T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ AHŞAP MALZEMENİN ÇEŞİTLİ NANO PARTİKÜLLERLE EMPRENYESİ

HAZIRLAYAN
SAMET KIZILIRMAK

DANIŞMAN
DOÇ. DR. DENİZ AYDEMİR

BARTIN-2018

T.C.
BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ AHŞAP MALZEMENİN ÇEŞİTLİ NANO PARTİKÜLLERLE EMPRENYESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN
Samet KIZILIRMAK

JÜRİ ÜYELERİ

Danışman	:	Doç. Dr. Deniz AYDEMİR	-	Bartın Üniversitesi
Üye	:	Prof. Dr. Gökhan GÜNDÜZ	-	Bartın Üniversitesi
Üye	:	Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin YÖRÜR	-	Karabük Üniversitesi

BARTIN-2018

KABUL VE ONAY

Samet KIZILIRMAK tarafından hazırlanan "ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ AHŞAP MALZEMENİN ÇEŞİTLİ NANO PARTİKÜLLERLE EMPRENYESİ" başlıklı bu çalışma, 07.09.2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Deniz AYDEMİR (Danışman) ……

Üye : Prof. Dr. Gökhan GÜNDÜZ ……

Üye : Doç. Dr. Hüseyin YÖRÜR ……

Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..…/..…/20… tarih ve 20…../…..-….. sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. H. Selma ÇELİKYAY
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Deniz AYDEMİR danışmanlığında hazırlamış olduğum "ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ AHŞAP MALZEMENİN ÇEŞİTLİ NANO PARTİKÜLLERLE EMPRENYESİ" başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımı kabul edeceğimi beyan ederim.

07.09.2018

Samet KIZILIRMAK

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, iki yıl boyunca değerli bilgilerini benimle paylaşan, tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, Sayın Doç. Dr. Deniz AYDEMİR'e teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Tez çalışmalarım boyunca tecrübelerinden faydalandığım Bartın Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Öğretim Üyesi Prof. Dr. Gökhan GÜNDÜZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin değerlendirilmesinde değerli bilgilerinden yararlandığım değerli hocam, Sayın Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin YÖRÜR'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim süresince maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen babam Şaban KIZILIRMAK ve annem Seyhan KIZILIRMAK'a sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca tez çalışmalarım boyunca benden yardımlarını esirgemeyen kıymetli arkadaşım Gökçe BÜRÜÇ'e teşekkür ederim.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ AHŞAP MALZEMENİN ÇEŞİTLİ NANO PARTİKÜLLERLE EMPRENYESİ

Samet KIZILIRMAK

Bartın Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Deniz AYDEMİR
Bartın-2018, sayfa: 55

Bu çalışmanın amacı, ısıl işlem görmüş Kayın (*Fagus orientalis*) ve Meşe (*Quercus robur*) odunlarının nano boyutlu Titanyum dioksit ve Bor nitrür ile emprenye edilmesinin odun özellikleri üzerine etkilerini araştırmaktır. Emprenye işlemi, bir tankta dolu hücre metodu kullanılarak ahşap malzemelere uygulanmıştır. Emprenye işleminden sonra örnekler, %65 bağıl nem ve 20 °C sıcaklığa sahip iklimlendirme kabininde bir ay boyunca kurutulmuştur. %0 ve %12 denge rutubetinde (MC) yoğunluklar, su alma, boyutsal kararlılığı, ilgili standartlara göre belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ahşabın nano partiküller ile emprenye edilmesinin ve ahşabın ısıl işleminin genel olarak su-ahşap ilişkilerini azalttığını göstermiştir. Isıl işlemin, ahşap malzemenin su almasında ve boyutsal stabilitesinin azalmasında önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Nano partiküllerden TiO2'nin emprenyesinin, Nanobor nitrür ile emprenye edilen ahşap numunelere göre su almasını daha fazla düşürdüğü bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ahşap, Nano partikül Emprenyesi, Ahşap modifikasyonu, Isıl işlem, Biyokütle.

Bilim Kodu: 502.15.01

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

The Impregnation with Various Nano Particles of Heat–treated Woods

Samet KIZILIRMAK

Bartın University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industrial Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Deniz AYDEMİR
Bartın-2018, pp: 55

The aim of this study was to investigate to the effects of impregnation with nano sized titanium dioxide and boron nitride of heat-treated Beech (Fagus orientalis) and Oak (Quercus robur) wood. The impregnation process was applied to wood materials with using full-cell method in a chamber. After impregnation process, the samples were dried in the climate cabin at medium such as 65% Rh and 20°C during a month, and the densities at 0% and %12 moisture content (MC), water absorption and dimensional stability of the samples were determined according to the related standards. The results showed that the impregnation of wood with nano-fillers and heat treatment of wood decreased generally the water-wood relations and the heat treatment of wood materials have more an important factor to the decrease in water absorption and dimensional stability as compare with the impregnation of nano-fillers. The impregnation with TiO_2 was also found to higher decrease the water absorption according the wood samples impregnated with nanoboron nitride.

Keywords: Wood, Nano particle Impregnation, Wood modification, Heat-treatment, Biomass.

Science Code: 502.15.01

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY 2
BEYANNAME 3
ÖNSÖZ 4
ÖZET 5
ABSTRACT 6
İÇİNDEKİLER 7
ŞEKİLLER DİZİNİ 9
TABLOLAR DİZİNİ 10
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ 11

BÖLÜM 1 GENEL BİLGİLER 1

1.1. Giriş 13
1.2. Odun ve Odun Esaslı Levhalarda Nanoteknolojik Uygulamalar 14
1.3. Çalışmada Kullanılan Materyaller 15
1.3.1. Ahşap materyaller 15
1.3.1.1. Meşe 16
1.3.1.2. Kayın 16
1.3.2. Kullanılan Nano Partiküller 17
1.3.3. Literatür Özeti 18

BÖLÜM 2. MATERYAL VE METOT 22

2.1. Materyal 22
2.1.1. Ağaç Malzeme 22
2.2. Metot 22
2.2.1 Örneklerin Hazırlanması 22
2.2.2. Yapılan Isıl işlem Metodu 23
2.2.3. Yapılan Emprenye Metodu 24
2.2.4. Retensiyon Oranları 26
2.2.5 Yoğunluk 26
2.2.6. Boyutsal stabilizasyon 27

2.2.7. Basınç Direnci 27
2.2.8. TGA Sonuçları 28
2.2.9. Elektron Mikroskobu ile Morfolojik Karakterizasyon 28
2.2.10. İstatistiki Analizi 28

BÖLÜM 3 BULGULAR VE TARTIŞMA 29

3.1. Retensiyon Oranları 29
3.2. Yoğunluk 31
3.2.1. Tam kuru yoğunluk 31
3.2.2. Hava Kurusu Yoğunluk 32
3.3. Boyutsal stabilizasyon 34
3.3.1. Su Alma 34
3.3.2. Genişleme 36
3.3.3. Daralma 38
3.4. Basınç Direnci 40
3.5. TGA Sonuçları 42
3.6. Elektron Mikroskobu ile Morfolojik Karekterizasyon 46

BÖLÜM 4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER 49

KAYNAKLAR 51
ÖZGEÇMİŞ 54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No		Sayfa No
1.1.	Titanyum dioksit (TiO_2)	17
1.2.	Nano bor nitrür (BN)	18
2.1.	Deney örneklerinin hazırlanması	23
2.2.	Isıl işlem görmüş deney örnekleri	24
2.3.	Emprenye işleminde kullanılan tank	25
2.4.	Deney örneklerinin emrenyelenme işlemi	25
3.1.	Örneklere ait Retensiyon Oranları	30
3.2.	Örneklere ait Yoğunluk Oranları	33
3.3.	Örneklere ait Su Alma Oranları	35
3.4.	Örneklere ait Genişleme Oranları	37
3.5.	Örneklere ait Daralma Oranları	39
3.6.	Örneklere ait Basınç dirençleri	41
3.7.	Meşe Örneklerine Ait Termogravimetrik Analiz Eğrileri	43
3.8.	Kayın Örneklerine Ait Termogravimetrik Analizi	43
3.9.	Meşe Örneklerine Ait T%10 ve T%50 Sıcaklık Dereceleri	44
3.10.	Kayın Örneklerine Ait T%10 ve T%50 Sıcaklık Dereceleri	44
3.11.	Meşe Örneklerine Ait Derivatif Termalgravimetrik Analiz	45
3.12.	Kayın Örneklerine Ait Derivatif Termal Gravimetrik Analiz	45
3.13.	Emprenyelenmemiş Ahşap Malzemeye Ait SEM Görüntüleri	46
3.14.	Emprenyelenmiş Ahşap Malzemeye Ait SEM Görüntüleri	47
3.15.	Nano bor Emprenyeli Numuneler İçin EDAX	48

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No		Sayfa No
1.1.	Meşe odunun fiziksel ve mekanik özellik değerleri	16
1.2.	Kayın odunun fiziksel ve mekanik özellik değerleri	16
2.1.	Test formülasyonu	23
3.1.	Örneklerin retensiyon oranlarına ait tek yönlü varyans analizi	29
3.2.	Retensiyon oranlarına ait duncan testi sonuçları	29
3.3.	Örneklerin tam kuru yoğunluğuna ait tek yönlü varyans analizi	31
3.4.	Örneklerin tam kuru yoğunluğuna ait duncan testi sonuçları	31
3.5.	Örneklerin hava kurusu yoğunluğuna ait tek yönlü varyans analizi	32
3.6.	Örneklerin hava kurusu yoğunluğuna ait duncan testi sonuçları	32
3.7.	Örneklerin su alma oranlarına ait tek yönlü varyans analizi	34
3.8.	Su alma oranlarına ait duncan testi sonuçları	35
3.9.	Örneklerin genişleme oranlarına ait tek yönlü varyans analizi	36
3.10.	Genişleme oranlarına ait duncan testi sonuçları	37
3.11.	Örneklerin daralma oranlarına ait tek yönlü varyans analizi	38
3.12.	Daralma oranlarına ait duncan testi sonuçları	39
3.13.	Örneklerin basınç dirençlerine ait tek yönlü varyans analizi	40
3.14.	Basınç direnci oranlarına ait duncan testi sonuçları	41

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bar	:	Basınç birimi
BN	:	Bor nitrür
df	:	Serbestlik derecesi
DSC	:	Diferansiyel tarama spektroskobu
DTA	:	Diferansiyel termal analiz
DTG	:	Diferansiyel termo gravimetrik analiz
EDAX	:	Enerji yayılımlı x-Işını analizi
F	:	Kırılma anındaki maksimum kuvvet
FTIR	:	Spektroskopisi fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi
H_2O	:	Su
K	:	Kontrol
KK	:	Kontrol kayın
KM	:	Kontrol meşe
M	:	Meşe
MM^2	:	1 milimetre olan karenin alanı
Mm - Hg	:	Cıva
MOE	:	Elastiklik modülü
MOR	:	Eğilme mukavemeti
MPa	:	Megapascal
N	:	Newton
PP	:	Polipropilen
PPM	:	Miligram çözünen / kilogram veya litre çözelti
SEM	:	Taramalı elektron mikroskobu
UV	:	Ultraviyole ışınlar
T	:	Titanyum dioksit

TiO_2	:	Titanyum dioksit
ZnO	:	Çinko oksit
XRD	:	X-ışını kırınım

BÖLÜM 1

GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

Ahşap, anizotropik bir malzemedir. Higroskopik bir yapıya sahiptir. Bu nedenle ahşap malzeme, su veya su buharı ile temas halindeyken boyutsal değişikliklere uğrar (Tsoumis, 2009). Termitler, böcekler, deniz canlıları ve mantarların hepsi ahşap tahrip edici zararlılardır. Ayrıca ahşabın yanma gibi özellikleri de önemli dezavantajlarındandır (Zabel ve Morrel, 1992).

Ağaç malzemenin özeliklerinin iyileştirilmesi üzerine birçok alanda çalışmalar yapılmış ve hala bu doğrultuda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda oluşan metotlara "Odun Modifikasyonu" metotları denilmektedir. Bu yöntemler ağaç malzemenin günümüzde dekorasyon amaçlı kullanımını arttırmıştır. Ağaç malzeme ilk kez 1930'lu yıllarda Almanya'da Stamm ve Hansen tarafından ısıl işleme tabii tutulmuştur. Ağaç malzemenin buhar kullanılarak ısıtılması yöntemi, Fin (Thermowood) yönteminden daha sonra geliştirilmiştir. Aynı zamanda buhar ve sıcak havayı birlikte kullanarak Plato yöntemi geliştirilmiştir. Fransız (Rectification) yönteminde inert gaz kullanmıştırlar. Alman (OHT) yönteminde ise ısıl işlem yöntemi sıcak yağ kullanılarak yapılmaktadır. Bu şekilde ağaç malzemenin ısıl işlem ile muamele edilmesi sonucunda mekanik, fiziksel vb. özellikleri değişmektedir (Altınok vd., 2010).

Ahşap malzeme kullanım yerlerinde farklı yöntemler uygulanarak ahşap malzemenin korunması sağlanmaktadır. Bu yöntemler;

- Daldırma yöntemleri; kısa süreli batırma yöntemi, orta süreli batırma yöntemi, uzun süreli batırma yöntemi,
- Difüzyon yöntemleri; kısa süreli batırma uygulaması, buharlama ve soğuk söndürme uygulaması,

- Basit difüzyon ve besi suyunu çıkartma yöntemi; basit onarım ve takviye yöntemleri; bandaj yöntemi, oyma delik yöntemi, kobra yöntemi olarak sınıflandırabiliriz (Yıldız, 2005).

Nanoteknoloji, 1-100 nanometre boyut aralığında atom ve moleküllerin birleşmesi ile oluşan bilim ve teknoloji dalıdır. Nanoteknoloji; kimya mühendisliği, fizik, elektrik mühendisliği, malzeme bilimi, kimya, biyoloji gibi birçok alanda uygulanmaktadır. Son yıllarda nanoteknoloji kullanımı, orman sektöründe potansiyelini attırmaktadır. Nanoteknoloji, ahşabın kullanım amacının geliştirilmesine ve orman ürünlerinin ekonomik değerlerine önemli ölçülerde katkı sağlamaktadır (McCrank, 2009).

Nanoteknoloji; orman biyo-rafinerisinin ilerletilmesine, çevrenin olumlu yönde etkilenmesine, daha verimli ürünlerin üretilmesine, teknolojik olarak gelişmiş bir iş gücü oluşmasına olanak sağlayabilmektedir. Nanoteknoloji; orman ürünleri endüstrisinde hammaddelerin üretiminden, ahşap esaslı malzemelere yönelik yeni yaklaşımlara, kompozit ve kâğıt ürünleri için yeni uygulamalara olanak sağlamaktadır. Nanoteknolojinin kullanım alanları arasında ağaç malzemenin kuvvetlerini, yüklerini, nem seviyelerini, sıcaklığını, basıncını, kimyasal emisyonlarını, odunu tahrip mantarların zararlarını vb. verilerini ölçmek için yapılmış nano sensör bulunan akıllı tahta ve kâğıt bazlı ürünler bulunmaktadır. Nano ölçekteki lignoselülozik yüzeyler, ağaç malzeme üzerine yapı işlevselliği, yüzeylerin kendi kendini temizleyebilmesi gibi yeni fırsatlar açabilmektedir. Nano boyutlu yapı bloklarının kullanımı, malzemenin daha hafif olmasını ve daha az enerji gereksinimini mümkün kılabilmektedir. Nanoteknoloji, ahşap esaslı malzemelerin, nem oranını iyileştirerek kağıt ürünleri için kullanılabilmektedir (Moon vd., 2006).

