



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DEVREK-TEFEN YÖRESİNDE DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis*
Lipsky.) DOĞAL GENÇLEŞTİRME UYGULAMALARINDA İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ**

SEZAI BOZDAĞ

DANIŞMAN

PROF. DR. HALİL BARIŞ ÖZEL

BARTIN-2023



T.C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DEVREK-TEFEN YÖRESİNDE DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky.) DOĞAL
GENÇLEŞTİRME UYGULAMALARINDA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sezai BOZDAĞ

BARTIN-2023

KABUL VE ONAY

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL danışmanlığında hazırlamış olduğum “DEVREK-TEFEN YÖRESİNDE DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky.) DOĞAL GENÇLEŞTİRME UYGULAMALARINDA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

30.11.2022

Sezai BOZDAĞ

ÖNSÖZ

Küresel iklim değişikliği günümüzün en önemli sorunu olup, tüm toplum yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durumdan doğa da olumsuz yönde etkilenmektedir. Doğanın önemli unsurlarından birisi olan ormanlar ve ormanların en önemli bileşenlerinden birisi olan orman ağaçları yaşamsal süreçlerinde bu önemli çevre sorunundan olumsuz yönde etkilenmektedir. Ancak bu etkilenmenin tür ve yöresel ekolojik koşullar çerçevesinde şiddeti ve düzeyi henüz tüm ayrıntıları ile ortaya konulabilmiş değildir. Bu kapsamda ülkemizin asli orman ağacı türlerinden birisi olan Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.)'na ait Devrek-tefen yöresi doğal ormanlarında gerçekleştirilen doğal gençleştirme çalışmaları sonucunda alana gelen doğal kayın gençliklerinin alanda tutunma ve yaşama kabiliyetleri açısından bu çalışmanın gerçekleştirilmesi ve önemli ve gerekli bulunmuştur. Tez çalışmam boyunca yaptığı katkılar ve doğru yönlendirmeler ile bana her zaman destek olan danışmanın sayın Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL'e şükranlarımı sunmayı zevkli bir borç bilirim. Diğer taraftan tez çalışmam kapsamında bana önerileri ile önemli destekler sağlayan değerli hocalarım sayın Doç. Dr. Tuğrul VAROL ve sayın Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e teşekkürlerimi sunarım. Arazi ve büro çalışmalarında bana destek olan ve yardım eden Devrek-tefen Orman İşletme Şefliği çalışanlarına teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmam ile ilgili gerekli arşiv bilgilerinin sağlanmasında bana önemli yardımlarda bulunan T.C. Orman Genel Müdürlüğü, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü ve Devrek Orman İşletme Müdürlüğünde görev yapan ilgili teknik ve idari personele şükranlarımı sunarım. Hayatımın her aşamasında olduğu gibi yüksek lisans öğrenimim boyunca da beni destekleyen değerli aile destekleri içi teşekkür ederim.

Sezai BOZDAĞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DEVREK-TEFEN YÖRESİNDE DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky.) DOĞAL GENÇLEŞTİRME UYGULAMALARINDA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ

Sezai BOZDAĞ

Bartın Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL

Bartın-2023, sayfa: 40

Devrek-Tefen yöresinde üç bölmede (70, 73 ve 86 nolu bölmeler) Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) doğal gençleştirme alanında iklim değişikliğinin etkileri hakkında bazı öngörülerde ve tahminlerde bulunmak amacıyla bir ön değerlendirme niteliğinde gerçekleştirilen bu araştırmada, iki yaşındaki doğal kayın gençliklerinde ortalama boy, ortalama kök boğaz çapı ve ortalama metrekaresindeki sayı gibi gençleştirme başarısı ve adaptasyon yeteneği ile ilgili kantitatif parametreler yapılan ölçüm ve tespitler ile öncelikli olarak belirlenmiştir. Buna göre, 2 yaşındaki kayın doğal gençliklerinde her üç bölmede ortalama boy büyümesinin 2,1-2,4cm arasında, ortalama kök boğaz çapının 1,1-1,3mm arasında ve ortalama metrekaresindeki doğal gençliklerin her üç bölmedeki sayısının 10,5-10,9 adet arasında değiştiği belirlenmiştir. SSPs245 ve SSPs585 senaryolarına göre DeMortanne ve Emberger indeksleri uygulanılarak yapılan hesaplar sonucunda araştırma alanını oluşturan Devrek yöresinde yer alan yarı nemli ve nemli orman kuşağında bulunan saf doğu kayını ormanlarının SSPs245 küresel ısınma senaryosuna göre 2060 yılında toplam 2156 ha'ı, 2100 yılında ise 3448 ha'ı kurak ve yarı kurak rejyonda kalması nedeniyle doğal gençleştirme koşullarını büyük ölçüde yitireceği öngörülmüştür. Araştırmada kayın doğal gençliklerinin aktüel yetişme ortamı koşulları ve WorldClim senaryoları dikkate alınarak küresel iklim değişikliğine bağlı değişimlerinin tahmin

