekler için ayrı olmak üzere ortalama on beş p-xrf ölçümü yapılmıştır.



Şekil 3: ICP 50 µm boyutunda numune hazırlama işlemi



Şekil 4: Portatif XRF elementel kimyasal analiz cihazı.

Ölçüm işleminde doğaltaş örneklerinin taze yüzeyleri kullanılmıştır. Her bir element için ölçülen değerlerin ortalaması değerlendirilmiştir. Daha sonra antik kentlerde kullanılan doğaltaş türlerinin P-xrf sonuçları ile ICP-MS değerleri karşılaştırılmıştır.

2.4. Jeolojik Haritalar

Afrodiasias, Hierapolis ve Sagalastos antik kentleri ve yakın çevresinin jeolojik yapı özelliklerinin belirlenmesinde, önceki yıllarda MTA tarafından hazırlanan 1/500 000, 1/ 100 000 ve 1/ 25 000 ölçekli jeoloji haritaları temel alınmıştır.

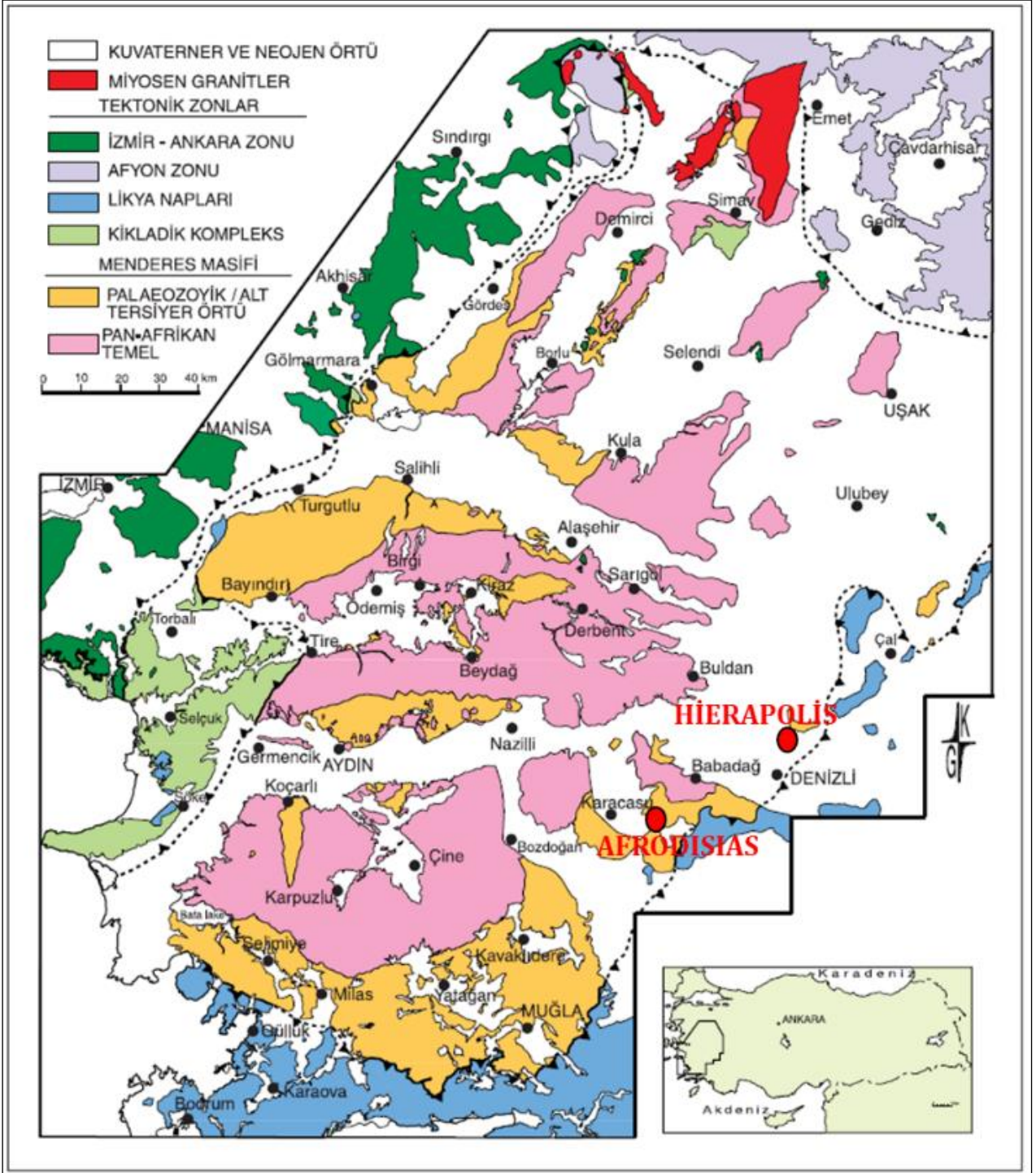
3. Araştırma Bulguları

3.1. Afrodisias

3.1.1. Genel Jeoloji

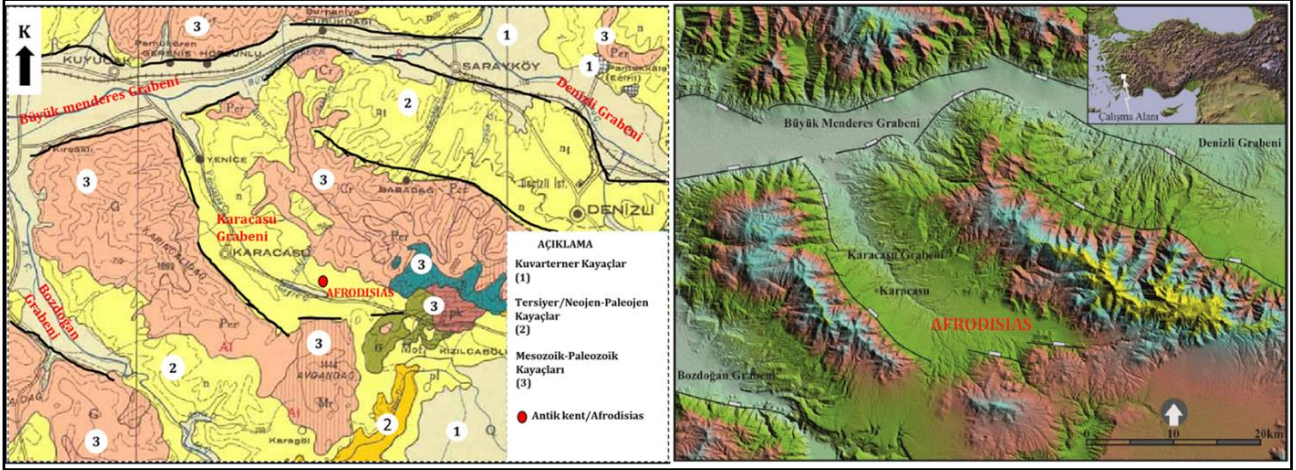
Aydın ili sınırları içerisinde bulunan Afrodisias antik kenti, tümüyle Menderes Metamorfik Masifi içinde yer almaktadır. Menderes Masifi kuzeyden İzmir Ankara ofiyolit zonu, güneyden ise Likya napları ile sınırlanan ve daha çok metamorfik kaya topluluklarından oluşan kristalin bir masiftir (Şekil 5). Önceki araştırmacılar (Dora ve diğ., 1992), Menderes Masifinin ana çizgilerde çekirdek ve kılıf olmak üzere iki farklı bölümden oluştuğunu belirtirler. Masifin çekirdek bölgesinde egemen olarak gnays, gözlü gnays, granitik gnays, disten şist ve sillimanit şist gibi yüksek dereceli metamorfik kayalar yer alır. Büyük bölümü ile kuvars şist, klorit şist, muskovit şist, sleyt, fillit ve mermer gibi düşük dereceli metamorfik kayalar masifin dış kısmında yer alır. Afrodisias, Muğla, Denizli ve Selçuk yöresinde günümüzde halen işletilen kristalin mermerlerin büyük bir bölümü, Menderes metamorfik istifinin en üst bölümünde yer alan kaya birimlerini oluşturur. Ege Bölgesinin büyük bölümünü kapsayan Menderes Masifi içinde KB, KD ve Doğu-Batı yönünde gelişmiş birçok graben yer alır. D-B gidişli genç grabenler günümüzde halen aktif olan genç faylarla sınırlanmış olup Kuvaterner yaşlı kalın bir alüvyon örtü ile doldurulmuştur. Bunlardan Büyük Menderes Grabeni ve bu grabeni sınırlayan aktif faylar Afrodisias antik kentinin 20 km kuzeyinden geçer. Menderes masifi içinde ve genelinde Batı Anadolu'da yer alan KB ve KD gidişli çöküntü alanları daha çok Neojen yaşlı karasal tortullar ile doldurulmuştur. KB ve KD gidişli Neojen havzalarını dolduran karasal tortul istif alttan üste doğru egemen olarak fluviyal ve gösel tortullar ile bunlara eşlik eden volkanitlerden oluşur. Afrodisias

antik kenti ana çizgilerde Menderes Masifi içinde gelişmiş olan KB-gidişli Karacasu Neojen havzası içinde yer alır. KB- gidişli büyüme fayları ile sınırlandırılmış olan Karacasu Neojen havzası, alttan üste doğru kaba kırıntılı fluviyal ve bunun üzerine gelen gösel tortullardan oluşur.



Şekil 5: Menderes Masifinin bölgesel jeolojik yapı içindeki genelleştirilmiş jeolojik haritası (Candan ve diğ. 2011), Afrodisias ve Hierapolis antik kentlerinin yeri.

Kuvaterner yaşlı alüvyonal yelpaze ve akarsu tortulları alta bulunan tüm Neojen tortullarını uyumsuz olarak üstler. Çalışmanın konusunu oluşturan Afrodisias antik kenti tümüyle KB-uzanımlı Karacasu havzasını dolduran Kuvaterner yaşlı alüvyonlar üzerinde bulunmaktadır (Şekil 6).

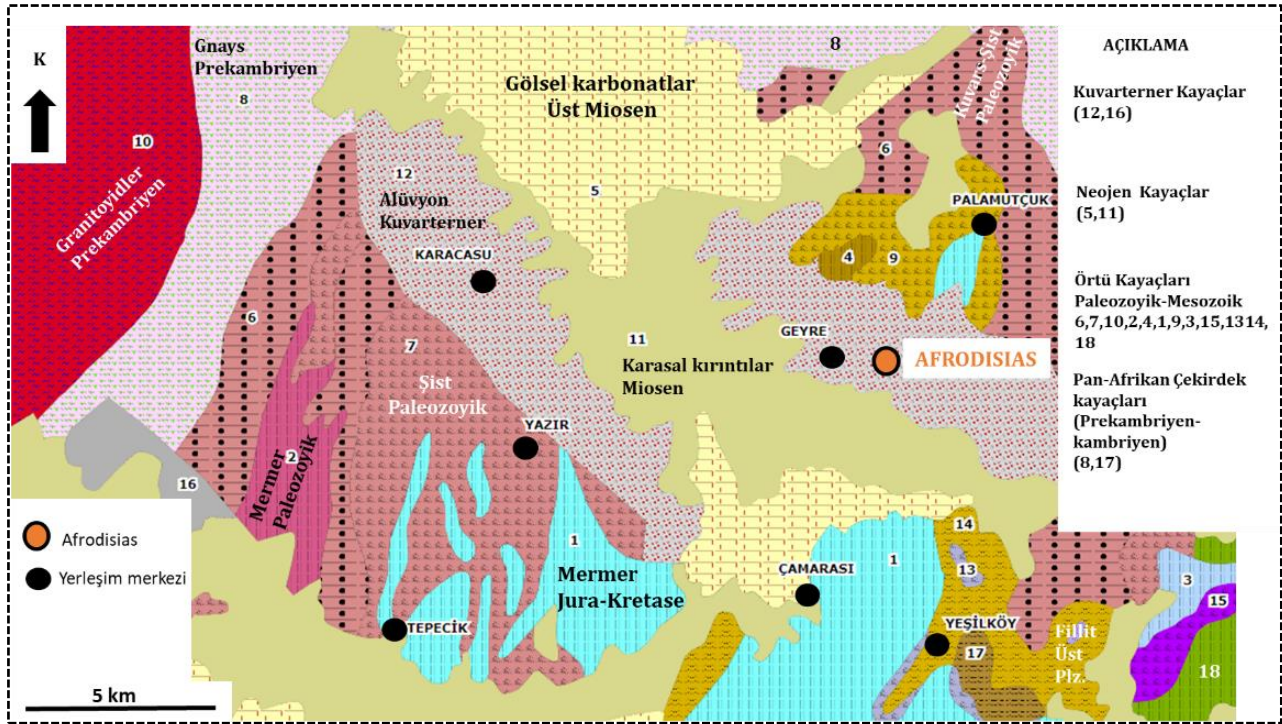


Şekil 6: Afrodisias antik kenti ve Kuzey-Batı uzanımı Karacasu Neojen havzası.

Daha önce bir çok araştırmacı tarafından çalışılmış olan Menderes Masifinin jeolojik ve stratigrafik özelliklerine ilişkin özet bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

Dora vd. (1992), araştırmacılar makalelerinde Menderes Masifi ile ilgili şu bilgileri aktarmıştır. Menderes Masifi'nin temelini gözlü gnays, granitik gnays, bantlı gnays ve migmatitten yapıları gnays birimi oluşturur. Gnays birimini uyumlu olarak metavolkanitler (dar anlamda leptitler) üstler. Son yıllarda gnays birimi ile metavolkanit birimi arasında yer alan, 5-300 m kalınlığında bir "mavi gözlü gnays" düzeyi bulunmuştur (Kun ve diğ., 1988). Bu düzey içinde bol miktarda, gnayslaşmamış leptit kalıntılarının gözlenmesi, bunların ilkel kayaçlarının leptitler gibi volkanik kökenli olduğunu göstermektedir (Kun ve Candan 1987). Gri açık pembe renkli olan metavolkanitler, kötü yapraklanmış, boynuztaşı benzeri kayalardan yapıdır ve kısmen porfirik doku sunarlar. Bu nedenle kayaların ilksel volkanik karakterleri hala tanınabilmektedir. Andezitten riyolite kadar değişen bir kimyasal bileşim sunarlar. Metavolkanit birimini, uyumlu bir dokanak ile şistler üstler. Bu şistlerin tabanında daha çok disten-stauroolit-granat şistler, egemenken, tavanında granat-mika şistler bolladır. Şistler içinde sürekli metakuvarsit, kuvars şist ve kuvars-muskovit şist arakatmanlarına rastlanır. Disten-stauroolit-granat şistlerde iri granat porfiroblastları kapsayan, koyu renkli amfibolit mercikleri yaygındır. Buna karşın tavan şistlerinde fillit ve kalkıştı düzeyleri artar. Menderes Masifinin şistlerini uyumlu bir dokanakla, platform tipi karbonatlı seriden türemiş, kalkıştı ve mermerler örter. (Kun ve Candan 1987). Tabanda şistler ile ardalanan olan ve iyi katmanlanmış sunan mermerler, tavana som, kaba taneli ve katmansız bir görünüm kazanırlar. Beyaz, som mermerlerin alt düzeyleri dolomitiktir; üst düzeylerinde zımpara cevherli kuşak yer alır. Mermer ve rekristalize kireçtaşlarının Üst Triyas-Üst Kretase yaşlı oldukları bildirilmektedir (Dün; 1975; Çağlayan ve diğ., 1980). Zımpara düzeyli mermerleri uyumlu olarak Menderes Masifi istifinin en üst birimini oluşturan Paleosen yaşlı, plakette kırmızı mermerler üstler, Menderes Masifi'nin metamorfik kaya istifi postmetamorfik granodiyoritikonaltik plütonlar ve bunların volkanik türevleriyle, daha genç gabroik plütonlar ve bunların volkanitleri tarafından katedilmektedir. Menderes Masifi çekirdek-örtü birimleri arasındaki dokanak ilişkileri uzun yıllardan beri tartışılmaktadır. Schuiling (1962), Graciansky (1965), Akdeniz ve Konak (1979), Bozkurt ve diğ. (1993, 1995), Hetzel ve Reischmann (1996) bu birimler arasında uyumsuzluk olabileceğini savunmuşlardır. Buna karşın Wipperm (1964) ve Akartuna (1965), Masifi oluşturan birimler arasında herhangi bir uyumsuzluk olmadığını, çekirdek ve örtü birimlerinin farklı metamorfizmaya uğradıkları halde aynı seriye ait olduklarını ifade etmişlerdir. Bazı yerlerde görülen uyumsuzlukları ise Başarır (1976), Masifi'nin orta kesiminin dom şeklinde yükselmesiyle şistlerin uç kısımlarında oluşan bükülmelere ve yeşil şistlerin altına gelen almandin-amfibolit fasiyesindeki kayaların yer yer ergiyerek migmatitleşmesi sonucu değişmesine bağlamaktadır. Konak (1985)'a göre çekirdeği oluşturan ve Çine Grubu olarak adlandırılan kayalar ile Kavaklıdere Grubu adı verilen örtü birimleri arasında taban çakıltaşı ile tanımlanan bir uyumsuzluk bulunmaktadır.

Dora, (2011), araştırmacı Menderes Masifindeki jeolojik araştırmalar sürecini inceleyen çalışmasında, şu tespitleri yapmıştır. Menderes Masifinin Pan-Afrikan temeli, paragnays ve onu üzerleyen şist birimlerinden yapıları monoton metakirintili serisi ve bunları kesen metagabro ve farklı türde gnays ve metagranitlerden yapıdır. Temeli, kuvarsit ve metaçakıltaşlarıyla başlayan Erken Paleozoyik metakirintili serisi uyumsuz olarak örter. Şistlerle devam eden Paleozoyik istif, siyah renkli, Permo-Karbonifer yaşlı Göktepe mermerleriyle sonlanır. Gerek Pan-Afrikan temele, gerekse Paleozoyik seriye Alpin metamorfizmaya ortognaysa dönüşmüş, Erken Triyas yaşlı lökokratik granitoidler sokulmuştur. Masifi'nin Mesozoyik istifi olasılı Geç Triyas yaşlı metaçakıltaşları kapsayan metakumtaşı birimiyle başlayıp, Jura-Kretase yaşlı dolomitik ve masif mermerlerle devam eder. Alt düzeylerinde zımpara mercikleri, üst düzeylerinde ise rudist fosilleri kapsayan platform tipi masif mermerleri geç Kampaniyen-geç Maastrichtiyen yaşlı kırmızı renkli, plakette pelajik mermerler uyumlu olarak üzerler. İstifin en üst birimini de, plakette mermerleri uyumlu olarak üstleyen Orta Paleosen yaşlı filiş türü olistostromal kayalar oluşturur. 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasında Afrodisias antik kenti yakın çevre jeolojisi (Şekil 7).



Şekil 7: Afrodiasia antik kenti ve çevresinin 1/500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası üzerindeki konumu (MTA,2019)

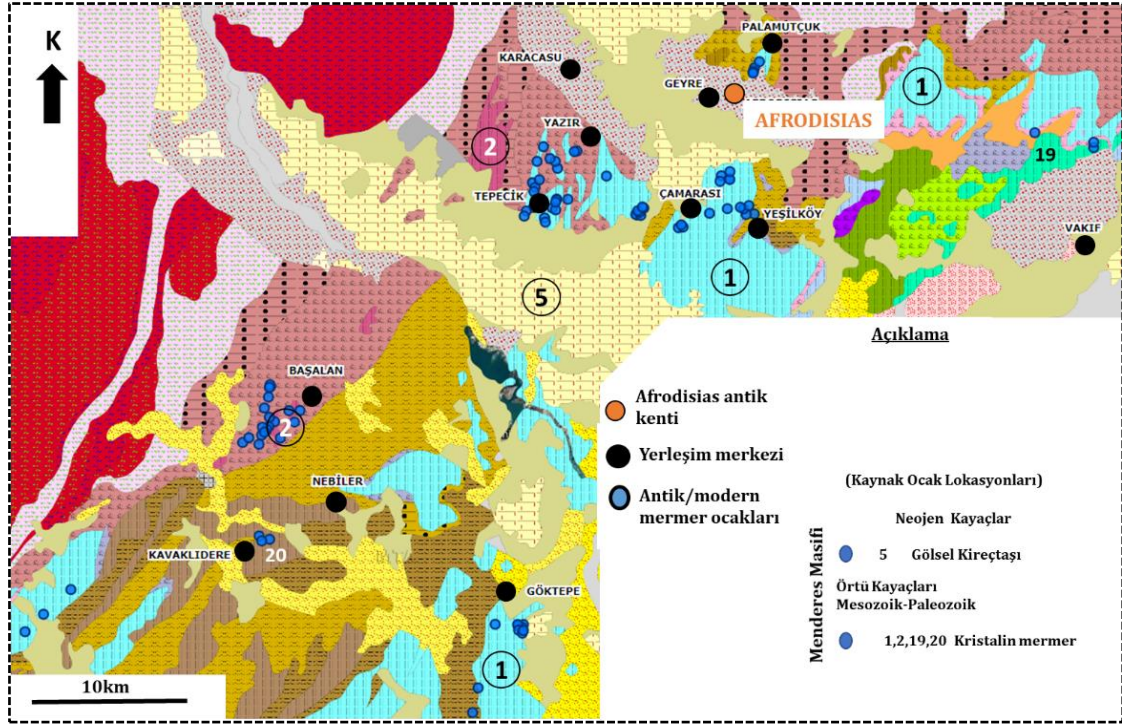
3.1.2. Afrodiasia Çevresinde Bulunan Mermer Ocakları

Afrodiasia antik kentinde kullanılan mermer/doğaltaşlar baskın olarak metamorfik kökenlidir. Bu mermerler, İnce-orta tane boyutuna sahip, genellikle beyaz, beyaz-gri, beyaz-grimsi siyah ve grimsi-siyah renk değişkenliklerine sahiptir. Temel olarak kalsit mineralinin oluşturduğu bu tip mermerler ortalama %90-100 arasında kalsiyum karbonat bileşimine sahiptir.

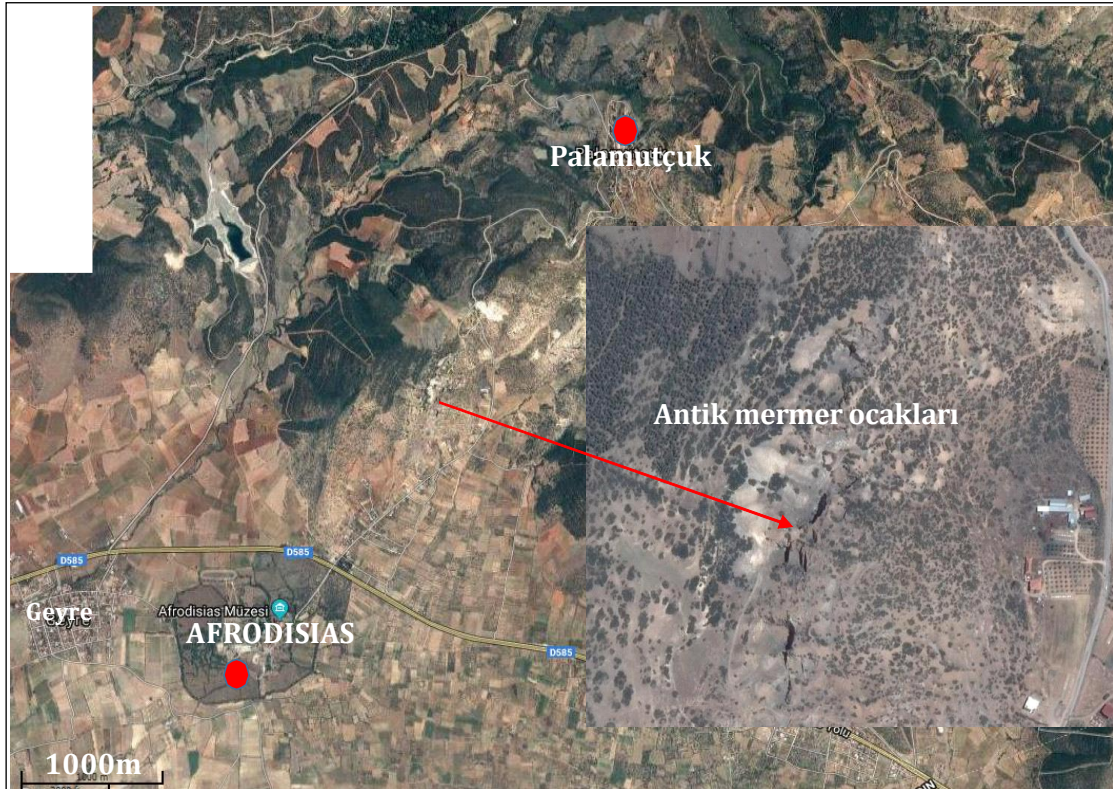
Antik kentin çevresinde 1-2 km ve kuş uçuşu 50-70 km arasında değişen uzaklıklarda çok sayıda antik ve modern mermer ocakları mevcuttur. Bu mermer ocakları Menderes Masifi'nin çekirdek ve örtü serisi içerisinde yer alan Permo-Karbonifer ve Trias-Jura-Kretase yaşlı kristalin mermer litolojisi içerisinde bulunmaktadır.

Afrodiasia antik kenti mermer/doğaltaşlarının ana kaynağını oluşturan mermer ocağı havuzu içinde, kentin 1-2 km Kuzey-Doğusunda Palamutçuk tepe civarında, Jura-Kretase yaşlı kristalin mermer litolojisidir. Genellikle beyaz ve beyaz-grimsi beyaz renkli çok sayıda antik kent ocakların yer aldığı bu alan, en önemli mermer blok üretim lokasyonudur. Diğer taraftan, Vakıf beldesi kuzeyinde ve antik kentin doğusunda yer alan orta Jura-Kretase yaşlı kristalin mermerler içinde doğaltaş üretimi yapılan antik ocaklar mevcuttur. Afrodiasia antik kentinin Güney ve Güney Batısında, yaklaşık 10-15 km mesafede bulunan, Yazır, Tepecik, Çamarası ve Yeşilköy civarında yoğunlaşmış, Jura-Kretase yaşlı kristalin mermerler içerisinde yer alan çok sayıda antik mermer ocağı, blok tedarik etmek için uygun lokasyonlardır. Antik dönemde karbonat kaya anlamıyla "mermer" olarak kullanılan ocakların tamamına yakını; Babadağ napına ait Jura-Kretase (Palamutçuk civarı) ve Paleosen mermerleri ile Göktepe napının (olası Liyas ve Santoniyen-Kampaniyen yaşlı) mermerleri (Çamarası-Yeşilköy/Göktepe civarı ve Karıncalıdaki napının Geç Paleozoyik yaşlı mermerleri (Yazır-Tepecik civarı) içinde gözlenir (Çakmakoglu, 2017). Antik kent Güney batısında, Başalan civarı Paleozoik şistlerde mercerler şeklinde olan, paleozoik yaşlı kristalin mermerler içerisinde bulunan antik ve modern ocaklar ile Kavaklıdere çevresinde Permo-Karbonifer yaşlı kristalin mermer cinsi antik/modern ocaklar, Afrodiasia antik kenti mermer/doğaltaş kaynak havuzu içerisinde yer alır. Çalışma kapsamında, antik kentlerde kullanılan kristalin mermerlerin tane boyutlarını belirlemek için, referans kristalin mermerler içerisinde Muğla-Aydın civarı mermerleride incelenmiştir. Afrodiasia antik kentinde kullanılan mermer/doğaltaş türlerinin detaylı inceleme sonuçları değerlendirildiğinde, "Şekil 8'de verilen haritada koordinatlı olarak işaretlenen antik/modern mermer ocak lokasyonları", Palamutçuk, Yazır, Çamarası, Yeşilköy civarında Jura- Kretase yaşlı, genellikle beyaz renkli, beyaz-grimsi-siyahımsı renkli kristalin mermerler blok üretim havuzu içerisinde yer almaktadır. Afrodiasia antik kentinin yakınında bulunan zengin, kaliteli mermer ocakları, çevre jeoloji etkinliğini ve kent için genellikle otokton (yakın çevreden) bir doğaltaş kullanımının baskın olduğunu göstermektedir. Oysa Afrodiasia antik kentinin çok uzağında olmayan ve faaliyet dönemleri çakışan, Hierapolis ve Sagalosos antik kentlerinde, sanatsal veya yapı amaçlı kullanılan traverten, kireçtaşı türü doğaltaşlar tercih edilmemiştir. Hierapolis ve Sagalosos antik kentleri, yaygın kullanılan doğaltaş rejimi bakımından da aynıdır. Bu açıdan ifade edilen tez, antik kentler için geçerli bir durumdur.

Afrodiasia antik kenti çevresinde bulunan mermer ocaklarına uydu haritası üzerinden bakıldığında, kente yakın mesafede genellikle kristalin mermer ocaklarının mevcut olduğu görülmektedir (Şekil 9). Antik kent çevresinde bulunan fakat daha uzak mesafede olan, değişik renk ve cinslerde mermer ocakları olmasına rağmen öncelikli kullanım tercihi gözükmemektedir.



Şekil 8: Afrodiasia antik kenti çevresinde bulunan antik/modern mermer ocaklarının 1/500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası üzerindeki lokasyonları (MTA,2019).



Şekil 9: Afrodiasia antik kenti Kuzey-Doğu Palamutçuk Tepe Jura-Kretase yaşlı kristalin mermerler içinde antik ocaklar.

3.1.3. Afrodias Kentinde Kullanılan Doğal Taşların Petrografik Özellikleri

3.1.4. Litolojik Özellikler

Afrodias antik kentinde kullanılan sekiz mermer/doğaltaş tipi belirlenerek, petrografik karakterleri bakımından ayrı ayrı incelemeleri yapılmıştır. Afrodias antik kenti doğaltaşları makro ve mikro petrografik karakterleri bakımından yedi farklı şekilde sınıflandırılmıştır. A1, A2, A3, A4-A7, A6, A9, A10 örneklerinin Tablo 1’de detay petrografik özellikleri verilmiştir.

Tablo 1: Afrodias kristalin mermerlerin ortalama ve maksimum kristal boyutları.

Mermer	Krital boyut dağılımı	Kristal sınır geometrisi	Kristal şekli	Doku tipi	Doku: Sıklıkla görülen özellikler
A1	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> özşekilsiz	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, kristallerde yönelme, deformasyon ikizleri, 120° lik (triple points) açıdan yaygın sapma polikromatik, ince kristal
A2	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> özşekilsiz	HB	Polimineralik, şisti yapı, grimsi-siyah renkli bantlar, kalsitlerde polisentetik ikizlenme, kristallerde yönelme, deformasyon ikizleri, 120° lik (triple points) açılar çok yaygın değil, %3 kuvars, %3 dolomit, polikromatik, ince kristal
A3	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> özşekilsiz	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, kalın lameller, deformasyon ikizleri, kristallerde yönelme ve bozulma, 120° lik (triple points) açı az, saçınmış az kuvars minerali, beyaz-grimsi damarlı, polikromatik, orta kristal
A4-A7	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> özşekilsiz	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, kalın lameller, deformasyon ikizleri, kristallerde yönelme ve bozulma, 120° lik (triple points) açı az, beyaz renkli monokromatik, orta kristal
A6	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> özşekilsiz	HB	Monomineralik, yaygın polisentetik ikizlenme, deformasyon ikizleri, kristallerde yönelme, 120° lik (triple points) açı az, saçınmış az kuvars minerali, monokromatik, orta kristal
A9	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> özşekilsiz	HB	Polimineralik, polisentetik ikizlenme, deformasyon ikizleri, kristallerde yönelme, 120° lik (triple points) açı az, %5 dolomit, polikromatik, orta kristal
A10	Seriate	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> özşekilsiz	HB	Polimineralik, polisentetik ikizlenme, kristallerde yönelme, bozulma, deformasyon ikizleri, kristal sınırları yaygın eğrisel, 120° lik (triple points) açılar çok az, %15 dolomit, saçınmış belirgin kuvars minerali,, polikromatik siyah/beyaz renkli deforme kalsit damarları, ince kristal

Afrodias antik kenti kristalin beyaz mermer cinslerinden, A4 ve A7 beyaz renkli türlerin makro ve mikro petrografik özellikleri sonuçlarından hareketle, bu örneklerin aynı olduklarını tespit edilmiştir.

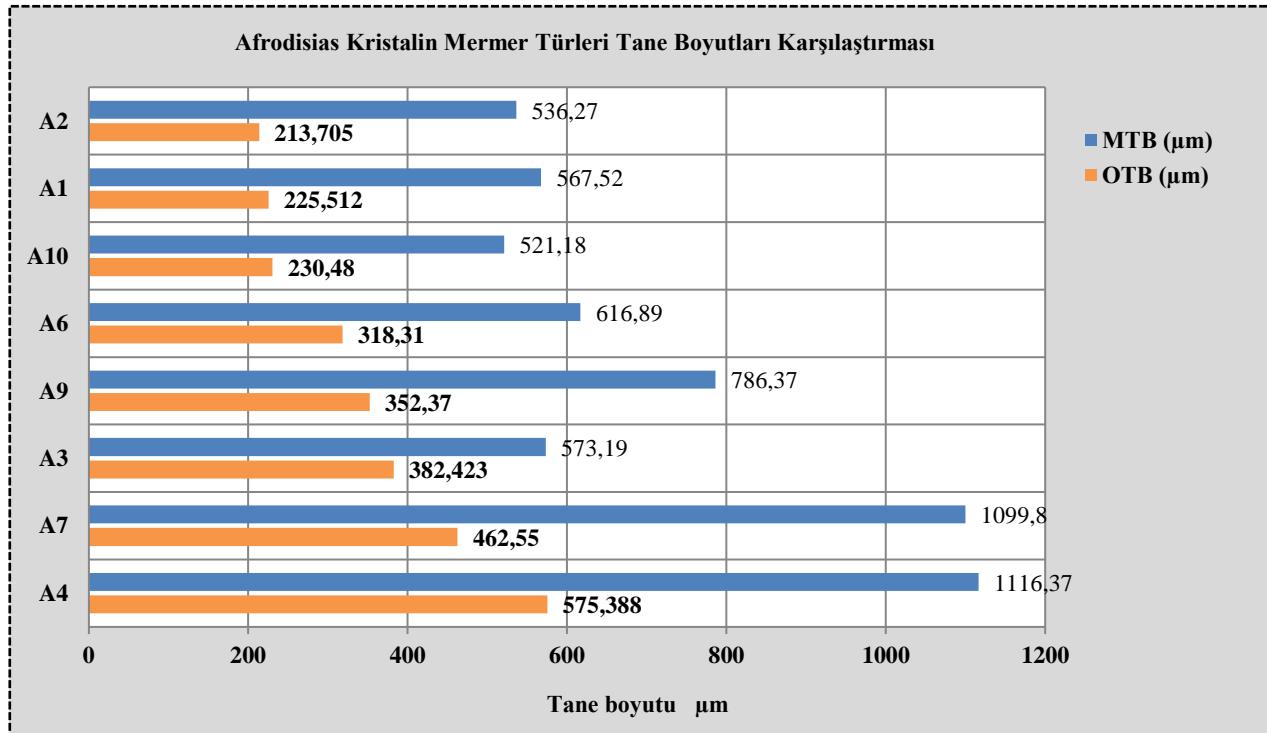
3.1.5. Afrodissias Mermerleri Kristal Boyutları

Afrodissias antik kentinde kullanılan doğaltaşların, bilgisayarlı görüntü analiz yöntemi kullanılarak ortalama ve maksimum tane boyutları belirlenmiştir. Örneklerinden ortalama 500 tane boyut ölçümü yapılmıştır. Tanelerin her iki yönde boyutları ölçülmüş olup, ortalama değerler kullanılmıştır. Ölçümler sonucunda Afrodissias antik kentinde kullanılan doğaltaşların ortalama tane boyutları, 213 µm ile 575 µm arasında, maksimum kristal boyutları ise 536 µm ile 1116 µm aralığında olduğu saptanmıştır (Tablo 2).

Tane boyutları grafik karşılaştırmasında A4 ve A7 türü doğaltaşların ortalama ve maksimum kristal boyutları bakımından çok yakın değerler gösterdiği ve petrografik özellikleri doğrular nitelikte aynı mermer türü olduğu belirlenmiştir (Şekil 10).

Tablo 2: Afrodissias kristalin mermerlerin ortalama ve maksimum kristal boyutları.

Afrodissias kristalin mermerleri	Kristal boyut ölçüleri (µm)	
	Ortalama Tane Boyutu (OTB)	Maksimum Tane boyutu (MTB)
A2	213,705	536,27
A1	225,512	567,52
A10	230,48	521,18
A6	318,31	616,89
A9	352,37	786,37
A3	382,42	1075,19
A7	462,55	1099,8
A4	575,38	1116,37



Şekil 10: Afrodissias kristalin mermerlerin Ortalama tane boyutu (OTB) ve maksimum tane boyutu (MTB) karşılaştırma grafiği. A: Afrodissias kristalin mermer türleri.

Afrodissias kristalin mermerlerinin ölçülen ortalama kristal boyutları değerlendirilerek kristal boyut sınıfları belirlenmiştir (Tablo 3.3).

Tablo 3: Afrodisias kristalin mermer türleri ve kristal boyut sınıfları.

Afrodisias mermer tipleri	OTB	Kristal Boyut sınıfı	Afrodisias Mermer Türleri
A2	213,705	İnce kristal	İnce kristalli Grimsi beyaz renkli/ grimsi siyah damarlı şisti mermer türü
A1	225,512	İnce kristal	İnce kristalli Siyah/grimsi –siyah renkli, kalsit damarlı mermer türü
A10	230,48	İnce kristal	İnce kristalli siyah renkli/kalsit damarlı mermer türü
A6	318,31	Orta kristal	Orta kristalli grimsi beyaz mermer türü
A9	352,37	Orta kristal	Orta kristalli beyaz renkli/ grimsi-siyah desenli mermer türü
A3	382,42	Orta kristal	Orta kristalli beyaz renkli-grimsi siyah damarlı mermer türü
A7- A4	462,55-575,38	Orta kristal	Orta kristalli beyaz renkli mermer türü

Afrodisias antik kentinde kullanılan doğal taşlar makro ve mikro petrografik özelliklerinin incelenmesi ile elde edilen verilere göre, köken grup, doğaltaş cinsi kristal boyutu ve doğaltaş türü tanımlamaları ile sınıflandırma ölçeği yapılmıştır.

3.1.6. Afrodisias Kentinde Kullanılan Dağal Taşların Kimyasal Özellikleri

3.1.7. İndüktif Eşlemeli Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS)

Afrodisias antik kentinde kullanılan doğaltaş örnekleri farklı türleri üzerinde ICP-MS yöntemi ile farklı sayılarda yapılan kimyasal analizler sonucunda, elde edilen % temel oksit ve iz element (ppm) sonuçları Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4: Afrodisias doğaltaş türlerinin majör oksit kimyasal bileşimleri.

ICP/%	A1	A2	A3	A4	A6	A7	A9	A10	DL
Numune/sayısı	N10 _{or}	N11 _{or}	N10 _{or}	N10 _{or}	N10 _{or}	N10 _{or}	N12 _{or}	N13 _{or}	
SiO ₂	1.03	2.81	1.34	0.03	1.31	0.04	0.32	1.87	0.01
Al ₂ O ₃	0.51	0.65	0.58	0.01	0.72	0.01	0.09	0.73	0.01
Fe ₂ O ₃	0.24	0.36	0.62	0.04	0.34	0.04	0.13	1.52	0.04
MgO	0.54	2.53	0.8	0.3	0.75	0.34	2.34	6.89	0.01
CaO	54.46	50.73	53.84	56.74	53.71	56.61	52.86	44.75	0.01
Na ₂ O	0.02	0.06	0.05	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01
K ₂ O	0.09	0.12	0.09	0.01	0.18	0.01	0.01	0.09	0.01
TiO ₂	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01	0.06	0.01
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01
MnO	0.01	0.01	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01
Cr ₂ O ₃	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.068	0.002	0.002	0.002
LOI	43.0	42.5	42.5	42.9	42.9	42.8	44.1	43.7	-5.1
SUM	99.97	99.93	99.99	99.97	99.97	99.95	99.95	99.84	0.01
ICP/ppm	A1	A2	A3	A4	A6	A7	A9	A10	DL
Ba	9	11	<5	<5	10	<5	5	25	5
Ni	<20	<20	33	<20	<20	<20	<20	<20	20
Sr	124	1088	138	148	191	130	263	1184	2
Zr	6	<5	11	<5	7	<5	<5	13	5

Y	<3	<3	4	<3	3<	<3	<3	7	3
Nb	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6	5
Sc	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1<	1
LOI	43.0	42.5	42.5	42.9	42.9	42.8	44.1	43.7	-5.1
SUM	99.97	99.93	99.99	99.97	99.97	99.95	99.95	99.84	0.01

Bu veriler değerlendirildiğinde, Afrodiasis doğaltaşlarında CaO %44.75 ile 56.74 arasında değere sahiptir. Petrografik incelemelerde de tespit edilen ve baskın mineral olarak kalsit kristalinden oluşan bu doğaltaşların, kimyasal analizlerinde de CaO içeriği belirleyicidir.

3.1.8. Afrodiasis Portatif X-Ray Fluorescence (P-XRF)

Afrodiasis doğaltaş türlerinin % ve ppm elementel analiz sonuçları (Tablo 5)'te verilmiştir. Afrodiasis antik kenti kristalin mermerlerinin Ca, Mg, Sr, Fe ve Si elementel içerikleri ICP-MS ve P-XRF karşılaştırması ile birbirine uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 5. Afrodiasis doğaltaş türlerinin p-xrf elementel bileşimleri.

kristalin Afrodiasis mermer türleri	%					ppm			
	Ca	Fe	Si	Al	Mg	Sr	Zr	Y	Nb
	Ölçüm sayısı								
	15 (A1)	17 (A2)	14 (A3)	15 (A4)	16 (A6)	14 (A7)	13 (A9)	14 (A10)	
	Ortalama								
A1	43,6125	0,2117	0,6808	0,4059	0,3	120,75	11	8	0
A2	41,96	0,1849	2,46	0,3786	1,47	1117,5	22,75	0	0
A3	43,08	0,6204	0,4197	0,3837	0,45	139	17	12	0
A4	44,59	0,0136	0,1341	0	0,189	134,6	0	0	0
A6	40,57	0,34	0,83	0,47	0,398	174,1	11,6	7	15
A7	43,56	0,2	0,2	0	0,2	127,25	0	0	0
A9	39,43	0,082	0,151	0,1	1,48	290	0	0	0
A10	32,5	1,072	0,89	0,9	4,25	1190	12	0	0

3.1.9. Afrodiasis Antik Kenti Doğal Taşlarının Sınıflandırılması

Afrodiasis antik kentinde kullanılan doğaltaşlar, makro-mikro petrografik özellikleri, kristal boyutları ve kimyasal bileşimleri açısından yedi farklı doğaltaş türü olarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmada, doğaltaş kökeni, doğaltaş cinsi, saptanan kristal boyut sınıfı ve doğaltaş türü şeklinde parametreler kullanılmıştır (Tablo 6).

Tablo 6: Afrodiasis antik kenti doğaltaş türleri.

APHRODISIAS ANTİK KENTİ DOĞALTAŞLARI VE SINIFLANDIRMASI				
	Doğaltaş Köken Grubu	Doğaltaş Cinsi	Kristal Boyut sınıfı	Doğaltaş Türü
1	Metamorfik	Mermer	İnce kristal	İnce kristalli siyah/ grimsi –siyah renkli, kalsit damarlı mermer türü
2	Metamorfik	Mermer	İnce kristal	İnce kristalli grimsi beyaz/renkli grimsi siyah damarlı şisti mermer türü
3	Metamorfik	Mermer	Orta kristal	Orta kristalli beyaz -grimsi siyah damarlı mermer türü
4-7	Metamorfik	Mermer	Orta kristal	Orta kristalli beyaz renkli mermer türü
5	Metamorfik	Mermer	Orta kristal	Orta kristalli grimsi beyaz mermer türü
6	Metamorfik	Mermer	Orta kristal	Orta kristalli beyaz renkli/grimsi-siyah desenli mermer türü
8	Metamorfik	Mermer	İnce kristal	İnce kristalli siyah renkli/kalsit damarlı mermer türü



3.2. Hierapolis

3.2.1. Genel jeoloji

Hierapolis antik kentini içinde bulunduran çalışma alanı, Büyük Menderes Grabeninin kuzey kenarında içerisinde yer alır. Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Gediz Grabenleri, Ege Bölgesinin büyük bölümünü kapsayan Menderes Metamorfik Masifi içinde gelişmiş en önemli çöküntü alanlarıdır. Başlıca doğu-batı yönünde uzanım gösteren bu çöküntü alanları, her iki yanı faylarla sınırlanmış simetrik grabenleri oluşturur. Şaroğlu (1987), Şengör (1987), ile Sözbilir ve diğ. (2001), doğu-batı uzanlı Ege graben sistemlerinin, Geç Miyosen döneminden buyana Batı Anadolu'yu etkileyen Kuzey-Güney yönlü çekme kuvvetlerinin etkisi altında geliştiğini belirtirler. Barka ve diğ. (1995), Ege Bölgesinin kuzey-güney yönünde yılda 3cm'ye ulaşan bir hızla genişlediğini belirtirler. Batı Anadolu'da kuzey-güney doğrultusunda meydana gelen bu hızlı genişleme, Ege Grabenlerini sınırlayan Doğu-Batı uzanlı normal fayların aktif olmasını sağlayan en önemli nedenlerin başında gelir.

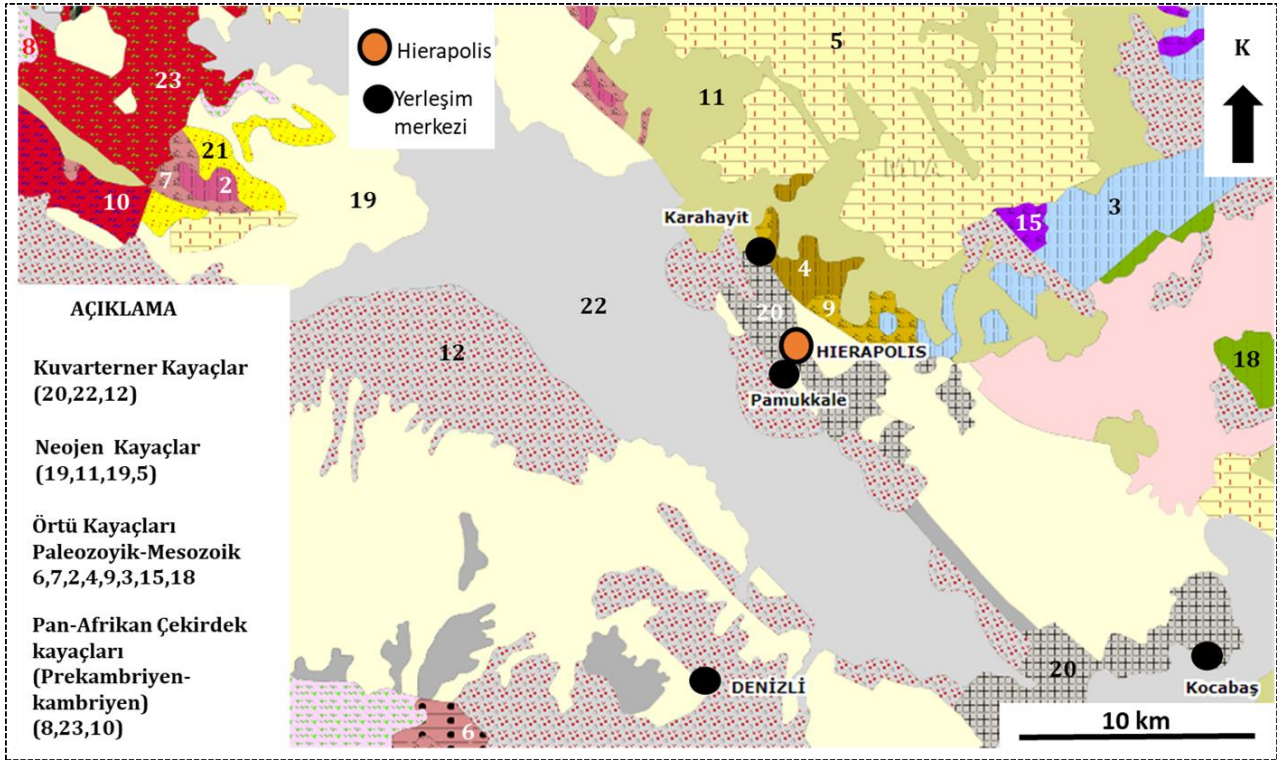
Büyük Menderes Grabeni, doğu-batı yönünde 180 km uzunluğa ve 10-20 km arasında değişen genişliğe sahip, Batı Anadolu'nun en önemli çöküntü alanlarından biridir. Büyük Menderes Grabenini, kuzeyden ve güneyden sınırlayan normal faylar, bazı alanlarda kuzey-güney uzanlı doğrultu atımlı faylarla kesilmiştir. Grabeni sınırlayan D-B uzanlı normal faylar, çoğu yerde birbirine koşut gelişmiş basamaklı yapı özelliği gösteren aktif fay sistemlerinden yapıldır. Sözbilir ve diğ. (2001), grabeni sınırlayan fayların Geç Miyosenden bu yana aktif olduğunu belirtir.

Büyük Menderes Grabeninin doğu bölümünü oluşturan Denizli ovası Neojen yaşlı karasal tortulların yanı sıra, Kuvaterner yaşlı traverten oluşukları ve alüvyonlar tarafından doldurulan bir çöküntü ovasıdır. Beyaz renkli travertenleri ile ünlü Pamukkale ve Hierapolis antik kentleri bölgede KB-GD yönünde uzanım gösteren Denizli grabeninin kuzey kenarında yer alır. Pamukkale ve Hierapolis antik kentlerinin yakın çevresinde yer alan güncel travertenleri ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı kırıntılı tortulları kesen, KB-GD uzanlı faylara bağlı olarak, bazı kesimlerde topografyada yanal olarak izlenebilen eşikler gelişmiştir. Bu faylara bağlı gelişen eşiklerin varlığı, Büyük Menderes grabenini kuzeyden sınırlayan fayların diri ve aktif olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

Diğer taraftan, güncel traverten, alüvyonal yelpaze ve birikinti koni oluşuklarının grabenin kuzey kenarında daha yaygın olması ve bunun yanı sıra deprem episantır merkezlerinin daha çok grabenin kuzey kenarı boyunca dizilmiş olması, Büyük Menderes grabenini kuzeyden sınırlayan fayların, güneyde bulunan faylara göre daha aktif olduğunu gösterir.

Hierapolis antik kentinin bulunduğu alan, tümüyle Büyük Menderes grabeninin kuzeyinde bulunan Neojen yaşlı karasal birimler ile bunları üstleyen traverten, alüvyonal yelpaze ve akarsu tortulları üzerinde yer almaktadır. Bölgede geniş yayılım gösteren Neojen yaşlı karasal tortullar, alttan üste doğru flüviyal ve gölsel tortullardan yapıldır. Neojen karasal istifinin en altında bulunan flüviyal

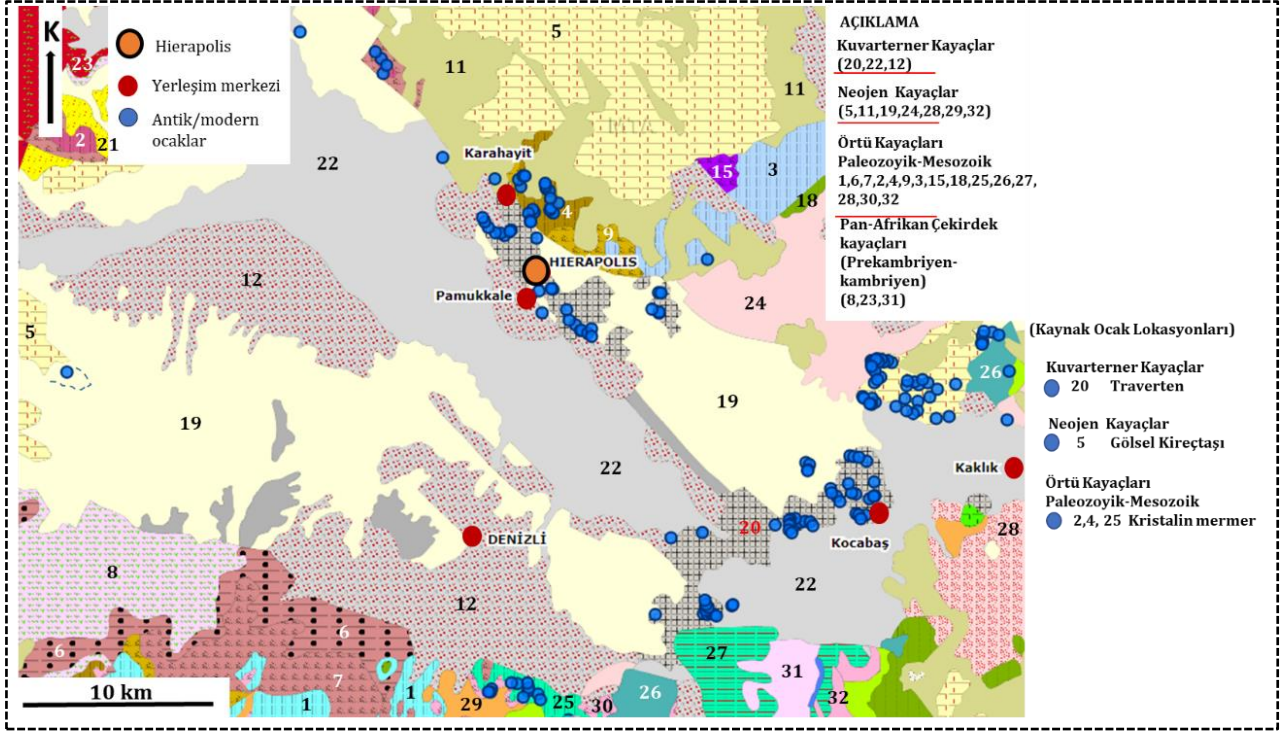
tortullar egemen olarak yersel çapraz katmanlı çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşlarından yapıldır. Neojen istifinin üst bölümünde yer alan gölsel tortullar büyük bölümü ile kalkerli çamurtaşı, kıltaşı, marn, killi kireçtaşı ile bunlara eşlik eden traverten ve gözenekli kireçtaşlarından yapıldır (Şekil 11).



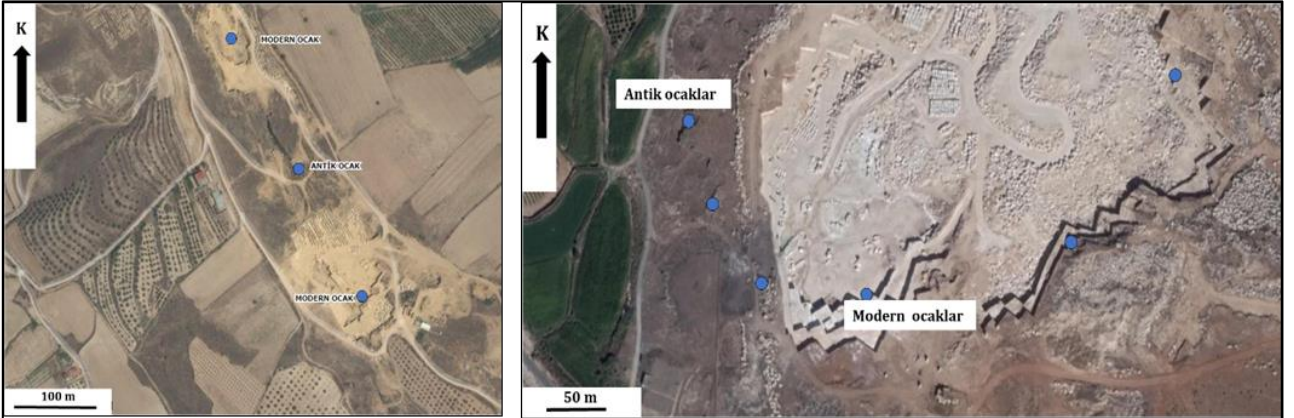
Şekil 11. Hierapolis antik kenti ve yakın çevresinin 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası üzerindeki konumu (MTA,2019).

3.2.2. Hierapolis Çevresinde Bulunan Mermer Ocakları

Hierapolis antik kentinde kullanılan mermer/doğaltaşlar metamorfik ve sedimenter kökenlidir. Metamorfik kökenli olan doğaltaş tipleri kristalin mermer cinsidir. Bu mermerler, orta tane boyutuna sahip, genellikle beyaz, beyaz-gri, grimsi renk değişkenliklerine sahiptir. Temel olarak kalsit mineralinin oluşturduğu bu tip mermerler ortalama %98-100 arasında kalsiyum karbonat bileşimine sahiptir. Sedimenter kökenli olan doğaltaş tipleri ise traverten, kireçtaşı, breşik çakıltaşı ve kumtaşı cinsidir. Traverten cinsi mermerler çok ince kristal boyutuna sahip olup, renkleri beyaz, sarımsı beyaz, beyazımsı-krem(bej), beyazımsı-açık kırmızı, sarı-sarımsı bej, kahverengi renk aralığında değişmektedir. Mikrokristalin kalsit bileşime sahip, çok ince kristalli olan kireçtaşı cinsi mermerler ise, beyazımsı açık krem (light bej-açık bej) ve sarımsı renklidir. Breşik konglomeratik çakıltaşı ve kumtaşı cinsi mermerler ise kırmızımsı-beyaz ve sarımsı-beyaz damarlı renklidir. Antik kentin çevresinde çok sayıda antik ve modern mermer ocakları mevcuttur. Bu mermer ocakları, Pamukkale, Karahayit, Kocabaş, Kaklık ve Denizli güneyinde yoğunlaşmıştır. Mermer ocak lokasyonlarının bir kısmı, Menderes Masifi'nin çekirdek ve örtü serisi içerisinde yer alan Paleozoik (Permo-Karbonifer) ve Mezozoik (Trias-Jura-Kretase) yaşlı kristalin mermer litolojisi içerisinde bulunmaktadır. Mermer ocaklarının diğer bir bölümü ise Neojen (Üst Miosen) yaşlı gölsel kireçtaşları ve Kuvarterner yaşlı traverten litolojisinde yer alır. Bu litolojiler içerisinde koordinatlı olarak yerleştirilen antik/modern mermer ocakları kentin mermer/doğaltaş kaynak havuzunu oluşturur (Şekil 12). Hierapolis antik kenti yakın çevresine uydu haritası üzerinden bakıldığında Kuzeybatı ve Güneydoğuda, doğaltaş/mermer kaynak ocak havuzu içerisinde yer alan yakın mesafede çok sayıda ocak lokasyonu bulunmaktadır. Kent çevresindeki bu antik/modern ocak lokasyonları kristalin mermer, traverten ve kireçtaşı cinsi doğaltaşlardır. Hierapolis antik kentinin yakınında zengin kaliteli traverten, kireçtaşı ve kristalin mermer cinsi kaynak ocakları mevcuttur. Bu nedenle kent için genellikle otokton (yakın çevreden) doğaltaş kullanımı baskın olup, çevre jeoloji taş kullanım tercihinde etkin olmuştur (Şekil 13).



Şekil 12: Hierapolis antik kenti çevresindeki antik/modern mermer ocaklarının 1/ 500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası üzerindeki konumu(MTA).



Şekil 13: Hierapolis antik kenti Güneybatısında traverten cinsi antik/modern mermer ocaklarının uydu görüntüsü üzerindeki konumları.

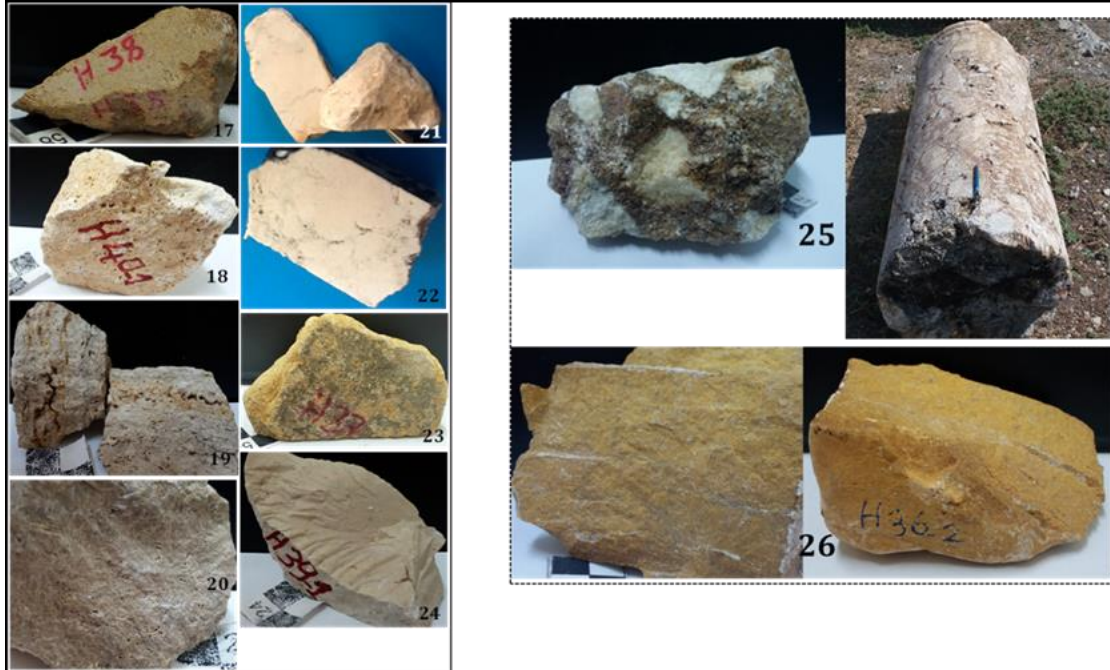
3.2.3. Hierapolis Kentinde Kullanılan Doğal taşların Petrografik Özellikleri

3.2.4. Litolojik Özellikler

Hierapolis antik kenti doğaltaş/mermer tipleri (Şekil 14) ile köken ve cinslerine göre sınıflandırma tablosu (Tablo 7).



Hierapolis antik kenti doğaltaş tipleri.



Hierapolis antik kenti doğaltaş tipleri.

Şekil 14. Hierapolis antik kenti doğaltaş tipleri.

Tablo 7: Hierapolis antik kenti doğaltaşları köken ve cins sınıflandırması.

HİERAPOLİS ANTİK KENTİ DOĞAL TAŞLARI VE SINIFLANDIRMASI			
		Doğaltaş Köken Grubu	Doğaltaş Cinsi
A	1	Metamorfik	Kristalin mermer
	2	Metamorfik	Kristalin mermer
	3	Metamorfik	Kristalin mermer
	4	Metamorfik	Kristalin mermer
	5	Metamorfik	Kristalin mermer
	6	Metamorfik	Kristalin mermer
	7	Metamorfik	Kristalin mermer
	8	Metamorfik	Kristalin mermer
B	9	Sedimenter	Traverten
	10	Sedimenter	Traverten
	11	Sedimenter	Traverten
	12	Sedimenter	Traverten
	13	Sedimenter	Traverten
	14	Sedimenter	Traverten
	15	Sedimenter	Traverten
	16	Sedimenter	Traverten
	17	Sedimenter	Traverten
	18	Sedimenter	Traverten
	19	Sedimenter	Traverten
	20	Sedimenter	Traverten
	21	Sedimenter	Kireçtaşı
	22	Sedimenter	Kireçtaşı
	23	Sedimenter	Kireçtaşı
	24	Sedimenter	Kireçtaşı
	25	Sedimenter	Breşik Kireçtaşı
	26	Sedimenter	Kalkerli Kumtaşı

3.2.5. Mikroskopik Özellikler

Hierapolis antik kenti doğaltaş/mermer tiplerinin detay petrografik karakterleri (Tablo 8) ile kristal boyut sınıfları (Tablo 9) ve kristalin mermer türleri kristal boyut karşılaştırma grafiği (Şekil 15).

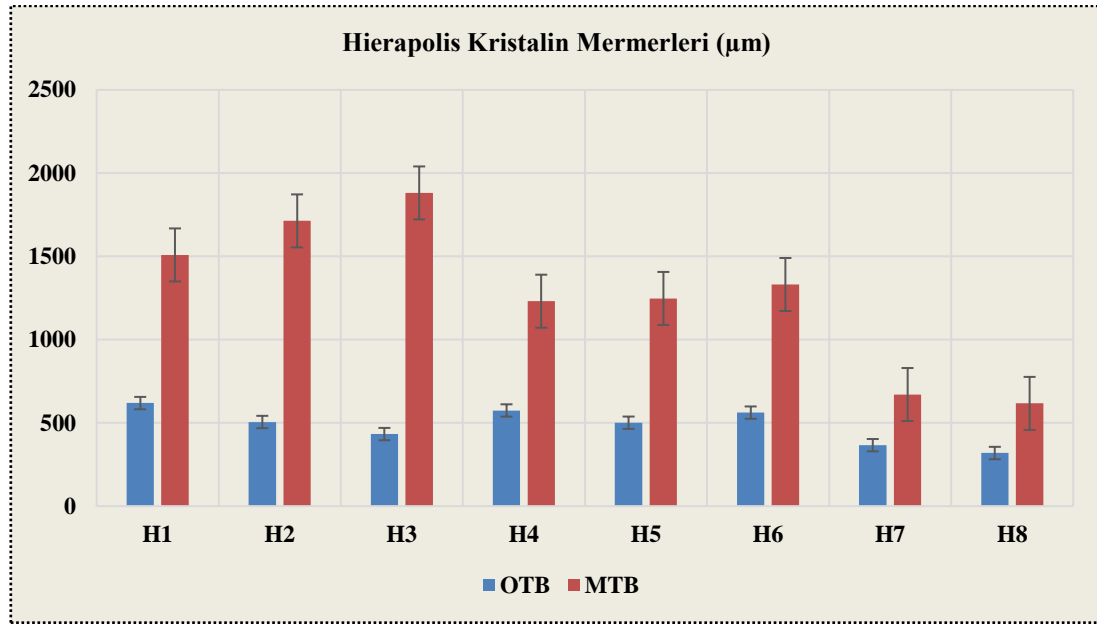
Tablo 8: Hierapolis antik kenti kristalin mermerlerin minerolojik-petrografik özellikleri.

Doğaltaş Tipleri	Krital boyut dağılımı	Kristal sınır geometrisi	Kristal şekli	Doku tipi	Doku: sıklıkla görülen özellikler
H1	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> Özşekilsiz	HB	Monomineralik, kalsitlerde polisentetik ikizlenme, kristallerde deformasyon ikizleri ve ayrışma, yönlendirme, basınç çözünmesi, 120° lik (triple points) açılar çok yaygın değil, monokromatik, orta kristal
H2	Farklı tane boyut dağılımı	Poligonal-Eğrisel sınır	Özşekilli> Yarı özşekilli	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, deformasyon ikizleri, ikizlenmeler boyunca bozulma, basınç çözünmesi, 120° lik (triple points) açıdan yaygın, monokromatik, orta kristal
H3	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> Özşekilsiz	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, tek yönlü ikiz düzlemleri daha yaygın, kristallerde deformasyon ikizleri, ikiz düzlemleri boyunca bozulma, tane sınırlarında basınç çözünmesi, 120° lik (triple points) açılar çok az, monokromatik, orta kristal
H4	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> Özşekilli	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, tek yönlü ikiz düzlemleri daha yaygın, kristallerde deformasyon ikizleri, ikiz düzlemleri boyunca bozulmalar yaygın,

					tane sınırlarında basınç çözünmesi, 120° lik (triple points) açılar çok az, monokromatik, orta kristal
H5	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır - poligonal	Özşekilli> Yarı özşekilli	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, çift yönlü ikizlenme daha yaygın, deformasyon ikizleri, ikizler boyunca bozulma, basınç çözünmesi, 120° lik (triple points) açı belirgin, monokromatik, orta kristal
H6	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> Özşekilli	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, kalın lameller, tek yönlü ikizler yaygın, deformasyon ikizleri, kristallerde kısmi yönlenme ve bozulma, basınç çözünmesi,120° lik (triple points) açı az, monokromatik, orta kristal
H7	Farklı tane boyut dağılımı	Poligonal- Eğrisel sınır	Özşekilli> Yarı özşekilli	HB	Polimineralik, polisentetik ikizlenme, deformasyon ikizleri, ikiz düzlemleri boyunca ve kalsit kristallerinde bozulmalar, dolomitik zonlar, 120° lik (triple points) açı belirgin, beyaz renkli – gri damarlı, polikromatik, orta kristal
H8	Farklı tane boyut dağılımı	Eğrisel sınır	Yarı özşekilli> Özşekilsiz	HB	Polimineralik, polisentetik ikizlenme, deformasyon ikizleri, ikiz düzlemleri boyunca kalsit kristallerinde bozulmalar, yönlenme. Kuvars, amfiol, feldspat, 120° lik (triple points) açı çok az, gri renkli, monokromatik, orta kristal

Tablo 9: Hierapolis doğaltaş/mermer türleri kristal boyut sınıfları.

Hierapolis Doğaltaş Tipleri	OTB (µm)	Kristal Boyut sınıfı
H1	619,143	orta kristal
H2	505,415	orta kristal
H3	432,704	orta kristal
H4	574,663	orta kristal
H5	501,051	orta kristal
H6	561,692	orta kristal
H7	366,148	orta kristal
H8	319,10	Orta kristal
H9	<100	Çok ince kristal
H10	<100	Çok ince kristal
H11	<100	Çok ince kristal
H12	<100	Çok ince kristal
H13	<100	Çok ince kristal
H14	<100	Çok ince kristal
H15	<100	Çok ince kristal
H16	<100	Çok ince kristal
H17	<100	Çok ince kristal
H18	<100	Çok ince kristal
H19	<100	Çok ince kristal
H20	<100	Çok ince kristal
H21	<100	Çok ince kristal
H22	<100	Çok ince kristal
H23	<100	Çok ince kristal
H24	<100	Çok ince kristal
H25		değişken
H26	<100	Çok ince kristal



Şekil 15: Hierapolis kristalin mermerlerin (OTB) ve (MTB) tane boyutu karşılaştırma grafiği.

3.2.6. Hierapolis Kentinde Kullanılan Dağal Taşların Kimyasal Özellikleri

3.2.7. İndüktif Eşlemeli Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS)

Hierapolis antik kentinde kullanılan doğaltaş örnekleri farklı türleri üzerinde ICP-MS yöntemi ile farklı sayılarda yapılan kimyasal analizler sonucunda, elde edilen % temel oksit ve iz element (ppm) sonuçları Tablo. 10' da verilmiştir.

Tablo 10: Hierapolis kristalin mermer, kireçtaşı, traverten, kumtaşı cinsi doğaltaşların kimyasal bileşimleri.

%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃
DL	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H1	0,04	0,01	0,04	0,83	56,21	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H2	0,03	0,01	0,04	0,91	55,76	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H3	0,17	0,01	0,04	0,8	55,89	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H4	0,18	0,01	0,05	0,4	56,30	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,015
H5	0,03	0,01	0,04	0,63	56,18	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,023
H6	0,1	0,01	0,04	0,6	56,29	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,029
H7	0,12	0,01	0,14	1,01	54,70	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H8	1,31	0,72	0,34	0,75	53,71	0,02	0,18	0,03	0,01	0,01	0,002
H9	0,15	0,01	0,34	0,18	55,45	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H10	0,27	0,05	0,13	0,32	55,53	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H11	0,11	0,01	0,04	0,33	55,84	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H12	1,13	0,22	0,42	0,31	54,40	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,002
H13	0,09	0,01	0,11	0,27	55,64	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H14	0,1	0,01	0,04	0,35	55,67	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H15	0,34	0,03	0,32	0,46	54,95	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,002
H16	0,54	0,01	1,56	0,15	55,48	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,002
H17	5,41	0,69	1,33	0,11	52,40	0,01	0,03	0,10	0,01	0,09	0,018
H18	1,53	0,01	0,12	0,24	56,16	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01	0,003
H19	1,11	0,01	0,07	0,2	56,12	0,01	0,01	0,08	0,01	0,01	0,002
H20	1,1	0,01	0,12	0,1	56,03	0,01	0,01	0,08	0,01	0,02	0,002
H21	0,7	0,14	0,06	0,39	55,36	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,002
H22	0,21	0,02	0,04	0,36	55,65	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
H23	24,14	3,35	2,52	1,98	30,49	0,01	0,22	0,6	0,07	0,1	0,12
H24	1,46	0,11	0,10	0,16	56,55	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01	0,002
H25	1,54	0,66	3,64	0,14	53,57	0,01	0,06	0,11	0,13	0,13	0,002
H26	2,04	0,86	1,06	2,99	52,43	0,01	0,01	0,10	0,01	0,01	0,002
ppm	Ba	Ni	Sr	Zr	Y	Nb	Sc	LOI	SUM		
DL	5	20	2	5	3	5	1	-5,1	0,01		
H1	5	20	127	5	3	5	1	42,9	99,99		

H2	5	20	193	5	3	5	1	43.2	99.99		
H3	5	33	169	5	3	5	1	43.1	99.97		
H4	5	20	138	5	3	5	1	43.0	99.99		
H5	5	22	247	5	3	5	1	43.1	99.96		
H6	5	20	126	5	3	5	1	42.9	99.96		
H7	19	20	172	5	8	5	1	43.9	99.97		
H8	10	20	191	7	4	5	1	42.9	99.97		
H9	5	20	271	5	3	5	1	43.8	99.96		
H10	6	20	837	5	3	5	1	43.8	100		
H11	10	20	816	5	3	5	1	43.6	99.96		
H12	15	20	788	8	3	5	1	43.3	99.95		
H13	7	20	519	5	3	5	1	43.8	99.96		
H14	5	20	857	5	3	5	1	43.7	100		
H15	13	20	783	5	3	5	1	43.7	100		
H16	207	20	374	5	3	5	1	42.1	100		
H17	5	20	428	9	6	5	1	39.8	100		
H18	5	20	635	6	3	6	1	41.8	99.98		
H19	5	20	1038	8	3	6	1	42.3	99.93		
H20	5	20	542	7	5	7	1	42.5	99.97		
H21	8	20	137	8	3	5	1	43.3	100		
H22	17	20	929	10	3	5	1	43.6	99.95		
H23	5	78	703	12	9	5	1	36.4	100		
H24	5	20	361	7	3	5	1	41.4	99.91		
H25	5	20	192	5	3	6	1	42.0	99.98		
H26	5	20	149	8	3	8	1	40.6	99.96		

Bu veriler değerlendirildiğinde, Hierapolis kristalin mermerlerinde CaO %53.71 ile 56.30 arasında değere sahiptir. Petrografik incelemelerde kalsit (CaCO₃) kristallerinden oluşan mermerlerin monomineralik özellikte olduğu kimyasal analiz sonuçlarında doğrulamaktadır. Stronsiyum (Sr) en belirgin iz element olarak gözlenmektedir.

Hierapolis kireçtaşı cinsi doğaltaşlarda CaO %55,36 ile 55,65 arasında değere sahiptir. Traverten türü doğaltaşlarda ise CaO %54.4 ile 55.67 arasında olup, kireçtaşı ve traverten cinsi doğaltaşlarda en belirgin iz element Stronsiyum (Sr) dur.

3.2.8. Hierapolis P-xrf Elementel Kimyasal Analiz Sonuçları

P-XRF (Portatif x-ray fluorescence) kullanılarak Hierapolis Antik kentinde kullanılan doğaltaş türlerinin elementel kimyasal analiz ölçümleri yapılarak elde edilen veriler değerlendirilmiştir. ICP analiz değerleri ile P-XRF verileri karşılaştırılmıştır. Hierapolis antik kenti örneklerinin P-XRF analiz sonuçları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11: Hierapolis antik kenti örnekleri p-xrf analiz sonuçları

Doğaltaş tipleri	Ca	Fe	Si	Mg	Al	Mn	Sr	Zr	Zn	Y	Nb
H1	42.06	0,1058	0.02226	0,58	-	0.0068	129,05	0	9	5	-
H2	41,17	0,0452	0.02261	0,6	-	-	192	8,5	9	-	-
H3	43	0,0217	0.0856	0,45	-	-	161	0	0	-	-
H4	42,15	0,058	0.08456	0,23	-	-	122	0	0	-	-
H5	43,43	0,0226	0.02205	0,52	-	-	241,26	0	0	-	-
H6	42,06	0,0149	0.05681	0,48	-	-	117,14	0	0	-	-
H7	40,57	0,1095	0.06066	0,71	-	0.0096	174,3	7,3	9,3	7,4	13,5
H8	40,57	0,3	0,83	0,41	0,31	0.0084	174,1	7,8	11	4,2	11
H9	41,98	0,5326	0.07991	0,12	-	-	273,14	12	-	-	-
H10	43,26	0,1236	0.13545	0,17	-	-	760,33	20	-	-	-
H11	43,3	0,1391	0.05704	0,18	-	-	723,37	15	-	-	-
H12	43,29	0,3758	0.5853	1,2	-	-	775,75	25	-	-	-
H13	41,67	0,059	0.04775	0,81	-	-	427,66	18	-	-	-
H14	44,27	0,0306	0.06054	0,21	-	-	665	15	-	-	-
H15	41,54	0,3188	0.19209	0,32	-	-	840,375	18,5	-	-	-
H16	41,79	1,215	0.2819	0,3	-	0.0326	358,57	7,5	9	4,5	10,5
H17	37,45	0,08933	0.422	0	0,35	0.0866	418	18	14,5	9,3	8
H18	42,28	0,0944	0.776	0,16	-	0.0105	630	12,7	11,5	4	11
H19	40,83	0,0591	0.442	0	-	0.01448	1028	18,8	11	-	11
H20	42,2	0,0801	0.557	0	-	0.0258	549	12,4	15	5	11
H21	44,38	0,0675	0.3701	0,26	-	-	132,1	11	-	7	-

H22	43,39	0,0138	0,1262	0,19	-	-	866,42	21,5	-	-	-
H23	24,66	1,864	11,9	1,23	1,62	0,0507	708	178	27	18	-
H24	44	0,093	0,718	0	0,23	0,00687	368	14	10,7	4	-
H25	39,72	2,1966	0,753	0	0,37	0,20151	194	8		5,5	10,2
H26	38,19	0,7148	1,025	1,806	0,35	0,0138	151	8,1	16,2	4,9	10

3.2.9. Hierapolis Antik Kenti doğal Taşlarının Sınıflandırılması

Hierapolis antik kentinde kullanılan doğal taşlar; Makro, mikro petrografik ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi sonucunda elde edilen verilere göre, köken grup, doğaltaş cinsi kristal boyutu ve doğaltaş türü tanımlamaları ile sınıflandırma ölçeği yapılmıştır (Tablo. 12).

Tablo 12: Hierapolis kristalin mermerleri, kireçtaşı, traverten, breşik kireçtaşı ve kumtaşı cinsi doğaltaşların sınıflandırması

HIERAPOLİS DOĞALTAŞ TÜRLERİ VE SINIFLANDIRMASI					
<i>Hierapolis Doğaltaş Tipleri</i>	Doğaltaş Köken Grubu	Doğaltaş Cinsi	Kristal sınıfı	Boyut	Hierapolis Doğaltaş Türü
H1	Metamorfik	Mermer	orta kristal		Beyaz renkli orta kristalli mermer türü
H2	Metamorfik	Mermer	orta kristal		Beyaz renkli orta kristalli mermer türü
H3	Metamorfik	Mermer	orta kristal		Beyaz renkli orta kristalli mermer türü
H4	Metamorfik	Mermer	orta kristal		Beyaz renkli orta kristalli mermer türü
H5	Metamorfik	Mermer	orta kristal		Beyaz renkli orta kristalli mermer türü
H6	Metamorfik	Mermer	orta kristal		Beyaz renkli orta kristalli mermer türü
H7	Metamorfik	Mermer	orta kristal		Beyaz –grimsi damarlı orta kristalli mermer türü
H8	Metamorfik	Mermer	orta kristal		Gri renkli orta kristalli mermer türü
H9	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal		Sarımsı beyaz Pelloidal/vaketaşı- istiftaşı traverten türü
H10	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal		Beyazımsı krem Pelloidal/vaketaşı traverten türü
H11	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal		BeyazAlgal Pelloidal/vaketaşı-istiftaşı traverten türü
H12	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal		beyazımsı-açık kırmızı reklı Algal pelloidal/vaketaşı tarverten türü
H13	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal		beyazımsı-krem renkli Algal-pelloidal-vaketaşı traverten türü
H14	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal		Beyazımsı-krem renkli Algal pelloidal-vaketaşı traverten türü
H15	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal		Kahverengi renkli Onkoidal-pelloidal vaketaşı-istiftaşı traverten türü
H16	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal		Sarı renkliAlgal pelloidal istiftaşı traverten türü
H17	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal		Sarımsı-bej renkli Onkoidal istiftaşı-tanetaşı traverten türü
H18	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal		Beyazımsı-bej renkli Algal istiftaşı traverten türü
H19	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal		Beyazımsı bej- kırmızımsı kahve renkli/ Algal istiftaşı traverten türü
H20	Sedimenter	Traverten	Çok ince kristal		Bej (krem-midium bej)

				renkli Algal istiftaşı traverten türü
H21	Sedimenter	Kireçtaşı	Çok ince kristal	Açık bej renkli Algal Pelloidal istiftaşı kireçtaşı türü
H22	Sedimenter	Kireçtaşı	Çok ince kristal	Beyazımsı-açık (bej) /(light bej)/ Algal Pelloidal tanetaşı kireçtaşı türü
H23	Sedimenter	Kireçtaşı	Çok ince kristal	Sarımsı renkli Onko-pelloidal istiftaşı kireçtaşı türü
H24	Sedimenter	Kireçtaşı	Çok ince kristal	Açık bej renkli Algal Pelloidal-istiftaşı kireçtaşı türü
H25	Sedimenter	Breşik Kireçtaşı	Değişken tane boyutu	Karışık (mix) kırmızımsı-beyaz renkli/ Karbonat bileşimli breşik kireçtaşı (konglomeratik) türü
H26	Sedimenter	Kalkerli kumtaşı	Çok ince kristal	Sarımsı renkli Karbonat çimentolu kuvarsa zengin kumtaşı türü

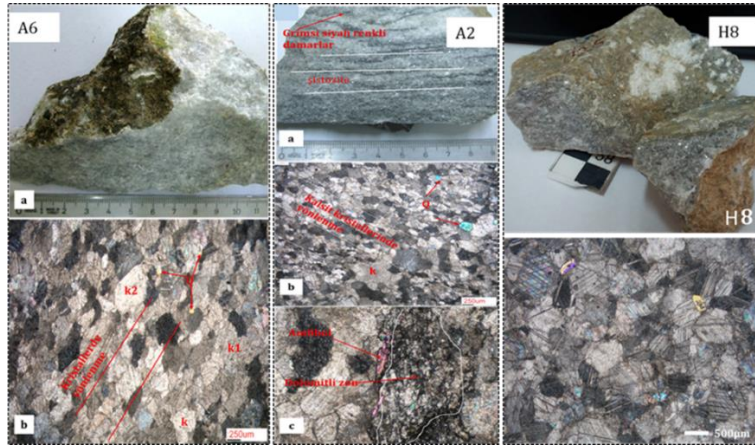
4. Afrodisias ve Hierapolis Karşılaştırması

Afrodisias ve Hierapolis antik kentleri doğaltaş kullanım karakterleri bakımından karşılaştırıldığında, Afrodisias antik kentinde, monotip köken olarak tanımlayabileceğimiz metamorfik kökene sahip kristalin mermer türlerinin kullanımı hakimdir. Hierapolis antik kentinde doğaltaş/mermer kullanımı politip köken olup, metamorfik kökenli kristalin mermer cinsleri ve sedimenter kökenli traverten, kireçtaşı, breşik kireçtaşı ve kumtaşı cinsi doğaltaşlardır. Metamorfik köken kristalin mermer cinsi doğaltaşlar, iki antik kentte yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Afrodisias antik kentinde kullanılan beyaz ve farklı renklerdeki kristalin mermerler ince – orta kristal boyutlu, Hierapolis antik kentinde beyaz ve beyaz-grimsi renkli orta kristal boyutludur (Tablo 13). Afrodisias antik kentinde yaygın olarak kullanılan orta kristalli beyaz kristalin mermer (A4/Afrodisias tip-4/7) ile makro özellikleri, ortalama tane boyutu, CaO, MgO, Sr değerleri yakın özelliktedir. Hierapolis beyaz orta kristalin mermerler ile Afrodisias orta kristalin mermeri farklı olarak tespit edilmiştir.

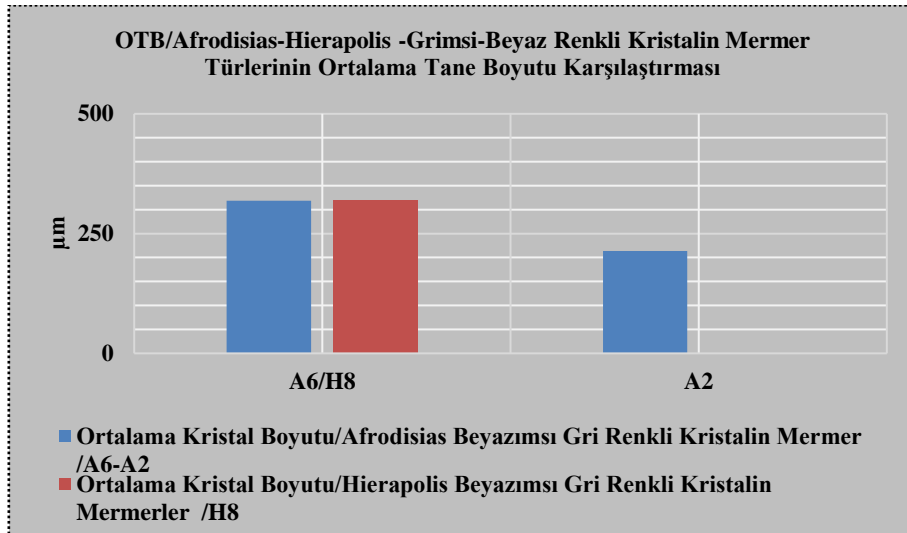
Tablo 13: Afrodisias ve Hierapolis antik kentleri doğaltaş/mermer temel karakterleri karşılaştırma tablosu.

Antik kentler	Doğaltaş/mermer Köken grubu			Kökentip		Doğaltaş/Mermer Cinsleri	Kristal Boyutu
	Metamorfik	Sedimenter	Magmatik	Monotip köken	Politip köken		
Afrodisias	Metamorfik			Monotip köken		*Kristalin mermer cinsi	Kristalin mermer cinsleri : İnce-orta kristal boyutu
Hierapolis	Metamorfik- Sedimenter			Politip köken		*Kristalin mermer cinsi- *Traverten cinsi *Kireçtaşı cinsi *Breşik kireçtaşı cinsi *Kumtaşı cinsi doğaltaşlar/mermerler	Kristalin mermer cinsleri : orta kristal boyutu Traverten, kireçtaşı doğaltaş cinsleri: Çok ince kristalli

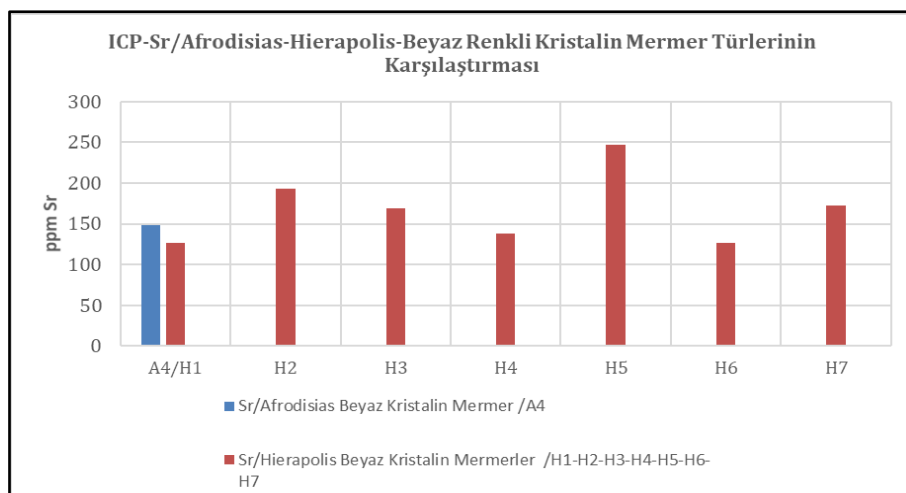
Afrodiasias (A6-A2/Afrodiasias tip 5 ve tip 2) ve Hierapolis (H8/Hierapolis tip 8) antik kentlerinde kullanılan grimsi beyaz ve grimsi siyah bantlı (şisti) kristalin mermerler karşılaştırılmıştır (Şekil 16). Buna göre, Afrodisias tip 2 diğer iki örnekten farklıdır. Afrodisias tip 5 ile Hierapolis tip 8 kristalin mermerlerinin ise ortak kullanım türler olduğu tespit edilmiştir.