Bu çalışmanın amacı ısıl işlem görmüş ahşap malzemelerin, nano TiO_2 ve nano BN partikülleriyle emprenye işleminden sonra fiziksel, mekanik, termal ve morfolojik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca nano partiküllerin ahşap içinde dağılımları SEM/EDAX analizi ile görüntülenmiştir.

1.2 Odun ve Odun Esaslı Levhalarda Nanoteknolojik Uygulamalar

Nanoteknoloji; ahşap ürünlerinde ultraviyole direnç seviyesini yükseltmek için, ahşabı değiştirerek veya ahşabın üzerine bir kaplama yaparak uygulanabilir. Ahşabın neme

dayanıklılığını arttırmak için de kullanabilir. Örnek olarak, Avustralya'da ki Nanotec Pty Ltd, Nanoseal® Wood'u üretmiştir. Nanoseal® Wood su itici olarak kullanılır ancak ultraviyole sonunda bozunmaya direnç kazandırmak için de kullanılabilir. Nanoteknoloji ile zararlılara karşı da yapılan uygulamalarla ahşap daha dayanıklı hale getirilmiştir. Biyositler ile emprenye işleminde nano partiküller, ahşap kompozitler ve yongalevha, kontrplak ve orta yoğunluklu lif levha gibi basınç uygulanmış ahşap ürünlerin imalatında da kullanılabilir. Böylece zararlılara karşı dayanıklılıkları arttırılabilmektedir. Ahşabın karmaşık yapısı bugüne kadar araştırmacıları, ahşabı endüstriyel bir ürün olarak değiştirme isteğine yönlendirmiştir. Nano ürünlerin materyallere uygulanmasıyla beraber nanoteknolojik ürünlere uygun test teknikleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri de nano-indentasyon yöntemidir. Bu yöntemle bir yüzeyin mikron veya alt mikron seviyesinde mekanik özellikleri test edilebilir. Nano-indentasyon, sertliği ölçer ve ahşap çürümesi sırasında mekanik değişiklikleri ölçmek için kullanılır. Fonksiyonel kâğıt hamuru ve kâğıt endüstrisinde nanoteknoloji kullanımı büyük bir potansiyele sahiptir. Fonksiyonel kâğıt, kâğıt endüstrisinde emisyonları azaltma yöntemleri, baskı ve opaklık iyileştirmeleri üzerinde önemli sayıda araştırma yapılmaktadır. Fonksiyonel kâğıt elektriksel olarak, iletken bir şekilde üretilebilmektedir. Nanofiltrasyon, iyonların mükemmel ayrımını sağlayan basınca dayalı membran ayırma işlemidir. Nanofiltrasyon, suyun yönetimi veya işlenmesi için kullanılabilir ve su iyonlarını mükemmel seçicilik ile ayırabilmektedir. Bu tür su filtresi kâğıt hamuru ve atık suyun yönetilmesi için önemli bir kolaylık sağlayabilmektedir. Nanoteknoloji, kâğıt kalitesinin belirli yönlerini iyileştirmek için kullanılabilir. Kâğıt ve karton teknolojisinde uzmanlaşmış bir şirket olan TopChim, NanoTope adı verilen bir nanoteknoloji tabanlı kâğıt yüzey işlemi geliştirerek kâğıda; parlak bir görünüm, yüksek beyazlık ve sertlik sağlayabilmektedir (McCrank, 2009).

1.3 Çalışmada kullanılan materyaller

Bu çalışmada ahşap materyal olarak kayın ve meşe odunları kullanılmıştır.

1.3.1 Ahşap materyaller

Bu çalışmada kayın ve meşe olmak üzere iki farklı ağaç türünden örnekler alınıp kullanılmıştır.

1.3.1.1 Meşe

Meşe ağacı 15-40 metreye kadar boylanabilmektedir. Yaprakları, ters yumurta şeklinde olup iki kenarında 5-8 adet kenarlı lop bulunmaktadır. Sürgünler çıplaktır (Sarıbaş, 2012). Meşe odunun fiziksel ve mekanik özellik değerleri Tablo 1.1'de verilmiştir (As vd., 2001).

Tablo 1.1: Meşe odunun fiziksel ve mekanik özellik değerleri (As vd., 2001).

FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	Tam kuru yoğunluğu (g/cm^3)	0.65
	Hava kurusu yoğunluğu (g/cm^3)	0.69
	Radyal daralma (%)	4
	Teğet daralma (%)	7.8
	Hacmen daralma (%)	12.2
MEKANİK ÖZELLİKLERİ	Basınç direnci (N/mm^2)	61
	Eğilme direnci (N/mm^2)	88
	Elastikiyet modülü (N/mm^2)	11700
	Çekme direnci (N/mm^2)	90
	Dinamik eğilme (N/mm^2)	0.6
	Brinell sertlik liflere paralel (N/mm^2)	65

1.3.1.2 Kayın

Kayın ağacı, 35 - 50 metreye kadar boylanabilmektedir. Yaprakları, eliptik olup tam kenarlıdır. Sürgünler ucuna doğru hafif tüylüdür (Sarıbaş, 2012). Kayın odununun fiziksel ve mekanik özellik değerleri Tablo 1.2'de verilmiştir (As vd., 2001).

Tablo 1.2: Kayın odunun fiziksel ve mekanik özellik değerleri (As vd., 2001).

FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	Tam kuru yoğunluğu (g/cm^3)	0.64
	Hava kurusu yoğunluğu (g/cm^3)	0.66
	Hacim ağırlığı (g/cm^3)	0.53
	Radyal daralma (%)	5
	Teğet daralma (%)	11.4
	Hacmen daralma (%)	16.21
MEKANİK ÖZELLİKLERİ	Basınç direnci (N/mm^2)	57
	Eğilme direnci (N/mm^2)	112.3
	Elastikiyet modülü (N/mm^2)	13082
	Çekme direnci (N/mm^2)	131.6
	Makaslama direnci (N/mm^2)	9.9
	Dinamik eğilme (N/mm^2)	0.95
	Yarılma direnci radyal (N/mm^2)	0.74
	Yarılma direnci teğet (N/mm^2)	1.07
	Brinell sertlik liflere paralel (N/mm^2)	54.9
	Brinell sertlik liflere dik (N/mm^2)	27

1.3.2 Kullanılan Nano Partiküller

Nano Titanyum Dioksit (TiO_2): Titanyum oksit veya titanyum IV oksit veya titanya olarak da bilinir. Genellikle yüksek katalitik yüzey alanı ve aktivitesi için süspansiyon halindeyken nano partiküller şeklinde kullanılır. TiO_2, birçok ciddi çevre ve kirlilik sorununu çözmeye yardımcı olmaktadır. Nispeten ucuz maliyeti, yüksek kimyasal stabilitesi nedeniyle foto katalizör olarak kullanılır. Havacılık, spor, ilaç, boya gibi çeşitli endüstrilerde, yiyeceklerde ve kozmetik ürünlerinde kullanılmaktadır (Theivasanthi ve Alagar, 2013). Çalışmamızda kullanılan titanyum dioksite ait bir görüntü Şekil 1.1'de verilmiştir (URL-1, 2018).

Şekil 1.1: Titanyum dioksit (TiO_2) (URL-1, 2018).

Nano Bor Nitrür (BN): Bor nitrür, bor ve azot elementlerinin birleşimi ile meydana gelen, kimyasal formül olarak BN ile gösterilen, kimyasal yöntemlerle üretilen bir bileşiktir. Bor nitrürün yoğunluğu 2,1 g/cm^3'tür. Ergime sıcaklığı ise 2450 ^oC'dir. Genel olarak bor oksit, karbon ve azot elementlerinin 1450-1600 ^oC sıcaklıklarda kimyasal reaksiyona uğratılması ile elde edilmektedir. Nano tüp, nano kapsül, nano parçacık ve nano küme gibi değişik nano yapılarda bor nitrür üretimi gerçekleştirilmiştir. Bor nitrür nano tüplerin bazı alanlarda uygulanmaktadır. Bu alanlar; polimerik kompozitler, gaz absorpsiyonu, elektriksel nano yalıtkanlar vb. alanlardır (Özdemir Köklü, 2012). Çalışmamızda kullanılan nano bor nitrüre ait bir görüntü Şekil 1.2'de verilmiştir (URL-2, 2018).

Şekil 1.2: Nano bor nitrür (BN) (URL-2, 2018).

1.3.3 Literatür Özeti

Ahşap materyalin farklı nano partiküller yardımıyla dezavantajlarının giderilmesi için farklı çalışmalar yapılmıştır. Genellikle bu çalışmalar emprenye şeklinde odunun farklı özelliklerinin iyileştirilmesi için kullanılmıştır.

Yapılan bir çalışmada ise, Taghiyari (2010) nano-gümüş emprenyeli *Populus nigra* ısıl işlemden geçirilerek mekanik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Numuneler bir kabin içerisinde 2,5 bar'da 200 PPM su bazlı nano-gümüş partikül çözeltisi ile emprenye edilmiştir. Örnekler nano-gümüş 45 °C'de 24 saat emprenye edilmiştir. Daha sonra 24 saat boyunca 145 °C'de ve son olarak da 185 °C'de 4 saat tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre direnç değerlerinde belirgin bir düşüş görülmüştür. Bu düşüş, parçalanma ve piroliz süreçlerinin iyi olmadığını ve malzemenin iç kısımlarına nüfuz ettiğini göstermiştir. Isıyla muamele edilmiş numunelerin elastikiyet modülleri ve basınç direncinde önemli artışlar olduğu görülmüştür.

Başka bir çalışmada, Clausen vd. (2011) sarıçam odununun termit direnci ve retensiyon özellikleri üzerinde 30-70 nm çapında çinko oksit (ZnO) nano partiküllerinin etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre ZnO muamelesi termit direnci ve soyulma

üzerinde önemli bir değişim meydana getirmediği bulunmuştur. Sadece %5 ZnO muamelesinin %4 oranında ahşap materyalin bozulmasını azalttığı saptanmıştır.

Diğer bir çalışmada Akhtari vd. (2012) *Paulownia fortunei* odunu gümüş, bakır ve çinko oksit nano partikülleri ile emprenye edilmiştir. Bu çalışma, 0,37 g/cm^3 kuru yoğunluğa sahip olan *Paulowni fortunei'*nin mekanik özelliklerinde, 10 ila 80 nm boyut aralığında gümüş, bakır ve çinko oksit sulu nano partiküllerim emprenye edilmesinin etkilerini incelemek amacıyla yürütülmüştür. Mekanik özellikler genellikle yapısal uygulamalar için ahşap ürünlerin en önemli özellikleri olarak düşünülür. Bu nedenle mekanik özellikler malzeme için hayati bir öneme sahiptir. Çalışmada kullanılacak test numuneleri, 20 dakika boyunca bir basınç kabini içinde 2,5 bar'da 400 ppm sulu bir nano gümüş, nano bakır ve nano çinko oksit süspansiyonuyla emprenye edilmiştir. Elde edilen sonuçlar; mekanik özelliklerin anlamlı bir şekilde arttığını göstermiştir. En yüksek artış nano bakır emprenyeli örneklerde gözlenmiştir. Bununla birlikte, nano bakır ve nano çinko oksit emprenye edilmiş örneklerin odun hücre yapısı içinde nano partikülleri içeren bileşenler arasındaki kimyasal bağların oluştuğu saptanmıştır.

Yapılan bir çalışmada, Taghiyari vd. (2012) nano-gümüşün ısıl işlem görmüş *Populus nigra, Populus sdeltoides* ve *Fagus orientalis*'in fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde etkileri incelenmiştir. Numunelere, 200 ppm'lik bir sulu gümüş süspansiyonu emprenye edilmiştir. Isıl işlem 135 °C ve 185 °C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Nano-gümüş emprenyesinin ısıl işlemin etkilerini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, nano-gümüş emdirilmiş numuneler üzerindeki ısıl işlem fiziksel özelliklere kıyasla mekanik özellikler üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

Benzer bir çalışmada, Afrouzi vd.(2013) nano çinko oksit ile emprenye edilen kavak ağacının (*Populus deltoides*) renk değişimine karşı direnci araştırılmıştır. Bu amaçla numuneler tam hücre yöntemi ile üç konsantrasyonda % 0,5, % 0,75 ve % 1 nano çinko oksit ile emprenye edilmiştir. Daha sonra numuneler 200, 400 ve 600 saatlik yapay hava şartlandırma teste maruz bırakılmıştır. Her aşamada hava şartlarının sona ermesi ile örneklerin renk değişimi ölçülmüştür. Nano çinko oksit, temas yüzeyinin artması ve optik özelliklerin iyileştirilmesi ile özellikle lignin ahşap yüzeyinde UV radyasyon etkileşimini azaltır ve serbest radikallerin oluşumun engellediği görülmüştür. Bu sonuçlar, ahşabın renk değişimine karşı direncin arttığını göstermektedir. Dolayısıyla nano çinko oksidin dış

ortamda meydana gelen erozyon, grileşme ve yüzey bozunumunu azalttığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre nano çinko oksidin anti-UV özelliklerinin üzerine ahşabın, hava geçirgenliğini düşürdüğü ve sertliği arttırdığı belirlenmiştir. Bu nedenle; nano çinko oksit, ahşabın korunmasında kullanılan materyallerin formülasyonlarında renk değişimini engelleyici olarak kullanılmaktadır.

Diğer bir çalışmada, Akhtari ve Arefkhani (2013) *Paulownia fortunei* odunu gümüş, bakır ve çinko oksit nano partikülleri ile muamele edildikten sonra beyaz çürüklük mantarına direnci incelenmiştir. Ağaç numuneleri, 400 ppm'lik bir sulu süspansiyon ile basınçla emprenye edilmiştir. Örnekler mantarla aşılanmış ve EN113 standardına uygun olarak on altı hafta boyunca nano çinko oksit içerisinde inkübe edilmiştir. SEM incelemelerine göre, *Paulownia* odunu nano gümüş, nano bakır ve nano çinko oksit parçacıkları ile muamele edildikten sonra ortalama ağırlık kaybı 16 hafta sonra sırasıyla % 2, % 2 ve % 2 değerlerini almıştır. Çürüme sonucu kütle kaybının, kontrol *Paulownia* odununda (% 28,13) daha fazla olduğu saptanmıştır. Ayrıca, selüloz mikro fibriller arasında hücre arası boşlukların oluştuğu gözlenmiştir. Nano partikül ile muamele edilmiş çürüklüğe uğramış ahşap ve bozulmamış ahşabın SEM fotoğrafları arasında anlaşılabilecek farklılıklar gözlemlenememiştir.