edilmesinde kNN (K-Nearest Neighbors), LVQ (Learning Vector Quantization), SVM (Support Vector Machine), RPART (Decision Trees) ve RF (Random Forest) gibi yaygın olarak kullanılan mekanik öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Bu doğrultuda küresel ısınmanın araştırma alanını oluşturan Devrek-Tefendeki 3 bölmede yer alan 2 yaşındaki kayın doğal gençlikleri üzerindeki etkileri en yüksek doğruluk düzeyinde tahmin eden mekanik öğrenme algoritması bölmeler itibarıyla hesaplanan %74,3, %75,61 ve %73,56 doğruluk düzeyleri ile RF olmuştur. Bu algoritmayı sırasıyla kNN, RPART, SVM ve LVQ sahip oldukları doğruluk düzeyleri ile izlemiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğu kayını, doğal gençleştirme, adaptasyon, iklim değişikliği, küresel ısınma, küresel iklim değişikliği senaryoları, mekanik öğrenme algoritmaları, random forest.

Bilim Alanı Kodu: 120517

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON NATURAL REGENERATION APPLICATIONS OF ORIENTAL BEECH (*FAGUS ORIENTALIS* LIPSKY.) IN THE DEVREK-TEFEN DISTRICT.

Sezai BOZDAĞ

Bartın University

Graduate School

Department of Forest Engineering

Thesis Advisor: Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL

Bartın-2023, pp: 40

In this study, which was carried out as a preliminary assessment in order to make some predictions and estimations about the effects of climate change in the natural regeneration area of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) in three divisions (division of 70, 73 and 86) in Devrek-Tefen region, the mean of two-year-old natural beech juvenility was determined. Quantitative parameters related to regeneration success and adaptation ability such as mean height, mean root collar diameter and mean number of square meters were determined primarily by measurements and determinations. According to this, the mean height growth of 2 years old beech natural juvenilities is between 2.1-2.4 cm in all three divisions, the mean root collar diameter is between 1.1-1.3 mm, and the number of natural juvenilities in each three divisions in a mean square meter is changed between 10.5-10.9 items in meter square. According to the SSPs245 and SSPs585 scenarios, as a result of the calculations made by applying DeMortanne and Emberger indices, the pure oriental beech forests located in the semi-humid and humid forest belt in the Devrek region, which constitutes the research area, total 2156 ha in 2060 and 3448 ha in 2100, according to the SSPs245 global warming scenario. It is predicted that it will lose its natural regeneration

conditions to a great extent due to the fact that it remains in the arid and semi-arid regions. In the research, widely used mechanical learning algorithms such as kNN (K-Nearest Neighbors), LVQ (Learning Vector Quantization), SVM (Support Vector Machine), RPART (Decision Trees) and RF (Random Forest) were used. In this direction, the mechanical learning algorithm, which predicts the effects on the natural youth of the 2-year-old beech in the 3 divisions in Devrek-Tefen, which constitutes the research area of global warming, with the highest accuracy level, with the accuracy levels of 74.3%, 75.61% and 73.56% calculated by the compartments. It has been RF. This algorithm was followed by kNN, RPART, SVM and LVQ, respectively, with their accuracy levels.