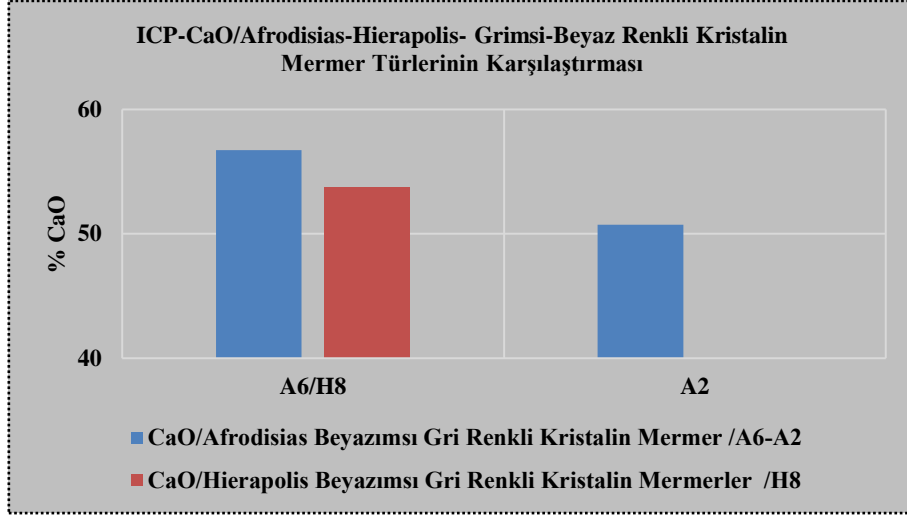
Şekil 16: Afrodisias (A6-A2/tip 5) ve Hierapolis (H8/tip 8) grimsi beyaz renkli kristalin mermerlerin karşılaştırma örnekleri
Afrodiasias ve Hierapolis antik kentleri kristalin mermer türleri ICP kimyasal temel bileşenler karşılaştırma grafikleri (Şekil 17-24).



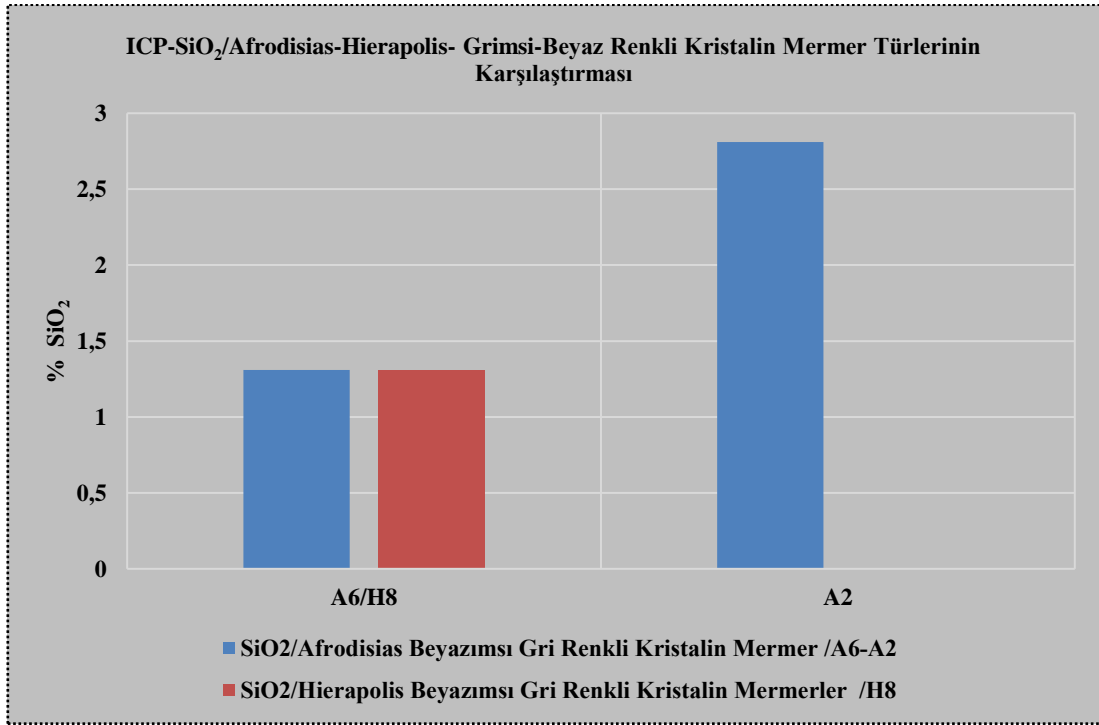
Şekil 17: Afrodisias ve Hierapolis grisi-beyaz renkli kristalin mermerlerin tane boyut karşılaştırma grafikleri.



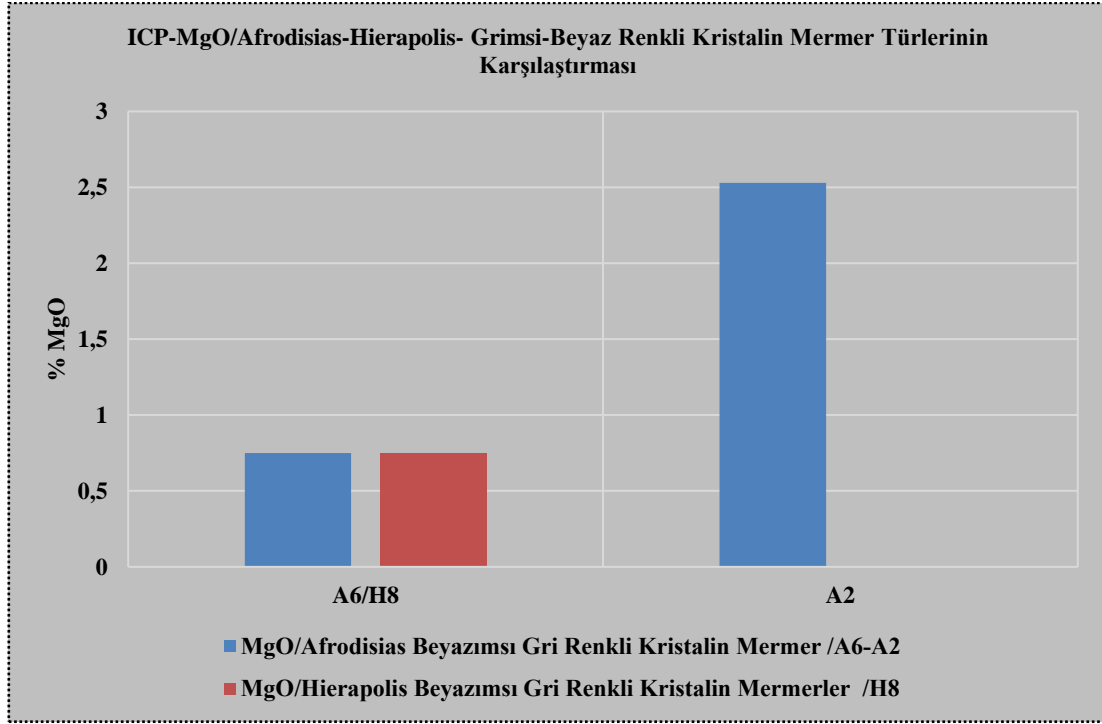
Şekil 18: Afrodisias ve Hierapolis beyaz renkli kristalin mermerlerin ICP Sr karşılaştırma grafikleri.



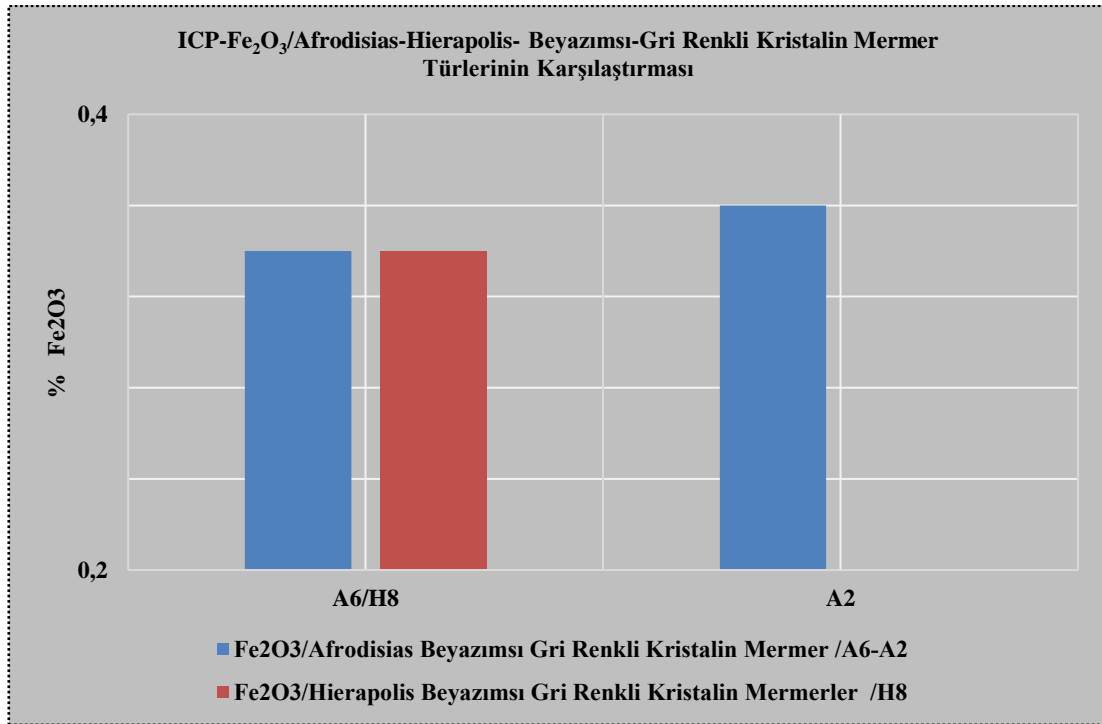
Şekil 19: Afrodiasias, Hierapolis beyazımsı-gri renkli kristalin mermerlerin ICP % CaO bileşimsel karşılaştırma grafiği.



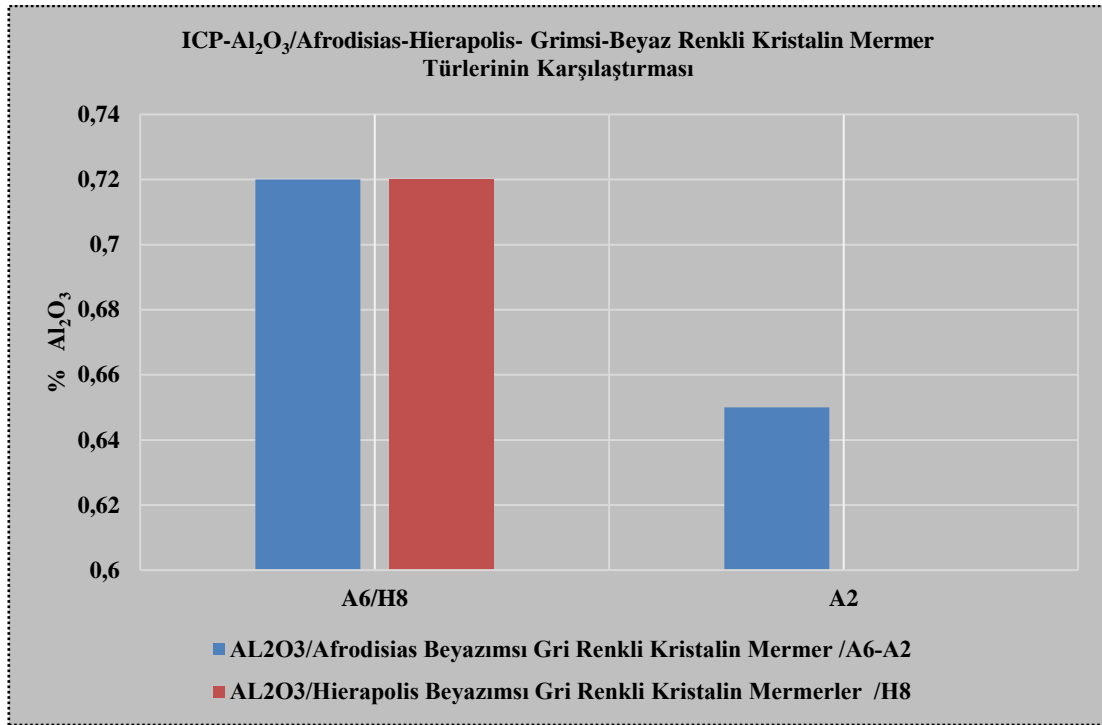
Şekil 20: Afrodiasias, Hierapolis beyazımsı-gri renkli kristalin mermerlerin ICP % SiO₂ bileşimsel karşılaştırma grafiği.



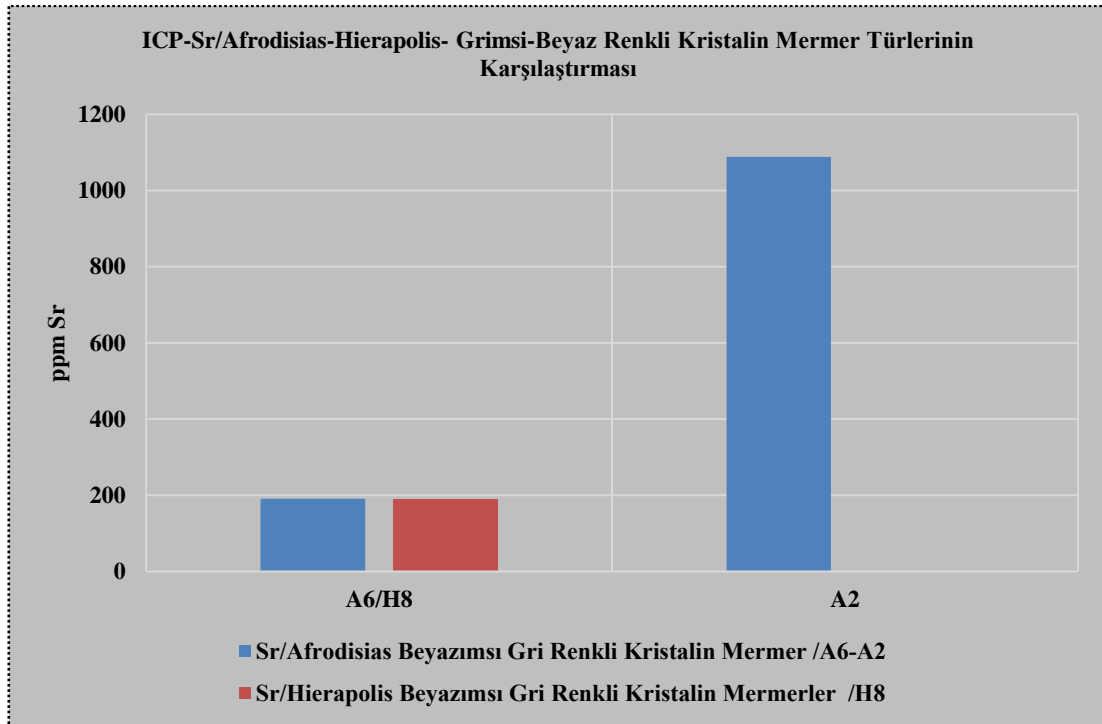
Şekil 21: Afrodisias, Hierapolis beyazımsı-gri renkli kristalin mermerlerin ICP % MgO bileşimsel karşılaştırma grafiği.



Şekil 22: Afrodisias, Hierapolis beyazımsı-gri renkli kristalin mermerlerin ICP % Fe₂O₃ bileşimsel karşılaştırma grafiği.



Şekil 23: Afrodiasias, Hierapolis beyazımsı-gri renkli kristalin mermerlerin ICP % Al₂O₃ bileşimsel karşılaştırma grafiği.



Şekil 24: Afrodiasias, Hierapolis beyazımsı-gri renkli kristalin mermerlerin ICP ppm Sr bileşimsel karşılaştırma grafiği.

5. Sonuçlar

Çalışma kapsamında, Afrodiasias ve Hierapolis antik kentlerinde yaygın olarak kullanılan doğaltaş(lar)/mermer(ler); Makro, mikro-petrografik, kimyasal, litolojik veya kayatomik özellikleri, metodolojik olarak incelenmiş, aşağıdaki tartışma konuları ve sonuçlar belirlenmiştir.

Afrodiasias antik kentinde kullanılan kristalin mermer türleri, antik kentin yakın çevresinde bulunan mermer ocak havuzundan sağlanmıştır. Bu ocakların lokasyonları, koordinatlı olarak işaretlendiği ocak yerleri haritasında gösterilmiştir. Özellikle Palamutçuk civarında bulunan ve kent ocakları olarak bilinen, beyaz renkli orta kristal boyutuna sahip kristalin mermer türü antik ocak

doğaltaşları, Afrodisias antik kentinde genellikle heykel, lahitler, tiyatro, kilise ve sütunları, Tetrasyon gibi ana yapılarda yaygın olarak kullanılmıştır. Yazır, Çamarası, Yeşilköy, gibi lokasyonlarda bulunan orta kristalli beyaz, ince kristal boyutuna sahip grimsi beyaz, grimsi beyaz şistozite yapı, siyah ve grimsi siyah renkli kristalin mermer türü, doğaltaş antik ocakları antik kentte kullanılan diğer türleri oluşturmuştur. Antik kentin çevre jeolojisi içerisinde yer alan, çoğunlukla Jura- Kretase yaşlı olan, kristalin mermer formasyonları, zengin rezerv ve kaliteli olması ile Afrodisias antik kenti için önemli ve yeterli bir mermer kaynağı oluşturmuştur.

Afrodisias antik kentinde yaygın olarak kullanılan doğaltaşlar 7 tür olarak belirlenmiştir. Bu doğaltaşların tamamı kristalin mermerlerdir. Tek köken gruba ait (metamorfik). tek cins (kristalin mermer cinsi), fakat iki farklı kristal boyutuna sahiptir. İnce ve orta kristallidir. Afrodisias antik kenti kristalin mermerinde, ince kristalli türlerin kristal boyutları 213-230 mikron, orta kristalli türlerin ise 318-575 mikron arasında, ortalama kristal boyutuna sahip oldukları belirlenmiştir. Afrodisias antik kentinde kullanılan doğaltaşlar çevre jeolojisinin etkisinde ve baskın otokton (Yakın çevre jeolojisi içerisinde bulunan formasyon ve mermer ocak kaynaklarının kullanılması) kullanımlıdır.

Hierapolis antik kentinde kullanılan traverten cinsi mermerler, antik kent yakın çevresinde Karahayit, Pamukkale, Kocabaş lokasyonlarında, kuvartermer (traverten) yaşlı jeolojik formasyon içerisinde bulunan çok sayıda antik mermer ocaklarından, kireçtaşı cinsi mermerler ise Kaklık kuzeyinde yer alan Üst Miyosen yaşlı gösel karbonatlar içerisindeki mermer ocaklarından sağlanmıştır. Bu ocakların koordinatlı yerleri antik kent çevre jeolojisi ocak lokasyon haritasında gösterilmiştir. Traverten jeolojik formasyonunun kent yerleşim alanına çok yakın olması, antik kentin nekropol, anıt mezarlar, tiyatro gibi yapılarında özellikle traverten cinsi ve türleri yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Hierapoliste kullanılan H1-H7 beyaz renkli orta kristal boyutuna sahip kristalin mermerler ise, antik kentin kuzey-batısında çok yakın mesafede bulunan, Üst Paleozoik yaşlı kristalin mermer litolojisi içerisindeki mermer ocaklarından sağlanmıştır. H8 ise (orta kristal-grimsi beyaz renkli kristalin mermer türü) Afrodisias tip 5 (A6) orta kristal-grimsi beyaz renkli tür ile kayatomik (Makro-mikro ve kimyasal) özellikleri açısından aynı karakterlidir. Hierapolis antik kenti; Kristalin mermer, traverten, kireçtaşı, breşik kireçtaşı, karbonat çimentolu kumtaşı türü doğaltaşlar yaygın olması nedeniyle, baskın olarak otokton taş kullanım rejimine sahiptir. Kentin çevre jeolojisi ve bu jeoloji içerisinde bulunan çok sayıda antik ve modern ocaklar bu anlamda uyumluluk göstermektedir.

Hierapolis antik kentinde kullanılan doğaltaşlar 26 tür olarak belirlenmiştir. Bu mermer türleri, metamorfik köken olarak 8 tür, sedimenter köken olarak 17 tür olarak belirlenmiştir. Detay olarak bu mermer türlerinin 8 tanesi metamorfik köken ve mermer cinsi, 11 tanesi sedimenter köken ve traverten cinsi, 4 tanesi sedimenter köken ve kireçtaşı cinsi, 1 tanesi sedimenter köken ve breşik kireçtaşı cinsi, 1 tanesi de sedimenter köken kalkerli kumtaşı cinsi şeklinde belirlenmiştir. Hierapolis antik kentinde kullanılan beyaz, grimsi-beyaz renkli kristalin mermer türlerinin tamamı orta kristal boyutuna sahip olarak belirlenmiştir. Kristalin mermer türlerinin, kristal boyutları ortalama kristal boyutu olarak (OTB) 319- 619 mikron arasında saptanmıştır. Hierapolis antik kentinde kullanılan doğaltaşlar Afrodisias antik kentinde olduğu gibi çevre jeolojisinin etkisinde ve baskın otokton (Yakın çevre jeolojisi içerisinde bulunan formasyon ve mermer ocak kaynaklarının kullanılması) kullanımlıdır.

Afrodisias, Hierapolis antik kentleri buldukları yerleşme alanlarında depremler nedeni ile zaman zaman yıkımlarla karşı karşıya kalmışlardır. Jeotektonik açıdan, Afrodisias antik kentinin 10 km kuzeyinden geçen ve Hierapolis antik kentinin ise hemen güneyini kat eden, Büyük Menderes grabeni ve bu grabeni sınırlayan aktif faylar bu yıkımların nedenidir. Günümüzde yakın tarihlerde Menderes havzasında, Pamukkale, Honaz ve Serinhisar hattında çok sayıda depremler meydana gelmiştir.

Çalışmada, doğaltaşların kimyasal analizleri için ICP-MS yönteminin yanında yeni bir yöntem olarak kapsamlı şekilde p-XRF (handheld portatif XRF/X-Ray Fluorescence Analyzers) kullanılmıştır. Bu yöntemle elde edilen kimyasal analiz sonuçları ICP-MS sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler ile kullanılabilir bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Yüzde ve ppm olarak elementel değerler sağlayan bu yöntem, kısa zamanlı ve ekonomiktir. Özellikle antik kentlerde kullanılan doğaltaşlardan örnek numune almak bir problemdir. Bu yöntemle yerinde, yapılar ve sanatsal yapıtlar üzerinde ölçüm yapmak, mümkündür. Diğer taraftan daha pratik ve yapılara zarar vermekten uzak bir yöntemdir.

Afrodisias ve Hierapolis antik kentlerinde ortak olarak kullanılan sadece bir kristalin mermer türü saptanmıştır. A6/H8 Beyazımsı-grimsi renkli kristalin mermer türü.

6. Kaynaklar

Antik Bölgeler Arkeoloji Dünyası, <http://www.arkeolojiodunyasi.com/image/haritalar/karia.gif>.

Barka, A.A., Reilinger, R., Şaroğlu, F. and Şengör, A.M.C. 1995. The Isparta Angle: Its importance in the Neotectonics of the Eastern Mediterranean Region. IESCA Proceedings, 13-18.

Çakmakçoğlu, A., 2017. Afrodisias Çevresinin (Karıncalıdağ - Babadağ ve Tavas arası) Jeolojisi ve Antik Mermer Ocaklarının Tektono-Stratigrafik Yeri. IV.Uluslararası Taş Kongresi, 20-25 Mart, İzmir, 400-418.

Denizli İl Kültür Turizm Müdürlüğü, 2015. Hierapolis Antik kenti ile ilgili bilgiler. <http://pamukkale.gov.tr/tr/Antik-kentler/Pamukkale-Hierapolis>.

Dora, O.Ö., Kun, N., Candan, O., 1992. Menderes Masifi'nin Metamorfik Tarihçesi ve Jeoteknik Konumu, Türkiye jeoloji Bülteni, 35, 1-4.

Dora, O.Ö., 2011. Menderes Masifindeki Jeolojik Araştırmaların Tarihsel Gelişimi, MTA Dergisi, 142,1-23.

Dunham, R. J., 1962, Classification of carbonate rock according to depositional texture. In: Classification of carbonate Rocks. (Ed. W. G. Ham). Mem. Amer. Assoc. Petr. Geol., 1, 108-121.

- Flügel, E., 2004, Microfacies of Carbonate Rocks Analysis, İnterpretation and Application, 281p, Berlin, Heidelberg.
- Hacımustafaoğlu, R., Yağmurlu F., (2017). Petrographic Properties of Crystalline Marbles of Afrodisias Ancient City, Classification of Crystal Sizes and Comparison of Grain Size of Reference Crystal Marble Samples. IV. Uluslararası Taş Kongresi, İzmir, 142-144.
- Hacımustafaoğlu, R., (2019). Afrodisias, Hierapolis ve Sagalosos Antik Kentlerinde Kullanılan Doğal Taşların Kökeni ve Bunların Petro-Kimyasal ve Fiziko-Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Batı Anadolu, S.D.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 2019. Yer Bilimleri Harita Görüntüleyicisi ve Çizim Editörü. Erişim Tarihi: 21.03.2018. <http://www.yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>.
- Passchier, C. W and Trouw, R.A., 1996, Microtectonics, Springer-Verlag, Berlin 1996.
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. 1987. Geological evolution and basin models during neotectonic episode in the Eastern Anatolia. Bull. Min. Res. Ezp., 107,74-94.
- Şengör, A.M.C. 1987. Cross faults and differential stretching of hanging walls in region of low-angle normal faulting: examples from western Turkey, in:Coward M.P., Dewey J.F. and Hancock P.L. eds. Continental extentional tectonics, Geological society special Publication, 28, 575-589 p.
- TS EN 12407/Ocak, 2002. Doğal Taşlar Deney Metodları Petrografik İnceleme.

NOISE MEASUREMENT IN OPAMP ACTIVE RC CASCADE AMPLIFIERS USING WAVELET DENOISING

Ramazan Kopru

Isik University, Faculty of Engineering, Electrical and Electronics Engineering Department

ramazan.kopru@isikun.edu.tr

Abstract

This work describes a novel, simple and accurate technique to measure the noise of opamp active RC cascade amplifier circuits using wavelet denoising. To explain the technique, we have constructed a simple amplifier circuit composed of cascade connected three identical opamp active-RC amplifier stages, each built with an opamp and 1st order RC network. The main objective of the study is to verify whether the proposed technique is reliable and accurate as a noise measurement method. In order to understand the validity and reliability of the technique, we compare the experimentally measured rms output noise voltage of the amplifier with both the calculated theoretical rms noise voltage of the amplifier and the rms noise voltage obtained via simulation in Wavelet Denoising Toolbox such as 1-D Matlab SWT Denoising Tool. The theoretical rms output noise voltage of the experimental amplifier circuit has been observed such that it is in a very high agreement with that of obtained via Wavelet simulation, 9.4612 mVrms, 9.33 mVrms, respectively.

Anahtar Kelimeler: Opamp, Active RC filter, Noise, Wavelet Denoising, Matlab, Spice

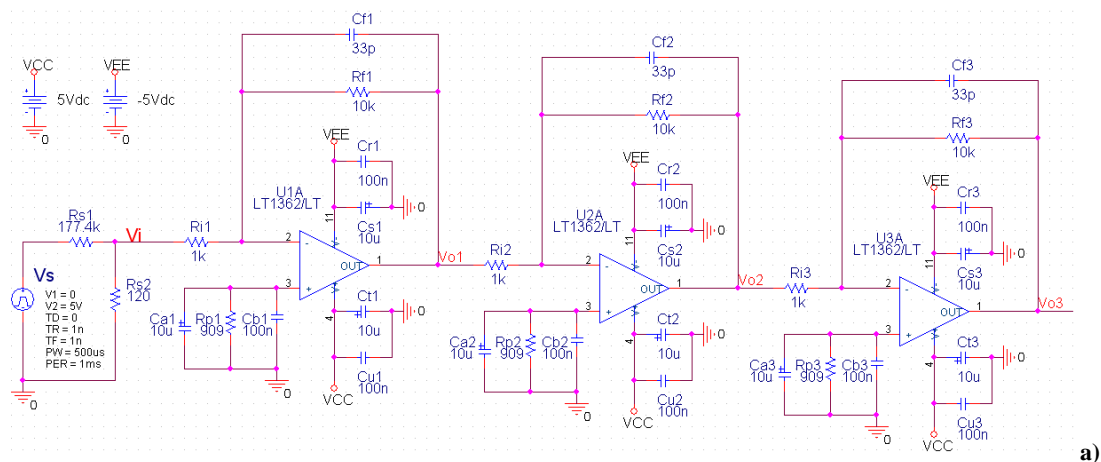
1. Introduction

Noise measurement in an analog circuit has always been a difficult task for the designer, due to the fact that the separation of the noise from the original signal is tedious and almost impossible in most practical cases. Even though CAD tools such as SPICE and similars, has known to be a very attractive and popular since they provide easy and realistic approach for circuit design and analysis, they lack of computing capability for accurate noise voltage of the considered circuit. The underlying reason is that either the device models/macromodels have poor noise model that can not represent the actual device noise behaviour well or do not have any noise models at all. Therefore, we have proposed a new, useful and accurate noise measurement technique based on separation of the noise voltage component from the original output signal of the circuit being designed, using Wavelet Denoising [1-3]. The RMS value of the circuit's output noise voltage that is separated from the original output voltage by means of the 1-D MATLAB SWT Denoising Tool, can then be easily obtained from the calculated standart deviation of the noise signal within the same tool's environment.

In order to verify the validity and reliability of the proposed noise measurement technique, we have constructed a real experimental prototype circuit having cascaded three identical 1st order active RC filters consisting of low noise high gain-bandwidth product (GBW) opamps [4-5].

2. Description of The Experimental Active RC Filter Used in Noise Measurement

The circuit schematics and the physically constructed version of the proposed experimental three stage active RC filter for noise measurement are shown in figure 1.a and figure 1.b., respectively.



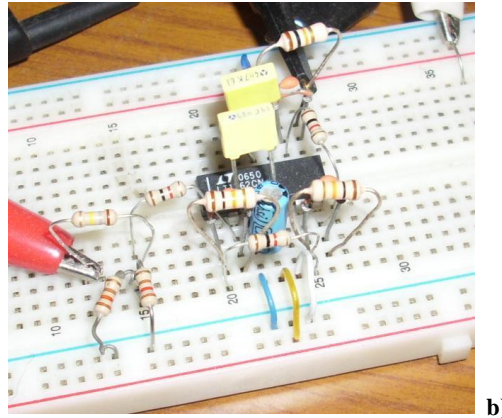


Figure 15: a) The experimental active RC filter composed of three identical 1st order active RC filters, each consisting of low noise wide band opamps, LT1362 from Linear technologies. b) Picture of the circuit built on breadboard.

The experimental circuit used in the noise measurement is an amplifier built with three identical 1st order active RC filter building blocks. All the circuit is built on a breadboard using through-hole components (figure 1.b), including DIP case opamps. Even though the reliability of PCB technique is inarguably highly desirable compared to breadboard technique, it is assumed that it is sufficient to carry out the experiment since the circuit does not have high frequency signals, avoiding many RF effects.

Each of three identical 1st order filters that form whole filter in a cascade connected fashion, has the very well-known inverting voltage transfer function [5] given by,

$$H_i(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = -\frac{K_i}{sR_f C_f + 1} \quad (1)$$

where $K_i = R_f/R_i$ and i denotes the “inverting” type amplifier. The cut-off frequency or band, B , is given as,

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_f C_f} \quad (1.a)$$

For each of the identical 1st order filter seen in the figure 1, the band is calculated as $B= f_c=439.542$ kHz. Each DC gain is also calculated as $K_i = 10$.

The non-inverting voltage transfer function, also known as the noise-gain, is the ratio of the output voltage to the input signal voltage applied to the (+) pin of the opamp, and can be given as,

$$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_p(s)} = \frac{sR_f C_f + K}{sR_f C_f + 1} \quad (2)$$

where $K = 1 + R_f/R_i$ and V_p denotes the input signal voltage applied into the (+) pin of the opamp.

The transimpedance function, is the ratio of the output voltage to the input signal current flowing into (-) pin of the opamp, and can be given as,

$$G(s) = \frac{V_o(s)}{I_i(s)} = \frac{V_o(s)}{V_i(s)/R_i} = R_i H_i(s) = -\frac{R_f}{sR_f C_f + 1} \quad (3)$$

The inverting transfer function of the 1st order filter is given in figure 2, and overall filter frequency response is also given in figure 3.

3. Derivation of The Theoretical Output Noise Expression for The Experimental Three Stage Filter

Each 1st order filter has a noise equivalent circuit as seen in the figure 4. The noise components are mainly from the thermal (Johnson) noise voltages of the resistors and the internal noise of the opamp. R_f , R_i and R_p are the filter resistors that generates thermal noise voltages of e_{R_f} , i_{R_i} and e_{R_p} , respectively. i_{ns} denotes the noise current of the input source. enn , inn , ini are internal noise voltage/current sources of the opamp, usually found in the opamp datasheet [4]. All the noise sources, whether voltage or current, are density functions in frequency domain and are assumed to have constant value with the frequency and have the units of V/\sqrt{Hz} , A/\sqrt{Hz} [5].

By using the noise equivalent circuit seen in the Figure 4, the output noise power density of the each 1st order filter can be written as,

$$e_{o^2}(f) = (enn.H(f))^2 + (inn.R_p.H(f))^2 + (e_{R_p}H(f))^2 + (ini.G(f))^2 + (i_{R_f}G(f))^2 + (i_{R_i}G(f))^2 + (e_{s}H_i(f))^2 \quad (4)$$

where, enn , inn , ini and ins noise sources are taken as constants since they all have constant variation with the frequency. Despite the fact that they have $1/f$ variation [4, 5] below a certain frequency (typically $\leq 1kHz$), they can be assumed as constants since $\sim 442kHz$ bandwidth of the filter is considerably larger than $1kHz$. The definitions of the terms seen in the (4) are as follows:

- enn : Noise voltage density of (+) pin of the opamp, $[V/\sqrt{Hz}]$
- ini : Noise current density of (-) pin of the opamp, $[A/\sqrt{Hz}]$
- inn : Noise current density of (+) pin of the opamp, $[A/\sqrt{Hz}]$
- es : Noise voltage density of the input signal, $[V/\sqrt{Hz}]$
- $H_i(f)$: Inverting voltage transfer function,
- $H(f)$: Non-inverting voltage transfer function (is also called Noise Gain, NG)
- $G(f)$: Transimpedance function,
- $en_{Rp} = \sqrt{4kTR_p}$: Thermal noise voltage density of the R_p resistor,
- $in_{R_f} = \sqrt{4kT/R_f}$: Thermal noise current density of the R_f resistor,
- $in_{R_p} = \sqrt{4kT/R_p}$: Thermal noise current density of the R_p resistor

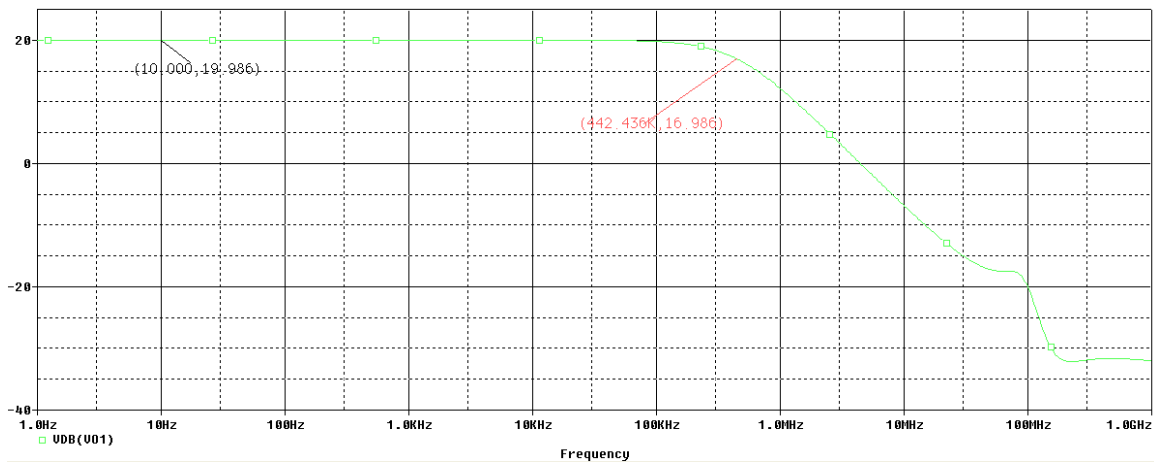


Figure 2: Inverting gain frequency response for each 1st order filter.

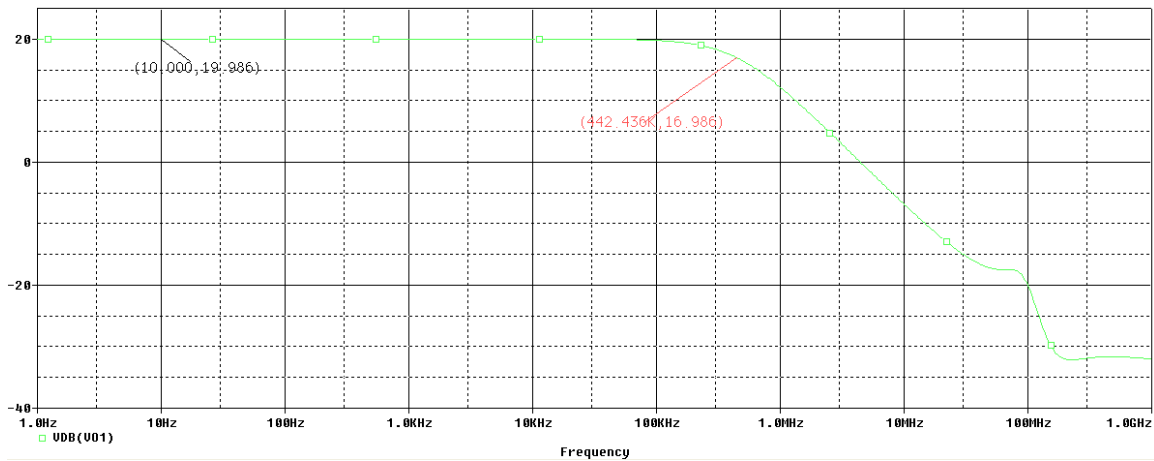


Figure 3: Overall frequency response of the three stage filter seen in figure 1.

Since the R_p resistor is filtered with two parallel capacitor of $100n||10u$ (see figure 1.a), its thermal noise voltage is also restricted to a very low negligible value. Therefore, it can not contribute to the output noise power density given in (4), hence the 2., 3. and 6. terms drop and the equation (4) becomes [5],

$$e_o^2(f) = (enn \cdot H(f))^2 + (ini \cdot G(f))^2 + \left(\sqrt{\frac{4kT}{R_f}} G(f) \right)^2 + (es \cdot H_i(f))^2 \quad (5)$$

The first two terms are caused by the internal noise sources of the opamp itself, whereas the third term is due to the thermal noise of

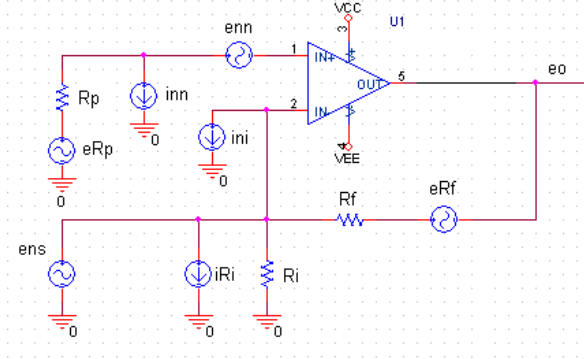


Figure 4: Noise equivalent circuit for the 1st order filter.

the Rf feedback resistor. Yet, they all can be called amplifier noise and their sum can be denoted as [5],

$$ea^2(f) = enn^2 H^2(f) + \left(ini^2 + \frac{4kT}{R_f} \right) G^2(f) \quad (6)$$

As a result we have the output noise power density as,

$$eo^2(f) = ea^2(f) + es^2 H_i^2(f) \quad (7)$$

If each term is integrated over frequency range of $f = [0, \infty)$, we can obtain frequency-independent rms noise power terms rather than power densities as follows,

$$ea^2 = enn^2 H^2 + \left(ini^2 + \frac{4kT}{R_f} \right) G^2 \quad (8)$$

and,

$$eo^2 = ea^2 + es^2 H_i^2 \quad (9)$$

where H_i^2, H^2, G^2 are rms powers obtained from the rms formula of $\int_0^\infty |H_i(f)|^2 df, \int_0^\infty |H(f)|^2 df, \int_0^\infty |G(f)|^2 df$ for each frequency dependent power density functions, respectively.

3.1. Derivation of The Theoretical Total Output RMS Noise Voltage for The Overall Amplifier

If we think three identical 1st order filter is connected in a cascaded manner, the noise power expressions given for the individual filter stage above can be augmented for the overall cascaded filter output, without difficulty, as follows:

Stage 1 noise calculation: For the simplicity, the input source is assumed to be noiseless, that is $es_1 = 0$. Hence, the 1st stage output noise power can be expressed by [5]

$$\begin{aligned} eo_1^2 &= enn^2 H^2 + \left(ini^2 + \frac{4kT}{R_f} \right) G^2 + es_1^2 H_i^2 \Big|_{es_1=0} \\ &= enn^2 H^2 + \left(ini^2 + \frac{4kT}{R_f} \right) G^2, [Wrms] \end{aligned} \quad (10)$$

and the output noise voltage is therefore,

$$E_{o1} = \sqrt{eo_1^2}, [Vrms] \quad (10.a)$$

Stage 2 noise calculation: For a 1st order filter, the integration is found to be $\int_0^\infty |H_i(f)|^2 df \approx 1.57B$. Thus, we have,

$$eo_2^2 = enn^2 H^2 + \left(ini^2 + \frac{4kT}{R_f} \right) G^2 + es_2^2 H_i^2 \quad (11)$$

where

$$es_2^2 = eo_1^2 / (1.57B) \quad (11.a)$$

and the output noise voltage is therefore,

$$E_{o2} = \sqrt{e_{o2}^2}, [V_{rms}] \quad (11.b)$$

Stage 3 noise calculation: Similar to 2nd stage,

$$e_{o2}^2 = e_{o3}^2 = enn^2 H^2 + \left(ini^2 + \frac{4kT}{R_f} \right) G^2 + es_3^2 H_i^2 \quad (12)$$

where

$$es_3^2 = e_{o2}^2 / (1.57B) \quad (12.a)$$

Thus, the RMS noise voltage of the overall amplifier [5],

$$E_o = E_{o3} = \sqrt{e_{o3}^2}, [V_{rms}] \quad (12.b)$$

3.2. Example Output Noise Calculation for the Experimental Cascaded Filter

The opamp used in the amplifier is LT1362 [4], low-noise high bandwidth ($enn = 9nV/\sqrt{Hz}$, $inn = ini = 0.9pA/\sqrt{Hz}$, $GBW = 50MHz$) opamp from Linear Technologies, and it has 4 parts in a DIP package. Using these opamp specs and the equations (10) thru (12), we get the noise voltage $E_o = 9.4612$ Vrms at the output of the overall filter. For the thermal noise calculations, the room temperature was taken as $t = 27^\circ C$. In this theoretical noise calculation, the R_{s1}, R_{s2} voltage dividers seen in the figure 1, is not included, since their thermal noise voltage density contribution is ignorable compared to the opamp internal noise density. A simple noise analysis of only this divider network in SPICE, gives an idea on that their contribution is really very very small compared to enn , opamp internal voltage density. For example, the rms noise voltage at the output of this divider is measured as 1.17uVrms, at most, that is at the frequency of $1.57f_c \approx 694MHz$. If the divider is connected to the filter's input, the equivalent noise voltage density of this 1.17uVrms at the input of the filter is, $es_1 = \sqrt{(1.17uVrms)^2 / 1.57B} = 0.0444nV/\sqrt{Hz} \ll enn = 9nV/\sqrt{Hz}$. Therefore, the divider's noise contribution is completely ignorable.

4. Calculating The Output Noise Voltage of The Filter Using Wavelet Denoising

The filter circuit given in the figure 1.a is excited by applying a $V_s=5V/1kHz$ square-wave signal at the input of the resistor divider network. The divider network reduces the amplitude of the V_s considerably so that the amplifier never reaches a saturation case. The measured output voltage of the filter is obtained as a 320x240 bitmap (bmp) file as seen in the figure 5.a. Figure 5.a is post-processed via a Matlab code and obtained as a 160x160 bitmap (bmp) file as seen in the figure 5.b, this is now a voltage vs. time function $V(t)$.

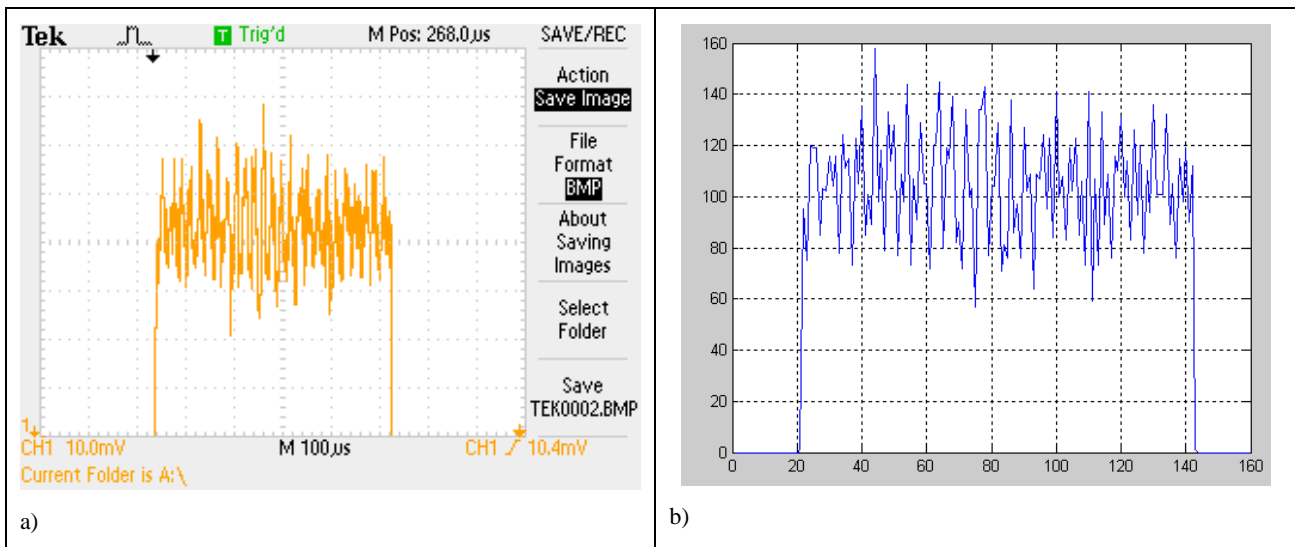


Figure 5: a) The voltage at the filter output measured via 4-channel 200MHz Tektronix Oscilloscope TDS2024B, b) Created voltage-time function $V(t)$ after post-process of the bitmap file of (a) using a Matlab code.

4.1. Using Wavelet Denoising Tool To Separate The Noise Component From The Original Signal

The noise component is completely separated from the original square-wave using Matlab "HAAR" wavelet of Level 5 (see Figure 6). The noise signal is seen as the "Residuals = S-Ds" in the toolbox as seen in the figure 6. The separated noise signal and the original noiseless square-wave are shown together on the upper left subfigure and the de-noised signal (Ds) is seen on the upper right (see also figure 7) [3, 6-8].

4.2. Obtaining The Rms Noise Voltage In The Wavelet Denoising Tool

Since noise is caused by random processes, the rms value of the noise voltage v_{rms} at the output of the filter is,

$$v_{rms}^2 = \bar{v}^2 + \sigma_v^2 \quad (13)$$

where v_{rms} is the rms value of the noise voltage, \bar{v} is the mean value which is zero in our case as seen in figure 7, σ_v^2 is the variance

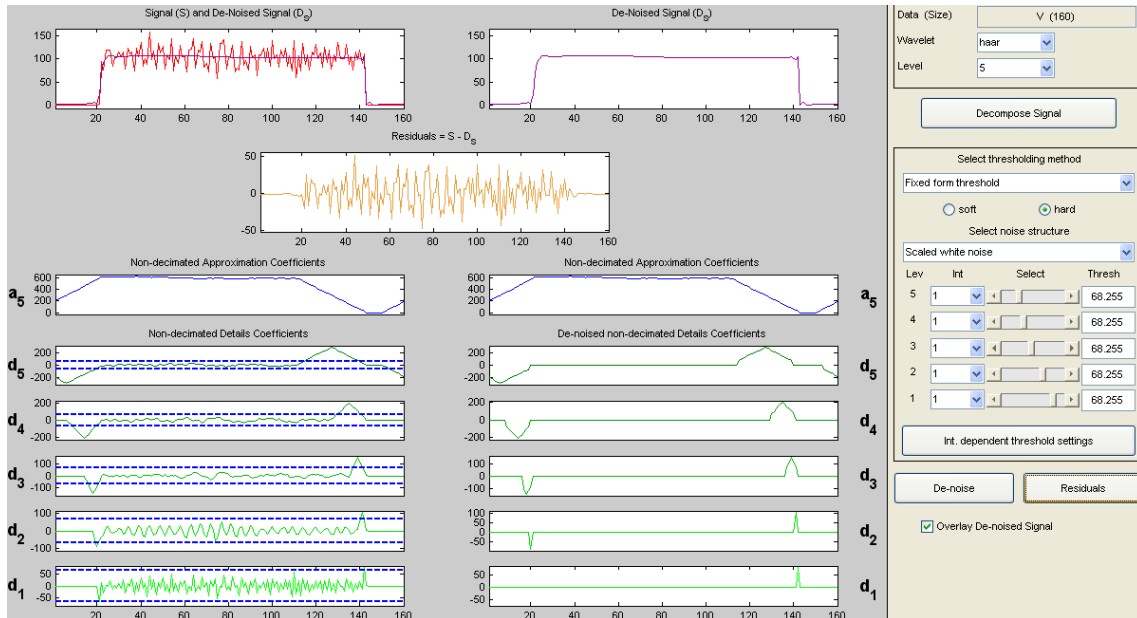


Figure 6: Use of HAAR wavelet denoising in Matlab.

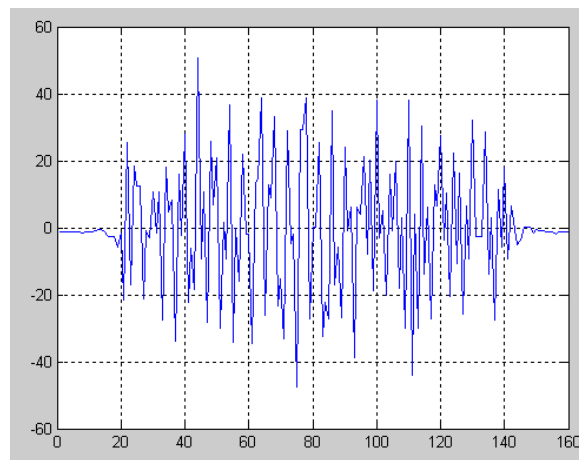


Figure 7: Separated noise voltage from the original signal using Wavelet Denoising.

or square of the standard deviation σ_v . If we set $\bar{v} = 0$, for the case of a completely separated noise voltage waveform as in figure 7, i.e. the DC component totally removed, we can rewrite (13) as,

$$v_{rms}^2 = \sigma_v^2 \quad (14)$$

Therefore, we deduce that $RMS(signal) = Standard_Deviation(signal)$ if the $Mean(signal)=0$. In the Wavelet Denoising Tool seen in figure 6, if the “residuals” button pressed, we can obtain the standard deviation of the noise voltage of the filter as 18.66 as seen in figure 8. As seen from the figure 5.a, the vertical resolution is 10mV/div. 1 pixel in the vertical voltage axis corresponds to 0.5mV. Therefore the standard deviation of 18.66 gives us $RMS(noise)=18.66 \times 0.5mV=9.33$ mVrms. This noise voltage obtained from Wavelet Denoising is very close to the theoretical value of $E_o = 9.4612$ Vrms obtained in Section 3.2, 0.986% of the theoretical value.

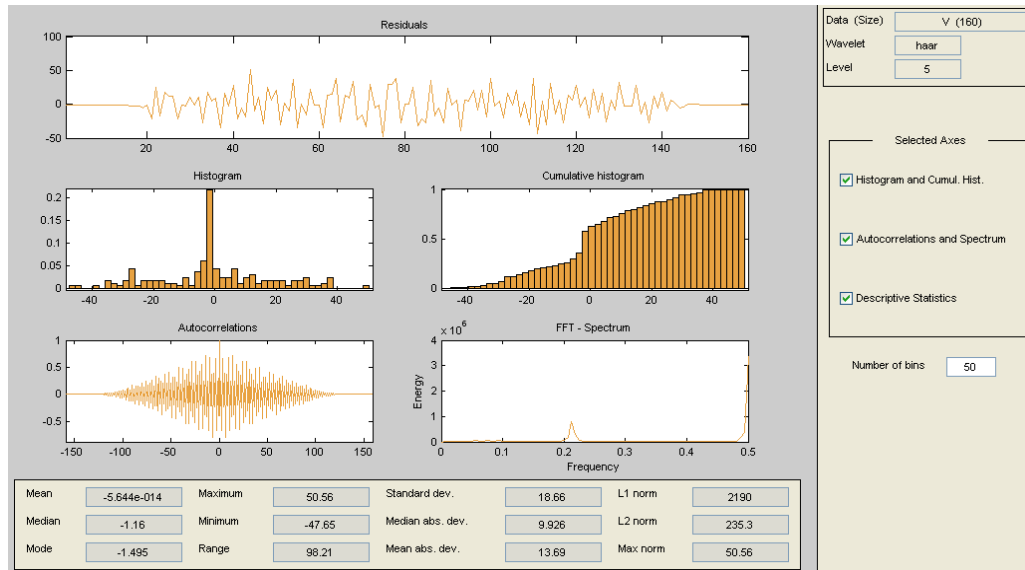


Figure 8: Residuals screen gives us the Standard deviation.

5. Conclusions

For the proposed experimental active filter, we have obtained a good agreement between the theoretical output noise voltage rms value and the value obtained using separated noise waveform via Wavelet Denoising Tool. In that sense, the proposed technique might be used as an alternative noise measurement method, if used together with the Wavelet Denoising, in a real circuit design and might give the designer an invaluable design tool.

6. References

- [1] Abbate, A., DeCusatis, C. M., Das, D. K., *Wavelet and Subbands: Fundamentals and Applications*, Springer, New York, 2002.
- [2] Cohen, R., *Signal Denoising Using Wavelets*, project report, Springer, Technion, Israel Institute of Technology, Feb. 2012. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/3dfd/6b2bd3d6ad3c6eca50747e686d5ad88b4fc1.pdf>.
- [3] Wavelet Denoising Toolbox of MATLAB, Mathworks Inc. Retrieved from <https://www.mathworks.com/help/wavelet/ug/wavelet-denoising.html>.
- [4] Datasheet, “Dual and Quad 50 MHz 800 V/us Opamps”, Linear Technology Inc. Retrieved from <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/13612fa.pdf>.
- [5] Carter, B., “Chapter 10: Op Amp Noise Theory and Applications”, Texas Instruments (TI) Inc. Retrieved from <https://intranet.ee.ic.ac.uk/t.clarke/ee2lab/handouts/A/noise-3.pdf>.
- [6] Wei, G., Wu, S., “Denoising Radar Signals Using Complex Wavelet”, Proceedings of The Seventh International Symposium on Signal Processing and Its Applications, pp. 341-344, IEEE, Paris, July 4 2003. DOI: 10.1109/ISSPA.2003.1224710.
- [7] Andrian, J. H., Angulo, L., Schmidt, P. E., Riley, J., Sumargo, H., “Low Frequency Noise In MOSFETs: Analysis And Synthesis Using Wavelet-Based Decomposition”, Proceedings of IEEE-SP International Symposium on Time-Frequency and Time-Scale Analysis, pp. 346-348, IEEE, Paris, Oct. 25-28 1994. DOI: 10.1109/TFSA.1994.467338.
- [8] Kopru, R., “Personal Analog Design Notes”.

NOTE: This work has been supported by Faculty of Engineering, Isik University of Turkey.

OPTIMIZATION OF A DIESEL ENGINE USING BIODIESEL / DIESEL FUEL BLENDS BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM)

Samet Uslu¹, Mustafa Aydın^{2*}

¹Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

sametuslu@karabuk.edu.tr

² Karabük Üniversitesi, TOBB BİLİMLER MESLEK YÜKSEK OKULU

m.aydin@karabuk.edu.tr

* Corresponding Author

Abstract

Nowadays, the search for alternative fuels has accelerated due to decreasing fuel reserves due to the increase in the need for energy. However, testing whether alternative fuels are suitable for use in engines has become time-consuming and costly as alternative fuel diversity increases. Therefore, in this study, the use of biodiesel in diesel engine has been optimized with a smaller number of tests. Response surface methodology (RSM) used for optimization. Biodiesel ratio, injection pressure and engine load were selected as input parameters while brake specific fuel consumption (BSFC), brake thermal efficiency (BTE), exhaust gas temperature (EGT), nitrogen oxides (NO_x) and smoke were selected output responses. Responses indicated that when the engine was operated with an engine load of 913.3164 watt, using 54.9985% biodiesel ratio, and with an injection pressure of 600 bar, outcomes were determined as 16.3268%, 745.9264 g/kWh, 187.5359 °C, 170.2949 ppm and 2.20%, respectively for BTE, BSFC, EGT, NO_x and smoke. The results obtained from this study showed that RSM is an effective method for optimization of diesel engines.

Keywords: Response surface methodology, optimization, biodiesel, diesel engine.

1. Introduction

Diesel engines, which are preferred because of their fuel economy, efficiency and durability, are used in many fields today [1]. But nowadays, scientists say that conventional fuel reserves will be end 30-40 years later [2]. For this reason, researchers are investigating new types of fuels that can replace conventional fuels. Biodiesel is one of the most preferred fuels that can replace diesel fuel because it has properties like diesel fuel and can be produced even from waste. Studies on the use of biodiesel in diesel engines have been continuing for almost 100 years. However, the experiments are both time consuming and costly. Hence, investigators use computer-based programs to find the optimum engine operating parameters for best output factors with a small number of experiments [3]. For this purpose, prediction systems, for instance, response surface methodology (RSM), linear regression and artificial neural network, have been preferred by several researchers to diminish the number of experiments [4]. RSM has been recognized as a strong tool among several other applications for optimization scientific processes, and it also decreases the required number of tests and saves money. Some studies have been conducted regarding the use of RSM in diesel engines [3,5-8].

This study was aimed to develop a RSM model to predict the best output values and the corresponding operating parameters for a diesel engine after performing a limited number of tests to save time and minimize the detailed experimental work.

2. Materials and Methods

2.1. Test fuels

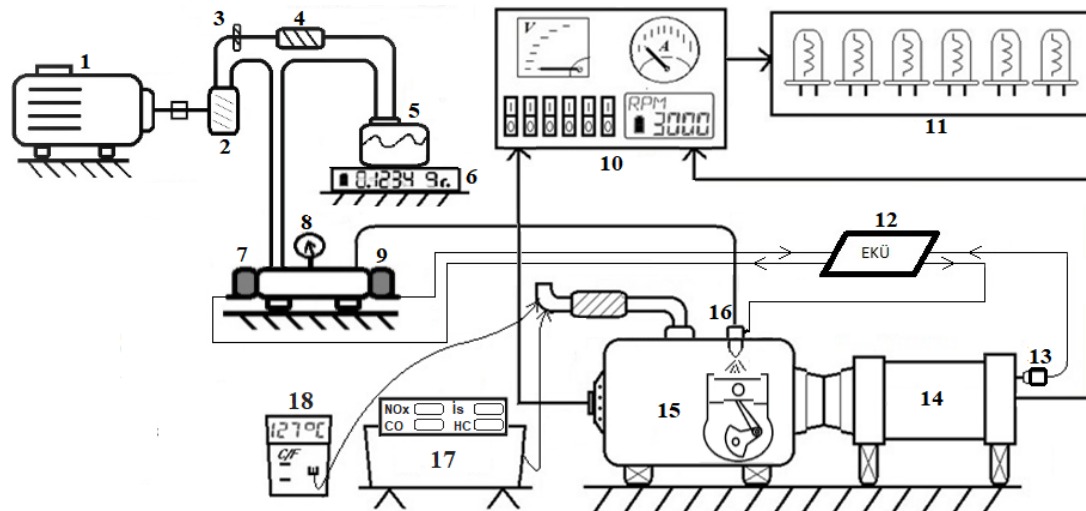
In the engine tests, fuel blends obtained by mixing biodiesel obtained from waste oils and diesel fuel in different ratios were used. Four different diesel / biodiesel fuel blends were used: B0 (100% diesel), B20 (80% diesel + 20% biodiesel), B40 (60% diesel + 40% biodiesel) and B60 (40% diesel + 60% biodiesel). The properties of fuels are given on Table 15.

Table 15. Properties of fuels [9,10].

Properties	Diesel	Biodiesel
Chemical Formula	C ₁₃ H ₂₈	C ₁₈ H ₃₄
Cetane number	>50	60.4
Density (kg/m ³ , 15 °C)	0.839	0.87
Ignition temperature (°C)	240	316
Boiling temperature (°C)	160-370	182-338
Kinematic viscosity (mm ² /s - at 40 °C)	3.09	5
Lower calorific value (kJ/kg)	43	39.576
Latent heat of evaporation (Mj/kg)	0.260	0.325

2.2. The experimental setup

The original injection pressure of the test engine is 200 bar. In the tests, diesel / biodiesel fuel blends were tested with CRDI fuel injection system at 200-400-600 bar injection pressures set by ECU. The tests were performed at 3000 rpm, 500, 750, 1000, 1250, 1500 watt engine loads and the effects of test fuels on engine performance (BSFC, BTE, EGT) and exhaust emission (NO_x, smoke) were investigated. Before starting the experimental measurements, the engine was run with test fuels to 90 °C operating temperature. Measurements were taken after the engine started to run stable by loading the load unit. During the experimental studies, the measurements were repeated averaged three times at each measurement point. The schematic view of experimental setup is shown in Figure 16.



1- Electric motor, 2- High pressure pump, 3- Fuel filter, 4- Feed pump, 5- Fuel tank, 6- Digital scale, 7- Pressure control valve, 8- Manometer, 9- Pressure sensor, 10- Control panel, 11- Load unit, 12- ECU, 13- Encoder, 14- Alternator, 15- Diesel engine, 16- Solenoid injector, 17- Exhaust emission device and opacimeter, 18- Digital multimeter and thermocouple.

Figure 16. The schematic view of experimental setup

2.3. Response surface methodology

Using the RSM method to create a mathematical model (correlation) to predict the desirable answer is one of the common methods in many engineering fields. Actually, this is an effort to make a mathematical model that is adapted to data from experimental results. The primary aim is to find the correlation among the answers and several factors, and to improve these factors. In this study, there are three (3) operating parameters which are engine load, biodiesel ratio and injection pressure. For the prediction and optimization of engine output parameters, 60 experiments were performed with five different engine load (500, 750, 1000, 1250 and 1500 watts), four different biodiesel ratios (0%, 20%, 40% and 60%) and three different injection pressures (200, 400) and 600 bar). The input factors and their levels are shown in Table 16. The factorial section of the Central Composite Design (CCD) was preferred in present study with all combinations of the variables because it shows relatively accurate predictions. Table 17 shows the design matrix of tests related to RSM details by the CCD technique. This includes totally 20 experiments for different combinations of input factors.

The simplest model which can be used in RSM is based on a linear function is shown with the following Eq. (1) [3]:

$$y = \beta_0 + \sum_i^k \beta_i x_i + \epsilon \quad (1)$$

If this model offers any curvature, a quadratic model is used as the following Eq. (2) [3]:

$$y = \beta_0 + \sum_i^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j \geq i}^k \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon \quad (2)$$

Where k is the number of variables and x_i and x_j are independent variables and ϵ is error. i and j are the linear and quadratic coefficient, respectively. β_0 is the constant, β_i is the linear coefficient and β_{ij} interactive coefficient.

The first stage in the RSM is to specify a suitable correlation between the response and factors. For this study, quadratic model is adequate to find the optimum value of input factors and best responses. In this study, BSFC, BTE, EGT, NO_x and smoke are selected as output parameters, while engine load, biodiesel ratio and injection pressure are selected as input parameters.

Table 16. Input factors and their levels.

Factors	Levels				
Biodiesel ratio (%vol.)	0	20	40	60	
Injection pressure (bar)	200	400	600		
Engine load (watt)	500	750	1000	1250	1500

Table 17. Design matrix of tests related to RSM.

Std Order	Run Order	Pt Type	Blocks	Biodiesel Ratio (%vol.)	Injection Pressure (bar)	Engine Load (watt)	BSFC (g/kWh)	EGT (°C)	BTE (%)	NO _x (ppm)	Smoke (%)
4	1	1	1	0	200	500	1213	142	7.50	90	14
1	2	1	1	0	200	1250	778	202	11.68	155	46
18	3	0	1	0	200	1500	752	214	12.08	207	59
3	4	1	1	20	200	1500	774	212	12.21	216	55
12	5	-1	1	40	200	1500	800	206	12.39	236	54
20	6	0	1	60	200	1000	935	161	11.67	159	31
15	7	0	1	0	400	500	939	182	9.68	95	5
8	8	1	1	0	400	1250	518	218	16.12	156	42
11	9	-1	1	20	400	750	829	187	12.94	103	14
17	10	0	1	20	400	1500	619	218	17.32	199	49
13	11	-1	1	40	400	1000	810	187	15.49	152	17
6	12	1	1	60	400	500	1239	152	9.98	108	2
14	13	-1	1	60	400	1000	841	178	15.34	171	12
7	14	1	1	0	600	750	614	205	14.79	116	10
19	15	0	1	0	600	1000	538	213	16.88	143	22
9	16	-1	1	20	600	1000	563	207	16.93	145	15
2	17	1	1	20	600	1500	503	219	19.87	213	45
5	18	1	1	40	600	1000	630	198	17.03	147	12
16	19	0	1	40	600	1500	514	214	20.15	245	37
10	20	-1	1	60	600	1500	547	202	20.59	295	30

3. Analysis and evaluation of model

Table 18 and Table 19 show the ANOVA for BSFC, BTE, EGT, NO_x and smoke. In terms of linear, the P-values corresponding to the engine load, biodiesel ratio and injection pressure are less than 0.05% for all output parameters. The fact that a parameter's P-values have a value less than 0.05 is indicative of its effect in optimization. On the contrary, in terms of square, P-values of injection pressure and biodiesel ratio are less than 0.05 expect engine load for BSFC. Injection pressure P-values are less than 0.05 for BTE and EGT and engine load P-values of BTE is fewer than 0.05, too.

The R² value is a confirmation of how the experimental data comply with the developed models. Table 20 shows the R² values for all parameters. All output parameters have R² values greater than 0.92, which are indication of a good harmony. Second-degree equations reproduced with regard to the inlet factors to estimate the replies of BSFC, EGT, BTE, NO_x and smoke are given by equations (3)–(7), respectively.

$$\text{BSFC} = 2102 - 1,735 \text{ IP} + 5,96 \text{ BR} - 1,488 \text{ EL} + 0,000824 \text{ IP} * \text{IP} - 0,0190 \text{ BR} * \text{BR} + 0,000507 \text{ EL} * \text{EL} + 0,00363 \text{ IP} * \text{BR} + 0,000192 \text{ IP} * \text{EL} - 0,00340 \text{ BR} * \text{EL} \quad (3)$$

$$\text{EGT} = 48,01 + 0,3212 \text{ IP} - 0,319 \text{ BR} + 0,1039 \text{ EL} - 0,000158 \text{ IP} * \text{IP} - 0,00213 \text{ BR} * \text{BR} - 0,000005 \text{ EL} * \text{EL} - 0,000176 \text{ IP} * \text{BR} - 0,000115 \text{ IP} * \text{EL} + 0,000116 \text{ BR} * \text{EL} \quad (4)$$

$$\text{BTE} = -3,319 + 0,02262 \text{ IP} - 0,0063 \text{ BR} + 0,01503 \text{ EL} - 0,000023 \text{ IP} * \text{ IP} + 0,000025 \text{ BR} * \text{ BR} - 0,000006 \text{ EL} * \text{ EL} - 0,000011 \text{ IP} * \text{ BR} + 0,000010 \text{ IP} * \text{ EL} + 0,000016 \text{ BR} * \text{ EL} \quad (5)$$

$$\text{NO}_x = 86,7 + 0,0054 \text{ IP} - 1,936 \text{ BR} - 0,0311 \text{ EL} + 0,000113 \text{ IP} * \text{ IP} + 0,01928 \text{ BR} * \text{ BR} + 0,000079 \text{ EL} * \text{ EL} + 0,000839 \text{ IP} * \text{ BR} - 0,000070 \text{ IP} * \text{ EL} + 0,001209 \text{ BR} * \text{ EL} \quad (6)$$

$$\text{Smoke} = 20,75 - 0,0877 \text{ IP} + 0,291 \text{ BR} + 0,00596 \text{ EL} + 0,000046 \text{ IP} * \text{ IP} + 0,00030 \text{ BR} * \text{ BR} + 0,000017 \text{ EL} * \text{ EL} - 0,000636 \text{ IP} * \text{ BR} + 0,000025 \text{ IP} * \text{ EL} - 0,000235 \text{ BR} * \text{ EL} \quad (7)$$

Where IP, BR and EP represent injection pressure, biodiesel ratio and engine load, respectively.

Table 18. ANOVA for BSFC, BTE and EGT.

Source	BSFC			BTE			EGT		
	Sum of Squares	F-value	p-value	Sum of Squares	F-value	p-value	Sum of Squares	F-value	p-value
Model	873379	76.84	0.000	254.243	394.82	0.000	9747.2	136.48	0.000
Linear	634540	167.49	0.000	145.65	678.55	0.000	7023.93	295.05	0.000
A-Injection pressure	164672	130.40	0.000	55.51	775.82	0.000	1522.79	191.90	0.000
B-Biodiesel Ratio	73339	58.07	0.000	0.404	5.64	0.039	1441.47	181.65	0.000
C- Engine load	349009	276.36	0.000	71.583	1000.45	0.000	3686.93	464.63	0.000
Square	51324	13.55	0.001	9.586	44.66	0.000	164.05	6.89	0.009
A²	3793	3.00	0.114	2.922	40.84	0.000	138.70	17.48	0.002
B²	887	0.70	0.422	0.002	0.02	0.885	11.18	1.41	0.263
C²	47673	37.75	0.000	7.167	100.16	0.000	4.56	0.57	0.466
Interaction	14484	3.82	0.046	5.52	25.72	0.000	598.24	25.13	0.000
A*B	2405	1.90	0.198	0.020	0.28	0.606	5.64	0.71	0.419
A*C	1350	1.07	0.326	3.807	53.21	0.000	484.92	61.11	0.000
B*C	11246	8.90	0.014	0.241	3.36	0.097	13.06	1.65	0.228
Error	12629			0.716			79.35		
Total	886008			254.959			9826.55		

Table 19. ANOVA for NO_x and smoke.

Source	NO _x			smoke		
	Sum of Squares	F-value	p-value	Sum of Squares	F-value	p-value
Model	57312.6	125.15	0.000	6415.78	194.81	0.000
Linear	36984.3	242.29	0.000	2945.08	268.28	0.000
A-Injection pressure	709.1	13.94	0.004	555.72	151.87	0.000
B-Biodiesel Ratio	5240.3	102.99	0.000	288.85	78.94	0.000
C- Engine load	25856.2	508.16	0.000	2586.07	706.73	0.000
Square	2082.1	13.64	0.001	63.70	5.80	0.015
A²	71.6	1.41	0.263	12.05	3.29	0.100
B²	913.6	17.96	0.002	0.22	0.06	0.811
C²	1168.1	22.96	0.001	54.19	14.81	0.003
Interaction	1522.5	9.97	0.002	123.13	11.22	0.002
A*B	128.8	2.53	0.143	74	20.22	0.001
A*C	180.0	3.54	0.089	22.05	6.03	0.034
B*C	1419.5	27.90	0.000	53.52	14.63	0.003
Error	508.8			36.59		
Total	57821.5			6452.37		

Table 20. Assessment of model

Model	R ²	Adj. R ²	Pred. R ²
BSFC	98.57%	97.29%	92.28%
BTE	99.72%	99.47%	98.49%
EGT	99.19%	98.47%	94.85%
NO _x	99.12%	98.33%	96.29%
smoke	99.43%	98.92%	96.97%

4. Results

The whole impacts of injection pressure, biodiesel ratio and engine load on BSFC are demonstrated in Figure 17. When the graph is examined, it is clear that the increase in injection pressure reduces BSFC. Increased injection pressure is believed to improve fuel atomization and thus combustion, thereby reducing BSFC [9]. On the other hand, increasing biodiesel ratio is increased the BSFC. It is thought to be related to the lower calorific value of the fuel. Also, increasing engine load increased the BSFC.

BTE is an indicator of how much energy the fuel can convert into usable energy [12]. The collective effects of biodiesel ratio, injection pressure and engine load on BTE is illustrated in Figure 18. BTE increases with the growing biodiesel ratio and it reaches a top level. By any other increase in biodiesel ratios, BTE can begins to reduce as seen from the figure.

The common effect of the injection pressure, engine load and biodiesel ratio on EGT is shown in Figure 19. By the increasing engine load and injection pressure, EGT increase. On the other hand, EGT decrease with rising of biodiesel ratio on using fuel blend. It is expected that in-cylinder temperature and EGT will increase with increasing engine load.

The common effects of injection pressure, biodiesel ratio and engine load on NO_x are shown in Figure 20. It can be seen that from figure, NO_x emission levels increased with rising injection pressure and biodiesel ratio and also, with the increasing of engine load, NO_x emission increased again. It is thought that NO_x emissions increase because the cylinder-in temperature increases at high engine load. Similarly, higher NO_x emission levels of the biodiesel may be related with more nitrogen matter of the fuel.

Figure 21 shows the common effect of biodiesel ratio, engine load and injection pressure in three dimensions. It is seen from the figure that smoke emissions decrease as biodiesel ratio increases. On the other hand, increased injection pressure reduced smoke emissions, while increased engine load caused more smoke emissions. Increased injection pressure improved atomization and therefore combustion and reduced smoke emissions [11].

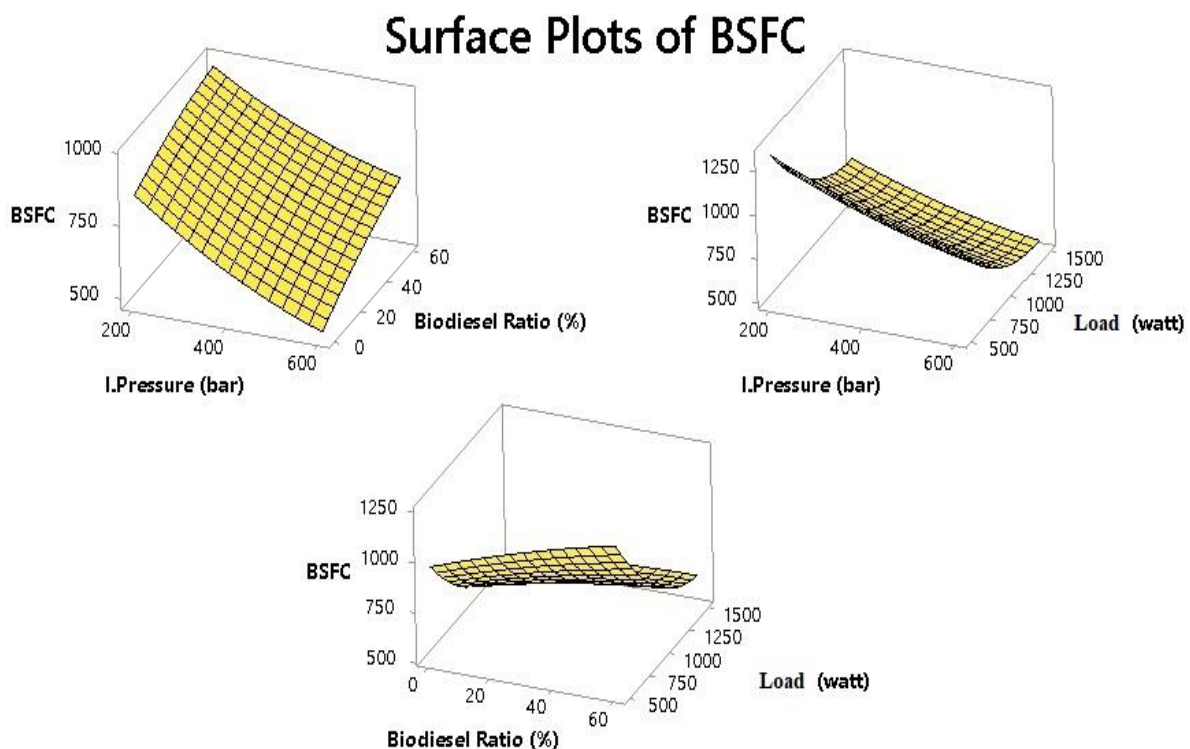


Figure 17. Common effects of input factors on BSFC

Surface Plots of BTE

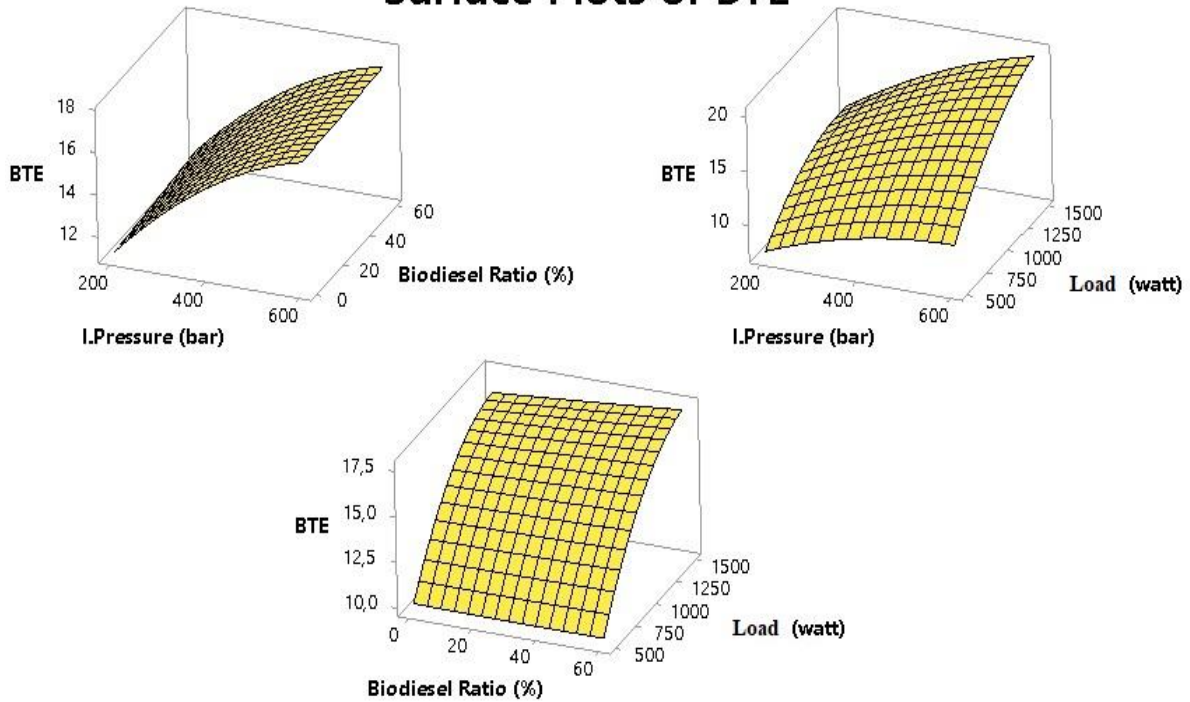


Figure 18. Common effects of input factors on BTE

Surface Plots of EGT

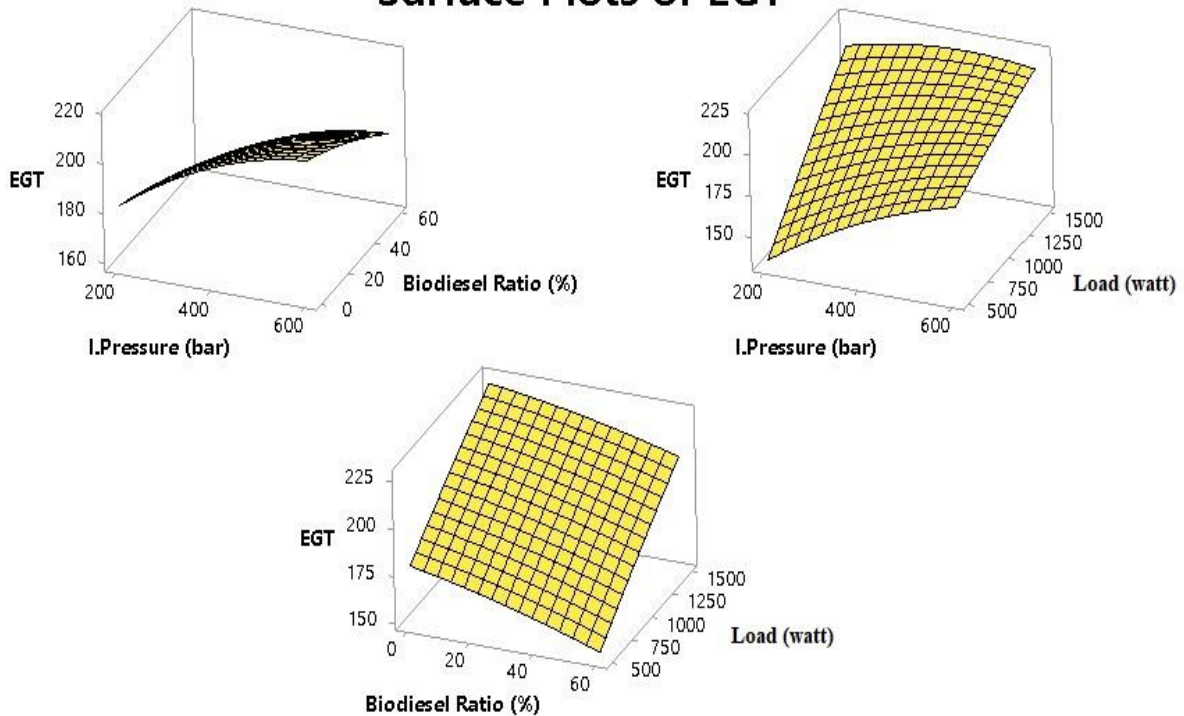


Figure 19. Common effects of input factors on EGT

Surface Plots of NOx (ppm)

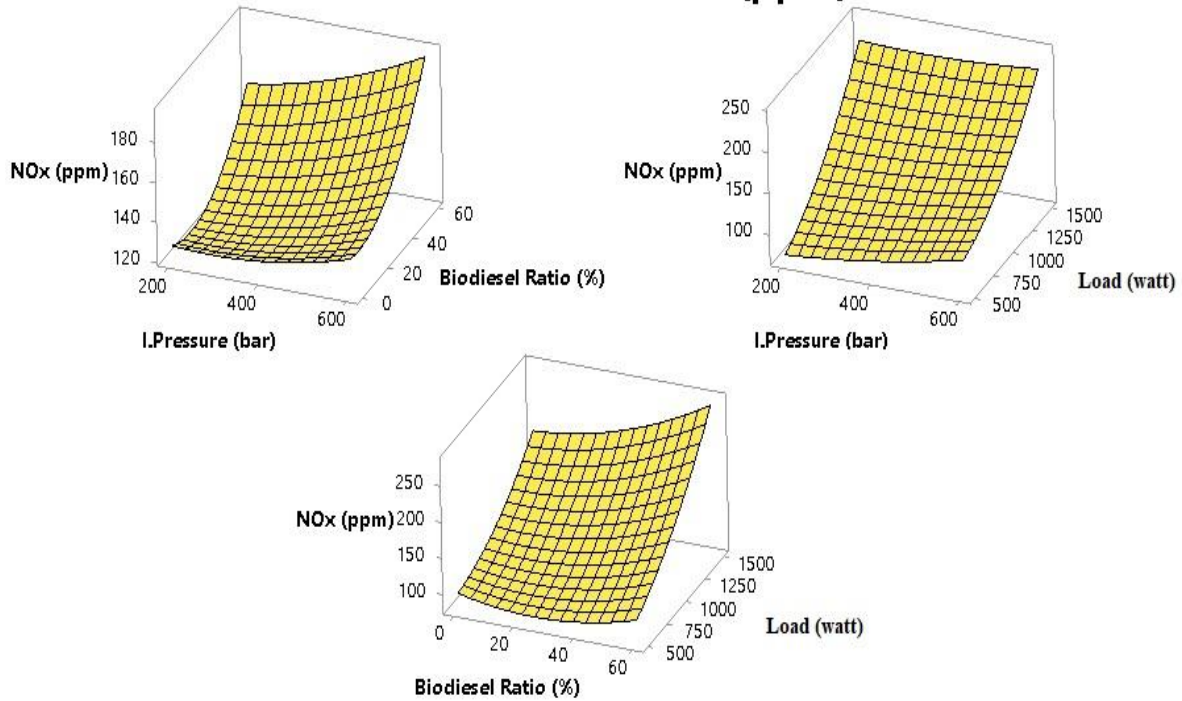


Figure 20. Common effects of input factors on NO_x

Surface Plots of Smoke

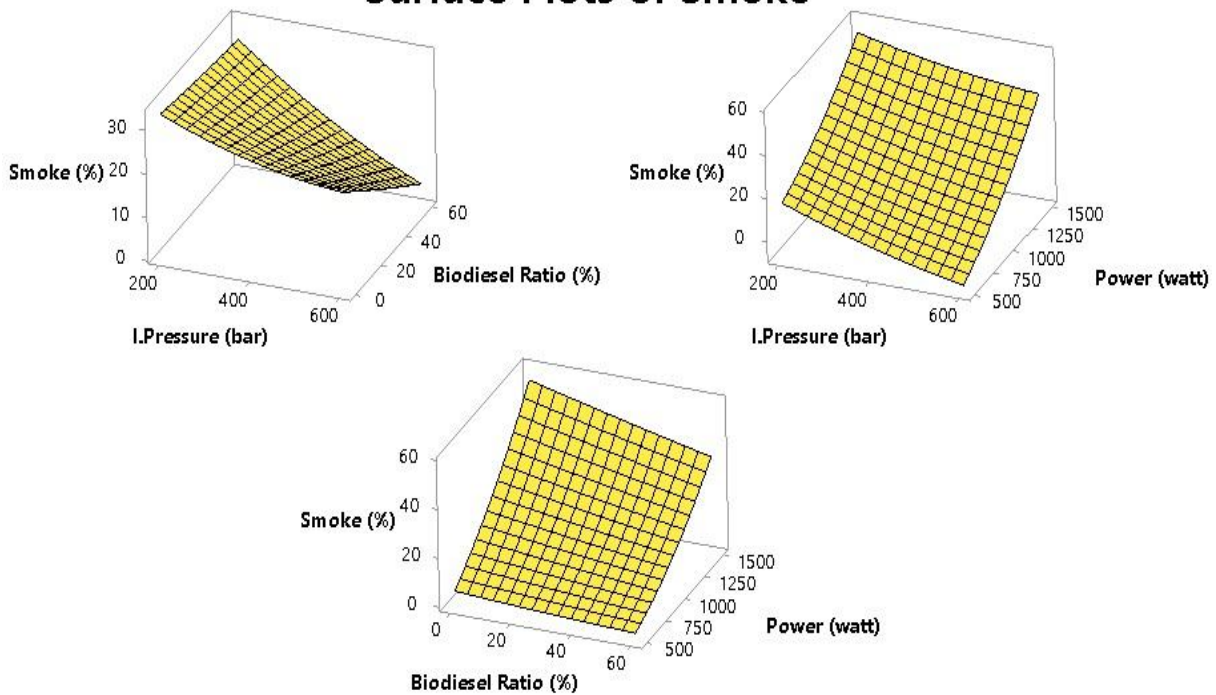


Figure 21. Common effects of input factors on Smoke

5. Optimization and validation

In this study, the response optimizer, which is a tool in RSM used for the optimization of multiple outputs is used to optimize the engine output factors with the best operating factors. The main purpose here is to improve the performance parameters of the engine holding the exhaust emissions, BSFC and EGT at their smallest rates. According to aims, optimization principles and optimization plots are shown in Table 21 and Figure 22, respectively. The biodiesel ratio of 54.9985%, injection pressure of 600 bar and engine

load of 913.3164 watt were found as optimum engine operating parameters with the optimum outputs of 16.3268%, 745.9264 g/kWh, 187.5359 °C, 170.2949 ppm and 2.20%, respectively, for BTE, BSFC, EGT, NO_x and smoke. For approval of optimized results, three tests were performed, and the mean value was calculated from the best values of biodiesel ratio, injection pressure and engine load obtained by RSM. The outcomes of the tests carried out for the validation test with the predicted values obtained from the model are shown in Table 22.