Başka bir çalışmada, Perçin vd. (2015) %5 sulu boraks ve borik asit ile emprenye edilmiş ve 2, 4 saat 160, 190 ve 220 °C'de ısıl işlem görmüş meşe ağacının bazı mekanik özellikler üzerindeki etkileri (eğilme mukavemeti, elastiklik modülü, paralel çekme mukavemeti, paralel sıkıştırma mukavemeti) araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre boraks retensiyon değeri borik asitten daha yüksek olduğu saptanmıştır. Eğilme mukavemeti, eğilme esnasındaki esneklik modülü, paralel gerilme mukavemeti ve ısıl işleme bağlı olarak paralel kesme mukavemeti azalmıştır. En yüksek mekanik mukavemet kayıpları, 4 saat boyunca 220 °C'de ısıl işlemden geçirilmiş numunelerde belirlenmiştir. Genellikle boraks ile emprenye edilen numunelerin mekanik mukavemet kayıpları, emprenye edilmemiş kontrollerden ve borik asitle emprenye edilen örneklerden daha düşük olduğu görülmüştür.

Habibzade vd. (2016) yaptıkları çalışmada ZnO nano parçacıklarının polimerize kavak ağacının yangın geciktirme, fiziksel ve mekanik özelliklerine olan etkileri araştırılmıştır. Kavak örnekleri, dört farklı nano ZnO içeriği (monomer kuru ağırlığa dayanılarak (0, 0.5,

1 ve % 1.5) içeren stiren monomer ile emprenye edilmiştir. Sonuç olarak çinko oksit nano partiküllerin varlığı, stirenle emprenye edilen kavak ağacındaki fiziksel ve mekanik özellikleri önemli ölçüde geliştirir. Nano-çinko oksit kavak ağacının bazı yangın geciktirici özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür.

Literatür özetinde anlaşılacağı üzere nanoteknolojik prosesler ahşap malzemenin korunması amaçlı kullanılabilmektedir. Bu ve benzeri çalışmalar sonucunda iyileşmeler olduğu görülmektedir. Bu çalışmada literatüre ilaveten termal ve morfolojik çalışmaların bilim dünyasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

BÖLÜM 2

MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Çalışmada kullanılan ahşap materyal ve emprenye maddeleri belirtilmiştir**.**

2.1.1 Ağaç Malzeme

Bu çalışmada, Doğu kayını (*Fagus orientalis*), Saplı meşe (*Quercus robur*) odunları kullanılmıştır. Kayın ve meşe odunları Bartın'da bir marangozhaneden satın alınmıştır. Çalışmamızda kullanılan nanopartiküller nano titanyum dioksit (TiO_2) ve nano bor nitrür 15 nm ile 80 nm yaklaşık çapa sahip olup %99,9 saflıktadır. Nanobor nitrür, BORTEK A.Ş' den ve nano titanyum dioksit ise MK nano firmasından temin edilmiştir.

2.2 Metot

Çalışmada kullanılacak örneklerin hazırlanması ve test metotları hakkında özet bilgiler verilmiştir.

2.2.1 Örneklerin Hazırlanması

Bartın üniversitesi mobilya atölyesinde kayın ve meşe odunları kesilerek test örnekleri hazırlanmıştır. Elde edilen bu örneklerden basınç direnci için 20x20x30 cm TS 2471 (2005) ölçülerinde dikdörtgen prizması şeklinde 10 adet test örneği hazırlanmıştır. Bu örnek hazırlama aşaması hem emprenyeli ısıl işlem görmüş numuneler için hem de emprenyeli kontrol numuneleri için ayrı ayrı yürütülmüştür. Test öncesinde numuneler iklimlendirme kabininde %12 denge rutubetine ulaşıncaya kadar %65 bağıl nem ve 20 °C sıcaklıkta bir gün boyunca bekletilmiştir. Çalışmamızda kullanılan odun örnekleri Şekil 2.1'de verilmiştir.

Şekil 2.1: Deney örneklerinin hazırlanması

2.2.2 Yapılan Isıl İşlem Metodu

Isıl işlem öncesinde test örnekleri; 103±2 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar etüvde kurutulmuş ve ısıl işlem yaklaşık %0 rutubette ki örneklere uygulanmıştır. Isıl işlem uygulaması her iki ağaç türü için iki ayrı sıcaklık ve tek süre kombinasyonu ve iki farklı partikül oranı olmak üzere toplam 5 varyasyonda yapılan çalışmalar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Çalışmamızda yapılan test formülasyonu Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1: Test formülasyonu

Örnekler	**BN**	**TiO_2**
Kontrol Kayın-Nano Bor (KK-BN)	%0,5	
	%1	
Kontrol Kayın-Nano Titanyum (KK-T)		%0,5
		%1
Kontrol Meşe-Nano Bor (KK-BN)	%0,5	
	%1	
Kontrol Meşe-Nano Titanyum (KK-T)		%0,5
		%1
180 °C'de Isıl işlem görmüş Kayın Odunu-Nano Bor (180K-BN)	%0,5	
	%1	
180 °C'de Isıl işlem görmüş Kayın Odunu-Nano Titanyum (180K-T)		%0,5
		%1
180 °C'de Isıl işlem görmüş Meşe Odunu-Nano Bor (180M-BN)	%0,5	
	%1	
180 °C'de Isıl işlem görmüş Meşe Odunu-Nano Titanyum (180M-T)		%0,5
		%1
220 °C'de Isıl işlem görmüş Kayın Odunu-Nano Bor (220K-BN)	%0,5	
	%1	
220 °C'de Isıl işlem görmüş Kayın Odunu-Nano Titanyum (220K-T)		%0,5
		%1
220 °C'de Isıl işlem görmüş Meşe Odunu-Nano Bor (220M-BN)	%0,5	
	%1	
220 °C'de Isıl işlem görmüş Meşe Odunu-Nano Titanyum (220M-T)		%0,5
		%1

Kullanılan metot Viitaniemi'nin çalışmasında (Viitaniemi, 1997b) uyguladığı yönteme uygun bir şekilde yapılmıştır ve buna göre örneklerin ısıl işlem muamelesi, sıcaklık duyarlılığı ±1 °C olan bir etüv kullanılarak hava ortamında ve su buharının koruması altında ısıyla muamele edilmiştir. Isıl işlem hem kayın hem Meşe odunu için 180 °C ve 220 °C'de 8 saat süreyle uygulanmıştır. Isıl işlem sonunda etüvden çıkarılan örneklerin ağırlık ve boyutları ölçüldükten sonra, bir hafta süre ile rutubetlerinin dengelenmesi için beklenmiş ve tekrar 103±2 °C sıcaklıktaki etüvde tutularak ısıl işlem sonrası tam kuru ağırlıkları ve boyutları tespit edilmiştir. Örnekler daha sonra %12 rutubete getirilmek üzere iklimlendirme dolabına yerleştirilmiştir. Çalışmamızda kullanılan ısıl işlem görmüş odun örnekleri Şekil 2.2'de verilmiştir.

Şekil 2.2: Isıl işlem görmüş deney örnekleri

2.2.3 Yapılan Emprenye Metodu

Emprenye işleminde nano partiküller %0,5 ve %1 solüsyon halinde hazırlanmış ve ASTM D-1413 (1976) standardına göre emprenye işlemi gerçekleştirilmiştir. Ahşap örnekler 30 dk. 600 mm-Hg vakum daha sonra 60 dk. 6 bar basınç altında bekletilmiştir. Çalışmamızda emprenye için kullanılan tank Şekil 2.3'de verilmiştir.

Şekil 2.3: Emprenye işleminde kullanılan tank

Emprenye işlemi sonrası retensiyon oranlarının belirlenmesi amacıyla emprenyeleme öncesi ve sonrası ağırlıklar hesaplanmıştır. Emprenye işleminde kullanılan nano bor nitrür 20-80 nm ve nano titanyum dioksit ise 15-30 nm arasındadır. Emprenyeleme işlemi sonrasında numuneler denge rutubetine (%12) ulaşıncaya kadar iklimlendirme kabininde bekletilmiştir. Emprenye öncesinde ısıl işlem gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda kullanılan kontrol ve ısıl işlem görmüş örneklerin emprenye işlemi Şekil 2.4'de verilmiştir.

Şekil 2.4: Deney örneklerinin emrenyelenme işlemi

2.2.4 Retensiyon Oranı

Her örneğin Retensiyon oranları aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır. Buna göre;

$$R\left(\frac{Kg}{m^3}\right) = \frac{GxC}{V}x10 \quad (1)$$

Burada;

R: Retensiyon oranı,

G: $T_2 - T_1$,

T_2: Emprenye sonrası numune ağırlığı (gr),

T_1: Emprenye öncesi numune ağırlığı (gr),

C: Çözelti konsantrasyonu (%),

V: Numune hacmi (cm^3).

2.2.5 Yoğunluk

Örneklerin yoğunluk değişimleri, ısıl işlem muamelesi sonrası 20x20x30 mm boyutlarında numuneler üzerinden TS 53 (2005) esaslarına uygun olarak yapılmıştır. Test ve kontrol örnekleri tam kuru hale gelinceye kadar kurutma dolabında 103±2 °C'de değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Daha sonra örneklerin ağırlıkları Precisa adlı 0,001 g duyarlılıkta ki hassas terazi ile ölçümleri alınmış, boyutları ise 0,001 mm duyarlıkta olan dijital kumpasla ölçülerek tam kuru yoğunluk (δo) ve hava kurusu yoğunluk (δ_{12}) (2.1)'e göre hesaplanmıştır;

$$\delta_o = \frac{m_o}{v_o}\ \left(\frac{g}{cm^3}\right) \quad (2)$$

Bu eşitlikte;

δo: Tam kuru yoğunluk (g/cm^3),

Mo : Tam kuru ağırlık (g),

Vo : Tam kuru hacim (cm^3).

2.2.6 Boyutsal Stabilizasyon

TS 4084 (1983) standartlarına göre hazırlanmış 5'er adet kontrol ve ısıl işlem görmüş emprenyeli örnekler 103±2 °C sıcaklıktaki kurutma dolabında ağırlığı değişmez hâle gelinceye kadar kurutulmuş ve dijital bir kumpas yardımıyla boyutları belirlenmiştir. Daha sonra, aynı örnekler 20°C sıcaklıktaki temiz ve dinlendirilmiş su içerisinde 24 saat bekletilerek boyutları ilk ölçüm yerlerinden tekrar ölçülmüştür. Bunlara göre, genişleme yüzdeleri (α);

$$\alpha = \frac{R_{ö} - K_{ö}}{K_{ö}} x100 \quad (3)$$

Burada;
α: Genişleme yüzdeleri,
Rö: Rutubetli ölçü (mm),
Kö: Tam kuru ölçü (mm),
eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır.

2.2.7 Basınç Direnci

Basınç direnci TS 2595 (1977) standartlarına uygun olarak 20x20x30 mm boyutlarında kesilen 6'şar adet örnek hazırlanmıştır. Örneklerin enine kesit boyutları 0,01 mm duyarlı bir kumpasla ölçümleri alınmıştır. Deney esnasında örnekler 1,5-2 dk arasında kırılacak şekilde ayarlanmıştır. Isıl işlem sonucunda %12'ye ulaşmayan numuneler için rutubet ayarlamaları aşağıdaki formüle göre yapılmıştır. Kırılma anındaki kuvvet (Fmax) ölçülerek liflere paralel basınç direnci (σ//B) göre hesaplanmıştır.

$$\sigma_{//B} = \frac{F_{max}}{axb} \quad (4)$$

Burada;
$\sigma_{//B}$: Liflere paralel basınç direnci (kp/cm^3)
F_{max}: Kırılma anındaki kuvvet (kp)
a: Örnek genişliği (cm)
b: örnek kalınlığı (cm)'dır.

$$\delta_{12} = \delta_m * [\, 1 + a(M_2 - 12) \,] \quad (5)$$

Eşitlikte;

δ_{12}: %12 rutubetteki direnç değeri (N/mm^2)

δ_m: %12'den farklı rutubetteki direnç değeri (N/mm^2)

a: Direnç ve rutubet arasındaki ilişkiyi gösteren sabit değer (a: 0.005, 0.04, 0.002 sırasıyla σ_B, σ_e, E)

M_2: Test esnasındaki rutubet içeriği (%).

2.2.8 TGA Analizi

TGA; örnek ağırlığının, deney esnasındaki sıcaklık veya zamana göre değişiminin hesaplanmasıdır. TGA eğrileri, ağırlık değişimini belirtmektedir. Yaklaşık 10 mg'lık örnekler üzerinden gerçekleştirilen TGA deneyinde Perkin Elmer marka TGA-DTA cihazı kullanılmıştır. Bu deneyde oksidasyonu önlemek için 20 ml/dk akış hızında azot gazı kullanılmıştır. Test sırasında 10 °C/dk ısıtma hızıyla sıcaklık oda sıcaklığından 600 °C'ye kadar çıkarılmıştır.

2.2.9 Elektron Mikroskobu ile Morfolojik Karekterizasyon

Numunelerin yarılarak kırılmış bölgeden yüzeyden içe doğru taramalı elektron mikroskopu analizleri Tescan marka (MAIA3 XMU) cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ahşap yüzeylerde parlama olmaması için bu yüzeyler altın tozuyla kaplanmıştır.

2.2.10 İstatistiki Analizi

Çalışmalar sonucunda elde edilen verilerin arasındaki değişimlerin anlamlı olup olmadığını tespit etmek için SPSS 16 paket programı kullanılarak Varyans Analizi ve Duncan testleri yapılarak gruplar arasındaki etkileşimler incelenmiştir.

BÖLÜM 3

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada ısıl işlem görmüş ahşap malzemelerin nanopartikül ile emprenye edilmiş ve edilmemiş örneklerin retensiyon oranları, yoğunlukları, boyutsal stabilizasyonu, basınç direnci, termogravimetrik analiz ve morfolojik karekterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Ayrıca karşılaştırmanın yapılması için ısıl işlem uygulanmamış ahşap malzeme de çalışmada kullanılmıştır.

3.1 Retensiyon Oranları

Kontrol ve ısıl işlem görmüş örnekler emprenye sonrasında emprenye maddesini ne kadar tuttuğu araştırılmış ve örneklerin retensiyon değerlerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve gruplar arasında Duncan testi gerçekleştirilmiştir. ANOVA ve duncan test sonuçları Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de verilmiştir.