Keywords: Oriental beech, natural regeneration, adaptation, climate change, global warming, global climate change scenarios, mechanical learning algorithms, random forest.

Scientific Field Code: 120517

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	iii
BEYANNAME	iv
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Küresel İklim Değişikliği.....	1
1.2. Doğu Kayınının (Fagus orientalis Lipsky.) Silvikültürü ve Gençleştirme	4
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	8
3. MATERYAL VE METOT	12
3.1. Materyal.....	12
3.2. Metot	17
3.3. İstatistik Analizler	18
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	20
4.1. Doğal Gençliklerin Gelişimine İlişkin Bulgular ve Tartışma	20
4.2. İklim Değişikliğinin Etkilerine İlişkin Bulgular ve Tartışma	25
4.3. İklim Değişikliğinin Etkilerinin Tahmininde Kullanılan Mekanik Öğrenme Algoritmalarına İlişkin Bulgular ve Tartışma	31
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	33
KAYNAKLAR.....	36
ÖZGEÇMİŞ	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
3.1: 70 nolu bölmedeki doğal gençleştirme sahası	13
3.2: 73 nolu bölmedeki doğal gençleştirme sahası	14
3.3: 86 nolu bölmedeki doğal gençleştirme sahası	15
3.4: Araştırma alanındaki sağlıklı doğal kayın fidecikleri	16
3.5: Gençlik bakımı uygulamaları	17
3.6: Ölçüm ve tespitlerin yapıldığı deneme alanları.....	18
4.1: İki yaşındaki doğal kayın gençliklerinde boy büyümesi	21
4.2: İki yaşındaki doğal kayın gençliklerinde kök boğaz çapı gelişimi.....	22
4.3: Gençlik sayımı yapılan karelajlar	23
4.4: İki yaşındaki kayın doğal gençliklerinin birim alandaki sayısı	24
4.5: Devrek yöresi günümüz sıcaklık haritası	25
4.6: SSPs 245 iklim senaryosuna göre Devrek yöresinin 2060 (a) ve 2100 (b) yıllarındaki sıcaklık durumu	26
4.7: SSPs 585 iklim senaryosuna göre Devrek yöresinin 2060 (a) ve 2100 (b) yıllarındaki sıcaklık durumu	27
4.8: Devrek yöresi günümüz yağış haritası	28
4.9: SSPs 245 iklim senaryosuna göre Devrek yöresinin 2060 (a) ve 2100 (b) yıllarındaki yağış durumu	29
4.10: SSPs 585 iklim senaryosuna göre Devrek yöresinin 2060 (a) ve 2100 (b) yıllarındaki yağış durumu	30

TABLULAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
4.1: Doğal gençliklerde ortalama boy gelişimi.	20
4.2: Doğal gençliklerde ortalama kök boğaz çapı gelişimi	22
4.3: Ortalama doğal gençlik sayısı	24
4.4: Mekanik öğrenme algoritmalarıyla küresel ısınmanın etkilerine ilişkin tahminlerin doğruluk düzeyleri	32

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ha	: hektar
km	: kilometre
m	: metre
m ²	: metrekare
d	: Kalın ağaçlık çağı
a	: Gençlik ve sıklık çağı

KISALTMALAR

ANOVA	: Analysis of Variance
kNN	: K-Nearest Neighbors
LVQ	: Learning Vector Quantization
SVM	: Support Vector Machine
RPART	: Decision Trees
RF	: Random Forest
Kn	: Doğru Kayım