Table 21. Optimization principles

Factor	Boundaries		Weight	Importance	Criterion
	Lower	Upper			
I. Pressure (bar)	200	600	1	1	In range
Biodiesel ratio (%)	0	60	1	1	In range
Engine load (watt)	500	1500	1	1	In range
BSFC (g/kWh)	503.22	1239.34	1	1	Minimize
BTE (%)	7.49	20.59	1	1	Maximize
EGT (°C)	142	219	1	1	Minimize
NO _x	90	295.68	1	1	Minimize
Smoke (%)	2.2	59	1	1	Minimize

Table 22. Validation tests for predicted and experimental values with % error

Injection pressure (bar)	Biodiesel ratio (%)	Engine load (watt)	Value	BSFC (g/kWh)	BTE (%)	EGT (°C)	NO _x (ppm)	Smoke (%)
600	54.9985	913.3164	Predicted	746.0721	16.345	187.5855	145.0115	6.134
			Actual	780.71	15.80	182	136.93	6.42
			Error (%)	4.44	3.45	3.07	5.90	4.45

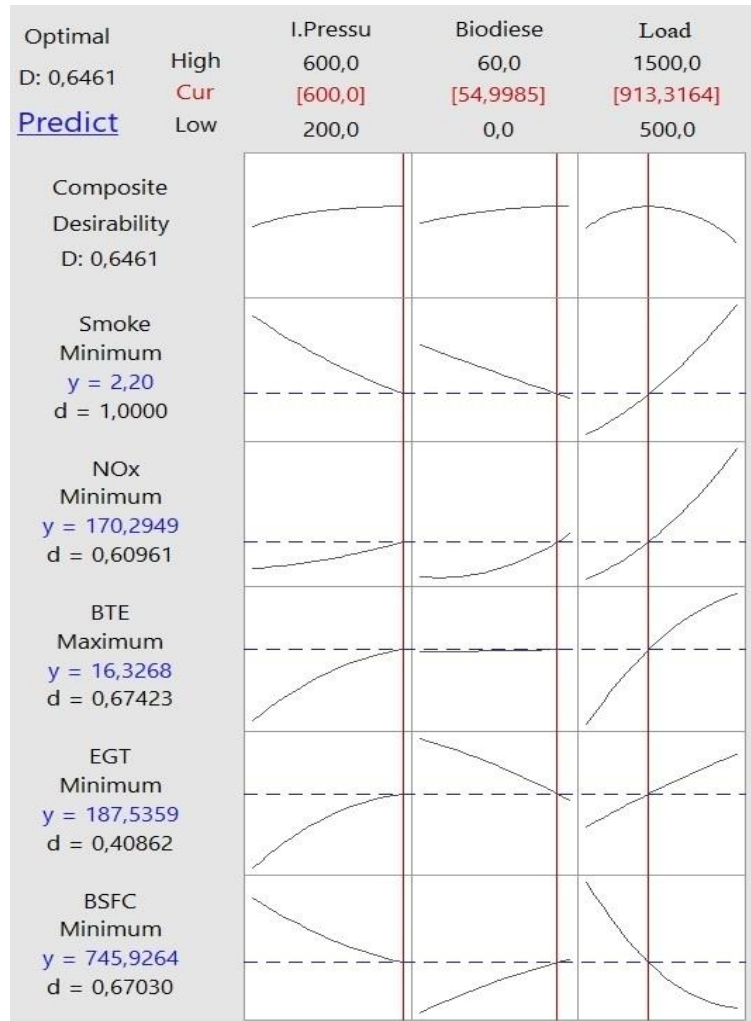


Figure 22. Optimization plot for BTE, EGT, BSFC, NO_x and Smoke

6. Conclusion

In this study, the effects of biodiesel ratio, injection pressure and engine load on BTE, BSFC, EGT, NO_x and smoke analysed using RSM. Tests were conducted in a diesel engine using blends of biodiesel/diesel at various engine load and several fuel injections pressures. An ANOVA was made to find the effects of several engine operating parameters effecting BTE, BSFC, EGT, NO_x and smoke P. The RSM model is settled to predict the output parameters. RSM results gave R² values greater than 0.92. RSM optimizer was applied to find the optimum operating factors. According to results which received from the RSM optimizer, best output values of BTE, BSFC, EGT, NO_x and smoke were determined as 16.3268%, 745.9264 g/kWh, 187.5359 °C, 170.2949 ppm and 2.20%, respectively with optimum engine operating factors: biodiesel ratio of 54.9985%, injection pressure of 600 bar and engine load of 913.3164 watt. The mean errors were found by 4.44%, 3.45%, 3.07%, 5.90% and 4.45% for BSFC, BTE, EGT, NO_x and smoke, respectively from validation tests which made for confirmation between predicted and experimental results. According to results, it has been found that RSM can be used successfully to estimate the performance and emissions of a diesel engine using biodiesel fuel blends.

7. References

- [1] El-Din, M.R., Mishrif, M.R., Gad, M.S. and Keshawy, M., "Performance and exhaust emissions of a diesel engine using diesel nanoemulsions as alternative fuels", *Egyptian Journal of Petroleum*, 2019.
- [2] Ospina, G., Selim, M., Omari, S., Ali, M., and Hussien, A., "Engine roughness and exhaust emissions of a diesel engine fueled with three biofuels", *Renewable Energy*, 134, 1465–1472, 2019.
- [3] Uslu, S., "Optimization of diesel engine performance and emission parameters operating waste tire pyrolysis oil–diesel blends using response surface methodology", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal Of Systems And Control Engineering*, 2019.
- [4] Uslu, S. and Celik, M. B., "Prediction of engine emissions and performance with artificial neural networks in a single cylinder diesel engine using diethyl ether", *Engineering Science And Technology, An International Journal*, 0–7, 2018.

- [5] Khoobakht, G., Karimi, M., and Kheiralipour, K., "Effects of biodiesel-ethanol-diesel blends on the performance indicators of a diesel engine: A study by response surface modeling", *Applied Thermal Engineering*, 148, 1385–1394, 2019.
- [6] Kumar, S. and Dinesha, P., "Optimization of engine parameters in a bio diesel engine run with honge methyl ester using response surface methodology", *Measurement*, 125, 224–231, 2018.
- [7] Gopal, K., Sathiyagnanam, A. P., Kumar, B. R., Saravanan, S., Rana, D., and Sethuramasamyraja, B., "Prediction of emissions and performance of a diesel engine fueled with n-octanol/diesel blends using response surface methodology", *Journal Of Cleaner Production*, 184, 423–439, 2018.
- [8] Singh, Y., Sharma, A., Singh, G. K., Singla, A., and Singh, N. K., "Optimization of performance and emission parameters of direct injection diesel engine fuelled with pongamia methyl esters-response surface methodology approach", *Industrial Crops & Products*, 126, 218–226, 2018.
- [9] S. Murugan, M. C. Ramaswamy and G. Nagarajan, "The use of tyre pyrolysis oil in diesel engines", *Waste Management*, 28 (12), 2743–2749, 2008.
- [10] S. Uslu and M. B. Celik, "Experimental investigation of the effects of diethyl ether- diesel fuel blends on engine parameters in a low power diesel engine", *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 7 (5), 1–13, 2018.
- [11] Raghu, R. and Ramadoss, G., "Optimization of injection timing and injection pressure of a DI diesel engine fueled with preheated rice bran oil", *International Journal of Energy and Environment*, 2 (4), 661–670, 2011.
- [12] Patel, S., Azad, A. K., and Khan, M., "Numerical investigation for predicting diesel engine performance and emission using different fuels", *Energy Procedia*, 160, 834–841, 2019.

REUSE OF IN-SITU SOIL ANCHORS AS POST-TENSIONED TENDONS IN A NEARBY CONSTRUCTION SITE

Selahattin Ersoy,

Faculty of Architecture, Istanbul University, Turkey

selahattin.ersoy@istanbul.edu.tr

Abstract

Soil anchors used as part of an excavation support system for a construction lot were later utilized as post-tensioned tendons in a nearby lot for another construction. This procedure provided several advantages to the construction at the second lot, in terms of time and the overall cost of the excavation support system. For this kind of application, the free stressing length of the anchor is supposed to be bigger than the distance between the two lots so that the stressing is possible, and also soil anchor strands is to be intact. This paper presents the design and application of previously installed soil anchors as post-tensioned tendons.

Keywords: *Soil Anchors, Tendons, Reuse*

1. Introduction

Soil anchors are widely used as excavation support systems to limit the deflections at the excavated area for a new construction. These type of soil anchors in general are temporary anchors and they are composed of prestressing steel wires, anchor head, wedges, and anchor plate. There is unbonded and bonded length of an anchor and the unbonded length is usually formed by a HDPE pipe sleeve around the prestressing wires to avoid the contact with grout. Prestressing load applied to the temporary soil anchor diminishes by time, therefore the main construction is to be completed in short period of time so that the lateral earth forces are transferred to the main structure. Based on our literature survey, there is no application of reuse of temporary soil anchors before. However, as it is explained later in this paper, the first example of such an attempt was for two neighbouring construction site with a pedestrian street in between.

Soil anchor installation as part of an excavation support system of a hotel construction in Istanbul, Turkey was completed in July 2011. As the main construction of the hotel at the first lot continues, another hotel construction in a nearby second lot was started in about a year later in August 2013. Figure 1 shows the site plan.



Figure 1: Site plan

During early design stage for excavation support system of the second lot, there were several issues for selection of a suitable system. Firstly, the distance between these two construction sites was not long enough for new soil anchor installation. Secondly, the

topographical difficulties was making implementation of other conventional design extremely difficult. Hence, a necessity of a new approach to reuse of already-installed soil anchors from the first lot as post-tensioned tendons on the second lot, was evaluated as shown in Figure 2. Figure 3 shows early stages of construction of the second lot, ongoing main building construction at the first lot, and the pedestrian-only street in between the two lots. As the shored excavation continues, the already installed soil anchors from the first lot were found, they are cut about 1.30 m from the face of the excavation, and they are kept in place as the remaining excavation is completed. Figure 4 shows the preserved soil anchors encountered during an excavation operation. After the completion of the excavation, reinforced concrete wall is constructed. Figure 5 and figure 6 shows reinforcement installation and the completed reinforced concrete wall in an excavation area and the ongoing excavation in a neighbouring location, respectively. The entire wall is completed, anchor plate, anchor head and wedges are installed and tendon is stressed to its design value. Figure 7 shows the stressing operation of the in-situ soil anchors as post-tensioned tendons. In addition, partially exposed bond length of a soil anchor installed from the first lot is also seen. Portion of the retaining wall is constructed with top down construction method. Figure 8 shows this kind of wall and the encountered and preserved soil anchors during the excavation. It is noticeable that there was still load on the the soil anchors installed from the first lot, therefore cutting operation required special attention. Figure 9 shows a soil anchor being cut about 1.30m from the face of the wall.

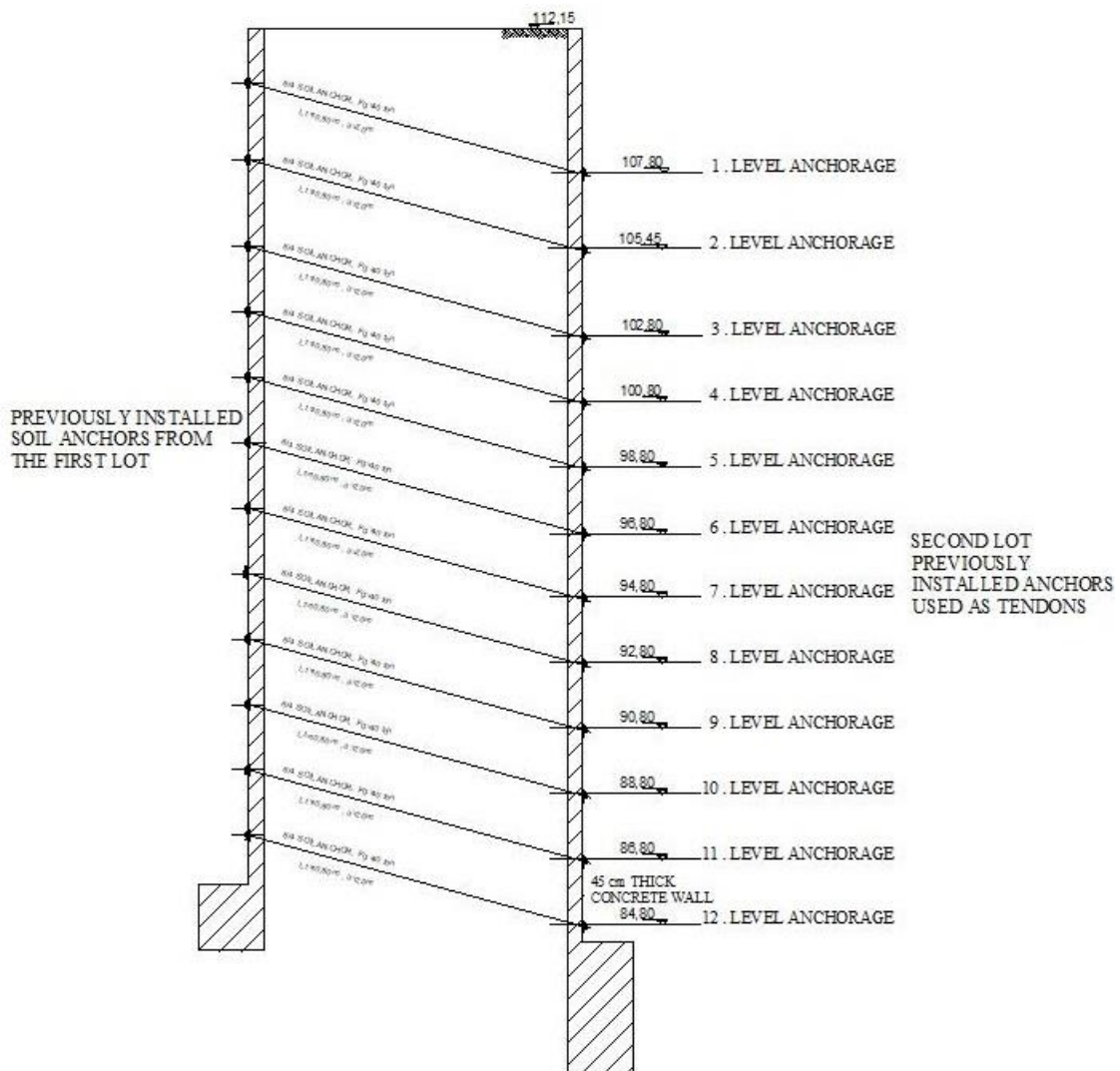


Figure 2: Section between 1st and 2nd lot



Figure 3: Early stage of construction at second lot

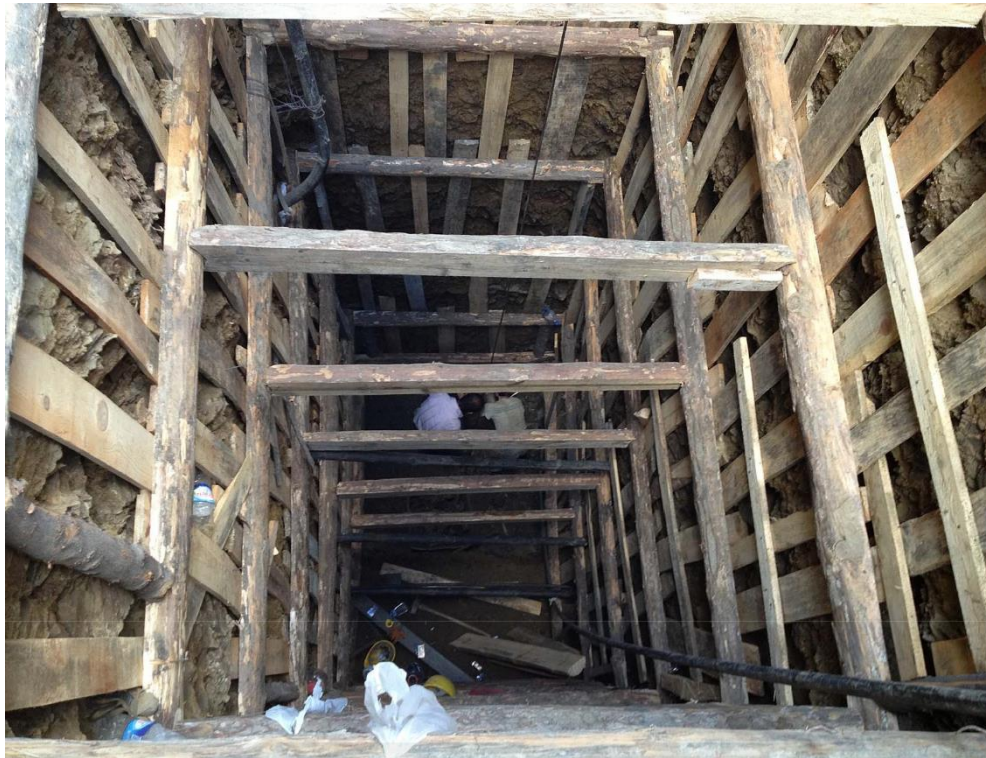


Figure 4: Ongoing excavation and preserving soil anchors from first lot



Figure 5: Reinforcement installation for the wall



Figure 6: Partially completed wall and ongoing excavation at adjacent location



Figure 7: Stressing the soil anchor from the second lot as tendon



Figure 8: Top-down construction of wall and encountered in-situ soil anchors



Figure 9: Cutting the soil anchor to the required length to be used as tendon

2. Construction Stage

Construction stages are shown schematically in Figure 10. At the first stage, the soil anchor installation for the temporary support structure and the excavation to the final excavation level of the first lot is completed. At the second stage, construction of reinforced concrete structure of the first lot is completed. At the third stage, temporary support structure is started for the second lot. An excavation support system is constructed from the top to the bottom of the retaining structure foundation level, by excavating the earth material inside, and the soil anchors encountered are preserved. The reinforcing steel installation, formwork installation, and concrete pour finalizes the wall construction. During all phases of the construction in-situ soil anchors are preserved in place with utmost care for later use as tendons. After the removal of formworks the excavated area is refilled. This operation is simultaneously completed for every other area. Some of the walls in between the completed walls are constructed by top-down construction method. Then the excavation is performed at stages, at the end of each stage of excavation, bearing plate, anchor head and wedges are installed for exposed in-situ soil anchors and stressing is performed for the tendon. This is repeated for each soil anchor preserved until the final excavation level is reached. Then the main building construction is started for the second lot. Figure 10 and figure 11 shows the ongoing construction and the completed construction at the second lot.

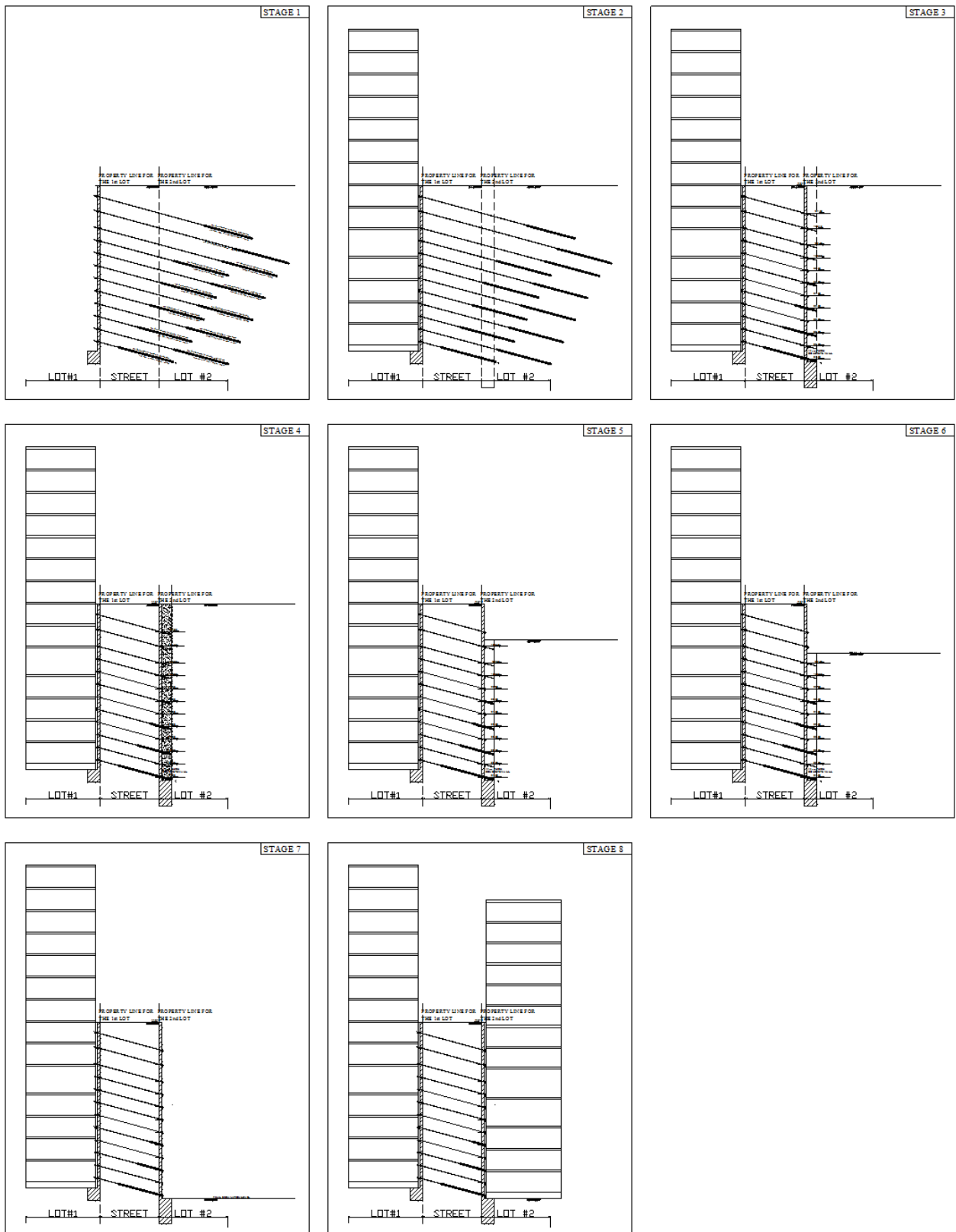


Figure 10: Diagram for construction stages



Figure 11: Ongoing main construction on second site



Figure 12: Completed construction

3. Design Guide and Application Approach

While the installation of the soil anchors was done from the first lot, the angle of the soil anchors from the horizontal varied from 15° to 25°. Especially the first row of soil anchors were installed with a higher inclination to avoid interference with the underlying utilities. The second level and lower level anchors were completed about 15° from the horizontal. After the installation of the anchors at the first lot completed, and the final excavation level is reached, the construction for the main building started, to provide a

level concrete surface for water isolation the anchor heads were buried in the leveling concrete. After about a year the reinforced concrete construction of the first building was completed. The construction of the temporary support structure on the second site started. Every anchor encountered during the excavation was preserved. Design of the soil anchors for the first lot is performed by Plaxis software [1]. Preliminary design loads for the in-situ soil anchors to be used as tendons for the second lot, is based on the assumption of 2m vertical and horizontal spacing between the soil anchors and the inclination of the anchors from the horizontal as 15°. However, the as-built situation did not resemble the design due to several reasons. This situation required the revision of the design load for tendons for the existing situation based on the tributary area of each tendon, and the inclination of the tendon. The amount of post-tension load was checked based on the inclination of the anchor and it is revised as per guide given in the following equations.

$$F_a(i) = \frac{1}{8} K_a \gamma (H_{i+1}^2 - 2H_{i-1}H_i + 2H_iH_{i+1} - H_{i-1}^2) S \leq F \cos \theta \quad (1)$$

$$F \sin \theta + \mu F \cos \theta - W \leq 0 \quad (2)$$

If i is the number of first tendon level then H_{i-1} is equal to 0. If i is the last tendon then H_{i+1} is equal to the depth of the final excavation level.

$$F \leq \frac{W}{\mu \cos \theta + \sin \theta} \quad (3)$$

F : Applied tendon force

$F_a(i)$: Lateral earth pressure at level i , $i=1$ to n , n is level of last tendon

$H(i)$: Height of tendon from top, $i=1$ to n , n is level of last tendon

i : Number of the anchor level

K_a : Active earth pressure coefficient

S : Horizontal spacing of soil anchor

W : Unit weight of soil, KN/m³

μ : Coefficient of friction between soil and the concrete Wall

θ : Inclination of the soil anchor from horizontal

The displacement on the post-tensioned wall is monitored and checked against the limits presented in ground anchor and anchor system circular no.4 [2].

4. Conclusion

To the best of our knowledge based on the literature survey, the reuse of in-situ soil anchors as post-tensioned tendons was first done in this project. Use of in-situ soil anchors provided many advantages, in terms of time and cost. Steps as soil anchor drilling, anchor preparing and installation, and grouting is not required. All it is needed is anchor plate, anchor head, and wedges as material, and stressing operation. Since the horizontal distance in between the two lots, was smaller than the stressing length of the soil anchors, that is inside a high density polyethylene pipe, utilized in the first lot, there was no damage, and section loss on the strands. Since prediction of the soil anchor locations is not accurate, the provided equations in earlier section is utilized as a guide for revising the post-tensioning loads for the tendons.

Acknowledgments

Idea of reuse of soil anchors as tendons, first suggested by Ali Murat Acıkgöz from Altyapı Construction Company Ltd along with the Author. The design is provided by Dr. M. Tugrul Ozkan, revisions are made on site by the author based on the philosophy mentioned in this paper. The results and the conclusions are those of the author and does not necessarily reflect the views of the owner of the construction project.

5. References

- [1] Delft University of Technology, *Plaxis 2D manual*, Plaxis bv, Delft, Netherland, 2015
- [2] Federal Highway Administration (FHWA), *Ground anchors and anchored systems*, Geotechnical Engrg. Circular No. 4: FHWA-IF-99-015, Washington, D.C., 1999

USE OF MOSSES AS BIO-TRACERS OF AIR POLLUTANTS AND CULTIVATION OF MOSSES IN THE LABORATORY

Selcen Doğan^{1*}, Bihter Olgun², Feyza Bingöl², Cansu Mısırlıoğlu², Ayça Erdem², Çiğdem Moral², Güray Doğan²

¹ Akdeniz University, Department of Agricultural Biotechnology, Antalya, Turkey

doganselcen@gmail.com

² Akdeniz University, Department of Environmental Engineering, Antalya, Turkey

bihteerolgun@gmail.com, fyzabngl96@hotmail.com, cansu_6695@hotmail.com

ayerdem@akdeniz.edu.tr, cigdemmoral@akdeniz.edu.tr, gdogan@akdeniz.edu.tr

* Corresponding Author

Abstract

In air quality monitoring programs, atmospheric pollutants are generally determined using physico-chemical methods. They are very effective methods for short term (hourly or daily) measurements. Atmospheric pollutants are also known to cause potential toxicity. Therefore, terrestrial lichens and bryophytes (mosses, liverworts and hornworts) are considered as bio-tracer both in terms of being an alternative monitoring method and allowing the monitoring of many pollutants (especially metals and metalloids, PAHs, radionuclides, etc.). The use of bio-tracer is gaining importance day by day because of its advantages such as simpler, more reliable, economical and less energy consumption than traditional methods. Passive bio-tracer is generally used in regional and national wide-frame studies, whereas active bio-tracer is preferred in more intensive studies in urban or industrial areas. Within the scope of this study, about 400 studies in the literature and our studies on moss cultivation in laboratory will be discussed.

Keywords: Moss, Air Quality, Bio-Tracer, PM Sampling

1. Introduction

Bryophytes are accepted in the most ancient group of green land plants including the mosses (Bryopsida or Musci), liverworts (Hepatocopsida or Hepaticae) and hornworts (Anthocerotopsida or Anthocerotae) (Hallingback and Hodgetts, 2000). They are the second largest group of land plants after angiosperms with the existence of 15,000 to 25,000 species (Sabovljevic et al., 2009). Bryophytes are distributed in different ecosystems from desert to arctic and most abundant in humid climates. They play an important role in the biodiversity of rain forest, wetland, mountain and tundra habitats. They function in community structures and resist in toxic environments (e.g. soil rich in heavy metals) where many vascular plants may not tolerate. In some tropical forests, bryophytes have a vital role in hydrological, chemical and organic matter cycles with their large biomass.

Bryophyte species are also suitable habitats and food sources for an enormous diversity of organisms including insects, millipedes and earthworms (Hallingback and Hodgetts, 2000). Economically, bryophytes are utilized in different sectors such as medicine and landscaping. For instance, among bryophytes, *Sphagnum* is utilized in peat formation. Since bryophytes are rich in terpenoids, phenols, glycosides and fatty acids, they are considered as important sources for pharmaceuticals. For example, the positive effects of some bibenzyls of liverworts on AIDS treatment were demonstrated (Sabovljevic et al., 2009). In addition to all these ecological and economic benefits, mosses have been used as air pollution indicators for more than 50 years. Bryophytes are very sensitive to pollutants in their environment due to lack of cuticle and true root system. They accumulate, airborne PAHs and heavy metals such as lead, chromium and copper on their cell walls. This made them a bio-indicator in assessing the impact of air pollution and monitoring the quality of the air. The use of bryophytes as bio-monitoring is considered a very convenient method to determine the levels of total atmospheric pollutant deposition. Analyzes of pollutant content in mosses are technically known as passive bio-monitoring and were first introduced in the late 1960s. This method was then developed and standardized for heavy metal pollution in the air. Moss transplantation has also been used as active bio-monitors that is usually carried out using moss bags in the impacted environments as urban or industrial areas (De Nicola et al. 2013a, 2013b and Giordano et al. 2013). However, in some cases it may not be possible to find the appropriate moss type to be used to detect the pollutant, since that species is in danger of extinction. Additionally, in air quality measurement studies it is very important to start working with a clean material that has not yet been exposed to pollutants, unlike transplanted mosses in bags. Since the background concentrations of mosses are not known precisely.

In this study, approximately 400 studies were compiled from the literature and the use of mosses in measuring air pollution was evaluated from different perspectives. In addition, to date, *in vitro* pre-cultivation of mosses carried out in the laboratory conditions is explained.

2. Materials and Methods

2.1. Bibliometric Analysis

For the bibliometric analysis, papers on moss use in air pollution studies published in 1999-2019 period were examined. In this context, the studies were searched through the Web of Science database. “Moss” and “air pollution” words were used in the search and a total of 852 articles were found. Among these articles, 460 studies were found to be about use of mosses for biomonitoring of air pollutants. Various parameters such as moss types used, pollutants and number of publications by country and most frequently used elements in abstracts and titles were applied to determine the bibliometric analysis of the studies.

2.2. *In vitro* Cultivation of Mosses

For the *in vitro* cultivation studies, *Hypnum cupressiforme* Hedw. (Figure 1a) is used as material collected from Kastamonu city in Turkey. As this species has not been grown in *in vitro* conditions before, there is no commercial culture or any optimized development method in the literature. However, considering other studies in the literature for mosses, media and sterilization optimization studies were performed for *H. cupressiforme*.

2.2.1. Sterilization

The sterilization process performed by modifying the protocol described in Sabovljevic et al. (2009). *In vitro* culture studies was carried out both for sporophytes and gametophytes. For that purpose, the unopened capsules isolated from the plant were washed for 5 minutes in running tap water and taken to a sterile cabinet for surface sterilization. For surface sterilization, the capsules (Figure 1b) were first immersed in 70% alcohol for 30 seconds and then rinsed with cold water. The capsules were then treated with %24 commercial bleach solution with 1-2 drops of Tween 20 for 10 minutes and rinsed 3 times with cold water. For the gametophyte cultures, the top shoots isolated from the plants were washed for 30 minutes in tap water and taken to a sterile cabinet for surface sterilization. For surface sterilization, the shoots were first immersed in 70% alcohol for 30 seconds and then rinsed with cold water. The shoots were then treated with 18% commercial bleach solution added 1-2 drops Tween 20 for 5 minutes and rinsed 3 times with cold water.

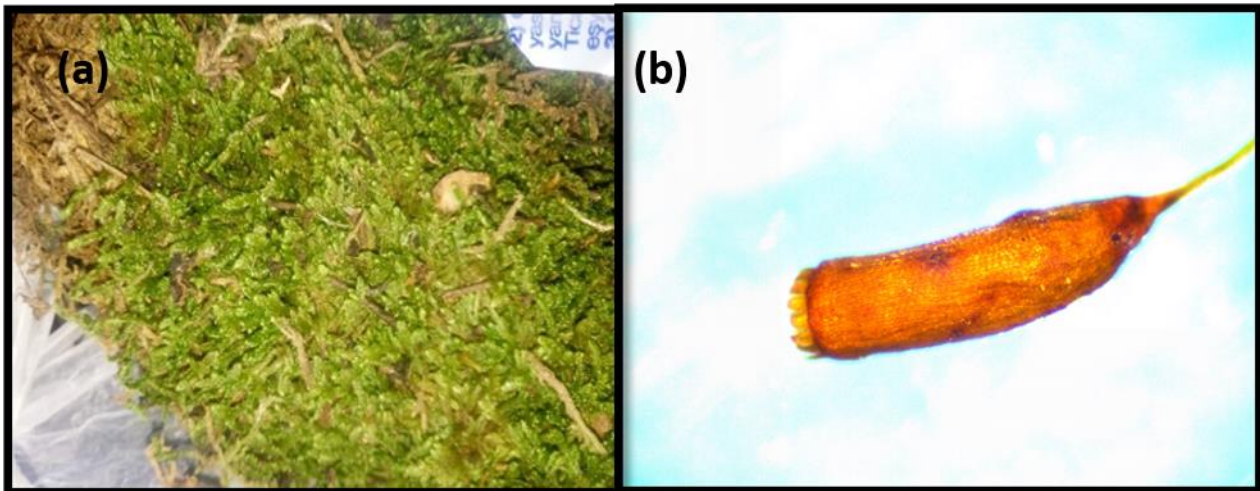


Figure 23: (a) *Hypnum cupressiforme* Hedw. (b) Capsule of *Hypnum cupressiforme* Hedw.

2.2.2. *In vitro* Culture of Plant Materials and Culture Conditions

For sporophyte cultures, after sterilization, the capsules were opened under a stereo microscope using sterile scalpel tips and sporophytes were transferred to petri dishes containing 6 different modified MS (1962) media (Table 1). For each application 8 petri dishes were used. The sporophytes in each capsule were transferred to one petri dish and a total of 48 capsules were cultured in 6 applications. The cultures were then stretched and placed into the climate chamber for 4 weeks under 22 ° C, 16/8 photoperiod and 60% humidity conditions. For gametophyte cultures, sterile apical shoots were cut into approximately 1 cm pieces with sterile scalpel and forceps. The shoots were placed in 9 pieces per petri dish. 8 petri dishes were used for each of the 6 treatments, a total of 432 shoots were cultured. The cultures were then stretched and placed into the to the climate chamber at 22 ° C, 16/8 photoperiod and 60% humidity conditions for 4-8 weeks.

3. Results and Discussion

3.1. Results of Bibliometric Analysis

According to the results of bibliometric analysis, it is observed that many different moss species were used in the determination of air pollution between 1999 and 2019. The most commonly used moss genus was identified as *Hypnum* in 165 of the 460 studies. It is also determined that approximately 20 different moss genus were used as bio-indicators in air pollution studies. Among these

Hypnum, Pleurozium, Hylocomium, Pseudoscleropodium and Sphagnum were identified as the most generally used genera, respectively (Figure 2).

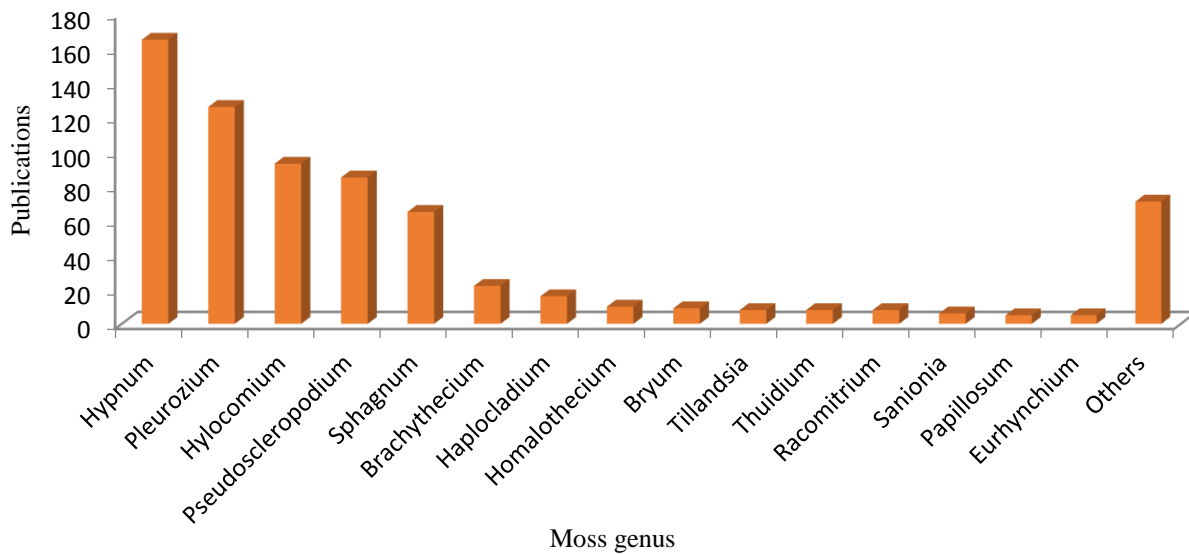


Figure 2: Genera of mosses used in moss bags

Another finding obtained according to the results of the analysis was that mosses were used in many different countries for air pollution monitoring. Among the studies examined, it was found that moss use was most preferred in Spain in air pollution analysis. Figure 3 shows the number of publications by country.

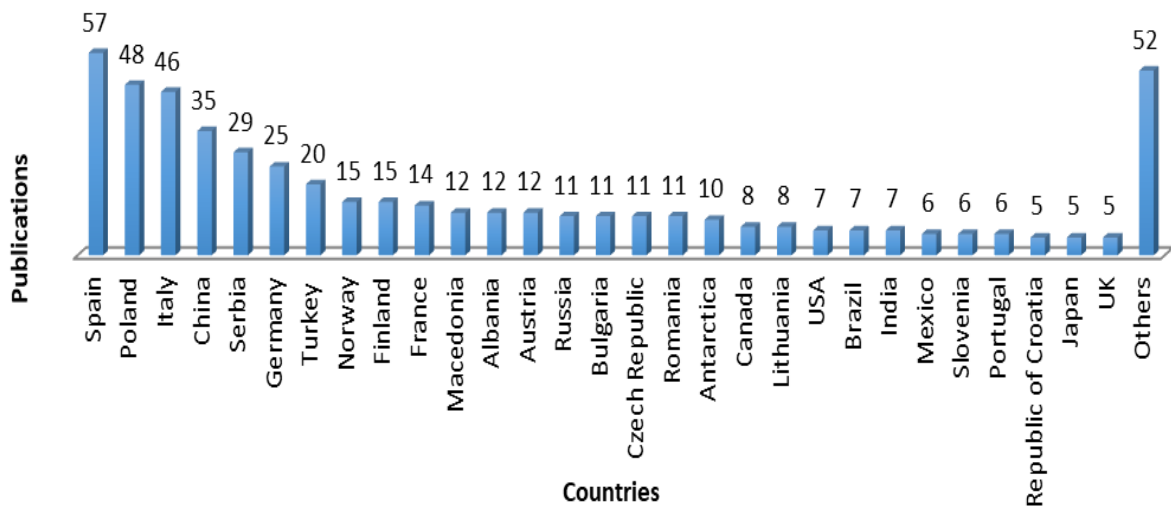


Figure 3: Number of publications by country

Considering the types of pollution in publications, it is seen that the most accumulated pollutant in moss is caused by heavy metals. The most common pollutants in the heavy metals category were identified as Fe, Pb and Zn, respectively. Since the gases emitted by iron and steel plants, power plants and pits, the results reflect the expected. In addition, since 1920s, a significant amount of lead was added to vehicle fuel oil as anti-knocking agent. This explains that one of the most common pollutants detected in mosses is lead.

3.2. *In vitro* Cultivation of Mosses

The sporophyte cultures reacted positively to all different modified MS media. Although the primary protonema and caulonema structures were observed 3 weeks after cultivation (Figure 4a, 4b), these structures stopped their development after a while which was thought to be caused by bacterial and fungal contamination (Figure 4c). In gametophyte cultures, the apical shoots cultured in 6 different MS medium had a positive response to all, especially sucrose added. About 4 weeks after cultivation, protonema and caulonema structures began to appear (Figure 4d). However, all of the 48 culture dish were contaminated and the explants stopped their development.

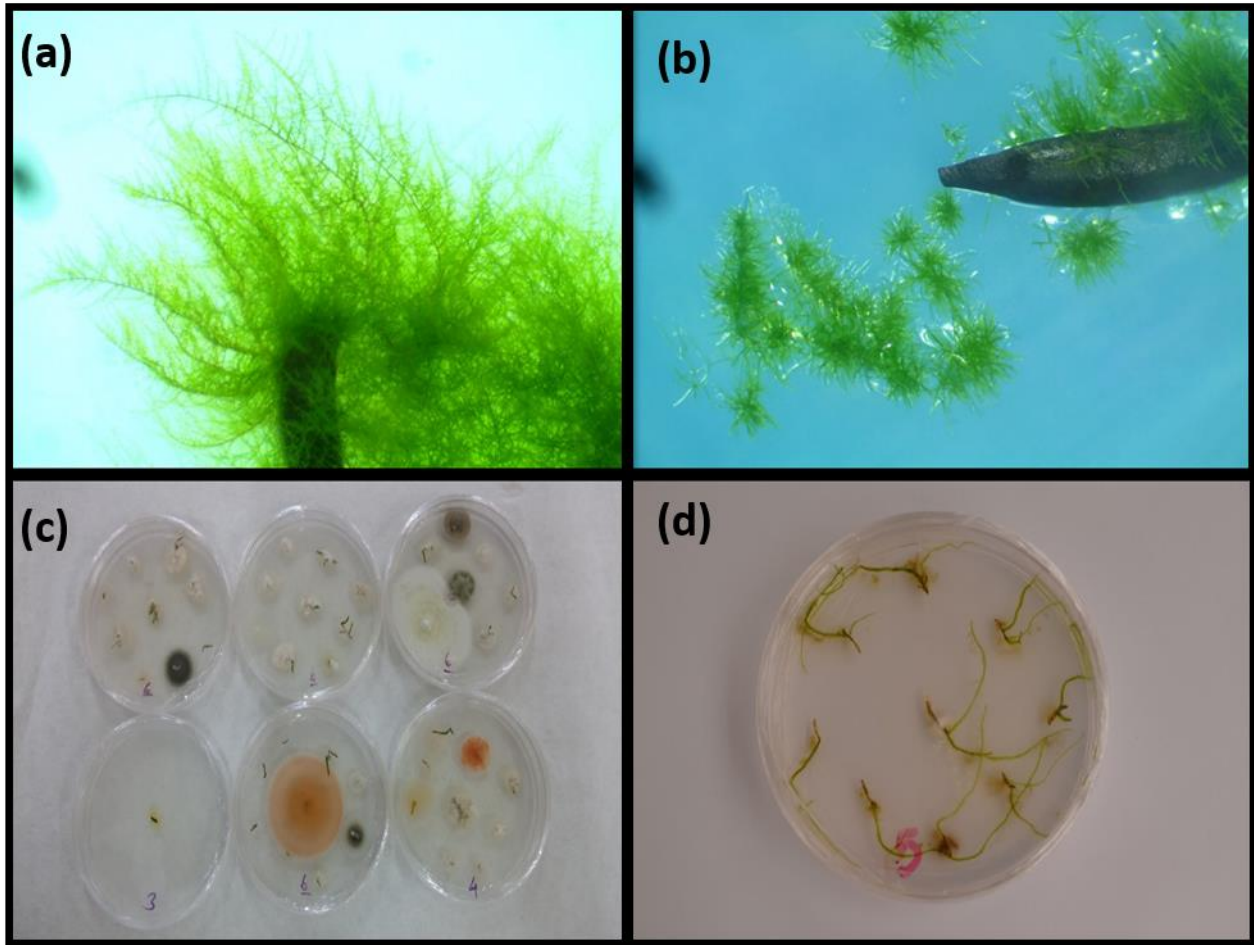


Figure 4: (a) and (b) protonema and caulonema structures of sporophyte cultures, (c) bacterial and fungal contamination in cultures and (d) protonema and caulonema structures of gametophyte cultures

In laboratory conditions, effective surface sterilization is one of the most critical steps in moss regeneration. While commercial bleaches are often sufficient for effective capsule sterilization, the use of commercial bleaches requires a more critical procedure for the sterilization of shoots since their leaves have only a single cell layer and no protective cuticle tissue. Although commercial bleach to be used at high concentrations will provide effective sterilization, doses greater than 10% can be lethal to the plant and damage the tissues (Sabovljevic et al. 2009). In this study, sterilization applied to moss collected from nature was insufficient and many trials were lost due to contamination. It is stated that the prerequisite for successful results in growing plants under tissue culture conditions is the use of healthy donor plants (Ferrie and Caswell, 2011). In addition, studies using donor plants grown under uncontrolled conditions have been reported to adversely affect plant regeneration due to contamination (Ferrie and Caswell, 2011). In this study in which donor plants are collected from nature, it is thought that the bacterial and fungal contamination developed to a large extent from the use of plants from uncontrolled conditions. Thus it will be beneficial to cultivate mosses in phytotrons or controlled conditions in the greenhouse may provide a clean laboratory material and prevents the contamination risk.

Also using nano-materials added in culture media or at the beginning of sterilization may eliminate the contamination problem which was tested in some *in vitro* culture studies. It has been shown that Ag, Al₂O₃, Fe₃O₄, Au, MgO, Ni, Si, SiO₂, TiO₂, and ZnO of nano-materials repress the microbial contamination frequently encountered in tissue culture methods (Kim et al. 2017). Another approach to prevent contamination is using HgCl₂ during surface sterilization which is used as an effective sterilization agent in many *in vitro* culture studies.

4. Conclusion

Mosses have been used as passive and active bio-tracers for measuring air pollution for more than 50 years. In this study, the studies carried out over the last 20 years using the keywords “moss” and “air pollution” were examined. In the related 460 articles, the moss species used, number of publications by country and the type of pollutants were analyzed. As a result of the analyzes, it is detected that more than 20 moss genera were used to monitor air pollution around the world. However, 5 of them (*Hypnum*, *Pleurozium*, *Hylocomium*, *Pseudoscleropodium*, *Sphagnum*) were found to be more dominantly used than other genera. Fe, Pb and Zn were found to be the most commonly detected heavy metals in terms of pollutant accumulation in mosses. The use of Fe in industrial and urban areas is thought to be the main cause of heavy metal accumulation in mosses. It has been concluded that the use of moss in

monitoring air pollution has been used in many countries around the world, but most of the work has been carried out in Spain. Spain has the highest number of publications when compared to other countries.

On the other hand, in some cases, the suitable moss species may be absent in the impacted environment or the type of appropriate species may be in danger of extinction. In addition, it is of great importance to produce a clean plant material that is not exposed to pollutants in active sampling. For this, cultivation of bio-tracers in *in vitro* conditions and at biomass level will add a significant value to the monitoring studies. In this study, different modified MS media showed positive results in sporophyte and gametophyte cultures. It is considered that sterilization optimization with HgCl₂ and various nano-materials can successfully produce mosses in *in vitro* conditions.

Acknowledgment

This work has been supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) with grant number 117Y026. The authors would like to thank Assoc. Prof. Dr. Esin ARI from Akdeniz University, Faculty of Agriculture for allowing the use of the laboratory facilities.

5. References

- De Nicola, F., Murena, F., Costagliola, M.A., Alfani, A., Baldantoni, D., Prati, M.V., Sessa, L., Spagnuolo, V. & Giordano, S., (2013a). A multi-approach monitoring of particulate matter, metals and PAHs in an urban street canyon. *Environmental Science and Pollution Research* 20, 4969-4979.
- De Nicola, F., Spagnuolo, V., Baldantoni, D., Sessa, L., Alfani, A., Bargagli, R., Monaci, F., Terracciano, S. & Giordano, S., (2013b). Improved biomonitoring of airborne contaminants by combined use of holm oak leaves and epiphytic moss. *Chemosphere* 92 (9), 1224-1230.
- Ferrie, A.M.R. & Caswell, K.L., (2011). Isolated microspore culture techniques and recent progress for haploid and doubled haploid plant production. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 104: 301-309.
- Giordano, S., Adamo, P., Spagnuolo, V., Tretiach, M. & Bargagli, R., (2013). Accumulation of airborne trace elements in mosses, lichens and synthetic materials exposed at urban monitoring stations: towards a harmonization of the moss-bag technique. *Chemosphere* 90, 292-299.
- Hallingbäck, T. & Hodgetts, N., (2000). Mosses, Liverworts, and Hornworts. Status Survey and Conservation Action Plan for Bryophytes. IUCN/SSC Bryophyte Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Kim, D.H., Gopal, J., & Sivanesan, I., (2017). Nanomaterials in plant tissue culture: the disclosed and undisclosed. *RSC Advances*, 7: 36492–36505.
- Murashige, T. & Skoog, F., (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15 (3):473-497.
- Sabovljevic, A., Sabovljevic, M. & Jockovic, N., (2009). *In Vitro* Culture and Secondary Metabolite Isolation in Bryophytes. In Jain, S. M., Saxena P. K. (Eds.), *Protocols for in vitro Cultures and Secondary Metabolite Analysis of Aromatic and Medicinal Plants*, Humana Press, (pp. 117-129), NY,USA.

SULAK ALANLARDAKİ NESLİ TÜKENMEKTE OLAN KUŞ TÜRLERİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE TESPİTİ, ÖRNEKLEME ALANI: BURDUR GÖLÜ

Talha Aksoy^{1*}, Serhat Sarı², Önder Demir³, Balca Ağaçasapan⁴, Alper Çabuk⁵

^{1,2,4} Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir Teknik Üniversitesi

tlhksy@gmail.com , serhatsari@live.com, balcaagacsapan@gmail.com

³ Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezi, Anadolu Üniversitesi

onderdemir@anadolu.edu.tr

⁵ Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi

acabuk@eskisehir.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Göller ve diğer sulak alanlar içerdikleri besin değerleri ve geniş su yüzeyleriyle çevresinde bulunan diğer canlılar için konaklama ve barınma gibi neslin devamlılığa doğrudan etki edecek alanlardır. Artan ivmeyle yükselen nüfus, gölün doğal ekosistemine doğrudan ve dolaylı olarak etki etmektedir. Türkiye, sulak alanlar açısından nispeten zengin bir ülkedir. Geçici su birikintileri ve bataklıklar dahil edilmediği durumlarda, sabit sürekli göl sayısı 300'e yakındır. Sulak alan kavramına dair birçok tanım yapılmakla birlikte, genel olarak suya doygunluğun olduğu ve bu durumun toprak, bitki türleri ve hayvan toplulukları üzerinde etkili olduğu alanlara, "sulak alan" denilmektedir. Burdur Gölü, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda Söğüt Dağı ile Sulu dere Yayla dağları arasında çöküntü gölüdür. Gölün güney ve kuzeyinde bulunan alüvyon alanda sazlıklar mevcuttur. Bu çalışmada, göller yöresinde Burdur Gölü'ndeki su çekilmesinin etkilerinin neler olabileceğine dikkat çekmek amacıyla göl çevresinde yaşayan nesli tükenmekte olan kuş türlerinin tespiti yapılmıştır. Bu işlem için coğrafi bilgi sistemleri araçlarından faydalanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Burdur Gölü, Kuş Türleri, Sulak Alan, Coğrafi Bilgi Sistemleri

1. Giriş

Göller, çevresinde var olan canlı tür çeşitliliği ile önemli ekosistem alanlarıdır. Göller ve diğer sulak alanlar içerdikleri besin değerleri ve geniş su yüzeyleriyle çevresinde bulunan diğer canlılar için konaklama ve barınma gibi neslin devamlılığa doğrudan etki edecek alanlardır. Artan ivmeyle yükselen nüfus, gölün doğal ekosistemine doğrudan ve dolaylı olarak etki etmektedir. Bu etki çoğunlukla negatif yönlüdür ve küresel ısınmanın etkileri ile birleştiğinde göl ekosisteminin sürekliliğini sekteye uğratabilmektedir. Dolayısıyla sulak alanlar, içinde bulunan canlılar ile bir bütün sistemi tanımlamaktadır. Bu sistemin değişenlerinden belki de en önemlisi olan suyun azalması, göl ve civarında yaşayan canlılar için kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, göller yöresinde Burdur Gölü'ndeki su çekilmesinin etkilerinin neler olabileceğine dikkat çekmek amacıyla göl çevresinde yaşayan nesli tükenmekte olan kuş türlerinin tespiti yapılmıştır. Bu işlem için coğrafi bilgi sistemleri araçlarından faydalanılmıştır.

2. Kuramsal Temeller

Türkiye, sulak alanlar açısından nispeten zengin bir ülkedir. Geçici su birikintileri ve bataklıklar dahil edilmediği durumlarda, sabit sürekli göl sayısı 300'e yakındır. Ülkemizdeki sulak alanların karakterlerine çok uyan bir sınıflama European Community (1993) tarafından yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre, sulak alanlar 7 ana grupta toplanmıştır: Haliç ve deltalar, tatlı su bataklıkları, göller, nehir ve taşkın ovaları, turbalıklar, kıyasal sulak alanlar ve insan yapısı sulak alanlardır (Çağırankaya ve Köylüoğlu, 2013).

Sulak alanların yönetimi ve dolayısıyla çevresindeki ekosistemin sağlıklı bir şekilde devamı için doğru ve güvenilir verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu verilere çevresinde varlık gösteren kuş türlerinin popülasyonundaki değişim de dahildir. Ayrıca sulak alanların korunması için de doğru veriler ve bu verilerin güvenilir yöntemle toplanması gereklidir. Toplanan veriler ile amaca uygun haritalar üretilebilir. Verilerin toplanması ve ilgili alanların sürekli izlenmesi için ise uygun teknoloji kullanılmalıdır (Balçık, 2010). Bu bölümün devamında sulak alan kavramı ve Ramsar sözleşmesinde kullanılan sulak alan tanımından bahsedilmiştir.

2.1. Sulak Alan Kavramı

Sulak alan kavramına dair birçok tanım yapılmakla birlikte, genel olarak suya doygunluğun olduğu ve bu durumun toprak, bitki türleri ve hayvan toplulukları üzerinde etkili olduğu alanlara, "sulak alan" denilmektedir. Genellikle bir alanı sulak alan olarak tanımlanmasını sağlayan en önemli özellik, toprak ya da alt tabakanın belli zamanlarda tamamen suyla kaplı ya da suya doygun olmasıdır (Korkanç 2004).

Bataklık veya sazlık olarak da tanımlanan sulak alanlar ekolojik olarak korunması gereken alanlardır. Biyolojik üretim sahalarından en değerlisi olan sulak alanlar, ticari değeri olan veya olmayan değişik canlı türlerinin yaşamasına olanak tanımaktadır (Williams,

1990; Görmez, 1997). Sulak alanların asıl kullanıcıları olan su kuşları olmak üzere pek çok değişik türde yaban yaşamını barındırmaktadır. Aynı zamanda, ekolojik işlevleri ve insanoğlu için ekonomik değeri bulunmaktadır (Arı, 2006).

Sulak alan terimi, bir dizi ortak özelliğe sahip olup; geniş bir yelpazedeki karasal, kıyusal ve denizsel yaşama ortamlarını bir araya getiren ekosistemlerdir (Çağırnkaya ve Meriç, 2013). Sulak alanlar, biyolojik ve fiziksel özelliklerine göre gruplandırılır. Doğal ve suni özellikler taşıyabilir ve bu özelliğe bağlı olarak sulak alanlar için çok sayıda tanımlar geliştirilebilir.

2.2. Ramsar Sözleşmesi ve Ramsar Alanları

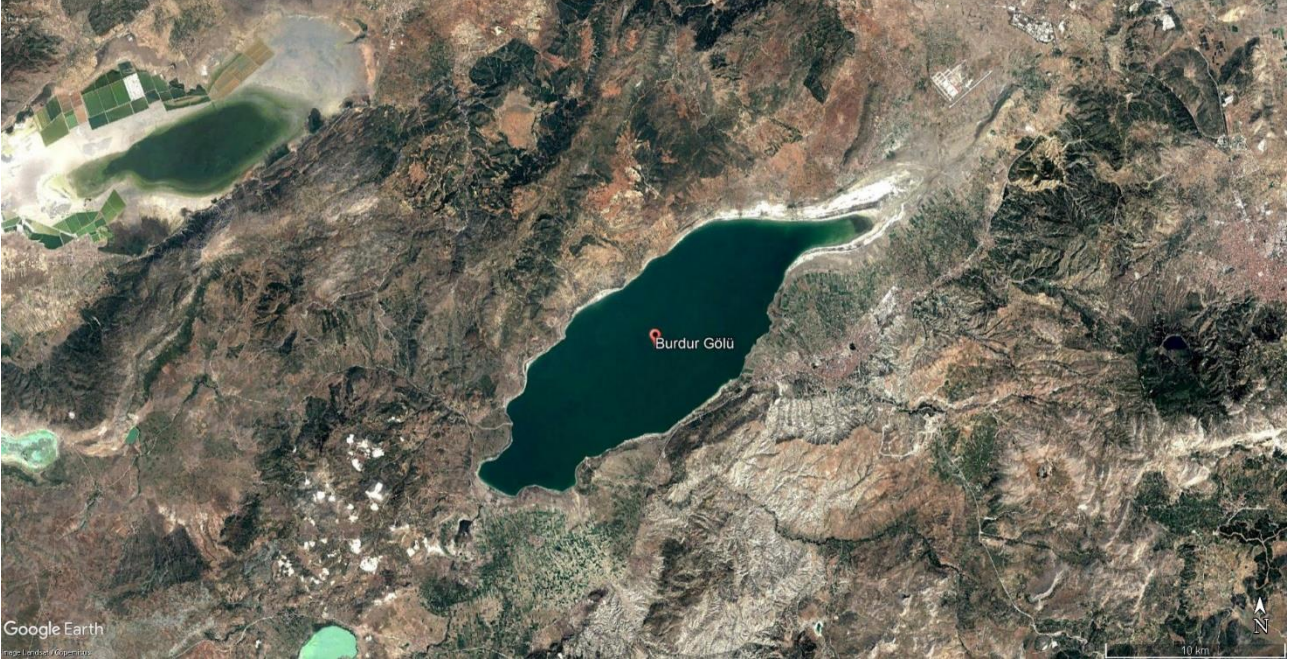
‘Sulak alan’ terimi, bir dizi ortak özelliğe sahip olup; geniş bir yelpazedeki karasal, kıyusal ve denizsel yaşama ortamlarını bir araya getiren ekosistemlerdir. Bu ekosistem içinde 3 temel bileşen (hidroloji, toprak ve vejetasyon) sulak alanlar için olmazsa olmazı ifade eder. Bu zamana kadar sulak alan kavramının tanımı defalarca kez yapılmış olmasına rağmen, Ramsar sözleşmesine göre sulak alan tanımı: “alçak gelgitte derinliği altı metreyi aşmayan deniz suyu alanlarını da kapsamak üzere, doğal ya da yapay, sürekli ya da geçici, durgun ya da akar, tatlı, acı ya da tuzlu bütün sular ile bataklık, sazlık, ıslak çayırlar ve turbalıklar”dır (Matthews, 1993). Şekil 1’de Ramsar alanları ve Ramsar kriterlerine göre uluslararası öneme sahip Türkiye’deki sulak alanlar gösterilmiştir.



Şekil 1. Türkiye Ramsar Haritası (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019)

2.3. Çalışma Alanı

Burdur Gölü, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda Söğüt Dağı ile Sulu dere Yayla dağları arasında çöküntü gölüdür. Gölün güney ve kuzeyinde bulunan alüvyon alanda sazlıklar mevcuttur (Şekil 2). Göl kapalı bir havzadan oluşmaktadır. Derinlik bazı bölgelerde 100 metreyi bulur. Göl çevresindeki barajlar, gölü besleyen akarsuları kullandığı için son yıllarda gölün su seviyesinde düşüşler görülmektedir. Göl suyunda yapılan araştırmalar besin maddesi yönünden zengin olmadığını göstermektedir (Aksoy, Sarı ve Çabuk, 2019). Burdur Gölü çevresinde tanımlanan sulak alan, Post Alpin tektonik hareketler sonucu çevrelerine göre alçalmış, çukurlaşmış kesimlere karşılık gelir (Zor, 2014). Buna rağmen yüze yakın kuş türüne ve yaklaşık olarak 300 bine yakın su kuşuna ev sahipliği yapmaktadır. Endemik kuş türlerinin de barınma alanı olan göl ve çevresi uluslararası öneme sahip bir sulak alandır. (Burdur Gölü, 2019). Özellikle göl çevresi kırılğan ekosistemine ait Burdur Gölü ve çevresi bir bütün olarak incelendiğinde pek çok kuş türüne ev sahipliği yapmaktadır.



Şekil 2. Çalışma alanı (Google Maps, 2019)

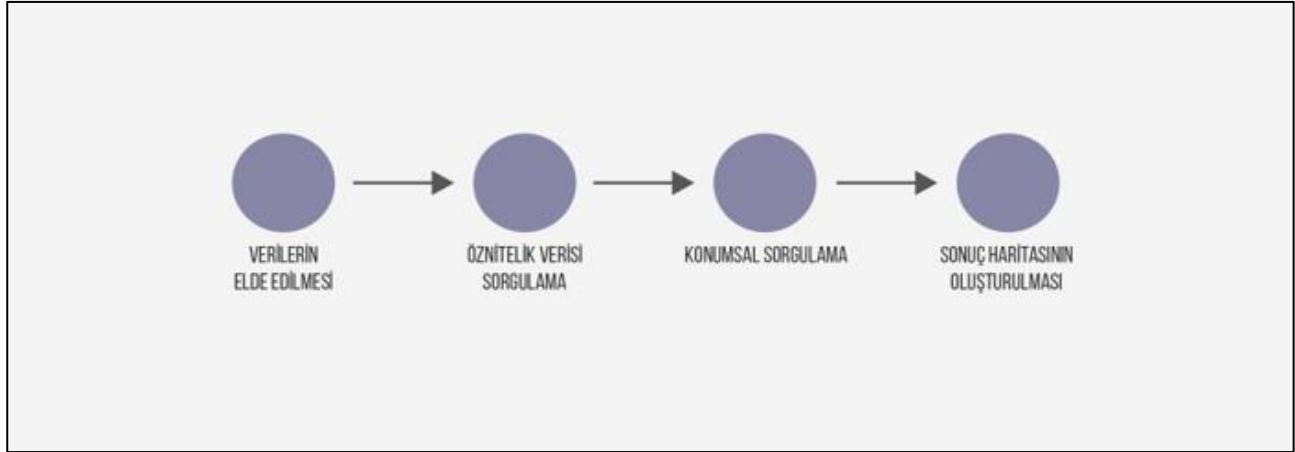
3. Materyal – Yöntem

Bu bölümde, çalışmada kullanılan materyaller ve yöntem açıklanmıştır. Çalışmada iki tip materyal kullanılmıştır. Bunlar;

1. Veriler
 - Kuş türleri verisi
 - Sulak alan verisi
 - Literatür
2. Yazılım
 - ArcGIS 10.5

Materyallerin ilki verilerdir. Bu veriler kendi içinde üç farklı tiptedir. Birincil olarak, çalışma hakkında ilgili kaynaklar ve literatürler taranmıştır. Sonrasında, analiz için gerekli kuş türleri ve sulak alan verileri elde edilmiştir. Bu iki veri cinsi de .shp uzantılı, ArcGIS yazılımında analize uygun yapıdadır. Kuş türleri verisi Birdlife International, sulak alan verisi ise Tarım ve Orman Bakanlığı aracılığıyla elde edilmiştir. Veri kaynakları hakkında detaylı bilgi Bölüm 3.1.'de verilmiştir. Verilerin analizi için gerekli yazılım ise çalışmada kullanılan materyallerin ikincisidir. Konumsal ve öznitelik analiz için ESRI firmasına ait ArcGIS 10.5 yazılımı tercih edilmiş ve gerekli işlemler, sonuç haritası bu yazılım ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın yöntem akış şeması Şekil 3'deki gibidir. Çalışmada öncelikli olarak veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler ArcGIS yazılımı ortamında öznitelik verisi ve konumsal sorgulama işlemleri ile analiz edilmiştir. Sonuç harita yine aynı ortamda oluşturulmuş ve sulak alanlardaki nesli tükenmekte olan kuş türleri tespit edilmiştir.



Şekil 3. Yöntem akış şeması

3.1. Veri Kaynakları

Bu bölümde, Materyal – Yöntem bölümünde bahsedilen verilerin elde edildiği kaynaklar hakkında detaylı bilgi sunulmuştur. Bunlardan ilki Birdlife International isimli oluşumdur. BirdLife International, kuşları, yaşam alanlarını ve küresel biyoçeşitliliği korumaya çalışan, insanlarla doğal kaynakların kullanımında sürdürülebilirliği sağlamak için çalışan küresel bir sivil toplum örgütü (STK) ortaklığıdır (Birdlife International, 2019). Bu ortaklı dünya çapında 121 farklı paydaşa sahiptir ve hemen hemen dünyanın çoğu ülkesi veya bölgesinde çalışmalarını sürdürmektedir. Bu paydaşlar, buldukları ülkede halihazırda tanınan ve çalışmalarını sürdüren kâr amacı gütmeyen sivil toplum örgütleridir. Nature Canada, Ghana Wildlife Society, Guyra Paraguay gibi farklı bölgelerden ve alanlarında bilindik birçok kuruluş Birdlife International çatısı altında toplanmış ve aynı amaca hizmet etmektedir. Tablo 1’de, kuş türleri verisine ait öznitelik tablosundan bir kesit bulunmaktadır. Bu veride, her kuşun aile adı, cinsi, türü gibi özellikler vardır. Ayrıca her kuş türünün tehlike durumunu gösteren kodlar (Şekil 4), çalışma için özellikle önemli bir bilgidir.

Tablo 1. Kuş türleri öznitelik tablosu

OBJECTID	SISID	SCINAME	FamilyName	RedListCat
70	22726572	Chrysocolaptes xanthocephalus	Picidae	EN
192	22697685	Ciconia stormi	Ciconiidae	EN
248	22695368	Circus macroscelus	Accipitridae	EN
249	22695368	Circus macroscelus	Accipitridae	EN
252	22695368	Circus macroscelus	Accipitridae	EN
256	22728310	Circus maillardi	Accipitridae	EN
257	22695379	Circus maurus	Accipitridae	EN
258	22695379	Circus maurus	Accipitridae	EN
320	22684360	Coccyzus ruficularis	Cuculidae	EN
322	22684360	Coccyzus ruficularis	Cuculidae	EN
453	22690138	Columba thomensis	Columbidae	EN
454	22690138	Columba thomensis	Columbidae	EN
457	22690138	Columba thomensis	Columbidae	EN
462	22690138	Columba thomensis	Columbidae	EN
490	45422118	Pyrrhura amazonum	Psittacidae	EN
541	22678544	Crax blumenbachii	Cracidae	EN
542	22678544	Crax blumenbachii	Cracidae	EN
545	22678537	Crax globulosa	Cracidae	EN
546	22678537	Crax globulosa	Cracidae	EN

653	22727593	Cyclopsitta coxeni	Psittacidae	EN
799	22691668	Ducula aurorae	Columbidae	EN
800	22691668	Ducula aurorae	Columbidae	EN
809	22691674	Ducula galeata	Columbidae	EN
810	22691674	Ducula galeata	Columbidae	EN
816	22691622	Ducula mindorensis	Columbidae	EN
817	22691622	Ducula mindorensis	Columbidae	EN
821	22691622	Ducula mindorensis	Columbidae	EN
873	22709182	Vauriella albigularis	Muscicapidae	EN
887	22689826	Eleothreptus candicans	Caprimulgidae	EN
888	22689826	Eleothreptus candicans	Caprimulgidae	EN
906	22684502	Eos histrio	Psittacidae	EN
907	22684502	Eos histrio	Psittacidae	EN
933	22687939	Eriocnemis mirabilis	Trochilidae	EN
945	22696495	Falco cherrug	Falconidae	EN
951	22696495	Falco cherrug	Falconidae	EN
952	22696495	Falco cherrug	Falconidae	EN
953	22696495	Falco cherrug	Falconidae	EN
984	22679814	Oxyura leucocephala	Anatidae	EN
1029	22687635	Eupherusa cyanophrys	Trochilidae	EN

- EX** - Nesli Tükenmiş
- EW** - Vahşi Ortamda Nesli Tükenmiş
- CR** - Ciddi Olarak Nesli Tükenmekte
 - CR (PE)** - Ciddi Olarak Nesli Tükenmekte (Muhtemelen Nesli Tükenmiş)
 - CR (PEW)** - Ciddi Olarak Nesli Tükenmekte (Muhtemelen Vahşi Ortamda Nesli Tükenmiş)
- EN** - Nesli Tükenmekte Olan
- VU** - Kırılgan
- NT** - Muhtemel Tehdit Altında
- LC** - Düşük Tehdit Altında
- DD** - Yetersiz Veri

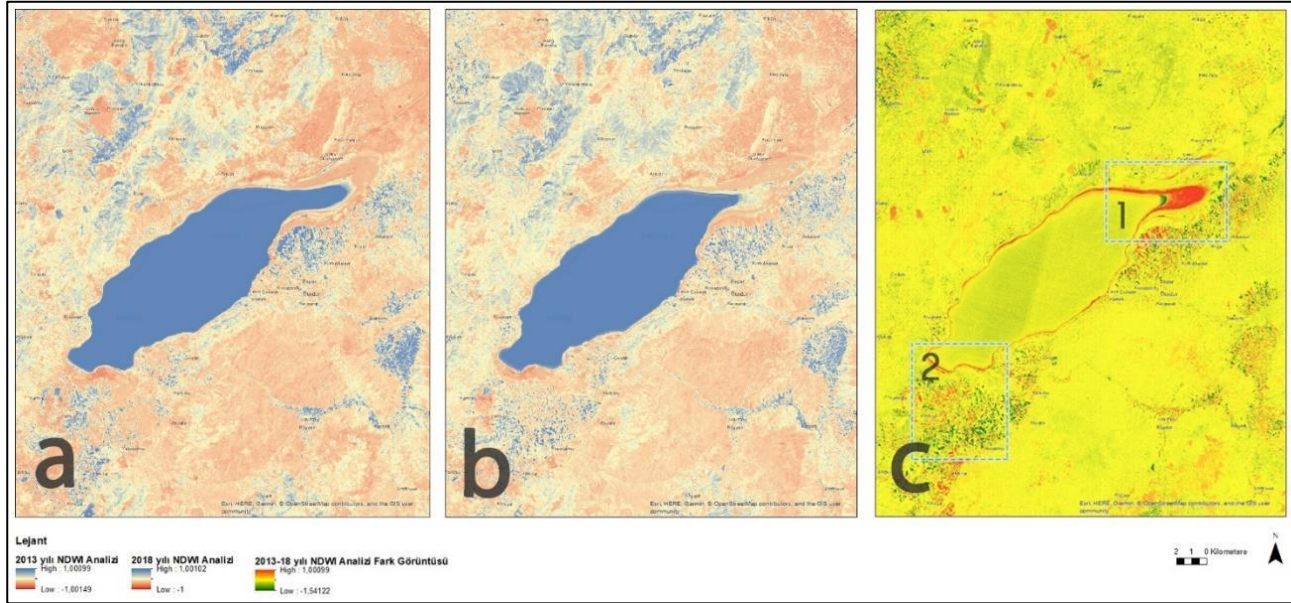
Şekil 4. Kuş türleri tehlike durumu ve kodları

Çalışmada kullanılan ikinci veri sulak alan verisidir. Bu veri Tarım ve Orman Bakanlığı'nın Geodata uygulaması üzerinden elde edilmiştir. Veri ArcGIS yazılımında analize uygun yapıda .shp uzantılı dosya şeklindedir. Mevcut veri Türkiye ve yakın çevresindeki sulak alanları barındırmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Sulak alan verisi harita görünümü

Verilerden sonucunu ise literatür ve konu ile ilgili yapılmış çalışmalardır. Bu çalışmalardan özellikle Burdur Gölü üzerine yapılmış, su indeksindeki azalmayı ve su çekilmesini gösteren analiz sonuç haritası önemlidir (Şekil 6). Bu harita, 2013 ve 2018 yıllarına ait Burdur Gölü uydu fotoğrafları ile elde edilmiştir. 1 numara ile işaretlenen alanda kırmızı renk ile ifade edilen su çekilme bölgesi görülmektedir. Gölün muhtemelen sığ olduğu bu alan 5 yıllık analiz sonucuna göre çekilmenin en şiddetli görüldüğü bölgedir. Aynı zamanda alanın güney kesimi tarımsal faaliyetin yoğun bir şekilde yapıldığı alandır. (Aksoy, Sarı & Çabuk, 2019).

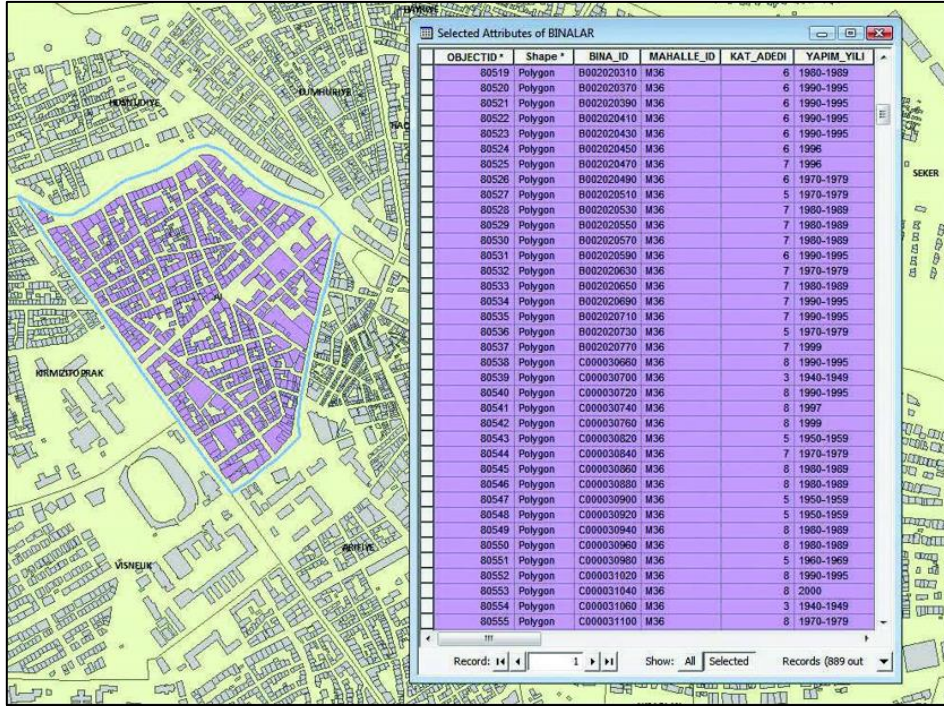


Şekil 6. Burdur Gölü su indeksi zamansal değişim haritası (Aksoy, Sarı & Çabuk, 2019)

Bir sonraki bölümde, konumsal ve öznitelik verisi sorgulama hakkında teorik bilgi sunulmuştur. Bunun yanı sıra, kuş türleri ve sulak alan verisi ile ArcGIS 10.5 ortamında yapılan analizler açıklanmıştır.

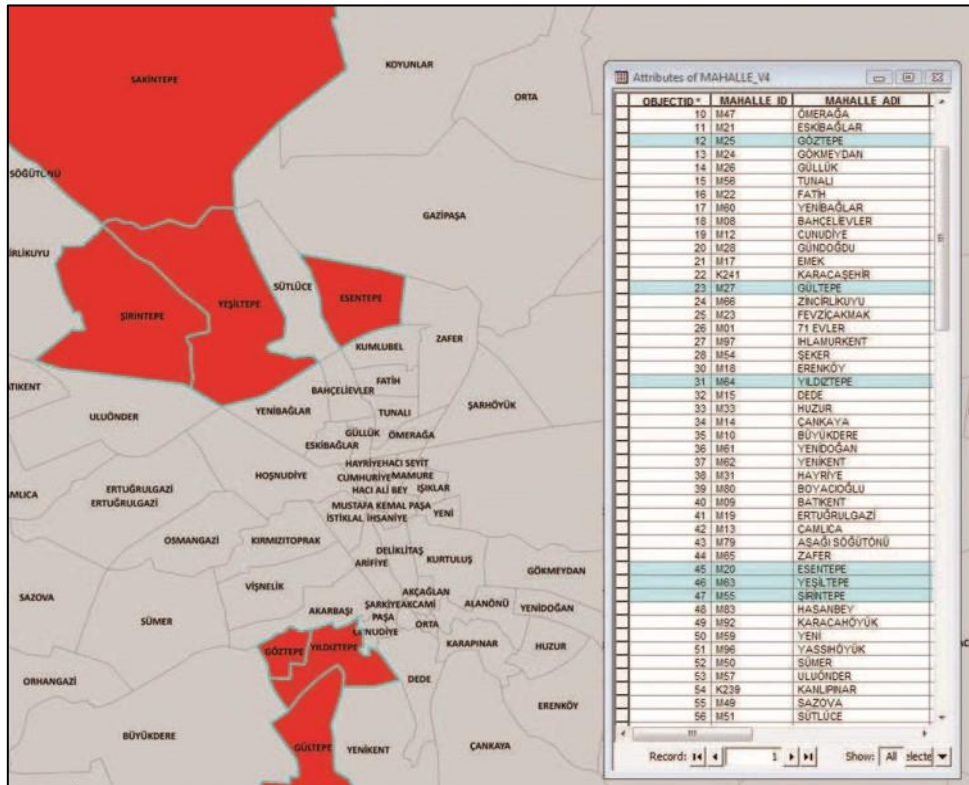
3.2. Konumsal ve Öznitelik Verisi Sorgulama

Coğrafi bilgi sistemleri yazılımında bir konumsal nesne üzerinde iki farklı sorgulama yapılabilmektedir. Bunlar; konumsal ve öznitelik verisi sorgulamadır. Coğrafi varlıkların mekânsal/konumsal durumlarını ve ilişkilerini göstermek veya tanımlamak için mahallenin içinde, yolun üzerinde, okulla postane arasında, gibi ifadeler veya bunlara benzer ifadeler kullanılmaktadır (Yıldırım, 2016). Konuma dayalı sorgulamalar nesnelerin konumsal ilişkilerine ve konumsal nesne tipine bağlı olarak yapılır (Uyguçgil, 2015b). Konuma dayalı sorgulamada farklı katmanlarda saklanan verilerin birbirleri ile olan konumsal ilişkileri kullanılarak sorgulama yapılabilmektedir. Topoloji ilkeleri kullanılarak yapılan sorgulamalar yakınlık, kapsama, kapalı alan içinde bulunma, komşuluk gibi soruları yanıtlamaktadır. Şekil 7'deki gibi bir mahallenin sınırları içindeki binaları seçme sorgusu konuma dayalı bir sorgulamadır (Uyguçgil, 2015a).



Şekil 7. Konumsal sorgulama örneği

Öz niteliğe bağlı sorgulamalar, haritadaki veri katmanlarının yazınsal verilerinin, belirtilen koşullara göre seçiminin yapıldığı tematik sorgulamalardır (Bektöre, 2016). Öz nitelik verilerine bağlı sorgulamalar standart veritabanı sorgulamasıdır. Veritabanı sorgulaması ile seçilen kayıtlar haritada da seçilmektedir. Böylece yapılan sorgulama harita üstünde görüntülenebilmektedir (Uyguçgil, 2015b). Öz nitelik verisi sorgulama diğer veritabanı sorgulamalarında olduğu gibi özellik bilgi alanından istenilen verinin aranması şeklinde yapılır. Şekil 8’deki gibi, poligon tipindeki mahalle katmanında mahalle adı içinde “TEPE” olan mahalleleri seçme ve seçilen verileri göstermek için kullanılmaktadır (Uyguçgil, 2015a).



Şekil 8. Öz nitelik verisine dayalı sorgulama

Çalışma kapsamında öncelikli olarak öznitelik verisine dayalı sorgulama gerçekleştirilmiştir. Kuş türleri verisinin her kuş türünün tehlike durumunu gösterdiğinden bahsedilmiştir. Öznitelik verisine dayalı sorgulama ile birlikte, kuş türleri verisinden sadece “EN” kodlu yani nesli tükenmekte olan kuş türleri seçilmiştir. Sulak alan verisi için ise aynı sorgulama, sadece Burdur Gölü’nü seçmek amacıyla kullanılmıştır. Kuş türleri ve sulak alan verisi, örnekleme alanı ölçeğine göre ayarlandıktan sonra konuma dayalı sorgulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sorgulama ile birlikte, Burdur Gölü ile konumsal olarak çakışan kuş türleri yaşam alanları belirlenmiştir. Böylece, Burdur Gölü ve civarında nesli tükenmekte olan kuş türleri tespit edilmiştir. Bir sonraki bölümde, yapılan bu sorgulamalar sonucu elde edilen bulgular ve sonuç harita paylaşılmıştır. Ayrıca, analizler sonucu tespit edilen kuş türleri hakkında bilgi sunulmuştur.

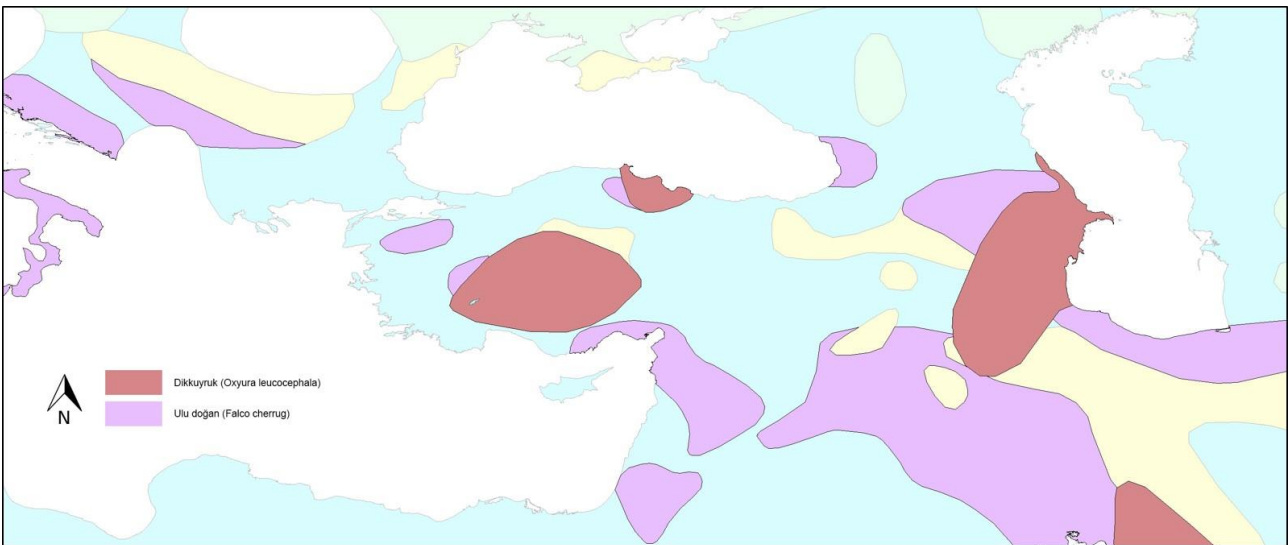
4. Bulgular – Çıktılar

Çalışma kapsamında yapılan analizler sonucu, 25 farklı kuş türünün “EN” kodlu nesli tükenmekte olan tür kategorisinde olduğu tespit edilmiştir. Tüm dünya genelindeki bu veri, Burdur Gölü ve çevresine indirildiğinde 2 kuş türünün bu kategoride olduğu bulunmuştur (Şekil 9). Bu kuş türleri, uludoğan ve dikkuyruktur.