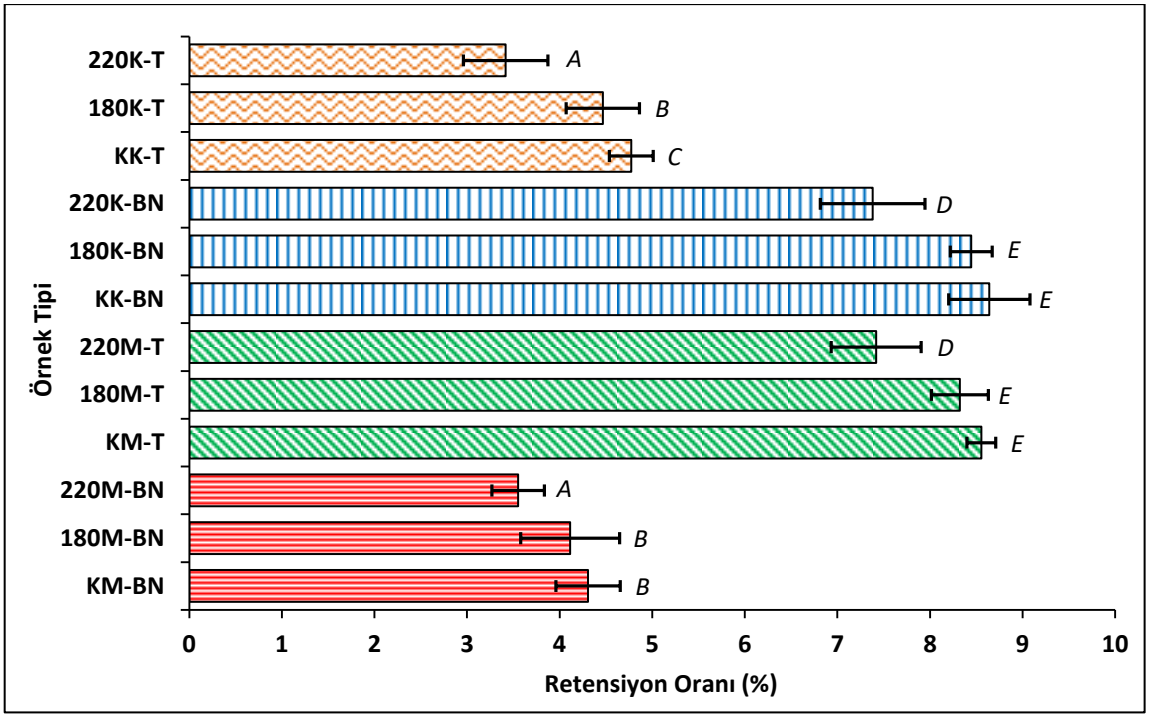
Tablo 3.1: Örneklerin retensiyon oranlarına ait tek yönlü varyans analizi.

	Kareler Toplamı	**df**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Gruplar arasında	258,1	11	23,5	155,4	0,00
Grup içinde	7,3	48	0,2		
Toplam	265,3	59			

Tablo 3.2:. Retensiyon oranlarına ait duncan testi sonuçları.

Örnekler	**Duncan Testi (Güvenirlilik Düzeyi = 0.05)**				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
220K-T	3,4				
220M-BN	3,5				
180M-BN		4,1			
KM-BN		4,3	4,3		
180K-T		4,5	4,5		
KK-T			4,8		
220K-BN				7,4	
220M-T				7,4	
180M-T					8,3
180K-BN					8,4
KM-T					8,5
KK-BN					8,7

ANOVA testine göre grupların retensiyon değerlerindeki değişimler %95 güvenirlilik düzeyinde istatistiki olarak farklı olduğu bulunmuştur. Bunun sonucunda hangi gruplar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğunu belirlemek için duncan testi yapılmıştır. Elde edilen retensiyon değerlerinin ortalamaları ve duncan test sonuçları özet olarak Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1: Örneklere Ait Retensiyon Oranları.

Şekil 3.1'e göre en yüksek retensiyon değeri %8,6'lık bir oranla BN ilaveli kontrol kayın odunları için tespit edilmiştir. En düşük retensiyon değeri ise %3,6'lık bir oranla 220 ^{o}C'de BN ilaveli meşe odunlarında saptanmıştır. Meşe odunları TiO_2 ilavesi sonrasında en yüksek retensiyon oranları verirken, kayın odunları ise BN ilavesi sonrasında yüksek değerler vermiştir. Yapılan bir çalışmada, sarıçam ve kestane ağaçları 185 ^{o}C'de ısıl işleme tabi tutulmuş ve çam reçinesinde çözülmüş doğal tanen çözeltisi ile emprenye edilmiştir. Buna göre sarıçam ağacının retensiyon miktarı kestaneye göre daha yüksek çıktığı bulunmuştur (Önduran, 2015).

3.2 Yoğunluk

Kontrol ve ısıl işlem görmüş örnekler tam kuru hale gelinceye ya da kurutma dolabında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuş, ağırlık ve boyut ölçümleri alınarak yoğunluk değerleri hesaplanmıştır.

3.2.1 Tam kuru yoğunluk

Tam kuru yoğunluk değerlerine ait ANOVA ve duncan test sonuçları Tablo 3.4 ve Tablo 3.3'de verilmiştir. ANOVA testine göre tam kuru yoğunluk değişimler istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Bunun sonucunda hangi gruplar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğunu belirlemek için duncan testi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.3: Örneklerin tam kuru yoğunluğuna ait tek yönlü varyans analizi.

	Kareler Toplamı	**df**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Gruplar arasında	0,19	13	0,02	31,48	0,00
Grup içinde	0,02	42	0,00		
Toplam	0,21	55			

Tablo 3.4: Örneklerin tam kuru yoğunluğuna ait duncan testi sonuçları.

Örnekler	**Duncan Testi (Güvenirlilik Düzeyi = 0.05)**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
220K-T	0,54					
220K-BN	0,54					
180K-BN		0,62				
180K-T		0,63	0,63			
220B-MN		0,63	0,63			
KK		0,63	0,63			
220M-T		0,64	0,64			
KK-BN		0,65	0,65	0,65		
KK-T			0,66	0,66	0,66	
180B-MN				0,68	0,68	
180M-T					0,68	
KM-T						0,71
KM						0,73
KM-BN						0,73

3.2.2 Hava Kurusu Yoğunluk

Hava kurusu yoğunluk değerlerinin ANOVA ve duncan test sonuçları Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da verilmiştir. ANOVA testine göre hava kurusu yoğunluk değişimler istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Bunun sonucunda hangi gruplar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğunu belirlemek için duncan testi gerçekleştirilmiştir.

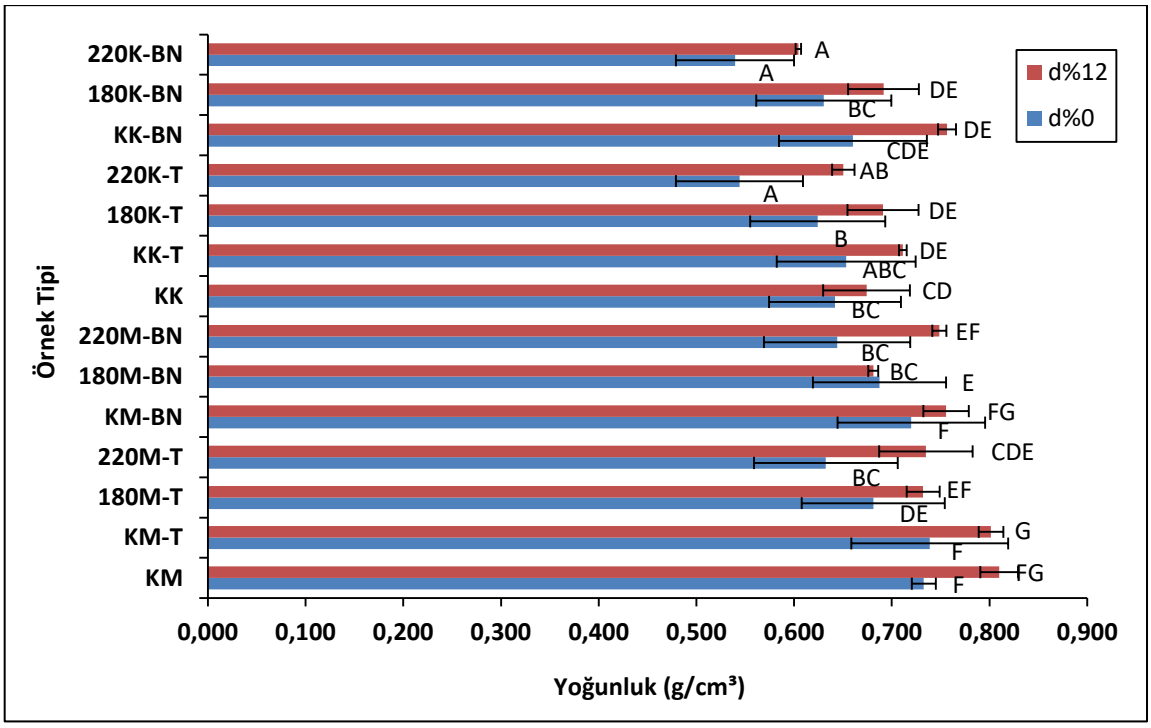
Tablo 3.5: Örneklerin hava kurusu yoğunluğuna ait tek yönlü varyans analizi.

	Kareler Toplamı	**df**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Gruplar arasında	0,24	13	0,02	15,87	0,00
Grup içinde	0,05	42	0,00		
Toplam	0,29	55			

Tablo 3.6: Örneklerin hava kurusu yoğunluğuna ait duncan testi sonuçları.

Örnekler	**Duncan Testi (Güvenirlilik Düzeyi = 0.05)**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
220K-T	0,60					
220K-BN	0,60	0,60				
180M-T		0,65	0,65			
KK			0,68	0,68		
220B-MN			0,70	0,70	0,70	
180K-BN				0,72	0,72	
KK-BN				0,73	0,73	
180K-T				0,73	0,73	
KK-T				0,73	0,73	
220M-T					0,75	0,75
180M-BN					0,76	0,76
KM						0,80
KM-T						0,80
KM-BN						

Test örneklerinin tam kuru yoğunluk ve hava kurusu yoğunluğuna ait ortalamalar ve duncan test sonuçları Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2: Örneklere ait Yoğunluk Oranları.

Şekil 3.2'ye göre en yüksek tam kuru yoğunluk TiO_2 ilaveli kontrol meşe odunları için tespit edilmiştir. En düşük tam kuru yoğunluk değeri ise 220 ^{o}C'de BN ilaveli kayın odunlarında saptanmıştır. Meşe odunları BN ilavesi sonrasında en yüksek tam kuru yoğunluk oranları verirken, kayın odunları ise TiO_2 ilavesi sonrasında yüksek değerler vermiştir. En yüksek hava kurusu yoğunluk kontrol meşe odunları için tespit edilmiştir. En düşük hava kurusu yoğunluk değeri ise 220 ^{o}C'de BN ilaveli kayın odunlarında saptanmıştır. Meşe odunları TiO_2 ilavesi sonrasında en yüksek hava kurusu yoğunluk oranları verirken, kayın odunları ise BN ve TiO_2 ilavesinin her ikisi de toplamda aynı değerler vermiştir. Her iki odun türünde de sıcaklık arttıkça tam kuru yoğunluk değerlerinde bir azalma saptanmış, hava kurusu yoğunlukta ise sadece kayın odunlarında sıcaklık arttıkça hava kurusu değerlerinde bir azalma saptanmıştır. Başka bir çalışmada, sarıçam ve kestane ağaçları 185 ^{o}C'de ısıl işleme tabi tutulmuş ve çam reçinesinde çözülmüş doğal tanen çözeltisi ile emprenye edilmiştir. Kestane ağacının tam kuru yoğunluk miktarı hem kontrol örneklerinde hem de ısıl işlemli örneklerde sarıçama göre daha yüksek çıkmıştır. Ağaç türlerinin her ikisinde de ısıl işlem sonrası tam kuru yoğunluk miktarlarında azalma görülmüştür. Sarıçam odununun hava kurusu yoğunluk miktarı hem kontrol örneklerinde hem de ısıl işlemli örneklerde kestaneye göre daha yüksek çıkmıştır.

Ağaç türlerinin her ikisinde de ısıl işlem sonrası hava kurusu yoğunluk miktarlarında azalma görülmüştür (Önduran, 2015).

3.3 Boyutsal stabilizasyon

Ağaç malzemelerin boyutsal stabilazasyonları su alma, genişleme ve daralma yüzdeleri belirlenerek hesaplanmıştır.

3.3.1 Su Alma

Kontrol ve ısıl işlem görmüş emprenyeli örnekler ağırlığı değişmez hâle gelinceye kadar kurutulmuş ve boyutları belirlenmiştir. Daha sonra 24 saat boyunca saf suda bekletilip örneklerin tekrar ölçüm yapılarak ne kadar su aldığı araştırılmış ve su alma oranları belirlenmiştir. ANOVA testine göre su alma değişimler istatistiki olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. ANOVA testi sonucunda hangi gruplar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğunu belirlemek için duncan testi gerçekleştirilmiştir. ANOVA ve duncan test sonuçları Tablo 3.7 ve Tablo 3.8'de verilmiştir.

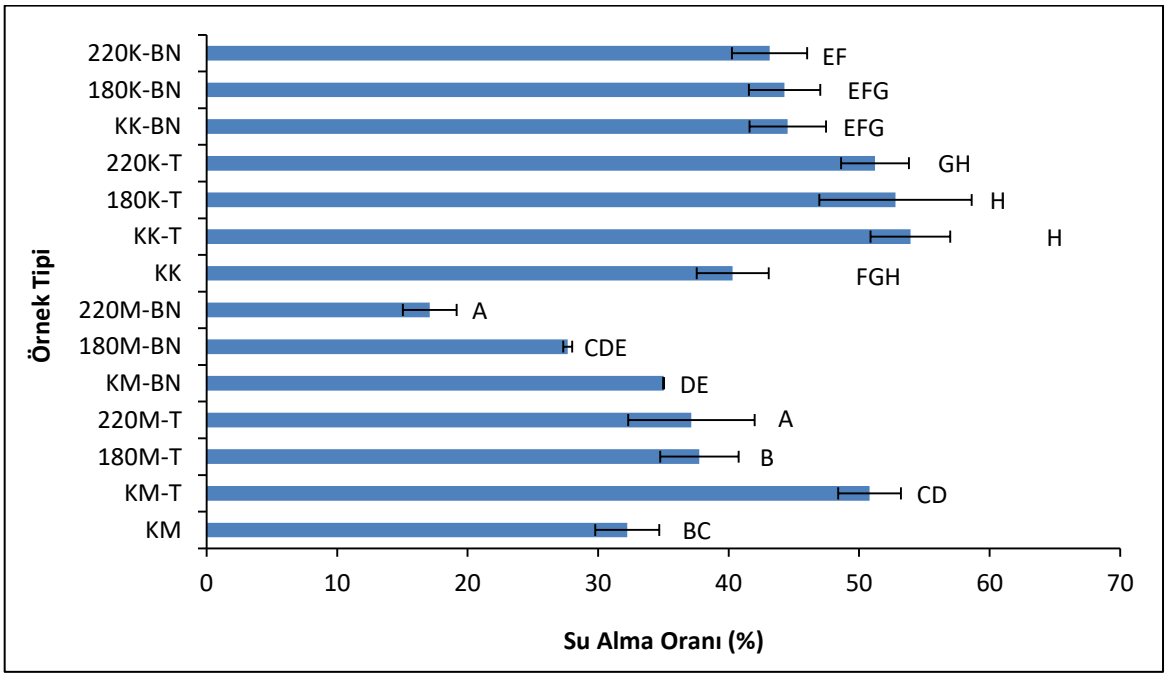
Tablo 3.7: Örneklerin su alma oranlarına ait tek yönlü varyans analizi.

	Kareler Toplamı	**Df**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Gruplar arasında	7636,73	13	587,44	29,13	0,00
Grup içinde	846,97	42	20,17		
Toplam	8483,70	55			

Tablo 3.8: Su alma oranlarına ait duncan testi sonuçları.

Örnekler	Duncan Testi (Güvenirlilik Düzeyi = 0.05)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
220B-MN	17,05							
220M-T	17,20							
180M-BN		27,60						
KM		31,92	31,92					
KM-BN			34,95	34,95				
180M-T			38,02	38,02	38,02			
KM-T				40,25	40,25			
220K-T					43,10	43,10		
180K-T					44,22	44,22	44,22	
KK-T					44,47	44,47	44,47	
KK						49,97	49,97	49,97
220K-BN							51,15	51,15
180K-BN.								52,75
KK-BN								53,90

Su alma sonuçlarının ortalamaları ve duncan testi sonuçları özet olarak Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3: Örneklere ait Su Alma Oranları.

Şekil 3.3'e göre en yüksek su alma değeri %53,9'luk bir oranla TiO_2 ilaveli kontrol kayın odunları için tespit edilmiştir. En düşük su alma değeri ise %17,1'lik bir oranla 220 ^oC'de BN ilaveli meşe odunlarında saptanmıştır. Meşe odunları TiO_2 ilavesi sonrasında en yüksek su alma oranları verirken, kayın odunları da TiO_2 ilavesi sonrasında yüksek değerler vermiştir. Her iki ağaç türünde sıcaklığın artması ile su alma oranında bir azalış meydana geldiği saptanmıştır. Yapılan başka bir çalışmada, göknar ve kavak türleri 180 ve 200 ^oC'de ısıl işleme tabi tutulmuş tall yağı ile emprenye edilmiştir. Hem göknar hem kavak örneklerinde kontrol gruplarından sonra en fazla su alma oranı 180 ºC ve 200 ºC'de ki örneklerde olduğu tespit edilmiştir (Gökmen, 2017).

3.3.2 Genişleme

Kontrol ve ısıl işlem görmüş emprenyeli örnekler su alma deneyinden sonra belli miktarda suyu absorbe ederek ne kadar genişlediği araştırılmış ve genişleme değerleri aşağıda verilmiştir. ANOVA testine göre genişleme değişimleri istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Bunun sonucunda hangi gruplar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğunu belirlemek için duncan testi gerçekleştirilmiştir. ANOVA ve duncan test sonuçları Tablo 3.9 ve Tablo 3.10'de verilmiştir.

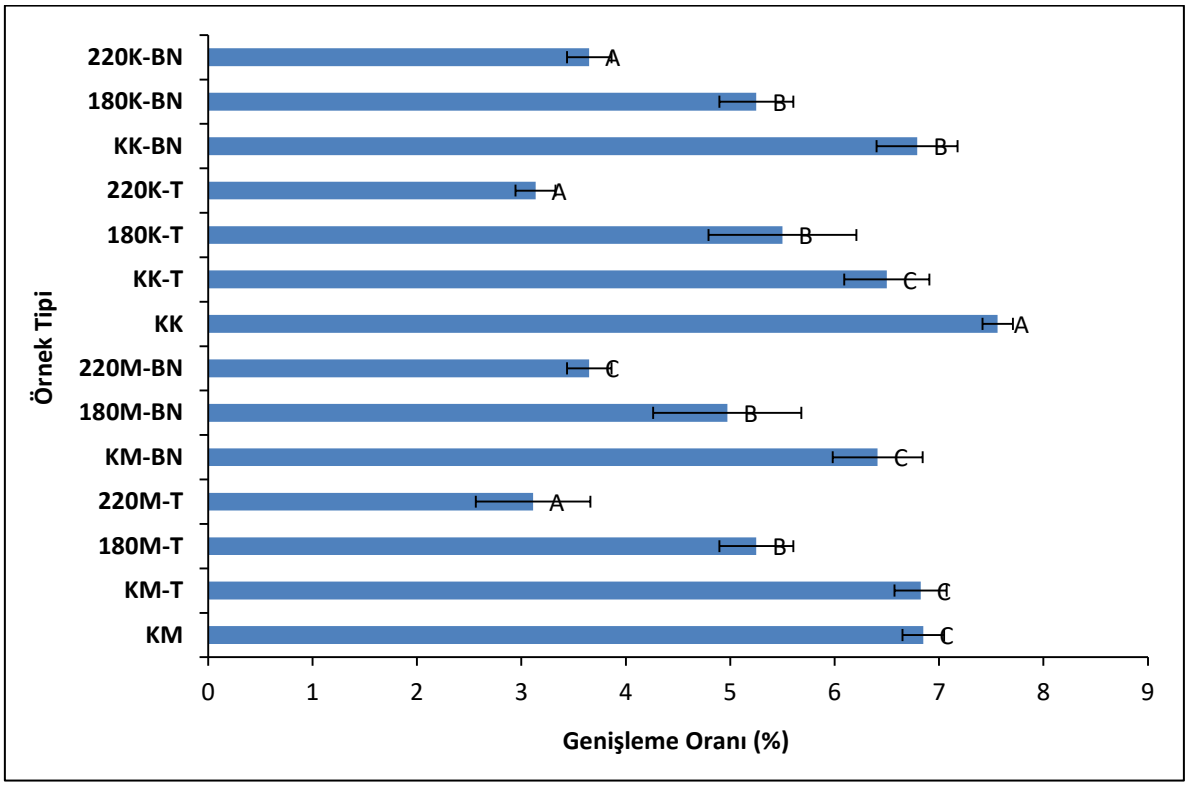
Tablo 3.9: Örneklerin genişleme oranlarına ait tek yönlü varyans analizi.

	Kareler Toplamı	**df**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Gruplar arasında	106,27	13	8,17	24,56	0,00
Grup içinde	13,98	42	0,33		
Toplam	120,24	55			

Tablo 3.10:. Genişleme oranlarına ait duncan testi sonuçları.

Örnekler	Duncan Testi (Güvenirlilik Düzeyi = 0.05)		
	A	B	C
220B-MN	3,11		
220K-BN	3,13		
KK	3,65		
220K-T	3,65		
KK-T		4,79	
180M-T		4,97	
180M-BN		5,25	
180K-T		5,25	
180K-BN		5,50	
KM-T			6,41
KK-BN			6,50
KM-BN			6,82
KM			6,96
220M-T			7,18

Test örneklerinin ortalama değerleri ve duncan testi sonuçlarına ait özet veriler Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4: Örneklere ait Genişleme Oranları.

Şekil 3.4'e göre en yüksek genişleme değeri kontrol kayın odunları için tespit edilmiştir. En düşük genişleme değeri ise 220 ^{o}C'de TiO_2 ilaveli meşe odunlarında saptanmıştır. Meşe odunları TiO_2 ilavesi sonrasında en yüksek genişleme oranları verirken, kayın odunları ise BN ilavesi sonrasında yüksek değerler vermiştir. Kontrol meşe ve TiO_2 ilaveli kontrol meşe odunlarındaki genişleme değerlerine bakıldığında, TiO_2 nano partikülünün kontrol örneklerinde ki genişleme oranını çok az değerlerde değiştirdiği saptanmıştır. Yapılan başka bir çalışmada göknar ve kavak türleri 180 ve 200 ^{o}C'de ısıl işleme tabi tutulmuş tall yağı ile emprenye edilmiştir. Kavak odunlarında genişleme en düşük kontrol örneklerinde saptanırken, göknar odunlarında 200 ^{o}C en düşük olduğu saptanmıştır (Gökmen, 2017).

3.3.3 Daralma

Kontrol ve ısıl işlem görmüş emprenyeli örnekler genişleme deneyinden hemen sonra örnekler etüve bırakılıp tekrar kurutulmuştur. Bu işlemde örneklerin ne kadar daraldığı araştırılmış ve daralma değerleri aşağıda verilmiştir. ANOVA testine göre daralma değişimleri istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Bunun sonucunda hangi gruplar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğunu belirlemek için duncan testi gerçekleştirilmiştir. ANOVA ve duncan test sonuçları Tablo 3.11 ve Tablo 3.12'de verilmiştir.

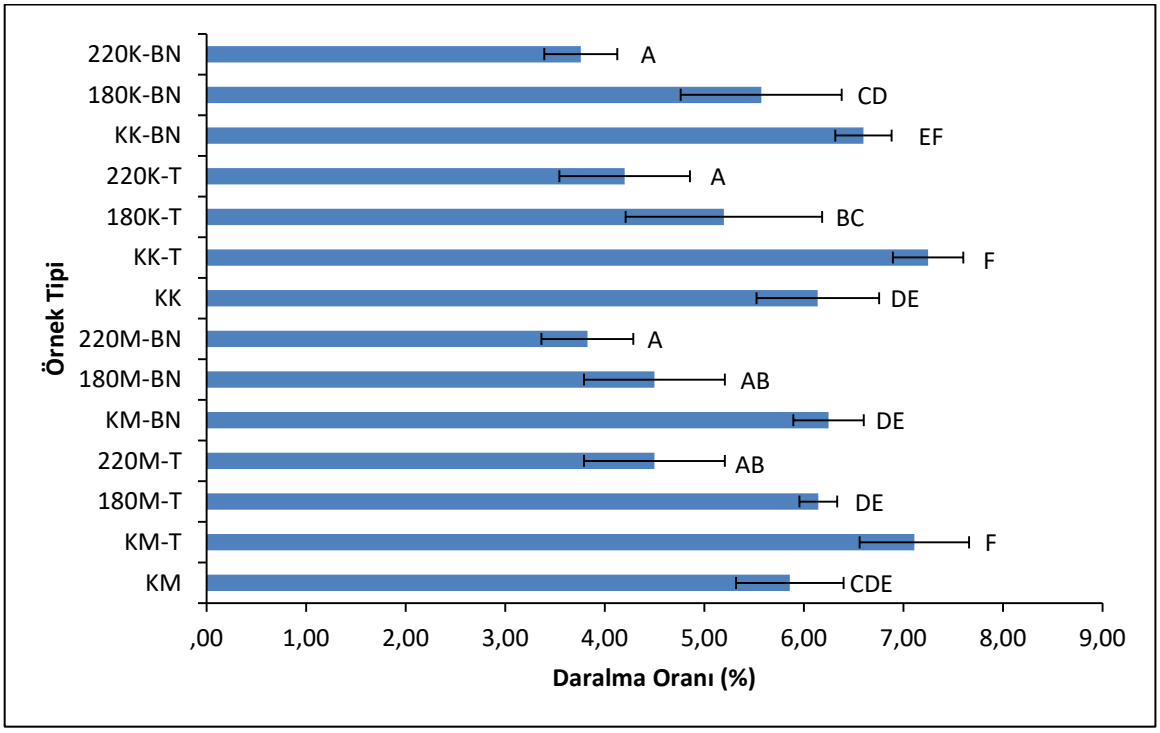
Tablo 3.11: Örneklerin daralma oranlarına ait tek yönlü varyans analizi.

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplar arasında	71,23	13	5,48	22,22	0,00
Grup içinde	10,36	42	0,25		
Toplam	81,58	55			

Tablo 3.12: Daralma oranlarına ait duncan testi sonuçları.

Örnekler	Duncan Testi (Güvenirlilik Düzeyi = 0.05)					
	A	B	C	D	E	F
220K-T	3,75					
220M-T	3,82					
220K-BN	4,19					
220B-MN	4,50	4,50				
180M-T	4,50	4,50				
180K-BN		5,19	5,19			
180K-T			5,57	5,57		
KM			5,8245	5,82	5,82	
KK				5,99	5,99	
180M-BN				6,14	6,14	
KM-T				6,25	6,25	
KK-T					6,60	6,60
KM-BN						7,11
KK-BN						7,25

Test örneklerinin ortalama değerleri ve duncan testi sonuçlarına ait özet veriler Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5: Örneklere ait Daralma Oranları.

Şekil 3.5'e göre en yüksek daralma değeri TiO_2 ilaveli kontrol kayın odunları için tespit edilmiştir. En düşük genişleme değeri ise 220 ^oC'de BN ilaveli meşe odunlarında saptanmıştır. Meşe odunları TiO_2 ilavesi sonrasında en yüksek daralma oranları verirken, kayın odunları ise BN ilavesi sonrasında yüksek değerler vermiştir. Yapılan başka bir çalışmada göknar ve kavak türleri 180 ve 200 ^oC'de ısıl işleme tabi tutulmuş tall yağı ile emprenye edilmiştir. Kavak örneklerinde emprenye işlemi ardından ısıl işlem uygulanan örneklerde daralma değerleri üzerinde önemli bir değişiklik yaratmamıştır. Göknar odunun su itici etkinlik değerleri kavak odununa paralel sonuçlar göstermiştir (Gökmen, 2017).

Ahşap malzemenin ısıl işlem sonucunda önemli oranda su alışverişinde azalma görülmüştür. Bu çalışmada da en iyi boyutsal kararlılık ısıl işlemli malzemelerde olmuştur. Özellikle 200 ^oC sıcaklıkta muamele edilmiş ahşaplarda önemli iyileşmeler saptanmıştır. TiO_2 ilavesiyle boyutsal kararlılığın kötüleşmesi TiO_2'nin hidrofilik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna karşı bor ilavesi boyutsal kararlılığı iyileştirmiştir.

3.4 Basınç Direnci

Kontrol ve ısıl işlem görmüş emprenyeli örnekler utest mekanik test cihazında kayma gerçekleşene kadar basınç uygulanarak dayanımları araştırılmış ve basınç direnci değerleri aşağıda verilmiştir. ANOVA testine göre basınç direnci değişimleri istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Bunun sonucunda hangi gruplar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğunu belirlemek için duncan testi gerçekleştirilmiştir. ANOVA ve duncan test sonuçları Tablo 3.13 ve Tablo 3.14'de verilmiştir.