29	Polygon	888	22689826	<i>Eleothreptus candicans</i>	2008	BirdLife International
30	Polygon	906	22684502	<i>Eos histrio</i>	1999	BirdLife International
31	Polygon	907	22684502	<i>Eos histrio</i>	1999	BirdLife International
32	Polygon	933	22687939	<i>Eriocnemis mirabilis</i>	2009	Cortes & Lopez per XenoCanto, 2009; C
33	Polygon	945	22696495	<i>Falco cherrug</i>	2014	Mullarney et al., 1999; MacKinnon and P
34	Polygon	951	22696495	<i>Falco cherrug</i>	2011	Mullarney et al., 1999; Brazil, 2009; Port
35	Polygon	952	22696495	<i>Falco cherrug</i>	2011	Mullarney et al., 1999; MacKinnon and P
36	Polygon	953	22696495	<i>Falco cherrug</i>	2011	Mullarney et al., 1999; Ferguson-Lees a
37	Polygon	984	22679814	<i>Oxyura leucocephala</i>	2011	Kear, 2005; IBA point localities
38	Polygon	1029	22687635	<i>Eupherusa cyanophrys</i>	1999	BirdLife International
39	Polygon	1059	22688529	<i>Rhodilus pringoides</i>	1998	BirdLife International

Şekil 9. Analiz sonucunu gösteren öznitelik tablosu

Uludoğan -bilimsel adıyla *Falco cherrug*-, bozkırları, otlakları ve aynı zamanda yer yer ağaçlık açık ve kuru yaşam alanlarını tercih eden bir Palearctic avifauna türüdür (Nittinger, vd., 2007). *Falco cherrug*, tahmini olarak yalnızca 3600–4400 çift olan nüfus büyüklüğüyle “nesli tükenmekte” olarak sınıflandırılmıştır (Birdlife, 2006). Vahşi popülasyonlar için Orta Asya ülkelerinde ve Orta Doğu bölgesinde öncelikli sorun şahinlerin kapanla yakalanıp avlanmak amacıyla kullanılmasıdır. Göç eden kuşlar yakalanır ve çoğunlukla Arap Yarımadası ülkelerine ihraç edilir. Bir avlanma döneminden sonra serbest bırakılır (Nittinger, vd., 2007). Dikkuyruk -bilimsel adıyla *Oxyura leucocephala*- ise, küresel olarak tehdit altındaki bir türdür. Nüfusu parçalanmış ve son yıllarda büyük düşüşler geçirmiştir (Munoz, vd., 2005). Günümüzde, *Oxyura leucocephala* dört popülasyonu, batıda iki yerleşik popülasyon ve doğuda iki büyük göçmen popülasyon ile ikiye tarafa ayrılmıştır (Wetlands International 2002). En büyüğü Doğu Akdeniz, Orta Doğu ve Batı Asya’da bulunan 5000-10.000 kuştan oluştuğu tahmin edilen göçmen nüfus Türkiye de dahil olmak üzere Yunanistan, Bulgaristan ve İsrail gibi ülkelerde üremektedir (Li ve Mundkur 2003). 1900’den bu yana, türler Mısır, İtalya, Macaristan ve diğer Avrupa ülkelerindeki küçük nüfusların tükenmesiyle birlikte yoğun nüfus düşüşü ve dağılıma uğramıştır (Munoz, vd., 2005). Bu türün popülasyonunun küresel ölçekte 1900 yılında 100.000 kuşu aştığı, ancak sulak alan habitatlarının tahrip edilmesi ve avlanma nedeniyle o zamandan beri 8.000–13.000’e kadar düştüğü tahmin edilmektedir (Green ve Antsey, 1992). Özellikle, Doğu’daki popülasyonları, Burdur Gölü’nde kış geçiren 11.000 kadar kuş kaybı dahil, 1991’den bu yana düştü (Green vd., 1996). Şekil 10’da harita, analizler sonucu elde edilmiştir. Dikkuyruk ve uludoğan kuşlarının yaşam alanları bu haritada görülebilmektedir.



Şekil 10. Konumsal sorgulama sonucu elde edilen sonuç haritası

5. Sonuç – Tartışma

Burdur Gölü'nde son yıllarda büyük bir su çekilmesi söz konusudur. Burdur Gölü, habitatıyla birlikte bu durumdan etkilenmektedir. Çalışmada, göl ve civarındaki nesli tükenmekte olan kuş türlerine odaklanılmıştır. Analizler sonucu iki kuş türünün Burdur Gölü çevresinde yaşadığı tespit edilmiştir. Bu kuş türlerine dair literatür araştırmaları sonucu; uludoğan kuşunun Burdur Gölü'nden su çekilmesi ile popülasyonlarındaki düşüş arasında doğrudan bir bağlantı tespit edilmemiştir. Çünkü, uludoğan kuşunun çoğunlukla tuzak kurularak yakalandığı ve avcılık amacıyla kullanıldığı belirtilmektedir. Kaynak araştırmalarında, dikkuyruk kuşunun ise sulak alanlar ile doğrudan bir ilişkisi olduğu görülmüştür. Dolayısıyla dikkuyruk popülasyonundaki azalma, Burdur Gölü'ndeki tahribata direkt bir şekilde bağlıdır. Bu çalışma ile birlikte, sulak alan habitatlarına, bu alanlardaki habitatın zedelenmesine dikkat çekilmek istenmiştir. Burdur Gölü'nde olduğu gibi Türkiye'de ve dünya genelinde birçok sulak alan bulunmakta ve her sulak alan kendine özgü tür çeşitliliği barındırmaktadır. Sulak alanlarda yaşanan olumsuz bir durum, dolaylı ya da dolaysız şekilde sulak alan çevresinde yaşayan habitatı etkilemektedir. Bu çalışmanın, yaşam çeşitliliği adına bir farkındalık yaratması beklenmektedir. Ayrıca, sulak alanların sürdürülebilirliği adına olumlu yaptırımların fazlalaşması, başta yaşadığımız çevre olmak üzere gezegene dikkate değer fayda getirecektir.

6. Kaynakça

- Aksoy, T., Sarı, S., & Çabuk, A. Sulak Alanların Yönetimi Kapsamında Su İndeksinin Uzaktan Algılama ile Tespiti, Göller Yöresi. *GSI Journals Serie B: Advancements in Business and Economics*, 2(1).
- Arı, Y. (2006) "Ramsar sözleşmesi'nin doğa koruma yaklaşımına eleştirel bir bakış, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 11 (15): 275 - 302.
- Balçık, F. B. (2010). Mapping and Monitoring Wetland Environment by Analysis of Different Satellite Images and Field Spectroscopy. İstanbul Teknik Üniversitesi (Doktora Tezi). Erişim Adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Bektöre, E. (2016). Öznitelik Verilerine Bağlı Sorgulamalar. H. Uyguçgil (Ed.), *Konumsal Veritabanı I* içinde (s 140-186), Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- BirdLife International (2006) Species factsheet: Falco cherrug. Erişim adresi: <http://www.birdlife.org>
- Birdlife International. Who is Birdlife International?. (2019, 5 Ağustos). Erişim adresi: <http://www.birdlife.org/worldwide/partnership/about-birdlife>
- Burdur Gölü (2019, 3 Eylül). Erişim adresi: <http://www.burdurkulturturizm.gov.tr/TR-154880/burdur-golu.html>
- Çağırnkaya, S., ve Köylüoğlu, F. (2013). Türkiye'nin Önemli Sulak Alanları: Ramsar Alanlarımız. Çağırnkaya, S. ve Meriç, T. B. (Ed.) Sulak Alan Kavramı, Sulak Alan Nedir? Sulak Alan Sınıflandırması içinde (s. 9). Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü.
- Google Maps (2019, 2 Eylül). Erişim adresi: <https://goo.gl/maps/5dkv88VF37eSoeGj9>
- Görmez, K. (1997) Çevre Sorunları ve Türkiye, 2. Basım, Gazi Kitabevi Yayınları, No: 45, Ankara.
- Green, A. J., & Anstey, S. (1992). The status of the White-headed Duck *Oxyura leucocephala*. *Bird conservation international*, 2(3), 185-200.
- Green AJ, Green AJ, Fox AD, Hilton G, Hughes B, Yarar M, Salathe T (1996) Threats to Burdur Lake ecosystem, Turkey and its waterbirds, particularly the white-headed duck *Oxyura leucocephala*. *Biol. Conserv.*, 76, 241–252.
- Korkanç, S. (2004). Sulak Alanların Havza Sistemi İçindeki Yeri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 6 (6), 117-126. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/barofd/issue/3408/46887>
- Munoz-Fuentes, V., Green, A. J., Negro, J. J., & Sorenson, M. D. (2005). Population structure and loss of genetic diversity in the endangered white-headed duck, *Oxyura leucocephala*. *Conservation Genetics*, 6(6), 999-1015.
- Nittinger, F., Gamauf, A., Pinsker, W., Wink, M., & Haring, E. (2007). Phylogeography and population structure of the saker falcon (Falco cherrug) and the influence of hybridization: mitochondrial and microsatellite data. *Molecular Ecology*, 16(7), 1497-1517.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2019, 3 Eylül) Erişim Adresi: <http://bolge2.ormansu.gov.tr>
- Uyguçgil, H. (2015a). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Proje Tasarımı ve Sorgulama Teknikleri. A., Çabuk (Ed.), *Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş* içinde (s 148-161), Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Uyguçgil, H. (2015b). Konumsal Veritabanı. A., Çabuk, H. Uyguçgil (Ed.), *Coğrafi Bilgi Sistemleri* içinde (s 78-102), Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Wei, D. L. Z., & Mundkur, T. (2003). *Status overview and recommendations for conservation of the White-headed Duck Oxyura leucocephala in Central Asia*. Wetlands International.
- Wetlands International (2002) Waterbird Population Estimates. Wageningen. Wetlands International. <http://www.wetlands.org/IWC/WPEnote.htm>
- Williams, M. (1990) Wetlands: A Threatened Landscape, Cambridge and Oxford: Blackwell.

Yıldırım, Ü. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Konuma Dayalı Sorgulamalar. H. Uyguçgil (Ed.), *Konumsal Veritabanı I* içinde (s 188-211), Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

Zor, M. (2014). Türkiye'nin Sulak Alanları. Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 0 (1), . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/sakaefd/issue/11223/134002>

AYDIN İLİNİN TARIMSAL MEKANİZASYON DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ VE TÜRKİYE ORTALAMASI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Taner Akbaş

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın Meslek Yüksekokulu

taner@adu.edu.tr

Özet

Bu çalışmanın amacı 2014-2018 yılları arasında Aydın ilinin mekanizasyon düzeyini belirleyerek, Türkiye ortalaması değerleriyle karşılaştırmaktır. Bu amaca yönelik olarak Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) tarımsal istatistikleri kullanılarak tarımsal mekanizasyon düzeyi göstergeleri hesaplanmış ve Aydın ili ortalama değerleri ile Türkiye ortalaması karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda 2018 verilerine göre Aydın ili için tarımsal alana düşen traktör gücü 3.33 kWha⁻¹ olarak hesaplanırken bu değer Türkiye geneli için 2.11 kWha⁻¹ olarak bulunmuştur. 1000 hektar alana düşen traktör sayısı ise Aydın ili için 84.36 traktör 1000 ha⁻¹ iken Türkiye geneli için 57.42 traktör 1000 ha⁻¹ değerindedir. Traktör başına düşen tarımsal alan Aydın ili için 11.85 ha traktör⁻¹, Türkiye için 17.42 ha traktör⁻¹, traktör başına düşen alet-makine sayısı Aydın ili için 6.09 alet-makine traktör⁻¹, Türkiye için 4.66 alet-makine traktör⁻¹ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar ışığında Aydın ili mekanizasyon düzeyinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğunu söylemek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: *Aydın, Traktör, Tarım makinaları, Mekanizasyon düzeyi*

1. Giriş

Tarım sektörü, artan dünya nüfusuyla birlikte ortaya çıkan beslenme problemlerini çözmek için tarım teknolojilerini geliştirerek birim alandan daha çok ürün almak zorunda kalmıştır. Makineleşmenin yaygınlaşmasıyla modern tarım teknikleri çok kolay uygulanabilir hale gelmiş, tarıma elverişli yeni alanlar açılmış, toprak daha iyi sulanır ve işlenir hale gelmiş, ilaç ve gübre kullanımı artmış, daha kaliteli tohumluk ve damızlık kullanımıyla birlikte ürün kalitesi ve verim artmıştır. Buna karşın piyasalarda meydana gelen küresel istikrarsızlıklar, ekonomik krizler, hayvan hastalıkları ve iklim değişiklikleri tarım sektörünü olumsuz yönde etkilemiştir (Gökdoğan, 2012; Özgüven ve ark., 2010).

Tarımdaki teknolojik gelişmeler, mekanizasyonun önemini arttırmış, tarımsal üretimde birim alandan daha fazla verim alınmasını sağlamıştır. Tarım sektöründe iklim özellikleri ve arazi yapısı teknolojinin kullanımını ve iş gücü talebini etkilemektedir. Tarımda verimlilik artışına etki eden en önemli faktörlerden olan gübre, ilaç ve tohum gibi girdilerinin uyumlu kullanılabilmesi için en önemli araçlardan birisi de tarımsal mekanizasyondur (Işık, 2017; Altuntaş, 2016).

Tarımsal mekanizasyon, tarımda ilkel tarım teknikleri yerine modern üretim tekniklerinin kullanıldığı, tarımsal üretim sistemlerinde kullanılan tarımsal ekipmanların projelendirilmesi, imalatı, uygulama deneyleri ile birlikte geliştirme, pazarlama, onarım, bakım, işletme ve yayım faaliyetlerini kapsayan, tarımsal üretimde diğer tarımsal girdilerin etkinliğini arttıran, üretim alanından daha yüksek verim alınmasını sağlayan üretim teknolojisi olarak tanımlanabilir (Işık ve ark., 2003; Lüle ve ark., 2012; Altuntaş, 2016; Işık, 2017).

Tarım makinelerine enerji sağlayan temel makine traktördür. Bu sebeple tarımsal mekanizasyon düzeyi belirlenirken kullanılan en yaygın ölçüt; birim işlenen alana düşen traktör gücü (kWha⁻¹) olarak yaygın bir biçimde kullanılmıştır. Bunun yanında ha traktör⁻¹, traktör 1000 ha⁻¹ ve alet-makine traktör⁻¹ değerleri de mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde kullanılan kriterlerdendir (Aslantürk ve Altuntaş, 2018; Gökdoğan, 2012).

Ülkelerin teknolojilerine bağlı olarak tarımsal mekanizasyon derecesi farklılık gösterebilmektedir. Aynı ülke içindeki farklı iklim ve arazi koşulları içinde bile farklılıklar olmaktadır. Bu sebeple tarım tekniğinin vazgeçilmez girdisi olan, pahalı ve uzun vadeli yatırımlar içeren tarımsal mekanizasyon planlaması yapılırken dikkatli olmak gerekmektedir. Bunun da yapılabilmesi için bölgesel ve bölgesel bazda tarımsal mekanizasyon durumunun ve sorunlarının yeterince ortaya konulması gerekmektedir (Keskin ve Erdoğan, 1992; Gökdoğan, 2012).

Bu çalışma ile Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2014-2018 yıllarına ait verileri kullanılarak Aydın ilinin tarımsal mekanizasyon durumunun belirlenmesi ve bu değerlerin Türkiye ortalamasıyla kıyaslanmasıyla yöredeki mekanizasyon planlamalarına ışık tutulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada materyal olarak Aydın iline ve Türkiye'ye ilişkin 2014-2018 yıllarına ait istatistiksel veriler ve kaynaklar kullanılmıştır.

Çalışmaya konu Aydın ili; Türkiye'nin, tarım, turizm, iç ve dış ticaret ile sanayi faaliyetlerinin bir arada yürütüldüğü Ege Bölgesi'nde bulunmaktadır. Aydın ili Türkiye'nin güneybatısında 37. ve 38. kuzey enlemleri ile 27. ve 29. doğu boylamları arasındadır. İlin alanı 811 600 ha'dır. 2017 yılı itibarıyla Tarım ve Orman Bakanlığı Aydın İl Müdürlüğü verilerine göre toplam alanın yaklaşık %45'i olan 366 608 ha alanda tarım yapılmaktadır. Batısı Ege Denizi'ne açılan Aydın ili, doğusunda Denizli, kuzeyinde İzmir ve Manisa, güneyinde Muğla illeri ile komşudur. Aydın ilinde Akdeniz iklimi hakimdir (Anonim, 2018).

Traktörün tarımsal mekanizasyon uygulamalarında en yaygın kullanılan kuvvet kaynağı olması nedeniyle, tarımsal mekanizasyon düzeyi belirlenirken en yaygın olarak kullanılan ölçü, birim işlenen alana düşen traktör gücü ($kWha^{-1}$) olmaktadır. Bu kriter makineleşme düzeyinin belirlenmesinde önemli görülmektedir. Bunun yanı sıra traktör başına düşen tarım alanı ($ha\ traktör^{-1}$), birim tarım alanına düşen traktör sayısı ($traktör\ 1000\ ha^{-1}$) ve traktör başına düşen alet-makine sayısı ($alet-makine\ traktör^{-1}$) değerleri de mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde kullanılan kriterlerdir (Gökdoğan, 2012; Lüle ve ark., 2012; Altuntaş, 2016; Doruk, 2016; Işık, 2017).

Çalışmada 2014-2018 yıllarına ait TÜİK verileri kullanılarak Aydın ili ortalaması ile Türkiye ortalaması karşılaştırılmıştır. Tarımsal mekanizasyon düzeyi gösterge değerleri bilgisayar ortamında hesaplanarak karşılaştırma yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Aydın ili merkez ve ilçeleri ve Türkiye geneline ait tarım alanları ayrıntılı olarak Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde 2018 yılına ait TÜİK verilerine göre Aydın ilinin toplam işlenebilir alanının ülkemiz toplam işlenebilir alanının yaklaşık %1.54’ü olduğu görülmektedir. 2018 yılı verileri dikkate alındığında 356 527 ha olan toplam tarım alanının büyük bir kısmında meyve üretimi yapıldığı (%60.42), bunu 129 090 hektarla (%36.21) tarla tarımının takip ettiği, sebze üretiminin 9 700 ha (%2.72), süs bitkileri üretiminin 31 ha (%0.01) ve nadasa bırakılan alanın 2 277 ha (%0.64) olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Türkiye, Aydın ili merkez ve ilçelerine ait tarım alanlarının dağılımı (ha) (Anonim, 2019a)

	Toplam Alan	Tarla Ürünleri	Meyve Üretimi	Sebze Üretimi	Süs Bitkileri	Nadasa
TÜRKİYE	23 199 945	15 435 979	3 462 387	783 632	5 174	3 512 773
AYDIN	356 527	129 090	215 429	9 700	31	2 277
İlçeler						
Bozdoğan	27 068	13 756	12 057	655	-	600
Buharkent	4 112	782	2 868	387	-	75
Didim	11 085	4 977	5 885	95	8	120
Efeler	32 085	9 566	20 544	1 934	5	36
Germencik	24 838	6 218	18 385	143	2	90
Karacasu	20 368	9 193	10 420	355	-	400
Karpuzlu	13 910	1 773	12 026	101	-	10
Koçarlı	26 309	9 654	16 108	324	16	207
Kuyucak	19 607	9 157	9 991	229	-	230
Kuşadası	4 069	412	3 462	137	1	57
Köşk	13 170	1 686	11 168	316	-	0
Nazilli	30 973	9 233	19 945	1 760	-	35
Sultanhisar	14 790	1 858	12 527	345	-	60
Söke	56 901	32 625	23 770	371	-	135
Yenipazar	10 130	4 250	5 644	186	-	50
Çine	34 907	10 367	22 433	1 937	-	170
İncirliova	12 206	3 583	8 196	425	-	2

Türkiye ve Aydın ilinin 2014-2018 yılları arasındaki traktör sayıları Çizelge 2’de verilmiştir. Traktörler gruplandırılırken yıllara göre güç değerlerine göre gruplandırılmış ve Türkiye toplamı içerisindeki oranları verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde 2014 yılında Aydın ilinde 28 199 olan traktör sayısı 2018 yılında %6.66’lık bir artışla 30 078 adet değerine ulaşmıştır. Türkiye genelinde ise bu sayı 1 243 100 adetten 1 332 026 adet değerine ulaşarak %7.15 oranında artış göstermiştir. Söz konusu yıllar dikkate alındığında Aydın ili traktör varlığının Türkiye traktör varlığına yakın oranda arttığı görülmektedir. Yıllara göre tek akslı traktörler incelendiğinde 2014-2018 yılları arasında 5 BG güç grubundaki traktörlerde %76.12 oranında artış görülürken, >5 BG traktörlerde bu artış %20.83 oranında gerçekleşmiştir. Çift akslı traktörler incelendiğinde en fazla traktör sayısının 51-70 BG güç grubunda yoğunlaştığı bunu 35-50 BG ve 70 BG üstü traktörlerin takip ettiği Çizelge 2’den görülmektedir. Aynı şekilde Aydın ilinde bulunan traktörlerin Türkiye genelindeki traktör sayılarına oranına bakıldığında da en yüksek oranın 51-70 BG güç grubunda olduğu görülmektedir.

I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos 2019, Pamukkale,Denizli/Türkiye
I. International Science and Innovation Congress, 26-29 August 2019, Pamukkale,Denizli/TURKEY

Aydın ili ve Türkiye için 2014-2018 yılları biçerdöver varlığı Çizelge 3'te ve Aydın ili ve ilçelerine göre biçerdöver sayıları Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 3'e göre Aydın ili için 2014 yılında 32 olan sayı 2018 yılında 35'e yükselmiş gibi görünse de bu sayı 2016 ve 2017 yıllarındaki 37 adet değerine göre düşmüştür. Bu düşüşün sebebinin 11-20 yaş ve 20 yaş üzeri grubundaki biçerdöver sayılarındaki azalmaya bağlı olduğu çizelgeden açıkça görülmektedir. Aynı şekilde Türkiye geneli için de bakıldığında 2015 yılı için 6-10 ve 11-20 yaş gruplarında azalmalar olduğu Çizelge 3'ün incelenmesinden görülmektedir. Çizelge 4 incelendiğinde 2018 verilerine göre en çok biçerdöver Aydın ilinin Köşk ve Koçarlı ilçelerinde bulunmaktadır (26 adet).

Aydın ili ve Türkiye geneli için seçilmiş (45 adet), traktörle çalıştırılan tarım alet ve makine sayılarının 2014-2018 yılları arasındaki değişimi Çizelge 5'te verilmiştir. Seçili alet ve makinelerin TÜİK 2018 verilerine göre il genelindeki toplam sayısı 182814 adet olup, bu rakam Türkiye toplamının %2.96'sını oluşturmaktadır. Hem Aydın ili hem de Türkiye geneline bakıldığında adet olarak en çok bulunan alet ve makine grubunda ilk iki sırada tarım römorku ve kulaklı traktör pulluğu bulunmaktadır. Ülke genelinde üçüncü sırada kültivatör yer alırken Aydın ilinde üçüncü sırada diskli tırmık (diskaro) yer almaktadır. Özellikle pamuk ve mısır ekiminin yoğun olarak yapıldığı Aydın ilinde diskli tırmığın sayısının fazla olmasının sebebi olarak geleneksel tarım yöntemlerinin hala yaygın olarak kullanılmasının yanında serpmeye hububat ekiminde ve kimyasal gübre uygulamasında materyalin toprağa karıştırılmasında da kullanılıyor olmasıdır. İl genelinde sayısı artan alet ve makinelerin başında ise kuyruk milinden hareketli pülverizatör ve dip kazan (subsoiler) gelmektedir. İl genelinde sayısı azalan alet ve makineler ise üniversal ekim makinası, kulaklı pulluk ve sap döver harman makinasıdır. Artan tohum kalitesinin yanında edinme maliyetlerinin de düşmesine bağlı olarak pnömomatik ekim makinelerinin yaygınlaşmasının üniversal ekim makinelerine olan talebi azalttığı düşünülmektedir. İstatistiklerde isimlendirilmemiş olan çizel adlı aletin dip kazan (subsoiler) sınıfında değerlendirilip bu gruba dahil edildiği ve çizel kullanımının artmasına bağlı olarak kulaklı pulluk sayısının azaldığı sanılmaktadır. Aydın ilinde sayıları fazla olmamakla birlikte civar illerden hasat mevsiminde bölgeye gelip hasat-harman işlemlerini gerçekleştiren biçerdöverlerin yaygınlaşması sap döver harman makinelerine olan talebi azaltmış ve sayıları gittikçe düşmüştür.

Çizelge 2. Güç dağılımına bağlı olarak 2014-2018 yıllarına ait Aydın ili ve Türkiye için traktör sayıları (Anonim, 2019a)

Traktör Gücü	2014			2015			2016			2017			2018		
	Aydın	Türkiye	(%)	Aydın	Türkiye	(%)	Aydın	Türkiye	(%)	Aydın	Türkiye	(%)	Aydın	Türkiye	(%)
1-5 BG*	67	14 383	0.47	77	14 856	0.52	81	15 736	0.51	85	16 589	0.51	118	17 129	0.69
>5 BG*	408	51 492	0.79	434	54 604	0.79	437	57 131	0.76	440	59 061	0.74	493	60 707	0.81
1-10 BG**	34	6 247	0.54	34	6 252	0.54	34	6 448	0.53	34	6 432	0.53	34	6 554	0.52
11-24 BG**	158	20 906	0.76	157	21 181	0.74	152	21 274	0.71	154	20 527	0.75	160	20 886	0.77
25-34 BG**	603	69 223	0.87	584	68 074	0.86	596	66 825	0.89	580	65 866	0.88	615	66 104	0.93
35-50 BG**	11 828	493 914	2.39	11 798	491 828	2.40	11 219	489 621	2.29	11 214	492 343	2.28	10 607	493 134	2.15
51-70 BG**	12 792	461 399	2.77	12 930	468 060	2.76	13 193	475 665	2.77	13 366	493 660	2.71	15 142	505 087	3.00
>70 BG**	2 309	125 536	1.84	2 566	135 297	1.90	2 644	140 699	1.88	2 725	152 133	1.79	2 909	162 425	1.79
TOPLAM	28 199	1 243 100	2.27	28 580	1 260 152	2.27	28 356	1 273 399	2.23	28 598	1 306 611	2.19	30 078	1 332 026	2.26

Traktör sayıları sınıflandırılırken sadece tekerlekli traktörler dikkate alınmış, paletli traktör sayıları hesaplamalarda kullanılmamıştır.

* Tek akslı, ** Çift akslı

Çizelge 3. Aydın ili ve Türkiye için yıllara göre biçerdöver sayıları (Anonim, 2019a)

Yıllar	2014		2015		2016		2017		2018	
	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye
(0-5) yaş	10	3 604	12	3 815	13	3 985	13	4 167	13	4 207
(6-10) yaş	18	3 812	17	3 750	19	3 790	19	3 907	19	3 924
(11-20) yaş	2	3 852	3	3 780	3	3 813	3	4 062	2	3 969
21 yaş ve üzeri	2	4 631	2	4 653	2	4 659	2	5 063	1	5 166
Toplam Sayı	32	15 899	34	15 998	37	16 247	37	17 199	35	17 266

Çizelge 4. Aydın ili ve ilçelerine göre biçerdöver sayıları (Anonim, 2019a)

	Bıçerdöver (0-5 yaş)	Bıçerdöver (6-10 yaş)	Bıçerdöver (11-20 yaş)	Bıçerdöver (21 yaş ve üzeri)	Toplam Sayı
Aydın	13	19	2	1	35
İlçeler	-	-	-	-	-
Efeler	-	2	-	-	2
Koçarlı	-	10	-	-	10
Köşk	10	6	-	-	16
Sultanhisar	2	-	-	-	2
Söke	-	-	2	1	3
Çine	-	1	-	-	1
İncirliova	1	-	-	-	1

Çizelge 5. Aydın ve Türkiye geneli tarım alet ve makine sayıları (Anonim, 2019a)

Alet-Makine Adı	2014		2015		2016		2017		2018	
	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye
Kulaklı Traktör Pulluğu	24 783	1 046 048	24 845	1 050 237	24 871	1 057 870	24 790	1 071 553	24 635	1 079 396
Ark Açma Pulluğu	4 706	66 150	4 777	66 879	4 797	68 117	4 842	68 654	4 867	69 080
Diskli Traktör Pulluğu	1 333	70 701	1 183	71 829	1 276	72 448	1 279	73 139	1 275	74 054
Diskli Anız Pulluğu	198	45 405	203	45 002	202	45 365	202	46 540	202	47 036
Kulaklı Anız Pulluğu	151	42 483	151	44 151	403	44 579	685	45 450	689	44 592
Toprak Frezesi (Rotovator)	2 557	50 100	2 573	51 860	2 580	53 301	2 631	54 960	2 638	56 306
Kültivatör	7 601	508 218	7 624	515 172	7 727	520 970	7 858	532 508	7 888	540 795
Merdane	6 880	84 819	6 877	86 138	6 890	87 374	7 046	91 011	7 065	93 266
Diskli Tırmık (Diskaro)	17 279	235 594	17 389	240 303	17 563	243 310	17 835	247 121	17 961	251 439
Dışli Tırmık	10 513	341 050	10 525	343 954	10 541	345 533	10 963	350 126	10 839	353 932
Kombikürüm (Karma Tırmık)	687	23 555	690	23 881	741	24 352	845	24 786	850	26 096
Ot Tırmığı	1 889	110 030	1 946	113 405	2 012	115 169	2 031	115 809	2 048	119 760
Traktörle Çekilen Hububat Ekim Makinesi	422	134 786	420	136 846	442	140 329	465	142 258	461	144 927
Kombine Hububat Ekim Makinesi	1 059	205 286	1 070	208 403	1 072	211 348	1 066	217 642	1 071	221 782
Patates Dikim Makinesi	21	15 421	21	15 769	21	16 087	21	16 717	20	16 993
Çiftlik Gübresi Dağıtma Makinesi	89	3 628	94	4 090	98	4 382	102	4 795	105	5 246
Kimyevi Gübre Dağıtma Makinesi	15 675	392 908	15 700	399 451	15 752	408 737	15 887	419 388	15 867	428 545
Orak Makinesi	175	60 645	142	58 271	144	57 234	140	53 972	140	52 172
Bıçer Bağlar Makinesi	20	8 882	23	9 210	23	9 305	22	9 478	21	9 492
Balya Makinesi	506	19 459	532	20 446	554	21 520	562	23 015	583	24 682
Tımaz Makinesi	41	8 405	35	8 111	34	7 739	34	7 440	19	6 924
Patates Sökme Makinesi	17	20 229	17	20 462	17	20 353	17	21 250	16	21 477
Traktörle Çekilen Çayır Biçme Makinesi	1 618	79 115	1 679	81 480	1 631	82 899	1 786	87 233	1 823	90 020

I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos 2019, Pamukkale,Denizli/Türkiye
I. International Science and Innovation Congress, 26-29 August 2019, Pamukkale,Denizli/TURKEY

Ot Silaj Makinesi	166	4 674	178	4 908	193	5 227	200	5 541	201	5 783
Mısır Silaj Makinesi	876	24 486	932	25 370	993	26 347	1 024	27 998	1 045	29 247
Yerfıstığı Hasat Makinesi	39	320	39	318	40	373	39	400	42	462
Pamuk Toplama Makinesi	175	1 050	187	1 080	203	1 155	229	1 245	222	1 285
Sap Parçalama Makinesi	3 428	17 864	3 412	18 239	3 413	18 533	3 700	19 014	3 663	19 241
Kuyruk Milinden Hareketli Pülverizatör	8 099	322 174	8 168	329 768	8 649	338 625	8 952	350 272	9 003	358 407
Römork (Tarım Arabası)	25 139	1 121 371	25 333	1 126 166	25 372	1 137 709	25 399	1 165 873	25 424	1 184 193
Su Tankeri (Tarımda Kullanılan)	7 397	208 538	7 395	209 372	7 363	210 697	7 394	213 393	7 418	216 276
Dip Kazan (Subsoiler)	2 732	32 568	2 829	35 132	3 166	36 515	3 372	38 127	3 382	39 277
Rototiller	1 477	12 870	1 480	13 443	1 525	13 978	1 584	15 092	1 604	15 737
Taş Toplama Makinesi	5	1 240	5	1 356	5	1 448	8	1 571	8	1 657
Toprak Tesviye Makinesi	3 759	17 919	3 764	18 238	3 766	18 873	3 972	19 182	3 979	19 328
Set Yapma Makinesi	2 671	15 796	2 686	16 131	2 718	16 639	2 747	16 650	2 754	16 912
Toprak Burgusu	204	5 917	206	6 277	209	6 470	211	6 550	219	6 809
Ara Çapa Makinesi	9 527	132 603	9 554	135 684	9 650	136 942	9 628	139 385	9 649	139 774
Pnömatik Ekim Makinesi	1 195	32 048	1 221	34 589	1 266	35 850	1 530	39 024	1 564	40 376
Üniversal Ekim Makinesi (Mekanik)	9 416	61 337	9 412	61 353	9 322	61 018	9 300	61 660	9 240	61 509
Anıza Ekim Makinesi	21	1 209	21	1 257	23	1 292	25	1 320	29	1 422
Fide Dikim Makinesi	453	14 145	452	14 188	454	13 939	454	13 820	460	13 793
Sap Döver Harman Makinesi (Batöz)	373	173 555	331	170 836	310	167 581	295	160 121	292	155 600
Yem Dağıtıcı Römork	62	2 484	76	2 874	121	3 356	166	4 066	618	4 894
Kepçe (Tarımda Kullanılan)	793	45 727	808	48 559	827	50 304	870	53 996	915	56 860
TOPLAM	176 227	5 822 812	177 005	5 890 488	178 979	5 961 192	182 208	6 079 145	182 814	6 166 854

Türkiye geneli ve Aydın ili mekanizasyon düzeyi hesaplamalarında kullanılan veriler Çizelge 6'da, hesaplamalarda kullanılan traktör güç grupları ve BG cinsinden ortalama değerleri Çizelge 7'de verilmiştir. Hesaplamalarda bu değerler kW değerine çevrilerek kullanılmıştır. Aydın ili ve Türkiye geneli için tarımsal mekanizasyon düzeyi değerleri Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 6. Türkiye geneli ve Aydın ili mekanizasyon düzeyi verileri

Yıllar	Tarımsal Alan (ha)		Traktör Sayıları (Adet)		Tarım Alet ve Makine Sayıları (Adet)	
	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye
2014	370 242	23 940 714	28 199	1 243 100	176 675	5 849 736
2015	368 208	23 933 614	28 580	1 260 152	177 491	5 918 235
2016	364 928	23 711 159	28 356	1 273 399	179 508	5 990 171
2017	366 608	23 346 598	28 598	1 306 611	182 745	6 111 107
2018	356 527	23 199 946	30 078	1 332 026	183 031	6 202 811

Çizelge 7. Traktör güç grupları ve BG cinsinden ortalama traktör güçleri

Traktör Güçleri (BG)	1-5	5+	1-10	11-24	25-34	35-50	51-70	70+
Ortalama Traktör Gücü (BG)	3	5	5.5	17.5	29.5	42.5	60.5	70

Çizelge 8. Aydın ili ve Türkiye geneli için tarımsal mekanizasyon düzeyi göstergeleri

Yıllar	kWha ⁻¹		traktör 1000 ha ⁻¹		ha traktör ⁻¹		alet-makine traktör ⁻¹	
	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye
2014	2.94	1.88	76.16	51.92	13.13	19.26	6.27	4.71
2015	3.01	1.91	77.62	52.65	12.88	18.99	6.21	4.70
2016	3.03	1.95	77.70	53.70	12.87	18.62	6.33	4.70
2017	3.05	2.05	78.01	55.97	12.82	17.87	6.39	4.68
2018	3.33	2.11	84.36	57.42	11.85	17.42	6.09	4.66

Çizelge 8 incelendiğinde 2014-2018 yılları arasında hektar başına düşen güç değeri hem Aydın ili için (%13.27) hem de Türkiye geneli için (%12.23) artış göstermiştir. Aydın ili için bu değer Türkiye ortalamasının üzerinde olup yaklaşık 1.5 katıdır. Bu değer yüksek olması Aydın ilinde birim alana düşen traktör gücünün Türkiye geneline göre daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Toplam tarımsal alanın 1000 hektarına düşen traktör sayılarına bakıldığında Aydın ili için 76.16 olan traktör/1000 ha⁻¹ değeri 2018 yılında traktör sayısındaki artışa paralel olarak %10.77'lik artışla 84.36 traktör/1000 ha⁻¹ değerine ulaşmıştır. Aynı dönemde Türkiye ortalaması %10.59 oranında artmıştır. Çizelgeden de görüldüğü üzere Aydın ilinin değerleri Türkiye ortalamasının yaklaşık 1.5 katı üzerinde olup bu değerlere istinaden Aydın ilinin mekanizasyon düzeyinin ülke geneline göre daha yüksek olduğu söylenebilir.

Traktör başına düşen tarımsal alan değeri ise gerek traktör sayısındaki artışa gerekse işlenen tarımsal alandaki azalışa paralel olarak düşüş göstererek Aydın ili için 11.85 ha Traktör⁻¹ ve Türkiye geneli için 17.42 ha Traktör⁻¹ değerlerine düşmüştür. Bu düşüş Aydın ili için %9.75 ve Türkiye geneli için %9.55 olarak gerçekleşmiştir.

Traktör başına düşen alet-makine sayıları incelendiğinde 2014 yılında 6.27 olan değer 2018 yılında 6.09 değerine gerilemiştir. Bu gerilemenin traktör sayıları ile alet-makine sayılarının artışının tam olarak paralel olmayışından dolayı traktör sayısının oransal olarak daha fazla artmasından kaynaklandığı Çizelge 6'nın incelenmesinden anlaşılmaktadır. Benzer şekilde Türkiye geneli için de aynı durum söz konusu olup, Türkiye ortalamasının Aydın ili ortalamasının altında olduğu Çizelge 8'in incelenmesinden görülmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, 2014-2018 yılları arasında Aydın ilinin mekanizasyon düzeyi TÜİK verilerine göre incelenerek Türkiye geneline göre durumu ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bilindiği üzere tarımda işlenen tarım alanının hektarı başına düşen traktör motor gücü (kW) mekanizasyon derecesi olarak tanımlanmakta ve mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde en doğru kriter olarak kabul görmektedir. Bu değer Aydın ili için 2018 yılında 3.33 kWha⁻¹ iken Türkiye geneli için 2.11 kWha⁻¹ olarak hesap edilmiştir. Bu sonuçlara göre Aydın ili mekanizasyon düzeyi yönünden Türkiye geneline göre 1.5 kat daha yüksek gibi gözükse de 2019 yılı Türkiye Tarım Makinaları Sektör Raporu'na göre 6 kWha⁻¹ olan AB ortalamasının bir hayli altındadır (Anonim, 2019b). 1000 ha tarımsal alan başına düşen traktör sayısına bakıldığında 2018 yılında Türkiye geneli için 57.42 traktör 1000 ha⁻¹ olarak bulunan değer Aydın ili için 84.36 traktör 1000 ha⁻¹ olarak Türkiye ortalamasının üzerindedir. Traktör başına düşen tarımsal alan değeri 11.85 ha traktör⁻¹ olup, 17.42 ha traktör⁻¹ olan Türkiye ortalamasının aşağısındadır. Bu değer düşük olması işlenen tarımsal alana göre traktör sayısının fazla olmasından ya da işlenen tarım arazisinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu değerler tarım alet ve makine sayılarına da yansımış olup traktör başına düşen sayı 2018 yılı itibarıyla Türkiye genelinin 1.3 katı olup 6.09 adet alet-makine traktör⁻¹ değerindedir.

Türkiye Tarım Makinaları Sektör Raporu'na göre Türkiye traktör parkının yaş ortalaması 24'dür. Parkta 25 yaş ve üstünde toplam 870 bin adet traktör bulunmaktadır. Bu traktörlerin yaş ortalaması 39.7'dir. Yaklaşık 600 bin traktör 35 yaşın üzerindedir. Parkta, trafik kayıtlarında gözükmesine rağmen, işlemez durumda olan traktörlerin varlığının yanı sıra trafik kaydından düşürülmüş ama aktif olarak çalışan traktörler de mevcuttur. Fakat bu konuda resmi bir istatistik mevcut değildir. Mekanik ve ekonomik ömrünü fazlasıyla doldurmuş traktörlerle çalışmak ülkemiz tarımında olağanüstü boyutlarda ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu kayıpların başında aşırı yakıt ve yağ tüketimi gelmektedir. Ayrıca eski teknoloji traktörlerle çalışmak ekonomik kayıpların yanı sıra izin verilen limitlerin çok üstünde çevre kirliliğine yol açmaktadır. (Anonim, 2019b).

Biçerdöver sayılarında ise durum biraz farklı olup Türkiye genelinde bulunan 17 266 adet biçerdöverin sadece 35 adeti Aydın ilinde bulunmaktadır. Bu durum Aydın ilinde biçerdöver sahiplenmekten çok kiralama yoluna gidilmesinin bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğine Aydın ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin Türkiye geneline göre daha yüksek olduğu söylenebilse de AB ortalamasıyla karşılaştırıldığında düşük olduğu görülmektedir. Bu düşüklüğe; traktör sayısının düşük ve traktör parkının yaşlı olmasının yanı sıra tarımsal nüfusun fazla olması, küçük boyutlu parçalı arazi yapısı ve işletme büyüklüklerinin küçük olması gibi faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir.

5. Kaynaklar

- Altuntaş, E., 2016. Türkiye'nin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Coğrafik Bölgeler Açısından Değerlendirilmesi, Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4 (12): 1157-1164.
- Anonim, 2018. Aydın Tarım Master Planı, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Aydın İl Müdürlüğü.
- Anonim, 2019a. Türkiye İstatistik Kurumu, (www.tuik.gov.tr), (Erişim tarihi: 17.04.2019).
- Anonim, 2019b. Türkiye Tarım Makinaları Sektör Raporu, TARMAKBİR. <http://www.tarmakbir.org/haberler/tarmakbirsekrap.pdf>, (Erişim tarihi: 28 Mayıs 2019).
- Aslantürk, B., Altuntaş, E., 2018. Malatya İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 7 (2):15-26.
- Doruk, İ., 2016. Denizli İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin İncelenmesi, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 3 (4): 324-331.
- Gökdoğan, O., 2012. Türkiye ve Avrupa Birliği'nin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi Göstergelerinin Karşılaştırılması, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9 (2): 1-4.
- Işık, E., Güler, T., Ayhan, A., 2003. Bursa İline İlişkin Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17 (2): 125-136.
- Işık, E., 2017. Bursa İlinin tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesine ve Türkiye Ortalama Değerleriyle Karşılaştırılmasına Yönelik Bir Çalışma, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 31 (1): 115-125.
- Keskin, R., Erdoğan, D., 1992. Tarımsal Mekanizasyon Ders Kitabı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü, Yayın No:1254, Ders Kitabı No: 359.
- Lüle, F., Koyuncu, T., Engin, K.E., 2012. Adıyaman İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi, 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 5-7 Eylül 2012, 48-54, Samsun.
- Özgüven, M.M., Türker, U. Beyaz, A., 2010. Türkiye'nin Tarımsal Yapısı ve Mekanizasyon Durumu, GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 27 (2): 89-100.

1949 KARABURUN DEPREMİ TEKRAR OLURSA!

Tarik İlhan

Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü

tarik.ilhan@deu.edu.tr

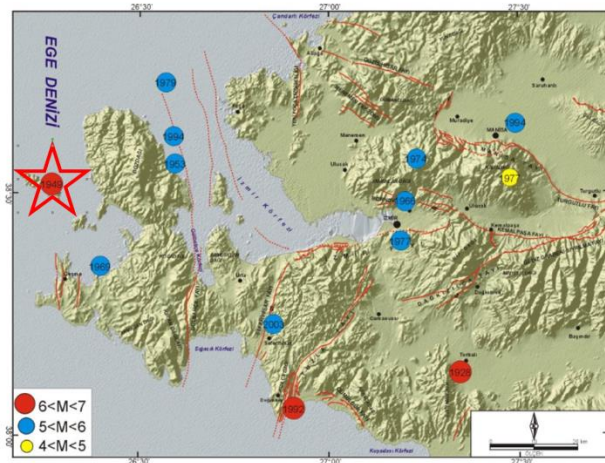
Özet

Dünyamızın devinimi depremler tarafından süregelmektedir. Aslında her deprem bir sonraki depremi haber verir. Bugünkü deprem bilimciler, depremleri 1900 öncesi depremler ve 1900 sonrası depremler olarak iki ayrı zamanda tanımlayıp analiz etmektedirler. Son 119 yıllık depremlerin çoğu deprem ölçerler tarafından kaydedilmiştir ve çözümleme yapmak daha da kolaylaşmıştır. Bu analiz yeteneği ve hızlilik sayesinde, deprem olan yerdeki bir sonraki depremi tahmin etme oranı teknolojinin ilerlemesiyle birlikte yükselmektedir. Bu çalışmada, 23 Temmuz 1949'da $M_s = 6,6$ büyüklüğünde İzmir'in Karaburun ilçesine yakın lokasyonda meydana gelmiş deprem özelinde analizler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Gelecekte oluşabilecek benzer bir depremin zaman ve büyüklüğü hakkında, olasılık dağılım metodları ile tahminlerde bulunulmaya çalışılmıştır. Son 70 yılda, Karaburun'da böyle büyük bir deprem olmamıştır ve yalnızca birkaç araştırmacının meydana gelebilecek bir depremin boyutu hakkındaki öngörülerine ulaşılabilmektedir. Sonuç olarak yapılan araştırmalar ve detaylı literatür taraması sayesinde Karaburun ve çevresinde meydana gelme olasılığı yüksek olan yıkıcı bir depremin ne olabileceği hakkında tahmin, görüş ve fikirler tartışılmıştır. Sadece depremin değil deprem sonrasında oluşması muhtemel heyelanlar ve küçük ölçekli tsunamilerle ilgili de yorumlar ortaya konmuştur. Tüm aaliz çalışmaları ve değerlendirmelere bakıldığında, bölge ile ilgili daha detaylı ve multidisipliner çalışmaların yapılması gerektiği bir kez daha anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Batı Anadolu, Ege Denizi, Karaburun Yarımadası, Deprem ve Deprem Tahmini*

1. Giriş

Dünyada her yıl 4 milyona yakın irili ufaklı deprem olmaktadır. Bunlardan sadece bir milyonu kayıt edilebilir ve yalnızca 34.000'i hissedilebilir (Petal ve Türkmen, 2001). Deprem olma riski olan bir bölgede depremin ne zaman yaşanacağı hali hazırda yanıt bulamamıştır; ancak, o bölgedeki olası bir depremin büyüklüğü ve şiddeti bölgenin deprem tarihine bakılarak tahmin edilebilmektedir. Ancak tarihte hiç bir belirti görülmeden aniden meydana gelen çok büyük depremlerin oluşmuştur. Son 60 yıldaki veriler ışığında sismoloji bilimi artık şu sonuca kesin varmıştır: Geçmişte yaşanan depremler gelecekte de aynı şekilde yaşanacaktır. Olası bir depremi en az maddi ve manevi kayıpla atlama için geçmişte yaşanan depremlerin yol göstericiliği çok önemlidir (USAID/OFDA, 2000, AFAD, 2017b). İzmir ve yakın çevresinin çağlar boyunca ticari bir merkez olarak birçok uygarlığı barındırması, deprem gibi doğal afet kayıtlarının Anadolu'nun diğer bölgelerine göre daha düzenli ve detaylı bir şekilde günümüze ulaşmasını sağlamıştır. 1900'lü yılların başından itibaren aletsel dönemde kayıt edilen depremlerden en önemlileri; 1909 ve 1979 Foça, 1928 Torbalı, 1939 Dikili, 1949,1953 ve 1969 Karaburun, 1974 ve 1977 İzmir, 1992, 2003 ve 2015 Seferihisar-Urula depremleridir. Çalışmaya konu olan ve günümüzden tam 70 yıl önce 1949 yılında gerçekleşen deprem $38.34N$; $26.14E$ lokasyonunda Karaburun yarımadasının doğu kısmında meydana gelmiştir (Şekil 1, "23 Temmuz 1949 Karaburun depremi" kırmızı yıldız ile gösterilmiştir).



Şekil 24: İzmir ili ve yakın çevresinde 1900-2003 yılları arasında olan depremlerin ($M_s > 4$) diri fay haritası ve deprem episantırları (MTA Rapor No:10754)

Tablo 1: Karaburun merkezli 100 km yarı çapındaki alanda M.Ö.479 ile 1992 yılları arasındaki Ms:6.0'dan büyük depremler (<https://deprem.afad.gov.tr/tarihseldepremler>)

Tarih	Enlem	Boylam	Ms	Yer
M.Ö 479	39,0	25,0	6,2	Sakız Adası (Chios)
M.Ö 26	37,9	28,0	6,8	Aydın-Efes
02.02.1039	38,4	27,3	6,8	İzmir
20.03.1389	38,6	26,3	6,7	Sakız Adası (Chios)
14.01.1546	38,3	25,8	6,5	Sakız Adası (Chios)
30.11.1667	38,4	27,1	6,6	Asia Minor
10.07.1668	38,4	27,1	6,6	Asia Minor
23.01.1674	38,4	26,3	6,2	Sakız Adası (Chios)
10.07.1688	38,4	26,9	7,0	İzmir
24.11.1772	38,8	26,7	6,4	Foça
16.06.1778	39,0	25,0	6,5	İzmir
25.07.1846	38,5	26,6	6,0	İzmir
13.11.1856	38,4	26,2	6,6	Sakız Adası (Chios)
02.02.1866	38,3	26,3	6,8	Sakız Adası (Chios)
07.03.1867	39,2	26,4	7,0	Midilli Adası (Lesvos)
11.04.1881	38,2	26,2	6,5	Sakız Adası (Chios)
31.03.1928	38,1	27,4	6,5	Torbalı-Tepeköy
23.07.1949	38,6	26,3	6,6	Sakız Adası (Chios)-Karaburun
19.02.1968	39,4	25,0	7,1	Ag. Efstratios Adası
06.11.1992	38,2	27,0	6,2	İzmir-Doğanbey
12.06.2017	38,8	26,2	6,2	Sakız Adası (Chios)-Karaburun

3. Bulgular

Olasılık dağılım yöntemleri ile yapılan analiz sonuçlarına göre, Karaburun ve çevresinde %63 ihtimal ile her yıl kaydedilebilecek depremin maksimum yıllık magnitudü 4.6'dır. Ortaya konan Olasılık-Büyüklik eğrisine bakıldığında ise, 100 yıl içinde gerçekleşmesi muhtemel maksimum magnitudü 7.4 olarak gözükmektedir (Şekil 3a). Eldeki veriler ışığında 7.4 büyüklüğündeki bir depremin yinelenme periyodu 169 yıl olarak karşımıza çıkmakta ve 2020-2050 yılları arasında gerçekleşme ihtimali ise % 26 olarak hesaplanmıştır (Şekil 3b). Bu periyot uzadıkça depremin olma olasılığı logaritmik olarak artacaktır.

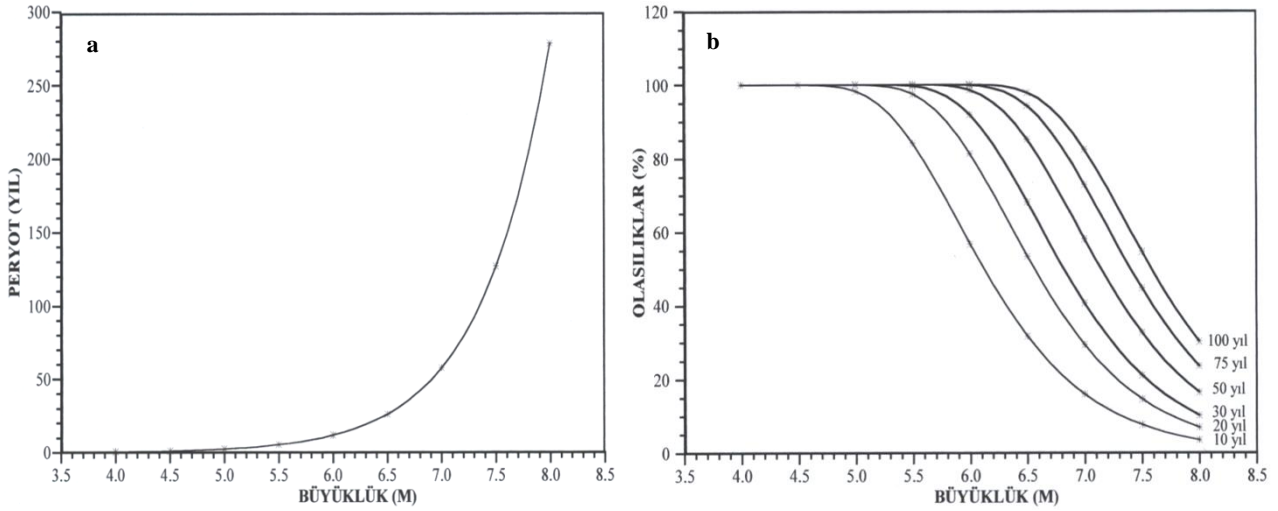
Yapılan analiz sonucunda bölgede meydana gelen depremlerin büyükleri ile frekans ilişkisi (2);

$$\log N = 3.91 - 0.84 M_s, \quad r = -0.89 \quad (2)$$

N : En az M_s büyüklüklü deprem sayısı

r : İlişki katsayısı

olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3: a) Deprem Büyüklük-Periyot İlişkisi, b) Deprem Büyüklük-Olasılık İlişkisi

4. Sonuçlar

Sonuç olarak, 38.10°-39.40°N enlemleri ile 25.00°-28.00°E boylamları arasında kalan Karaburun yarımadası ve çevresi, depremsellik bakımından sürekli aktif bir bölgedir. Depremlerin oluş sıklığı Ege bölgesinin geneline göre yüksek, Marmara'ya göre düşüktür. Özellikle Karaburun fayının uzun süredir hareketsiz durması sonucu, 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremleri kadar büyük olmasada, bölgede ciddi sonuçlar doğurabilecek depremlerin meydana gelme olasılığı gün geçtikçe artmaktadır. Bununla birlikte, 1949'daki gibi 6.6 büyüklüğünün üzerindeki her depremin küçük boyutlarda tsunamiler yaratabileceği aşıkardır. Bu bakımdan Karaburun ve çevresi sadece depreme değil oluşabilecek tsunamilere, toprak kaymalarına ve su baskınlarına karşıda hazırlıklı olmalıdır. Bu bölgede oluşacak deprem sonrasında görülebilecek derinlik (batimetri) değişimlerini ortaya koymak için, çok ışınlı batimetri, yanal taramalı sonar ve yüksek çözünürlüklü sismik yansıma çalışmaları yapılması gerektiği anlaşılmıştır.

5. Kaynaklar

- AFAD, (2017b). *Batı Anadolu Açılma Sistemi Üzerinde Meydana Gelen Tarihsel Ve Aletsel Dönem (M_≥5.5) Deprem Aktivitesi*. <http://www.deprem.gov.tr/tr/depremdetay?eventID=375576>
- Altınok, Y., Alpar, B., Özer, N. & Gazioğlu, C., (2005). *1881 and 1949 earthquakes at the Chios-Cesme Strait (Aegean Sea) and their relation to tsunamis*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5, 717–725
- Cornell, C.A., (1968). *Engineering seismic risk analysis*. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58, 1583-1606
- Emre, Ö. & Özalp, S., (2011). *1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Urla (NJ 35-6) Paftası, Seri No:5*. MadenTetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara
- Emre, Ö., Özalp, S. & Duman, T.Y., (2011). *1:250.000 ölçekli Türkiye diri fay haritası serisi, İzmir (NJ35-7) Paftası, Seri No: 6*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara
- Epstein, B., & Lomnitz, C., (1966). *A model for the occurrence of large earthquakes*. *Nature* 211, 954-956
- Gök, E. & Polat, O., (2014). *An assessment of the microseismic activity and focal mechanisms of the İzmir (Smyrna) area from a new local network (İzmirNET)*. *Tectonophysics*, 635, 154–164
- HRV Harvard CMT Catalog, (2005). *Harvard Seismology: Centroid-Moment Tensor Project*. <http://www.seismology.harvard.edu/CMTsearch.html>
- Jackson, J.A., King, G. & Vita-Finzi, C., (1982). *The neotectonics of the Aegean: an alternative view*. *Earth and Planetary Science Letters* 61, 303–318
- Kalafat, D., (1998). *Analyzed in terms of earthquake mechanisms of Anatolia tectonic structure*. *Earthquake Research Bulletin*, 77, 1-217
- Kalafat, D., Kekovalı, K., Güneş, Y., Yılmaz, M., Kara, M., Deniz, P. & Berberoğlu, M., (2009). *A Catalogue of Source Parameters of Moderate and Strong Earthquakes for Turkey and its Surrounding Area (1938-2008)*. Boğaziçi University Publication 1026, 1-43
- Kıyak, U., (1986). *Kuzey Anadolu Fay Zonunun Batı uzantılarının incelenmesi*. Ph.D. Thesis, İ.Ü. Müh. Fak., Jeofizik Böl., 175
- McKenzie, D., (1972). *Active tectonics of the Mediterranean Region*. *Geophys J Roy Astr. S.* 30: 109-185
- MTA Rapor No:10754, (2005). *İzmir Yakın Çevresinin Diri Fayları ve Deprem Potansiyelleri*. Jeoloji Etütleri Dairesi

I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos 2019, Pamukkale,Denizli/Türkiye
I. International Science and Innovation Congress, 26-29 August 2019, Pamukkale,Denizli/TURKEY

- Oliviera, C.S., (1974). *Seismic Risk Analysis*. Univ. of California, Berkeley, Report no: EERC 74-1
- Oliviera, C.S., (1975). *"Seismic Risk Analysis for a Site and Metropolitan Area"*. EERC, Rep.No.75-3, University of California, Berkeley 1975
- Petal, M. & Türkmen, Z., (2001). *Temel Afet Bilinci El Kitabı*. s.14, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul
- Tan, O. & Taymaz, T., (2001). *Source parameters of November 6, 1992 Doğanbey (İzmir) earthquake (Mw=6.0) obtained from inversion of teleseismic body-waveforms*. 4th International Turkish Geology Symposium, 24–28 September 2001, Çukurova University, Abstract volume, 171
- Tan, O. & Taymaz, T., (2003). *Seismotectonics of Karaburun Peninsula and Kuşadası Gulf: source parameters of April 2, 1996 Kuşadası Gulf and April 10, 2003 Seferihisar (İzmir) earthquakes*. International Workshop on the North Anatolian, East Anatolian and Dead Sea Fault Systems: Recent Progress in Tectonics and Paleoseismology and Field Training Course in Paleoseismology, Middle East Technical University (METU), Abstract volume, 147
- Tan, O. & Taymaz, T., (2004). *Seismotectonics of the Caucasus and surrounding regions: source parameters and rupture histories of Recent destructive earthquakes*. AGU Fall Meeting, Session T14, San Francisco-California, EOS Transactions 85 (47)
- Tan, O., Tapırdamaz, C.M. & Yörük, A., (2008). *The Earthquake Catalogues for Turkey*, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 405-418. Taymaz, T. (1999). *Seismotectonics of the Marmara Region: source characteristics of 1999 Gölçük –Sapanca –Düzce earthquakes*. Proceedings of ITU-IAHS, International Conference On The Kocaeli Earthquake 17 August 1999, 55–78
- USAID/OFDA, (2000). *Field Operations Guide for Disaster Assessment and Response (FOG)*. http://transition.usaid.gov/our_work/humanitarian_assistance/disaster_assistance/resources/#fog
- Uzel, B., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Kaymakçı, N. & Langeris, C.G., (2013). *Structural evidence for strike-slip deformation in the İzmir-Balıkesir Transfer Zone and consequences for late Cenozoic evolution of western Anatolia(Turkey)*. *Journal of Geodynamics* 65, 94–116, doi: 10.1016/j.jog.2012.06.009.

YAPAY RESİFLER İÇİN UYGUN YER SEÇİMİ: İZMİR KÖRFEZİ ÖRNEĞİNDE

Tarik İlhan

Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü

tarik.ilhan@deu.edu.tr

Özet

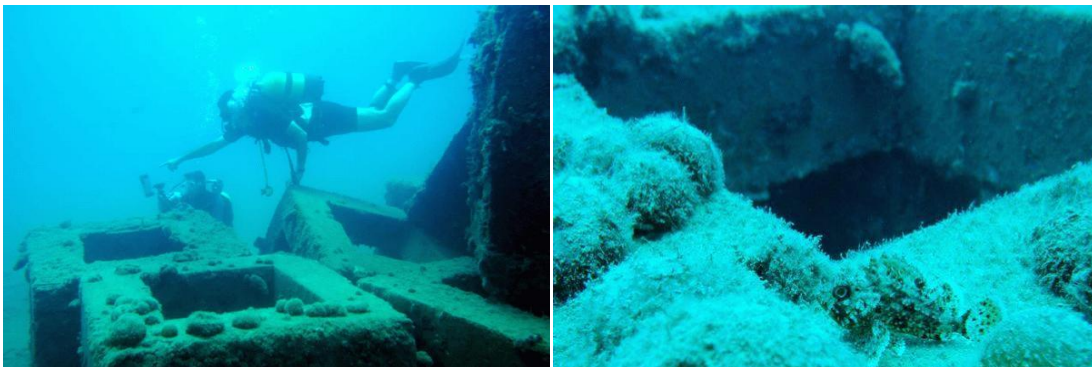
Yapay resifler en genel tabirle, biyolojik çeşitliliğin az olduğu bölgelerdeki deniz yaşamını hareketlendirmek ve balıkçılığı iyileştirmek amacıyla inşa edilmiş insan yapımı su altı yapılarıdır. Ancak yapay resiflerin ikinci dünya savaşının ardından Japonlar tarafından kullanılmaya başlamasıyla birlikte erozyon önleme, turizm, doğal mercan resiflerinin yeniden artırılmasına katkıda bulunmak ve hatta bazı hastalıkları tedavi etmek için dahi kullanım amaçları ortaya çıkmıştır. Türkiye'de son 30 yıldır, başta turizm potansiyelini arttırmak, bozulan ekosistemlerin yeniden canlandırılmasını sağlamak ve kontrolsüz balıkçılığın önüne geçmek amacıyla uygun görülen alanlarda yapay resif uygulamaları yapılmaktadır. İzmirde, ilk olarak 1989 yılında Ege Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi'nin (EGE-SÜF) tarafından Körfeze 10 adet trolleybüsün batırılmasıyla başlanan yapay resif oluşturma çalışmalarına sonraki yıllarda yine Ege Üniversitesi, yerel belediyeler ve balıkçı kooperatiflerinin iş birliği ile devam edilmiştir. 2017 yılında İzmir Körfezinde üç pilot deniz alanında (Maltepe, Urla ve Gülbahçe Körfezi) Dokuz Eylül-3 araştırma gemisiyle yapılan jeolojik ve jeofizik çalışmalar ile gelecekte en ufak negatif ekolojik etkiye sebep vermeyecek uygun yapay resif alanları belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuçta, yapay resiflerin konulabileceği alanlar tespit edilmiş ve deniz turizmi ile birlikte İzmir Körfezi'nin canlı ve cansız aktivitesinin artırılması için resiflerin önemine işaret edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *İzmir Körfezi, Yapay Resifler, Ekosistem, Deniz Jeolojisi ve Jeofiziki*

1. Giriş

Yapay resifler, esas amaç olarak ticari balıkçılık başarısını arttırmak için inşa edilmiştir (Grove ve Sonu 1985, Mottet 1985, Stone 1985, Seaman ve Sprague 1991). Başta Japonya ve Amerika, yüzyıllar boyunca yapay resif uygulamalarını en çok kullanan ülkeler olmuşlardır (Ino 1974, Bohnsack ve Sutherland 1985). İlk olarak 1960 yılında mercan resif balık topluluklarını incelemek için kullanılan yapay resifler (Randall 1963), o zamandan beri resif balıklarının ekolojisinden, son dönemde hastalıkların tedavisi üzerine olmak üzere geniş bir çalışma yelpazesinde kullanılmıştır (Bohnsack ve Sutherland 1985). Yapay resiflerin birincil amaçları; stabilite (kıyıların doldurulması sonucu gerçekleşen habitat kaybını dengelemek), topografik rahatlama, barınak ve sığınma sağlanmasıdır (Clark 2002). Böylece balıklar ve diğer biotalar için habitatlar yaratılmakta ve mercan topluluklarının yerleşimi için sert substratların (beton vb.) oluşması sağlanmaktadır (Schuhmacher 1973, Fitzhardinge ve Bailey-Brock 1989, Hudson vd. 1990, Clark ve Edwards 1994, Thongtham and Chansaang 1999, Kaufman 2006). İkincil amaçlar olarak ise; sportif balıkçılık ve dalış turizmi için yeni alanlar oluşturmak, dalga kaynaklı kıyı erozyonunu engellemek, yasadışı trol balıkçılığını engellemek ve deniz çayırının korunmasına yardımcı olmaktır.

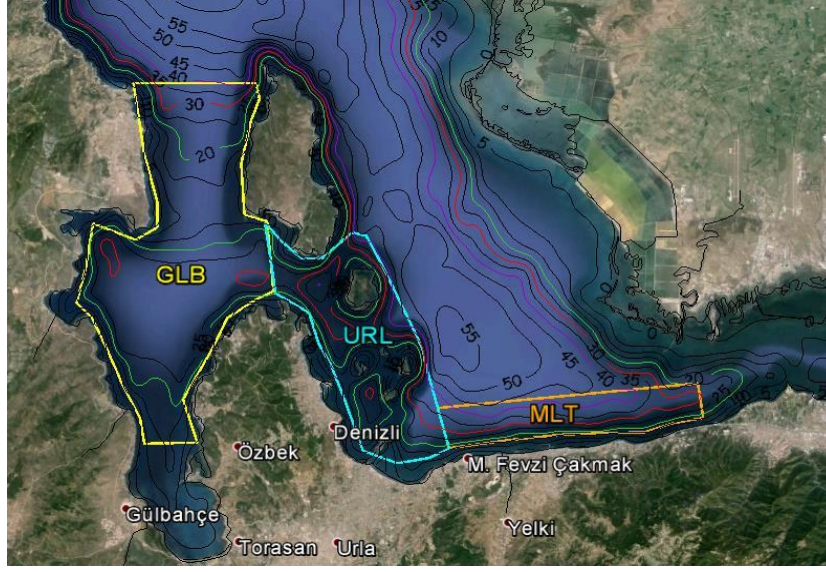
Türkiye'deki yapay resif çalışmaları ilk olarak 1983 yılında başlamış sayılsa da ciddi anlamdaki ilk bilgilere 1989 yılında İzmir Körfezinde gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda ulaşılmıştır. Kayıtlı ve izlenen ilk yapay resif projesi ise, EGE-SÜF tarafından 1991 yılında doktora tez projesi olarak İzmir Körfezi, Hekim Adası kıyılarında gerçekleştirilmiştir. 9 m ve 18 m derinliklere, 4+1 şeklinde üçer kümeden oluşan toplam 30 adet blok (Şekil 1) yerleştirilmiştir (Lök ve Gül 2005). Ülkemizde yapay resiflerle ilgili ilk yasal düzenleme 1999 yılında yapılmış ve bununla ilgili bir kılavuz yayınlanmıştır. Günümüzde, resif çalışmaları Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'nün sorumluluğunda yürütülmektedir.



Şekil 25: Hekim adası civarına 1991 yılında yerleştirilen kübik beton yapay resifler

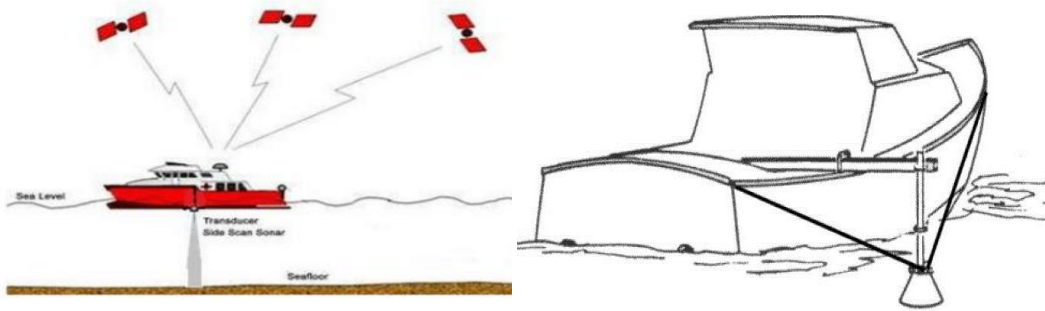
2. Materyal ve Metot

Araştırma kapsamında, İzmir Körfezin'de Urla (URL) ile Maltepe (MLT) deniz alanlarında ve Gülbahçe Körfezi'nde (GLB) Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsüne bağlı Dokuz Eylül 3 bilimsel araştırma gemisiyle 10 gün boyunca yaklaşık 193 km²'lik alanda çalışmalar yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Çalışma alanlarını gösteren harita

Çalışma kapsamında, koordinat bilgisi için GPS RTK kour belirlleme sistemi, su derinliği ölçümleri için çift frekanslı Echosounder sistemi, deniz tabanı altındaki jeolojii belirlemek için hem düşük hem yüksek frekanslarda çalışabilen Sığ Sismik sistemi, bir nevi deniz tabanının fotoğrafını çeken ve taban üstündeki tüm yapıları ayrıntılı bir biçimde gösteren Yanal Taramalı Sonar, suyun fiziksel parametrelerini belirlemek için CTD oşinografi cihazı, tane boyu verileri içinde Grab kullanılmıştır (Şekil 3). Bu şekilde toplanan eş zamanlı veriler çeşitli data işleme programlarıyla değerlendirilmiş ve yorumlanmaya çalışılmıştır.

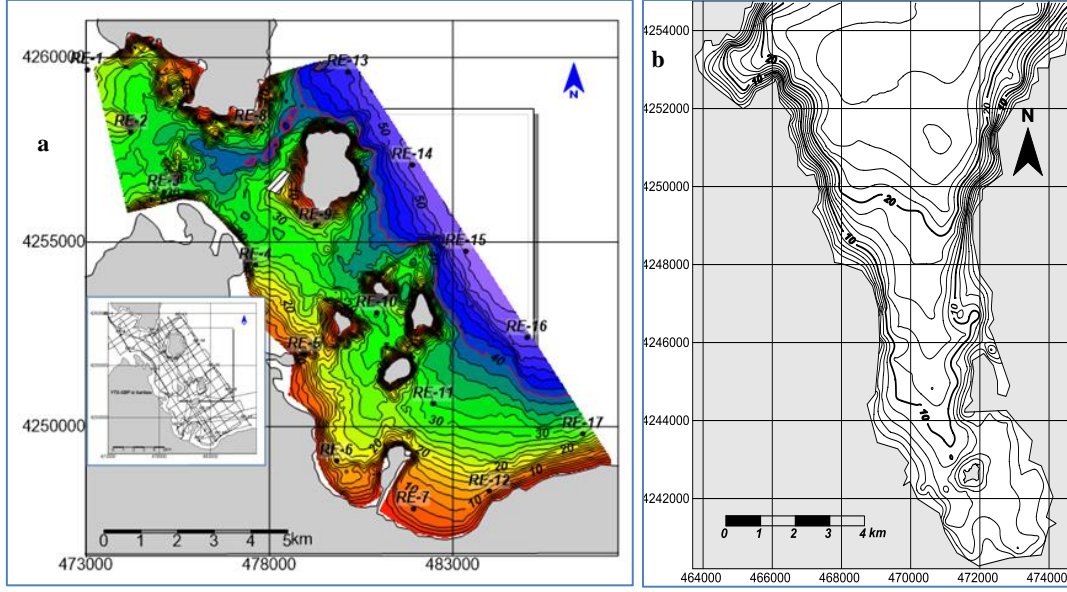


Şekil 3: Çalışma sırasında yanar taramalı sonar ve sığ sismik sistemlerin gemi üzerindeki konumları

Kıyıya yakın resifler insan kaynaklı karasal etkiler ve deniz trafiğinden olumsuz etkilenecek, kıyıya çok uzak resifler ise balıkçıların akaryakıt giderini artıracaktır. Bu sebeple, balıkçılık amaçlı yapay habitatlar kıyıya ne çok yakın ne de çok uzak olmalıdır. Eğer resif, habitat artırımı veya bazı özel bölgelerin korunması amacını güdüyorsa kıyıya olan uzaklık göz önünde bulundurulmaz. Çevredeki doğal resifler ile yapay resifler arasındaki etkileşimleri minimize etmek için, resifler arasındaki mesafe en az 600–1000 m civarında tutulmalıdır (Lök, 1995).

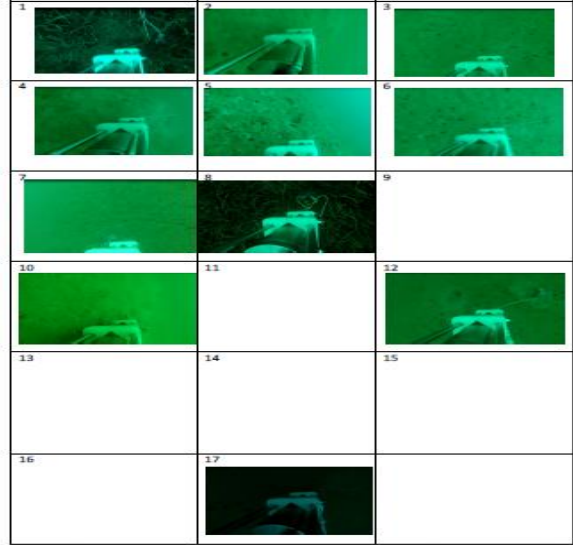
3. Bulgular

Çalışma sırasında yaklaşık 193 km²'lik alanda yaklaşık 480 km'yi bulan hatlarda ve 17 istasyonda mevcut sistemler ile ölçümler yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda çalışma sahasının batimetri haritası ayrıntılı olarak ortaya çıkarılmıştır (Şekil 4a ve 4b).



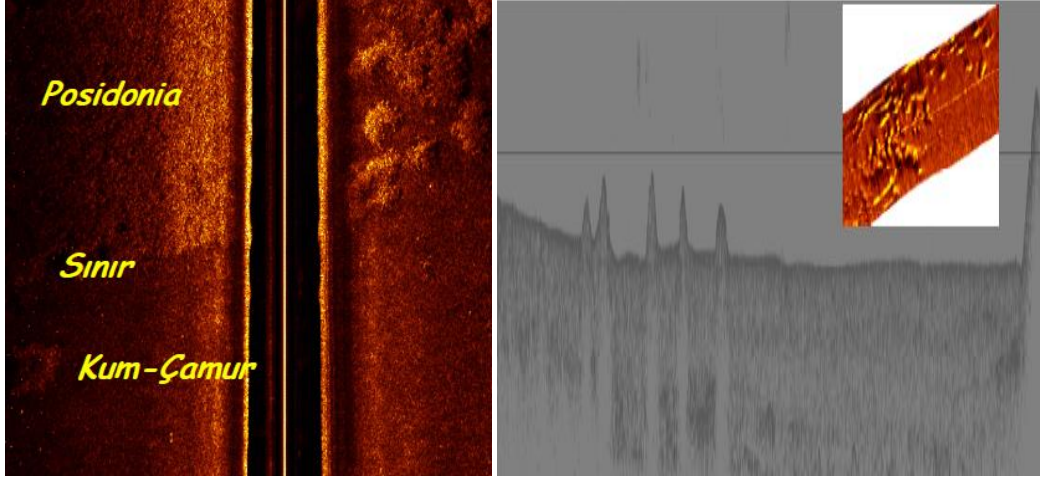
Şekil 4: a) Urla (URL) ile Maltepe (MLT) deniz alanları ayrıntılı batimetri (derinlik) haritası, b) Gülbahçe körfezi (GLB) ayrıntılı batimetri (derinlik) haritası

17 istasyonda yapılan CTD ölçümleri sırasında cihaz üzerine bağlanan GoPro kamera ile her istasyonda olmasada (bulanıklık sebebiyle) 11 istasyonda tabandaki materyal fotoğraflanmıştır (Şekil 5). 3 istasyonda posidonia ile, diğer istasyonlarda ise bazen sert bazen de yumuşak kum ve çamur içerikleriyle karşılaşmıştır.



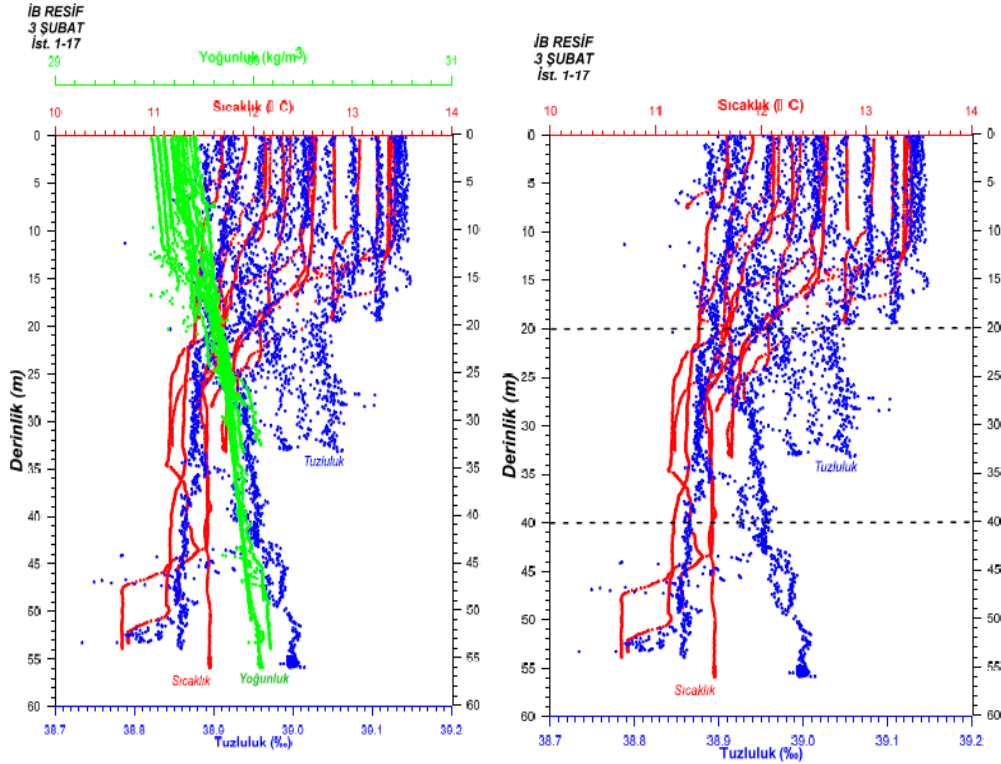
Şekil 5: Çalışma alanında 17 istasyondan 11 istasyonda kaydedilen GoPro kamera görüntüleri

Çalışma alanlarında yapılan Yanal Taramalı Sonar kayıtlarında elde edilen taban yapısına ait bilgilerden bir örnek Şekil 6a'da gösterilmektedir. Aynı zamanda Subbottom profiler sismik sisteminin kayıtları incelendiğinde çalışma alanlarının karakteristiğine uygun bulgular elde edilmiştir (Şekil 6b).



Şekil 6: a) Alan güneyinde batı sahilde kayıtlanmış yanıl taramalı sonar kaydı, Posidonia alanı, sınır ve deniz çayırılarının yer almadığı karakteristik sınır zonu, b) Deniz tabanında 5-25m su derinliklerinde yer alan ve yer yer 200m lik uzunluk, 0.5-5m yükseklikte kubbe şekilli muhtemel biyolojik aktivite sonucu oluşmuş yükseltiler (sağ üstte kubbe şekilli yapıların YTS görüntüsü).

17 istasyonda yapılan CTD ölçümleri sonucunda, 20-40m arasındaki su derinliklerinde sıcaklık ve tuzluluk değışim aralığı sırasıyla 11.4-12.2 °C ve 38.8-39.1 ppt'dir (Şekil 7). Bununla birlikte sediment tane boyu verileri ve ölçülen seki disk derinlik değeri Tablo 1'de gösterilmektedir.



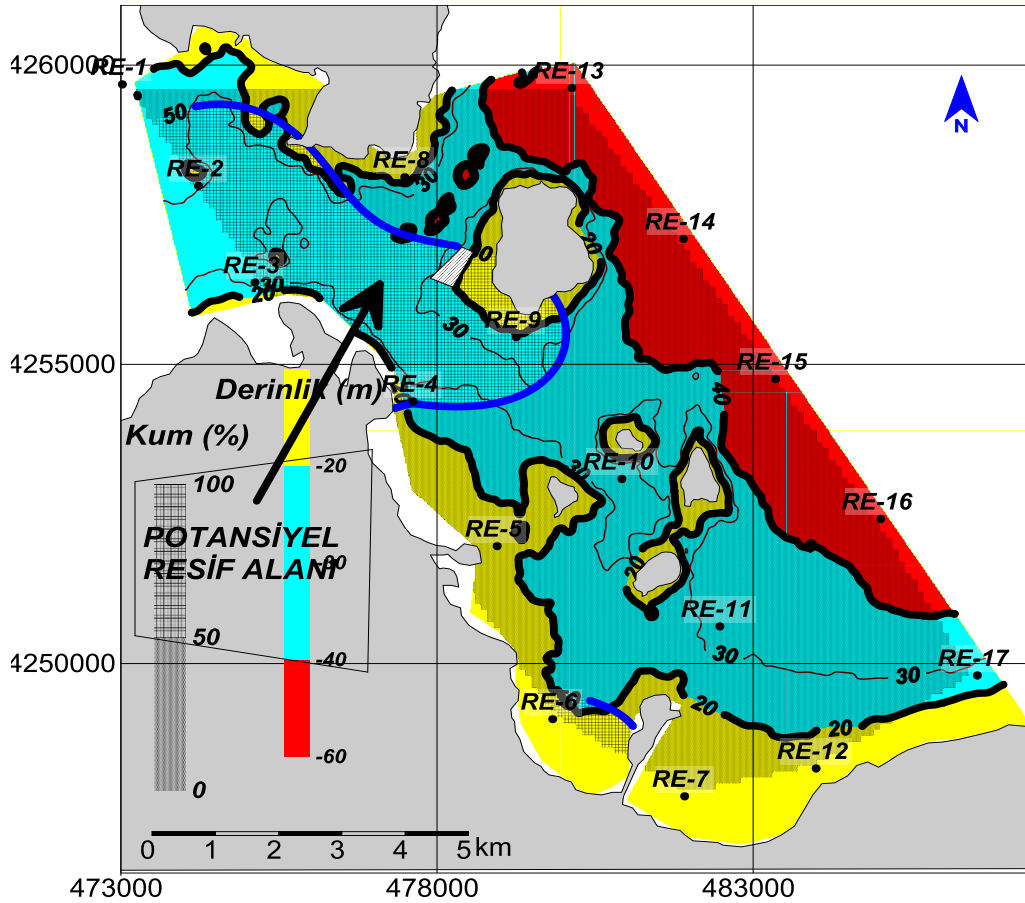
Şekil 7: Derinliğe bağı sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk grafikleri

Tablo 1: Sediment örnekleme ve CTD ölçüm istasyonlarında elde edilen sediment tane boyu verileri ile istasyonlarda ölçülen seki disk derinlik değerleri

İst No:	Doğu	Kuzey	Enlem	Boylam	Der. m	Çakıl %	Kum %	Silt %	Kil %	Kavkı %	Seki D m
RE-1	473023.3	4259679	38.46969	26.69088	14.4	-	33.55	56.03	10.42	10.99	8.5
RE-2	474226	4257984	38.45445	26.70472	28.5	0.85	78.72	16.41	4.02	17.17	11
RE-3	475120.2	4256366	38.43991	26.71503	33.2	3.43	61.04	25.81	9.72	6.51	11
RE-4	477621.9	4254385	38.42212	26.74374	27.3	0.3	50.35	39.63	9.72	8.12	10.5
RE-5	478951.3	4251964	38.40035	26.75904	19.4	-	14.68	65.68	19.64	3.86	10.6
RE-6	479830.6	4249073	38.37432	26.76919	16.9	0.39	54.97	36.03	8.61	17.04	7
RE-7	481916.9	4247783	38.36275	26.79309	7.5	-	46.58	49.17	4.25	1.24	6
RE-8	477490.6	4258129	38.45585	26.74212	9.7	-	38.36	52.91	8.73	19.09	7
RE-9	479253.2	4255455	38.4318	26.76239	25.0	1.29	72.98	20.32	5.41	12.08	6.4
RE-10	480924.6	4253084	38.41048	26.7816	34.0	0.2	9.14	67.77	22.89	1.28	8.8
RE-11	482474.4	4250623	38.38834	26.7994	33.3	2.59	45.07	41.11	11.23	3.55	6
RE-12	483996.2	4248249	38.36698	26.81687	11.1	-	34.21	56.66	9.13	0.65	6.3
RE-13	480134.5	4259618	38.46933	26.77237	48.8	-	2.83	80.63	16.54	0.55	5.7
RE-14	481897	4257096	38.44664	26.79263	54.5	-	1.3	81.85	16.85	0.66	7
RE-15	483355.7	4254756	38.42559	26.80939	55.0	0.1	1.64	79.69	18.57	0.22	8
RE-16	485020.1	4252417	38.40455	26.8285	53.2	0.64	2.5	81.76	15.1	0.45	5.8
RE-17	486546.6	4249802	38.38102	26.84603	28.9	0	1.75	90.46	7.79	0.23	6

4. Sonuçlar

Sonuç olarak çalışma yapılan alanlardaki tüm analizler değerlendirildiğinde potansiyel yapay resif alanı olarak Şekil 8'de gösterilen bölge belirlenmiştir.



Şekil 8: Potansiyel yapay resif alanı olabilecek yer (mavi çizginin kapsadığı alan) bulduru haritası

Amerika'da ve Avrupa'da yapay resifler, son 50 yılda birçok farklı amaçlarla uygulanmaya başlamıştır. Özellikle Akdeniz'de ve İber Yarımadası'nın atlantik kıyılarında inşa edilen yapay resifler; denizdeki canlı ve cansız yaşamın korunması ve restorasyonu, balık stoklarının artırılması ve balıkçılık yönetiminin iyileştirilmesi, su ürünleri yetiştiriciliği, araştırma ve rekreasyon amaçlarıyla kullanılmaktadır. Konuda uzman olan bilim adamlarının, yerel yönetimlerin ve özel sektörde içinde bulunduğu toplantılarda tüm dünya ölçeğinde yapay resif uygulamalarının kıyasal alanlarda yapılmasının denizler için en iyi çözüm olacağı sonucuna varılmıştır.

Yapay resifin kurulacağı alan tüm parametreler ortaya konulduktan sonra seçilmeli ve ne kadarlık bir alana uygulanacağını planlaması hassasiyetle yapılmalıdır. Akarsu deltaları ve deşarj alanları gibi sedimantasyonun yoğun olduğu sahalara resif yerleştirilmemelidir. Deniz çayırının bulunduğu alanlara resif yerleştirilmemelidir. Yapay resif uygulaması yapılırken inşa edilecek blokların yüksekliği, su derinliğinin 1/3'ünden fazla olmamalı ve bu resif bloklarının yerleşimi en fazla 50 m'lik su derinliği ile sınırlandırılmalıdır.

5. Kaynaklar

- Bohnsack J.A. & Sutherland, D.L., (1985). *Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities*. Bulletin of Marine Science 37(1): 11-39
- Clark S. & Edwards, A.J., (1994). *Use of artificial reef structures to rehabilitate reef flats degraded by coral mining in the Maldives*. Bulletin of Marine Science 55(2-3): 724-744
- Clark S., (2002). *Coral reefs*. In: Perrow M.R. and A.J. Davy (eds.) 2002. Handbook of Ecological Restoration. Volume 2. Restoration in Practice. University Press, Cambridge, UK: 171-196
- Fitzhardinge R.C. & Bailey-Brock, J.H., (1989). *Colonization of artificial reef materials by corals and other sessile organisms*. Bulletin of Marine Science 44: 567-579
- Grove R.S. & Sonu, C.J., (1985). *Fishing reef planning in Japan*. In: D'Itri F.M. (ed.) 1985. *Artificial reefs: marine and freshwater applications*. Lewis Publishing Inc., Chelsea, Michigan, USA: 187-251
- Hudson J.H., Robin, D.M., Tilmant, J.T. & Wheaton, J.W., (1990). *Building a coral reef in SE Florida: combining technology with aesthetics*. Bulletin of Marine Science 44(2): 1067
- Ino T., (1974). *Historical review of artificial reef activities in Japan*. In: Colunga L. and R. Stone (eds.) 1974. Proceedings: Artificial Reef Conference. Texas A&M University, TAMU-SG-74-103: 21-23
- Kaufman L.S., (2006). *If you build it, will they come? Toward a concrete basis for coral reef gardening*. In: Precht W.F. 2006. Coral Reef Restoration Handbook. CRC Press/Taylor and Francis, Boca Raton, Florida, USA: 119-142
- Lök A., (1995). *A study on the feasibility of artificial reefs (in Turkish with English abstract)*. Ph.D thesis. Ege University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, 54
- Lök A. & Gül B., (2005). *İzmir Körfezi Hekim Adası'ndaki Deneysel Amaçlı Yapay Resiflerde Balık Faunasının Değerlendirilmesi*. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Science. Volume 22, Sayı(1-2), 109-114
- Mottet M.G., (1985). *Enhancement of the marine environment for fisheries and aquaculture in Japan*. In: D'Itri F.M. (ed.) 1985. *Artificial reefs: marine and freshwater applications*. Lewis Publishing Inc., Chelsea, Michigan, USA: 13-112
- Randall J.E., (1963). *An analysis of fish populations of artificial and natural reefs in the Virgin Islands*. Caribbean Journal of Science 3: 31-47
- Schuhmacher H., (1973). *Die lichtabhängige Besiedlung von Hafentüpfeln durch sessile Tiere und Algen aus dem Korallenriff bei Eilat (Rotes Meer)*. Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen 24(1-4): 307-326
- Seaman W., Jr. & Sprague, L.M., (1991). *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries*. Academic Press, London, UK. 285
- Stone R.B., (1985). *History of artificial reef use in the United States*. In: D'Itri F.M. (ed.) 1985. *Artificial reefs: marine and freshwater applications*. Lewis Publishing Inc., Chelsea, Michigan, USA: 3-11
- Thongtham N. & Chansaang, H., (1999). *Influence of surface complexity on coral recruitment at Maiton Island, Phuket, Thailand*. Phuket Marine Biology Center Special Publication 20: 93-100

BURSA ULU CAMİ'NİN TAŞIYICI SİSTEMİNİN YAPISAL OLARAK İRDELENMESİ

İsafça T^{1.}, Doğangün A^{2.}.

İnş. Müh., Bursa Uludağ Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

tugce.isafca@gmail.com

Prof. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

ademdogangun@gmail.com

Özet

Osmanlı Devleti'ne başkentlik yapmış olan Bursa'da Osmanlı mimarisinin günümüze ulaşan pek çok eşsiz örneği bulunmaktadır. Osmanlı Devleti'nin 4. padişahı olan Yıldırım Bayezid'in Niğbolu zaferinin ardından 1396-1400 yılları arasında yaptırmış olduğu Ulu Cami bu yapıların en görkemlilerinden biridir. Evliya Çelebi'nin, Bursa'nın Ayasofya'sı olarak tanımladığı cami erken dönem Osmanlı mimarisi çok kubbeli camiler arasında en büyük ve en anıtsal olanlarından biridir. Bursa Ulu Cami Türkiye'nin değişik illerinde bulunan ve "Ulu Cami" olarak adlandırılan camilerin en büyüğü olma özelliğini taşımaktadır. Geçirmiş olduğu uzun yıllar boyunca deprem ve yangın gibi pek çok afete maruz kalarak hasar görmüştür. Bu nedenle Ulu Cami farklı zamanlarda çeşitli tadilatlar görmüştür. Yapılan literatür taramasında, caminin taşıyıcı sistemi ile ilgili bilgi eksikliği görülmüştür. Bu araştırmanın amacı Bursa Ulu Cami'nin taşıyıcı sistemi hakkında, mevcut bilgi ve belgelerden yararlanarak ve yerinde incelemelerde bulunarak cami taşıyıcı sistemini irdelemektir. Bununla birlikte yapının duvarları, üst örtüsü ve minareleri hakkında bazı mimari özellikleri hakkında da bilgi verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Bursa, Ulu Cami, Taşıyıcı Sistem, Tarihi Yapı*

1. Giriş

Köklü bir tarihe sahip olan Bursa şehri 1326 yılında Osmanlı Devleti'nin kurucusu, Osman Gazi'nin oğlu Orhan Gazi tarafından fethedilmiştir. Şehir Orhan Gazi tarafından fethedildiğinde kale duvarlarıyla sınırlı bir yerleşime sahipken kısa sürede sınırları genişlemiştir. Şehrin sınırlarını genişletme çabaları kalenin dışına imaretler yapılmasıyla gerçekleştirilmiştir. 1453 yılına kadar Osmanlı Devleti'ni yöneten padişahlar şehrin çeşitli bölgelerine imaretler inşa ederek Anadolu'dan gelen Türk boylarına yer hazırlamıştır. Bu hamlelerle şehirdeki Müslüman nüfus da artırılmıştır. Fethin ardından bir süre Osmanlı Devleti'ne başkentlik de yapmış olan şehirde Osmanlı mimarisine ait han, hamam, imaret, cami, külliye ve bedesten gibi pek çok tarihi yapı bulunmaktadır. (DOSTOĞLU, 2012, GABRIEL, 1958, HATTSEIN&DELIUS, 2007)

Osmanlı Devleti'nin 4. padişahı Yıldırım Bayezid döneminde Bursa'nın imar çalışmaları devam etmiştir. Bu dönemde şehrin doğusunda inşa edilen Yıldırım Külliyesi ve Ulu Cami en önemli yapılarıdır (Şekil 1). 1396 yılında, Yıldırım Bayezid'in Niğbolu savaşında galip gelmesi üzerine kazanılan ganimetlerle Bursa Ulu Cami'nin yapımına başlanmıştır. 1400 yılında tamamlanan caminin mimarının Ali Neccar olduğu bazı kaynaklarda belirtilmektedir. Kentin çarşı alanında yapılan ve İstanbul'un büyük camileriyle karşılaştırılabilecek büyüklükte namaz kılma alanına sahip olan Bursa Ulu Cami, Yıldırım Bayezid döneminde imparatorluk olma yolunda ilerleyen devlet için önemli bir mimarlık simgesi olmuştur. Bu heybetli yapı için Evliya Çelebi seyahatnamesinde "Sözün kıyası bu şehir içinde böyle ruhaniyetli cami yoktur. Bursa şehrinin sanki Ayasofya'sıdır." şeklinde bahsetmiştir. (ASLANAPA,1989, BAYKAL, MUTLU, 2015)

Eski ismi Cami-i Kebîr olan Bursa Ulu Cami'nin dış ölçüleri 55.00 x 69.00 metredir. Cami 3795 m²'lik bir alanı kaplamaktadır. Caminin cemaat kapasitesi ise 7-8 bin kişi civarındadır. Caminin mülkiyeti Vakıflar Genel Müdürlüğü'ne aittir. (VAKIFLAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 1983, KOMİSYON, 2011)



Şekil 1: Bursa Ulu Camii hava fotoğrafı (Kaynak: www.yandex.com/harita)

2. Literatür Bilgisi

Deprem fay hatları bulunan Bursa ili 2007 Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan birinci derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Bu sebeple bölgede tarih boyunca birçok deprem meydana gelmiştir. Bunlardan bazıları yıkıcı etkisi çok büyük olan depremlerdir. Özellikle 1855 yılında meydana gelen deprem şehirde büyük bir yıkıma sebep olmuştur. Pek çok ev, dükkân gibi binalar hasar gördüğü gibi, tarihi değeri olan cami ve medrese gibi yapılar da hasar görmüştür. Bazıları kısmen bazıları ise tamamen yıkılmıştır. Ulu Camii' de depremlerde hasar gören bu yapılardan biridir. 1855 yılında gerçekleşen depremin ardından çıkan büyük yangından diğer birçok anıtsal yapı gibi Ulu Camii de zarar görmüştür. Yapılan restorasyon çalışmaları ile cami kalın bir sıva tabakasıyla kaplanmış ve beyaz badana ile örtülmüştür (Şekil 2). Camii'nin 1951-1959 yılları arasında yapılan restorasyonu sırasında sıva katmanı kaldırılmış zarar gören taşlar değiştirilmiş ve günümüzdeki kesme taşlarla kaplı haline döndürülmüştür. (ÖZCAN, 1985, VAKIFLAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 1983)

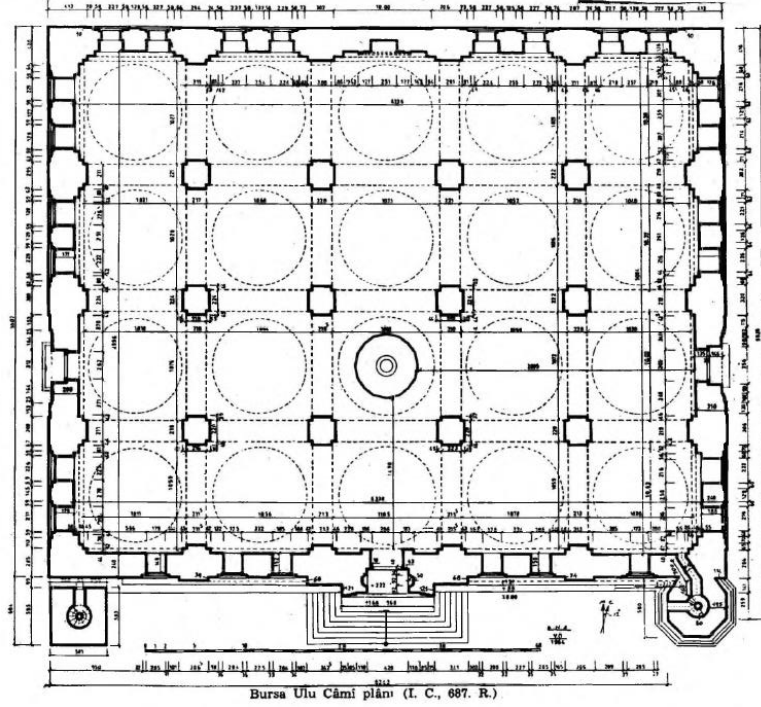


Şekil 2: Bursa Ulu Camii'nin sıvalı ve beyaz badanalı hali (www.bursaulucamii.com)

Ulu Camii'de yaklaşık 310 x 310 boyutlarındaki pilpayelerin altında tekil temellerin bulunduğu dair varsayımlar yapılmış olsa da, bu bilgilerin sondaj ve kazı işlemleri ile kontrol edilip doğrulanması gerekmektedir. (YENAL, 2010)

2.1. Taşıyıcı Sistem ve Duvarlar

Camii taşıyıcı sistem planı Şekil 3 de sunulmaktadır. Yapıda 12 taşıyıcı ayak bulunmaktadır. Kaynaklarda pilpaye ya da fil ayağı olarak da geçen bu ayaklar düşey taşıyıcı görevi görür. Ayakların sütunlardan farkı en kesitlerinin daha büyük olmasıdır. Bu taşıyıcılarla kubbeler arasındaki geçiş pandantiflerle sağlanmıştır. Pandantifler üzeri kubbeyle örtülü mekanlarda kubbeyi taşıyan kemerlerle bu kemerlere oturan kubbe kaidesi arasında kalan ters üçgen biçimli bir elemandır. Bursa Ulu Camii'de sarkma köşelik, külah köşelik ve kürevi köşelik olmak üzere 3 farklı tipte pandantif bulunmaktadır. (VAKIFLAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 1983, AYVERDİ, 1966, GABRIEL, 1958)



Şekil 3: Bursa Ulu Cami Planı (AYVERDİ, E.H., İlk 250 Senenin Osmanlı Mimarisi)

Yapı düşey taşıyıcı olarak 12 adet taşıyıcı ayak ile desteklenmiştir. Kaynaklarda pilpaye ve fil ayağı olarak da tanımlanan bu taşıyıcı ayaklar ile kubbeler arasında geçiş elemanı olarak pandantifler kullanılmıştır (Şekil 4). Pandantifler, üzeri kubbeyle örtülü mekânlarda kubbeyi taşıyan kemerlerle bu kemerlere oturan kubbe kaidesi arasında kalan ters üçgen biçimli bir elemandır (Şekil 5). Camide büyük açıklıklar sivri kemerler ile geçilmiştir. Pilpayeler arasında oluşan 4 x 5 metrelik mekânlar sivri kemerlerle birbirlerine bağlanmışlardır. (YÜCEL, 1963, AYVERDİ, 1966)



Şekil 4: Taşıyıcı ayaklar, sivri kemerler ve pandantifler

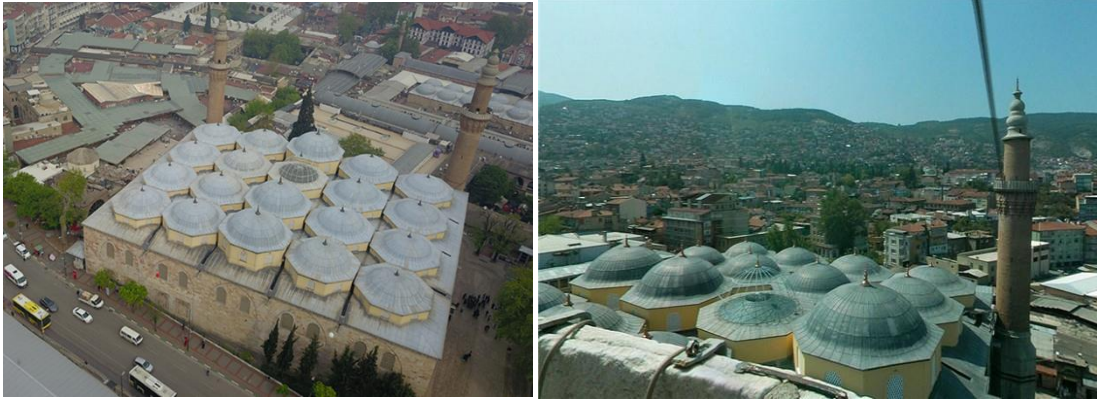
Kaynaklarda belirtilen bilgilere göre taşıyıcı ayaklarda malzeme olarak küfeki taşı kullanılmıştır. Küfeki taşı ocaktayken hafif, kolay kesilebilir ve düşük dayanıma sahip bir malzeme iken, belirli bir zaman sonra çekme, basınç, kayma dayanımı ve elastisite modülü artar, permeabilite ve gaz-su diffüzyonu azalmaktadır. Kesme taşlardan yapılmış olan duvarların kalınlıkları birbirinden farklıdır. Doğu duvarı 2,80 metre, batı duvarı 3,10 metre, kuzey duvarı 2,40 metre, güney duvarı 2,20 metre kalınlığındadır. Duvarların dış cephelerine kör sivri kemerler eklenmiş ve bu alanlara pencereler açılmıştır. Bu sayede duvarlar masiflikten kurtarılmıştır. (VAKIFLAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 1983, ARIOĞLU E.& ARIOĞLU N. 1999)



Şekil 5: Pandantifler (Sarkma köşelik)

2.2. Üst Örtü- Kubbe

Kubbeler Osmanlı eserlerinin en karakteristik özelliklerinden biridir. Kubbelerin statik açıdan önemi kendi ağırlığı ve kar yükü gibi düşey yükleri yüzeyleri boyunca taşıyan düzgün eğri yüzeyli taşıyıcılar olmasıdır. Taşıma ilkesi en tepedeki kilit taşından başlayarak yükün aşağı doğru aktarılması ve kubbenin zeminine ulaştırılması şeklindedir. Düşey yükler kemer ve duvar gibi elemanlarla zemine aktarılırken, yatay yüklerin fazla olması durumunda kubbe gerginlikle desteklenmektedir. Bursa Ulu Cami 12 taşıyıcı ayağın üstüne oturan 20 adet kubbeyle örtülmüştür. 20 adet kubbenin büyüklükleri eşit olmakla birlikte yükseklikleri birbirlerinden farklıdır (Şekil 6). Sekizgen kasnak üzerine oturan kubbelerin yükseklikleri küçükten büyüğe doğru sırasıyla yaklaşık olarak 3 metre, 3,50 metre ve 4,30 metredir. Kubbe yükseklikleri orta kubbeden doğu ve batı yönüne doğru gidildikçe azalmaktadır. Orta kubbelerin kotu yaklaşık olarak +23,15 metre olup doğu batı yönüne doğru gidildikçe +21,15 metre ve +19,72 metre olarak azalmaktadır. Orta ekseninde ikinci sıradaki kubbe ilk zamanlar açık bırakılmış tam altına bir şadırvan yapılmıştır. Daha sonra bu kubbe camla kapatılmış mekâna ışık girişi engellenmemiştir. (MAHREBEL, 2006, BİLGİN, 2006, DOSTOĞLU, 2012, ULUENGİN, F., ULUENGİN, B., ULUENGİN, M. B., 2018)



Şekil 6: Kubbelerin üstten görünüşü (Kaynak: www.aa.com.tr, www.bursaulucamii.com)

1855 yılında gerçekleşen depremde iki kubbe hariç tüm kubbeler yıkılmıştır. Yıkılmayan iki kubbenin mihrabın üzerindeki kubbe ve batı minaresine bitişik olan kubbe olduğu düşünülmektedir. Bu düşüncüyü özenli işçiliğe sahip minberin zarar görmemiş olması ve her iki kubbeye geçişin devrin orijinal köşe tonozları ile sağlanmış olmasıdır. Ancak Ekrem Hakkı Ayverdi Osmanlı Mimarisinin İlk Devri isimli kitabında kubbelerin tamamen yıkılmış olamayacağını çeşitli delillerle savunmaktadır (AYVERDİ,1966, BAYKAL, 1993, ÇETİNASLAN). .

2.3. Minareler

Bursa Ulu Cami, kuzey doğu ve kuzey batı köşelerinde olmak üzere iki adet minareye sahiptir. Batı köşesinde bulunan minare Yıldırım Bayezid Han tarafından caminin inşaatı sırasında yaptırılmıştır. Bu minare sekizgen mermer bir kürsüye oturtulmuştur. Minarenin gövde kısmı tuğla ile örülmüş, 6 sıra skalaktitten oluşturulmuş bir şerefesi bulunmaktadır. Ayrıca batı minaresi aynı ana iki kişinin birbirini görmeden şerefeye çıkmasına imkân sağlayan iki merdivene sahiptir. (HAKKI&AYDIN, 1976)

Doğu minaresi Çelebi Sultan Mehmed zamanında yaptırılmıştır. Bu minarenin kürsüsü dört köşeli iken kup kısmı onaltıgen biçimindedir. Bu minarenin gövdesi de tıpkı batı minaresi gibi tuğla örgü tekniği ile yapılmıştır. Şerefesi batı minaresi ile aynıdır. Doğu ve batı minaresi başta kurşun kaplamalı sivri birer külahla sahipken 1889 yılında meydana gelen yangın sonrasında deforme olan külahlar değiştirilmiş yerlerine boğumlu kâgir külahlar yapılmıştır. (YAVAŞ,2009, AYVERDİ, 1966, KUBAN, 2007)



Şekil 8: Bursa Ulu Cami'nin minarelerinin eski görünüşü (Kaynak: ÇALIŞKAN N., Yüksek Lisans Tezi (2010), Gravür: Augustin François Lemaître)

3. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmanın amacı Türk mimarlık tarihinde ulu camiler arasında önemli bir yere sahip olan Bursa Ulu Caminin taşıyıcı sistemi irdelenmiştir.

Yapılan literatür taramasına göre Ulu Cami hakkında mimari çalışmalar bulunsa da, taşıyıcı sistemi hakkında yapılmış detaylı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Ulu Cami 20 adet kubbesiyle yaygın olarak kullanılan tek ana kubbeli camilerin taşıyıcı sisteminden farklı bir taşıyıcı sisteme sahiptir. Kubbelerin açıklıkları ve yükseklikleri farklılık arz etmektedir. Kubbeler yüklerini, pandantifler aracılığı ile sivri kemerlere, kemerlerden de sütunlara aktarılmaktadır.

Ulu Cami farklı kalınlıklarda taşıyıcı yığma taş duvarlara sahip olup, bunların temel sistemine ilişkin ayrıntılı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Ulu Cami maruz kaldığı depremler etkisiyle hasara uğramıştır ve zaman zaman tadilatlar gerçekleştirilmiştir. Bu depremlerde minareler de yıkılmalar gerçekleştiği ifade edilmektedir.

Bursa'daki tarihi yapılarımızın en önemlilerinden olan Ulu Cami'nin taşıyıcı sistemi malzeme özelliklerini de içerecek şekilde daha ayrıntılı olarak incelenmelidir.

4. Kaynakça

- ASLANAPA, O. (1989). Türk Sanatı (2.). İstanbul: Remzi Kitabevi.
- AYVERDİ, E. H. (1966). İstanbul Mimari Çağının Menşei Osmanlı Mimarisinin İlk Devri (İ. F. C. İ. E. No:57, Ed.). İstanbul Fetih Cem'iyeti İstanbul Enstitüsü.
- AYVERDİ, E. H., & Aydın, I. (1976). *İlk 250 Senenin Osmanlı Mimarisi*. İSTANBUL: Baha Matbaası.
- BAYKAL, K. (1950). Bursa'da Ulucami (Bursa Liselerinden Yetişenler Cemiyeti Neşriyatı, Ed.). İstanbul: İbrahim Horoz Basımevi.
- BAYKAL, K. (1993). Bursa ve Anıtları (3.). Hakimiyet Tesisleri.
- BİLGİN, H. (2006). Mimar Sinan Yapılarında Kubbeli Örtü Sistemlerinin Yapısal Analizi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 21(3), 119–128.
- ÇALIŞKAN, N. (2010). Bursa ile İlgili Osmanlı Devri Görsel Belgelerinin Sanat Tarihi Açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya
- ÇAMLIBEL, N. (2000). Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi, (a) (1.). İstanbul: Birsan Yayınevi.
- ÇETİNASLAN, M. (n.d.). Bursa Ulu Camii Hünkâr Mahfili. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 25, 189–200.
- DAĞLI, Y.& KAHRAMAN, S. A. (2008). Günümüz Türkçesi ile Evliya Çelebi Seyahatnamesi: Bursa-Bolu-Trabzon-Erzurum-Azerbaycan-Kafkasya-Kırım-Girit (2nd ed.). İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- DOSTOĞLU, N. (2012). Ulucami'nin Mimarisi. In B. KEMİKLİ (Ed.), Bursa Ulucami (I, pp. 97–101). Ankara: BURSAKÜLTÜR A.Ş.

I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos 2019, Pamukkale,Denizli/Türkiye
I. International Science and Innovation Congress, 26-29 August 2019, Pamukkale,Denizli/TURKEY

- ARIOĞLU, E.&ARIOĞLU N. (1999). Mimar Sinan'ın Taşıyıcı Olarak Kullandığı Küfeki Taşının Mühendislik Gizemi. Mimar Sinan Dönemi Yapı Etkinlikleri Semineri. Retrieved from http://www.ym.com.tr/Files/UserFiles/Arge/Rehabilitasyon_restorasyon/Mimar_Sinan_Donemi_Yap_Etkinlikleri_Semineri.pdf
- GABRIEL, A. (1958). Bir Türk Başkenti Bursa. (Çev. N. ER, H. ER, A. KAZANCIGİL) İstanbul (Orijinal Yayın Tarihi, 1958).
- GÜLGEN, H. (2016). Bursa Ulu Cami Müezzin Mahfili ve Tezvinatı. In Uludağ Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi (Vol. 25).
- HATTSEIN, M., & DELIUS, P. (2007). İslam Sanatı ve Mimarisi. Literatür Yayıncılık.
- Komisyon. (2011). Bursa Kültür Varlıkları Envanteri: Anıtsal Eserler.
- KUBAN, D. (2007). Osmanlı Mimarisi. YEM Yayın.
- MAHREBEL, H. A. (2006). Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- MUTLU, Ö., (2015). Bursa Ulu Camii ve Yeşil Camii'nin Dinamik Davranışlarının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- MUTLU, Ö., & A., Ş. (2016). Investigating The Effect Of Modeling Approaches On Earthquake Behavior Of Historical Masonry Minarets - Bursa Grand Mosque Case Study. Sigma J Eng & Nat Sci, 7(2), 123–136.
- ÖZCAN, B . (2010). Bursa Depremleri (2 Mart- 12 Nisan 1855). Güzel Sanatlar Enstitüsü Dergisi, 0 (5) , . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunigsed/issue/2567/33065>
- ULUENGİN, F., ULUENGİN, B., & ULUENGİN, M. B. (2018). Osmanlı Anıt Mimarisinde Klasik Yapı Detayları (7.). YEM Yayın.
- Vakıflar Genel Müdürlüğü. (1983). Türkiye'de Vakıf Abideler ve Eski Eserler III: Bursa İl Merkezi. Ankara: Yenigün Matbaası.
- YAVAŞ, D. (2009). Bursa Ulucamii'nin Geçirdiği Tamirler. Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 17, 217–236.
- YENAL, E. (2010). Osmanlı Mimarisi Erken Dönemi'nde Bursa'da Yapıların Oluşumu. BURSA KÜLTÜR A.Ş., Sincan Matbaası, Ankara.
- YÜCEL, E. (1963). Bursa Ulucamii Restorasyonu. *ARKİTEKT*, 312(3), 121–122.
- www.yandex.com/harita
- www.bursaulucamii.com
- www.aa.com.tr

TECHNIQUES FOR ADVERSARIAL EXAMPLES THREATENING THE SAFETY OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED SYSTEMS

Utku Kose

Suleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Dept. of Computer Engineering

utkukose@sdu.edu.tr

Abstract

Artificial intelligence is known as the most effective technological field for rapid developments shaping the future of the world. Even today, it is possible to see intense use of intelligence systems in all fields of the life. Although advantages of the Artificial Intelligence are widely observed, there is also a dark side employing efforts to design hacking oriented techniques against Artificial Intelligence. Thanks to such techniques, it is possible to trick intelligent systems causing directed results for unsuccessful outputs. That is critical for also cyber wars of the future as it is predicted that the wars will be done unmanned, autonomous intelligent systems. Moving from the explanations, objective of this study is to provide information regarding adversarial examples threatening the Artificial Intelligence and focus on details of some techniques, which are used for creating adversarial examples. Adversarial examples are known as training data, which can trick a Machine Learning technique to learn incorrectly about the target problem and cause an unsuccessful or maliciously directed intelligent system at the end. The study enables the readers to learn enough about details of recent techniques for creating adversarial examples.

Keywords: *artificial intelligence, machine learning, adversarial examples, artificial intelligence safety*

1. Introduction

In today's modern world, it is possible to see examples of Artificial Intelligence based applications in all fields of the life. Changing from engineering sciences to medical or education to entertainment, intelligent systems, which are developed with approaches, methods, and techniques of Artificial Intelligence, improves standards of our life and ensures more practical ways for solving real world problems [1-3]. Although there is a long past history behind the field of Artificial Intelligence, rise of computer, electronics, and communication technologies has triggered rapid improvements within the field of Artificial Intelligence [4, 5]. Nowadays, 21st century has already become a wide playground for rapid and innovative developments by Artificial Intelligence. It is remarkable that people generally benefits from Artificial Intelligence oriented tools with no doubt and thinks that a good future is possible thanks to intelligent systems (including robotic assistants, robotic workers, intelligent software systems...etc.). However, the scientific community has been running a great discussion for a while, regarding possible dangers of intelligent systems and precautions to eliminate such dangers. When the current state is analyzed, it can be seen that the scientific community has divided into two groups: the first group thinking that the Artificial Intelligence is dangerous, and the second group thinking otherwise. Even some scientists and famous leaders of some technology companies have enrolled in serious discussions with totally jarring opinions [6-8]. That's all because of flexible and robust learning capability of Artificial Intelligence. Today, there are many different sub-fields of Artificial Intelligence, such as Swarm Intelligence (for intelligent optimization) [9, 10], Cybernetics (for combining biological and robotic systems) [11, 12], and Machine Learning [13, 14]. Here, the sub-field of Machine Learning employs the learning mechanism, which is making it the major sub-field of the Artificial Intelligence.

When the research works including Machine Learning are observed, it can be clearly seen that the success of every Machine Learning technique is associated greatly with the data (samples) used for learning about the target problem. So far, successful applications by Machine Learning techniques have been done thanks to good modeling of the target problem and using true enough data. A typical Machine Learning technique employs some parameters, which are optimized-adjusted according to a set of target data, whether it was obtained in the past or analyzed instantly. Because of that, the background of the Machine Learning is highly associated with Mathematics, Statistics, and Logic (like all other Artificial Intelligence techniques, as the algorithm oriented perspective required that generally) [15-18]. It is critical that all that background gives both some advantages and disadvantages to the Machine Learning. Essential advantages are being flexible and easy-to-use for even different, advanced problems of real world. On the other hand, disadvantages include requiring careful analyze of the data, using sometimes pre-processing for the data, and also need for correct expert knowledge for true modeling of the problem. But as a result of revolutionary developments in data sharing, transfer and flow through communication roads around the world, security issues have raised against Machine Learning. As like threats in terms of cyber security, intelligent systems of today's and the future may employ some gaps making them weak against some attacks designed with strong mathematical and logical background (as similar to the background giving the expressed advantages). That means there is also a dark side employing efforts to design hacking oriented techniques against Artificial Intelligence and its sub-field: Machine Learning. Thanks to such techniques, it is possible to trick intelligent systems causing directed results for unsuccessful outputs. That is critical for also cyber wars of the future as it is predicted that the wars will be done unmanned, autonomous intelligent systems. When they are examined in terms of especially Machine Learning, some techniques focusing on creating fake learning-training data (samples), which may trick target intelligent system (employing Machine Learning mechanism) have already taken their place in the scientific literature. All these techniques are currently examined under the topic of 'adversarial examples'.

Objective of this study is to provide information regarding adversarial examples threatening the Artificial Intelligence and focus on details of some techniques, which are used for creating adversarial examples. Adversarial examples are known as training data, which can trick a Machine Learning technique to learn incorrectly about the target problem and cause an unsuccessful or maliciously directed intelligent system at the end. In this context, the study aimed enabling the readers to learn enough about details of recent techniques for creating adversarial examples. In order to achieve that, some essential information regarding Machine Learning and explanations for currently known, recent techniques for adversarial examples have been given accordingly.

Based on the topic of the study, the remaining content of the paper is organized as follows: The next section simply explains some about what is the general logic on the background of Machine Learning based techniques and systems. That section also includes some brief information regarding how different learning-training paradigms are seen mathematically. Following to that section, the third section discusses about Artificial Intelligence Safety and explains adversarial examples with some known recent techniques. Next, the fourth section provides a sample for a specific technique of creating adversarial examples and then the paper is ended by discussions regarding conclusions, and some future work suggestions-ideas.

2. Background of Machine Learning Based Systems

As it is already widely applied and discussed in real world cases greatly, Machine Learning has proved its active role in the future of intelligent systems. Whether they are in the form of software systems or real robots, intelligent systems having the mechanisms of autonomous analyzing, decision making and acting are based on Machine Learning techniques-algorithms. Because of that, such systems need to interact with the real world for analyzing some data to learn (or be trained) better about even a newly encountered problem. That interaction may be examined in detail, under different research fields such as Human-Computer or Human-Robot Interaction [19, 20] but it is possible to simply indicate that a typical Machine Learning based system is responsible to use data for learning, and getting that data instantly or with human controlled feeding, in order to solve problems even their conditions are changed, and eventually run a proper life cycle in that flow.

In the context of the happening interaction, there is a great flow of learning from data, which is the main task of all Machine Learning techniques. Although different techniques are based on different algorithmic steps and parameters to be optimized-adjusted, the common thing among all of them is to be a learned (trained) model eventually. That logic has been explained in a simpler form under the following sub-section.

2.1. The Logic of Learning

In order to understand better about how the 'learning' is achieved in Machine Learning techniques, the learning mechanism in humans may be given as an example. If we eliminate complex details such as learning theories or learning psychology, it is possible to express that the learning in humans is just happened as result of adjustments done within electrical interactions among all cells and the related organs in the nervous system. It is important that the brain has the responsibility of storing all information that we may need later to solve problems we may encounter in the future. It is critical that the more we focus on learning some information the more our brain can store about it for possible recalling in the future. Any information stored in the brain represented with a group of cells (in terms of thousands or millions of cells) having electrical connections among them. The strength level of these electrical connections correspond to the possibility of recalling-remembering the associated information anything we need. Moving from that, it is possible to indicate that:

- We remember good or bad memories because they affected our brain too much so that very high electrical connections allow us to remember them almost always.
- We may forget some details for even good or bad memories because our brain stores only important points affected us too much.
- When we are studying something, it is possible to memorize it if we give enough time to repeat all about it and allow our brain to employ necessary cells and create electrical connections for storing.
- Memorizing is effective in short terms but electrical connections formed during memorizing may be lost if we do not study again and again.
- It is possible to say that better learning about something is associated with encountering with more parameters-factors associated with it. Also, electrical connections are created in a stronger way, when we do or experience something.

All the explained things above may be somehow learned from medical, biology, chemistry or cognitive science oriented sources but the author have decided to express them in his own words, by eliminating scientific details.

Frankly speaking, the brain and also many components of the nature have always been essential elements of all technological developments. From data editing and storing capabilities of computer systems to learning mechanisms in the Machine Learning, inspirations from them have had critical roles on developments. As similar, the logic in the context of Machine Learning is mainly related to the learning process in the brain. In detail, it is possible to explain more about that logic by connecting it with the example expressed under the previous paragraphs:

- As the brain responsible for storing information, Machine Learning employs great storage power of computer systems, by running also data structures or models for effective coding in terms of software side.

- Machine Learning techniques are designed in the form of algorithms, which can adjust some of their parameters (variables) or order of data models iteratively (in loops). These parameters or data models correspond to the electrical connections among cells in the brain / nervous system.
- Every Machine Learning technique is designed in the form of a system analyzing some inputs to get an output (problem solution) or some outputs (more than one solution for the target problem). That is like we read, listen or watch something and then our brain can process it to derive some findings, ideas eventually.
- As how we study or do something to learn about it or solution of a problem, a typical Machine Learning technique is run iteratively by feeding it with a set of data associated with a problem. These data may be different cases for the related problem and each output data obtained after each different input feed are analyzed with some metrics.
- As like how we can understand from results of exams, fails (after our actions), and instant feedback from environment, output-analyzing metrics give some values to update parameters (variables) or order of the data models included in the Machine Learning technique. That update is just an optimization-adjustment, which is rechecked again to see if the technique is later better on giving correct output(s). That is like we study more and more for a course we just failed. In terms of Machine Learning, it is all called as 'training' or 'learning' phase.
- In the real world, humans pass schools, learn something from courses, and try to give some exams to prove that they learned something correctly. As similar, the training-learning process of Machine Learning techniques is done with some training data, and then some other sample data were used for testing if the technique was trained correctly. That is done because the mathematical and logical infrastructure of the Machine Learning may cause overfitting, which means memorizing the training data [21, 22]. In that case, the technique is not successful in test data because it has just memorized. It is again similar for humans' learning process as if we memorize something, it may be effective in short term but does not mean we will pass the main exam or will be always successful on solving the related problem. Thanks to some solutions, Machine Learning techniques can prevent from overfitting (like humans may take additional courses or be tested from different perspectives to promote better studying and eliminate memorizing). If a Machine Learning technique is successful in also testing phase, it can be then accepted to be applied in real applications. Eventually, it can be said that using cycle of all Machine Learning techniques includes the phases of 'training', 'testing', and 'application' (Figure 1-a).

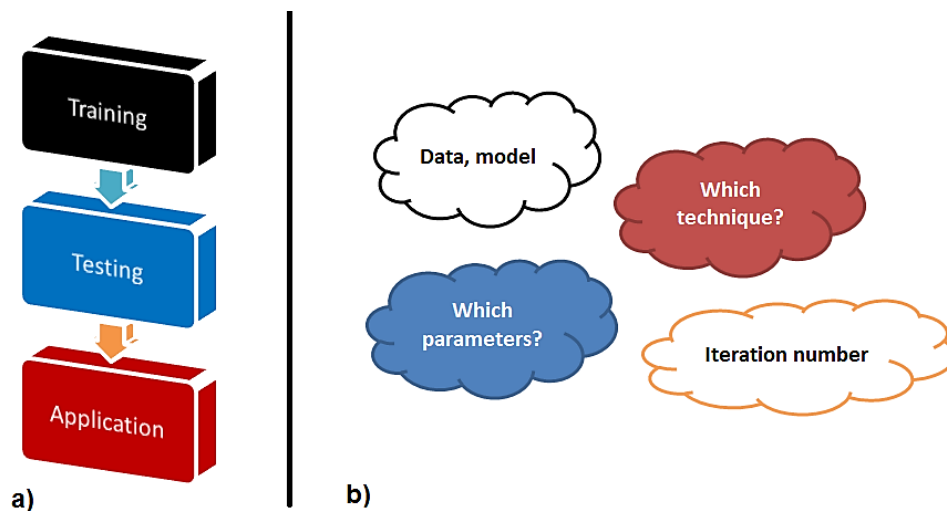


Figure 26: a) Using cycle of Machine Learning techniques, b) Issues regarding using Machine Learning.

As it was mentioned before, the data for learning and modeling the target problem are some essential issues that should be considered in research works with Machine Learning. Except from them, it is also important to choose the most appropriate Machine Learning technique since some techniques may not be effective on some specific problems. Furthermore, since Machine Learning techniques may employ their own additional parameters (except from the optimized ones); it is another issue to choose the most appropriate value for such parameters. Finally, total iteration number for better learning or the need for running a pre-processing phase for the data are some other issues that should be considered (Figure 1-b).

All the mentioned logic of the learning mechanism (within Machine Learning) are designed by some mathematical and logical background. Here, it is also remarkable that the associated literature have some well-known learning-training paradigms, which are run according to structure of the target data during training phases. The next sub-section is devoted to these paradigms.

2.2. Learning-Training Paradigms

Because every data-information gathered from real world may not be always in same structure, Machine Learning uses different learning (training) paradigms while making them ready to be applied. In this sense, there is a relation between Artificial Intelligence

and Data Mining since roots of learning paradigms are associated with similarities among data, their distributions and patterns that can be derived from them [23, 24]. Currently, there are three main learning paradigms, which can be explained as follows:

2.2.1. Supervised Learning (Regression / Classification)

Supervised learning is the process of learning when outputs for each different input data are known. In other words, each known input case for the considered problem is labeled with known target output class(es). In Data Mining, that is called as also regression and / or classification, which means we can predict a value by figuring out relations among known values or classify results of different input (attribute) combinations, considering the target problem [25, 26]. That means a successfully trained Machine Learning technique with supervised learning can predict a value or make classification according to a newly encountered input combination. In mathematical terms, a regression model of prediction can be obtained for deriving value(s) based on relations among samples or a two-class problem with linear distribution can be learned by a linear equation indicating the border between the two classes. In classification, it can be also necessary to deal with more than two classes with even nonlinear distribution of the known samples (data), which requires some mathematical processes in higher dimensions. Figure 2 represents typical a) regression and b) nonlinear classification in terms of mathematical and visual view, thanks to supervised learning [27, 28].

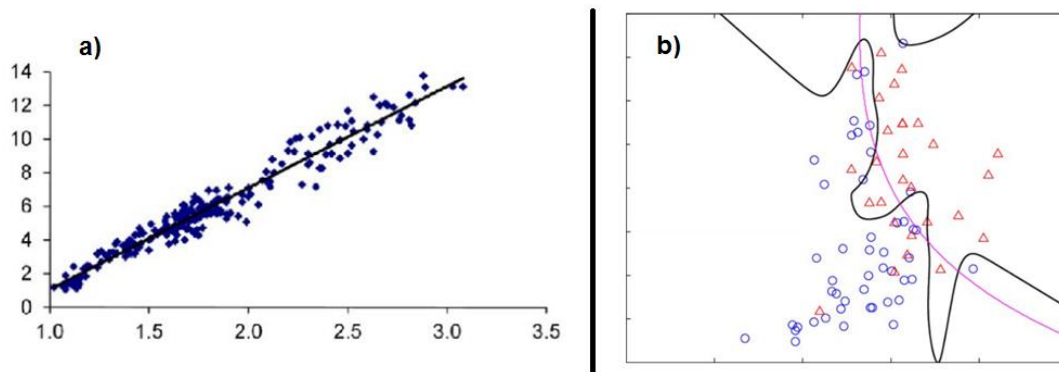


Figure 27: a) Regression, b) Nonlinear classification with supervised learning [27, 28].

2.2.2. Unsupervised Learning (Clustering)

Unsupervised learning is done when outputs for the target data to be learned from are not known. In this case, similarities-distances among the data are used for grouping them into some determined number of clusters. Because of that, the term of clustering is used by Data Mining for defining that way of learning from data. Unsupervised learning (clustering) is like we know only final grades by some students and want to group them into i.e. five groups, by considering distances between the values and also determining some passing values between each two different groups. Mathematically speaking, similarities-distances among the data are determined with some known metrics such as Manhattan, Minkowski, and Euclidean Distance [25, 26]. Unsupervised learning here allows determining the cluster-group of a new input data by evaluating its similarity-distance according to the formed groups during training phase. Figure 3 provides a typical clustering approach applied over a set of data [29].

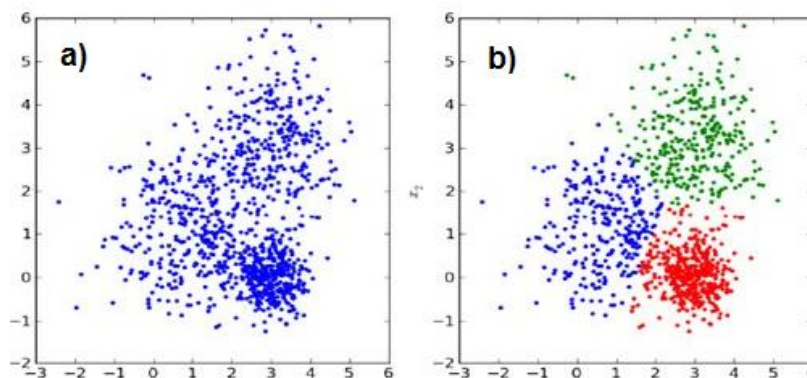


Figure 28: a) Before, b) After an unsupervised learning (clustering) [29].

2.2.3. Reinforcement Learning

Reinforcement learning is known as a key learning paradigm for especially robotic systems of the future. In that learning paradigm, the Machine Learning based system has the responsibility to adapt some of its parameters according to the given feedback against results of its actions. So, it is possible to run the learning process instantly, according to the changing conditions of the environment [30, 31]. Because each feedback given to the intelligent system is determined according to the strategy of rewarding or punishing ('true / false'; 'correct' / 'incorrect'; 'good', 'normal', 'bad'...etc.), it is important to give accurate feedback for better evolved system. Mathematically speaking, that learning process includes calculating values of reward in case of performing some target

actions, and / or organizing a scheme or data model of actions for future considerations. Since that learning paradigm is associated with also agent based systems (which we may think as early action models of advanced robotic systems), Figure 4 represents a general flow of active reinforcement learning [32].

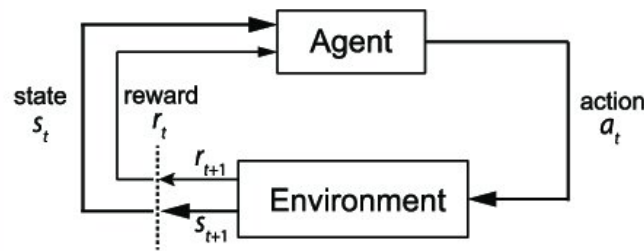


Figure 29: General flow of active reinforcement learning [32].

Except from the expressed paradigms, there is also Semi Supervised Learning, which is a combination of both Supervised and Unsupervised Learning as including more data with no output-label, and less data with output(s)-label(s) for the same problem [33]. But three essential paradigms remain main learning processes of Machine Learning.

As it can be understood from the explanations so far, there is a great Mathematics and Logic in terms of everything used for Machine Learning tasks. Because of that, there can be some gaps causing to manipulate intelligent systems with Machine Learning.

2.3. Gaps in Machine Learning Based Systems

It is clear that the Artificial Intelligence and Machine Learning are all human made technologies so they may include human errors but be always open for improvements thanks to human touches. On the other hand, we can discuss briefly about some gaps caused by the exact nature of algorithms and the background of the Machine Learning. In this context, some gaps are:

- For advanced and critical problems, Machine Learning based systems should be often updated-upgraded in terms of designed problem model and used data.
- Machine Learning techniques are very sensitive to butterfly effects caused by small errors in training / test data.
- Especially Reinforcement Learning has the potential of training ‘bad’ intelligent systems when we theoretically speak. That is like bad people, who were actually baby sometimes ago but grown up badly in time because of bad environmental factors (bad people, low life standards) and especially lack of good enough education and psychological support. For Reinforcement Learning, there are some works for preventing intelligent systems from badly trained (i.e. Inverse Reinforcement Learning [34]) but that is still a gap if an intelligent system with Machine Learning start to receive incorrect or tricking feedback after a while.
- In terms of solving real world problems, not every Machine Learning technique is equally successful. That’s good for unstoppable research works and future diversities within the literature of Artificial Intelligence but that also shows there is not any universal mathematical infrastructure to design a Machine Learning technique (or maybe learning paradigm), which can be applied directly every kind of problem without doubt. Actually, that situation may be a sign for open problems in Mathematics, Statistics, Logic, or other supportive components of the Artificial Intelligence.
- That may be a success for Artificial Intelligence and Machine Learning but especially after rise of Deep Learning (advanced form of Machine Learning with more power against big, complex data [35]), it has become possible to develop intelligent systems, which can create very realistic photos, and even videos with montage (i.e. Deep Fake [36]). At this point, there is a critical question to ask: ‘Is it possible to have a good enough intelligent system, which can overcome dangerous applications such as Deep Fake?’. Whether the answer is ‘Yes’ or ‘No’, that’s a paradox, which we may accept as a gap that can be used against Machine Learning.
- Flexibility and high interaction of Machine Learning techniques with the data make them sensitive to fake data formations or direct / indirect use of mathematical and logical attacks to trick them.

Especially the last gap indicated has already found its way in the context of adversarial examples, which is used for defining dangerous, fake data (samples) to train Machine Learning techniques incorrectly. Moving from that, the next section explains the concept of Artificial Intelligence Safety and some known techniques for creating adversarial examples.

3. Artificial Intelligence Safety and Techniques for Adversarial Examples

As a result of ongoing discussions regarding future potential of Artificial Intelligence (in being safe or dangerous), some research fields have already taken active place in the scientific literature. Because the field of Artificial Intelligence has become also a multidisciplinary technology (covering both Natural and Social Sciences), it has been included in some general research fields followed by the scientific community for a long time. Among all these research fields, **Artificial Intelligence Safety** is enrolled in searching for possible dangerous sides of Artificial Intelligence based systems and introduce alternative approaches, methods, and

techniques to keep such systems from attacks, perform defensive attacks, or eliminate known gaps against hacking or manipulating oriented attacks [37-40]. For giving a wide enough theoretical background, some other research fields are as follows:

- **Machine Ethics / Ethical Artificial Intelligence:** The concept of ethics has been widely discussed in the context of Artificial Intelligence literature. Because of intense intersection with different fields such as philosophy, and psychology, research efforts on evaluating ethical applications of Artificial Intelligence have been running in the context of the research field: Machine Ethics. Moving from especially moral dilemmas, that field tries to find ways to solve paradoxes and design ethical applications of Artificial Intelligence, particularly Machine Learning [41, 42].
- **Superintelligence:** As firstly introduced by Prof. Nick Bostrom from Future of Humanity Institute (University of Oxford), the concept of Superintelligence is used for defining the most advanced and high-level form of Artificial Intelligence that is more intelligent than the most intelligent living organism over the world (or even universe) [43, 44]. As Superintelligence is theoretically strong enough to solve every kind of problem and greatly autonomous, possible dangers and benefits of that type of Artificial Intelligence have been discussing accordingly.
- **Technological Singularity:** As a remarkable hypothesis, Technological Singularity is associated with the radically changed form of society and the world in the future. According to the Technological Singularity, the future will be dominated by Superintelligence and that will transform the society, technological developments, and the world-universe to a different form, which is thought as utopia or dystopia by the community [45, 46].
- **Future of Artificial Intelligence:** As a wider research field, Future of Artificial Intelligence is based on predictive and theoretical works trying to keep a light over the future with intelligence systems [47, 48].
- **Existential Risks:** Existential Risks is actually a research field in which disasters, wars, atomic and chemical weapons-bombs are widely examined as existential risks for the humankind. As a result of rising anxieties regarding dangerous sides of intelligent systems, Artificial Intelligence has been added to the list of existential risks [49, 50].
- **Transhumanism:** Transhumanism is known as both wide-spread movement and research field focusing on a better future for the humankind. In that future idea, there is a great use of technology so that humans' life standards, well-being and cognitive levels are enhanced accordingly [51, 52].

As different from the mentioned research fields, Artificial Intelligence Safety is a more complicated field with intense works more on mathematical background and applications of especially Machine Learning. In this study, more consideration was given to the concept of adversarial examples. So, the next sub-fields are devoted to techniques of adversarial examples. On the other hand, interested readers are referred to also some alternative Artificial Intelligence Safety oriented, remarkable works such as 'Interruptible Agents [53]', 'Ignorant, Inconsistent Agents [54]', 'Bounded Agents [55]', and 'Corrigibility [56]'.

3.1. Techniques to Create Adversarial Examples

As an attacking-hacking method for tricking Machine Learning techniques, the concept of adversarial examples was explained firstly by Szegedy et al. [57]. As indicated in the related work, it has been possible to trick Deep Neural Network models by making small changes in input data. After that, there has been a great momentum in terms of developing defending techniques and attacking techniques defeating every new defending technique, by considering adversarial examples [58]. As it can be seen from Figure 5, total number of new attacking techniques increases year-by-year.

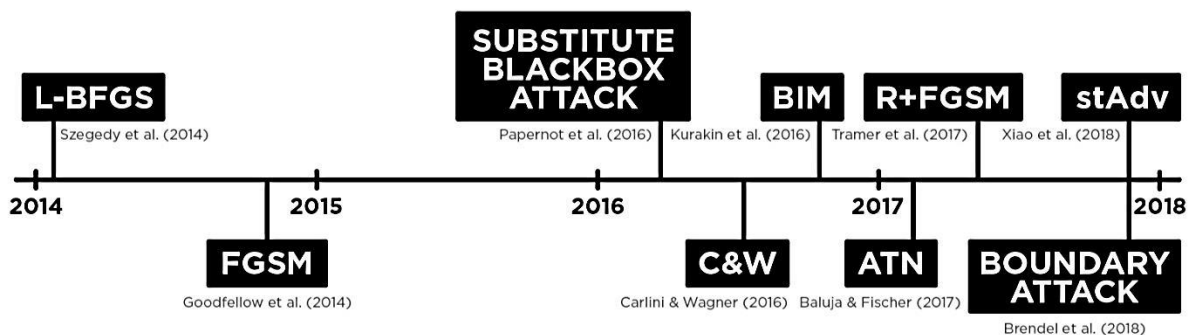


Figure 30: A historical view regarding new techniques of adversarial examples [58].

In the associated literature, there are different examples of using adversarial examples threatening different applications by intelligent systems. The research work by Sharif et al. showed how adversarial examples can trick face recognition systems [59]. On the other hand, the work by Carlini and Wagner figured out that speech recognition systems can be tricked with audio adversarial examples [60]. Additionally, another remarkable work included using a real traffic sign and manipulating it with some stickers to trick autonomous vehicles successfully [61]. Readers are referred to [62-68] for some other works including use of adversarial examples.

Generally, techniques for adversarial examples can be examined under two categories [58]:

- **White-box Techniques:** White-box techniques are appropriate to be used when the architecture and/or parameters of the target Machine Learning technique are known.
- **Black-box Techniques:** Black-box techniques are appropriate to be used when there is no information regarding architecture or parameters of the target Machine Learning technique but output(s) of the technique are known.

Considering the recent literature, some of **White-box techniques** can be explained briefly as follows:

3.1.1. Additive Adversarial Perturbations Based on dL/dx

In this technique, it is aimed to confuse the input(s) so that they the loss function is changed maximally. In other words, it is possible to run a backpropagation oriented approach, which includes calculating the derivative of the loss function according to the input(s) [58]. That's actually an optimization approach, which is done for training the target Machine Learning technique in a way it learns incorrectly, as maximizing the loss.

3.1.2. Fast Gradient Sign Method (FGSM) and Other Variations

As introduced by Goodfellow et al. [58, 69], Fast Gradient Sign Method (FGSM) is used for pushing the input(s) towards the adversarial gradient, after the exact gradient was calculated in the context of the backpropagation process. That is done in order to increase the loss function, by using a small enough value. The following equation defines the calculation of an adversarial example (x') from the true value: x :

$$x' = x + \epsilon \cdot \text{sign}(\nabla_x J(x, y)) \quad (1)$$

As it can be seen from the Equation 1, the small epsilon parameter has the key role in creating the adversarial example, which is similar enough to the true value-example (input).

Moving from the FGSM, some other variations have also been developed. In this sense, Kurakin et al. developed the **Basic Iterative Method (BIM)**, by improving the FGSM for performing it multiple times with small step size [58, 70]:

$$X_0^{adv} = X, \quad X_{N+1}^{adv} = \text{Clip}_{X,\epsilon} \left\{ X_N^{adv} + \alpha \text{sign}(\nabla_X J(X_N^{adv}, y_{true})) \right\} \quad (2)$$

There is also the technique of **(R)andom + FGSM**, which includes adding random perturbations derived from a Gaussian distribution just before obtaining the first derivative of the loss [58, 71]:

$$x^{adv} = x' + (\epsilon - \alpha) \cdot \text{sign}(\nabla_{x'} J(x', y_{true})), \quad \text{where } x' = x + \alpha \cdot \text{sign}(\mathcal{N}(0^d, \mathbf{I}^d)) \quad (3)$$

3.1.3. L-BFGS Attack and Carlini & Wagner Attack (C&W)

By considering distance metrics, Szegedy et al. have introduced that adversarial examples, which are similar to true values-inputs can be created accordingly [57]. As in the form of an optimization problem, their technique called as Limited-memory Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (L-BFGS) is just a non-linear gradient based optimization algorithm. Here, the objective is to find the perturbation r minimizing the following [57, 58]:

$$c|r| + \text{loss}_f(x + r, l) \text{ subject to } x + r \in [0, 1]^m \quad (4)$$

By following the [57], Carlini and Wagner have modified the optimization problem, in order to develop the technique of Carlini & Wagner Attack (C&W), which considers the loss function in Equation (5) and the minimization problem expressed with Equation (6) [58, 72]:

$$f(x') = \max(\max\{Z(x')_i : i \neq t\} - Z(x')_t, -\kappa) \quad (5)$$

$$\left\| \frac{1}{2}(\tanh(w) + 1) - x \right\|_2^2 + c \cdot f\left(\frac{1}{2}(\tanh(w) + 1)\right) \quad (6)$$

3.1.4. Adversarial Transformation Network (ATN)

As an interesting technique of adversarial examples, Adversarial Transformation Network (ATN) is a type of neural network, which can create adversarial examples tricking the target neural network system [73]. As a type of ATN, Adversarial Autoencoding creates adversarial examples, which are very similar to the true values-inputs (Figure 6) [58].

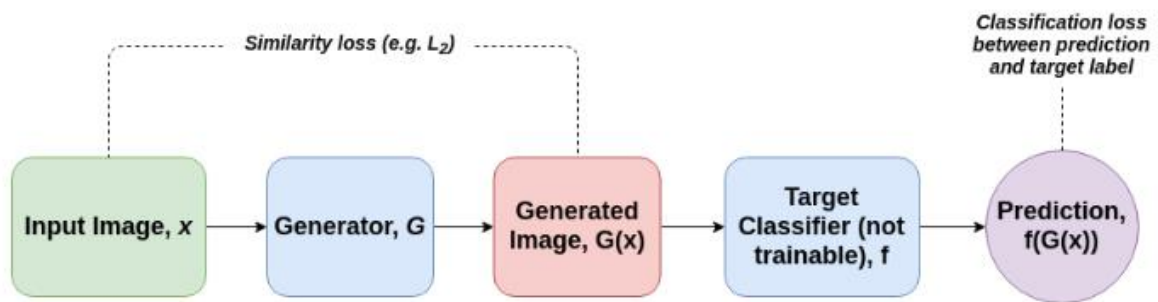


Figure 31: Based on an image data, general working mechanism of the Adversarial Autoencoding [58].

In the context of Black-box techniques, two essential techniques of adversarial examples are as follows:

3.1.5. Substitute Attack

When just output(s) of the target Machine Learning system are known, it is possible to create some synthetic training data sets in order to approximate decision boundary. When that is done successfully, it is possible to run White-box attacks for tricking the target system with newly created adversarial examples. As examined by Papernot et al., that Black-box technique is called as Substitute Attack [74]. Figure 7 shows the simple flow of the Substitute Attack [58].

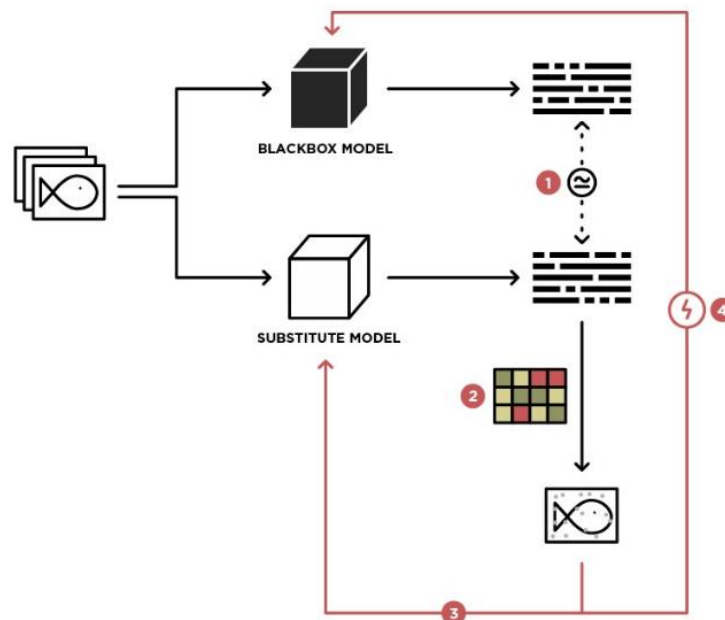


Figure 32: Simple flow of the Substitute Attack [58].

3.1.6. Heuristic Search for Boundary Attack

Boundary attack with heuristic search is another technique of Black-box oriented adversarial examples. Called briefly as Boundary Attack [64], that technique aims to use a fake data (i.e. image) and make some changes over it to look similar to true data for the target Machine Learning technique. Thanks to some noisy data, that can be achieved and that adversarial example then can be used for tricking purposes. Figure 8 represents a scheme regarding applying the Boundary Attack [58].

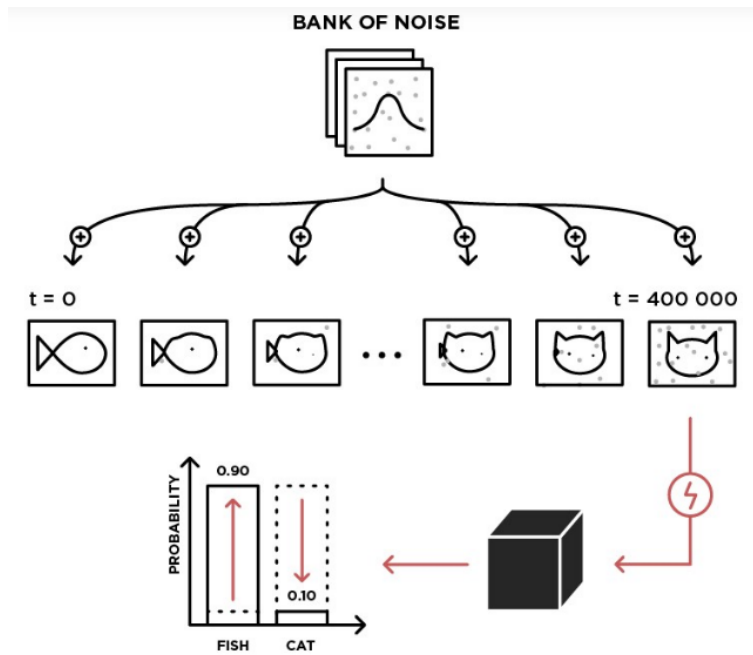


Figure 33: A scheme regarding applying the Boundary Attack [58].

4. An Example Application for Fast Gradient Sign Method (FGSM)

As a simple way of applying adversarial examples, FGSM is a good and easy-to-apply technique. Although there are many examples of codes and applications provided over the Web for learning some about adversarial examples, a simple Python application of FGSM, done by Tsui may give idea about how adversarial examples are created [75]. As it was indicated before, FGSM just runs the Equation (1) for creating adversarial values from true values. The Python application in [75] tricks the Logistic Regression as the target Machine Learning technique (Full source code can be obtained from the developer's GitHub folder: https://github.com/kenhksui/adversarial_examples). As it can be seen from Figure 9, the true data was classified into two classes, by the Logistic Regression (in the example, random data points are created as the problem data set) [75].

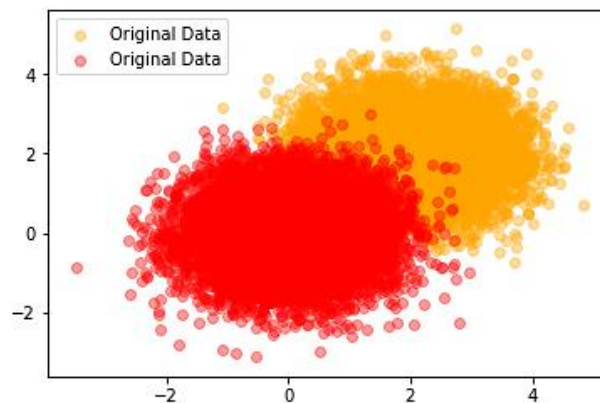


Figure 34: The true data classified into two classes, by the Logistic Regression (As using the application by Tsui in [75]).

By using the Equation (1), it is possible to create adversarial examples causing the target Logistic Regression system to classify the data points incorrectly. In order to achieve that, there is need to adjust the epsilon parameter, which is causing small but effective enough changes over the data, as making them similar to the true-original data but tricking the system. By moving in the example application, use of even the values of 0.4, and 0.7 respectively causes great changes in the output (like a butterfly effect). In this context, Figure 10 presents the outputs in the true classification and incorrect classifications for two different epsilon values, considering the randomly created data points.

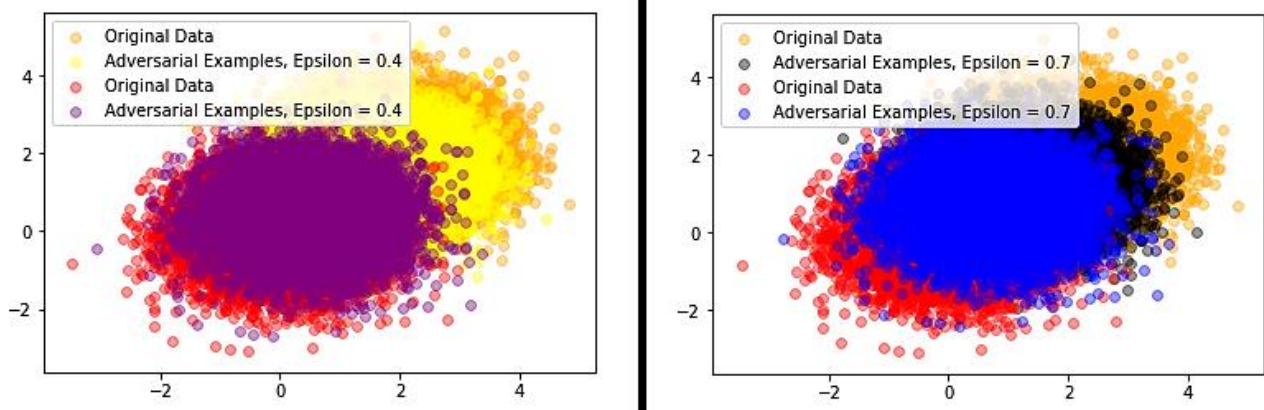


Figure 35: Outputs in the true classification and incorrect classifications for two different epsilon values of 0.4, and 0.7 respectively (As using the application by Tsui in [75]).

5. Conclusions and Future Work Suggestions

In this study, techniques for adversarial examples threatening safety of especially Machine Learning based systems have been introduced. Adversarial examples are typical form of manipulations, which can trick Machine Learning techniques to give incorrect outputs for the target problem. The study briefly introduced the logical background of the Machine Learning and then given brief information about the field of Artificial Intelligence Safety and some other fields interested in similar topics regarding Artificial Intelligence. After explaining both White Box and Black Box techniques for creating adversarial examples, an example from the Web for the technique of Fast Gradient Sign Method (FGSM) has been discussed accordingly. Although the works regarding Artificial Intelligence Safety requires intense analyze and use of especially Mathematics, a remarkable movement has been done for the topic of adversarial examples. Of course, it is a just 5-year old research topic so far and there is currently still great focus on running alternative research works.

By moving from the discussed-explained subjects within this study, the following future work suggestions may be expressed:

- As it can be seen from recent works in the literature, there is a great competition between attacking and defending techniques. So, interested readers-researchers are suggested to develop alternative techniques in terms of both attacking and defending, in order to contribute to the rapid development of the field of Artificial Intelligence and the research field of Artificial Intelligence Safety.
- It is necessary to form collaborations among computer scientists, mathematicians, statisticians, and any experts from even Social Sciences, in order to derive novel, effective theoretical and applied techniques for keeping the safety of intelligent systems against attacks such as adversarial examples.
- Research works regarding adversarial examples and defending approaches are mainly focused on neural networks of Machine Learning. So, alternative attacking techniques for different Machine Learning techniques may be developed in time. That will be probably an open problem for analyzing such new attacking techniques and even designing robust systems or defending ways to eliminate the related attacks.
- Artificial Intelligence Safety has many other topics to be discussed in the context of ensuring safety of intelligent systems. At this point, interested readers-researchers are suggested to go through the associated literature and learn more about that research field.

6. References

- [1] Rabelo, L., Bhide, S., and Gutierrez, E., “*Artificial Intelligence: Advances in Research and Applications*”. Nova Science Publishers, Inc., 2018.
- [2] Russell, S. J., and Norvig, P., “*Artificial Intelligence: A Modern Approach*”. Malaysia; Pearson Education Limited, 2016.
- [3] Barr, A., and Feigenbaum, E. A. (Eds.), “*The Handbook of Artificial Intelligence*” (Vol. 2). Butterworth-Heinemann, 2014.
- [4] Nilsson, N. J., “*Principles of Artificial Intelligence*”. Morgan Kaufmann, 2014.
- [5] Krishnamoorthy, C. S., and Rajeev, S., “*Artificial Intelligence and Expert Systems for Engineers*. CRC Press, 2018.
- [6] Cellan-Jones, R., “Stephen Hawking warns artificial intelligence could end mankind”. *BBC News*, 2, 2014.
- [7] Walsh, T., “*Android Dreams: The Past, Present and Future of Artificial Intelligence*”. Oxford University Press, 2017.
- [8] Delnevo, G., Rocchetti, M., and Mirri, S., “Intelligent machines for good?: More focus on the context”. In *Proceedings of the 4th EAI International Conference on Smart Objects and Technologies for Social Good* (pp. 289-293). ACM, 2018.

- [9] Bonabeau, E., Marco, D. D. R. D. F., Dorigo, M., and Theraulaz, G., “*Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*”. Oxford University Press, 1999.
- [10] Eberhart, R. C., Shi, Y., and Kennedy, J., “*Swarm Intelligence*”. Elsevier, 2001.
- [11] Novikov, D. A., “*Cybernetics: From Past to Future*” (Vol. 47). Springer, 2015.
- [12] Kline, R. R., “*The Cybernetics Moment: Or Why We Call Our Age the Information Age*”. JHU Press, 2015.
- [13] Sammut, C., and Webb, G. I., “*Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining*”. Springer Publishing Company, Incorporated, 2017.
- [14] Flach, P., “*Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data*”. Cambridge University Press, 2012.
- [15] Alpaydin, E., “*Introduction to Machine Learning*”. MIT Press, 2009.
- [16] Cheeseman, P., and Oldford, R. W. (Eds.), “*Selecting Models From Data: Artificial Intelligence and Statistics IV*” (Vol. 89). Springer Science and Business Media, 2012.
- [17] Fisher, D., and Lenz, H. J. (Eds.), “*Learning from Data: Artificial Intelligence and Statistics V*” (Vol. 112). Springer Science and Business Media, 2012.
- [18] Rahwan, I., and Simari, G. R. (Eds.), “*Argumentation in Artificial Intelligence*” (Vol. 47). Heidelberg: Springer, 2009.
- [19] Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S., and Carey, T., “*Human-Computer Interaction*”. Addison-Wesley Longman Ltd., 1994.
- [20] Dautenhahn, K., and Saunders, J. (Eds.), “*New Frontiers in Human Robot Interaction*”. John Benjamins Publishing, 2011.
- [21] Dietterich, T., “Overfitting and undercomputing in machine learning”. *ACM Computing Surveys*, 27(3), 326-327, 1995.
- [22] Lawrence, S., and Giles, C. L., “Overfitting and neural networks: conjugate gradient and backpropagation”. In *Proceedings of the IEEE-INNS-ENNS International Joint Conference on Neural Networks. IJCNN 2000. Neural Computing: New Challenges and Perspectives for the New Millennium* (Vol. 1, pp. 114-119). IEEE, 2000.
- [23] Tan, P. N., “*Introduction to Data Mining*”. Pearson Education India, 2018.
- [24] Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A., and Pal, C. J., “*Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*”. Morgan Kaufmann, 2016.
- [25] Halgamuge, S. K., and Wang, L. (Eds.), “*Classification and Clustering for Knowledge Discovery*” (Vol. 4). Springer Science and Business Media, 2005.
- [26] Silahtaroglu, G., “*Data Mining*” (In Turkish). Papatya Press, 2008.
- [27] Wicks, J., McKenna, K., McSorley, S., and Craig, D., “Heart Rate Index Corrects for The Limitations of Heart Rate Assessment of Occupational Physical Activity”. *Exercise Medicine*, 2, 14, 2018.
- [28] Yang, S., Cai, S., Zheng, F., Wu, Y., Liu, K., Wu, M., ... and Chen, J., “Representation of fluctuation features in pathological knee joint vibroarthrographic signals using kernel density modeling method”. *Medical engineering and physics*, 36(10), 1305-1311, 2014.
- [29] Gattal, A., Abbas, F., and Laouar, M. R., “Automatic Parameter Tuning of K-Means Algorithm for Document Binarization”. In *Proceedings of the 7th International Conference on Software Engineering and New Technologies* (p. 24). ACM, 2018.
- [30] Kaelbling, L. P., Littman, M. L., and Moore, A. W., “Reinforcement learning: A survey”. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 4, 237-285, 1996.
- [31] Sutton, R. S., and Barto, A. G., “*Introduction to Reinforcement Learning*” (Vol. 2, No. 4). Cambridge: MIT Press, 1998.
- [32] Galatzer-Levy, I. R., Ruggles, K. V., and Chen, Z., “Data science in the Research Domain Criteria era: relevance of machine learning to the study of stress pathology, recovery, and resilience”. *Chronic Stress*, 2, 2470547017747553, 2018.
- [33] Zhu, X., and Goldberg, A. B., “Introduction to semi-supervised learning”. *Synthesis lectures on artificial intelligence and machine learning*, 3(1), 1-130, 2009.
- [34] Abbeel, P., and Ng, A. Y., “Apprenticeship learning via inverse reinforcement learning”. In *Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning* (p. 1). ACM, 2004.
- [35] Goodfellow, I., Bengio, Y., and Courville, A., “*Deep Learning*”. MIT Press, 2016.
- [36] Güera, D., and Delp, E. J., “Deepfake video detection using recurrent neural networks”. In *2018 15th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)* (pp. 1-6). IEEE, 2018.
- [37] Yampolskiy, R. V., “*Artificial Intelligence Safety and Security*”. Chapman and Hall/CRC, 2018.

- [38] Yampolskiy, R. V., “Taxonomy of pathways to dangerous artificial intelligence”. In *Workshops at the Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 2016.
- [39] Vassev, E., “Safe artificial intelligence and formal methods”. In *International Symposium on Leveraging Applications of Formal Methods* (pp. 704-713). Springer, Cham, 2016.
- [40] Köse, U., “Are we safe enough in the future of artificial intelligence? A discussion on machine ethics and artificial intelligence safety”. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 9(2), 184-197, 2018.
- [41] Anderson, M., and Anderson, S. L. (Eds.), “*Machine Ethics*”. Cambridge University Press, 2011.
- [42] Moor, J. H., “The nature, importance, and difficulty of machine ethics”. *IEEE Intelligent Systems*, 21(4), 18-21, 2006.
- [43] Bostrom, N., “*Super Intelligence: Paths, Dangers, Strategies*”. Oxford University Press, 2014.
- [44] Yampolskiy, R. V., “*Artificial Superintelligence: A Futuristic Approach*”. Chapman and Hall/CRC, 2015.
- [45] Kurzweil, R., “*The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*”. Penguin, 2005.
- [46] Shanahan, M., “*The Technological Singularity*”. MIT Press, 2015.
- [47] Müller, V. C., and Bostrom, N., “Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion”. In *Fundamental issues of artificial intelligence* (pp. 555-572). Springer, Cham, 2016.
- [48] Walsh, T., “*Machines that Think: The Future of Artificial Intelligence*”. Prometheus Books, 2018.
- [49] Torres, P., and Rees, M., “*Morality, Foresight, and Human Flourishing: An Introduction to Existential Risks*”. Pitchstone Publishing (US&CA), 2017.
- [50] Müller, V. C. (Ed.), “*Risks of Artificial Intelligence*”. CRC Press, 2016.
- [51] Hansell, G. R., “*H+/-: Transhumanism and its Critics*”. Xlibris Corporation, 2011.
- [52] Huxley, J., “Transhumanism”. *Ethics in Progress*, 6(1), 12-16, 2015.
- [53] Orseau, L., and Armstrong, S., “Safely interruptible agents”. In *Proceedings of the ThirtySecond Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence* (pp. 557-566). AUAI Press, 2016.
- [54] Evans, O., Stuhlmüller, A., and Goodman, N., “Learning the preferences of ignorant, inconsistent agents”. In *Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 2016.
- [55] Evans, O., and Goodman, N. D., “Learning the preferences of bounded agents”. In *NIPS Workshop on Bounded Optimality* (Vol. 6), 2015.
- [56] Soares, N., Fallenstein, B., Armstrong, S., and Yudkowsky, E., “Corrigibility”. In *Workshops at the Twenty-Ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 2015.
- [57] Szegedy, C., Zaremba, W., Sutskever, I., Bruna, J., Erhan, D., Goodfellow, I., and Fergus, R., “Intriguing properties of neural networks”. *arXiv preprint arXiv:1312.6199*, 2013.
- [58] Wiyatno, R. R., “Tricking a Machine into Thinking You’re Milla Jovovich”. Medium.com, 2018. Online: <https://medium.com/element-ai-research-lab/tricking-a-machine-into-thinking-youre-milla-jovovich-b19bf322d55c> (Retrieved 03 September 2019).
- [59] Sharif, M., Bhagavatula, S., Bauer, L., and Reiter, M. K., “Accessorize to a crime: Real and stealthy attacks on state-of-the-art face recognition”. In *Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security* (pp. 1528-1540). ACM, 2016.
- [60] Carlini, N., and Wagner, D., “Audio adversarial examples: Targeted attacks on speech-to-text”. In *2018 IEEE Security and Privacy Workshops (SPW)* (pp. 1-7). IEEE, 2018.
- [61] Eykholt, K., Evtimov, I., Fernandes, E., Li, B., Rahmati, A., Xiao, C., ... and Song, D., “Robust physical-world attacks on deep learning models”. *arXiv preprint arXiv:1707.08945*, 2017.
- [62] Akhtar, N., and Mian, A., “Threat of adversarial attacks on deep learning in computer vision: A survey”. *IEEE Access*, 6, 14410-14430, 2018.
- [63] Ilyas, A., Engstrom, L., Athalye, A., and Lin, J., “Black-box adversarial attacks with limited queries and information”. *arXiv preprint arXiv:1804.08598*, 2018.
- [64] Brendel, W., Rauber, J., and Bethge, M., “Decision-based adversarial attacks: Reliable attacks against black-box machine learning models”. *arXiv preprint arXiv:1712.04248*, 2017.
- [65] Lin, Y. C., Hong, Z. W., Liao, Y. H., Shih, M. L., Liu, M. Y., and Sun, M., “Tactics of adversarial attack on deep reinforcement learning agents”. *arXiv preprint arXiv:1703.06748*, 2017.

- [66] Narodytska, N., and Kasiviswanathan, S., “Simple black-box adversarial attacks on deep neural networks”. In *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)* (pp. 1310-1318). IEEE, 2017.
- [67] Liu, Y., Chen, X., Liu, C., and Song, D., “Delving into transferable adversarial examples and black-box attacks”. *arXiv preprint arXiv:1611.02770*, 2016.
- [68] Finlayson, S. G., Chung, H. W., Kohane, I. S., and Beam, A. L., “Adversarial attacks against medical deep learning systems”. *arXiv preprint arXiv:1804.05296*, 2018.
- [69] Goodfellow, I. J., Shlens, J., and Szegedy, C., “Explaining and harnessing adversarial examples”. *arXiv preprint arXiv:1412.6572*, 2014.
- [70] Kurakin, A., Goodfellow, I., and Bengio, S., “Adversarial examples in the physical world”. *arXiv preprint arXiv:1607.02533*, 2016.
- [71] Tramèr, F., Kurakin, A., Papernot, N., Goodfellow, I., Boneh, D., and McDaniel, P., “Ensemble adversarial training: Attacks and defenses”. *arXiv preprint arXiv:1705.07204*, 2017.
- [72] Carlini, N., and Wagner, D., “Towards evaluating the robustness of neural networks”. In *2017 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)* (pp. 39-57). IEEE, 2017.
- [73] Baluja, S., and Fischer, I., “Adversarial transformation networks: Learning to generate adversarial examples”. *arXiv preprint arXiv:1703.09387*, 2017.
- [74] Papernot, N., McDaniel, P., Goodfellow, I., Jha, S., Celik, Z. B., and Swami, A., “Practical black-box attacks against machine learning”. In *Proceedings of the 2017 ACM on Asia conference on computer and communications security* (pp. 506-519). ACM, 2017.
- [75] Tsui, K., “Perhaps the Simplest Introduction of Adversarial Examples Ever”. TowardsDataScience.com, 2018. Online: <https://towardsdatascience.com/perhaps-the-simplest-introduction-of-adversarial-examples-ever-c0839a759b8d> (Retrieved 04 September 2019).

YABANCI DİZİLERDEN UYARLANAN TÜRK YAPIMI DİZİLER İÇİN OYUNCU SEÇİMİNDE DERİN SİNİR AĞLARININ KULLANIMI

Atınç Yılmaz¹, Ümit Yılmaz², Erol Özçekçi³

¹ Beykent Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği (Türkçe) Bölümü, İstanbul, Türkiye

atincyilmaz@beykent.edu.tr

² Balıkesir Üniversitesi, Bigadiç Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Lojistik Programı, Balıkesir, Türkiye

umityilmaz@balikesir.edu.tr

³ Balıkesir Üniversitesi, Bigadiç Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Elektrik Programı, Balıkesir, Türkiye

erolozcekic@balikesir.edu.tr

Özet

Büyük veri çalışmalarının gelişimi günümüzde derin öğrenmeye bağlı hale gelmiştir. Birçok uygulama alanında büyük veri, derin öğrenme ile birlikte kullanılmaktadır. Bu alanlardan biri de bilgisayar görüşüdür. Bu alanda en çok kullanılan derin öğrenme yöntemi evrimsel sinir ağlarıdır. Bu çalışmada yabancı dizilerden uyarlanan Türk yapımı diziler için oyuncu seçiminde evrimsel sinir ağları ve büyük veriler kullanılarak yüz benzerliği tespit edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Evrimsel sinir ağları, yüz tanıma, büyük veri*

1. Giriş

Yerel yapım şirketleri, ülke dışında gösterime giren dizilerin saygınlığından ve popülerliğinden yararlanarak ülke kültürünü de dikkate alarak birçok uyarlama dizi projesine imza atmaktadırlar. Bunun sebebi, yapımcıların daha önce başka bir ülkede yapımı ve yayını gerçekleştirilmiş ve yüksek izlenme oranlarını yakalamış hikayelerin, yerel koşullarda yeniden üretilmesiyle, aynı başarıyı yakalayabileceklerini öngörmelerindedir (Gündel, 2018: 216). Bunların yanı sıra seyirci tarafından benimsenmeyen dizilerin sezon içerisinde erken final yapması ve Türk toplumunun genellikle prime time olarak adlandırılan saatlerde televizyon karşısında vakit geçirmeleri sebebiyle Türk televizyonculuk sektörünün fazla sayıda senaryoya ihtiyaç duymasına sebep olmaktadır.

Oyuncu seçimi dizinin izlenmesine olumlu katkılarda bulunmaktadır. Dizilerde önemli rolleri genellikle tiyatro ve sinemadan gelen oyuncular oynamaktadır. Oyuncu seçiminde %56 oranda tanınmamış oyuncular söz konusudur. Sinema starı oranı %17, TV starı %10 ve diğer oyuncu oranı %17'dir (Ormanlı, 2013: 25).

Dizi, film ve programlara oyuncu gönderen cast ajansları ellerinde bulundurdukları datalar sayesinde aranılan role en uygun kişiyi bulabilmektedir (Yüksel, 2018: 636). Sektörün figüran dahil her kademedeki oyuncu ihtiyacını ağırlıklı olarak cast ajansları karşılamaktadır (Öneren, 2013: 79). Cast ajanslarının yabancı dizilerden uyarlanan yapımlarda yabancı dizideki karaktere tip olarak benzeyen oyuncularını belirlemede elini kuvvetlendirmek amacıyla yüz tanıma sistemlerinden faydalanmaları gerekir.

İnsan beyninin yapısını taklit ederek öğrenme sistemleri geliştirme fikri 1940'lara dayanmaktadır. İlk kez, McCulloch ve Pitts (1943) matematik ve algoritmalara dayanan yapay bir sinir ağı modeli yaratmıştır. İlk evrimsel sinir ağları, 1980 yılında Fukushima (1980) tarafından Neocognitron adı altında geliştirilmiştir. Fukushima'nın çalışması, bilgisayar görüşü çalışmalarında derin öğrenme algoritmalarının kullanılmasının başlangıç tarihi olarak kabul edilmektedir. Derin öğrenme terimi ise ilk olarak Dechter (1986) tarafından tanıtılmış ve Aizenberg, Aizenberg, ve Vandewalle (2000) tarafından yapay sinir ağlarına uygulanmıştır.

Derin öğrenmenin etkili olmasını sağlayan en önemli adımlardan biri, 1999 yılında GPU'ların (grafiksel işlem birimleri) geliştirilmesidir. Bu sayede yapay sinir ağları, destek vektör makineleri ile rekabet etmeye başlamıştır. Bir yapay sinir ağı, destek vektör makinesinden daha yavaş olmasına rağmen aynı verilerle daha başarılı sonuçlar sağlamaktadır. 2011 itibarıyla, GPU'ların hızı önemli ölçüde artmış ve evrimsel sinir ağlarını ön eğitim katmanları olmadan geliştirmek mümkün olmuştur.

2009 yılında 3,2 milyondan fazla etiketlenmiş görselin bulunduğu ücretsiz bir veritabanı olan ImageNet duyurulmuştur (Deng ve diğ., 2009). Günümüzde ise bu rakam 14,2 milyona oldukça yaklaşmıştır. Çalışmanın mimarlarından Fei-Fei, 2015 yılında gerçekleştirdiği TED konuşmasında öngörülerinin büyük verinin makine öğrenmesinin çalışma şeklini değiştireceği yönde olduğunu ve verinin öğrenmeyi teşvik edeceğini belirtmiştir (Myers, 2016). Bilgisayar hızındaki artışla birlikte derin öğrenmenin verimlilik ve hız açısından önemli avantajları olduğu ortaya çıkmıştır. Buna örnek olarak, 2011 ve 2012 yılları boyunca çeşitli uluslararası yarışmalar kazanan evrimsel yapay sinir ağı mimarisi AlexNet gösterilebilir (Krizhevsky, Sutskever, ve Hinton, 2017).

Günümüzde büyük verinin işlenmesi ve yapay zekanın evrimi derin öğrenmeye bağlıdır. Derin öğrenme hala gelişmekte olan bir alandır. Derin öğrenme temelli görüntü tanıma doğruluğu oranları 2011'de insanları aşmıştır (Cireşan, Meier, Masci, ve Schmidhuber, 2012: 333). Derin sinirsel ağlar, belirli bir görüntünün dönemini, artistik stil aktarımını belirleme ve rastgele görsel

girdilere dayalı çarpıcı görüntüler üretme konusundaki başarılarını kanıtlamışlardır. Ayrıca gürültü azaltma, süper çözünürlük, görüntü düzeltme ve görüntü renklendirmede başarıyla uygulanmışlardır.

Bilgisayar görüşü, bilgisayarların dijital görüntü ve videoları nasıl üst düzeyde kavrayabildiğini araştıran disiplinler arası bir bilimsel alandır. Mühendislik perspektifinden bakıldığında, bir insanın görsel sisteminin yapabileceği görevleri otomatikleştirmeyi amaçlar (Huang, 1996: 21). Bu alandaki son çalışmalar makine öğrenme teknikleri ve karmaşık optimizasyon çerçeveleri ile birleştirilmiştir (Sebe, Cohen, Garg, ve Huang, 2005: xiv). Günümüzde, nesne tanıma ve algılama problemleri için en iyi algoritmalar evrimsel sinir ağlarına dayanmaktadır. Evrimsel sinir ağlarının ImageNet testlerindeki performansı günümüzde insanlarınkine yakındır. En iyi algoritmaların bile, bir çiçek sapındaki küçük bir karınca ya da bir insan elindeki ince bir tüy gibi küçük ya da ince nesnelere tanıma sorunları vardır. Ayrıca filtreli bozuk görüntüler de sorun yaratabilmektedir. Buna karşılık, bu tür görüntüler insanların algılarını nadiren ihlal etmektedir. Bununla birlikte, insanlar diğer konularda problem yaşama eğilimindedir. Örneğin, insanlar nesnelere belirli köpek ırkları veya kuş türleri gibi sınıflara ayırmada iyi olmalarına karşın evrimsel sinir ağları bu gibi durumları kolayca idare edebilmektedir.

Yüz tanıma sistemi, bir kişiyi dijital görüntüden veya video kaynağından tanıyabilen veya doğrulayabilen bir teknolojidir. Yüz tanıma sistemlerinin çalıştığı birçok yöntem vardır, ancak genel olarak, belirli yüz görüntülerinden seçilen yüz özelliklerini bir veritabanı içindeki yüzlerle karşılaştırarak çalışırlar. DeepFace, Facebook'ta bir araştırma grubu tarafından oluşturulan derin öğrenme yüz tanıma sistemidir. DeepFace, insan yüzlerini dijital görüntülerin yardımıyla tanımlamaktadır. DeepFace, siyam ağı olarak organize edilen 120 milyondan fazla ağırlığa sahip dokuz katmanlı bir sinir ağı kullanılmış ve Facebook kullanıcıları tarafından yüklenen dört milyon görüntü ile eğitilmiştir (Simonite, 2014). FBI'nın Yeni Nesil Tanımlama sistemi %85'lik bir doğruluk oranına sahipken, DeepFace'in doğruluk oranı %97'dir (Brandom, 2014).

Ele alınan çalışmada Keras ve Tensorflow kullanılarak bir yüz tanıma uygulaması geliştirilerek benzer yüzlerin bulunması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, ImageNet veri seti ile eğitilmiş bir VGG16 evrimsel sinir ağı kullanılarak yüz özellikleri belirlenmiştir. Evrimsel sinir ağı modelinden vektörize edilmiş sonuçlar elde edilmiştir. Son olarak da matematiksel bir yöntemle en benzer yüzler tespit edilmiştir.