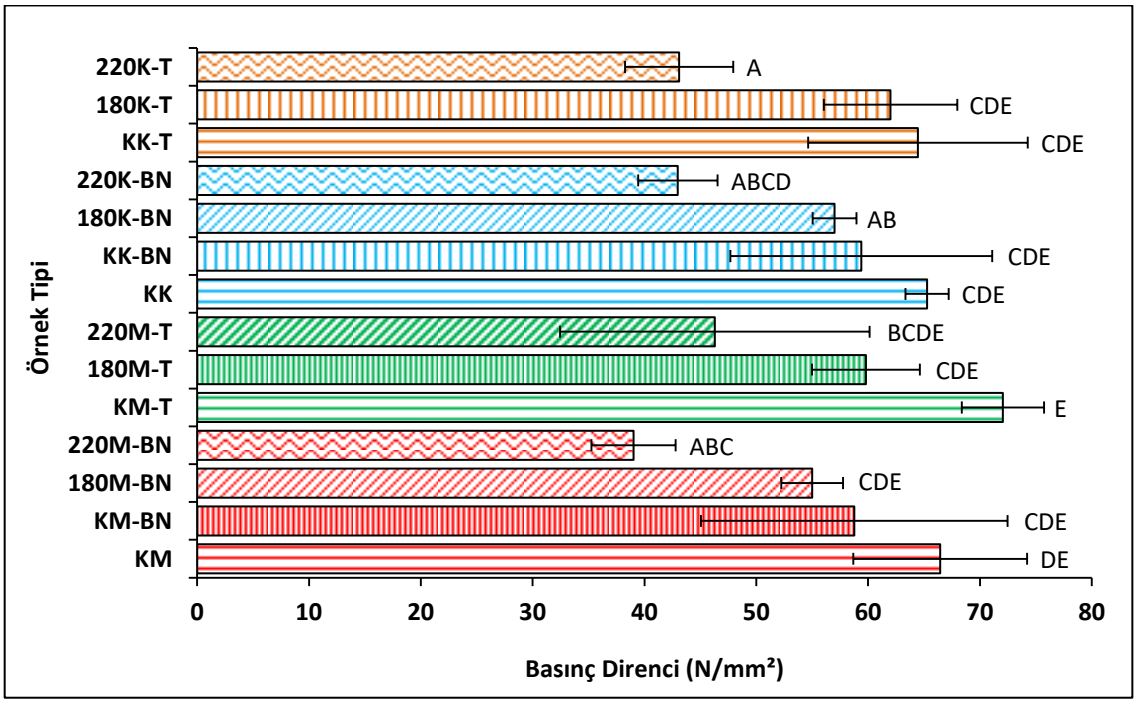
Tablo 3.13: Örneklerin basınç dirençlerine ait tek yönlü varyans analizi.

	Kareler Toplamı	**Df**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Gruplar arasında	10785,45	13	829,65	4,40	0,00
Grup içinde	5277,57	28	188,49		
Toplam	16063,01	41			

Tablo 3.14: Basınç direnci oranlarına ait duncan testi sonuçları.

Örnekler	Duncan Testi (Güvenirlilik Düzeyi = 0.05)				
	A	B	C	D	E
220K-T	18,30				
180K-BN	24,00	24,00			
220B-MN	39,03	39,03	39,03		
220K-BN	42,96	42,96	42,96	42,96	
220M-T		46,30	46,30	46,30	46,30
KM-BN			58,76	58,76	58,76
KK-BN			59,36	59,36	59,36
180M-T			59,83	59,83	59,83
180M-BN			63,76	63,76	63,76
KK-T			64,43	64,43	64,43
180K-T			65,20	65,20	65,20
KK			65,26	65,26	65,26
KM				66,43	66,43
KM-T					72,0667

Test örneklerinin ortalama değerleri ve duncan testi sonuçlarına ait özet veriler Şekil 3.6'da verilmiştir.



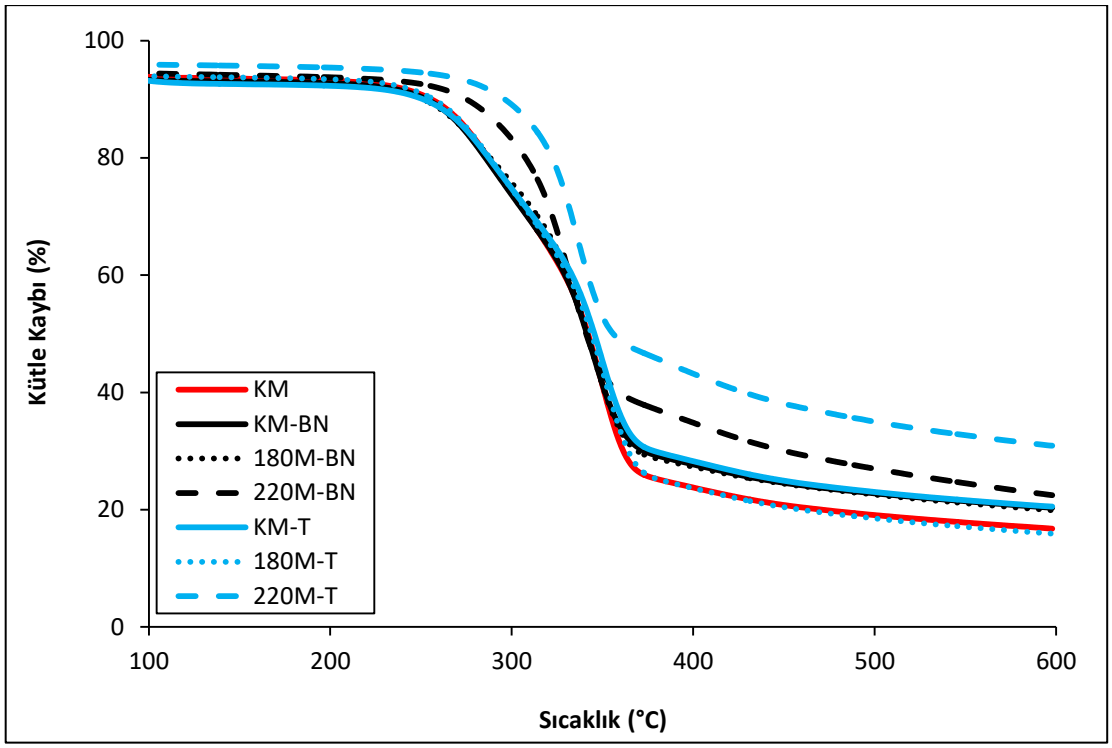
Şekil 3.6: Örneklere ait Basınç dirençleri.

Şekil 3.6'ya göre en yüksek basınç direnci değeri TiO_2 ilaveli kontrol meşe odunları için tespit edilmiştir. En düşük basınç direnci değeri ise 220 ^oC'de BN ilaveli meşe odunlarında saptanmıştır. Meşe odunları TiO_2 ilavesi sonrasında en yüksek basınç direnci değeri oranları verirken, kayın odunları da TiO_2 ilavesi sonrasında yüksek değerler vermiştir. Meşe odunun kontrol örneklerine bakıldığında TiO_2 ilaveli kontrol meşe örneği, kontrol meşe örneğine göre daha yüksek basınç direnci değeri verdiği, BN ilaveli kontrol meşe örneğinin ise kontrol meşe örneğine göre daha düşük basınç direnci değeri verdiği saptanmıştır. Kayın odunun meşe örneklerine bakıldığında hem TiO_2 hem de BN ilaveli kontrol kayın örneklerinde basınç direnci değerleri, kontrol kayın örneğinin basınç direnci değerine göre daha az olduğu saptanmıştır. Yapılan bir çalışma da, borik asit emprenyesi ve ısıl işlem görmüş örneklerde sadece emprenye ve sadece ısıl işlem görmüş örneklerde yüksek değerde basınç direnci gösterdiğini ortaya koymuştur (Çıtak, 2012).

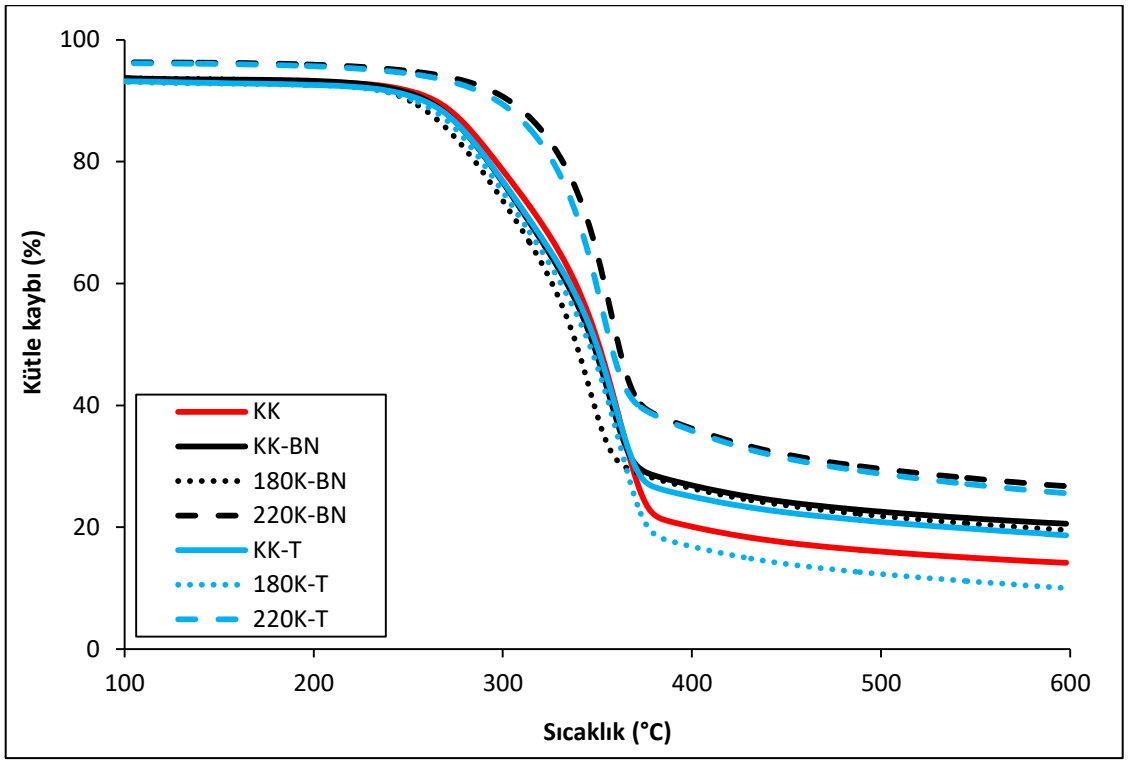
Emprenye işlemi sonucunda birçok çalışma göstermiştir ki mekanik dirençler zayıflamaktadır. Bu çalışmada da benzer bulgulara rastlanmıştır. Aynı zamanda özellikle kontrol odunlarına nanopartikül ilavesiyle basınç direncinde artışlar saptanmıştır. Isıl işlemli numunelerdeki azalma ise kütle kaybına paralel (ısıl işlemle) meydana gelmiştir. Buna karşın bazı ısıl işlemli numunelerde nano emprenyesi basınç direncini arttırmıştır.

3.5 TGA Sonuçları

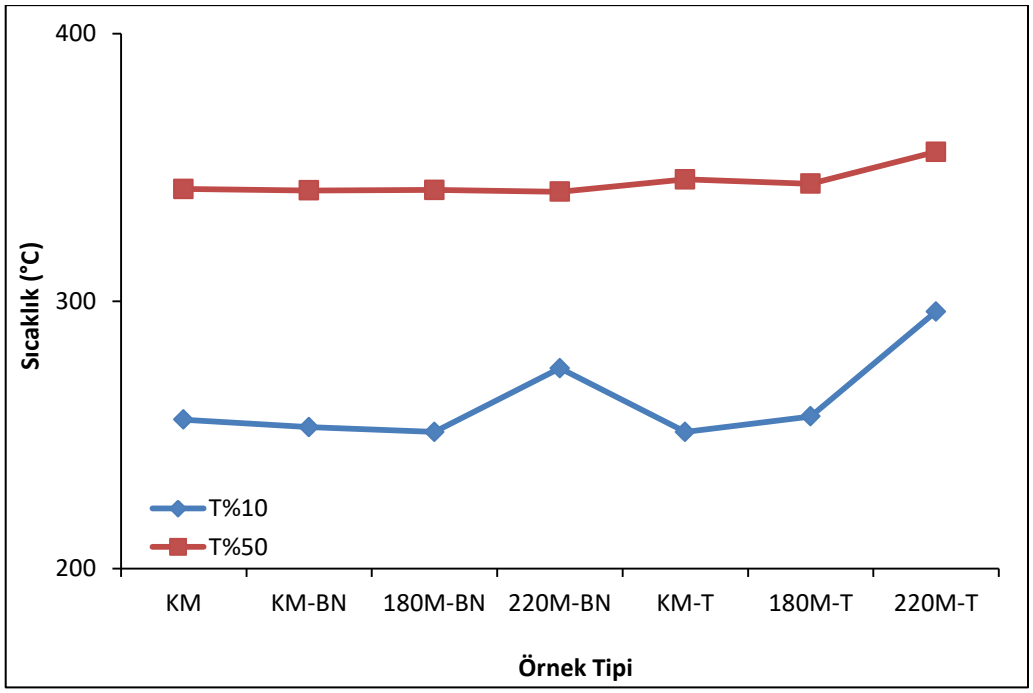
Kontrol ve ısıl işlem görmüş emprenyeli örneklerin termogravimetrik analizleri gerçekleştirilmiş ve Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10'da termogravimetrik (TG) eğriler ve Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de derivatif termogravimetrik (DTG) eğrileri verilmiştir.



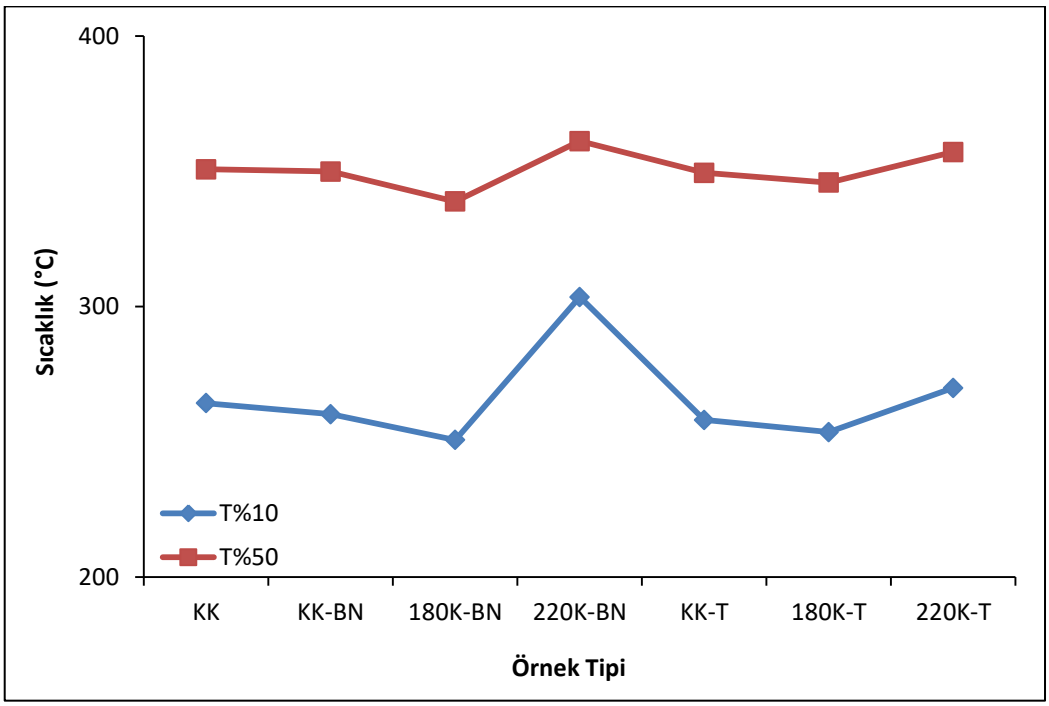
Şekil 3.7: Meşe Örneklerine Ait Termogravimetrik Analiz Eğrileri.