2. Yöntem

Derin öğrenme; nesne tanıma, konuşma tanıma, doğal dil işleme gibi alanlarda çok katmanlı yapay sinir ağlarını kullanan bir yapay zekâ yöntemi olup makine öğrenmesinin çeşitlerinden biridir. Derin öğrenme, geleneksel makine öğrenmesi yöntemlerinden farklı olarak kodlanmış kurallar ile öğrenmek yerine; resim, video, ses ve metinlere ait verilerin simgelerinden otomatik olarak öğrenebilmektedirler (Kaya ve Yılmaz, 2019: 1-2).

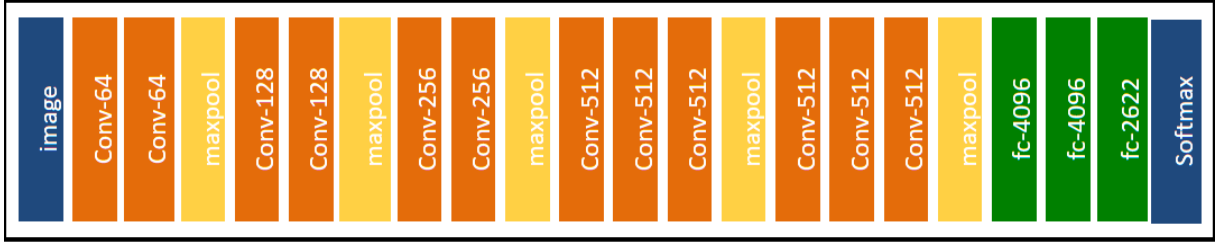
Derin Evrimsel Sinir Ağları ise görüntü işleme, öznelik çıkarımı ve sınıflandırma konularında ortaya koyduğu yüksek performans nedeniyle son yıllarda bilgisayarla görü maksadıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Derin evrimsel sinir ağlarını eğitmek için oldukça fazla sayıda örnek veri, işlemler gücü ve zamana ihtiyaç bulunmaktadır (Can ve Yılmaz, 2019: 1).

Evrimsel işleminde temel olarak iki boyutlu veriye uygulanacak olan filtrenin x ve y eksenine göre simetriği alınmaktadır. Filtre görüntü üzerinde adım uzunluğuna bağlı olarak gezdirilirken her adımda çakışan değerler eleman eleman çarpılmakta ve tüm değerlerin toplamı çıkış matrisinin ilgili elemanı olarak kaydedilmektedir. Filtrenin simetriğinin alınmadığı durumda yapılan işleme ise korelasyon (cross-correlation) denilmektedir. Giriş verisi (örneğin bir görüntü işareti) tek kanallı iken bu işlem basitçe yapılabilmektedir. Ancak giriş verisi farklı formatlarda ve kanal sayısında olabilmektedir. Çıkış işaretinin kanal sayısı da uygulanan filtre sayısı ile eşit olmaktadır. Giriş görüntüsüne uygulanan filtre de aslında geri yayılımla güncellenen ağırlıklar matrisidir. Çıkış matrisine aktivasyon fonksiyonu uygulanmadan önce skaler bir b (bias) değeri eklenir (Kızrak ve Bolat, 2018: 266).

ImageNet projesi, görsel nesne tanıma yazılımı araştırmalarında kullanılmak üzere tasarlanmış büyük bir görsel veritabanıdır. Hangi nesnelere resimde olduğunu göstermek için 14 milyondan fazla resim projeye elle eklenmiş ve resimlerin en az bir milyonunda sınırlayıcı kutular sağlanmıştır (ImageNet, 2010). ImageNet, tipik bir kategoriye sahip 20.000'den fazla kategori içermektedir (TheEconomist, 2016).

2010'dan beri, ImageNet projesi, yazılım programlarının nesnelere ve sahneleri doğru şekilde sınıflandırmak ve tespit etmek için ImageNet Büyük Ölçekli Görsel Tanıma Mücadelesi isimli her yıl bir yazılım yarışması düzenlemektedir. VGG-16 basit bir ağ modelidir. Tam link katmanında, $7 \times 7 \times 512 = 4096$ olan, bir nöron içeren bir öznelik vektörüne dönüştürülür.

İki tam link katmanının çıkışında, 1000 sınıfının softmax performansı hesaplanmaktadır. Yaklaşık 145 milyon parametre hesaplanmaktadır. Diğer modellerde olduğu gibi, derinlik değeri artarken matrislerin yükseklik ve genişlik boyutları azalmaktadır. Farklı ağırlığa sahip olan filtreler, modelin her bir evrimsel tabakasının çıktısında hesaplanır ve tabaka sayısı arttıkça, filtrelerde oluşturulan özellikler görüntünün derinliklerini temsil eder. Ele alınan çalışmada, önceden eğitilmiş VGG Yüz Modeli kullanılarak yüz özellikleri çıkarılmıştır. VGG Yüz Modeli, Facebook DeepFace'den daha derin 22 katmana sahiptir. Şekil 1'de VGG yüz modeli gösterilmiştir.



Şekil 1. VGG Yüz Modeli (Parkhi, Vedaldi, ve Zisserman, 2015)

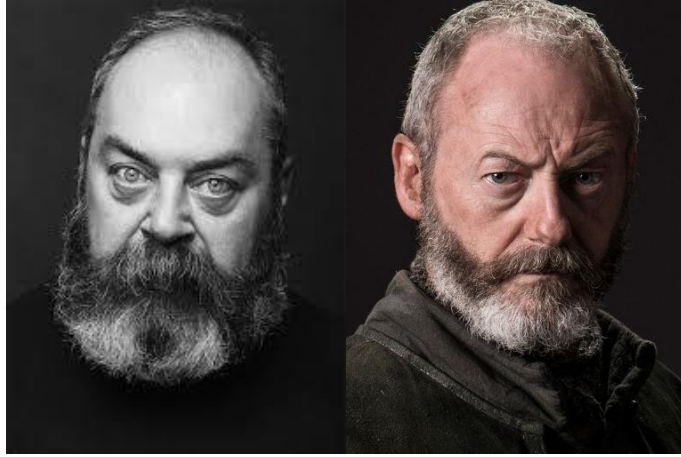
İlk olarak görüntüler vektöre dönüştürülmüştür. Bu iki vektörü matematiksel olarak karşılaştırarak görüntülerin birbirlerine benzer olup olmadığına karar verilmiştir. Matematiksel yöntem olarak kosinüs benzerliği kullanılmış olup Denklem 1’de gösterilmiştir.

$$\text{Benzerlik} = \cos \theta = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}} \quad (1)$$

İki kişi benzerse, kosinüs benzerliği düşük olmalıdır. Uygulama Python dili ile Keras kullanılarak geliştirilmiştir.

2.1. Bulgular

Test için Game of Thrones dizisi karakterlerine olan benzerlikler bulunmaya çalışılmıştır. 300 karakterden oluşan fotoğraflar indirilerek veri seti oluşturulmuştur. Türkiye’den 10 ünlü sanatçı belirlenerek dizideki hangi karaktere benzer oldukları bulunmuştur. Şekil 2 – 11’lerde elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.



Şekil 2: Ali Düşenkalkar – Davos Seaworth Kosinüs Benzerliği: 0,22112983465194702



Şekil 3: Alperen Duymaz – Jon Snow Kosinüs Benzerliği: 0,3561587929725647



Şekil 4: Ata Demirer – Samwell Tarly Kosinüs Benzerliği: 0,3185626268386841



Şekil 5: Beren Saat – Shae Kosinüs Benzerliği: 0,35733330249786377



Şekil 6: Damla Sönmez – Sansa Stark Kosinüs Benzerliği: 0,2969328761100769



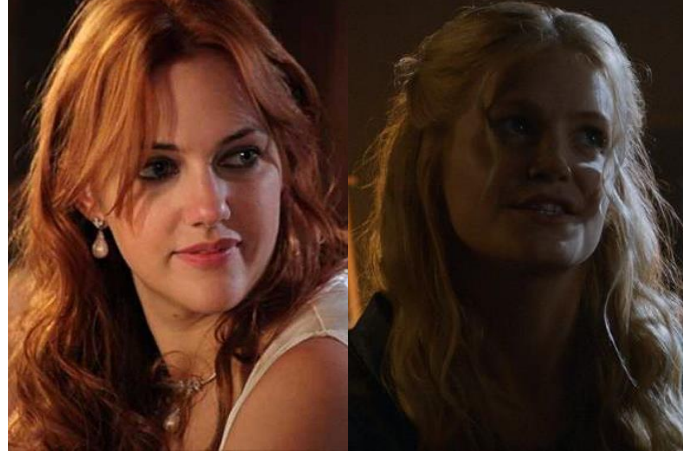
Şekil 7: Fahriye Evcen – Bianca Kosinüs Benzerliği: 0,3309593200683594



Şekil 8: Gamze Özçelik – Cersei Lannister Kosinüs Benzerliği: 0,3878138065338135



Şekil 9: Kıvanç Tatlıtuğ – Dickon Tarly Kosinüs Benzerliği: 0,2596457004547119



Şekil 10: Meryem Uzerli – Violet Kosinüs Benzerliği: 0,3585479259490967



Şekil 11: Tarkan – Gendry Kosinüs Benzerliği: 0,3453368544578552

3. Sonuç

Bu çalışmada yüz tanıma uygulaması geliştirilerek benzer yüzlerin bulunması sağlanmıştır. Sonuçlar genel olarak başarılı olarak değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen işlemler sonrasında elde edilen optimal sonuçlar, daha büyük bir veri seti ile hayata geçirilebilir.

Yüz tanıma sistemi, uyarlama dizi oyuncu kadrosunda yer alan aktör ve aktrisler görsel olarak benzer karakterler seçiminde yapım ekibine ve destek aldıkları cast ajanslarına kolaylık sağlasa da seçilen oyuncuların oynayacağı karakterlerin hakkını vermeme gibi olumsuz durumlarla da karşılaşılabilir.

4. Kaynakça

Aizenberg, I. N., Aizenberg, N. N., ve Vandewalle, J. (2000). *Multi-valued and universal binary neurons: Theory, learning and applications*. Leuven: Springer Science & Business Media.

Brandom, R. (2014). Why Facebook is beating the FBI at facial recognition. <https://www.theverge.com/2014/7/7/5878069/why-facebook-is-beating-the-fbi-at-facial-recognition>

Can, F., ve Yılmaz, A. (2019). *Hybrid Handwriting Character Recognition with Transfer Deep Learning*. Paper presented at the 2019 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU).

Cireşan, D., Meier, U., Masci, J., ve Schmidhuber, J. (2012). Multi-column deep neural network for traffic sign classification. *Neural networks*, 32(Special Issue), 333-338. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neunet.2012.02.023>

Dechter, R. (1986). *Learning while searching in constraint-satisfaction problems*. Paper presented at the Fifth AAAI National Conference on Artificial Intelligence, Philadelphia, Pennsylvania.

Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L.-J., Li, K., ve Fei-Fei, L. (2009). *Imagenet: A large-scale hierarchical image database*. Paper presented at the 2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition.

Fukushima, K. (1980). Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position. *Biological Cybernetics*, 36(4), 193-202.

- Gündel, N. (2018). Küresel kültürün Türk televizyonlarına yansımaları: Yabancı dizi dramaların yerel uygulamaları. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(77), 205-230.
- Huang, T. S. (1996). Computer vision: Evolution and promise. *19th CERN School of Computing*, 21-25. doi:<http://dx.doi.org/10.5170/CERN-1996-008.21>
- ImageNet. (2010). ImageNet summary and statistics. <http://image-net.org/about-stats>
- Kaya, U., ve Yılmaz, A. (2019). *Derin Öğrenme*. İstanbul: Kodlab Yayınları.
- Kızrak, M. A., ve Bolat, B. (2018). Derin Öğrenme ile Kalabalık Analizi Üzerine Detaylı Bir Araştırma. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 11(3), 263-286.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., ve Hinton, G. E. (2017). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6), 84-90. doi:10.1145/3065386
- McCulloch, W. S., ve Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The bulletin of mathematical biophysics*, 5(4), 115-133.
- Myers, A. (2016). Fei-Fei Li: How do we teach computers to understand the visual world? <https://engineering.stanford.edu/magazine/article/fei-fei-li-how-do-we-teach-computers-understand-visual-world>
- Ormanlı, O. (2013). Küreselleşme ve yerellik bağlamında günümüz Türk sineması. *The Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 3(2), 21-28.
- Öneren, M. (2013). İmaj yönetiminin tv dizi seyircileri üzerindeki etkisi. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 15(24), 75-85.
- Parkhi, O. M., Vedaldi, A., ve Zisserman, A. (2015). *Deep face recognition*. Paper presented at the British Machine Vision Conference, Swansea. <http://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/publications/2015/Parkhi15/poster.pdf>
- Sebe, N., Cohen, I., Garg, A., ve Huang, T. S. (2005). *Machine learning in computer vision*. Dordrecht: Springer.
- Simonite, T. (2014). Facebook creates software that matches faces almost as well as you do. <https://www.technologyreview.com/s/525586/facebook-creates-software-that-matches-faces-almost-as-well-as-you-do/>
- TheEconomist. (2016). From not working to neural networking. <https://www.economist.com/special-report/2016/06/23/from-not-working-to-neural-networking>
- Yüksel, H. (2018). Televizyonlardaki evlilik programlarında kadın kimliğinin temsili. *Kent Akademisi*, 11(4), 627-639.

YOUTUBE: MİLYARLARCA KULLANICI İÇİN ETKİLİ BİR PLATFORM

Atınc Yılmaz¹, Erol Özçekic², Ümit Yılmaz³

¹ Beykent Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği (Türkçe) Bölümü, İstanbul, Türkiye

atincyilmaz@beykent.edu.tr

² Balıkesir Üniversitesi, Bigadiç Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Elektrik Programı, Balıkesir, Türkiye

erolozcekic@balikesir.edu.tr

³ Balıkesir Üniversitesi, Bigadiç Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Lojistik Programı, Balıkesir, Türkiye

umityilmaz@balikesir.edu.tr

Özet

Video akış platformları, kullanıcıların ilgi alanlarına göre farklı teknoloji kullanıcılarıyla etkileşime girerek farklı mesajlar göndermelerini sağlayan en popüler ve önemli olan araçlardan biridir. Son zamanlarda, birçok farklı video akış platformu ortaya çıkmıştır. Bu duruma rağmen YouTube, büyük bir video kütüphanesine sahip olmasından, kullanıcı sayısından ve güvenlik konusunda üstün olmasından dolayı bu platformların lideri konumundadır. YouTube, Google'ın sahip olduğu bir video paylaşım platformudur ve kullanıcılar YouTube ortaklık programının bir parçası olarak bireylerin ve kuruluşların videoları görüntülemelerine, yüklemelerine, paylaşmalarına ve derecelendirmelerine olanak tanımaktadır. YouTube sanat, eğlence, eğitim ve daha birçok konuda farklı türde videolar sağlamaktadır. Ele alınan çalışmada kaggle internet sitesinden veri seti alınarak Socialblade şirketinin sağladığı en iyi 5000 YouTube kanalı hakkında bilgi verilmiştir. YouTube kanalının nasıl etkili olabileceğini ve ziyaretçilerin isteklerini anlamak için veri seti değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, yüksek dereceli kanalların yüksek performans gösterdiği ve abone sayısı ve kanal sıralaması ile video görüntüleme sayıları arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Youtube, video akış platformu, kanal performansı

1. Giriş

Her gün milyonlarca sosyal medya kullanıcısı tarafından artan miktarda içerik yayınlanmaktadır (Giglietto, Rossi, ve Bennato, 2012: 145). Video içerikleri, birçok organizasyon, bireysel etkileyiciler (fenomen) ve bu işi amatör olarak yürüten kitleler tarafından geniş kitlelere ulaşmayı sağlayan araçlardır. Similarweb.com raporuna göre YouTube, ziyaretçilerin ziyaret başına geçirdikleri ortalama süre 21 dakika 37 saniye, ziyaret başına görüntülenen ortalama internet sitesi sayfası 8,85 ve ziyaretçilerin internet sayfasından çıkmadan önce yalnızca 1 sayfa görüntüleme oranı %28,32 ile diğer video sağlayıcılarla karşılaştırıldığında en üst sırada yer almaktadır (SimilarWeb, 2019). İnternet sitelerinin sıralamalarına ilişkin detaylı bilgi Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 23: Sanat ve Eğlence> TV ve Videolar Kategorisinde Hizmet Veren İnternet Sitelerinin Sıralaması

Sıralama	İnternet Sitesi	Ortalama Ziyaret Süresi	Ziyaret Başına Görüntülenen Sayfa Sayısı	Hemen Çıkma Oranı
1	Youtube.com	00:21:52	9,02	%28,05
2	Netflix.com	00:08:50	4,56	%38,85
3	Ybuku.com	00:04:18	4,05	%35,51
4	Dailymotion.com	00:05:45	3,16	%64,63
5	Youtu.be	00:00:47	1,19	%90,08
6	Nicovideo.jp	00:11:10	6,32	%40,49
7	Xfinity.com	00:05:49	6,40	%33,44
8	Vimeo.com	00:03:22	3,66	%60,47
9	Hulu.com	00:13:29	4,19	%36,28
10	Hotstar.com	00:08:59	4,62	%35,98

Kanal bilgileri, analistlerin abone davranışlarını ve kanalların ne şekilde sıralandığını anlamalarına yardımcı olmaktadır. Analistler ise bu doğrultuda kanallara içerikleri üzerinde değer yaratmaları amacıyla önerilerde bulunmaktadır. Ele alınan çalışmada, abone sayısı ile kanal sınıfı ile video yükleme sayısı ile video görüntüleme sayısı arasındaki ilişkiler incelenecektir. Bunların yanı sıra kanal sınıfının, kanalın etkileyici (fenomen) bir kanal olarak tanımlanmasında ne şekilde yardımcı olduğu üzerine durulmuştur. Bahsi geçen bulguların elde edilebilmesi için veriler sırasıyla oluşturulmuş, düzenlenmiş, özetlenmiş ve görselleştirilmiştir.

2. Yöntem

Çalışmada nicel değişken olarak abone sayısı, video görüntüleme sayısı ve video yükleme sayısı kullanılmıştır. Nitel değişken olarak ise kanal sınıfı incelemeye alınmıştır. Sınıflandırma dereceleri A ++, A +, A, A- ve B +' dan oluşmaktadır. Çalışmada dikkate alınan sınıflandırma ölçütü, SocialBlade tarafından geliştirilen ve bir kanalın mevcut koşullarda ne kadar etkili olduğunu belirlemek için kullanılan özel bir ölçüttür (SocialBlade, 2019).

2.1. Veri Temizleme

Analize başlamadan önce veri setinin temiz ve analize hazır olduğundan emin olmak amacıyla herhangi bir birbirine karışmış ve yanlış yazılan verilerin olup olmadığını belirlemek ve için sayma fonksiyonundan faydalanılmıştır.

Tablo 2: Açıklayıcı İstatistikler: Video Yüklemeleri, Aboneler, Video görüntüleri

Değişken	Sınıf	Toplam Sayı	N	N*
Video Yüklemeleri	A-	1024	1024	0
	A	963	963	0
	A^	6	0	0
	A+	41	41	0
	A++	10	10	0
	B+	2956	2956	0
Aboneler	A-	1024	941	83
	A	963	897	66
	A^	6	3	3
	A+	41	40	1
	A++	10	10	0
	B+	2956	2722	234
Video Görüntüleme Sayısı	A-	1024	1024	0
	A	963	963	0
	A^	6	6	0
	A+	41	41	0
	A++	10	10	0
	B+	2956	2956	0

Veri temizleme işleminin sonucu olarak, 5000 kanaldan saf verilere sahip 4610 kanalın analize hazır olduğu tespit edilmiştir. Sınıflandırmaya ilişkin kesikli değişkenler Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3: Sınıflandırmaya İlişkin Kesikli Değişkenler

Sınıf	Sayı	Yüzde	Kümülatif Sayı	Kümülatif Yüzde
A	897	19,46	897	19,46
A-	941	20,41	1838	39,87
A+	40	0,87	1838	40,74
A++	10	0,22	1888	40,95
B+	2722	59,05	4610	100,00
Toplam	4610			

2.2. Açıklayıcı Analiz

Açıklayıcı istatistik olarak başlangıçta video yükleme sayısı, abone sayısı ve video görüntüleme sayısına ilişkin ortalama, standart sapma, minimum, medyan ve maksimum istatistiksel değerleri hesaplanmış ve Tablo 4'te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere en yüksek istatistiksel değerlere sahip olan değişken video görüntüleme sayısıdır. Bu değerler kanalların sıralamasının ve kanala ve kanal tarafından yayınlanan videolara olan izleme eğiliminin tespit edilmesinde faydalı olabilmektedir.

Tablo 4: Video Yükleme, Abone ve Video Görüntüleme Sayılarına İlişkin Açıklayıcı İstatistikler

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Medyan	Maksimum
Video Yükleme Sayısı	4086	17726	1	464	422326
Abone Sayısı	2621527	3927263	301	1350884	65995310
Video Görüntüleme Sayısı	1138403081	2068705923	75	536888609	47548839843

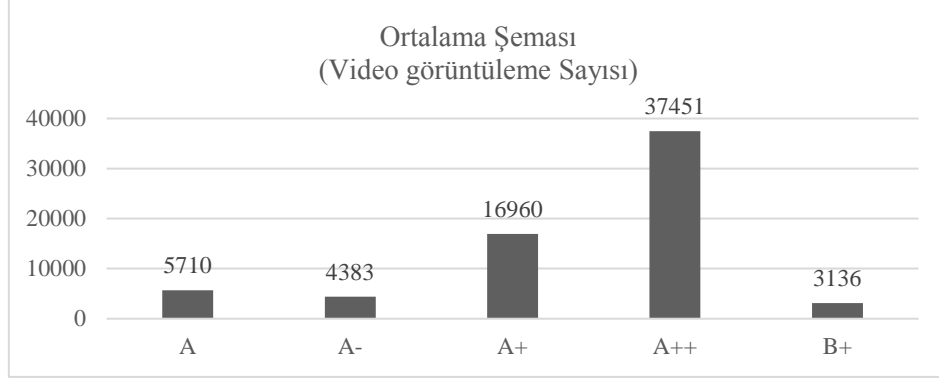
İlerleyen aşamada daha anlaşılır bir tablo elde etmek amacıyla değişkenler kanal sınıflarına göre kategorize edilmiş olup elde edilen bulgular Tablo 5'te gösterilmiştir. Bu sayede yüksek dereceyle sınıflandırılan kanalların daha fazla video yükleme, abone ve video görüntüleme sayılarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5: Derecelerine Göre Sınıflandırılmış Kanalların Video Yükleme, Abone ve Video Görüntüleme Sayılarına İlişkin Açıklayıcı İstatistikler

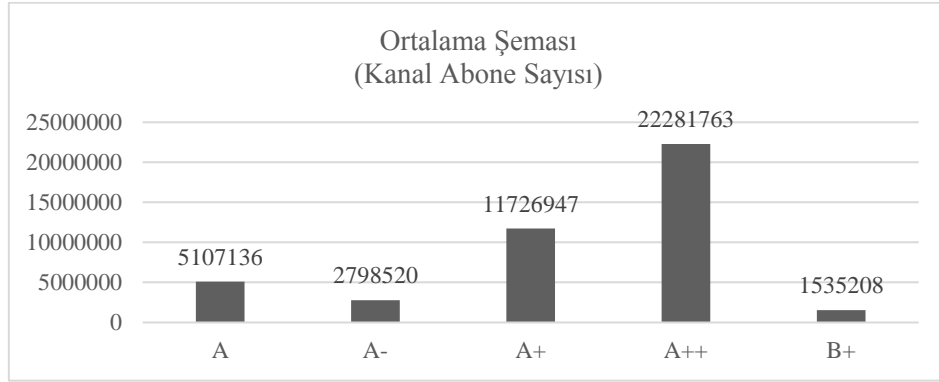
Değişken	Derece	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Medyan	Maksimum
Video Yükleme Sayısı	A	5710	18476	1	676	269065
	A-	4383	19086	2	499	355996
	A+	16960	35594	30	2361	186194
	A++	37451	36002	373	288783	1001470
	B+	3136	16224	1	402	422326
Abone Sayısı	A	5107136	5307592	394	3289111	34489432
	A-	2798520	3796188	2013	1767919	65995310
	A+	11726947	8470831	459906	11112896	39409726
	A++	22281763	16300359	2841811	17951328	61196302
	B+	1535208	2023774	301	944581	34480357
Video Görüntüleme Sayısı	A	2497972949	2817003712	222996	1584777454	17806717170
	A-	1102450028	1378870195	8496	694660092	18684630003
	A+	6168741773	4634546516	224608044	6170353759	19291034467
	A++	21199091193	11803641166	2591830307	21772867442	47548839843
	B+	555183839	639782576	75	369892285	6841746256

2.3. Görselleştirme

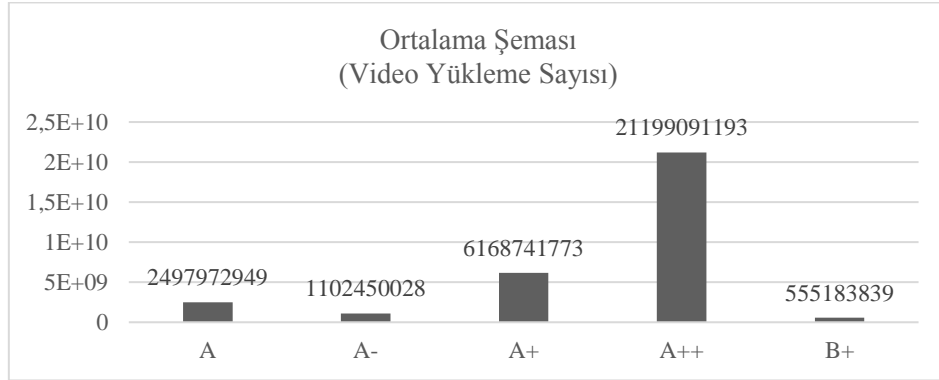
Verileri görselleştirmek için, değişkenlerin etkinliğini ve değişkenliğini belirlemek amacıyla her bir değişken için sınıflandırma derecesine göre ortalama istatistiksel değerine bağlı olarak bir çubuk grafik kullanılmıştır. Socialblade'in, üç değişkenin kombinasyonuna bağlı olarak kanalları sıralaması ve derecelendirmesi için aldığı ölçütlerden de fark edileceği üzere en yüksek abone ve en yüksek video görüntüleme sayısına sahip olan kanallar sıralamada önlere yer almaktadır. Bu durum Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 1. Ortalama Şeması (Video Görüntüleme Sayısı)



Şekil 2. Ortalama Şeması (Kanal Abone Sayısı)



Şekil 3. Ortalama Şeması (Video Yükleme Sayısı)

3. Sonuç

Değişkenler arasında doğrusal bir korelasyon vardır, en önemlisi, video görüntüleme sayısının yüksek olmasıdır. Bu senaryo ile ilgili ilk faktör, video izleyicilerinin sayısıdır. Bir sonraki faktör olarak da abone sayısı gelmektedir. Çünkü kanal ne kadar çok aboneye sahipse, kanal tarafından yayınlanan videoların bu aboneler tarafından sıradan izleyicilere göre daha fazla izlenme oranına sahip olma şansı vardır. Bunlara ek olarak, video yükleme sayısı diğer değişkenlere nazaran çok daha az önemlidir. Aboneler videoları beğenerek, paylaşarak ya da yorum yaparak etkileşimde bulunmaktadır. Bu yüzden, izleyiciler ilginç bir içerik bulduklarında kanaldan güncelleme beklemektedirler. Aksi takdirde o kanalı bırakıp başka bir kanal bulacaklardır.

4. Kaynakça

Giglietto, F., Rossi, L., ve Bennato, D. (2012). The open laboratory: Limits and possibilities of using Facebook, Twitter, and YouTube as a research data source. *Journal of Technology in Human Services*, 30(3-4), 145-159. doi:https://doi.org/10.1080/15228835.2012.743797

SimilarWeb. (2019). Top sites ranking for Arts And Entertainment > TV Movies And Streaming in the world. <https://www.similarweb.com/top-websites/category/arts-and-entertainment/tv-movies-and-streaming>

SocialBlade. (2019). What is the sb rank all about? <https://socialblade.com/youtube/help/what-is-sbrank-all-about>

CHEBYSHEV SERIES SOLUTION OF LINEAR SYSTEM OF FREDHOLM INTEGRO-DIFFERENTIAL DIFFERENCE EQUATIONS

Yalçın Öztürk^{1,*}, Mustafa Gülsu²

¹ Ula Ali Koçman Vocational High School, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey

yozturk@mu.edu.tr

² Department of Mathematics, Faculty of Science, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey

mgulsu@mu.edu.tr

* Corresponding author.

Abstract

In this paper, we present a numerical algorithm to figure out linear system of Fredholm integro-differential-difference equations with variable coefficients. The algorithm we have used is an improved collocation method. Numerical results uncover that the proposed method is respectably valid and efficient, it approximates the solution to a very high degree of accuracy with small terms. Additionally, we analogize some results such as maximum absolute errors and condition numbers.

Keywords:: Linear System of Fredholm-differential-difference Equations, Collocation Method, Error Estimation, Chebyshev Polynomials

1. Giriş

A systems of integro-differential-difference equations is essentially built with three part: Inegral part, differential part and difference part. These parts have important role in applied mathematics. If the integral part is Fredholm integral equation, the system is called Fredholm-integro-differential-difference equations. Many scientists put to use these type equations to analyse many more problems which are arise in applied sciences [1-6]. Certain mixed boundary value problems arising in electromagnetic theory lead to the problem of solving integro-differential equation systems [7]. The initial value problem for a nonlinear system of integro-differential equations was used to model the competition between tumor cells and the immune system [8].

The concept of a system of integro-differential equations has motivated a huge amount of research work in recent years. Several numerical methods have been used, such as the Chebyshev polynomial method [9-11], operational matrix method [12], Tau method [13], homotopy perturbation method [14-15].

This paper proposed aim of this paper is to develop the Chebyshev collocation method with matrix relations for a linear system of Fredholm-differential-difference equations: for $j = 0, 1, \dots, m$

$$\sum_{p=0}^l \sum_{k=0}^m H_{pk}^j(t) y_k^{(p)}(t) + \sum_{s=0}^n \sum_{k=0}^m P_{sk}^j(t) y_k^{(s)}(t - v_s) = \sum_{v=0}^m \sum_{u=0}^m \int_{a_{vu}}^{b_{vu}} K_{vu}^j(x, t) y_u(x) dx + f_j(t) \quad (1)$$

with conditions

$$\sum_{p=0}^{l-1} \sum_{q=0}^m c_{pq}^j y_q^{(p)}(a_p^j) = \lambda_j \quad (2)$$

where v_s and λ_k^j are constant and $f_j(t)$, $H_{pk}^j(t)$, $P_{sk}^j(t)$ and $K_k^j(x, t)$ are analytic functions. For numerical solution of Eq.(1) with initial conditions Eq.(2), we construct to the Chebyshev series solutions that is;

$$y_j^N(t) = \sum_{r=0}^N a_r^j T_r(t), \quad T_r(t) = \cos(r\theta), \quad r = \cos \theta, \quad j = 0, 1, \dots, m \quad (3)$$

where $T_r(t)$ denotes the Chebyshev polynomials of the first kind, a_r^j ($0 \leq r \leq N$) are unknown Chebyshev coefficients, and N is chosen any positive integer.

Collocation method with matrix relations have been used to solve differential-difference, pantograph equations, Fredholm-Volterra differential equations, singular equations by some authours[16-28].

The Chebyshev polynomials $T_r(t)$ of the first kind are the polynomials in t of degree r , defined by relation[16-18]

$$T_r(t) = \cos n\theta, \text{ when } t = \cos \theta$$

If the range of the variable t is the interval $[-1,1]$, the range the corresponding variables θ can be taken $[0, \pi]$. These polynomials have the following properties [16-18]:

i) $T_{r+1}(t)$ has exactly $r + 1$ real zeroes on the interval $[-1,1]$ (The Chebyshev-Gaus grid points). The i -th zero t_i of $T_{r+1}(t)$ is located at

$$t_i = \cos \frac{(2(r-i)+1)\pi}{2(r+1)}, \quad i = 0,1,\dots,N \quad (4)$$

ii) $T_r(t)$ is ortogonal on $[-1,1]$ with respect to the weight function $w(t) = (1-t^2)^{-\frac{1}{2}}$.

iii) It is well known that the relation between the powers t^n and the Chebyshev polynomials $T_r(t)$ is

$$t^{2r} = 2^{-2r+1} \sum_{s=0}^r \binom{r}{r-s} T_{2s}(t) \quad (5)$$

$$t^{2r+1} = 2^{-2r} \sum_{s=0}^r \binom{2r+1}{r-s} T_{2s+1}(t) \quad (6)$$

2. Fundamental Matrix Relations

To solve Eq.(1), we construct the following matrix realation: Using the Eq.(5) and Eq.(6), we have the matrix relations of solutions

$$y_j^N(t) = \mathbf{T}(t)\mathbf{A}^j, \quad j = 0,1,\dots,m \quad (7)$$

where

$$\mathbf{T}(t) = [T_0(t) T_1(t) \dots T_N(t)] \quad \mathbf{A}^j = [a_0^j \ a_1^j \dots \ a_N^j]^T$$

By using the expression (6) and taking $r = 0,1,\dots,N$ we find the corresponding matrix relation as follows

$$(\mathbf{Y}(t))^T = \mathbf{D}(\mathbf{T}(t))^T \quad \mathbf{Y}(t) = \mathbf{T}(t)\mathbf{D}^T \quad (8)$$

where

$$\mathbf{Y}(t) = [1 \ t \ \dots \ t^N]$$

and for odd N ,

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} \binom{0}{0} 2^1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \binom{1}{0} 2^0 & 0 & \dots & 0 \\ \frac{1}{2} \binom{2}{1} 2^{-1} & 0 & \binom{2}{0} 2^{-1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \binom{N}{(N-1)/2} & 0 & \dots & \binom{N}{0} 2^{1-N} \end{bmatrix}$$

for even N ,

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} \binom{0}{0} 2^1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \binom{1}{0} 2^0 & 0 & \dots & 0 \\ \frac{1}{2} \binom{2}{1} 2^{-1} & 0 & \binom{2}{0} 2^{-1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{2} \binom{N}{N/2} 2^{1-N} & 0 & \binom{N}{(N-2)/2} 2^{1-N} & \dots & \binom{N}{0} 2^{1-N} \end{bmatrix}$$

Then, by taking into account (8) we obtain

$$\mathbf{T}(t) = \mathbf{Y}(t)(\mathbf{D}^{-1})^T$$

and

$$(\mathbf{T}(t))^{(p)} = \mathbf{Y}^{(p)}(t)(\mathbf{D}^{-1})^T, \quad p = 0, 1, \dots, l \quad (9)$$

To obtain the matrix $\mathbf{Y}^{(k)}(t)$ in terms of the matrix $\mathbf{Y}(t)$, we can use the following relation:

$$\mathbf{Y}^{(p)}(t) = \mathbf{Y}(t)(\mathbf{B}^T)^p, \quad p = 0, 1, \dots, l \quad (10)$$

where $(\mathbf{B}^T)^0 = I_{(n+1) \times (n+1)}$ and

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 2 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & N & 0 \end{bmatrix}$$

Consequently, by substituting the matrix forms (10) and (11) into (9) and its derivatives, we get the approximate solution and its first-derivative of the matrix relations

$$y_j^N(t) = \mathbf{Y}(t)(\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}^j \quad \text{and} \quad (y_j^N(t))^{(p)} = \mathbf{Y}(t)(\mathbf{B}^T)^p (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}^j \quad (11)$$

Moreover, Using Eq.(7) and Eq.(9), we obtain the following matrix representation of $y_j^N(ut - v_s)$:

$$(y_j^N)^{(s)}(ut - v_s) = \mathbf{T}^{(s)}(t - v_s)\mathbf{A}^j = \mathbf{Y}^{(s)}(t - v_s)(\mathbf{D}^T)^{-1}\mathbf{A}^j, \quad j = 0,1,\dots,m \quad (12)$$

and using Binomial expansion, we obtain the following matrix relation between the matrices $\mathbf{Y}(t - v_s)$ and $\mathbf{Y}(t)$:

$$\mathbf{Y}^{(s)}(t - v_s) = \mathbf{Y}(t)(\mathbf{B}^T)^s \mathbf{B}_s \quad (13)$$

where

$$\mathbf{B}_s = \begin{bmatrix} \binom{0}{0}(-v_s)^0 & \binom{1}{1}(-v_s)^1 & \binom{2}{2}(-v_s)^2 & \dots & \binom{N}{N}(-v_s)^N \\ 0 & \binom{1}{0}(-v_s)^0 & \binom{2}{1}(-v_s)^1 & \dots & \binom{N}{N-1}(-v_s)^{N-1} \\ 0 & 0 & \binom{2}{0}(-v_s)^0 & \dots & \binom{N}{N-2}(-v_s)^{N-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \binom{N}{0}(-v_s)^0 \end{bmatrix}$$

So, using Eq.(12) and Eq.(13), we have the recurrence relations

$$(y_j^N(t - v_s))^{(s)} = \mathbf{Y}(t)(\mathbf{B}^T)^s \mathbf{B}_s (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}^j, \quad j = 0,1,\dots,m \quad (14)$$

Let assume that $K(t, s)$ can be expanded to univariate Chebyshev series with respect to t as follows:

$$K_{vu}^j(t, x) = \sum_{r=0}^N f_{vur}^j(t) T_r(x). \quad (15)$$

Then the matrix representations of the kernel function $K_k^j(t, x)$ become

$$K_{vu}^j(t, x) = \mathbf{F}_{vu}^j(t) \mathbf{T}^T(x) \quad (16)$$

where

$$\mathbf{F}_{vu}^j(t) = [f_{vu0}^j(t) \quad f_{vu1}^j(t) \quad f_{vu2}^j(t) \quad \dots \quad f_{vuN}^j(t)]$$

Substituting the relations (6) and (16) in integral part, we obtained

$$\begin{aligned} \sum_{v=0}^h \sum_{k=0}^m \int_{a_{vk}}^{b_{vk}} K_{vk}^j(x, t) y_k(x) dx &= \sum_{v=0}^h \sum_{k=0}^m \int_{a_{vk}}^{b_{vk}} F_{vk}^j(t) \mathbf{T}^T(x) \mathbf{T}(x) \mathbf{A}^k dx \\ &= \sum_{v=0}^h \sum_{k=0}^m \int_{a_{vk}}^{b_{vk}} F_{vk}^j(t) \mathbf{D}^{-1} \mathbf{Y}^T(x) \mathbf{Y}(x) (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}^k dx = \sum_{v=0}^h \sum_{k=0}^m F_{vk}^j(t) \mathbf{D}^{-1} \left(\int_{a_{vk}}^{b_{vk}} \mathbf{Y}^T(x) \mathbf{Y}(x) dx \right) (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}^k \\ &= \sum_{v=0}^h \sum_{k=0}^m F_{vk}^j(t) \mathbf{D}^{-1} \mathbf{Q}_{vk} (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}^k \end{aligned} \quad (17)$$

where

$$\mathbf{Q}_{vk} = \int_{a_{vk}}^{b_{vk}} \mathbf{Y}^T(x) \mathbf{Y}(x) dx$$

and

$$\mathbf{Q}_{vk} = [(q_{vk})_{ij}] = \frac{(b_{vk})^{i+j+1} - (a_{vk})^{i+j+1}}{i+j+1}, \quad i, j = 0, 1, \dots, N$$

3. Method of Solution

In this chapter, the fundamental matrix relation of Eq.(1) is constructed by using the matrix relations Eqs.(11),(14),(17). For this purpose, the matrix relations Eqs. (11), (14), (17) are replaced into Eq.(1). So, the following equation can be obtained

$$\begin{aligned} & \sum_{p=0}^l \sum_{k=0}^m H_{pk}^j(t) \mathbf{Y}(t) (\mathbf{B}^T)^p (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}^k + \sum_{s=0}^n \sum_{k=0}^m P_{sk}^j(t) \mathbf{Y}(t) (\mathbf{B}^T)^s \mathbf{B}_s (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}^k \\ & = f_j(t) + \sum_{v=0}^h \sum_{k=0}^m F_{vk}^j(t) \mathbf{D}^{-1} \mathbf{Q}_{vk} (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}^k \end{aligned} \quad (18)$$

then, it can be written as:

$$\left(\sum_{p=0}^n \mathbf{H}_p(t) \overline{\overline{\mathbf{Y}(t)}} (\overline{\overline{\mathbf{B}^T}})^p \mathbf{D} + \sum_{s=0}^n \mathbf{P}_s(t) \overline{\overline{\mathbf{Y}(t)}} (\overline{\overline{\mathbf{B}^T}})^s \overline{\overline{\mathbf{B}_s}} \mathbf{D} - \sum_{v=0}^h \mathbf{F}_v(t) \overline{\overline{\mathbf{D}^{-1}}} \mathbf{Q}_v \mathbf{D} \right) \mathbf{A} = \mathbf{F} \quad (19)$$

where

$$\begin{aligned} \overline{\overline{\mathbf{Y}(t)}} &= \begin{bmatrix} \mathbf{Y}(t) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{Y}(t) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{Y}(t) \end{bmatrix} & (\overline{\overline{\mathbf{B}^T}})^p &= \begin{bmatrix} (\mathbf{B}^T)^p & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & (\mathbf{B}^T)^p & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & (\mathbf{B}^T)^p \end{bmatrix} \\ (\overline{\overline{\mathbf{B}^T}})^s &= \begin{bmatrix} (\mathbf{B}^T)^s & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & (\mathbf{B}^T)^s & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & (\mathbf{B}^T)^s \end{bmatrix} & \mathbf{D} &= \begin{bmatrix} (\mathbf{D}^T)^{-1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & (\mathbf{D}^T)^{-1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & (\mathbf{D}^T)^{-1} \end{bmatrix} \\ \mathbf{P}_s(t) &= \begin{bmatrix} P_{s0}^0(t) & P_{s1}^0(t) & \cdots & P_{sn}^0(t) \\ P_{s0}^1(t) & P_{s1}^1(t) & \cdots & P_{sn}^1(t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{s0}^m(t) & P_{s1}^m(t) & \cdots & P_{sn}^m(t) \end{bmatrix} & \mathbf{H}_p(t) &= \begin{bmatrix} H_{p0}^0(t) & H_{s1}^0(t) & \cdots & H_{pl}^0(t) \\ H_{p0}^1(t) & H_{s1}^1(t) & \cdots & H_{pl}^1(t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{p0}^m(t) & H_{s1}^m(t) & \cdots & H_{pl}^m(t) \end{bmatrix} \\ \overline{\overline{\mathbf{B}_s}} &= \begin{bmatrix} \mathbf{B}_s & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{B}_s & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{B}_s \end{bmatrix} & \overline{\overline{\mathbf{D}^{-1}}} &= \begin{bmatrix} \mathbf{D}^{-1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{D}^{-1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{D}^{-1} \end{bmatrix} & \mathbf{F} &= \begin{bmatrix} f_0(t) \\ f_1(t) \\ \vdots \\ f_m(t) \end{bmatrix} & \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} \mathbf{A}^0 \\ \mathbf{A}^1 \\ \vdots \\ \mathbf{A}^m \end{bmatrix} \\ \mathbf{F}_v(t) &= \begin{bmatrix} \mathbf{F}_{v0}^0(t) & \mathbf{F}_{v1}^0(t) & \cdots & \mathbf{F}_{vm}^0(t) \\ \mathbf{F}_{v0}^1(t) & \mathbf{F}_{v1}^1(t) & \cdots & \mathbf{F}_{vm}^1(t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{F}_{v0}^m(t) & \mathbf{F}_{v1}^m(t) & \cdots & \mathbf{F}_{vm}^m(t) \end{bmatrix} & \overline{\overline{\mathbf{D}^{-1}}} &= \begin{bmatrix} \mathbf{D}^{-1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{D}^{-1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{D}^{-1} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\mathbf{Q}_v = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_{v0} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{Q}_{v1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{Q}_{vm} \end{bmatrix}$$

When the points of Chebyshev-Gauss grid are substituting in Eq.(16), the fundamental matrix equation of the system of Fredholm-differential-difference equations Eq.(1) is obtain

$$\left(\sum_{p=0}^n \overline{\mathbf{H}}_p \overline{\mathbf{Y}} (\mathbf{B}^T)^p \mathbf{D} + \sum_{s=0}^n \overline{\mathbf{P}}_s \overline{\mathbf{Y}} (\mathbf{B}^T)^s \overline{\mathbf{B}}_s \mathbf{D} - \sum_{v=0}^h \overline{\mathbf{F}}_v \mathbf{D}^{-1} \overline{\mathbf{Q}}_k \mathbf{D} \right) \mathbf{A} = \mathbf{F} \quad (20)$$

where

$$\overline{\mathbf{Y}} = \begin{bmatrix} \overline{\mathbf{Y}}(t_0) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \overline{\mathbf{Y}}(t_1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \overline{\mathbf{Y}}(t_N) \end{bmatrix} \quad \overline{\mathbf{P}}_s = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{s0} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{P}_{s1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{P}_{sN} \end{bmatrix}$$

$$\overline{\mathbf{H}}_p = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{p0} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{H}_{p1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{H}_{pN} \end{bmatrix} \quad \overline{\mathbf{F}} = \begin{bmatrix} \mathbf{F}_0 \\ \mathbf{F}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{F}_N \end{bmatrix} \quad \overline{\mathbf{F}}_v = \begin{bmatrix} \mathbf{F}_v(t_0) \\ \mathbf{F}_v(t_1) \\ \vdots \\ \mathbf{F}_v(t_N) \end{bmatrix}$$

where

$$\overline{\mathbf{Y}}(t_i) = \begin{bmatrix} \mathbf{Y}(t_i) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{Y}(t_i) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{Y}(t_i) \end{bmatrix} \quad \mathbf{H}_{pi} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_p(t_i) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{H}_p(t_i) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{H}_p(t_i) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{P}_{si} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_s(t_i) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{P}_s(t_i) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{P}_s(t_i) \end{bmatrix} \quad \mathbf{F}_i = \begin{bmatrix} f_0(t_i) \\ f_1(t_i) \\ \vdots \\ f_m(t_i) \end{bmatrix}$$

Hence, the matrix equation (17) corresponding to Eq.(1) can be written in the form

$$\mathbf{W}\mathbf{A} = \overline{\mathbf{F}} \quad \text{or} \quad \begin{bmatrix} \mathbf{W}; \overline{\mathbf{F}} \end{bmatrix} \quad (21)$$

where

$$\mathbf{W} = \sum_{p=0}^n \overline{\mathbf{H}}_p \overline{\mathbf{Y}} (\mathbf{B}^T)^p \mathbf{D} + \sum_{s=0}^n \overline{\mathbf{P}}_s \overline{\mathbf{Y}} (\mathbf{B}^T)^s \overline{\mathbf{B}}_s \mathbf{D} - \sum_{v=0}^m \overline{\mathbf{F}}_v \mathbf{D}^{-1} \overline{\mathbf{Q}}_k \mathbf{D}$$

Here, Eq.(21) corresponding to a system of $m(N+1)$ linear algebraic equations with $m(N+1)$ unknown Chebyshev coefficients.

We can obtain the corresponding matrix forms for conditions (2), by means of the relation (11) , as

$$\sum_{p=0}^{l-1} \sum_{q=0}^m c_{pq}^j \overline{\mathbf{Y}(a_p^j)} \overline{(\mathbf{B}^T)^p} \mathbf{D} \mathbf{A} = [\lambda_j] \quad , \quad -1 \leq a_p^j \leq 1 \quad , \quad j = 0,1,\dots,m \quad (22)$$

On the other hand, the matrix form for conditions can be written as

$$\mathbf{U} \mathbf{A} = \mathbf{G} \quad (23)$$

where for $a = 0,1,\dots,m$, $b = 0,1,\dots,m(N+1)$

$$\mathbf{U} = [u_{ab}] = \begin{bmatrix} \mathbf{U}_0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{U}_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{U}_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \mathbf{U}_m \end{bmatrix} \quad \mathbf{G} = \begin{bmatrix} \lambda_0 \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_m \end{bmatrix}$$

and

$$\mathbf{U}_j = \sum_{p=0}^{l-1} \sum_{q=0}^m c_{pq}^j \overline{\mathbf{Y}(a_p^j)} \overline{(\mathbf{B}^T)^p} \mathbf{D} \quad , \quad j = 0,1,\dots,m$$

We can obtain the approximate solutions of Eq.(1) with the conditions Eq.(2) by terms of Chebyshev polynomials. By replacing the conditions matrices (21) by the last l rows of the matrix (23) we obtain the new augmented matrix [12-19]

$$\overline{\mathbf{W}} \mathbf{A} = \dot{\mathbf{F}} \quad (24)$$

where

$$\overline{\mathbf{W}} = \begin{bmatrix} w_{00} & w_{01} & \cdots & w_{0 \times m(N+1)} \\ w_{10} & w_{11} & \cdots & w_{1 \times m(N+1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{m(N-1) \times 0} & w_{m(N-1) \times 1} & \cdots & w_{m(N-1) \times m(N+1)} \\ u_{00} & u_{01} & \cdots & u_{0 \times m(N+1)} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ u_{m0} & u_{m1} & \cdots & u_{m \times m(N+1)} \end{bmatrix}$$

and

$$\dot{\mathbf{F}} = \begin{bmatrix} \mathbf{F}_0 \\ \vdots \\ \mathbf{F}_{N-1} \\ \mathbf{G} \end{bmatrix}$$

3.1. Error Estimation

In this section, an error estimation for the approximate solution of Eq.(1) with given conditions Eq.(2) is obtained. Let us call $e_j^N(x) = y_j(x) - y_j^N(x)$ as the error function of the approximate solutions $y_j^N(x)$ to $y_j(x)$ where $y_j(x)$ is the exact solution of Eq.(1). Hence $y_j^N(x)$ satisfies the following equations [13,31]:

$$\sum_{p=0}^l \sum_{k=0}^m H_{pk}^j(t) (y_k^N(t))^{(p)} + \sum_{s=0}^n \sum_{k=0}^m P_{sk}^j(t) (y_k^N(u_s t - v_s))^{(s)} = \sum_{v=0}^h \sum_{k=0}^m \int_{a_{vk}}^{b_{vk}} F_{vk}^j(x,t) y_k(x) dx + f_j(t) + R_j^N(t) \quad (25)$$

with conditions

$$\sum_{p=0}^{l-1} \sum_{q=0}^m c_{pq}^j (y_q^N(t))^{(p)} (a_p^j) = \lambda_j \quad (26)$$

The perturbation term $R_j^N(t)$ can be obtained by substituting the computed solution $y_j^N(t)$ in to equation:

$$R_j^N(t) = \sum_{p=0}^l \sum_{k=0}^m H_{pk}^j(t) (y_k^N(t))^{(p)} + \sum_{s=0}^n \sum_{k=0}^m P_{sk}^j(t) (y_k^N(t - v_s))^{(s)} - \sum_{v=0}^h \sum_{k=0}^m \int_{a_{vk}}^{b_{vk}} F_{kv}^j(x,t) y_N(x) dx - f_j(t) \quad (27)$$

We run to find an approximation $e_j^N(x)$ to the error function $e_j^N(x)$ in the same way as we did before for the solution of Eq.(1).

Note that N is the degree of approximation of $y_j^N(x)$. By subtracting Eq.(22) and Eq.(23) from Eq.(1) and Eq.(2), respectively we have [13,31]

$$\sum_{p=0}^l \sum_{k=0}^m H_{pk}^j(t) ((y_k^N(t))^{(p)} - (y_k(t))^{(p)}) + \sum_{s=0}^n \sum_{k=0}^m P_{sk}^j(t) ((y_k^N(t - v_s))^{(s)} - (y_k(u_s t - v_s))^{(s)}) + \sum_{v=0}^h \sum_{k=0}^m \int_{a_{vk}}^{b_{vk}} F_{vk}^j(x,t) ((y_k^N(t)) - (y_k(t))) dx - R_j^N(t) \approx 0 \quad (28)$$

and

$$\sum_{p=0}^{l-1} \sum_{q=0}^m c_{pq}^j (y_q^N(t) - y_q(t))^{(p)} (a_p^j) = \lambda_j \quad (29)$$

or

$$\sum_{p=0}^l \sum_{k=0}^m H_{pk}^j(t) (e_N^j(t)) + \sum_{s=0}^n \sum_{k=0}^m P_{sk}^j(t) (e_N^j(t - v_s)) + \sum_{v=0}^h \sum_{k=0}^m \int_{a_{vk}}^{b_{vk}} F_{vk}^j(x,t) e_N^j(x) dx - R_j^N(t) \quad (30)$$

$$\sum_{p=0}^{l-1} \sum_{q=0}^m c_{pq}^j (e_N^j(t))^{(p)} (a_p^j) = \lambda_j \quad (31)$$

It should be noted that in order to construct the approximate $e_j^N(x)$ to $e_j^N(x)$, only the related equations like as in Section 2 needs to be recomputed and the structure of the method remains the same.

Also if we known the exact solution of problem, we can find error bound of method.

Theorem 1. The error in approximating $y(t)$ by sum of its first N terms is bounded the sum of the absolute values of all the neglected coefficients [16,18]. If

$$y_{app}(t) = \sum_{r=0}^N a_r T_r(t), \quad t \in [-1,1]$$

where $T_r(t)$ denotes the Chebyshev polynomials of the first kind, then

$$E_T(N) \equiv |y(t) - y_{app}(t)| \leq \sum_{n=N+1}^{\infty} |a_n| \quad (30)$$

for all $y(t)$, for all N .

If y_N is approximate solution of the collocation method and $f_N(x)$ is the N -th Chebyshev polynomial for $f(x)$, we can write $|f_N - y_N| = \varepsilon$, and absolute error function of the method is $|f - y_N| = e_N$. To obtain error bound by Theorem 1 we have

$$\begin{aligned} \sum_{n=N+1}^{\infty} |a_n| &\geq |f - f_N| = |f - f_N - y_N + y_N| \geq \|f_N - y_N\| - \|f - y_N\|, \\ \sum_{n=N+1}^{\infty} |a_n| &\geq |\varepsilon - e_N| \Rightarrow \varepsilon - \sum_{n=N+1}^{\infty} |a_n| \leq e_N \leq \varepsilon + \sum_{n=N+1}^{\infty} |a_n| \end{aligned}$$

Thus, we can write

$$e_N \leq \max_{x \in [-1,1]} \varepsilon + \sum_{n=N+1}^{\infty} |a_n| \quad (31)$$

which gives us error bound.

4. Examples

We illustrate the numerical solution with following examples. All numerical scheme are calculated by Maple 13. The absolute errors in Tables are the values of $N_e^j = |y_j(t) - y_j^N(t)|$, those at selected points. In Tables, $\max |y_j(t) - y_j^N(t)|$ is maximum absolute errors and $Cond(\overline{\mathbf{W}})$ is condition numbers of the matrix $\overline{\mathbf{W}}$.

Example 1. Consider the systems of Fredholm-delay-differential equations:

$$\begin{aligned} y_0''(t) - e^{-t} y_1'(t) - y_0(t) + y_1(t) + y_0(t-0.5) - y_1(t-0.5) &= \int_0^1 y_0(x) dx + \int_0^1 y_1(x) dx + f_0(t) \\ y_1''(t) + e^t y_0'(t) + y_0(t) - y_1(t) - y_0(t-0.5) + y_1(t-0.5) &= \int_0^1 y_0(x) dx - \int_0^1 y_1(x) dx + f_1(t) \end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned} f_0(t) &= e^{-t^2} + e^{-t} + e^{t-0.5} - e^{-t+0.5} - e + e^{-1} \\ f_1(t) &= e^{t^2} + e^t - e^{t-0.5} + e^{-t+0.5} + 2 - e - e^{-1} \end{aligned}$$

with conditions

$$y_0(0) = y_1(0) = y_0'(0) = 1, \quad y_1'(0) = -1.$$

We assume that the problem (28) possess Chebyshev polynomial solutions in the form

$$y_j^5(t) = \sum_{r=0}^5 a_r^j T_r(t), \quad j = 0,1$$

so that

$$\mathbf{P}_0(t) = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \mathbf{P}_1(t) = \begin{bmatrix} 0 & -e^{-t} \\ e^t & 0 \end{bmatrix} \mathbf{P}_2(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \mathbf{H}_0(t) = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$F_{00}^0(t) = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$F_{01}^0(t) = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$F_{00}^1(t) = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$F_{01}^1(t) = [-1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$\mathbf{Q}_{vk} = \int_{a_{vk}}^{b_{vk}} \mathbf{Y}^T(x) \mathbf{Y}(x) dx$$

where

$$\mathbf{Q}_{00} = \mathbf{Q}_{01} = [(q_{00})_{ij}] = \frac{(1)^{i+j+1} - (0)^{i+j+1}}{i+j+1}, \quad i, j = 0, 1, \dots, N$$

and we can rewrite

$$\mathbf{F}_0(t) = \begin{bmatrix} \mathbf{F}_{00}^0(t) & \mathbf{F}_{01}^0(t) \\ \mathbf{F}_{00}^1(t) & \mathbf{F}_{01}^1(t) \end{bmatrix}$$

For $N = 5$, the Chebyshev-Gaus grid points are

$$t_0 = -\cos\left(\frac{\pi}{12}\right), \quad t_1 = -\frac{\sqrt{2}}{2}, \quad t_2 = -\cos\left(\frac{5\pi}{12}\right), \quad t_3 = \cos\left(\frac{\pi}{12}\right), \quad t_4 = \frac{\sqrt{2}}{2}, \quad t_5 = \cos\left(\frac{\pi}{12}\right)$$

and the fundamental matrix form of the problem is defined by

$$\left(\overline{\mathbf{P}}_2 \overline{\mathbf{Y}} (\overline{\mathbf{B}}^T)^2 \overline{\mathbf{D}} - \overline{\mathbf{P}}_1 \overline{\mathbf{Y}} (\overline{\mathbf{B}}^T) \overline{\mathbf{D}} + \overline{\mathbf{P}}_0 \overline{\mathbf{Y}} \overline{\mathbf{D}} - \overline{\mathbf{H}}_0 \overline{\mathbf{Y}} \overline{\mathbf{B}}_0 \overline{\mathbf{D}} - \overline{\mathbf{F}}_0 \overline{\mathbf{D}}^{-1} \overline{\mathbf{Q}}_0 \overline{\mathbf{D}} \right) \mathbf{A} = \overline{\mathbf{F}} \quad (32)$$

where

$$\overline{\mathbf{P}}_0 = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{00} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{P}_{01} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{P}_{02} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{03} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{04} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{05} \end{bmatrix} \quad \overline{\mathbf{P}}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{P}_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{P}_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{13} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{14} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{15} \end{bmatrix}$$

$$\overline{\mathbf{P}}_2 = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{20} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{P}_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{P}_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{23} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{24} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{25} \end{bmatrix} \quad \overline{\mathbf{F}} = \begin{bmatrix} \mathbf{F}_0 \\ \mathbf{F}_1 \\ \mathbf{F}_2 \\ \mathbf{F}_3 \\ \mathbf{F}_4 \\ \mathbf{F}_5 \end{bmatrix}$$

$$\overline{\mathbf{B}^T} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}^T & 0 \\ 0 & \mathbf{B}^T \end{bmatrix} \quad \overline{\mathbf{B}_0} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_0 & 0 \\ 0 & \mathbf{B}_0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{D} = \begin{bmatrix} (\mathbf{D}^T)^{-1} & 0 \\ 0 & (\mathbf{D}^T)^{-1} \end{bmatrix} \quad \overline{\mathbf{D}^{-1}} = \begin{bmatrix} \mathbf{D}^{-1} & 0 \\ 0 & \mathbf{D}^T \end{bmatrix} \quad \mathbf{Q}_0 = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_{00} & 0 \\ 0 & \mathbf{Q}_{01} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}^0 \\ \mathbf{A}^1 \end{bmatrix}$$

and for $i = 0,1,2,\dots,5$

$$\mathbf{P}_{0i} = \mathbf{P}_0(t_i), \quad \mathbf{P}_{1i} = \mathbf{P}_1(t_i), \quad \mathbf{P}_{2i} = \mathbf{P}_2(t_i), \quad \mathbf{F}_i = \begin{bmatrix} f_0(t_i) \\ f_1(t_i) \end{bmatrix}$$

$$(\mathbf{D}^T)^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -3 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & -8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 16 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B}_0 = \begin{bmatrix} 1 & -0.5 & 0.25 & -0.125 & 0.0625 & -0.03125 \\ 0 & 1 & -1.0 & 0.75 & -0.5 & 0.3125 \\ 0 & 0 & 1 & -1.5 & 1.5 & -1.25 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -2.0 & 2.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B}^T = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{Q}_{00} = \mathbf{Q}_{01} = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 & 1/4 & 1/5 & 1/6 \\ 1/2 & 1/3 & 1/4 & 1/5 & 1/6 & 1/7 \\ 1/3 & 1/4 & 1/5 & 1/6 & 1/7 & 1/8 \\ 1/4 & 1/5 & 1/6 & 1/7 & 1/8 & 1/9 \\ 1/5 & 1/6 & 1/7 & 1/8 & 1/9 & 1/10 \\ 1/6 & 1/7 & 1/8 & 1/9 & 1/10 & 1/11 \end{bmatrix}$$

Moreover, the matrix form for conditions can be written as:

$$\begin{bmatrix} y_0(0) \\ y_1(0) \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{A}^0 \\ \mathbf{A}^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (33)$$

$$\begin{bmatrix} y_0'(0) \\ y_1'(0) \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & -3 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -3 & 0 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{A}^0 \\ \mathbf{A}^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

From system (29) and conditions (30), the new augmented matrix $\overline{\mathbf{W}}$ and \mathbf{F}^* is the systems of linear equations with ten unknowns, then solving this system, Chebyshev coefficients matrix are obtained as:

$$\mathbf{A}^0 = \begin{bmatrix} 1.265413 \\ 1.129505 \\ 0.270518 \\ 0.043774 \\ 0.005104 \\ 0.000363 \end{bmatrix} \quad \text{and} \quad \mathbf{A}^1 = \begin{bmatrix} 1.265315 \\ -1.132156 \\ 0.270032 \\ -0.045465 \\ 0.004716 \\ -0.000847 \end{bmatrix}$$

Thereby, the solutions of the problem for $N = 5$ become

$$y_0^5(t) = 1 + t + 0.500199t^2 + 0.167826t^3 + 0.040837t^4 + 0.005817t^5$$

$$y_1^5(t) = 1 - t + 0.502333t^2 - 0.164903t^3 + 0.037730t^4 - 0.013565t^5$$

Numerical results are in Tables 1 and 2, and in Fig.1-3.

Table 1: Numerical result for approximate solution of $y_0(t)$ in Example 1.

t	Exact						
	Solution	N=5	N _e =5	N=6	N _e =6	N=7	N _e =7
-1.0	0.367879	0.368479	0.599E-3	0.367902	0.234E-4	0.367876	0.278E-5
-0.8	0.449328	0.449804	0.478E-3	0.449341	0.128E-4	0.449326	0.212E-5
-0.6	0.548811	0.549152	0.341E-3	0.548815	0.359E-5	0.548809	0.167E-5
-0.4	0.670320	0.670511	0.191E-3	0.670319	0.620E-6	0.670318	0.114E-5
-0.2	0.818730	0.818788	0.574E-4	0.818730	0.450E-6	0.818730	0.400E-5
0.0	1.000000	1.000000	0.000E-0	1.000000	0.000E-0	1.000000	0.000E-0
0.2	1.221402	1.221461	0.588E-4	1.221404	0.150E-6	1.221402	0.371E-6
0.4	1.491824	1.491974	0.149E-3	1.491840	0.157E-4	1.491824	0.444E-6
0.6	1.822118	1.822015	0.103E-3	1.822176	0.573E-4	1.822120	0.161E-5
0.8	2.225540	2.223924	0.161E-3	2.225648	0.107E-3	2.225541	0.187E-6
1.0	2.718281	2.712097	0.618E-3	2.718312	0.309E-3	2.718239	0.419E-4

Table 2: Numerical result for approximate solution of $y_1(t)$ in Example 1.

t	Exact						
	Solution	N=5	N _e =5	N=6	N _e =6	N=7	N _e =7
-1.0	2.718281	2.718805	0.523E-3	2.718380	0.986E-4	2.718279	0.240E-5
-0.8	2.225540	2.226101	0.560E-3	2.225629	0.885E-4	2.225539	0.177E-5
-0.6	1.822118	1.822643	0.524E-3	1.822179	0.611E-4	1.822116	0.210E-5
-0.4	1.491824	1.492178	0.353E-3	1.491849	0.251E-4	1.491822	0.202E-5
-0.2	1.221402	1.221522	0.119E-4	1.221405	0.295E-5	1.221401	0.851E-6
0.0	1.000000	0.999999	0.200E-9	0.999999	0.000E-0	1.000000	0.000E-0
0.2	0.818730	0.818879	0.148E-3	0.818719	0.113E-4	0.818729	0.102E-5
0.4	0.670320	0.670807	0.487E-3	0.670246	0.737E-4	0.670317	0.221E-5
0.6	0.548811	0.549251	0.440E-3	0.548632	0.179E-4	0.548812	0.936E-6
0.8	0.449328	0.447929	0.139E-3	0.449183	0.145E-5	0.449332	0.379E-5
1.0	0.367879	0.360252	0.762E-2	0.368459	0.580E-4	0.367838	0.409E-4

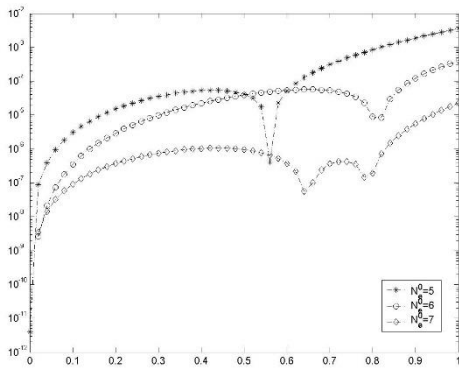


Fig. 1. Comparison of the absolute errors

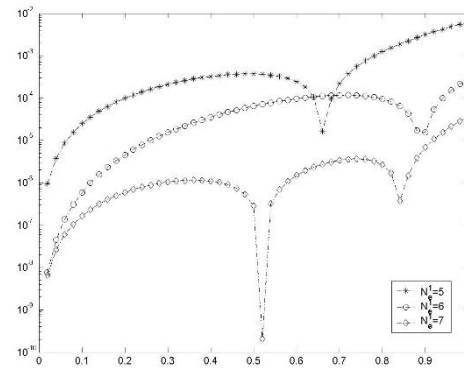


Fig. 2. Comparison of the absolute errors

for $y_0(t)$ in Ex. 1.

for $y_1(t)$ in Ex. 1.

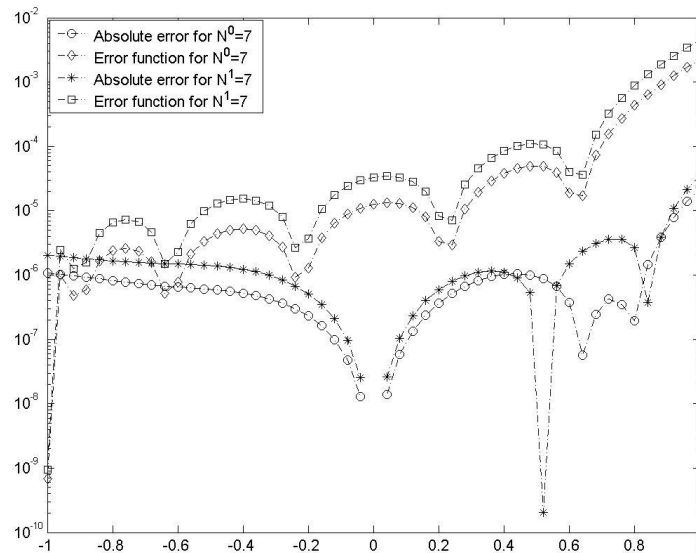


Fig.3: Comparison of the absolute errors and error estimation functions for $N = 7$ in Ex.1.

Example 2. Consider the two-dimensional systems of delay differential equations:

$$\begin{aligned} \dot{y}_0 &= ty_0 - y_1 + t^2 y_0(t-0.2) - ty_1(t-0.2) + ty_0(t-0.4) + t^2 y_1(t-0.4) + f_0 \\ \dot{y}_1 &= y_0 - ty_1 - ty_0(t-0.2) + t^2 y_1(t-0.2) - t^2 y_0(t-0.4) + y_1(t-0.4) + f_1 \\ y_0(0) &= 1, \quad y_1(0) = 0 \end{aligned}$$

and

$$\begin{aligned} f_0 &= -t \cos(t) - t^2 \cos(t-0.2) + t \sin(t-0.2) - t \cos(t-0.4) - t^2 \sin(t-0.4) \\ f_1 &= t \sin(t) + t \cos(t-0.2) - t^2 \sin(t-0.2) + t^2 \cos(t-0.4) - \sin(t-0.4) \end{aligned}$$

with exact solutions are $y_0 = \cos(t)$, $y_1 = \sin(t)$. We have solved this problem using the proposed method. The approximate solutions are obtained for $N = 6, 7, 8$ as follows:

$$y_0^6(t) = 1 - 0.3E - 14t - 0.499958t^2 - 0.361938E - 4t^3 + 0.041528t^4 + 0.206525E - 4t^5 - 0.125988E - 2t^6$$

$$y_1^6(t) = 0.1E - 14 + t + 0.136547E - 3t^2 - 0.166591t^3 - 0.392778E - 3t^4 + 0.806926E - 2t^4 + 0.806926E - 2t^5 + 0.272741E - 3t^6$$

$$y_0^7(t) = 1 + 0.267061E - 5t - 0.499997t^2 - 0.213670E - 4t^3 + 0.041646t^4 + 0.424638E - 4t^5 - 0.134713E - 5t^6 - 0.237871E - 4t^7$$

$$y_1^7(t) = 0.999999t + 0.169368E - 5t^2 - 0.166653t^3 - 0.512756E - 5t^4 + 0.830476E - 2t^5 + 0.381237E - 5t^6 - 0.178188E - 3t^7$$

$$y_0^8(t) = 1 - 0.499999t^2 - 0.250332E - 6t^3 + 0.041665t^4 + 0.518364E - 6t^4 - 0.138604E - 2t^6 - 0.271547E - 6t^7 + 0.229839E - 4t^8$$

$$y_1^8(t) = t - 0.904819E - 6t^2 - 0.166666t^3 - 0.482261E - 5t^4 + 0.833038E - 2t^5 + 0.799593E - 5t^6 - 0.193222E - 3t^7 - 0.408646E - 5t^8$$

In Table 3, we give the some numerical values such as maximum absolute errors, truncated errors, maximum values of the error estimated functions and condition numbers for various N . In Figs. 5 and 6, we compare the absolute errors for approximate solutions $N = 7, 8$ and in Figs. 7 and 8, we compare the error estimated functions $R_0^7(t)$ and $R_0^8(t)$, $R_1^7(t)$ and $R_1^8(t)$ respectively. Figs. 9 and 10 show the error estimation functions $R_0^8(t)$ and $R_1^8(t)$ for $-0.8 \leq t \leq 0.8$. These results reveal that the present method is very effective, convenient and very high agreement approximate solutions and exact solutions.

Table 3: Compare of some numerical values for Ex. 2.

	$N = 6$	$N = 7$	$N = 8$
$\max y_0(t) - y_0^N(t) $	0.782058E-5	0.101940E-5	0.527069E-7
$\max y_1(t) - y_1^N(t) $	0.305243E-4	0.170789E-6	0.187590E-7
$E_T^0(N)$	10^{-4}	10^{-4}	10^{-6}
$E_T^1(N)$	10^{-3}	10^{-5}	10^{-5}
$\max R_0^N(t) $	0.137599E-3	0.360555E-4	0.101696E-6
$\max R_1^N(t) $	0.100327E-3	0.172293E-4	0.381128E-5
$Cond(\overline{\mathbf{W}})$	1509	3699	8828

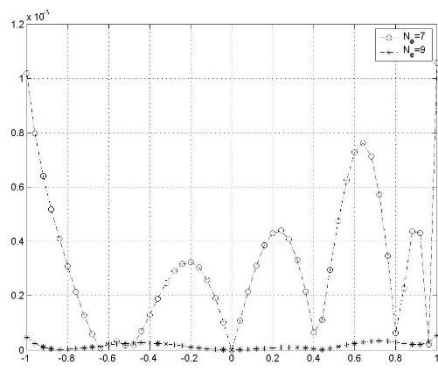


Fig. 5. Comparison of the absolute errors for $y_0(t)$ in Ex. 2.

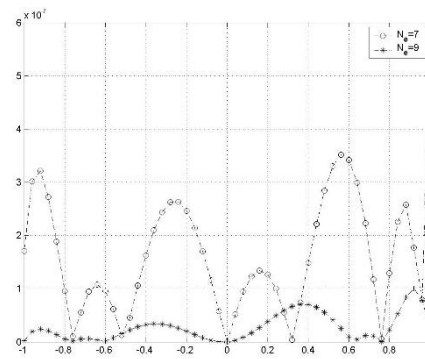


Fig. 6. Comparison of the absolute errors for $y_1(t)$ in Ex. 2.

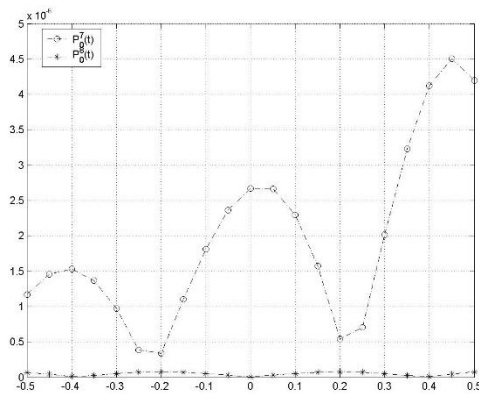


Fig. 7. Comparison of the error estimation functions for $y_0(t)$ in Ex. 2.

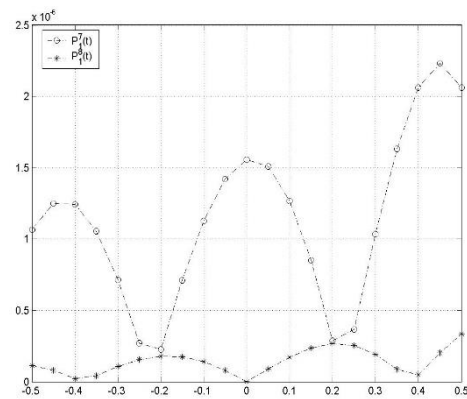


Fig. 8. Comparison of the the error estimation functions for $y_1(t)$ in Ex. 2.

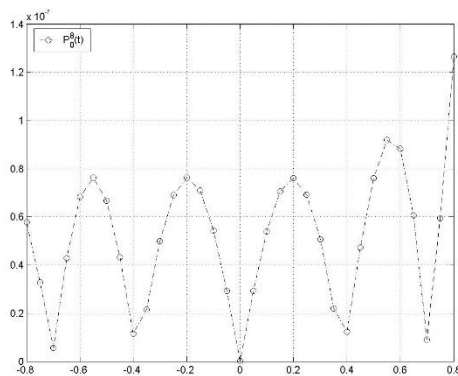


Fig. 9. Plot of the error estimation function for $y_0(t)$, $N=8$ in Ex. 2.

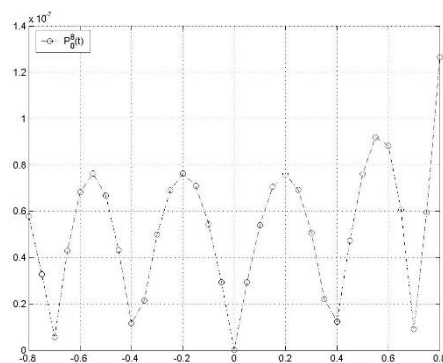


Fig. 10. Plot of the the error estimation function for $y_1(t)$, $N=8$ in Ex. 2.

Example 3. Consider the system of second order Fredholm-differential equations[11]:

$$y_0'' + t^2 y_0' + y_1' + 3y_0 - 4y_1 = -2x^3 - 2x^2 - 5x - 18 + \int_{-1}^1 (3y_0 + 2ty_1) dt$$

$$y_1'' + y_0' - 2y_1' - 2y_0 + y_1 = x^2 - \frac{20}{3}x - 5 + \int_{-1}^1 ((t-x)y_0 + 5t^2 y_1) dt$$

with conditions $y_0(1) = 0$, $y_1(1) = 2$, $y_0(0) = 0$, $y_1(0) = 2$. The fundamental matrix relation is constructed in Section 3 and solving the obtained systems for $N = 2,3$, we obtain the approximate solutions are

$$y_0(t) = -t^2 + t, \quad y_1(t) = -2t + 4$$

which are the exact solutions of this problem.

Example 4. Let us consider the following systems

$$y_0(t - 0.2) - e^t y_0(t) + te^{-t} y_1(t) = \int_0^1 2ty_1(x) dx + f_0(t)$$

$$y_1(t - 0.2) + te^t y_0(t) - e^{-t} y_1(t) = \int_0^1 txy_0(x) dx + f_1(x)$$

with initial condition $y_0(0) = 0$, $y_1(0) = 0$ where $f_0(t) = (t - 0.2)e^{-(t-0.2)} - 3t + t^2$,

$f_1(t) = (t - 0.2)e^{(t-0.2)} - (1 + 5e^{-1})t + t^2$. The exact solution of this system is $y_0(t) = te^{-t}$, $y_1(t) = te^t$. The computational results, which are obtained by present method are given in Table 4 and 5. Figs. 11 and 12 display comparison of the absolute errors for $-0.1 \leq t \leq 0.1$ and $-0.5 \leq t \leq 0.5$, for $y_0(t)$ and $N = 4,7,10$ respectively. Figs. 13 and 14 display comparison of the absolute errors for $-0.1 \leq t \leq 0.1$ and $-0.5 \leq t \leq 0.5$, for $y_1(t)$ and $N = 4,7,10$ respectively. Then, we compare the error estimation function and absolute errors in Figs. 15 and 16 for $-0.1 \leq t \leq 0.1$ and $-0.5 \leq t \leq 0.5$ respectively.

Table 4: Numerical result for approximate solution of $y_0(t)$ in Example 4.

t	Exact Solution	N=4	N _e =4	N=7	N _e =7	N=10	N _e =10
-1.0	-2.718281	-2.739099	0.208E-1	-2.718291	0.921E-5	-2.718281	0.183E-8
-0.6	-1.093171	-1.100872	0.760E-2	-1.093271	0.680E-7	-1.093171	0.210E-9
-0.2	-0.244280	-0.244280	0.000E-0	-0.244275	0.534E-5	-0.244280	0.10E-11
0.2	0.163746	0.163752	0.681E-5	0.163745	0.171E-6	0.163746	0.133E-8
0.6	0.329286	0.328014	0.127E-2	0.329294	0.710E-5	0.329286	0.358E-9
1.0	0.367879	0.324996	0.428E-1	0.367964	0.854E-4	0.367879	0.258E-7

Table 5: Numerical result for approximate solution of $y_1(t)$ in Example 4.

t	Exact	N=4		N=7		N=10	
	Solution	N=4	$N_e=4$	N=7	$N_e=7$	N=10	$N_e=10$
-1.0	-0.367879	-0.357473	0.104E-1	-0.367899	0.202E-4	-0.367879	0.334E-8
-0.6	-0.329286	-0.326518	0.276E-2	-0.329290	0.313E-5	-0.329286	0.841E-9
-0.2	-0.163746	-0.163746	0.000E-0	-0.163748	0.251E-5	-0.163746	0.20E-11
0.2	0.244280	0.247430	0.314E-2	0.244280	0.171E-6	0.244280	0.154E-8
0.6	1.093271	1.113325	0.200E-1	1.093267	0.416E-5	1.093271	0.650E-9
1.0	2.718281	2.729982	0.117E-1	2.718230	0.516E-4	2.718281	0.264E-7

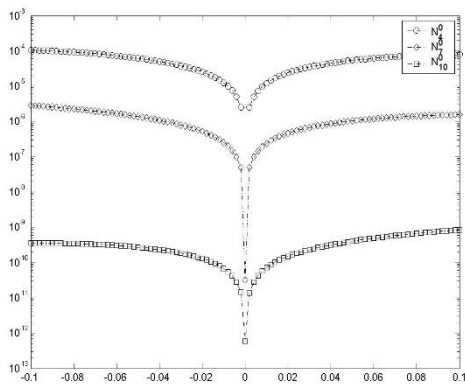


Fig. 11. Comparison of the absolute errors for $y_0(t)$ in Ex. 4.

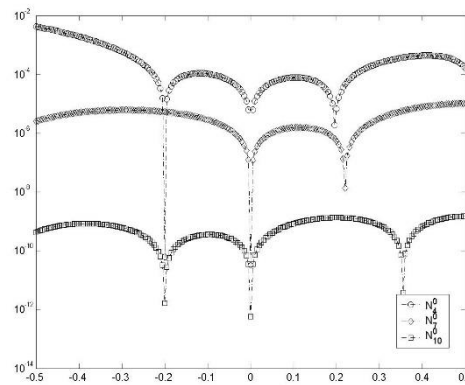


Fig. 12. Comparison of the absolute errors for $y_0(t)$ in Ex. 4.

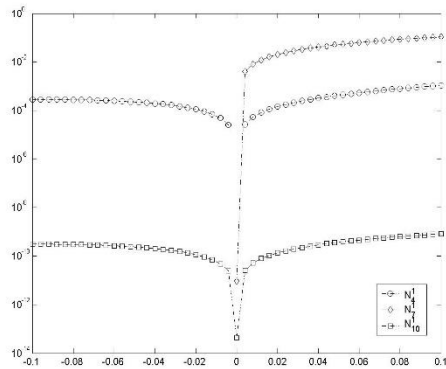


Fig. 13. Comparison of the absolute errors for $y_1(t)$ in Ex. 4.

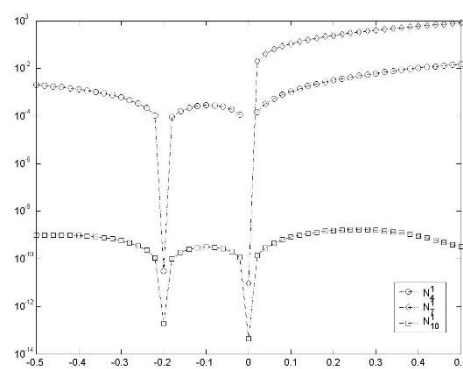


Fig. 14. Comparison of the absolute errors for $y_1(t)$ in Ex. 4.

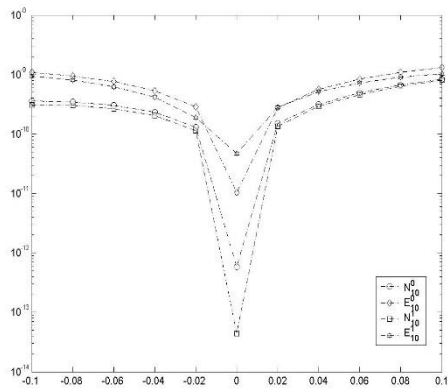


Fig. 15. Comparison of the absolute errors and error estimations for Ex. 4.

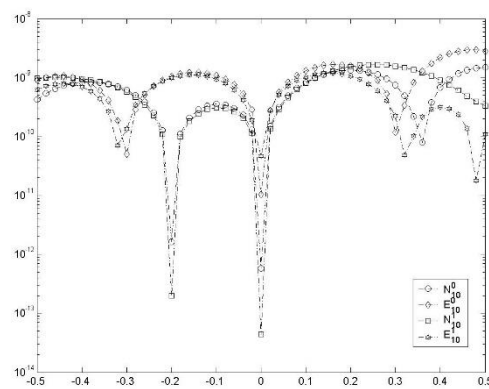


Fig. 16. Comparison of the absolute errors and error estimations in Ex. 4.

5. References

- [1] Jaswon M.A. and Symm G.T., Integral Equation Methods in Potential Theory and Elastostatics, Academic Press, London, 1977.
- [2] Delves L.M. and Mohamed J.L., Computational Methods for Integral Equations, Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
- [3] Schiavane P., Constanda C. and Mioduchowski A., Integral Methods in Science and Engineering, Birkhäuser, Boston, 2002.
- [4] Adams E. and Spreuer H., Uniqueness and stability for boundary value problems with weakly coupled systems of nonlinear integro-differential equations and application to chemical reactions, J. Math. Anal. Appl. 49, 393–410, 1975.
- [5] Holmaker K., Global asymptotic stability for a stationary solution of a system of integro-differential equations describing the formation of liver zones, SIAM J. Math. Anal. 24 (1), 116–128, 1993.
- [6] Kyselka A., Properties of systems of integro-differential equations in the statistics of polymer chains, Polym. Sci. USSR 19 (11), 2852–2858, 1987.
- [7] Bloom F., Asymptotic bounds for solutions to a system of damped integro-differential equations of electromagnetic theory, J. Math. Anal. Appl. 73, 524–542, 1980.
- [8] Bellomo N., Firmani B. and Guerri L., Bifurcation analysis for a nonlinear system of integro-differential equations modelling tumor–immune cells competition, Appl. Math. Lett. 12, 39–44, 1990.
- [9] Dascoglua A. and Sezer M., Chebyshev polynomial solutions of systems of higher-order linear Fredholm–Volterra integro-differential equations, J. Franklin. Inst. 342, 688–701, 2005.
- [10] Akyüz A. and Sezer M., Chebyshev polynomial solutions os systems of high-order linear differential equations with variable coefficients, Appl. Math. Comp. 144, 237-247, 2003.
- [11] Daşcıoğlu A.A. and Sezer M., Chebyshev polynomial solutions of systems of higher -order linear Fredholm–Volterra integro-differential equations, J. Frank. Inst. 342, 688-701, 2005.
- [12] Maleknejad K., Basirat B., and Hashemizadeh E., A Bernstein operational matrix approach for solving a system of high order linear Volterra–Fredholm integro-differential equations, Math. Comp. Model. 55, 1363-1372, 2012.
- [13] Pour-Mahmoud J., Rahimi-Ardabili M.J. and Shahmorad S., Numerical solution of the system of Fredholm integro-differential equations by the Tau method, Appl. Math. Comp. 168, 465-478, 2012.
- [14] Yusufoglu E., A homotopy perturbation algorithm to solve a system of Fredholm Volterra type integral equations, Math. Comput. Modelling 47, 1099–1107, 2008.
- [15] Javidi M., Modified homotopy perturbation method for solving system of linear Fredholm integral equations, Math. Comput. Modelling 50, 159–165, 2009.
- [16] Mason J.C. and Handscomb D.C., Chebyshev polynomials, Chapman and Hall/CRC, New York, 2003.
- [17] Fox L. and Parker I.B., Chebyshev Polynomials in Numerical Analysis, Oxford University Press, London, 1968.
- [18] Body J.P., Chebyshev and fourier spectral methods, University of Michigan, New York, 2000.
- [19] Yalçınbas S., Aynigül M. And Sezer M., A collocation method using Hermite polynomials for approximate solution of pantograph equations, J. Franklin I. 348, 1128–1139, 2011.

- [20] Işık O.R., Günay Z. and Sezer M., Bernstein series solution of pantograph equations using ploynomial interpolation, J. Diff. Equa. Appl. 18(3), 357-374, 2012.
- [21] Gülsu M. and Öztürk Y., Approximate solution of linear generalized pantograph equations with variable coefficients on Chebyshev-Gauss grid, J. Avdan. Research Scie. Comp. 4(1), 36-51, 2012.
- [22] Gülsu M., Öztürk Y. and Sezer M., A new Chebyshev polynomial approximation for solving delay differential equations, J. Diff. Equa. Appl. 18(6), 1043-1065, 2012.
- [23] Sezer M. and Akyuz-Dascioglu A., A Taylor method for numerical solution of generalized pantograph equations with linear functional argument, J. Comput. Appl. Math. 200, 217-225, 2007.
- [24] Öztürk Y., Gülsu M. and Sezer M., Chebyshev polynomial bases for solving linear Fredholm-Volterra integro-differential-delay-difference equations, Inter. J. Math. Comp. 10, M11, 2011.
- [25] Gülsu M., Öztürk Y. and Sezer M., Numerical solution of singular integro-differential equations with Cauchy kernel, World Appl. Scie. J. 13(12), 2420-2427, 2011.
- [26] Gülsu M. and Öztürk Y., Approximate solution of singular-perturbation problem on Chebyshev-Gauss grid, American J. Comp. Math. 1(4), 209-218, 2011.
- [27] Vanani S.K. and Aminataei A., Operational Tau approximation for a general class of fractional integro-differential equations, Comp. Appl. Math. 30(3), 655-674, 2011.
- [28] Bülbül B. and Sezer M., Numerical solution of Duffing equation by using an improved Taylor matrix method, J. Appl. Math. ID691614, 2013.

THE CHEBSHEV COLLOCATION METHOD FOR THE APPROXIMATE SOLUTION OF SYSTEM OF PANTOGRAPH EQUATIONS

Yalçın Öztürk^{1,*}, Mustafa Gülsu²

¹ Ula Ali Koçman Vocational High School, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey

yozturk@mu.edu.tr

² Department of Mathematics, Faculty of Science, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey

mgulsu@mu.edu.tr

* Corresponding author.

Abstract

In this paper, a numerical algorithm to solve system of pantograph equations is presented. This algorithm based on Chebyshev collocation method. The given method makes over the system of pantograph equations and the conditions into matrix equation. This matrix equation represent a system of linear algebraic equation. We compare of some numerical values such as maximum absolute errors, truncated errors, maximum values of the error estimated functions and condition numbers in examples. Additionally, the present method has been compared with other methods and the results are discussed. The numerical results discover the superior accuracy and usefulness of the described method.

Keywords: *Systems of Pantograph Equation, Chebyshev Collocation Method, Numerical Method*

1. Introduction

The name pantograph originates from the work of Ockendon and Taylor[1] on the current collection by the catenary system of the electric locomotive. The pantograph equation is a special case of delay differential equations that arise in quite different fields of pure and applied mathematics such as number theory, dynamical systems, probability, quantum mechanics and electro-dynamics, population dynamics, infectious diseases, physiological and pharmaceutical kinetics and chemical kinetics, the navigational control of ships and aircraft and control problems and electronic systems and some authors present numerical solution method[2-12].

The primary aim of this paper is to develop the Chebyshev collocation method for a system of multipantograph equations:

$$y_j'(t) = f_j(t) + \sum_{s=0}^n \sum_{k=0}^m P_{sk}^j(t) y_k(q_s t), \quad j = 0, 1, \dots, m \quad (1)$$

with conditions

$$y_j(a_j) = \lambda_j, \quad -1 \leq a_j \leq 1 \quad (2)$$

where q_{sk}^j and λ_j are constant and $f_j(t)$ and $P_{sk}^j(t)$ are analytic functions.

In recently years, Chebyshev collocation method using for solving linear Fredholm, Volterra integro-differential difference equation [12-17] and nonlinear differential equation such as Abel equation[18-19]. In this article, we construct to the shifted Chebyshev series solutions that is;

$$y_j^N(t) = \sum_{r=0}^N a_r^j T_r(t), \quad T_r(t) = \cos(r\theta), \quad r = \cos \theta \quad (3)$$

where $T_r(t)$ denotes the Chebyshev polynomials of the first kind, a_r^j ($0 \leq r \leq N$) are unknown Chebyshev coefficients, and N is chosen any positive integer.

The Chebyshev polynomials $T_r(t)$ of the first kind are the polynomials in t of degree r , defined by relation[20]

$$T_r(t) = \cos n\theta, \quad \text{when } t = \cos \theta$$

If the range of the variable t is the interval $[-1,1]$, the range the corresponding variables θ can be taken $[0, \pi]$. These polynomials have the following properties [20-21]:

i) $T_{r+1}(t)$ has exactly $r+1$ real zeroes on the interval $[-1,1]$ (The Chebyshev-Gaus grid points). The i -th zero t_i of $T_{r+1}(t)$ is located at

$$t_i = \cos \frac{(2(r-i)+1)\pi}{2(r+1)}, \quad i = 0, 1, \dots, N \quad (4)$$

ii) $T_r(t)$ is orthogonal on $[-1,1]$ with respect to the weight function $w(t) = (1-t^2)^{-\frac{1}{2}}$.

iii) It is well known that the relation between the powers t^n and the Chebyshev polynomials $T_r(t)$ is

$$t^{2r} = 2^{-2r+1} \sum_{s=0}^r \binom{r}{r-s} T_{2s}(t) \quad (5)$$

$$t^{2r+1} = 2^{-2r} \sum_{s=0}^r \binom{2r+1}{r-s} T_{2s+1}(t) \quad (6)$$

2. Fundamental Matrix Relations

To solve Eqs.(1), we construct the following matrix relation: Using the Eq.(5) and Eq.(6), we have the matrix relations of solutions

$$y_j^N(t) = \mathbf{T}(t) \mathbf{A}^j, \quad j = 0, 1, \dots, n \quad (7)$$

where

$$\mathbf{T}(t) = [T_0(t) \ T_1(t) \ \dots \ T_N(t)] \quad \mathbf{A}^j = [a_0^j \ a_1^j \ \dots \ a_N^j]^T$$

By using the expression (6) and taking $r = 0, 1, \dots, N$ we find the corresponding matrix relation as follows

$$(\mathbf{Y}(t))^T = \mathbf{D}(\mathbf{T}(t))^T \quad \text{and} \quad \mathbf{Y}(t) = \mathbf{T}(t) \mathbf{D}^T \quad (8)$$

where

$$\mathbf{Y}(t) = [1 \ t \ \dots \ t^N]$$

and for odd N ,

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} \binom{0}{0} 2^1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \binom{1}{0} 2^0 & 0 & \dots & 0 \\ \frac{1}{2} \binom{2}{1} 2^{-1} & 0 & \binom{2}{0} 2^{-1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \binom{N}{(N-1)/2} & 0 & \dots & \binom{N}{0} 2^{1-N} \end{bmatrix}$$

for even N ,

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} \binom{0}{0} 2^1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \binom{1}{0} 2^0 & 0 & \dots & 0 \\ \frac{1}{2} \binom{2}{1} 2^{-1} & 0 & \binom{2}{0} 2^{-1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{2} \binom{N}{N/2} 2^{1-N} & 0 & \binom{N}{(N-2)/2} 2^{1-N} & \dots & \binom{N}{0} 2^{1-N} \end{bmatrix}$$

Then, by taking into account (8) we obtain

$$\mathbf{T}(t) = \mathbf{Y}(t)(\mathbf{D}^{-1})^T$$

and

$$(\mathbf{T}(t))^{(k)} = \mathbf{Y}^{(k)}(t)(\mathbf{D}^{-1})^T, \quad k = 0,1 \quad (9)$$

To obtain the matrix $\mathbf{Y}^{(k)}(t)$ in terms of the matrix $\mathbf{Y}(t)$, we can use the following relation:

$$\mathbf{Y}^{(k)}(t) = \mathbf{Y}(t)(\mathbf{B}^T)^k, \quad k = 0,1 \quad (10)$$

where $(\mathbf{B}^T)^0 = I_{(n+1) \times (n+1)}$ and

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 2 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & N & 0 \end{bmatrix}$$

Consequently, by substituting the matrix forms (10) and (11) into (9) and its derivatives, we get the approximate solution and its first-derivative of the matrix relations

$$y_j^N(t) = \mathbf{Y}(t)(\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}^j \quad \text{and} \quad y_j^{N'}(t) = \mathbf{Y}(t) \mathbf{B}^T (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}^j \quad (11)$$

Moreover, Using Eq.(7) and Eq.(9), we obtain the following matrix representation of $y_j^N(q_s t)$

$$y_j^N(q_s t) = \mathbf{T}(q_s t) \mathbf{A}^j = \mathbf{Y}(q_s t) (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}^j, \quad j = 0,1, \dots, m \quad (12)$$

and using Binomial expansion, we obtain the following matrix relation between the matrices $\mathbf{Y}(q_s t)$ and $\mathbf{Y}(t)$:

$$\mathbf{Y}(q_s t) = \mathbf{B}_s \mathbf{Y}(t) \quad (13)$$

where

$$\mathbf{B}_s = \begin{bmatrix} (q_s)^0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & (q_s)^1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & (q_s)^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & (q_s)^N \end{bmatrix}$$

So, using Eq.(12) and Eq.(13), we have the recurrence relations

$$y_j^N(q_s t) = \mathbf{Y}(t)\mathbf{B}_s(\mathbf{D}^T)^{-1}\mathbf{A}^j, \quad j = 0,1,\dots,m \quad (14)$$

3. Method of Solution

We are now ready to construct the fundamental matrix equation corresponding to Eq.(1). For this purpose, we substitute the matrix relations Eq.(11) and Eq.(14) into Eq.(1) and obtain the matrix equation:

$$\mathbf{Y}(t)\mathbf{B}^T(\mathbf{D}^T)^{-1}\mathbf{A}^j = f_j(t) + \sum_{s=0}^n \sum_{k=0}^m P_{sk}^j(t)\mathbf{Y}(t)\mathbf{B}_s(\mathbf{D}^T)^{-1}\mathbf{A}^k, \quad j = 0,1,\dots,m \quad (15)$$

then, it can be written as:

$$\left(\overline{\overline{\mathbf{Y}\mathbf{B}^T\mathbf{D}}} - \sum_{s=0}^n \overline{\overline{\mathbf{P}_s\mathbf{Y}\mathbf{B}_s\mathbf{D}}} \right) \mathbf{A} = \mathbf{F} \quad (16)$$

where

$$\begin{aligned} \overline{\overline{\mathbf{Y}(t)}} &= \begin{bmatrix} \mathbf{Y}(t) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mathbf{Y}(t) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \mathbf{Y}(t) \end{bmatrix} & \overline{\overline{\mathbf{B}^T}} &= \begin{bmatrix} \mathbf{B}^T & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mathbf{B}^T & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \mathbf{B}^T \end{bmatrix} \\ \mathbf{D} &= \begin{bmatrix} (\mathbf{D}^T)^{-1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & (\mathbf{D}^T)^{-1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & (\mathbf{D}^T)^{-1} \end{bmatrix} & \mathbf{P}_s(t) &= \begin{bmatrix} P_{s0}^0(t) & P_{s1}^0(t) & \dots & P_{sn}^0(t) \\ P_{s0}^1(t) & P_{s1}^1(t) & \dots & P_{sn}^1(t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{s0}^m(t) & P_{s1}^m(t) & \dots & P_{sn}^m(t) \end{bmatrix} \\ \overline{\overline{\mathbf{B}_s}} &= \begin{bmatrix} \mathbf{B}_s & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mathbf{B}_s & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \mathbf{B}_s \end{bmatrix} & \mathbf{F} &= \begin{bmatrix} f_0(t) \\ f_1(t) \\ \vdots \\ f_m(t) \end{bmatrix} & \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} \mathbf{A}^0 \\ \mathbf{A}^1 \\ \vdots \\ \mathbf{A}^m \end{bmatrix} \end{aligned}$$

When the points of Chebyshev-Gauss grid are substituting in Eq.(16), the fundamental matrix equation of the system of multipantograph equations Eq.(1) is obtain

$$\left(\overline{\overline{\mathbf{Y}\mathbf{B}^T\mathbf{D}}} - \sum_{s=0}^n \overline{\overline{\mathbf{P}_s\mathbf{Y}\mathbf{B}_s\mathbf{D}}} \right) \mathbf{A} = \overline{\overline{\mathbf{F}}} \quad (17)$$

$$\bar{\mathbf{Y}} = \begin{bmatrix} \overline{\mathbf{Y}(t_0)} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \overline{\mathbf{Y}(t_1)} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \overline{\mathbf{Y}(t_N)} \end{bmatrix} \quad \bar{\mathbf{P}}_s = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{s0} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{P}_{s1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{P}_{sN} \end{bmatrix} \quad \bar{\mathbf{F}} = \begin{bmatrix} \mathbf{F}_0 \\ \mathbf{F}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{F}_N \end{bmatrix}$$

where

$$\overline{\mathbf{Y}(t_i)} = \begin{bmatrix} \mathbf{Y}(t_i) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{Y}(t_i) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{Y}(t_i) \end{bmatrix} \quad \mathbf{P}_{si} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_s(t_i) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{P}_s(t_i) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \mathbf{P}_s(t_i) \end{bmatrix} \quad \mathbf{F}_i = \begin{bmatrix} f_0(t_i) \\ f_1(t_i) \\ \vdots \\ f_m(t_i) \end{bmatrix}$$

where the dimension of matrices $\bar{\mathbf{Y}}$, $\bar{\mathbf{B}}^T$, \mathbf{D} , $\bar{\mathbf{P}}_k$, $\bar{\mathbf{B}}_k$ diagonal matrices and the dimension of these matrices are $m(N+1) \times m(N+1)$, $\mathbf{P}_k(t)$, \mathbf{B}_k are $(m+1) \times (s+1)$ and $\bar{\mathbf{F}}$ is $m(N+1) \times 1$.

Hence, the matrix equation (17) corresponding to Eq.(1) can be written in the form

$$\mathbf{W}\mathbf{A} = \bar{\mathbf{F}} \quad \text{or} \quad \begin{bmatrix} \mathbf{W}; \bar{\mathbf{F}} \end{bmatrix} \quad (18)$$

where

$$\mathbf{W} = \bar{\mathbf{Y}}\bar{\mathbf{B}}^T\mathbf{D} - \sum_{s=0}^n \bar{\mathbf{P}}_s\bar{\mathbf{Y}}\bar{\mathbf{B}}_s\mathbf{D}$$

Here, Eq.(18) corresponding to a system of $m(N+1)$ linear algebraic equations with $m(N+1)$ unknown Chebyshev coefficients.

We can obtain the corresponding matrix forms for conditions (2), by means of the relation (11), as

$$y_j(a_j) = \mathbf{Y}(a_j)(\mathbf{D}^T)^{-1}\mathbf{A}^j = [\lambda_j] \quad -1 \leq a_j \leq 1 \quad j = 0,1,\dots,m \quad (19)$$

On the other hand, the matrix form for conditions can be written as

$$\mathbf{U}\mathbf{A} = \mathbf{G} \quad (20)$$

where for $p = 0,1,\dots,m$, $q = 0,1,\dots,m(N+1)$

$$\mathbf{U} = [u_{pq}] = \begin{bmatrix} \mathbf{U}_0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{U}_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{U}_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \mathbf{U}_m \end{bmatrix} \quad \mathbf{G} = \begin{bmatrix} \lambda_0 \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_m \end{bmatrix}$$

and

$$\mathbf{U}_j = \mathbf{Y}(a_j)(\mathbf{D}^T)^{-1} \quad j = 0,1,\dots,m$$

We can obtain the approximate solutions of Eq.(1) with the conditions Eq.(2) by terms of Chebyshev polynomials. By replacing the conditions matrices (20) by the last m rows of the matrix (18) we obtain the new augmented matrix [12-19]

$$\overline{\mathbf{W}} \mathbf{A} = \dot{\mathbf{F}} \quad (21)$$

where

$$\overline{\mathbf{W}} = \begin{bmatrix} W_{00} & W_{01} & \cdots & W_{0 \times m(N+1)} \\ W_{10} & W_{11} & \cdots & W_{1 \times m(N+1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{m(N-1) \times 0} & W_{m(N-1) \times 1} & \cdots & W_{m(N-1) \times m(N+1)} \\ u_{00} & u_{01} & \cdots & u_{0 \times m(N+1)} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ u_{m0} & u_{m1} & \cdots & u_{m \times m(N+1)} \end{bmatrix}$$

and

$$\dot{\mathbf{F}} = \begin{bmatrix} \mathbf{F}_0 \\ \vdots \\ \mathbf{F}_{N-1} \\ \mathbf{G} \end{bmatrix}$$

So, we obtained to a system of $m(N+1) \times m(N+1)$ linear algebraic equations with $m(N+1)$ unknown Chebyshev coefficients. If $\text{rank } \overline{\mathbf{W}} = \text{rank}[\overline{\mathbf{W}}; \dot{\mathbf{F}}] = m(N+1)$, then we can be write $\mathbf{A} = (\overline{\mathbf{W}})^{-1} \dot{\mathbf{F}}$. Thus, the matrix \mathbf{A} (thereby the coefficients matrix \mathbf{A}^j , $j = 0, 1, \dots, m$) is uniquely determined. Also the Eq.(1) with conditions (2) has a unique solution. On the other hand, when $|\overline{\mathbf{W}}| = 0$, if $\text{rank } \overline{\mathbf{W}} = \text{rank}[\overline{\mathbf{W}}; \dot{\mathbf{F}}] < m(N+1)$, then we may find a particular solution. Otherwise if $\text{rank } \overline{\mathbf{W}} \neq \text{rank}[\overline{\mathbf{W}}; \dot{\mathbf{F}}] < m(N+1)$, then it is not a solution.

3.1. Checking of the solution

We can easily check the accuracy of the method. Since the truncated Chebyshev series (3) is an approximate solutions of Eq.(1), when the function $y_j^N(t)$, $j = 0, 1, \dots, m$ and its first derivatives are substituted in Eq. (1) the resulting equation must be satisfied approximately; that is, for $t_i \in [-1, 1]$, $i = 0, 1, 2, \dots$

$$\left| y_j'(t_i) - \sum_{s=0}^n \sum_{k=0}^m P_{sk}^j(t_i) y_k(q_s t_i) - f_j(t_i) \right| \cong 0 \quad (18)$$

On the other hand, the error can be estimated by the function

$$E_j^N(t) = y_j'(t) - \sum_{s=0}^n \sum_{k=0}^m P_{sk}^j(t) y_k(q_s t) - f_j(t)$$

Theorem 3.1. The error in approximating $y(t)$ by sum of its first N terms is bounded the sum of the absolute values of all the neglected coefficients [20]. If

$$y_{app}(t) = \sum_{r=0}^N a_r T_r^*(t), \quad t \in [-1, 1]$$

where $T_r^*(t)$ denotes the Chebyshev polynomials of the first kind, then

$$E_T(N) \equiv |y(t) - y_{app}(t)| \leq \sum_{n=N+1}^{\infty} |a_n| \quad (20)$$

for all $y(t)$, for all N .

4. Examples

The method of this study is useful in finding the numerical solution of system of multipantograph equations in terms of Chebyshev polynomials. We illustrate the numerical solution with following examples. All numerical scheme are calculated by using Maple 13.

The absolute errors in Tables are the values of $N_e = |y_j(t) - y_j^N(t)|$, those at selected points. In Tables, $\max |y_j(t) - y_j^N(t)|$ is maximum absolute errors, $E_T^j(N)$ is truncated errors, $\max |E_j^N(t)|$ is maximum values of the error estimated functions and $Cond(\mathbf{W}^*)$ is condition numbers of the matrix \mathbf{W}^* . The computations associated with the experiments discussed above were performed in Maple 13 on a PC with a CPU of Core2 Duo 2.6 GHz.

Example 4.1. Consider the two-dimensional pantograph equations[10]:

$$\begin{aligned} y_0'(t) &= y_0(t) - y_1(t) + y_0\left(\frac{t}{2}\right) - e^{t/2} + e^{-t} \\ y_1'(t) &= -y_0(t) - y_1(t) - y_1\left(\frac{t}{2}\right) + e^{-t/2} + e^t \end{aligned} \quad (21)$$

with conditions $y_1(0) = 1$ and $y_2(0) = 1$. We assume that the problem (21) possess Chebyshev polynomial solutions in the form

$$y_j^5(t) = \sum_{r=0}^5 a_r^j T_r(t), \quad j = 0,1$$

so that $m = n = 1$, $j = 0,1$ and

$$\begin{aligned} P_{00}^0(t) = 1, P_{01}^0(t) = -1, P_{10}^0(t) = 1, P_{11}^0(t) = 0, f_1(t) = -e^{t/2} + e^t, P_{00}^1(t) = -1, P_{01}^1(t) = -1, q_0 = 1, \\ q_1 = 1/2, P_{10}^1(t) = 0, P_{11}^1(t) = -1 \text{ and } f_2(t) = e^{-t/2} + e^t. \end{aligned}$$

For $N = 5$, the Chebyshev-Gaus grid points are

$$t_0 = -\cos\left(\frac{\pi}{12}\right), t_1 = -\frac{\sqrt{2}}{2}, t_2 = -\cos\left(\frac{5\pi}{12}\right), t_3 = \cos\left(\frac{\pi}{12}\right), t_4 = \frac{\sqrt{2}}{2}, t_5 = \cos\left(\frac{\pi}{12}\right)$$

and the matrix form of the problem is defined by

$$\left(\overline{\mathbf{Y}} \overline{\mathbf{B}}^T \overline{\mathbf{D}} - \overline{\mathbf{P}}_0 \overline{\mathbf{Y}} \overline{\mathbf{B}}_0 \overline{\mathbf{D}} - \overline{\mathbf{P}}_1 \overline{\mathbf{Y}} \overline{\mathbf{B}}_1 \overline{\mathbf{D}} \right) \mathbf{A} = \overline{\mathbf{F}} \quad (22)$$

where

$$\overline{\mathbf{P}}_0 = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{00} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{P}_{01} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{P}_{02} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{03} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{04} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{05} \end{bmatrix} \quad \overline{\mathbf{P}}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{P}_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{P}_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{13} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{14} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{P}_{15} \end{bmatrix} \quad \overline{\mathbf{F}} = \begin{bmatrix} \mathbf{F}_0 \\ \mathbf{F}_1 \\ \mathbf{F}_2 \\ \mathbf{F}_3 \\ \mathbf{F}_4 \\ \mathbf{F}_5 \end{bmatrix}$$

$$\overline{\mathbf{B}}_0 = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_0 & 0 \\ 0 & \mathbf{B}_0 \end{bmatrix} \quad \overline{\mathbf{B}}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_1 & 0 \\ 0 & \mathbf{B}_1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{D} = \begin{bmatrix} (\mathbf{D}^T)^{-1} & 0 \\ 0 & (\mathbf{D}^T)^{-1} \end{bmatrix} \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}^0 \\ \mathbf{A}^1 \end{bmatrix}$$

and

$$\mathbf{P}_{0i} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{P}_{1i} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{F}_0 = \begin{bmatrix} 2.010266 \\ 2.001500 \end{bmatrix} \quad \mathbf{F}_1 = \begin{bmatrix} 1.325926 \\ 1.917187 \end{bmatrix} \quad \mathbf{F}_2 = \begin{bmatrix} 0.416785 \\ 1.910118 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{F}_3 = \begin{bmatrix} -0.366193 \\ 2.174013 \end{bmatrix} \quad \mathbf{F}_4 = \begin{bmatrix} -0.931050 \\ 2.730303 \end{bmatrix} \quad \mathbf{F}_5 = \begin{bmatrix} -1.240239 \\ 1.910118 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B}_0 = \mathbf{I}$$

($\mathbf{I}_{(N+1) \times (N+1)}$ identitymatrix)

$$\mathbf{B}_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/16 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/32 \end{bmatrix} \quad (\mathbf{D}^T)^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -3 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & -8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 16 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B}^T = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Moreover, the matrix form for conditions can be written as:

$$\begin{bmatrix} y_0(0) \\ y_1(0) \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{A}^0 \\ \mathbf{A}^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

From system (21), the new augmented matrix based on conditions can be obtained as follows:

$$\begin{bmatrix} \bar{W}; \dot{F} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 & 2.448888 & -4.196235 & 7.904980 & -13.453491 & 19.501260 \\ 1 & -0.965925 & 0.866025 & -0.707106 & 0.499999 & -0.258819 \\ -2 & 2.060660 & -2.078427 & 1.409009 & 0.874999 & -4.734834 \\ 1 & -0.707106 & 0 & 0.707106 & -1 & 0.707106 \\ -2 & 1.388228 & 0.797255 & -3.282818 & 2.218032 & 2.909956 \\ 1 & -0.258819 & -0.866025 & 0.707106 & 0.5 & -0.965925 \\ -2 & 0.611771 & 2.867807 & -1.109485 & -4.954570 & -0.230464 \\ 1 & 0.258819 & -0.866025 & -0.707106 & 0.5 & 0.965925 \\ -2 & -0.060660 & 3.578427 & 4.590990 & 0.875 & -5.265165 \\ 1 & 0.707106 & 0 & -0.707106 & -1 & -0.707106 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -0.965925 & 0.866025 & -0.707106 & 0.499999 & -0.258819 & ; & 2.010266 \\ 2 & -0.448888 & -3.531171 & 8.487323 & -13.315029 & 17.819247 & ; & 2.001500 \\ 1 & -0.707106 & 0 & 0.707106 & -1 & 0.707106 & ; & 1.325926 \\ 2 & -0.060660 & -3.578427 & 4.590990 & -0.875 & -5.265165 & ; & 1.917187 \\ 1 & -0.258819 & -0.866025 & 0.707106 & 0.5 & -0.965925 & ; & 0.416785 \\ 2 & 0.611771 & -2.867807 & -1.109485 & 4.954570 & -0.230464 & ; & 1.910118 \\ 1 & 0.258819 & -0.866025 & -0.707106 & 0.5 & 0.965925 & ; & -0.366193 \\ 2 & 1.388228 & -0.797255 & -3.282818 & -2.218032 & 2.909956 & ; & 2.174013 \\ 1 & 0.707106 & 0 & -0.707106 & -1 & -0.707106 & ; & -0.931050 \\ 2 & 2.060660 & 2.078427 & 1.409009 & -0.874999 & -4.734834 & ; & 2.730303 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ; & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & ; & 1 \end{bmatrix}$$

Solving this system, Chebyshev coefficients matrix are obtained as:

$$\mathbf{A}^0 = \begin{bmatrix} 1.265986 \\ 1.130121 \\ 0.271342 \\ 0.044194 \\ 0.005356 \\ 0.000442 \end{bmatrix} \quad \text{and} \quad \mathbf{A}^1 = \begin{bmatrix} 1.266038 \\ -1.130574 \\ 0.271353 \\ -0.044521 \\ 0.005314 \\ -0.000668 \end{bmatrix}$$

Thereby, the solutions of the problem for $N = 5$ become

$$y_0^5(t) = 0.999999 + 0.999749t + 0.499833t^2 + 0.167933t^3 + 0.042852t^4 + 0.707510e - 2t^5$$

$$y_1^5(t) = 1 - 1.000353t + 0.500187t^2 - 0.164708t^3 + 0.042519t^4 - 0.010702t^5$$

In Tables 1 and 2, Fig. 1 and 4, we compare the exact solutions and approximate values for various N. In Table 3, we give the some numerical values such as maximum absolute errors, truncated errors, maximum values of the error estimated functions and condition numbers. Moreover, In Fig. 5 and 6, we compare the error estimated functions E_1^6 and E_1^7 , E_2^6 and E_2^7 respectively. Finally, Table 4 show the comparisons of the solutions with the Laplace decomposition algorithm[10]. These results reveal that the present method is very effective and convenient.

Table 1: Numerical result for Example 4.1.

t	Exact	Present Method					
	Solution	N=5	$N_e=5$	N=6	$N_e=6$	N=7	$N_e=7$
-1.0	0.367879	0.367927	0.482e-4	0.367884	0.502e-5	0.367879	0.175e-6
-0.8	0.449328	0.449345	0.169e-4	0.449333	0.429e-5	0.449328	0.136e-6
-0.6	0.548811	0.548820	0.861e-5	0.548812	0.112e-5	0.548811	0.350e-7
-0.4	0.670320	0.670350	0.303e-4	0.670317	0.231e-5	0.670320	0.297e-7
-0.2	0.818730	0.818766	0.355e-4	0.818729	0.167e-5	0.818730	0.167e-6
0.0	1.000000	0.999999	0.100e-14	0.999999	0.100e-14	0.999999	0.100e-14
0.2	1.221402	1.221357	0.452e-4	1.221399	0.306e-5	1.221402	0.214e-6
0.4	1.491824	1.491790	0.343e-4	1.491814	0.100e-4	1.491824	0.383e-7
0.6	1.822118	1.822167	0.482e-4	1.822107	0.111e-4	1.822118	0.181e-6
0.8	2.225540	2.225545	0.434e-5	2.225533	0.709e-5	2.225541	0.816e-6
1.0	2.718281	2.717443	0.838e-4	2.718215	0.668e-4	2.718277	0.422e-5

Table 2: Numerical result for Example 4.1.

t	Exact	Present Method					
	Solution	N=5	$N_e=5$	N=6	$N_e=6$	N=7	$N_e=7$
-1.0	2.718281	2.718472	0.190e3	2.718298	0.161e-4	2.718281	0.652e-6
-0.8	2.225540	2.225656	0.115e-3	2.225550	0.945e-5	2.225540	0.532e-6
-0.6	1.822118	1.822199	0.807e-4	1.822126	0.804e-5	1.822118	0.226e-6
-0.4	1.491824	1.491910	0.862e-4	1.491832	0.741e-5	1.491824	0.237e-6
-0.2	1.221402	1.221467	0.646e-4	1.221405	0.305e-5	1.221402	0.296e-6
0.0	1.000000	1.000000	0.000e-0	1.000000	0.100e-13	0.999999	0.600e-14
0.2	0.818730	0.818683	0.470e-4	0.818734	0.358e-5	0.818730	0.188e-6
0.4	0.670320	0.670325	0.593e-5	0.670328	0.891e-5	0.670319	0.278e-6
0.6	0.548811	0.548956	0.144e-3	0.548814	0.335e-5	0.548811	0.477e-6
0.8	0.449328	0.449414	0.858e-3	0.449322	0.620e-5	0.449329	0.675e-6
1.0	0.367879	0.366941	0.938e-3	0.367947	0.681e-4	0.367873	0.547e-5

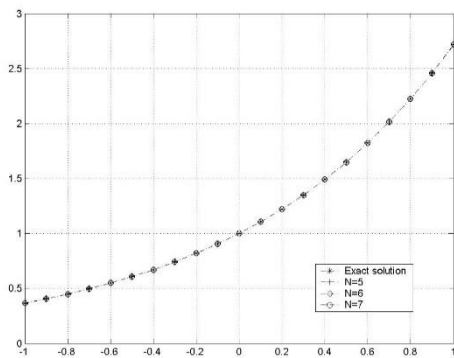


Fig. 1. Comparison of the approximate solutions and exact solution for Example 1.

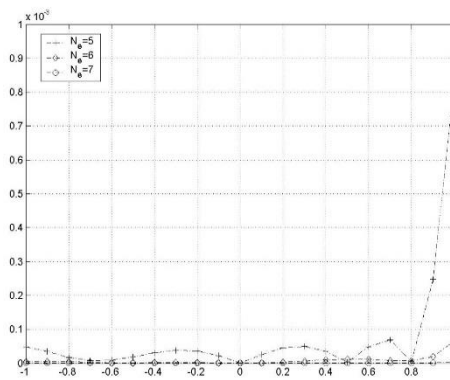


Fig. 2. Comparison of absolute errors for Example 1.

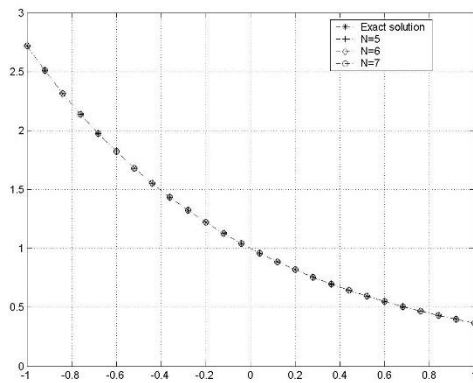


Fig. 3. Comparison of the approximate solutions and exact solution for Example 1.

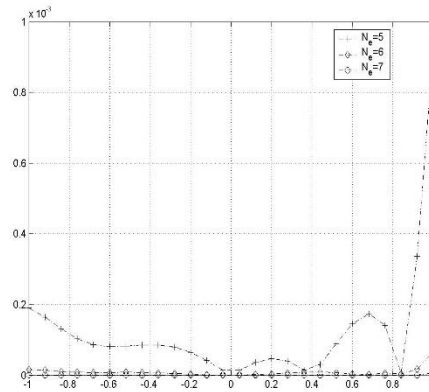


Fig. 4. Comparison of absolute errors for Example 1.

Table 3: Compare of some numerical values for Example 4.1.

	$N = 5$	$N = 6$	$N = 7$
$\max y_0(t) - y_0^N(t) $	8.387e-4	6.681e-5	4.2268e-6
$\max E_0^N(t) $	0.838e-2	0.616e-3	0.856e-4
$E_T^0(N)$	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
$\max y_1(t) - y_1^N(t) $	9.3802e-4	1.0934e-5	5.4714e-6
$\max E_1^N(t) $	0.133e-1	0.165e-2	0.108e-3
$E_T^1(N)$	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
$Cond(\mathbf{W}^*)$	324.567	508.367	757.479

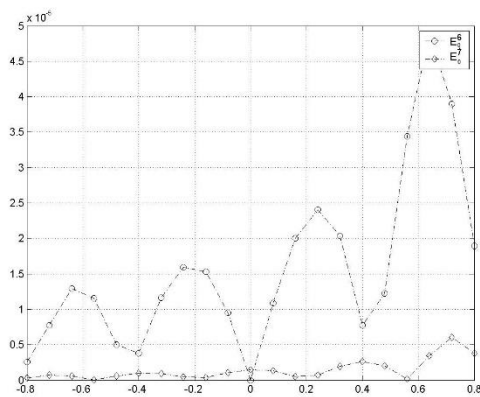


Fig. 5. Comparison of the E6,E7 for Ex.1.

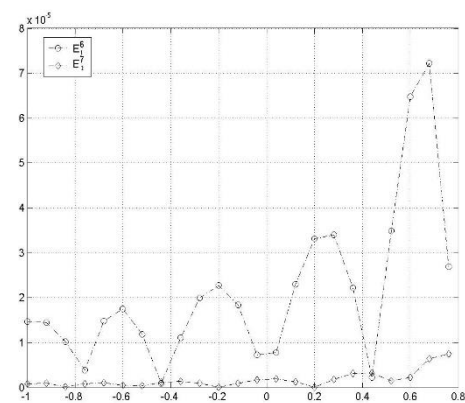


Fig. 6. Comparison of the E6,E7 for Ex.1.

Table 4: Compare of absolute errors the Laplace decomposition algorithm and present method.

t	$y_0(t) = e^t$		$y_1(t) = e^{-t}$	
	Widatalla[10] $n = 4$	Present met. $N = 4$	Widatalla[10] $n = 4$	Present met. $N = 4$
0.2	0.1210e-4	0.2692e-3	0.5219e-4	0.3759e-3
0.4	0.4238e-3	0.1149e-2	0.1668e-2	0.1299e-2
0.6	0.3499e-2	0.2261e-2	0.1266e-1	0.1835e-2
0.8	0.1594e-1	0.2214e-2	0.5338e-1	0.2363e-3
1.0	0.5236e-1	0.1923e-2	0.1632e-0	0.7316e-2

Example 4.2. Consider the three-dimensional pantograph equations:

$$\begin{aligned} y_0' &= y_0 - y_1(0.4t) + y_2(0.8t) + f_0 \\ y_1' &= y_1 + y_0(0.4t) - y_2(0.8t) + f_1 \\ y_2' &= y_2 - y_2(0.4t) + y_1(0.8t) + f_2 \\ y_0(0) &= 0, \quad y_1(0) = 0, \quad y_2(0) = 1 \end{aligned}$$

and

$$\begin{aligned} f_0 &= e^t \cos(t) + 0.16t^2 - e^{0.8t} \cos(0.8t) \\ f_1 &= 2t - t^2 - e^{0.4t} \sin(0.4t) + e^{0.8t} \cos(0.8t) \\ f_2 &= -e^t \sin(t) + e^{0.4t} \cos(0.4t) - 0.64t^2 \end{aligned}$$

with exact solutions are $y_0 = e^t \sin(t)$, $y_1 = t^2$, $y_2 = e^t \cos(t)$. We have solved this problem using the proposed method. The approximate solutions are obtained for $N = 8$ as follows:

$$\begin{aligned} y_0^8(t) &= -0.482e - 16 + 0.999999t + t^2 0.333341t^3 - 0.3315e - 4t^4 - 0.33375e - 1t^5 \\ &\quad - 0.11053e - 1t^6 - 0.15092e - 2t^7 - 0.2294e - 4t^8 \\ y_1^8(t) &= t^2 - 0.104e - 5t^3 - 0.909e - 6t^4 + 0.2419e - 5t^5 + 0.210e - 5t^6 - 0.139e - 5t^7 - 0.122e - 5t^8 \\ y_2^8(t) &= 1 + t + 0.67381e - 5t^2 - 0.33332t^3 - 0.16670t^4 - 0.33371e - 1t^5 + 0.76456e - 4t^6 \\ &\quad + 0.16611e - 2t^7 + 0.35236e - 3t^8 \end{aligned}$$

We give absolute errors in Table 5,6 and 7 and compare of absolute errors in Figure 7,8 and 9. The numerical results show that the accuracy improves when N is increased. Tables and figures indicate that as N increases the errors decrease more rapidly; hence for better results, using large number N is recommended.

Table 5: Absolute errors of Example 4.2 for $y_0 = e^t \sin(t)$

t	Exact solution	$N_e = 8$	$N_e = 9$	$N_e = 10$
-1.0	-0.309559875	0.259476e-7	0.605238e-9	0.589667e-9
-0.8	-0.322328869	0.946376e-8	0.662609e-9	0.791409e-9
-0.6	-0.309882359	0.523659e-7	0.530726e-9	0.399433e-9
-0.4	-0.261034921	0.132050e-6	0.869278e-8	0.820095e-9
-0.2	-0.162656690	0.136266e-6	0.115026e-7	0.105123e-8
0.0	0.000000000	0.48278e-16	0.26850e-15	0.23200e-17
0.2	0.242655268	0.236266e-6	0.178800e-7	0.139965e-8
0.4	0.580943900	0.493548e-6	0.198836e-7	0.899238e-9
0.6	1.028845666	0.175726e-6	0.624297e-8	0.350124e-8
0.8	1.596505340	0.856824e-6	0.172949e-8	0.217838e-8
1.0	2.287355287	0.327645e-5	0.429898e-6	0.214229e-7

Table 6: Absolute errors of Example 4.2 for $y_1 = t^2$

t	Exact solution	$N_e = 8$	$N_e = 9$	$N_e = 10$
-1.0	1.00	0.165450e-8	0.202154e-8	0.913823e-9
-0.8	0.64	0.149114e-7	0.416168e-8	0.735704e-9
-0.6	0.36	0.398470e-7	0.451531e-8	0.568098e-9
-0.4	0.16	0.304341e-7	0.297049e-8	0.326265e-9
-0.2	0.04	0.665547e-8	0.927537e-9	0.66100e-10
0.0	0.00	0.70960e-15	0.15517e-15	0.53344e-17
0.2	0.04	0.855403e-8	0.124388e-8	0.93170e-10
0.4	0.16	0.583624e-7	0.484920e-8	0.589127e-9
0.6	0.36	0.113391e-6	0.967673e-8	0.123914e-8
0.8	0.64	0.539547e-7	0.130090e-7	0.180660e-8
1.0	1.00	0.352695e-7	0.134079e-7	0.270208e-8

Table 7: Absolute errors of Example 4.2 for $y_2 = e^t \cos(t)$

t	Exact solution	$N_e = 8$	$N_e = 9$	$N_e = 10$
-1.0	0.198766110	0.144519e-6	0.222984e-8	0.487378e-9
-0.8	0.313050504	0.164011e-6	0.180263e-8	0.696104e-9
-0.6	0.452953789	0.528185e-7	0.115499e-8	0.300289e-9
-0.4	0.617405647	0.222947e-6	0.512006e-9	0.621678e-9
-0.2	0.802410647	0.172691e-6	0.842538e-9	0.895244e-9
0.0	1.000000000	0.000000e-0	0.000000e-0	0.10000e-15
0.2	1.197056021	0.246053e-6	0.930550e-9	0.133257e-8
0.4	1.374061538	0.423427e-6	0.221760e-9	0.100117e-8
0.6	1.503859540	0.794207e-6	0.108331e-8	0.373841e-8
0.8	1.550549296	0.398892e-6	0.374351e-8	0.151817e-8
1.0	1.468693393	0.358062e-5	0.147783e-7	0.221550e-7

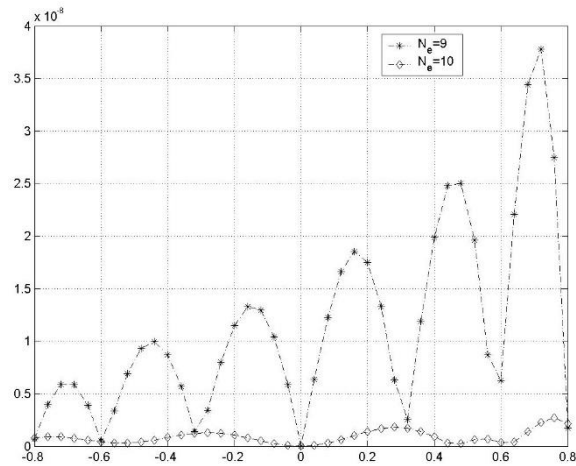


Fig. 7. Comparison of the absolute errors of Example 4.2 for $y_0 = e^t \sin(t)$

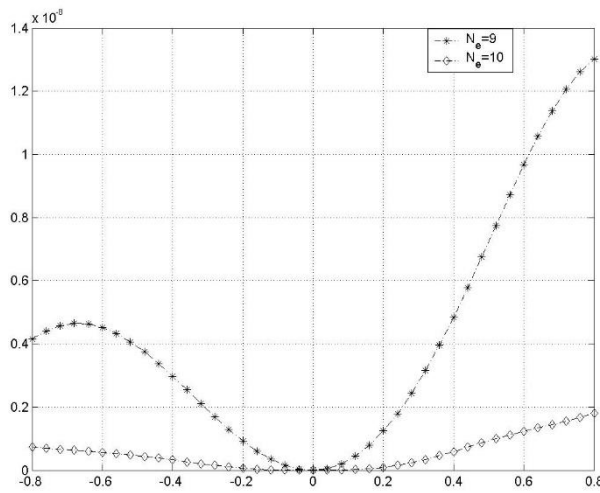


Fig. 8. Comparison of the absolute errors of Example 4.2 for $y_1 = t^2$

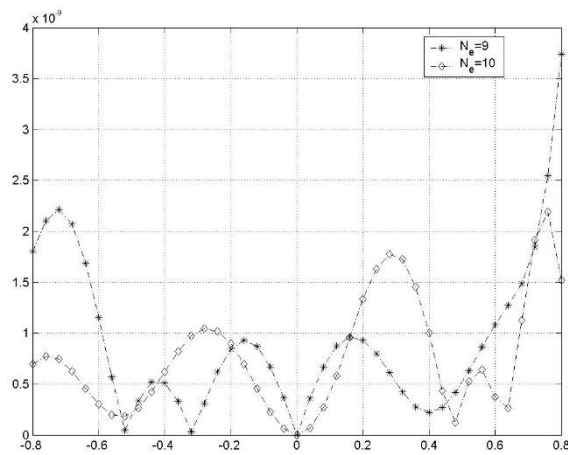


Fig. 9. Comparison of the absolute errors of Example 4.2 for $y_2 = e^t \cos(t)$

Example 4.3. Let us consider the system of pantograph equations:

$$\begin{aligned} y_0' &= y_0 - e^t y_1 + e^{0.2t} y_0(0.2t) + e^t + 0.8t \\ y_1' &= e^{-t} y_0 - y_1 + e^{0.4t} y_1(0.4t) \end{aligned}$$

with conditions $y_0(0) = 0$, $y_1(0) = 0$. The exact solutions of this problem are $y_0(t) = te^t$ and $y_1(t) = te^{-t}$. Following the procedure in Section 3, we find the solution of our problem for different values of N as follows:

for $N = 6$;

$$\begin{aligned} y_0^6(t) &= t + 0.999554t^2 + 0.499685t^3 + 0.168294t^4 + 0.043168t^5 + 0.007115t^6 \\ y_1^6(t) &= 0.999999t - 1.000638t^2 + 0.499631t^3 - 0.164337t^4 + 0.043202t^5 - 0.010478t^6 \end{aligned}$$

for $N = 7$;

$$\begin{aligned} y_0^7(t) &= 1.000011t + 1.000020t^2 + 0.499888t^3 + 0.166518t^4 + 0.041913t^5 + 0.008652t^6 + 0.001255t^7 \\ y_1^7(t) &= 0.999983t - 0.999997t^2 + 0.500168t^3 - 0.166602t^4 + 0.041234t^5 - 0.008580t^6 + 0.001716t^7 \end{aligned}$$

In Tables 8 and 9, it can be seen the absolute errors and the values of error estimated functions of Example 4.3 using Chebyshev collocation method for $N = 6, 7$. Figures 10 and 11 are displayed the comparison of absolute errors and figures 12 and 13 is compared the error estimated functions for Example 4.3.

Table 8: Compare of absolute errors and error estimated functions of Example 4.3 for $y_0 = te^t$

t	$N_e = 6$	$N_e = 7$	$E_0^6(t)$	$E_0^7(t)$
-1.0	0.102931e-4	0.764500e-6	0.564473e-4	0.614439e-5
-0.8	0.783261e-5	0.181279e-6	0.130586e-4	0.288281e-5
-0.6	0.194060e-4	0.133326e-5	0.706667e-4	0.323476e-5
-0.4	0.277434e-4	0.719466e-6	0.217703e-4	0.860076e-5
-0.2	0.132523e-4	0.949279e-6	0.100276e-3	0.401204e-5
0.0	0.61200e-12	0.35200e-10	0.20000e-11	0.117638e-4
0.2	0.173547e-4	0.213452e-5	0.166639e-3	0.570081e-6
0.4	0.417826e-4	0.523690e-6	0.627985e-4	0.178895e-4
0.6	0.710000e-7	0.210755e-5	0.397076e-4	0.107217e-4
0.8	0.650640e-4	0.436591e-5	0.198663e-3	0.199453e-4
1.0	0.464013e-4	0.212173e-5	0.756735e-3	0.366143e-3

Table 9: Compare of absolute errors and error estimated functions of Example 4.3 for $y_1 = te^{-t}$

t	$N_e = 6$	$N_e = 7$	$E_1^6(t)$	$E_1^7(t)$
-1.0	0.635120e-5	0.161578e-5	0.109708e-4	0.659562e-5
-0.8	0.309800e-5	0.459320e-6	0.236910e-4	0.332762e-5
-0.6	0.253020e-4	0.108634e-5	0.120548e-3	0.393970e-5
-0.4	0.409945e-4	0.675580e-6	0.350595e-4	0.109343e-4
-0.2	0.194623e-4	0.218966e-5	0.152511e-3	0.530060e-6
0.0	0.39000e-13	0.28000e-13	0.70000e-11	0.161705e-4
0.2	0.244085e-4	0.185320e-5	0.223029e-3	0.820996e-6
0.4	0.612533e-4	0.149646e-5	0.777807e-4	0.273683e-4
0.6	0.238353e-4	0.284431e-5	0.449305e-3	0.178418e-4
0.8	0.369999e-4	0.662866e-5	0.202333e-3	0.375461e-4
1.0	0.499286e-3	0.426612e-4	0.682698e-2	0.835093e-3

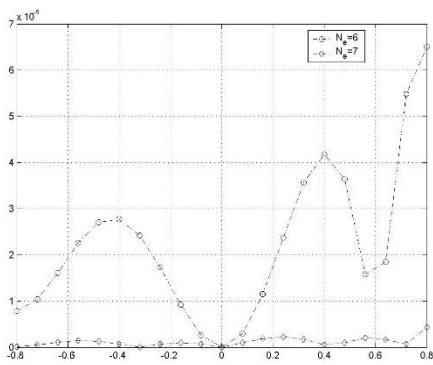


Fig. 10. Comparison of absolute errors for Ex.4.3.

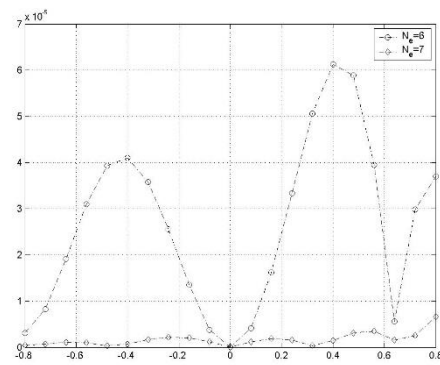


Fig.11. Comparison for absolute errors for Ex. 4.3.

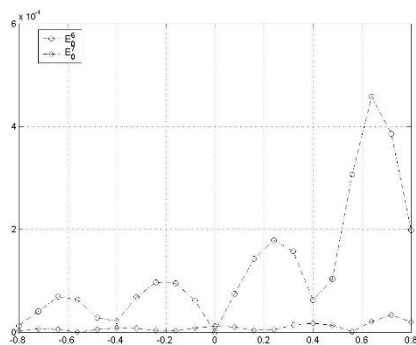


Fig. 12. Comparison of error estimated functions for Ex.4.3.

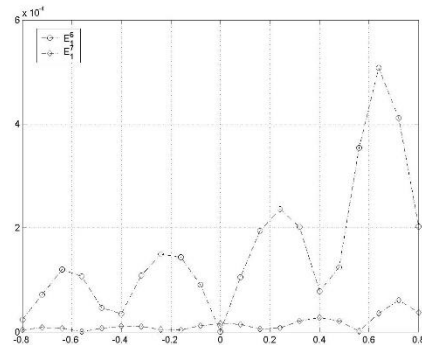


Fig.13. Comparison for error estimated functions for Ex. 4.3.

5. Conclusion

In the present paper, an efficient method is proposed for solving system of pantograph equations. The main idea of the proposed method is to convert the problem including linear algebraic equation. Comparison of the results obtained by the present method with and that other methods reveals that the present method is very effective and convenient. The numerical results show that the accuracy improves when N is increased. Tables and figures indicate that as N increases, the errors decrease more rapidly; hence for better results, using large number N is recommended. The method is also quite straightforward to write computer code. These facts motivate us to consider the presented method to solve system of pantograph equations as a valid and powerful tool.

6. References

- [1] Ockendon J.R. and Tayler A.B., The dynamics of a current collection system for an electric locomotive, Proceedings of the Royal Society of London A, 322(1551), 447–468, 1971.
- [2] Driver R.D., *Ordinary and delay differential equations*, Applied Mathematics Series 20, Springer-Verlag, 1977.
- [3] Gopalsamy K., *Stability and oscillations in delay Differential equations of population dynamics*, Kluwer, Dordrecht, 1992.
- [4] Liu M.Z. and Li D., Properties of analytic solution and numerical solution of multipantograph equation, Appl. Math. Comput. 155, 853-871, 2004.
- [5] Muroya Y., Ishiwata E. and Brunner H., On the attainable order of collocation methods for pantograph integro-differential equations, J. Comput. Appl. Math. 152, 347-366 (2003).
- [6] Kolmanovskii V.B. and Nosov V.R., *Stability of functional differential equations. mathematics in science and engineering*, Academic Press, 1986.
- [7] Saadatmandi A. and Dehghan M., Variational iteration method for solving a generalized pantograph equation, Comp. Math. Appl. 58, 2190-2196, 2009.
- [8] Evans D.J. and Raslan K.R., The Adomian decomposition method for solving delay differential equation, Int. J. Comput. Math.82 (1), 49-54, 2001.

- [9] Kocak H. and Yildirim A., Series solution for a delay differential equation arising in electrodynamics, *Commun Numer Methods Eng.* 25, 1084–96, 2009.
- [10] Widatalla S. and Koroma M.A., Approximation algorithm for a system of pantograph equations, *J. Appl. Math.* 9, 2012.
- [11] Campbell S.L. and Linh V.H., Stability criteria for differential-algebraic equations with multiple delays and their numerical solutions, *Appl. Math. Comp.* 208, 397-415, 2009,
- [12] Gülsu M., Öztürk Y. and Sezer M., A new collocation method for solution of mixed linear integro-differential-difference equations, *Appl. Math. Comp.* 216, 2183-2198, 2010.
- [13] Daşçioğlu A. and Yaslan H., The solution of high-order nonlinear ordinary differential equations by Chebyshev polynomials, *Appl. Math. Comp.* 217(2), 5658-5666, 2011.
- [14] Gülsu M., Öztürk Y. and Sezer M., A new collocation method for solution of mixed linear integro-differential-difference equations, *Appl. Math. Comp.* 216, 2183-2198, 2010.
- [15] Gülsu M., Öztürk Y. and Sezer M., Numerical approach for solving Volterra integro differential equations with piecewise intervals, *J. Avdan. Research Appl. Math.* 4(1), 23-37, 2012.
- [16] Gülsu M., Öztürk Y. and Sezer M., Approximate solution of the singular-perturbationproblem on Chebyshev-Gauss grid, *J. Avdan. Research Diff. Equa.*, 3(1), 1-13, 2012.
- [17] Öztürk Y. And Gülsu Y., Approximate solution of linear generalized pantograph equations with variable coefficients on Chebyshev-Gauss grid, *J. Avdan. Research Scie. Comp.* 4(1), 36-51, 2012.
- [18] Akyüz A. and Sezer M., Chebyshev polynomial solutions of systems of high-order linear differential equations with variable coefficients, *Appl. Math. Comput.* 144, 237-247, 2003.
- [19] Gülsu M., Öztürk Y. and Sezer M., On the solution of the Abel equation of the second kind by the shifted Chebyshev polynomials, *Appl. Math. Comp.* 217, 4827-4833, 2011.
- [20] Body J.P., *Chebyshev and fourier spectral methods*, University of Michigan, New York, 2000.
- [21] Mason J.C. and Handscomb D.C., *Chebyshev polynomials*, Chapman and Hall/CRC, New York, 2003.

AN OPERATIONAL MATRIX METHOD TO SOLVE NON-LINEAR VOLTERRA INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATIONS

Yalçın Öztürk^{1,*}, Mustafa Gülsu²

¹ Ula Ali Koçman Vocational High School, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey

yozturk@mu.edu.tr

² Department of Mathematics, Faculty of Science, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey

mgulsu@mu.edu.tr

* Corresponding author.

Abstract

In this paper, an operational matrix method is presented to find numerical solutions non-linear Volterra integro-differential equations. The method puts down any problem to a system of nonlinear algebraic equation including unknown Chebyshev coefficients. Some comparisons are presented to display the efficiency of the given method.

Keywords: *Integro-differential Equations, Numerical Approximation, Shifted Chebyshev Polynomials, Operational Matrix Method.*

1. Introduction

The integro-differential equations (IDEs) arise from the modelling in applied sciences [1]. Nonlinear forms of these equations appear in many applications in scientific fields. These days, nonlinear Volterra integro differential equations (NVIDEs) have motivated a huge size of research work in the sense of numerical solutions and theoretical results such as existence and uniqueness [2-17]

The aim of this paper is to present a numerical method to obtain numerical solutions of NVIDEs of the form:

$$\sum_{k=0}^m P_k(x) y^{(k)}(x) + \lambda \int_0^x K(x,t) [y(t)]^p dt = f(x) \quad (1)$$

with mixed conditions

$$\sum_{k=0}^{m-1} (a_{ik} y^{(k)}(a) + b_{ik} y^{(k)}(b) + c_{ik} y^{(k)}(c)) = \alpha_i, \quad i = 0, 1, \dots, m-1. \quad (2)$$

where the parameter λ , P is a positive integer and $P_k(x)$, $K(x,t)$ and $f(x)$ are known and belong to $L^2[0,1]$. $y(x)$ is the unknown function. If $P = 1$, Eq.(1) is linear. Otherwise Eq.(1) is non-linear.

In this paper, we aim to obtain approximate solutions of Eq.(1) with mixed conditions Eq.(2) as the truncated shifted Chebyshev series defined by

$$y_N(x) = \sum_{n=0}^N a_n T_n^*(x), \quad x \in [0,1] \quad (3)$$

where N is any positive integer, $T_n^*(x)$, $n = 0, 1, \dots, N$ denote the first kind shifted Chebyshev polynomials and a_n , $n = 0, 1, 2, \dots, N$ are unknown Chebyshev coefficients.

2. Chebyshev polynomials

In this section, we give definitions and properties of Chebyshev polynomials. The Chebyshev polynomials of the first kind of degree n , $T_n(x)$ are a polynomials in x , defined by relation

$$T_n(x) = \cos n\theta, \quad \text{when } x = \cos \theta, \quad n \geq 0$$

They are satisfied the following recursive formula:

$$T_0(x) = 1$$

$$T_1(x) = x$$

$$T_{n+1}(x) = 2xT_n(x) - T_{n-1}(x), \quad n = 1, 2, \dots$$

These polynomials are orthogonal on $[-1, 1]$ with respect to the weight function $w(x) = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$:

$$\int_{-1}^1 T_i(x)T_j(x)w(x)dx = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ \frac{\pi}{2}, & i = j \\ \pi, & i = j \geq 1 \end{cases}$$

Tshifted Chebyshev polynomial of the first kind $T_n^*(x)$ of degree n in x on $[0, 1]$ given by

$$T_n^*(x) = T_n(s) = T_n(2x - 1)$$

A function $f(x)$ over $[0, 1]$ can be represented by Chebyshev polynomials series as:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n T_n^*(x) \tag{4}$$

If Eq.(4) is a finite series, then Eq.(4) can be written as:

$$f(x) = \sum_{n=0}^N a_n T_n(x) = \mathbf{T}(x)\mathbf{A}$$

where

$$\mathbf{T}(x) = [T_0(x) \ T_1(x) \ \dots \ T_N(x)], \quad \mathbf{A} = [a_0 \ a_1 \ \dots \ a_N]^T$$

and

$$a_n = \frac{\alpha_i}{\pi} \int_0^1 f(x)T_n(x)w(x)dx.$$

The first kind shifted Chebyshev polynomials have the following useful property [18-19]:

$$x^n = 2^{-2n+1} \sum_{k=0}^n \binom{2n}{k} T_{n-k}^*(x), \quad 0 \leq x \leq 1 \tag{5}$$

3. Matrix relations

In this section, we give the matrix relations the each part of Eq.(1) by using Eqs.(3) and (5).

3.1. Matrix representation of differential part

We put series (3) in the matrix form the approximate solution and its derivatives

$$y_N(x) = \mathbf{T}^*(x)\mathbf{A}, \quad y_N^{(k)}(x) = \mathbf{T}^{*(k)}(x)\mathbf{A}, \quad k = 0, \dots, m \tag{6}$$

where

$$\mathbf{T}^*(x) = [T_0^*(x) T_1^*(x) \dots T_N^*(x)], \quad \mathbf{A} = [a_0 \ a_1 \dots \ a_N]^T.$$

By using the expression (5) and taking $n=0,1,\dots,N$ we find the corresponding matrix relation as follows

$$(\mathbf{X}(x))^T = \mathbf{D}(\mathbf{T}^*(x))^T \quad \text{and} \quad \mathbf{X}(x) = \mathbf{T}^*(x)\mathbf{D}^T \quad (7)$$

where

$$\mathbf{X}(x) = [1 \quad x \quad \dots \quad x^N]$$

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 2^0 \binom{0}{0} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 2^{-2} \binom{2}{1} & 2^{-1} \binom{2}{0} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 2^{-4} \binom{4}{2} & 2^{-3} \binom{4}{1} & 2^{-3} \binom{4}{0} & 0 & \dots & 0 \\ 2^{-6} \binom{6}{3} & 2^{-5} \binom{6}{2} & 2^{-5} \binom{6}{1} & 2^{-5} \binom{6}{0} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 2^{-2N} \binom{2N}{N} & 2^{-2N+1} \binom{2N}{N-1} & 2^{-2N+1} \binom{2N}{N-2} & 2^{-2N+1} \binom{2N}{N-3} & \dots & 2^{-2N+1} \binom{2N}{0} \end{bmatrix}$$

and

$$\mathbf{T}^*(x) = \mathbf{X}(x)(\mathbf{D}^{-1})^T \quad (8)$$

and so,

$$(\mathbf{T}^*(x))^{(k)} = \mathbf{X}^{(k)}(x)(\mathbf{D}^{-1})^T, \quad k = 0, \dots, m. \quad (9)$$

The relation between the matrix $\mathbf{X}(x)$ and its derivatives is

$$\begin{aligned} \mathbf{X}^{(1)}(x) &= \mathbf{X}(x)\mathbf{B}^T \\ \mathbf{X}^{(2)}(x) &= \mathbf{X}^{(1)}(x)\mathbf{B}^T = \mathbf{X}(x)(\mathbf{B}^T)^2 \\ &\vdots \\ \mathbf{X}^{(k)}(x) &= \mathbf{X}^{(k)}(x)\mathbf{B}^T = \mathbf{X}(x)(\mathbf{B}^T)^k \end{aligned} \quad (10)$$

$$\mathbf{X}^{(k)}(x) = \mathbf{X}^{(k)}(x)\mathbf{B}^T = \mathbf{X}(x)(\mathbf{B}^T)^k \quad (11)$$

where

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 2 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & N & 0 \end{bmatrix}$$

Consequently, we have the matrix relation of the approximate solution and its derivatives

$$y_N^{(k)}(x) = \mathbf{X}(x)(\mathbf{B}^T)^k (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}, \quad k = 0, \dots, m. \quad (12)$$

3.2. Matrix representation of Volterra part

Let suppose that $K(x,t)$ can be expanded to univariate Chebyshev series with respect to x as follows:

$$K(x, t) = \sum_{n=0}^N k_n(x) T_n^*(t). \quad (13)$$

Then the matrix form of the function $K(x, t)$ become

$$K(x, t) = \mathbf{K}(x) \mathbf{T}^{*T}(t) \quad (14)$$

where

$$\mathbf{K}(x) = [k_0(x) \quad k_1(x) \quad k_2(x) \quad \cdots \quad k_N(x)]$$

Substituting the relations (14) and (12) into integral part, we obtain

$$\int_0^x \mathbf{K}(x) \mathbf{D}^{-1} \mathbf{X}^T(t) [\mathbf{X}(t) (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}]^p dt \quad (15)$$

4. Method of Solution

Substituting the matrix relations of differential, Volterra part and

$$f(x) \approx \mathbf{G}^T \mathbf{X}(x) (\mathbf{D}^T)^{-1} \quad (16)$$

into Eq.(1) and then simplifying, we obtain the fundamental matrix equation

$$\begin{aligned} & \sum_{k=0}^m \mathbf{P}_k(x) \mathbf{X}(x) (\mathbf{B}^T)^k (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A} + \lambda \int_0^x \mathbf{K}(x) \mathbf{D}^{-1} \mathbf{X}^T(t) [\mathbf{X}(t) (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}]^p dt \\ & \approx \mathbf{G}^T \mathbf{X}(x) (\mathbf{D}^T)^{-1} \end{aligned} \quad (17)$$

Then, the residual $R_N(x)$ for Eq.(17) can be written as

$$\begin{aligned} R_N(x) & \approx \sum_{k=0}^m \mathbf{P}_k(x) \mathbf{X}(x) (\mathbf{B}^T)^k (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A} + \lambda \int_0^x \mathbf{K}(x) \mathbf{D}^{-1} \mathbf{X}^T(t) [\mathbf{X}(t) (\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}]^p dt \\ & - \mathbf{G}^T \mathbf{X}(x) (\mathbf{D}^T)^{-1} \end{aligned} \quad (18)$$

Applying typical Tau method in [21-27], Eq.(1) can be converted in $(N - m)$ non-linear equations by applying

$$\left\langle R_N(x), T_n^*(x) \right\rangle = \int_0^1 R_N(x) T_n^*(x) dx = 0, \quad n = 0, 1, \dots, N - m \quad (19)$$

The m initial conditions are given by

$$\sum_{k=0}^{m-1} (a_{ik} \mathbf{X}(a) (\mathbf{B}^T)^k (\mathbf{D}^T)^{-1} + b_{ik} \mathbf{X}(b) (\mathbf{B}^T)^k (\mathbf{D}^T)^{-1} + c_{ik} \mathbf{X}(c) (\mathbf{B}^T)^k (\mathbf{D}^T)^{-1}) \mathbf{A} = \alpha_i \quad (20)$$

Eqs. (19) and (20) give us $N + 1$ sets of non-linear equations. Solving $N + 1$ equations by using Maple 13 for unknown coefficients of the matrix \mathbf{A} and approximate solution $y_N(x)$ can be calculated.

Examples

In order to illustrate the performance of the operational matrix method in solving nonlinear Volterra integro differential equations and justify the accuracy and efficiency of the method introduced in this paper. Absolute error (N_e) is defined by

$$N_e(x_i) = |y(x_i) - y_N(x_i)|, \quad x_i \in [0, 1]$$

All numerical computations have been run on the computer using a program written in Maple.

Examples 1. Let us consider the following nonlinear Volterra integro-differential equation

$$y'(x) + x^3 y(x) - 5 \int_0^x xt[y(t)]^2 dt = 2x$$

subject to conditions $y(0) = 0$. Exact solution is $y(x) = x^2$. We apply the given algorithm for $N = 2$. We have the following the residual $R_2(x)$:

$$\begin{aligned} R_2 \approx & \mathbf{X}(t)\mathbf{B}(\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A} + x^3 \mathbf{X}(t)(\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A} \\ & - \int_0^x \mathbf{K}(x)\mathbf{D}^{-1} \mathbf{X}^T(t)[\mathbf{X}(t)(\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A}]^2 dt - \mathbf{F}_1^T \mathbf{X}(t)(\mathbf{D}^T)^{-1} \end{aligned} \quad (30)$$

where

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1/2 & 1/2 & 0 \\ 3/8 & 1/2 & 1/8 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{X}(x) = \begin{bmatrix} 1 \\ x \\ x^2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{F}_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{K}(x) = \begin{bmatrix} 5 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}^T$$

Then, using Eq.(30) we obtain the linear algebraic system

$$-\frac{1}{60}a_2 - \frac{7}{6}a_2^2 + \frac{43}{20}a_1 + \frac{1}{3}a_2a_1 + \frac{5}{3}a_2a_0 - \frac{5}{6}a_1^2 + \frac{1}{4}a_0 + \frac{5}{3}a_0a_1 - \frac{5}{2}a_0^2 = 1 \quad (31)$$

$$-\frac{5}{6}a_0^2 + a_0a_2 - \frac{1}{6}a_1^2 - \frac{19}{42}a_2^2 + \frac{3}{20}a_0 + \frac{7}{60}a_1 + \frac{227}{84}a_2 = \frac{1}{3} \quad (32)$$

with conditions

$$y_2(0) = \mathbf{X}(0)(\mathbf{D}^T)^{-1} \mathbf{A} = a_0 - a_1 + a_2 = 0 \quad (33)$$

Solving Eqs.(31)-(33), we obtain

$$a_0 = 0.375, a_1 = 0.5, a_2 = 0.125$$

Substituting these coefficients in Eq.(3), then we get

$$y_2(x) = x^2$$

which is the exact solution of this problem.

Example 2. Consider the following nonlinear Volterra-integro differential equations with the exact solution $y(x) = e^x$

$$y''(x) - xy'(x) + y(x) = 2e^x - xe^x - \frac{1}{2} + \frac{1}{2}e^{2x} + \int_0^x y^2(t)dt$$

$$y(0) = 1, y'(0) = 1$$

Table 1 displays the absolute errors with various choices of approximation order N . In Fig. 1, it is displayed the absolute errors for various N . In Fig.2, error estimation functions and relative error functions are plotted for various N .

Table 1: Error values of Ex.2 for the x values

x	Exact Solution	N _e =4	N _e =6	N _e =8
0.0	0.00000000	0.000000E-0	0.000000E-0	0.000E-0
0.1	0.11051709	0.438371E-4	0.760914E-7	0.45240E-13
0.2	0.24428055	0.105753E-3	0.200737E-6	0.10488E-12
0.3	0.40495764	0.123183E-3	0.159292E-6	0.23060E-13
0.4	0.59672987	0.798648E-4	0.892422E-7	0.18493E-12
0.5	0.82436063	0.702716E-5	0.363254E-6	0.41500E-14
0.6	1.09327128	0.101101E-3	0.417967E-6	0.18659E-12
0.7	1.40962689	0.162466E-3	0.170928E-6	0.17330E-13
0.8	1.78043274	0.165099E-3	0.163667E-6	0.10860E-12
0.9	2.21364280	0.116038E-3	0.205742E-6	0.45770E-13
1.0	2.71828182	0.766029E-4	0.277000E-8	0.12500E-16

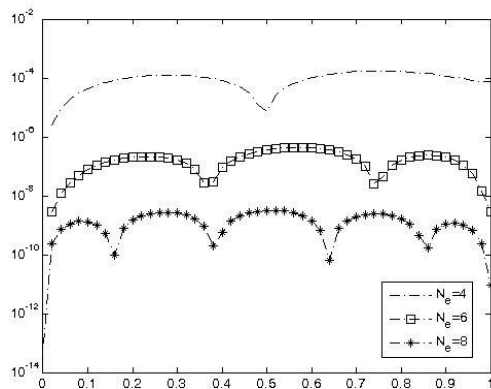


Fig.1. Absolute errors of the Ex. 2.

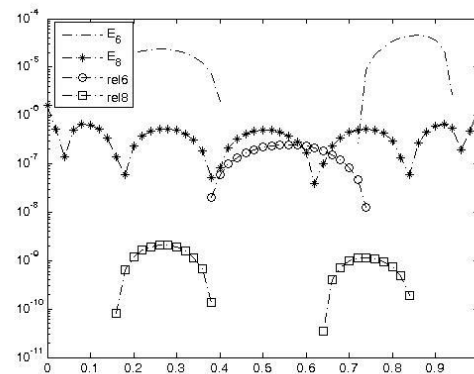


Fig.2. Comparison of error estimation functions and relative errors of Ex.2.

Example 3. Let us consider the following nonlinear Volterra-integro differential equations with the initial condition $y(0) = 0$:

$$y'(x) - y(x) + \int_0^x e^{t-x} y^2(t) dt = -e^{-x} - e^{-2x}$$

$$y(0) = 1$$

The exact solution of this problem is $y(x) = e^{-x}$. In Table 3, it has been given the comparison of absolute errors between the present method. From the Table 3, the present method has more accuracy when N increasing.

Example 4. Let us consider the following nonlinear Volterra integro differential equations:

$$y'(x) - \int_0^x [y(t)]^2 dt = -1$$

$$y(0) = 0$$

Above equation has solved by HPM and WGM. The comparison of present method and other two method is presented in Table 4.

Table 3: Error values of Ex.3 for the x values

x	Exact Solution	$N_e=4$	$N_e=7$	$N_e=10$
0.0	1.000000000	0.0000E-0	0.000000E-0	0.0000000E-0
0.1	0.904837418	0.982570E-5	0.748486E-8	0.678936E-10
0.2	0.818730753	0.187036E-4	0.776968E-7	0.8561523E-9
0.3	0.740818220	0.129698E-4	0.345804E-7	0.6457913E-9
0.4	0.670320046	0.484287E-5	0.653703E-7	0.7822315E-9
0.5	0.606530659	0.238085E-4	0.979692E-7	0.6984253E-9
0.6	0.548811636	0.316702E-4	0.233220E-7	0.5648631E-9
0.7	0.496585303	0.212293E-4	0.810787E-7	0.3569764E-9
0.8	0.449328964	0.387298E-5	0.856858E-7	0.4658976E-9
0.9	0.406569659	0.239242E-4	0.389298E-7	0.3246597E-9
1.0	0.367879441	0.159272E-5	0.149860E-9	0.2013466E-9

Table 4: Error values of Ex.4 for the x value

x	Exact Solution	Our method	Galerkin method [8]	a direct method[10]
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.125	-0.1249796568	-0.1249796566	-0.1249796566	-0.12498
0.250	-0.2496747212	-0.2496747214	-0.2496747209	-0.24967
0.375	-0.3733561800	-0.3733561788	-0.3733561797	-0.37335
0.500	-0.4948225080	-0.4948225080	-0.4948225077	-0.49481
0.625	-0.6124306816	-0.6124306815	-0.6124306814	-0.61242
0.750	-0.7241533481	-0.7241533435	-0.7241533479	-0.72413
0.875	-0.8276674429	-0.8276674430	-0.8276674428	-0.82764
1.00	-0.9204757107	-0.9204757113	-0.9204757105	-0.92044

Example 5. Consider the nonlinear Volterra integro differential equation[29]:

$$y'(x) - \int_0^x y(t)y'(t)dt = 1, \quad y(0) = 0$$

The exact solution is $y(x) = \sqrt{2} \tan(x/\sqrt{2})$. In [29], it has been solved by Haar wavelets collocation method. Maximum absolute errors around 10^{-3} in [29] from $N = 5$ to $N = 35$. Our method is presented more accuracy than Ref.[29] from Table 5.

Table 8: Error values of Ex. 10 for the x value

x	Exact Solution	$N_e = 6$	$N_e = 8$	$N_e = 10$
0.0	0.0	0.55000E-15	0.18100E-15	0.0E-0
0.2	0.2013440870	0.452076E-5	0.719203E-7	0.122421E-8
0.4	0.4110194227	0.583033E-5	0.119630E-6	0.122421E-8
0.6	0.6387957040	0.554064E-5	0.130914E-6	0.264398E-8
0.8	0.8978815369	0.430861E-5	0.104877E-6	0.794482E-9
1.0	1.2084602410	0.158000E-9	0.20000E-13	0.20E-13

5. References

- [1] Delves, L.M. and Mohamed J.L., *Computational Methods for Integral Equations*, Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
- [2] Wazwaz, A.M., *A First Course in Integral Equations*, World Scientifics, Singapore, 1997.
- [3] Jaswon M.A. and Symm G.T., *Integral Equation Methods in Potential Theory and Elastostatics*, Academic Press, London, 1977.
- [4] Zhuang, W., Existence and uniqueness of solutions of nonlinear integro-differential equations of volterra type in a banach space, *Applicable Analysis: An International Journal* 22, 157-166, 1986.
- [5] Şevgin S. and Şevli H., Stability of a nonlinear Volterra integro-differential equation via a fixed point approach, *Journal of Nonlinear Sciences and Applications* 9, 200-207, 2016.
- [6] Turkyilmazoğlu M., High-order nonlinear Volterra–Fredholm–Hammerstein integro-differential equations and their effective computation, *Applied Mathematics and Computation* 247, 410-416, 2014.
- [7] Kashkaria BSH. and Syam MI., Evolutionary computational intelligence in solving a class of nonlinear Volterra–Fredholm integro-differential equations, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 311, 314-323, 2017.
- [8] Babolian E., Masouri M.S. and Varmazyar S.H., Numerical solution of nonlinear Volterra Fredholm integro-differential equations via direct method using triangular functions, *Comput. Math. Appl.* 58, 239–247, 2010.
- [9] Wazwaz A.M., The combined Laplace transform-Adomian decomposition method for handling nonlinear Volterra integro-differential equations, *Appl. Math. Comput.* 216, 1204–1309, 2010.
- [10] Maleknejad K. and Mahmoudi Y., Taylor polynomial solution of high-order nonlinear Volterra Fredholm integro-differential equations, *Appl. Math. Comput.* 145, 641–65, 2003.
- [11] Shidfar A., Molabahrani A., Babaei A., and Yazdaniyan A., A series solution of the nonlinear Volterra and Fredholm integro-differential equations, *Commun. Nonlinear. Sci. Numer. Simul.* 15, 205–215, 2010.
- [12] Ebadi G., Rahimi-Ardabili G.H. and Shahmorad S., Numerical solution of the nonlinear Volterra integro-differential equations by the Tau method, *Applied Mathematics and Computation* 188, 1580-1586, 2007.
- [13] Abbasbandy S. and Taati A., Numerical solution of the system of nonlinear Volterra integro-differential equations with nonlinear differential part by the operational Tau method and error estimation, *Journal of Computational and Applied Mathematics* 231, 106-113, 2006.
- [14] Akyüz-Daşcıoğlu A., A Chebyshev polynomial approach for linear Fredholm–Volterra integro-differential equations in the most general form, *Applied Mathematics and Computation* 181, 103-112, 2006.
- [15] Bhrawy A.H., Tohidi E. and Soleymani F., A new Bernoulli matrix method for solving high-order linear and nonlinear Fredholm integro-differential equations with piecewise intervals, *Applied Mathematics and Computations*, 219, 482-497, 2012.
- [16] Maleknejad, K. and Attary M., An efficient numerical approximation for the linear class of Fredholm integro-differential equations based on cattanis method, *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.* 16, 2672–2679, 2011.
- [17] Dehghan, M. and Saadatmandi A., Chebyshev finite difference method for Fredholm integro-differential equation, *International Journal of Computer Mathematics*, 85(1), 123-130, 2003.
- [18] Mason J.C. and Handscomb D.C., *Chebyshev polynomials*, Chapman and Hall/CRC, New York, 2003. hyperbolic telegraph type equations, *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, 36(6), 1553-1571, 2016.
- [19] Body J.P., *Chebyshev and fourier spectral methods*, University of Michigan, New York, 2000.

HPV: HİSTOPATOLOJİ VE KARSİNOGENEZ

Hatice Beşeren¹, Yasemen Adalı²

¹ Kafkas Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Hastanesi, Patoloji Laboratuvarı, Kars, Türkiye

hbeseeren@gmail.com

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Patoloji Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye

yasemenadali@hotmail.com

Özet

Human Papillomavirus (HPV); hasara uğramış epidermisten girerek farklı vucüt bölgelerinde epitelyal proliferasyonla karakterize lezyonlar oluşturan Papillomaviridae ailesindeki 12 tür virüsten biridir. Papillomaviruslar küçük yapıda yaklaşık 52-55 nm çapında, zarfsız, ikozahedral simetrik, kapsidli ve partiküller yapıdadır. Yüksek derecede doku tropizimi gösteren HPV, farklı dermal ve mukozal bölgelere yerleşimine göre beş grupta toplanmıştır. Bu yazıda HPV nin insanda oluşturduğu lezyonların histopatolojik bulguları ve HPV ilişkili viral karsinogenez gözden geçirilecektir.

Human Papillomavirus'ların jinekolojik onkolojide önem arz eden DNA virüsleri olduğu uzun yıllardır bilinmektedir. Günümüzde HPV'nin sadece serviks başta olmak üzere jinekolojik malignitelerde değil; oral kavite, larinks, özefagus gibi skuamöz epitelle örtülü alanlarda da neoplazilere yol açtığı bilinmektedir.

Enfekte ettiği hücrelerde sitolojik düzeyde koilosit formasyonu, çekirdek zarında düzensizlik, iki çekirdeklilik (binükleasyon) ve kromatide kümelenme gibi değişikliklere; doku düzeyinde ise epidermiste kalınlaşma (akantozis) ve hiperkeratozise yol açabilmektedir.

Yüksek ve düşük riskli olarak gruplanan HPV'nin karsinogenetik sürecinde hücre siklusunun çeşitli aşamalarında ortaya çıkan anomaliler yer almaktadır. E6 ve E7 gibi proteinlerin varlığında gerçekleşen hücre siklus değişiklikleri neoplastik sürecin önemli aşamalarını oluşturmaktadır.

Gerek bulaşıcılık gerekse neoplastik özellikleri açısından yaygın sağlık, sosyal ve ekonomik sorunlara neden olan HPV'nin genel özelliklerinin değerlendirildiği bu yazının özellikle tıp dışı sağlık çalışanlarına kaynak olacağı düşüncesindeyiz.

Anahtar Kelimeler: Human Papillomavirus, HPV, Neoplazi, Histopatoloji

1. Giriş

Human Papillomavirus (HPV); epitelyal ve mukozal proliferasyon ile seyreden bir hastalık spektrumuna neden olan DNA virüsüdür. Spektrumun en benign tarafında basit epitelyal hiperplaziler ve viral wartlar yer alırken malign kısmında invaziv karsinomlar yer almaktadır. Serviks kanseri başta olmak üzere, baş boyun kanserlerini de içeren skuamöz hücreli karsinomların etyolojisinde yer alan HPV'nin serviks adenokarsinomlarının etyolojisinde de yer aldığı bilinmektedir.

Human Papillomavirus, papillomavirus ailesinde yer almaktadır. Papillomaviridae ailesinde 12 cins bulunmaktadır. Bunlar alfa, beta, gamma, mu ve nu cinsleridir. Bunların dışında kalan 7 cinsi ise hayvan papilloma virüsleri oluşturmaktadır. Alfa papilloma cinsi en geniş grup olur, mukozayı enfekte etmektedir. Bu virüsler 50-55 nm çapında olup DNA genomu içermektedirler (Zur -Hausen, 2002; Yarkin, 2009). Papillomaviruslar orjin aldıkları türe (insan, sığır ve diğer türler) aynı tür içindeki genetik ilişki derecelerine göre sınıflandırılırlar. DNAhomolojilerine bakılarak bugüne kadar 118 farklı HPV tipi tanımlanmıştır (Kubar, 2007).

Virüs adında da yer aldığı üzere HPV'nin oluşturduğu ekspansif lezyonlarda izlenen histopatolojik görüntülerden birisi papillomatozistir. Lezyondan lezyona değişen histopatolojik görünümünden ve prognozu etkileyen en önemli faktörlerden birisi enfeksiyonu oluşturan HPV tipidir. Diğer önemli faktörler içerisinde immunsupresyon başta olmak üzere konağa ait faktörler yer almaktadır. HPV'nin en önemli oluşturduğu lezyon neoplazilerdir. Karsinogenetik özelliklerine göre HPV tipleri 4 grupta incelenmektedir (Muñoz ve ark, 2003). Yüksek, olası yüksek ve düşük riskli tipler ile risk düzeyi tanımlanmamış tipler tablo 1'de sunulmuştur.

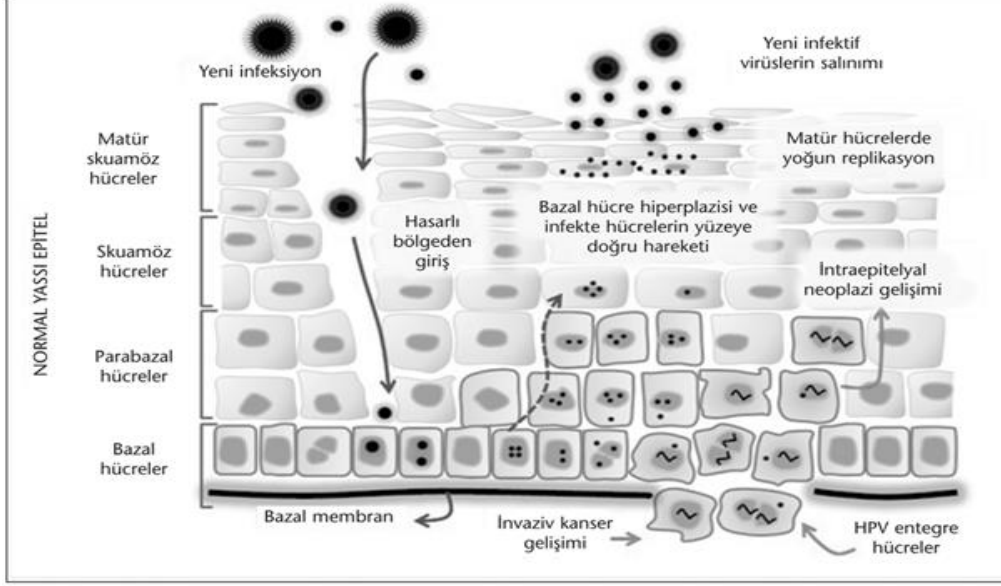
Tablo 1: Risklerine göre HPV tipleri (Muñoz ve ark, 2003)

Yüksek riskli tipler	16, 18, 31, 33, 35, 39, 45, 51, 52, 56, 58, 59, 68, 73, 82
Olası yüksek riskli tipler	26, 53, 66
Düşük riskli tipler	6, 11, 40, 42, 43, 44, 54, 61, 70, 72, 81, CP6108
Risk düzeyi tanımlanmayan tipler	34, 57, 83

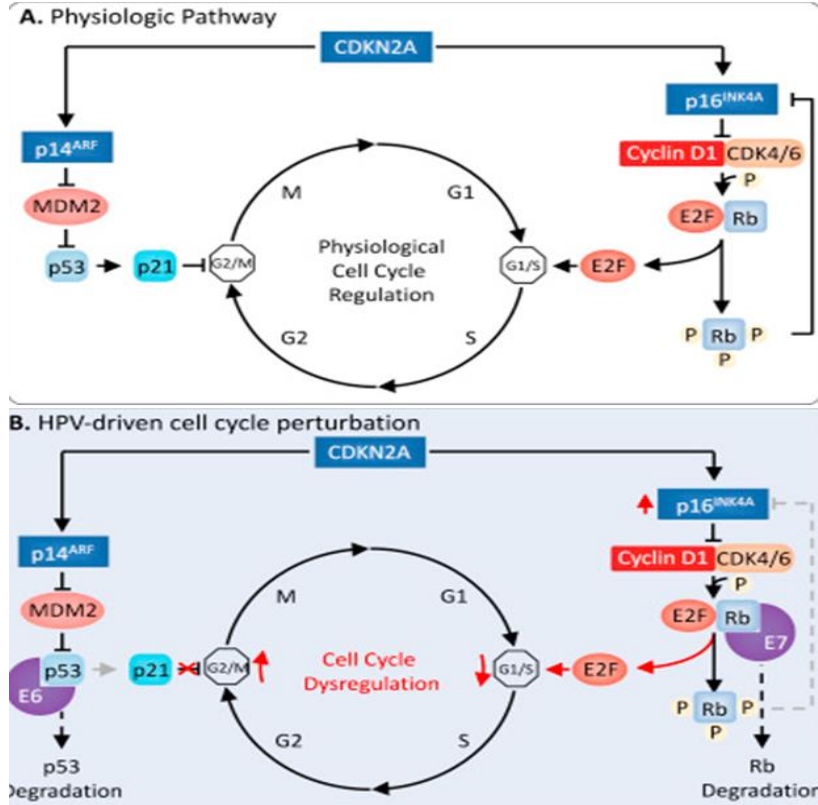
Human Papilloma Virus bulaşı sonrası epitel bazında karsinogenez şekil 1'de şematize edilmiştir. Şekilden de anlaşıldığı üzere HPV bazal hücreleri enfekte ettikten sonra bazal hücrelerin çoğalmasını arttırarak önce bazal hücre hiperplazisine sebep olur. Daha sonra

epitelden önce bazaldan yukarıya doğru neoplastik süreç devam eder. Bu aşamada gelişen neoplazi intaepitelyal neoplazi olarak değerlendirilir. Gelişen neoplazi lamina propriayı invaze ettiği zaman neoplazi invaziv neoplazi olarak adlandırılır.

Karsinogenez incelenirken HPV'nin etkisini anlamak için hücre siklusuna yakından bakmak gerekir. En spot hali ile değerlendirildiğinde fizyolojik hücre siklusunda p14^{ARF} ve p16^{INK4A} yolları bulunmaktadır. Fizyolojik hücre siklusu regülasyonunda p14^{ARF} yolağında p53 ve p21, yolağında ise Rb ve E2F üzerinden gerektiği durumlarda siklus inhibisyonu yapılmaktadır (Şekil 2A). Ancak hücre HPV ile enfekte olduğunda HPV'nin spesifik proteinleri nedeni ile p14^{ARF} yolağında E6, p16^{INK4A} yolağında ise E7 hücre siklusunun inhibisyonunu engeller ve virüs ile enfekte hücelere çoğalma yeteneğini kazandırır (Şekil 2B).



Şekil 1: HPV enfeksiyonu sonrası neoplazi gelişimi (Şahiner F ve Gümral R, 2012).