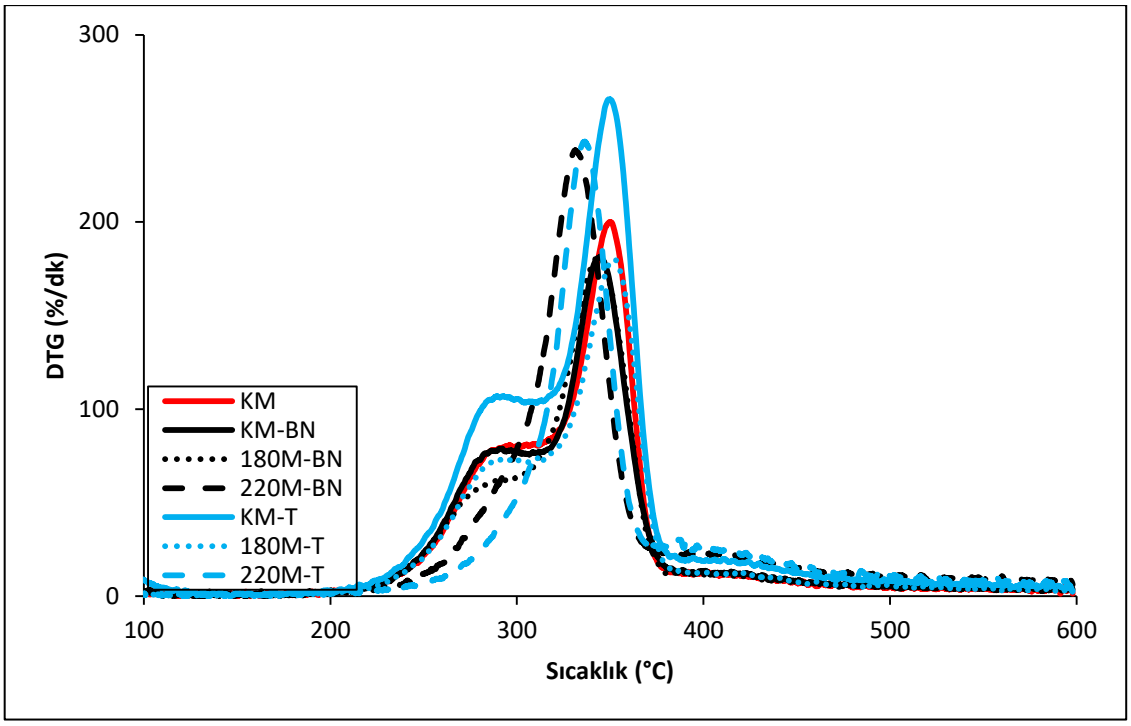
Şekil 3.8: Kayın Örneklerine Ait Termogravimetrik Analizi.



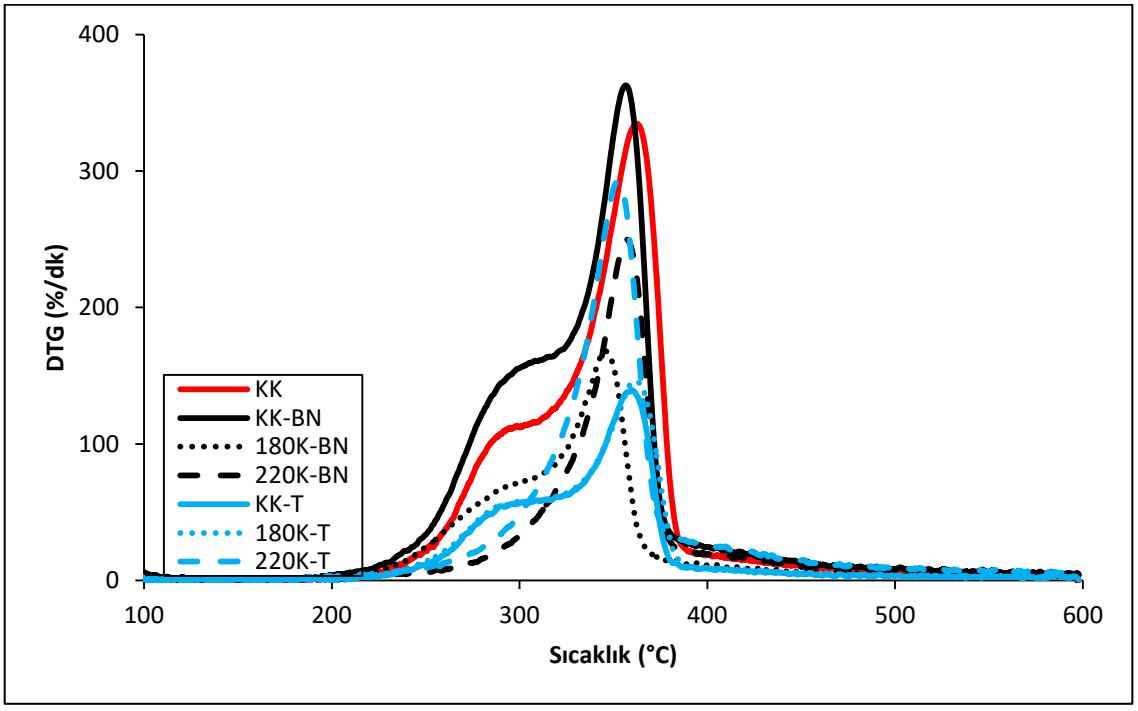
Şekil 3.9: Meşe Örneklerine Ait T%10 ve T%50 Sıcaklık Dereceleri.



Şekil 3.10: Kayın Örneklerine Ait T%10 ve T%50 Sıcaklık Dereceleri.



Şekil 3.11: Meşe Örneklerine Ait Derivatif Termalgravimetrik Analiz.



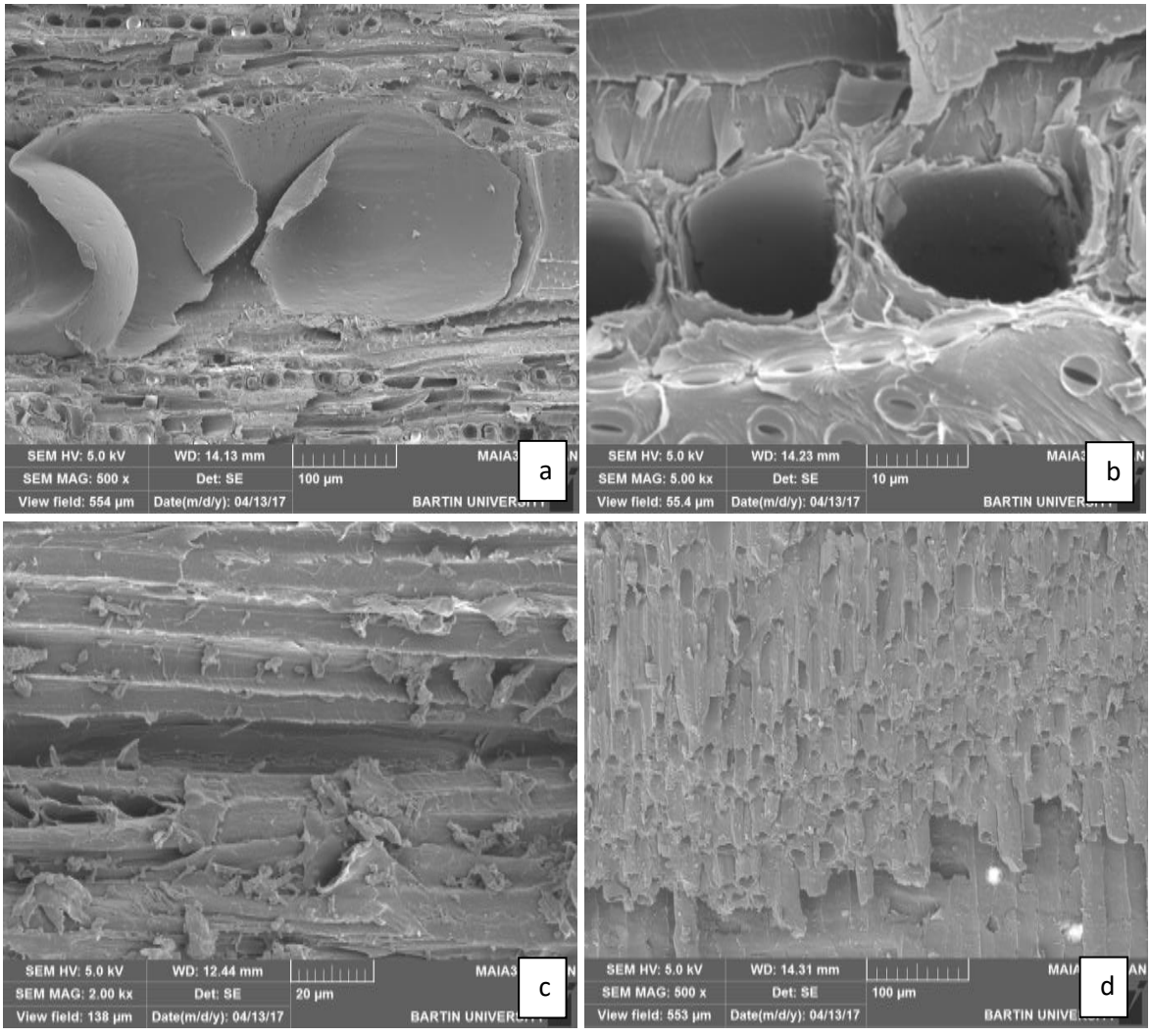
Şekil 3.12: Kayın Örneklerine Ait Derivatif Termal Gravimetrik Analiz.

Termogravimetrik analiz sonucunda gerek meşe gerekse kayın odunu için 220 ^{o}C sıcaklıkta muamele edilmiş odunlar için en iyi termal kararlılık tespit edilmiştir. En iyi termal kararlılık ise genellikle kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. %10 ve %50 kütle

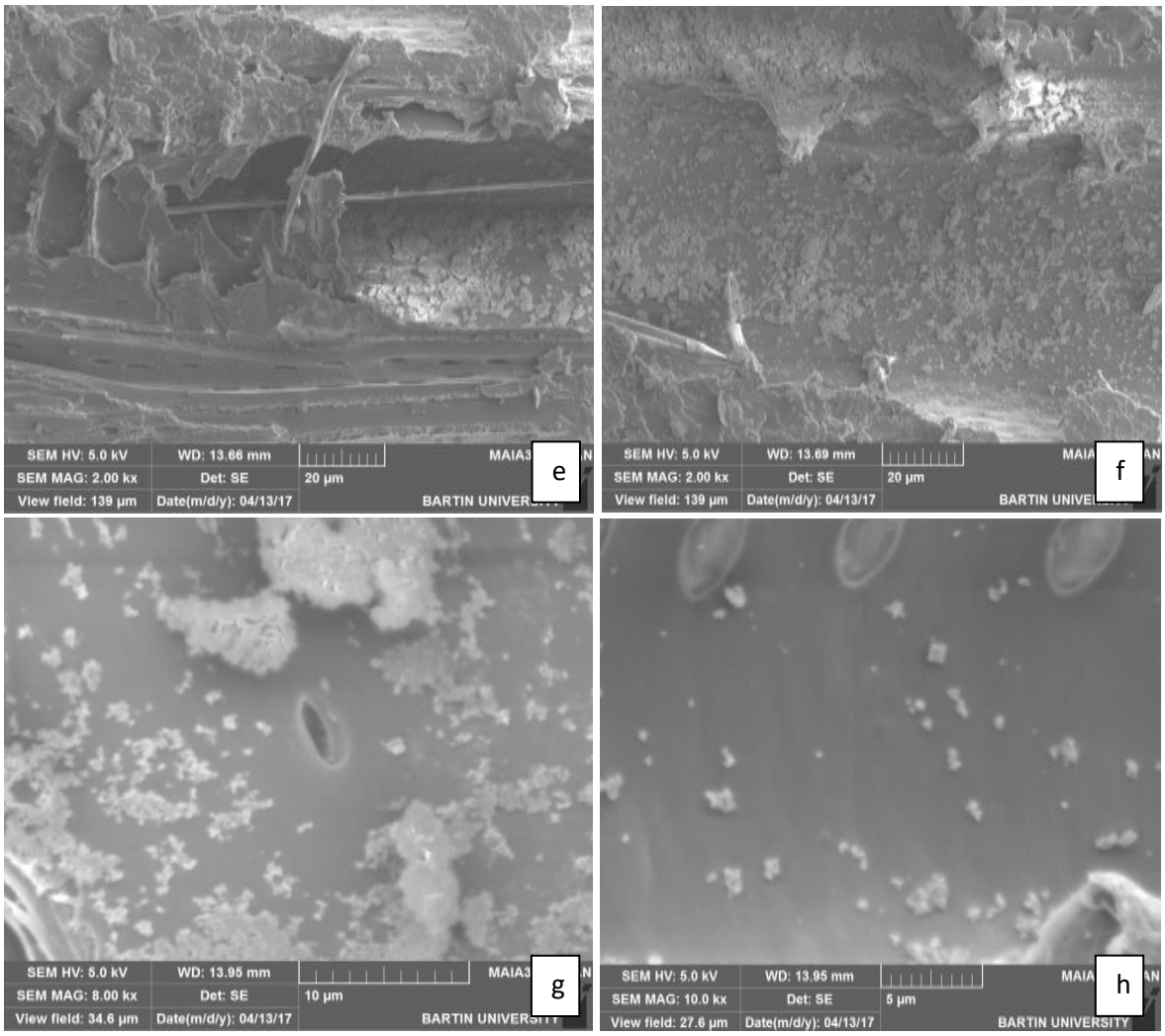
kaybındaki sıcaklıklara bakıldığında yine 220 ^{o}C'de muamele edilmiş ahşap malzemenin daha yüksek olduğu görülmüştür. DTG sonuçları incelendiğinde en yüksek kütle kaybı değerleri kontrol numuneleri için saplanmıştır. Yapılan bir çalışmada; sarıçam, dişbudak ve iroko 110 ^{o}C'de ısıl işlem görmüş ve bor nitrür ile emprenye edilmiştir. TGA/DTA analizinde, emprenye edilen numunelerin termal stabilitesinin, emprenye edilmemiş örneklerden daha iyi olduğu belirlenmiştir (Aydemir vd., 2016).