Şekil 2: A- Fizyolojik hücre siklusu; B- HPV ile enfekte hücrede bozulmuş hücre siklusu (Faraji F et al, 2017)

Servikal karsinogenez HPV ilişkili neoplazilerin aydınlatılmasında temel neoplazidir. Servikal karsinogenez hiperplazinin derinliğine göre kabaca incelendiğinde bazal ve parabazal hücre hiperplazisi servikal intraepiteliyal neoplazi I (CIN I), hiperplazi ve atipi epitelin kalınlığının 2/3'ünü geçmiyorsa servikal intaepiteliyal neoplazi II (CIN II) ve tam kat tutulum var ise servikal intraepiteliyal neoplazi III (CIN III) olarak yorumlanır. HPV ile enfekte hücrelerin oluşturduğu nükleus çevresi berrak haloya sahip hücreler ise koilosit olarak adlandırılır ve hem doku tanısında hem de sitolojik tanıda önem arz ederler.

2. Sonuç

Sonuç olarak bu yazıda HPV'nin insanda oluşturduğu lezyonların genel histopatolojik bulguları ve HPV ilişkili viral karsinogenez gözden geçirilmiştir. Gerek bulaşıcılık gerekse neoplastik özellikleri açısından yaygın sağlık, sosyal ve ekonomik sorunlara neden olan HPV'nin genel özelliklerinin değerlendirildiği bu yazının özellikle tıp dışı sağlık çalışanlarına kaynak olacağı düşüncesindeyiz.

3. Referanslar

- Faraji, F., Zaidi, M., Fakhry, C., Gaykalova, D.A. (2017) Molecular mechanisms of human papillomavirus-related carcinogenesis in head and neck cancer. *Microbes Infect.* Sep - Oct;19(9-10):464-475. doi: 10.1016/j.micinf.2017.06.001.
- Kubar A: Papillomavirusların genel özellikleri. XXXII.Türk Mikrobiyoloji Kongresi Kongre Kitabı 2007,S:231-233
- Muñoz, N., Bosch, F.X., de Sanjosé, S., ve ark. (2003) Epidemiologic classification of human papillomavirus types associated with cervical cancer. *N Engl J Med* 2003;348:518-27.
- Şahiner, F., Gümral, R. (2012) Human Papillomavirus Infections and Associated Cancers. *FLORA* 2012;17(3):093-102
- Yarkin F, Vardar MA: HPV immunolojisi ve natürel enfeksiyonlar. *Türkiye Klinikleri J Gynecol Obst Special Topics* 2009; 2(1): 43-7.
- Zur Hausen H: Human papillomaviruses and their possible role in squamous cell carcinomas. *Curr Top Microbiol Immunol* 1977, 78:1-30

MOL GEBELİKLERDE ENFLAMATUAR HÜCRE ORANLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Hüseyin Avni Eroğlu¹, Rulin Deniz², Yasemen Adalı³

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji ABD, Çanakkale, Türkiye

haeroglu@comu.edu.tr

²Kafkas Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum ABD, Kars, Türkiye

rulindeniz@hotmail.com

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Patoloji ABD, Çanakkale, Türkiye

yasemenadali@hotmail.com

Özet

Amaç: Mol hidatiform (MH) histopatolojik olarak trofoblastların anormal proliferasyonu ile seyreden bir hastalıktır. Bu çalışmada enflamatuar hücre oranlarının MH'de incelenmesi amaçlanmaktadır.

Gereç ve yöntem: Histopatolojik olarak incelenen MH olguları (N=19) ile bu olgularda aynı zaman intervalinde gelen sağlıklı gebelik terminasyon materyalleri (N=19) çalışmaya dahil edildi. Yapılan retrospektif çalışmada NLO, PLO, LMO, LEO ve diğer enflamatuar hücre oranlarının MH ve kontrol gruplarındaki ortalamaları karşılaştırıldı.

Bulgular: Olguların yaşları 19-47 arasında değişmekte olup ortalama 33.8±8.5'tir. Yapılan analizlerde enflamatuar hücre oranlarının değerlendirilmesinde LMO ve LEO kontrol grubunda belirgin yükseklik izlese de bu yüksekliğin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını gözlemlendi (p değerleri sırası ile 0.335, 0.430). Nötrofil/lenfosit oranında mol olgularında saptadığımız hafif yüksekliğin de istatistiksel olarak anlamlı olmadığını izledini (p=0.827).

Sonuç: Enflamatuar hücre oranlarını hesaplayarak bu oranların MH pozitif olgularla bağlantısını araştırdığımız çalışmamızda elde ettiğimiz istatistiksel veriler hastalığın teşhisi ya da şüphesine katkı sağlayacak herhangi bir sonuç vermediğini gözlemledik. Ancak saptanan sayısal farklılıklar nedeni ile daha geniş olgu serilerinde istatistiksel anlamlılık gözlenebileceğini düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Mol hidatiform, hemogram, enflamatuar hücre oranı

1. Giriş

Günümüzde hemogram, ülkemizde birinci basamaktan itibaren neredeyse tüm sağlık kuruluşlarında

kan parametrelerinin incelenmesinde kullanılmaktadır. Çoğunlukla otoanalizörler ile yapılan değerlendirmelerde, anemilerden, enfeksiyöz ya da enflamatuar hastalıklara ve hatta malignitelere kadar geniş spektrumdaki hastalıklara birincil yaklaşım sağlanmaktadır. Kırmızı kan ve beyaz kan hücrelerinin yanı sıra trombositlerin de incelendiği hemogramda kan hücrelerinin belli bir hacimdeki miktarları ve yüzdeleri verilmektedir.

Mol hidatiform (MH) fertilizasyon sorunu nedeni ile oluşan ve histopatolojik olarak trofoblastların anormal proliferasyonunu içeren gestasyonel trofoblastik hastalıklar (GTH) arasında yer alan bir hastalıktır. Gestasyonel trofoblastik hastalıklar kategorisinin en benign ucunda yer alan MH'nin kromozomal alterasyona göre komplet ve parsiyel olmak üzere iki türü bulunmaktadır (Kumar ve ark, 2003). Etiyolojik faktörleri arasında sosyoekonomik durumun da yer aldığı MH dünya üzerinde farklı oranlarda karşımıza çıkmaktadır. Mol hidatiform için klinik ön tanıya yüksek beta HCG seviyeleri ve USG inceleme bulguları yönlendirici olmak ile birlikte kesin tanı histopatolojik inceleme ile koyulmaktadır.

Hemogram incelenmesinde enflamatuar hücre oranlarının, maligniteleri de içeren birçok hastalık için tanısal ve/veya prediktif kullanımına dair çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Yıldırım ve ark, 2014; Cho ve ark, 2018; Kim ve ark, 2010). Mol hidatiform için de hemogram parametrelerinin tanı açısından değerine yönelik bazı çalışmalar mevcuttur. Nötrofil lenfosit oranının (NLO) ve platelet lenfosit oranının (PLO) mol hidatiformun myometrial invazyon göstemesi durumu için prediktif bir faktör olarak değerli olabileceğini bildirilmektedir (Güzel ve ark, 2014; Abide ve ark, 2017). Ancak lenfosit monosit oranı (LMO) ve lenfosit eozinofil oranı (LEO) ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmamızda NLO, PLO, LMO, LEO ve diğer enflamatuar hücre oranlarını histopatolojik olarak MH tanısı almış olgular ile histopatolojik olarak normal gebelik ürünleri olarak raporlanan olgular arasında karşılaştırıp bu verilerin tanısal açıdan değerini incelemeyi hedeflemekteyiz.

2. Gereç ve yöntem:

2014-2017 yılları arasında bir üniversite hastanesi patoloji departmanında histopatolojik olarak incelenen MH olguları ile bu olgularda aynı zaman intervalinde gelen sağlıklı gebelik terminasyon materyalleri çalışmaya dahil edildi. 19 MH ve 19 kontrol olgusuna dair yapılan retrospektif çalışmada olguların verilerine hastane otomasyon sisteminden ulaşıldı. MH ve kontrol grupları

arasında hemogram parametreleri üzerinden nötrofil/ lenfosit, lenfosit/ monosit, lenfosit/eozinofil, monosit/ eozinofil, platelet/lenfosit, platelet/ nötrofil, platelet/monosit, platelet/ eozinofil 'i içeren enflamatuvar hücre oranları hesaplandı. İki grup arasındaki karşılaştırmalar Mann Whitney-U testi ile SPSS 15.0 paket programda yapıldı. 0.05'ten küçük olan p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

3. Bulgular

Olguların yaşları 19-47 arasında değişmekte olup ortalama 33.8 ± 8.5 'tir (medyan 35.5). Mol hidatiform izlenen olguların yaşları 19-46 arasında olup ortalaması 33.2 ± 7.3 'tür (medyan 35). Normal gebelik sonlandırma materyallerine ait olguların en genci 19, en yaşlısı 47 yaşında olup ortalamaları 34.5 ± 9.6 ' dır (medyan 36). Olguların enflamatuvar hücre ortalamaları ve platelet ortalamaları tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Tüm olguların ve grupların enflamatuvar hücre ortalamaları ve platelet ortalamaları

Parametreler	Tüm olgular	Mol hidatiform	Kontrol
WBC	8.89 ± 4.77	7.73 ± 3.05	10.07 ± 5.88
Nötrofil	6.32 ± 4.58	5.45 ± 3.02	7.18 ± 5.69
Lenfosit	1.91 ± 0.64	1.64 ± 0.43	2.19 ± 0.70
Monosit	0.44 ± 0.19	0.42 ± 0.19	0.45 ± 0.19
Eozinofil	0.19 ± 0.13	0.19 ± 0.13	0.18 ± 0.13
Platelet	267.47 ± 83.03	264.31 ± 69.74	270.63 ± 96.36

Yapılan analizlerde enflamatuvar hücre oranlarının değerlendirmesinde lenfosit/monosit oranında ve lenfosit/ eozinofil oranlarında kontrol grubunda belirgin yükseklik izlese de bu yüksekliğin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını gözlemledik (p değerleri sırası ile 0.335, 0.430). Nötrofil/lenfosit oranında mol olgularında saptadığımız hafif yüksekliğin de istatistiksel olarak anlamlı olmadığını izledik (p=0.827). Monosit/ eozinofil oranında da benzer şekilde anlamlı farklılık dikkati çekmedi (p= 0.693).

Platelet/lenfosit oranını değerlendirdiğimizde ise mol olgularında daha yüksek bir sayı ile karşılaşmış olsak da bu oranda da istatistiksel olarak anlamlılık saptamadık (p=0.075). Benzer şekilde platelet/nötrofil (p= 0.314), platelet/monosit (p= 0.395), platelet/ eozinofil (p= 0.784) ve platelet/WBC (p= 0.175) oranlarında da istatistiksel anlamlılık gözlemlemedik.

4. Tartışma

Sıklıkla olmasa da zaman zaman anne mortalitesi ile sonuçlanabilen (Ubong ve ark, 2015) MH toplumsal bir sağlık problemi olarak görülmeli ve bu çerçevede gerek toplumun gerekse sağlık çalışanlarının bilgilendirilmeleri önem arz etmektedir (Boufettal ve ark, 2011). MH' nin invaziv bir gestasyonel trofoblastik neoplaziye dönüşebilmesinin yanında MH' den muzdarip olan insanların hastalığı atlatmalarına rağmen yaşamlarının ilerleyen dönemlerinde (Shamshiri Milani ve ark, 2017) psikolojik olarak ciddi sorunların ortaya çıktığı da ifade edilmiştir (Stafford ve ark, 2011).

Ülkemizde MH ile alakalı olarak yapılmış olan epidemiyolojik çalışmalardan birinde hastalığın 1000 gebelikte 0.3-16 arasında , 1000 doğumda ise 1-24.5 oranında olduğunu ifade edilmekte (Ozalp ve Oge, 2013), bir diğer çalışmada ise 1.173.235 doğumda 456 gestasyonel trofoblastik hastalık izlendiği (1000 doğumda 0.38) ifade edilmektedir (Ozalp ve ark, 2014).

MH hastalığının teşhisi beta human chorionic gonadotropin (beta HCG), ultrasonografi görüntüleme (USG) ve abortus ya da terminasyon materyalinin histopatolojik incelemesi ile koyulmaktadır. MH'nin erken tanısı için prediktif bir laboratuvar testi bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalar mortalitesi daha yüksek olduğundan ötürü daha çok invaziv MH'yi tespit etmeye (Yang ve ark, 2002) ya da tekrarlayan MH'yi öngörmeye yöneliktir (Sun ve ark, 2015; Kim ve ark, 2011).

MH'nin erken tanısı için var olan az sayıda prediktivite değerlendirmesi yapan çalışmalardan birinde Kohorn EI ve ark. koloni stimulan faktör (CSF) serum değerlerini beta HCG ile karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında bazı vakalarda korelasyon izlediklerini ancak istatistiksel anlamlılık olmadığı gibi tamamen zıt sonuçlar da izlediklerini belirtmişlerdir (Kim ve ark, 2011). 2003 yılında yayınlanan bir çalışmada serum tümör belirteçleri değerlendirilmiş ve ortalama CA 19-9 değerinin MH gebeliklerde normal gebeliklerle kıyaslandığında daha düşük olduğunu saptanmıştır (Hegab ve ark, 2003). Sutoto MT'nin çalışmasında düşük NK hücre yüzdesinin gestasyonel trofoblastik tümörler ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Sutoto, 1999). Hemogram sonuçları üzerinden yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde histolojik olarak teyid edilen 257 MH ve 198 normal gebenin dahil edildiği bir çalışmada ortalama platelet hacminin persiste eden MH'yi ön görmekte %21.5, platelet/lenfosit oranının ise %18.3 aditif etkisi olduğu saptanmıştır (Abide ve ark, 2017). Başka bir çalışmada da nötrofil/ lenfosit oranının gestasyonel trofoblastik hastalıklarda invazyon için bir biyobelirteç olarak kullanılabilmesi öne sürülmüştür (Güzel ve ark, 2014). Biz de çalışmamızda hemogram parametreleri üzerinden nötrofil/ lenfosit, lenfosit/ monosit, lenfosit/eozinofil, monosit/ eozinofil, platelet/lenfosit, platelet/ nötrofil, platelet/monosit, platelet/ eozinofil 'i içeren enflamatuvar hücre oranlarını hesaplayarak bu oranların MH pozitif olgularla bağlantısını araştırarak hastalık teşhisinde 1. basamak sağlık birimlerinde dahi ön bilgi olarak katkıda bulunmayı amaçlamış olmamıza rağmen elde ettiğimiz istatistiksel veriler hastalığın teşhisi ya da şüphesine katkı sağlayacak herhangi bir sonuç vermemiştir.

5. Referanslar

- 1.Kumar, V., Cotran, R., Robins, S. (2003). Temel patoloji. 7. Baskı İstanbul: Nobel tıp kitabevi, 703- 1. Çeviri edi. Prof. Dr. Uğur Çevikbaş.
2. Yildirim, M.A., Seckin, K.D., Togrul, C., Baser, E., Karsli, M.F., Gungor, T., Gulerman, H.C. (2014) Roles of neutrophil/lymphocyte and platelet/lymphocyte ratios in the early diagnosis of malignant ovarian masses. *Asian Pac J Cancer Prev.* 15(16):6881-5.
3. Cho, S., Cho, H., Nam, A., et al (2008). Neutrophil-to-lymphocyte ratio as an adjunct to CA-125 for the diagnosis of endometriosis. *Fertil Steril.* **90**, 2073-9.
4. Kim, H.S., Han, K.H., Chung, H.H., et al (2010). Neutrophil to lymphocyte ratio for preoperative diagnosis of uterine sarcomas: a case-matched comparison. *Eur J Surg Oncol*, **36**, 691-8.
- 5.Güzel, A.İ., Kokanali, M.K., Erkılnç, S., Topçu, H.O., Öz, M., Özgü, E., Erkaya, S., Güngör, T. (2014) Predictive Role of the Neutrophil Lymphocyte Ratio for Invasion with Gestational Trophoblastic Disease *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, Vol 15, (10), 4203-4206
6. Abide Yayla C., Özkaya, E., Yenidede, I., Eser, A., Ergen, E.B., Tayyar, A.T., Şentürk, M.B., Karateke, A. (2017) Predictive value of some hematological parameters for non-invasive and invasive mole pregnancies. *J Matern Fetal Neonatal Med.* Feb 2:1-7. doi: 10.1080/14767058.2017.1281906.
7. Ubong, I.C., Uji, A.B., Efiok, E.E., Abeng, E.G., Felix, N. (2015). A ten year review of hydatidiform mole in university of Calabar teaching hospital Nigeria. *J Obstet Gynecol*, 3, 88-91.
8. Boufettal, H., Coullin, P., Mahdaoui, S., et al (2011). Complete hydatiforme mole in Morocco: epidemiological and clinical study. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)*, 40, 419-29.
9. Shamshiri Milani, H., Abdollahi, M., Torbati, S., Asbaghi, T., Azargashb, E. (2017) Risk Factors for Hydatidiform Mole: Is Husband's Job a Major Risk Factor? *Asian Pac J Cancer Prev.* Oct 26;18(10):2657-2662.
10. Stafford, L., McNally, O.M., Gibson, P., Judd, F. (2011) Long-term psychological morbidity, sexual functioning, and relationship outcomes in women with gestational trophoblastic disease. *Int J Gynecol Cancer.* Oct;21(7):1256-63. doi: 10.1097/IGC.0b013e3182259c04.
11. Ozalp, S.S., Oge, T. (2013) Gestational trophoblastic diseases in Turkey. *J Reprod Med.* 2013 Jan-Feb;58(1-2):67-71.
12. Ozalp, S.S., Telli, E., Oge, T., et al. (2014) Multicenter analysis of gestational trophoblastic neoplasia in Turkey. *Asian Pac J Cancer Prev.* 15(8):3625-8.
13. Yang, X., Zhang, Z., Jia, C., Li, J., Yin, L., Jiang, S. (2002) The relationship between expression of c-ras, c-erbB-2, nm23, and p53 gene products and development of trophoblastic tumor and their predictive significance for the malignant transformation of complete hydatidiform mole. *Gynecol Oncol.* Jun;85(3):438-44.
14. Sun, S.Y., Melamed, A., Goldstein, D.P., et al. (2015) Changing presentation of complete hydatidiform mole at the New England Trophoblastic Disease Center over the past three decades: does early diagnosis alter risk for gestational trophoblastic neoplasia? *Gynecol Oncol.* Jul;138(1):46-9. doi: 10.1016/j.ygyno.2015.05.002
15. Kim, B.W., Cho, H., Kim, H., et al. (2012) Human chorionic gonadotrophin regression rate as a predictive factor of postmolar gestational trophoblastic neoplasm in high-risk hydatidiform mole: a case-control study. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* Jan;160(1):100-5. doi: 10.1016/j.ejogrb.2011.10.003.
16. Kohorn, E.I., Kacinski, B.M., Stanley, E.R. (2001) Serum levels of macrophage colony-stimulating factor in trophoblastic disease. *Gynecol Oncol.* Mar;80(3):383-6.
17. Hegab, H.M., Schindler, A.E., Rizk, M., Ramadan, M. (2003) Evaluation of tumour markers in molar pregnancy. *Arch Gynecol Obstet.* Aug;268(3):151-4.
18. Sutoto, M.T. (1999) Cellular immune response levels in gestational trophoblastic tumor patients after hydatidiform mole. *Int J Gynaecol Obstet.* Jun;65(3):273-9.

PATOLOGLARDA MESLEKİ RİSKLER VE HASTALIKLAR

Yasemen Adalı¹, Gülname Fındık Güvendi²

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Patoloji Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye

yasemenadali@hotmail.com

² Rize Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Patoloji Anabilim Dalı, Rize, Türkiye

gulnamefindik@hotmail.com

Özet

Birçok sağlık çalışanı gibi patologlar da mesleki hastalıklardan dolayı ciddi risk altındadır. Patoloji cerrahi tıp bilimleri arasında yer almakla birlikte özellikle sağlık yöneticileri tarafından çoğu zaman laboratuvar bilimleri arasında değerlendirilir. Patologlar materyalin kabul aşamasından nihai rapor hazır hale gelene kadar sağlığı olumsuz etkileyen ve/ veya etkileyebilecek çok sayıda risk altında olup ayrıca bunlara mesleki rahatsızlıklar eklenmektedir. Materyalle karşılaşma anında başlayan enfeksiyon riski, toksik kimyasal madde ve buharlara maruziyet riski yanısıra parça alma kısmında vücut bütünlüğünün bozulması riski en önemli risklerdendir. Bu risklerin bir kısmı kısa dönemli etkiye sahip olsa da enfeksiyon ve toksik kimyasalların yol açtığı neoplazi gelişim riski uzun dönemli ve kalıcı etkilere yol açabilmektedir.

Mesleki hastalıklar incelendiğinde uzun parça alma zamanlarından dolayı özellikle alt ekstremitelerde oluşabilecek hemodinamik bozukluklar süreçte ilk akla gelen hastalıklar arasındadır. Preparat inceleme aşamasında mikroskop kullanımından kaynaklanan postür bozuklukları, mikrotravmalara bağlı üst ekstremitte iskelet ve bağ doku hasarları ve görme sorunları kalıcı hasarlara neden olabilmektedir. Ayrıca mikroskop ışığı nedeni ile oluşabilecek baş ağrıları da hayat kalitesini ileri derecede olumsuz etkileyen faktörler arasındadır. Bu yazıda patologların mesleki sağlık hastalıkları ve olası risklerine değinilecektir.

Anahtar Kelimeler: Patolog, Mesleki Hastalık, Mesleki Risk

1. Giriş

Patoloji cerrahi tıp bilimleri arasında yer alan ancak hizmetini laboratuvar varlığında sürdüren bir bilim dalıdır. Patologlar, patoloji laboratuvarına ulaşan materyalin laboratuvara kabul aşamasından patoloji sonuç raporu düzenlenene kadar olan süreçlerin neredeyse tümünde aktif olarak görev almaktadırlar. Bu durum patologların birçok mesleki risk ve hastalık açısından tehdit altında olmasına neden olmaktadır. Bu yazıda patologların mesleki olarak karşılaştığı ve/ veya maruz kaldığı sağlık açısından olumsuz faktörler ve/ veya durumlar ortaya koyulacaktır.

Kronolojik olarak incelendiğinde ilk olarak karşımıza materyal kabul ve makroskopi aşaması gelmektedir. Bu aşamada kliniklerden gelen materyalin niteliği ve gönderim şekli oldukça önem arz etmektedir. Biyogüvenlik kurallarına uymayan şekilde enjektörde materyal gönderimi başlıca sorun oluşturan faktörler arasında yer almaktadır. Aynı zamanda materyal kutularının içinde yanlışlıkla kesici- delici nesne bulunması özellikle kanamalı materyallerde sorun teşkil etmektedir. Sitolojik materyaller gibi direkt gönderilen (solüsyonsuz) materyaller ise enfektif hastalıklar açısından risk teşkil etmektedir. Hem bulaş hem de vücut bütünlüğünün bozulmasına neden olabilecek aşamalardan biri de makroskopi esnasında materyal örnekleme kısmıdır. Bu aşamada kullanılan bistüri ucu vb kesici delici aletlerin yarattığı olası risklere fetal otopsi sonrası cerrahi sutur atma aşamasında kullanılan cerrahi iğne uçları da eklenmelidir. Uygun solüsyon içerisinde gönderilmeyen ve/ veya istem kağıdında enfektif durum varlığı bildirilmeyen materyaller de ayrıca bulaş riskini arttırmaktadır. Çeşme suyu içinde gönderilen enfektif ajan içeren biyopsi materyalleri bu duruma örnek sayılabilir. Bir diğer örnek ise solüsyonsuz materyal gönderilmesi gereken intraoperatif konsültasyon (frozen inceleme) sırasında karşımıza çıkmaktadır. Tüberküloz gibi bulaş yüksek olabilen enfekte dokulara direkt temas patologları ciddi risk altına sokmaktadır. Bulaş açısından karşılaşılabilecek rölatif olarak az ihtimal dahilinde olan durum prion hastalıkları olsa da bulaş riski en yüksek durumlardan biri olmasından ötürü patoloji laboratuvarlarının şartları uygun değil ise prion hastalığı kuşkulu olguların materyallerini reddetme hakkı mevcuttur.

Yukarıda belirtilen tüm riskli durumlar için temel korunma yöntemi ancak patoloğun biyogüvenlik kurallarına uyması ve azami dikkat göstermesinin yanı sıra klinikten gönderilen materyallere de azami özen göstermesi ile mümkün olabilmektedir. Kesici delici alet kullanımı esnasında koruyucu çelik ekipmanların, solunumsal enfektif ajanlar açısından uygun koruyucu maskelerin ve göz ile olası temas açısından koruyucu gözlüklerin kullanılması da riskleri azaltacak önlemler arasında yer almaktadır.

Makroskopi aşamasında ve intraoperatif konsültasyon (İOK) aşamasında karşılaşılan bir diğer mesleki risk/ hastalık etmeni kullanılan kimyasal solüsyonlardır. Patolojinin en temel solüsyonu olan formalin makroskopi aşamasında ciddi oranda maruziyete sebep olmaktadır. Diğer kimyasal solüsyon olan ksilen maruziyet daha çok boyama aşamasında olduğundan İOK'de maruziyet izlenmektedir. Çalışan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunan bu vb. kimyasallar Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından karsinojenik etkilerine göre 4 grup altında kategorize edilmektedir (Tablo 1). Bu tabloya göre formalin grup 1 içerisinde, ksilen ise grup 3 içerisinde yer almaktadır.

Tablo 1: Karsinojenik etkilerine göre kimyasal solüsyonlar (IARC,2004)

Gruplar	Karsinojenik durum
Grup 1	İnsanlar üzerinde karsinojenik
Grup 2a	İnsanlar üzerinde olasılıkla karsinojenik
Grup 2b	İnsanlar üzerinde karsinojenik olabilir
Grup 3	insanlar üzerindeki karsinojenitesi sınıflandırılmamış
Grup 4	İnsanlar üzerinde muhtemelen karsinojenik olmayan

Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (OSHA) tarafından belirlenmiş ve kabul edilen formalin buharı güvenlik düzeyleri herhangi bir karışımda toplam madde miktarının milyonda 1 birimlik maddesini ifade eden ppm (parts per million) birimi üzerinden değerlendirilmektedir. Buna göre formalinin sadece karsinojenik etkisi değil; maruziyet miktarına göre göz ve burun irritasyonundan başlayıp ölüme kadar gidebilen bir spektrumda yer alan çeşitli sonuçları mevcuttur (Tablo 2).

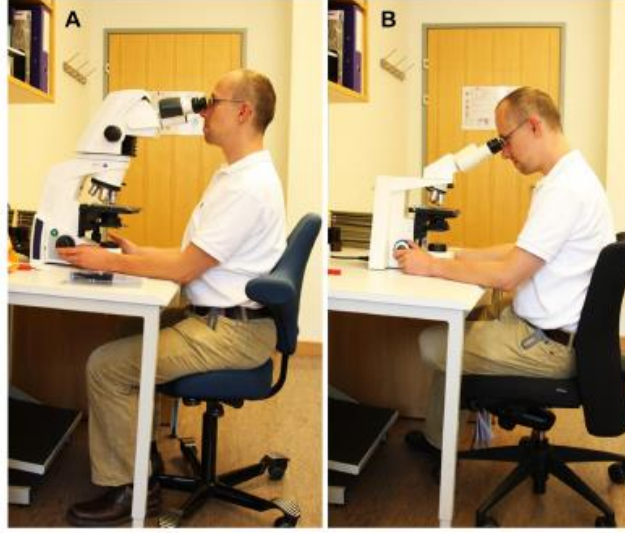
Tablo 2: Formalin düzeylerine göre toksik etkiler

Formalin düzeyleri	Toksik etkileri
0.1-0.5 ppm	Göz ve burun irritasyonu, nörolojik yan etki, artmış astım ve alerji riski
0.6-1.9 ppm	Göz ve burun irritasyonu, ekzema, pulmoner fonksiyonlarda değişim
2-5.9 ppm	Göz, burun ve boğaz irritasyonu, ekzema veya deri irritasyonu, pulmoner fonksiyonlarda değişim
6-10.9 ppm	Göz, burun, boğaz ve deri irritasyonu, baş ağrısı, mide bulantısı, nefes almada zorluk, öksürük
> 50 ppm	pulmoner ödem
>100 ppm	Ölüm

Kimyasal buharından ve neden olabileceği durumlardan korunmak için laboratuvar şartları oldukça önemlidir. Buharın eliminasyonunu efektif olarak sağlayabilen bir makroskopi kabini, materyal saklama dolaplarının kendilerine ait havalandırmalarının olması, gerek çeker ocaklar, gerekse pencereler yardımı ile ortam havalandırmasının yapılabilmesi laboratuvar şartları arasında yer alır. Ayrıca olası göz ile temas açısından aktif çalışabilir durumda olan göz duşlarının temini de oldukça önemlidir. Kişisel korunma için ise kimyasal buharını filtreleyen uygun maskeler ve koruyucu ekipman kullanımı gerekmektedir.

Mesleki hastalıkları değerlendirecek olursak uzun süreli makroskopi alımının uygun olmayan laboratuvar şartlarında ayakta yapılması belirgin hemodinamik bozukluklara neden olmaktadır. Bu hemodinamik bozuklukların içerisinde alt ekstremitte venlerinde variköz genişlemelerin olması en sık saptanan durumdur. Mikroskopi aşamasında kas iskelet sistemi sorunları en önemli hastalık grubunu oluşturmaktadır. Kas ağrılarının yanı sıra postür bozuklukları uzun süreli mikroskop kullanmak zorunda olan tüm patolojilerde değişken derecelerde karşımıza çıkmaktadır. Bu durumu önlemek ve/ veya azaltmak açısından düzgün postürde oturmak, bel desteği, bilek ya da kol desteği gibi yardımcı ekipmanların kullanımı gerekmektedir. Ayrıca günümüz teknolojik şartlarında mevcut olan ergonomik mikroskoplardan da kas- iskelet hastalıkları açısından ileri derecede fayda sağlamaktadır. İsviçre'de yapılan ve 2012'de yayımlanan çalışmada ülke çapında 163 patoloğa uygulanan anket sonucunda tüm zamanlarda kas-iskelet sistemi sorunu yaşayan patoloğ oranı %76, anketin yapıldığı zamana kadarki son 1 ay içerisinde kas-iskelet sistemi sorunu yaşayanların oranı ise %40 olarak rapor edilmiştir (Fritzsche et al., 2012). Aynı yazıda ergonomik mikroskop/ konvansiyonel mikroskop; ergonomik ofis sandalyesi / konvansiyonel ofis sandalyesi karşılaştırmasına dair bir örnek de verilmiştir (resim 1A-B)

Resim 1: A- Ergonomik mikroskop ve ergonomik ofis sandalyesi; B- Konvansiyonel mikroskop ve konvansiyonel ofis sandalyesi



Mikroskopta uzun süre geçirmekten kaynaklı bir diğer hastalık grubunun ise görme problemleri olduğu dikkati çekmektedir. Fritzsche ve ark. çalışmasında patologların yaklaşık %90'ında görme problemi olduğu ve en sık görülen görme bozukluğunun %83 oranı ile miyopi olduğu rapr edilmiştir (Fritzsche et al., 2012). Ülkemizde yapılan bir çalışmada da olguların %93.5'inde en az bir kırma kusuru olduğu, en yaygın bozukluğun %77 oranı ile miyopi olduğu ve bunu %64.4 oranı ile astigmatizmanın izlediği bildirilmiştir (Akman ve Kösemehmetoğlu, 2015). Ek olarak aynı çalışmada patoloji bölümünde çalışmaya başladıktan sonra kırma kusurunda artış olan patolog oranı %68.8 olarak saptanmıştır (Akman ve Kösemehmetoğlu, 2015). Ayrıca mikroskop kullanımı migren başta olmak üzere çeşitli türlerdeki baş ağrılarına da sebebiyet vermektedir.

2. Sonuç

Sonuç olarak tüm sağlık çalışanları gibi patologlar da gerek mesleki riskler gerekse mesleki hastalıklar açısından tehdit altındadır. Laboratuvar koşullarının iyileştirilmesi için çeşitli çabalar olsa da özellikle karsinojen kimyasal maruziyeti açısından alınan önlemler yeterli değildir. Mesleki dernekler bu maruziyetin engellenmesindeki yetersizliklerin farkındadır ve erken emeklilik ve/ veya kullanılan izin miktarı artışları gibi alternatif önerilerini ilgili sağlık yöneticilerine iletse de henüz konu ile ilgili olumlu bir gelişme bulunmamaktadır. Bu bağlamda patologların maruz kaldığı tüm mesleki riskler ve/ veya hastalıklar açısından yapılan çalışmaların sayısı artırılmalıdır.

3. Referanslar

- Akman, O., Kösemehmetoğlu, K. (2015) Ocular Diseases Among Pathologists and Pathologists' Perceptions on Ocular Diseases: A Survey Study. Turk Patoloji Derg. 31(3):194-9. doi: 10.5146/tjpath.2015.01326. PubMed PMID: 26456966.
- Fritzsche, F.R., Ramach, C., Soldini, D., et al. (2012) Occupational health risks of pathologists--results from a nationwide online questionnaire in Switzerland. BMC Public Health. Dec 6;12:1054. doi: 10.1186/1471-2458-12-1054. PubMed PMID: 23216705; PubMed Central PMCID:PMC3538703.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (1995). Wood dust and Formaldehyde, Vol. 62. IARC, Lyon, France.

100 VAKANIN ANALIZİ: TRANSREKTAL ULTRASONOGRAFI EŞLİĞİNDE PROSTAT İĞNE BIYOPSİ

Yasemen Adalı¹, Hatice Beşeren²

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Patoloji Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye

yasemenadali@hotmail.com

² Kafkas Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Hastanesi, Patoloji Laboratuvarı, Kars, Türkiye

hbesheren@ymail.com

Özet

Giriş: Prostat kansinomu erkeklerde en sık görülen kansinomlar arasında dünya çapında üst sıralarda görülen bir neoplazidir. Ortaya çıkmasında hormonal etkilerin önemli rol oynadığı bilinen bu neoplazinin tanısı için günümüzde dijital muayene, prostat spesifik antijen (PSA) tespiti ve transrektal ultrasonografi (TRUS) eşliğinde biyopsi kullanılmaktadır. Biz çalışmamızda TRUS eşliğinde alınan biyopsilerde prostat kansinomu ve benign lezyonların sıklığını göstermeyi amaçladık.

Gereç ve yöntem: Çalışmaya 2017 yılı içinde, bir üniversite hastanesi patoloji laboratuvarına ulaşan TRUS eşliğinde biyopsiler dahil edildi. Olgulara ait preparatlar tekrar incelenerek değerlendirildi. Olguların yaş bilgisi hastane bilgi yönetim sisteminden elde edildi. Veriler SPSS paket program 15.0 ile incelendi.

Bulgular: Çalışma kapsamında değerlendirilen 100 olgunun yaşları 47 ile 85 arasında değişmektedir. Prostat kansinomu 18 olguda tespit edilmiştir (%18). Karsinom olgularının tümü asiner nitelikte olup tümör dışı olgular arasında atipik asiner proliferasyon, nonspesifik prostatitler ve benign dokular yer almaktadır.

Sonuç: Transrektal ultrasonografi eşliğinde prostat biyopsisi tanısal olarak neoplaziler ve neoplazi dışı lezyonlar açısından oldukça önemli bir yaklaşımdır. Ancak şiddetli neoplazi kuşkusu olan olgularda tümörün olası örneklenememesi durumunun yanlış negatifliklere neden olabileceğinin akıldan çıkarılmaması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Prostat kansinomu, TRUS, Transrektal biyopsi

1. Giriş

Prostat anatomik olarak kemik pelvis boşluğunda, tepesi aşağıda ve tabanı yukarıda yerleşim gösteren prostatik üretranın etrafını saran konik yapıda olup embriyonik hayatın 12. haftasından itibaren, endodermden köken alan ürogenital süsten gelişen glandüler nitelikte bir organdır. Anatomik olarak anterior fibromuskuler stroma, periferik zon, santral zon, periüretral glandüler zon ve transizyonel zon olmak üzere 5 bölgeye ayrılmıştır.

Prostat hastalıklarının sıklığı ve malignite potansiyeli genellikle yaş ile artar. Bu nedenle prostat hastalıklarında insidans yaşa göre değişkenlik gösterir (Nickel ve ark, 2001; Ku ve ark, 2005; Catalona ve ark, 1991; Guthman ve ark, 1993). Prostat hastalıklarının benign kategorisinde prostat hiperplazisi (BPH) ve enflamatuvar durumlar sıklıkla gözlenirken malign kısmında adenokarsinomlar, adenokarsinomlar içerisinde de asiner adenokarsinomlar karşımıza çıkmaktadır. Prostatın intraepitelial neoplazileri düşük dereceli ve yüksek dereceli olarak ikiye ayrılrsa da klinik olarak önerm arz eden HPIN olarak kısaltılan yüksek dereceli prostatik intraepitelial neoplazilerdir.

Genellikle prostat hastalıklarında semptomatoloji idrar yapmaya başlamada ve sonlandırmada güçlük, kesik kesik idrar yapma, idrar akımının zayıf olması, mesanenin tümünü boşaltamama nedeni ile sık idrara çıkma, idrar yaparken ağrı şeklindedir (McNeal ve ark, 1972). Prostat hastalıklarının tanısında rektal dijital muayene, prostat spesifik antijeni (PSA) içeren biyokimyasal testler ve görüntüleme yöntemleri kullanılsa da çoğu zaman kesin tanı histopatolojik inceleme ile koyulur. Klinik gereklilik halinde olgulardan 10 kadran ve üzeri transrektal yolla ultrasonografi eşliğinde (TRUS) biyopsi alınır. Kesici iğne aracılığı ile alınan bu biyopsiler patoloji laboratuvarında incelenir. Benign prostat hiperplazisi ve enflamatuvar durumlarda çoğu zaman tanı hematoksilen& eozni (H&E) kesitlerde verilebilirken malignite kuşkulu olgularda tanıya yardımcı olması açısından ve/veya malign olgularda tanının teyidi açısından immunohistokimyasal incelemeler gerekebilmektedir.

Transrektal ultrasonografi eşliğinde biyopsi yapılan olguların çoğunda benign hiperplazik değişiklikler ve/veya atrofi izlenmektedir. Enflamatuvar hastalıklar içerisinde en sık izlenen kronik nonspesifik prostatit olsa da aktif kronik prostatit ve granülomatöz prostatit olguları da karşımıza çıkmaktadır. Tek bir histopatolojik patern olabileceği gibi olgularda birden fazla lezyon da bir arada bulunabilir.

Prostat kansinomlarının skorlanmasında Gleason skorlaması ve grup belirlenmesi yer almaktadır. Gleason skorunda tümör içerisinde izlenen en sık iki histolojik patern verilir. Gleason skoruna göre ise gruplama yapılır. Histopatolojik olarak çeşitli nedenlerden ötürü malignitenin teyid edilemediği durumlarda malignite kuşkulu odak terminolojisi gündeme gelmektedir.

Klinik ve patolojinin birçok hastalıkta olduğu gibi iç kontrol yaparak kendilerini değerlendirmesi olguların atlanmaması ve overdiagnoz yapılmaması adına oldukça önemlidir. Bu nedenle bu yazıda TRUS eşliğinde alınan biyopsilerde prostat hastalıklarının sıklığının değerlendirilmesi ve olası sorunların tespiti amaçlanmıştır.

2. Gereç ve yöntem

Çalışmaya 2017 yılı içerisinde bir üniversite hastanesi patoloji laboratuvarına ulaşan TRUS eşliğinde yapılmış 100 prostat biyopsisi dahil edildi. Olgulara ait preparatlar patoloji arşivlerinden temin edilerek tekrar incelendi. Olguların incelenmesinde en az 1 korda tümör olan olgular tümörlü, en az 1 korda enflamasyonu olan olgular ise enflamasyon olarak kabul edildi. Olguların yaş bilgisi hastane bilgi yönetim sisteminden elde edildi. Frekans analizleri SPSS 15.0 paket program ile yapıldı.

3. Bulgular

Olguların yaş aralığı 47-85 olup ortalaması $68,3 \pm 8,2$ 'dir. Benign tanı alan olgu sayısı 61 (%61), malignite kuşkulu ya da HPIN olan olgu sayısı 20 (%20), malign olgu sayısı 18 (%18) olarak belirlenmiştir. Benign olgular içerisinde enflamasyon oranı %29.5 olarak saptanmıştır. Olgulara ait tanı dağılımları tablo 1'de sunulmuştur.

İzlenen tümörlerin tümü asiner nitelikte olup glandüler komponent izlenmeyen biyopsi oranı %1'dir. Olguların gleason skorlamaları, tersiyer patern değerlendirmesi, tümör içeren kor sayısı ve tümöre eşlik eden lezyonlar tablo 2'de verilmiştir. Buna göre en sık görülen gleason paterni 3+3=6 olup 13 olguda (%72) gözlenmektedir. Tersiyer patern gösteren olgu sayısı 2 (%11.1) olarak saptanmıştır.

Malignite kuşkulu odak (MKO), olgularının 6'sında (%33.3) 2 odakta, 12'sinde (%66.7) tek odakta saptanmıştır. Malignite kuşkulu odak ile birlikte benign prostat dokuları olan biyopsi sayısı 13 (%72.2), kronik nonspesifik prostatit (KNSP) olan olguların sayısı 3 (%16.7) ve aktif kronik prostatit (AKNSP) olan olguların sayısı 2 (%11.1) olarak gözlenmiştir. HPIN olan toplam 2 olgu bulunmaktadır. Bu olgulardan biri tek odakta, biri 2 odakta dikkati çekmiştir.

Tablo 1: Olguların histopatolojik tanıların dağılımı

Histopatolojik tanı	N/ %
Benign	43/ 43
Stromal	1/ 1
AKNSP	2/ 2
KNSP	16/ 16
HPIN	2/ 2
MKO	18/ 18
Tümör	18/ 18

Tablo 2: Tümör olgularının Gleason skorları, tersiyer patern değerlendirmeleri, tümör içeren kor sayıları ve tümör dışı dokularda izlenen histopatolojik bulgular

Tümör olgu no	Gleason skoru	Tersiyer patern	Kor sayısı	Tümör dışı dokular
1	3+3	yok	8	KNSP
2	4+4	yok	3	Benign
3	3+3	yok	7	Benign
4	3+3	yok	6	Benign
5	4+5	var- 5	13	Benign
6	4+4	var- 5	12	Benign
7	3+3	yok	8	Benign
8	3+3	yok	16	Benign
9	3+3	yok	3	Benign
10	3+3	yok	2	AKNSP
11	3+3	yok	2	AKNSP
12	5+4	yok	2	Benign
13	3+5	yok	10	Benign
14	3+3	yok	1	Benign
15	3+3	yok	8	Benign
16	3+3	yok	1	Benign
17	3+3	yok	9	Benign
18	3+3	yok	3	Benign

4. Sonuçlar

Prostat hastalıklarının sıklığı genel olarak yaş ile artmaktadır. BPH görülme sıklığı 31-40 yaş arası erkeklerde yaklaşık %8 iken bu oran yaşla birlikte hızla artarak 9. dekatta %90'a ulaşır (Rosen ve ark, 2003; Rosen ve ark, 2005; Berry ve ark, 1984). Yaş artışı ile ilişkisi düşük prostat hastalığı olan prostatitlerin görülme sıklığı toplum tabanlı çalışmalarda %16-22 aralığında seyrederek (Nickel ve ark, 2001; Ku ve ark, 2005; Murphy ve ark, 2009; Collins ve ark, 1998; Roberts ve ark, 2002; Pontari, 2003; Krieger ve ark, 2008). Prostat kanseri ve BPH yaşlı erkekleri etkilerken prostatit tüm yaşlarda erişkin erkekleri etkiler (Murphy ve ark, 2009; Collins ve ark, 1998; Roberts ve ark, 2002). Prostatit 50 yaşın altındaki erkeklerin %11.5, 50 yaşın üstündeki erkeklerde %8.5 oranında görülür (Pfau, 1986). Prostatit görünümleri sıklıkla kanseri taklit eder ve TRUS'de tanı güçlükleri oluşturabilir. En sık KNSP izlense de AKNSP ve özellikle mesane tümörü nedeni ile BCG tedavisi alan olgularda granülomatöz prostatitler karşımıza çıkar (Bude ve ark, 1990). Prostatit etyolojisinde yer alan faktörlerden biri de sonda takılması gibi enstrümantasyonlardır.

Prostat kanseri Amerika Birleşik Devletleri'nde yaşa bağımlı olarak artan insidans sonucunda 75 yaş üstü grupta kanserden en sık ölüm nedenidir (Murph ve ark, 1982). Erkeklerde 39 yaşın altında prostat kanseri gelişme oranı 1/10.000 iken, 40 ile 59 yaşları arasında bu oran 1/103, 60 ile 79 yaşları arası ise 1/8 dir (Catalona ve ark, 1991; Guthman ve ark, 1993; Pienta ve ark, 1997). Otopsi çalışmalarında yaşı 50'nin üzerinde olan erkeklerin yaklaşık %30'unda, yaşı 80'in üzerinde olan erkeklerin %60-70'inde insidental prostat kanseri tespit edilirken, yaşam boyunca erkeklerin %10'unda klinik olarak prostat kanseri gelişmektedir (Epstein ve ark, 1994). Epidemiyolojik çalışmalar incelendiğinde prostat kanserinin muhtemel etiolojisinde en az 4 faktörün etkili olabileceğini dikkati çeker. Bunlar genetik yatkınlık, hormonal etki, enfeksiyon, diet ve çevresel faktörlerdir.

Biz çalışmada benign durumları % olguda saptadık. Bu olgulardan % 18'inde salt prostatit, eşlik eden lezyonlar ile birlikte ise %26 oranında prostatit olduğunu gözlemledik. Çalışmamıza benzer şekilde True ve ark. da 368 olguyu değerlendirdikleri çalışmada %26 oranında prostatit varlığı rapor etmişlerdir (True ve ark, 1999). MKO ve HPIN oranını %20 olarak gözlemlediğimiz çalışmada saptadığımız karsinom oranı %18'dir. Prostat karsinomu açısından TRUS eşliğinde ülkemiz için kabaca verilen oran 4 biyopsiden 1'inde tümör varlığı göz önünde bulundurulduğunda olgularımızda tanı sayısının düşük olduğu görülüyor. Bu durumun sebepleri incelendiğinde akla gelen ilk nedenlerden biri %18 olan MKO oranının içerisinde atlanan tümörler olabileceğidir. Bir diğer sebep örneklemeye yapılan lokalizasyonda tümör olmamasıdır. Üçüncü sebep de hasta seçiminin uygunsuz olması olarak düşünülmektedir.

Çalışmamız prostat hastalıklarının değerlendirilmesi için planlanan geniş çaplı bir vaka serisi öncesi düzenlenen bir ön çalışma niteliğindedir. Ancak malignitelerde saptadığımız yaygın bilgi ve/veya literatüre göre hafif olarak düşük oranlar klinik- patolojik iç kontrol yapılması gerekliliğine işaret etmektedir.

5. Referanslar

- Berry, S.J., Coffey, D.S., Walsh, P.C., Ewing, L.L. (1984) The development of human benign prostatic hyperplasia with age. J Urol. 1984;132:474-479.
- Bude, R., Bree, R.L., Adler, R.S., et al. (1990) Transrectal ultrasound appearance of granulomatous prostatitis. J ultrasound Med 9:677-68014. Wingo PA, Tong T, Bolden S: Cancer statistics, 1995, cancer J Clin, 45:8, 1995.
- Catalona, W.J., Smith, D.S., Ratliff, T.L., et al. (1991) Measurement of prostate-specific antigen in serum as screening test for prostat cancer. New Engl J Med, 324:1156.
- Collins, M.M., Stafford, R.S., O'leary, M.P. (1998) How common is prostatitis? a national survey of physician visits. J Urol. 159:1224-28.
- Epstein, J.I., Walsh, P.C., Brendler, C.B. (1994) Radical prostatectomy for impalpabl prostate cancer: The Johns Hopkins experience with tumors found on transurethral resection(stage T1A and T1B) and on needle biopsy(stage T1C). J Urol,152:1721
- Guthman, D.A., Wilson, T.M., Blute, T.M., et al: (1993) Biopsy -proved prostat cancer in 100 consecutiv men with bening digital rectal examination and elevated serum prostate-specific antigen level. Prevalence and pathologic characteristics. Urology, 42:150.
- Ku, J.H., Kim, S.W., Paick, J.S. (2005) Epidemiologic risk factors for chronic prostatitis. Int J Androl. 2005; 28:317-27.
- Krieger, J.N., Lee, S.W., Jeon, J. (2008) Epidemiology of prostatitis. Int J Antimicrob Agents. 31 (Suppl.1):85-90.
- McNeal, J.E. (1972) The prostate and prostatic urethra: A morphologic study. J.Urol, 107: - 1008 , 19726.
- Murph, G.P., Natarajan, N., Pantes, J.E., et al. (1982) The national surve of prostate cancer in the United States by American College of Surgeons. J Urol 127:928--TJZ.
- Murphy, A.B., Macejko, A., Taylor, A., Nadler, R.B. (2009) Chronic prostatitis: management strategies. Drugs. 69:71-84.
- Nickel, J.C., Downey, J., Hunter, D., Clark, J. (2001) Prevalance of prostatitis like symptoms in a population based study using the National Institutes of Health chronic prostatitis symptom index. J Urol. 165:842-5.
- Pfau, A. (1986) Prostatitis: acontinuing enigma. UrolClin North Am. 13:695-715.

- Pienta, K.J. (1997) Etiology, epidemiology and prevention of carcinoma of prostate. In Campbell's Urology. Edited by Walsh PC, Retik AB, Stamey TA and Vaughan ED. Philadelphia: WB saunders Company. Seventh edition. Vol. 3 chapt. 80,pp 2489-2496.
- Pontari, M.A. (2003) Chronic prostatitis/chronic pelvic pain syndrome in elderly men: toward better understanding and treatment. *Drugs Aging*.2003;20:1111-25.
- Roberts, R.O., Jacobson, D.J., Girman, C.J. (2002) Prevalence of prostatitis-like symptoms in a community based cohort of older men. *J Urol*. 168:2467-71.
- Rosen, R., Altwein, J., Boyle, P., et al. (2003) Lower urinary tract symptoms and male sexual dysfunction: the multinational survey of the aging male (MSAM-7). *Eur Urol*. 2003;44:637-649.
- Rosen, R.C., Giuliano, F., Carson, C.C. (2005) Sexual dysfunction and lower urinary tract symptoms (LUTS) associated with benign prostatic hyperplasia (BPH). *Eur Urol*. 47: 824-837.
- True, L.D., Berger, R.E., Rothman, I., Ross, S.O., Krieger, J.N. (1999) Prostate histopathology and chronic prostatitis/chronic pelvic pain syndrome: a prospective biopsy study. *J Urol* 162: 2014-8.

ELİT BAYAN VOLEYBOLUNDA SERVİS KARŞILAMA HATASI VE SERVİSTEN ALINAN SAYI TAKIMIN SIRALAMADAKİ YERİNE ETKİ EDER Mİ?

Yasin Arslan^{1*}, Uğur Çayır²

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Tokat, Türkiye

arslan@gazi.edu.tr

²Gazi Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Ankara, Türkiye

ugurcayir@hotmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Araştırmanın amacı, elit bayan voleybolunda Set Başına Servis Karşılama Hatası (SBSKH) ile Set Başına Servisten Alınan Sayı (SBSAS) değişkenlerinin, takımların sıralamadaki yerleri ve maç sonuçlarıyla ilişkisini araştırmaktır. Araştırmada, 2017-2018 Sezonu, Türkiye 1. Lig Bayanlar B Grubunda mücadele eden 12 takımın, 49 maçına ait 98 gözlem, 424 set ve 9284 sayı analize dahil edilmiştir. Takımların bir maçta yaptıkları servis karşılama hatası, oynanan set sayısına bölünmüş ve Set Başına Servis Karşılama Hatası (SBSKH) değişkeni elde edilmiştir. Aynı yöntemle, servisten alınan sayı da oynanan toplam set sayısına bölünerek Set Başına Servisten Alınan Sayı (SBSAS) değişkeni elde edilmiştir. Araştırma verileri SPSS 21 programı ile analiz edilmiştir. Elde edilen SBSKH ve SBSAS değişkenleri ile takımın sıralaması ve maç sonucu değişkenleri arasındaki ilişki %95 güven düzeyinde Sperman ilişki katsayısı ile incelenmiştir.

Araştırmada sonuç olarak, SBSKH ile takım sıralaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememişken ($p=0.068>\alpha=0.05$), SBSAS ile takım sıralaması arasında ise istatistiksel olarak negatif yönlü % 32.7'lik önemli ($p=0.001<\alpha=0.05$) bir ilişki tespit edilmiştir. Bununla birlikte, SBSAS ve SBSKH değişkenleri ile maç sonucu arasında sırasıyla pozitif yönlü %38.2'lik ve negatif yönlü %37'lik düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ($p=0.000<\alpha=0.05$, $p=0.000<\alpha=0.05$) ilişkiler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Voleybol, Maç Sonucu, Set, Servis

1. Giriş

Voleybol oyunu her hatanın otomatik olarak bir sayı kaybı ile cezalandırıldığı kural yapısına sahiptir. Bu yüzden sonuç değişkeni spor bilimcilerin ilgi odağını oluşturmaktadır. Voleybolda temel tekniklerden birisi şüphesiz ki servistir (Reeser, 2006). Servis, el ya da kolun bir kısmıyla servis bölgesinden topu, 8 saniyelik süre içerisinde file üzerinden karşıya gönderen vuruştur. Servise karşılık olarak rakip takımın yaptığı eylem ise servis karşılama olarak nitelendirilir (Official Game Rules 2017-2020). Birincil hedef karşılanamayan servisten sayı almak (ace) veya karşı takımın pas olarak karşılması oldukça zor bir servis kullanmaktır (MacKenzi 2012).

Servisi karşılayan takım için bir servisin zorluk düzeyini belirlemede dört temel özellik vardır. Bunlar; topun hızı, uçuş zamanı, topun yörüngesinin tahmin edilebilirliği ve servis türünü gizleyebilmek için servisi kullanan oyuncunun yeteneğidir (Katsikadelli, 1996, Deprave ark., 1998). Servis; sayı, hata, iyi ve kötü olarak 4 başlıkta değerlendirilir. Benzer biçimde, servis karşılama eylemi de; hata, mükemmel karşılama, iyi karşılama ve kötü karşılama olarak 4 kategoride değerlendirilir (Data Project Sport Software, 2015).

Araştırmanın amacı, Set Başına Servis Karşılama Hatası (SBSKH) ile Set Başına Servisten Alınan Sayı (SBSAS) değişkeninin, takımların sıralamadaki yerleriyle ve maç sonuçlarına ilişkisini araştırmaktır.

2. Yöntem

2.1. Veri Toplama Araçları

Araştırmada 2017-2018 Sezonu, Türkiye 1. Lig Bayanlar B Grubunda mücadele eden 12 takımın, 49 maçına ait 98 gözlem, 424 set ve 9284 sayı analize dahil edilmiştir.

2.2. Verilerin Analizi

Araştırma verileri SPSS 21 programı ile analiz edilmiştir. Takımların bir maçta yaptıkları servis karşılama hatası, oynanan set sayısına bölünmüş ve Set Başına Servis Karşılama Hatası (SBSKH) değişkeni elde edilmiştir. Aynı yöntemle, servisten alınan sayı da oynanan toplam set sayısına bölünerek Set Başına Servisten Alınan Sayı (SBSAS) değişkeni elde edilmiştir. Elde edilen SBSKH ve SBSAS değişkenleri ile takımın sıralaması ve maç sonucu değişkenleri arasındaki ilişki %95 güven düzeyinde Sperman ilişki katsayısı ile incelenmiştir.

3. Bulgular

Elit bayan voleybolunda servis karşılama hatası ve servisten alınan sayıların takımın sıralamadaki yerine etkisinin incelendiği araştırmaya ilişkin istatistik sonuçları tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 1: Set başına servis karşılama hatası ve maç sonucu ilişkisi

			Takımlar	SBSKH
Spearman's rho	Takımlar	Correlation Coefficient	1,000	,185
		Sig. (2-tailed)	.	,068
		N	98	98
	SBSKH	Correlation Coefficient	,185	1,000
		Sig. (2-tailed)	,068	.
		N	98	98

Tablo 1 incelendiğinde, SBSKH ile takım sıralaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir ($p=0.068>\alpha=0.05$).

Tablo 2: Set başına servisten alınan sayı ve maç sonucu ilişkisi

			Takımlar	SBSAS
Spearman's rho	Takımlar	Correlation Coefficient	1,000	-,327**
		Sig. (2-tailed)	.	,001
		N	98	98
	SBSAS	Correlation Coefficient	-,327**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,001	.
		N	98	98

Tablo 2 incelendiğinde, SBSAS ile takım sıralaması arasında ise negatif yönlü % 32.7'lik istatistiksel olarak önemli ($p=0.001<\alpha=0.05$) bir ilişki bulunmuştur.

4. Tartışma ve Sonuç

Elit bayan voleybolunda servis karşılama hatası ve servisten alınan sayıların takımın sıralamadaki yerine etkisinin incelendiği araştırmada, SBSKH ile takım sıralaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememişken ($p=0.068>\alpha=0.05$), SBSAS ile takım sıralaması arasında ise negatif yönlü % 32.7'lik istatistiksel olarak önemli ($p=0.001<\alpha=0.05$) bir ilişki bulunmuştur. Bununla birlikte, SBSAS ve SBSKH değişkenleri ile maç sonucu arasında sırasıyla pozitif yönlü %38.2'lik ve negatif yönlü %37'lik düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ($p=0.000<\alpha=0.05$, $p=0.000<\alpha=0.05$) ilişkiler belirlenmiştir

Analizler sonucunda, SBSAS değişkeni ile takım sıralaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre, SBSAS değişkeni arttıkça takımların ligde üst sıralara çıktığı söylenebilir. SBSKH değişkeni ile takım sıralaması arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilemediği için bu değişkenin takım sıralamasını etkilemediği söylenebilir. Bunların yanı sıra, SBSAS VE SBSKH değişkenleri ile maç sonucu arasında da istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Bu ilişkilere göre, SBSAS'nin artması maçın kazanılması yönünde etki ederken, SBSKH'nin artması ise maçın kaybedilmesi yönünde etki etmektedir.

5. Kaynakça

Data Project Sport Software (2015). *Software For The Scouting And Analysis of Volleyball Matches*.

Deprá, P. & Brenzikofer, R. & Goes, M. & Barros R. (1998). *Fluid mechanics analysis in volleyball services*. InH. J. Riehle & M. M. Vieten (Eds.), 16 International Symposium on Biomechanics in Sports, (pp. 85–88). Konstanz, Germany: ISBS.

FIVB. (2012). *Official volleyball rules 2013-2016*. In *33rd FIVB Congress*. Anaheim, CA: FIVB. Retrieved from http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/documents/FIVBVolleyball_Rules2013-EN_20121214.pdf.

- Katsikadelli, A. (1996). *A comparative study of the attack serve in high-level volleyball tournaments*. Journal of Human Movement Studies, 30: 259–268.
- MacKenzi, S. & Kortegaard, K. & LeVangie, M. & Barro, B. (2012). *Evaluation of two methods of the jump float serve in volleyball*. Journal of Applied Biomechanics, 28: 579-586.
- Reeser, JC. & Verhagen, E. & Briner, WW. & Askeland, TI. & Bahr, R. (2006). *Strategies for the prevention of volleyball related injuries*. British Journal of Sports Medicine, 40: 594-600; discussion 599-600.

SENTIMENT CLASSIFICATION USING LSTM

Yunus Santur

Fırat Üniversitesi, Enformatik Bölümü

ysantur@firat.edu.tr

Abstract

Text classification used instead of sentiment analysis is a term which is used for classification one text is positive, negative or neutral. It is used many applications like e-commercial in order to make pricing of things, customer churn analysis, brand strategy and advertisement. These purposes can be executed as automatic process thanks to supervised machine learning using labelled data. In order to classification of text as a positive, negative or neutral is used user comments and votes. There are many machine learning algorithms can be used for this purpose such as CNN, GRU. In this study, a sentiment analysis was implemented by using Long Short-Term Memory (LSTM) using 243 thousand line of the Hepsiburada reviews, Turkish e-commercial platform, datasets and obtained 0.95 accuracy.

Keywords: *Deep learning, Sentiment analysis, Text classification*

1. Introduction

Natural Language Processing (NLP) is a sub-branch of Artificial Intelligence which is extract on enabling of computers for understand and process human natural languages such as text and speech [1].

Many NLP tasks perform mostly it deals with text-based documents which is named Corpus instead of speech. NLP is handled complex process because of nature of the human language such as syntax, order of sentence words, abbreviation and special characters [2].

NLP is used many fields such as summarization of text, author recognition, dialogue, information extraction, question-answering, semantic, part-of-speech tagging, document classification, real time machine translation, named entity recognition, relationship extraction, sentiment classification, speech recognition, keyword prediction and topic segmentation [3].

Since widely used, NLP is one of the most important machine learning tasks in todays. Because there has been a huge growth in text data on the Internet over the years [4]. It can be use supervised, unsupervised, reinforcement learning and hybrid methods to overcome the tasks on these fields.

Because of huge text data and complex computations in Corpus, deep neural networks is widely used such as Long Short Term Memory (LSTM), Convolutional Neural Network (CNN), Recurrent Neural Network (RNN) and Gated Recurrent Unit (GRU) in order to carry out [5]. Moreover, NLP tasks is required complex computations and more memory space than conventional machine learning tasks do.

Many NLP tasks execute on Graphics Process Unit (GPU) rather than Central Processing Unit (CPU) because GPU has more cores than CPU for computations needs of neurons in neural network. Moreover, Nvidia CUDA assisted GPUs can execute parallel [6]. Therefore, GPUs tens or hundreds of times faster than CPUs depending on its hardware. Even, in case of insufficiency, it can be combined two GPU via Nvidia SLI bridging technology in order to get more memory and cores. Furthermore, Keras framework which is developed by Google and used TensorFlow make parallel programming easy in Python programming language environment [7]. So, surprisingly, many important NLP task can be coded in python under 50 lines.

In this study, Sentiment Analysis (SA) was implemented by using LSTM with Hepsiburada, Turkish e-commercial platform, dataset which is published on Kaggle platform [9].

Sentiment Classification (SC) is the process of determining whether of text is positive, negative or neutral. A SA system for text analysis combines NLP, machine learning or deep learning techniques to assign weighted sentiment scores (for example 1-10 range) to the entities, topics, themes and categories within a sentence or phrase [10]. In other words, it is a multi-class classification task on text in terms of machine learning.

2. Proposed Method

In this study, LSTM based supervised learning on the Hepsiburada data set is presented. The main steps of the proposed method are shown in Figure 2.

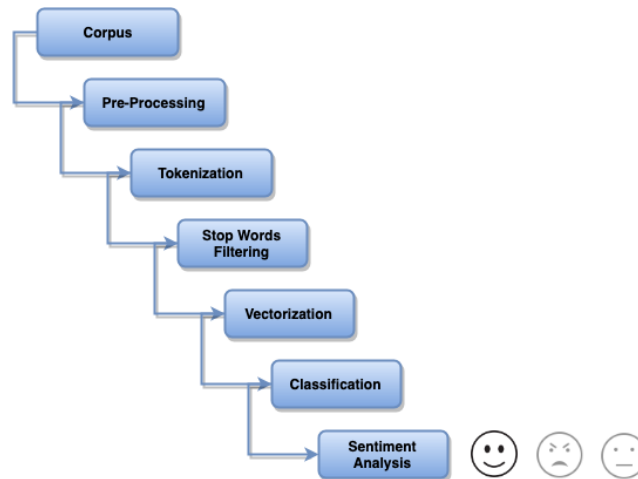


Figure 36: Proposed method

2.1. Corpus

In this study, SC was implemented by using LSTM with Turkish e-commercial platform Hepsiburada dataset which is published on Kaggle platform [8]. It contain 243.497 lines and two columns "Review" and "Rating" as in shown "Fig.2". The Review column contain the user comments about the bought product. The rating column is taken as "0" if Review is positive, in the same way is taken as "1" if it is negative. Its 13.676 (2%) contain negative reviews and 229.821 (98%) contain positive. 0.75 of dataset was used for supervised learning with LSTM. It contain both positive and negative reviews randomly. 0.25 of dataset was used for validation for obtaining accuracy and calculation time.

20	1	sağlam ve dayanıklı bir ürün herkese tavsiye edebilirim ilk ürünü 2013 yılında almıştım hala kullanmaktayım memnun kaldığım için yenilerini sipariş verdim .
21	0	fiyatına göre ortalama bi mause. Oyun için alıyorsanız denemeyin. Standart kullanım için yeterli ama benim orta teker bozuldu onun dışında iyi ..
22	1	Çok iyi
23	1	Ürün gayet güzel Kısa surede elime geçti teşekkürler

Figure 2: Hepsiburada dataset [9]

2.2. Pre - Processing

A first step of SC is pre-processing. It is applied to text in order to reduce the noise of text, reduce dimensionality, and assist in the improvement of classification. Main preprocessings are removing numbers and special characters, stemming and converting text to lowercase/upercase.

2.3. Tokenization

In tokenization, text data is converted group of sentence into token. It is also called text segmentation or lexical analysis. It is basically splitting data into small chunk of words like an array of string.

2.4. Stop Words Filtering

These are words which are filtered, in other words should be deleted, out before processing of SA. But there is no single universal list of stop words used by all NLP tools. It can be changed from one natural language to any other language.

2.5. Vectorization

Machine learning algorithms have to be process with numeric data not text data. In NLP applications, it is have to map those words to vectors that consist numbers. That is also called vectorization. There are many vectorization methdos such as TF-IDF, Bag of Words and Word2vec [11-13]. TF-IDF: TF-IDF, as in “Eq.1”, is a term which is stands for Term Frequency-Inverse Document Frequency tells importance of the word in the corpus [11]. TF-IDF contain two terms as Term Frequency, it is defined as how frequently the word appear in the corpus, and Inverse Document Frequency which is used for finding out importance of the word. Bag of Words: It is a simple vectorization method used in NLP as in “Eq.2”. In this model, a text is represented as the bag (multiset) of its words, disregarding grammar and even word order but keeping multiplicity [12]. When vectoring is done, if the word is existing in the corpus, it is assigned as a "1" or if it is not, it is assigned as a"0".

$$w_{i,j} = tf_{i,j} \times \log\left(\frac{N}{df_i}\right) \quad (1)$$

$$bow = \begin{pmatrix} x_{1,1} & \dots & x_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m,1} & \dots & x_{m,n} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$x_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{if } x_{i,j} \text{ in } C \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

2.6. Classification

In this study, LSTM algorithm which is gating mechanism in recurrent neural networks is used for SA task [14]. It has some advantages when compare CNN and LSTM.

It is not effected by vanish gradient problem as in CNN [15]. The GRU is like a LSTM with forget gate but has fewer parameters than LSTM, as it lacks an output gate as shown in Figure 3. Single one LSTM is shown in Figure 4.

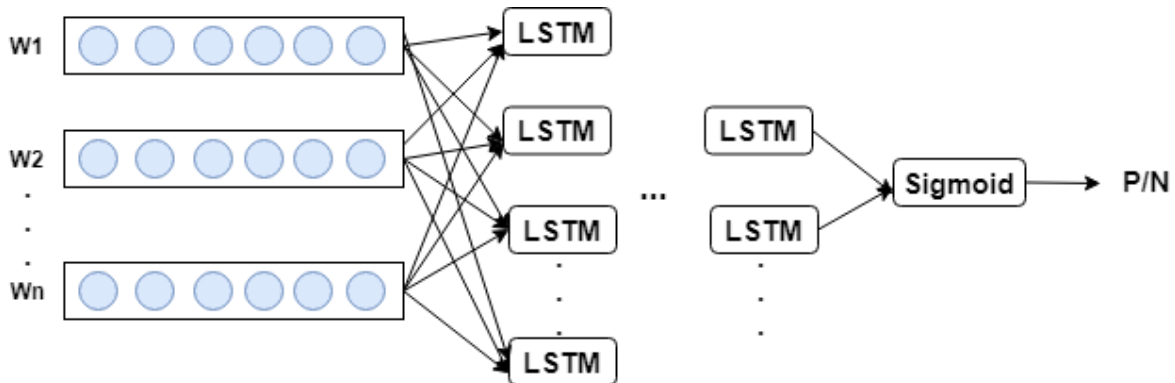


Figure 3: LSTM based sentiment classification

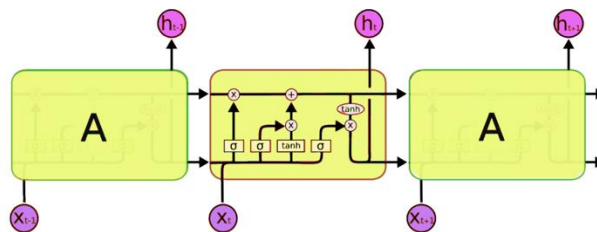


Figure 4: LSTM unit

2.7. Evaluation

Accuracy value can be measured by creating a confusion matrix as shown in Table 1 on the test data for evaluation that shown in “4”. N is the total number of tests, TP is predicted True and the actual output was also True, TN is predicted False and the actual output was also False, FN is predicted False and the actual output was also False. Acc is the ratio of number of correct predictions to the total number of test samples, Recall is the ratio of correctly predicted positive observations to the all observations in actual class.

Precision is the ratio of correctly predicted positive observations to the total predicted positive observations and F_1 score is the weighted average of Precision and Recall. These values are shown in “5”, “6” and “7” [17-18].

Tablo 24: Confusion matrix

	Actual	
Predicted	TP	FP
	FN	TN

$$Acc = \frac{TP + FN}{N} \quad (4)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (5)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (6)$$

$$F_1 = 2 \frac{Recall \times Precision}{Recall + Precision} \quad (7)$$

3. Experimental Results

In this study, SC was implemented by using GRU with Turkish e-commercial platform Hepsiburada dataset which is published on Kaggle platform [9]. It contain 243.497 lines and two columns "Review" and "Rating" The Review column contain the user comments about the bought product. The rating column is taken as "0" if Review is positive, in the same way is taken as "1" if it is negative. Its 13.676 (2%) contain negative reviews and 229.821 (98%) contain positive. 0.75 of dataset was used for supervised learning with LSTM. It contain both positive and negative reviews randomly. 0.25 of dataset was used for validation for obtaining accuracy and calculation time. It is obtained 0.95 Accuracy, .97 Recall and Precision. In Table 2 some validations and their SA classifications are given. First sentence which is classified highly accurate is a positive sentence in real. Second, third and fourth sentences classified correctly are negative sentences. But last sentence is classified wrong, because it contains complex means in Turkish. It is seen like negative while it is positive actually.

Tablo 2: Some Validations Results

	Validation Review	Value
1	Bazı olumsuz yorumlara rağmen ihtiyacım olduğu için aldım pişman olmadım gayet güzel	.998
2	Gelen ürün ile görsel aynı değil arada büyük fark var	.28
3	Sakın almayın pişman olursunuz	.005
4	Hem kargolama hem ürün kötü hayal kırıklığı yaşadım	.014
5	Kargo çok gecikti, paketlemede sıkıntı vardı ama üründen memnun kalmadım diyemem	.009

4. Conclusions

In this study, a Turkish sentiment analysis application is conducted based on LSTM algorithm. Turkish e-commercial platform Hepsiburada dataset which is published on Kaggle platform and contain user reviews and ratings is used for the study which is widely used deep learning algorithms such as CNN, LSTM have some disadvantages than GRU. CNN may be effected vanishing gradient problem and LSTM is complex than GRU. Although approximate accuracy results are obtained both LSTM and GRU, GRU is faster than LSTM. But LSTM can run faster in relatively smaller Corpus

5. References

- R. Collobert, J. Weston, L. Bottou, M. Karlen, K. Kavukcuoglu, P. Kuksa, "Natural language processing (almost) from scratch", *Journal of machine learning research*, 1, pp.2493-2537, 2011.
- S. Sun, C. Luo, J. Chen, "A review of natural language processing techniques for opinion mining systems", *Information Fusion*, 36, pp.10-25, 2017.
- J. Hirschberg, C. D. Manning, "Advances in natural language processing", *Science*, 349(6245), pp.261-266, 2015.
- A. Khosravi, R. N. N Koury, L. Machado, J. J. G Pabon, "Prediction of wind speed and wind direction using artificial neural network, support vector regression and adaptive neuro-fuzzy inference system", *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 25, pp.146-160, 2018.
- W. Yin, K. Kann, M. Yu, H. Schütze, "Comparative study of cnn and rnn for natural language processing", *arXiv preprint arXiv:1702.01923*, 2017.
- D. Kirk, "NVIDIA CUDA software and GPU parallel computing architecture", In *ISMM*, (7), pp.103-104, 2007.
- A. Gulli, S. Pal, "Deep Learning with Keras. Packt Publishing Ltd, 2017.
- Available, Online: <https://www.paulprae.com/natural-language-processing-systems/>
- Hepsiburada dataset, Online: <https://www.kaggle.com/bulentsiyah/hepsi-burada-yorum>
- B. Liu, L. Zhang, "A survey of opinion mining and sentiment analysis", In *Mining text data*, pp. 415-463, 2012.
- B. Trstenjak, S. Mikac, D. Donko, "KNN with TF-IDF based Framework for Text Categorization", *Procedia Engineering*, (69), pp.1356-1364, 2014.
- E. Cambria, B. White, "Jumping NLP curves: A review of natural language processing research", *IEEE Computational intelligence magazine*, 9(2), pp.48-57, 2014.
- S. K. Sienčnik, "Adapting word2vec to named entity recognition", In *Proceedings of the 20th nordic conference of computational linguistics, nodalida 2015*, May 11-13, 2015.
- F.A. Gers, J., Schmidhuber, F. Cummins, "Learning to forget: Continual prediction with LSTM", 1999.
- H. Zen, "Acoustic modeling in statistical parametric speech synthesis-from HMM to LSTM-RNN", 2015.
- Available, Online: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Gated_Recurrent_Unit.svg
- Santur Y. "Multi class Tag Prediction on Stack overflow data set", *International Conference on Advanced Technologies Computer Engineering and Science (ICATCES)*, April 26-28, 2019.
- Y. Santur, Y., M. Karaköse, E., Akin, "An adaptive fault diagnosis approach using pipeline implementation for railway inspection", *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 26(2), 987-998, 2018.

TURKISH NATURAL LANGUAGE PROCESSING BASED LIGHTWEIGHT CAPTCHA SYSTEM FOR WEB APPLICATIONS

Yunus Santur

Fırat Üniversitesi, Enformatik Bölümü

ysantur@firat.edu.tr

Abstract

Web forms, which is used communication between the client and the server, can be filled by real people or software called bot. These bot applications thousand and many more garbage records could be created in a seconds, and this way cause performance loss and security bottlenecks in web application. One of the methods that can be used to increase the security of web forms is the human validation application Captcha which is used as a form field. In this approach captcha is used as a question in the web form and form submission is not approved unless the entry is correctly filled. In this study, Turkish natural language processing based lightweight captcha approach is developed for web applications.

Keywords: *Captcha, Natural Language Processing, Web Security*

1. Introduction

Today's, many web applications such as e-commercial sites, social networks, news, personal blogs, are widely used in many field. Thanks to these applications, people often communicate with each other or owner the web application [1]. In web applications, communication between client and server is done via web forms including web forms such as radio button, input, select box, check box, text area. However, these forms can be filled not only be filled by humans, but also automated programs called bot or robot. These bots can add hundreds or thousands of records with meaningless information to the server database in seconds. In this case, it causes both unwanted recordings in the server database and performance bottlenecks.

Captcha (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart) was developed by Luis von Ahn, Manuel Blum, Nicholas Hopper and John Langford of Carnegie Mellon University [2]. A typically Captcha is a program that protects websites against bots by generating and grading tests that humans can pass but current computer programs cannot. Captcha systems can be classified in terms of several different criteria [3]. One of them is the difficulty of the algorithm used. For example, very easy selection of the algorithm causes bots to easily bypass the captcha system, while difficult algorithms cause people to experience bad experiences on the web page. People may be spent unnecessary time on webpage [4-8]. An example of text-based captcha system is shown in Figure 1.



Figure 37: An example of Captcha [3]

2. Related Technologies

Nowadays there are text, audio, picture, 3D picture, video, math, Natural Language Processing (NLP), artificial intelligence, game and puzzle based captcha systems. These methods are detailed in this section.

2.1. Text Based Captcha Systems

It is very effective and simple. In this method, mostly one or two words are composed of handwritten texts by human. The biggest disadvantage is that the very difficult handwritten texts are time consuming sometimes [2, 9]. Moreover, for visually impaired users, most text-based systems also have audio support [10].

2.2. Picture Based Captcha Systems

These systems are tests in which the users have to guess those images that have some similarity. In this way, mostly users can select the pictures they asked by clicking with the mouse, so it takes a shorter time than text-based [11]. Moving and/or 3D synthetic text can be solved more difficult by the computer. Therefore, this method is more advantageous than picture based methods

2.3. Video Based Captcha Systems

It is a less commonly seen Captcha system. In this way, two or three words tags are provided to the user which describes a video. The biggest disadvantage of the method is the exploitation of bandwidth due to the size of video.

2.4. Math Based Captcha Systems

In this method, users are asked for various mathematical operations, from basic four process questions to complex derivative integral questions. Complex mathematical operations are not widely used because they cannot be solved by non-professionals [12].

2.5. NLP Based Captcha Systems

They are similar to text-based methods, but users are not asked read for handwriting text. Instead, a sentence is given to users and a question is asked about this sentence. This method is one of the most difficult methods that can be bypassed by bot programs, but it can also confuse people [13].

2.6. Game or Puzzle Based Captcha Systems

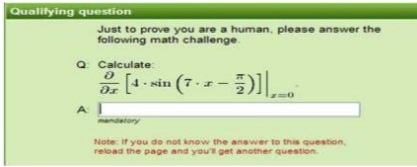
In this method, a game scenario is presented to the users, or they are asked to combine a puzzle piece. It can take more time than other methods, or some people may find it fun [14]. Figure 2 gives an example of each of these methods.



a) Audio based Captcha [10]

b) Picture based Captcha [11]

c) 3D based Captcha [5]



d) Math Captcha [12]



e) NLP based Captcha [13]



f) Game based Captcha [14]

Figure 2: An example of different captcha systems

In Captcha systems, it is the security of web by providing tests that target people can pass through but computers cannot pass. But nearly all the problems that can be solved by people today can be solved by computers through AI. For example, handwriting can be read by people or can be estimated by machine learning by computer. Even in some cases texts that a person cannot read, but can be read by the computer. The captcha systems examined in Table 1 are compared with advantages and disadvantages [15].

Table 25: Comparing Captcha Systems

Captcha	Major Advantages	Major Disadvantages
Text	Simple, easy, faster	<ul style="list-style-type: none"> can be bypass with machine learning some complex handwriting may not be readable
Audio	Simple, easy	<ul style="list-style-type: none"> Vo-IP based systems can bring additional bandwidth load Can be bypass with audio text conversion
Picture	Faster	<ul style="list-style-type: none"> Can be bypass with deep learning
3D Picture	Moving and 3d text can be more complex for computer	Can bring additional bandwidth load because of size
Math	Easy to apply	Difficult for people but easier for computers
NLP	<ul style="list-style-type: none"> Safer for critical applications 	NLP and AI algorithms need to be developed.
AI	<ul style="list-style-type: none"> Faster 	
Game	It may sound fun	Can bring additional bandwidth load because of size
Puzzle		

3. Proposed Method

In this study, Turkish natural language processing based lightweight captcha approach is developed for web applications. The proposed method has 2 main stages. In the first stages, Sentiment Analysis (SA) was implemented by using GRU with Turkish e-commercial platform Hepsiburada dataset which is published on Kaggle platform [16]. It contain 243.497 user reviews about products which is shown in Figure 3. The rating column is taken as "0" if Review is positive, in the same way is taken as "1" if it is negative. Its 13.676 (2%) contain negative reviews and 229.821 (98%) contain positive. In the second stages, a training process with natural language processing was performed on this data set. After the training process, sentiment classification, top positive and negative words were used to form captcha questions for the web form. The proposed method is shown in Figure 4.

238277	1	Arkadaşlar kendiniz yapmayın yapmasını bilen birine yapın uygun kap kullanın çıkmıyor çok kaliteli. birini kendim yapmayı denedim..
25463	0	Arkadaşlar kesinlikle almanızı tavsiye etmiyorum askeri personel olduğum için sık sık araziye çıkıyorum ve çok ihtiyaç duyduğum bi...
129151	1	Arkadaşlar kesinlikle bu fiyata mağazada bulamazsınız. 1 sene önce yeni çıktığı zamanlarda sadece makine ve ağızdaki bıçağıyla x ma...
155724	1	Arkadaşlar kesinlikle denemelisiniz harika bir ürün partneriniz havalarda uçuyor. Benim şahsi görüşüm bu yönde anlatılmaz yaşanıl...
154577	0	Arkadaşlar kesinlikle hayal kırıklığı paranızı çöpe atmak istemiyorsanız kesinlikle almayın bahsedilen tüm kullanım tavsiye...
36149	1	Arkadaşlar kesinlikle kaçırılmayacak bi ürün bu fiyata bu performans mükemmel
133733	1	Arkadaşlar kesinlikle pişman olmayacağınız bir ürün hızlı şarjından dolayı tek geçerim.Diğer ürünlerin çoğu en az 8 saatlik...

Figure 3: Hepsiburada dataset [16]

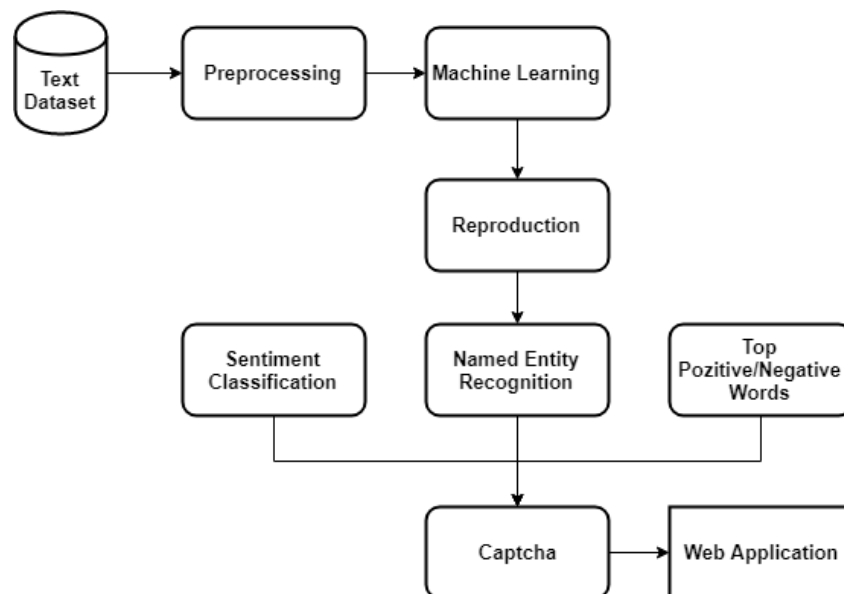


Figure 4: The proposed method

4. Experimental Results

The machine learning method LSTM and GRU were used for data set classification. The hyperparameters used and the accuracy results are given in Table 2. After this step, random data for sentiment classification and top positive negative word selection were selected on the data obtained and added to the web form as a captcha question which is shown in Figure 5 [17].

Tablo 2: Hyperparameters and accuracy results of sentiment classification

Parameter	Value		
Layers		GRU Units	Dropouts
	4	32, 16, 8, 4	% 10
Activation	Sigmoid		
Threshold	.5		
Optimization	Adam, .001		
Epoch	16		
Batch size	256		

Accuracy (%)	.995
--------------	------

İsim :
Email:
Şifre:

Captcha

Bir alışveriş sonrası yapılan aşağıdaki ifadelerden hangisi olumludur

- 3 yıldır kullanıyorum müthiş
 gayet güzel
 kesinlikle tavsiye etmiyorum

Gönder

a) sentiment classification based captcha

İsim :
Email:
Şifre:

Captcha

Aşağıdaki ifadelerden hangisi negatiftir

- memnun
 berbat
 müthiş

Gönder

b) top negative/positive words based captcha

Figure 5: NLP based captcha system experimental results

5. Conclusions and Future Works

In today's world, many web applications such as social networks, news, trips, blogs, are widely used in almost every field. Thanks to these applications, people often communicate with each other or owner the web application through web forms. But these forms not only can be filled by real people but also software called bot. This leads to numerous spam and loss of performance in web applications. One of the method can be used to secure web forms is using Captcha system. Captcha is a software that protects websites against bots by generating and grading tests that humans can pass but current computer programs cannot. In this study, Turkish natural language processing based light weigh captcha approach is developed for web applications. The proposed method is open to development and is planned to be re-developed and turned into a web service using a large data set in the future.

6. References

- [1] D. Stroud, "Social networking: An age-neutral commodity—Social networking becomes a mature web application", Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice, 9(3), 278-292, 2008.
- [2] L. Von Ahn, M. Blum, N. Hopper and A. Langford, "Captcha", [Online], Available: <http://www.captcha.net>
- [3] Hongkongfp, [Online], Available: hongkongfp.com/2016/11/11/google-tackles-captcha-search-issue-affecting-hongkongers
- [4] A.S El Ahmad, J. Yan, M. Tayara, "The robustness of Google CAPTCHA's", Computing Science, Newcastle University, 2011.
- [5] M. Imsamai, S. Phimoltares, "3D CAPTCHA: A next generation of the CAPTCHA", In 2010 International Conference on Information Science and Applications, pp.1-8, 2010.
- [6] M. Belk, C. Fidas, P. Germanakos, G. Samaras, "Do human cognitive differences in information processing affect preference and performance of CAPTCHA?", International Journal of Human-Computer Studies, 84, pp.1-18, 2010.
- [7] G. Garg, C. Pollett, "Neural network captcha crackers", In 2016 Future Technologies Conference (FTC), pp.853-861, 2016.
- [8] Y. Santur "Multi class Tag Prediction on Stack overflow data set", International Conference on Advanced Technologies Computer Engineering and Science (ICATCES), April 26-28, 2019.
- [9] T. Tamang, P. Bhattacharjya, "Uncover impact factors of text-based CAPTCHA identification", In 2012 7th International Conference on Computing and Convergence Technology (ICCT), pp.556-560, 2012.
- [10] T. Ahmed, K.A. Tushar, S. I. Nova, M. M. Rahman, "Simple, Robust & User Friendly CAPTCHA 'InstaCap' for Web Security", International Journal of Hybrid Information Technology, 9(1), pp.163-182, 2016.
- [11] S. Sivakorn, J. Polakis, A.D. Keromytis, "I'm not a human: Breaking the Google reCAPTCHA", 2016.
- [12] C.J. Hernandez-Castro, A. Ribagorda, "Pitfalls in CAPTCHA design and implementation: The Math CAPTCHA, a case study", computers & security, 29(1), pp.141-157, 2010.
- [13] NLP Captcha, [Online], Available: <http://nlpcaptcha.in>
- [14] S. Kulkarni, D.H. Fadewar, "CAPTCHA based web security: an overview", International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 3(11), pp.154-158, 2013.

- [15] V.P. Singh, P. Pal, “Survey of different types of CAPTCHA”, International Journal of Computer Science and Information Technologies, 5(2), pp.2242-2245, 2014.
- [16] Hepsiburada dataset, Online: <https://www.kaggle.com/bulentsiyah/hepsi-burada-yorum>
- [17] Y. Santur “An Overview of Captcha Systems and Bypassing Math Captcha”, International Conference on Advanced Technologies Computer Engineering and Science (ICATCES), April 26-28, 2019.