3.6 Elektron Mikroskobu ile Morfolojik Karekterizasyon

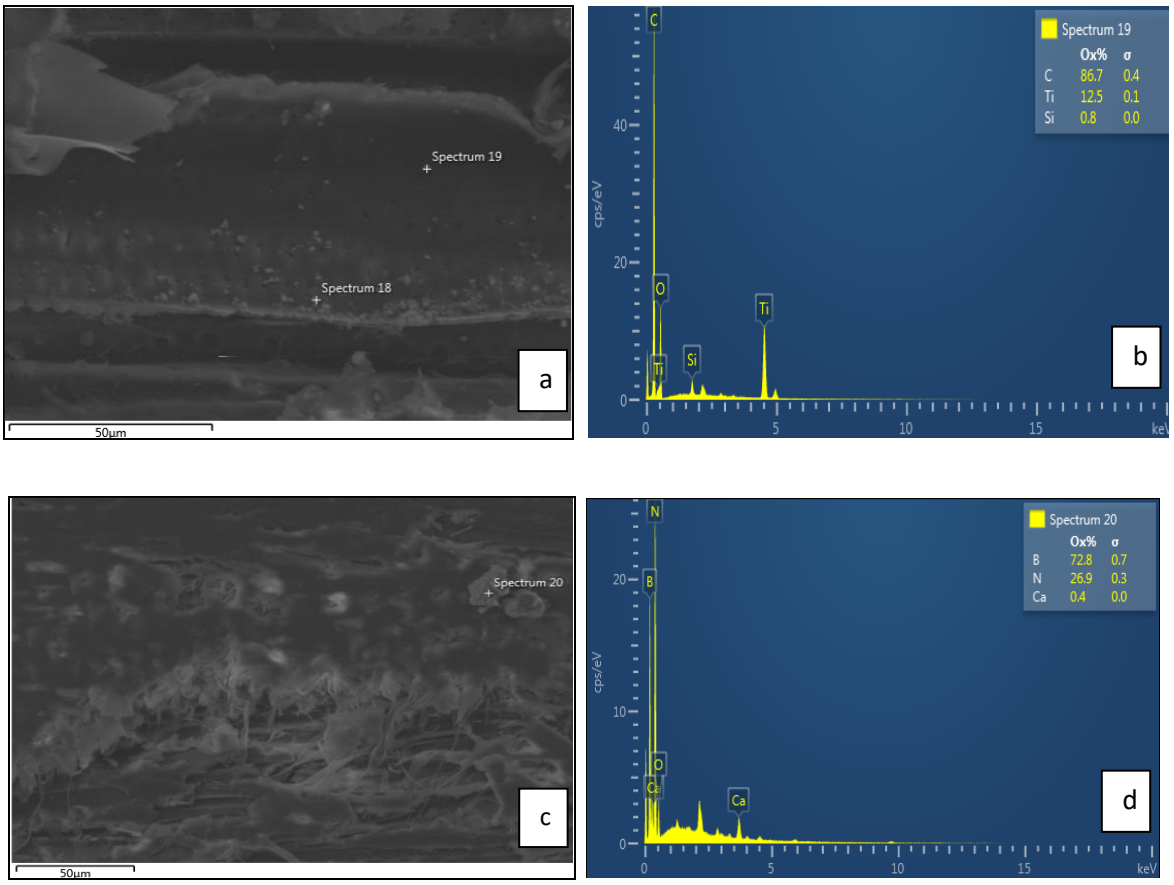
Kontrol ve ısıl işlem görmüş emprenyeli örneklerin iç yapısındaki çatlaklar, kırılmalar vb. değişimlerin olup olmadığı elektron mikroskobuyla (SEM) araştırılmış ve SEM görüntüleri Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'de verilmiştir.



Şekil 3.13: Emprenyelenmemiş Ahşap Malzemenin farklı açılarına ait SEM Görüntüleri (a-500 x, b-500 kx, c-200 kx, d-500 x).



Şekil 3.14: Emprenyelenmiş Ahşap Malzemeye farklı açılardan SEM Görüntüleri (e-200 kx, f-200 kx, g-800 kx, h-100 kx).



Şekil 3.15: Nano bor Emprenyeli Numuneler İçin EDAX (a,b-TiO_2 içeren numuneler, c,d-BN içeren numuneler).

Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'ye göre elektron mikroskobu ile emprenye edilmiş ahşap malzeme iç yapısında emprenyeli maddeleri araştırılmış hücre kenarlarında, geçit kenarlarında emrenye maddelerinin olduğu tespit edilmiştir. Hücre boşluklarında ki maddeler üzerinde yapılan elementel analiz sonucunda emprenye maddeleri tespit edilmiş Şekil 3.15'de EDAX verilmiştir. Yapılan bir çalışmada sarıçam, dişbudak ve iroko 110 ^{o}C'de ısıl işlem görmüş ve bor nitrür ile emprenye edilmiştir. Elektron mikroskobu ile emprenye edilmiş ahşap malzeme iç yapısında emprenyeli maddeleri araştırılmış hücre kenarlarında, geçit kenarlarında emrenye maddelerinin olduğu tespit edilmiştir (Aydemir vd., 2016). Yapılan diğer bir çalışmada; sert ağaçlar 50, 75, 100, 125, 150 ve 185 ° C sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş ve 200 ppm nano-gümüş süspansiyon ile emprenye edilmiştir. SEM görüntülerinde nano-gümüş parçacıklarının örneklerdeki yüzey alanı üzerine yayıldığı görülmüştür. Nano-gümüş parçacıkların etkileri, daha yüksek sıcaklıklara kıyasla daha düşük sıcaklıklarda farklı olduğu saptanmıştır (Taghiyari, 2013).

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günlük hayatımızın çoğu yerinde, kullanım rahatlığı, ekonomik oluşu, uzun yıllar dayanımı vb. özelliklerinden dolayı ahşap malzeme yaygın olarak kullanılmaktadır. Yaptığımız bu çalışmada ısıl işlem görmüş ve farklı nano partiküllerle malzemenin özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. Teknolojilerdeki gelişmelere paralel nanoteknolojinin birçok sektörle kullanımı başlamış ve malzemelerde önemli iyileşmeler elde edilmiştir. Bu nedenle çalışmamızda nanoteknolojik ürünlerin etkileri de incelenmiştir. Ayrıca ahşap malzemenin emprenyesi sonucu mekanik özelliklerde ki kayıp da dikkate alındığında nano partikül emprenyesinin sonucunda da bu kayıp, azaltabileceği düşünülmektedir. Elde edilen veriler ışığında aşağıdaki sonuç ve önerilere varılmıştır.

Yoğunluk genel itibariyle TiO_2 ilaveli kontrol meşe örneklerinde en yüksek değerlerde olduğu saptanmıştır. En düşük değerler ise genel itibariyle TiO_2 ilaveli kontrol kayın örneklerinde tespit edilmiştir. Buradan anlaşılacağı gibi TiO_2 ilavesi ısıl işlem görmemiş meşe örneklerinde yoğunluğu arttırmıştır. Kayın örneklerinde ise azaltmıştır. Yoğunluğu daha yüksek olan ahşap malzemeler daha yüksek mekanik performans göstermektedir. Bu yüzden TiO_2 ilaveli ısıl işlem görmemiş meşe odunları dayanıklılık istenilebilecek ahşap yapılar için önerilebilir.

Su alma sonuçlarına bakıldığında TiO_2 ilaveli kontrol kayın örneklerinde en yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. En düşük değerler ise 220 ^{o}C'de BN ilaveli meşe örneklerinde tespit edilmiştir. Ayrıca TiO_2 ilave edilmiş hem kayın hemde meşe örneklerinde en yüksek değerleri vermiştir. Bu durumun TiO_2'nin hidrofilik olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu sonuçlara dayanılarak BN ilaveli odun örnekleri daha az su içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu yüzden nemli ortamlarda BN ilaveli ağaç malzemenin kullanılması daha uygundur.

Basınç direnci ise TiO_2 ilaveli kontrol meşe örneklerinde en yüksek değerlerde olduğu saptanmıştır. En düşük değerler ise 220 ^{o}C'de BN ilaveli meşe örneklerinde saptanmıştır. Ayrıca TiO_2 ilave edilmiş hem kayın hem de meşe örneklerinde en yüksek değerleri

vermiştir. Bu sonuçlara dayanılarak TiO_2 ilaveli hem meşe hem kayın örnekleri mekanik özellikleri güçlendirdiği anlaşılmaktadır. Bu yüzden bu ağaç türleri yük taşıma yapı elemanı olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Termogravimetrik analiz sonuçları 220 ^{o}C'de ısıl işlem görmüş meşe ve kayın örneklerinin en yüksek termal kararlılıkta oldukları saptanmıştır. En düşük termal kararlılık ise genel olarak kontrol grubundaki örneklerde tespit edilmiştir. Kütle kaybı olarak yine 220 ^{o}C'de en yüksek değer olduğu tespit edilmiştir. DTG sonuçlarında kontrol örneklerde en yüksek kütle kaybı değerleri saptanmıştır.

Emprenye edilmiş ağaç malzemenin içyapısının da emprenye işlemi sonucunda nano partikül dağılımları elektron mikroskobu ile tespit edilmiştir. Tespit edilen emprenye maddeleri hücre kenarlarında ve geçit kenarlarında olduğu görülmüştür. Hücre boşluklarında ki maddeler üzerinde yapılan elementel analiz sonucunda emprenye maddeleri tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Afrouzi, Y.M., Omidvar, A. ve Marzbani, P. (2013). Effect of artificial weathering on the wood impregnated with nano-zinc oxide. *World Applied Sciences Journal*, 22 (9): 1200-1203.

Akhtari, M., Kokandeh, M.G. ve Taghiyari, H.R. (2012). Mechanical properties of *Paulownia Fortinei* wood impregnated with silver, copper and zinc oxide nano particles. *Journal of Tropical Forest Secience*, 24(4): 507-511.

Akhtari, M. ve Arefkhani, M. (2013). Study of microscopy properties of wood impregnated with nano particles during exposed to white-rot fungus. *Agriculture Science Developments*, 2(11): 116-119.

Altınok, M., Perçin, O., ve Doruk, Ş. (2010). Isıl işlemin (thermo-process) ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisinin incelenmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (23): 71-84.

As, N., Koç, H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B. ve Erdinler, S., (2001). Türkiye'de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51(1): 71-88.

ASTM-D 1413, (1976). Standart test methods of testing wood preservatives by laboratory soilblock cultures, *Annual Book of Astm Standarts*. USA, 452-460.

Aydemir, D., Çivi B., Alsan, M., Can, A., Sivrikaya, H., Gündüz, G. ve Wang, A. (2016). Mechanical, morphological and thermal properties of nano-boron nitride treated wood materials. Maderas. *Ciencia y tecnología*, 18(1): 19-32

Clausen, C. A., Green, F., & Kartal, S. N. (2010). Weatherability and leach resistance of wood impregnated with nano-zinc oxide. *Nanoscale research letters*, 5(9): 1464.

Çıtak, O. (2012). Boraks ve Borik Asit ile Emprenye Edilmiş ve Isıl İşleme Tabi Tutulmuş Kayın Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmış). Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Karabük, 85 s.

Gökmen, K. (2017). Tall Yağı Emprenyesi ile Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmış), Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 57 s.

Habibzade, S., Taghiyari, H. R., Omidvar, A., & Roudi, H. R. (2016). Effects of impregnation with styrene and nano-zinc oxide on fire-retarding, physical, and mechanical properties of poplar wood. *Cerne*, 22(4): 465-474.

McCrank, J. (2009). Nanotechnology applications in the forest sector. *Reseacrh Report*, Canada, p. 2-12.

Moon, R. J., Frihart, C. R., & Wegner, T. (2006). Nanotechnology applications in the forest products industry. *Forest products journal*. Vol. 56, no. 5: p. 4-10.

Önduran, A. (2015). Endüstriyel Ahşap Doğrama Performansına Isıl İşlem ve Emprenye İşleminin Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmış), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 77 s.

Özdemir Köklü, M. (2012). Bor İçerikli Nano Malzeme Üretim Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi (yayımlanmış), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 194 s.

Perçin, O., Sofuoğlu, S.D. ve Uzun, O. (2015). Effects of boron impregnation and heat treatment on some mechanical properties of oak (*Quercus petraea* Liebl.). *BioResources*, 10(3): 3963-3978.

Sarıbaş, M. (2012). *Angiospermae*. 1. Basım, Sürat Matbaacılık, Bartın, 295 s.

Theivasanthi, T., & Alagar, M. (2013). Titanium dioxide (TiO2) Nanoparticles XRD Analyses: An Insight. *arXiv preprint*, 1307-1091.

Taghiyari, H. R. (2011). Study on the effect of nano-silver impregnation on mechanical properties of heat-treated Populus nigra. *Wood science and technology*, 45(2): 399-404.

Taghiyari, H.R., Layeghi, M. ve Liyafooee, F.A. (2012). Effect of dryice on gas permeability of nano-silver-impregnated *Populus Nigra* and *Fagus Orientalis*. *Wood and Paper Science and Technologies Department*, 6 (2): 40-44.

Taghiyari, H.R. (2013). Effects of heat-treatment on permeability of untreated and nanosilver-impregnated native hardwoods**.** *Wood Science and Technology Department,* 15(2): 183 - 194

TS 2471, (1976). Odunda mekanik ve fiziksel deneyler için rutubet miktarı tayini, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

TS 2595, (1977). Odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanını tayini, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

TS 4084, (1983). Odunda radyal teğet doğrultuda şişmenin tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

TS 53, (2005). Odunun fiziksel özeliklerini tayin için numune alma, muayene ve deney metotları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Tsoumis, G. (1991). Science and technology of wood: structure, properties, utilization. New York: Van Nostrand Reinhold, Vol: 115

URL-1, (2018). Zararlar WEB, https://www.zararlar.com/titanyum-dioksit-zararlari.html (2 Temmuz 2018)

URL-2, (2018). Turkish Ali baba WEB, https://turkish.alibaba.com/product-detail/cubic-nano-boron-nitride-bn-powder-60704148082.html (2 Temmuz 2018)

Viitaniemi, P. (1997). Decay-resistant wood created in a heating process. *Industrial Horizons*, 23: 77-85.

Yıldız, Ü.C. (2005). Odun koruma teknolojisi. *Karadeniz teknik Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Ders Notu*, Trabzon, 200 sayfa.

Zabel, R. A., & Morrell, J. J. (2012). *Wood microbiology: decay and its prevention*. Academic press. New York, p. 498.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	:	Samet KIZILIRMAK
Doğum Yeri ve Tarihi	:	Tekirdağ-22.04.1994

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi	:	2012-2016 Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği
Yüksek Lisans Öğrenimi	:	2016-2018 Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği A.B.D, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Bilim Dalı
Bildiği Yabancı Diller	:	İngilizce
Bilimsel Faaliyet/Yayınlar	:	Samet Kızılırmak, Gökçe Bürüç, Mahmut Özaydın, Deniz Aydemir, Gokhan Gunduz (2018). Distribution of Nano Particles in the Wood Impregnated with Nano Scale Boron Nitride. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 20 (3): x – x (Basımda).
Aldığı Ödüller	:	

İş Deneyimi

Stajlar	:	
Projeler ve Kurs Belgeleri	:	

Çalıştığı Kurumlar :

İletişim

E-Posta Adresi : sametkizilirmak94@gmail.com

Tarih : 07/09/2018