1. GİRİŞ

1.1. Küresel İklim Değişikliği

Günümüz modern dünyası her şeyin çok hızlı bir şekilde üretildiği, üretim süreçlerinin çok kısaldığı ve bu süreçler sonucunda elde edilen nihai ürünlerin fayda ve maliyet dengesine bakılmaksızın çok hızlı bir şekilde tüketildiği bir toplum yaşamı ile karşı karşıyadır. Hayatı kolaylaştırmak için geliştirilen pek çok cihaz veya ekipman gerek üretim aşamalarında gerekse kullanım düzeylerinde gerek toplumun gerekse doğal yaşamın bir parçasına ya da bazen büyük bir bölümüne önemli zararlar verebilmektedir. Bu zararların restore edilmesi için ortaya çıkan ikincil ya da üçüncül süreçler ise daha fazla doğal kaynak kullanımıyla ya da daha fazla enerji sarf edilmesiyle doğal yaşamı daha da zor bir duruma düşürebilmektedir. Bunlar değerlendirme süreçleri içinde özellikle evsel ve endüstriyel atıkların geri kazanımlar yapılarak tekrar kullanılmasına olanak sağlayan geri dönüşüm süreçleri belki de gelişen teknolojinin doğal yaşama yaptığı en büyük katkı olarak nitelendirilebilir.

İnsanoğlu içinde bulunduğu modern teknoloji çağının gereksinimlerini karşılayabilmek için her geçen süreçte daha fazla tüketimin içine girmekte ve her geçen gün doğal yaşama çok daha fazla zarar vermektedir. Bu zarar çoğu popülasyonlarda artık tamiri mümkün olmayan şiddetli ve büyük yaşamsal döngülerin sona ermesiyle kendisini göstermektedir. Özellikle farklı iklimatik koşulların etkili olduğu farklı coğrafik varyasyonlarda ortaya çıkan değişik vejetasyon tipleri modern toplumun etkilerinden ve bitmez tükenmez tüketim aktivitelerinden değişik oranlarda ve farklı şekillerde zarar görmüştür. Nitekim bilhassa enerji sektöründe halen gereksinim duyulan enerjinin büyük bir bölümünün fosil kökenli yakıtlardan elde edildiği düşünüldüğünde halen çok yüksek düzeylerde vejetasyon ya da yaşam alanlarında tahriplerin de devam ettiği inkar edilemez bir gerçek olarak insanoğlunun karşısında durmaktadır.

Tüm yerküre üzerinde birçok doğal yaşam koşullarında meydana gelen değişimler ve bozulmaların neden olduğu zincirleme reaksiyonlar sonucunda insanoğlu hayatta kalabilmek adına da her dönem zorlanmakta ve çok önemli sıkıntılarla karşı karşıya gelmektedir. Nitekim gerek Covid 19 küresel salgın süreci öncesinde ve sonrasında

bilhassa tüketim zirve yapmasıyla birlikte çok ciddi hammadde bulma sorunun ortaya çıkması karşısında başta gıda sektörü olmak üzere birçok sektör çok önemli zorluklarla karşılaşmış ve çok önemli kayıplar meydana gelmiştir. Bu durum dahi tek başına çok sayıda tarım alanının tahrip olmasına ve özellikle yeraltı su kaynaklarından yapılan aşırı faydalanmalar sonucunda bu kaynakların artık bitme noktasına gelmesine yol açmıştır. Sonunda doğal sürecin kaçınılmaz bir sonu olarak çölleşme ve kuraklık her geçen yıl yerküre üzerinde bulunan tüm canlılar üzerinde kendini ciddi ölçekte hissettirmektedir. Doğanın tahrip edilmesi, doğal kaynakların aşırı kullanımı ve çok hızlı bir şekilde artan dünya nüfusunun beraberinde getirdiği barınma ve yaşamsal sorunlar küresel iklim değişikliğinin etkileri ile birleşince yaşamın optimum koşullardan hızla uzaklaşmaya başladığı da yadsınamaz bir gerçek olarak sürekli insanlığı tehdit etmektedir. Nitekim artık doğal dengesi bozulmuş olan dünyada hiç beklenmeyen bölgelerde karşılaşılan aşırı kuraklıklar veya aşırı beklenmedik yağışlar sonucunda ortaya çıkan seller, taşkınlar, heyelan ve erozyon olayları tüm yerleşim ve tarım alanlarını yerle bir etmekte ve toplum yaşamını tehdit ederek önemli kayıpların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Küresel iklim değişikliğinin yeryüzü üzerindeki en belirgin örneği çok açıkça görüleceği üzere çölleşmedir. Çölleşme başta doğal ya da yapay orman kaynakları olmak üzere tüm doğal dengenin dengeleyicisi ve düzenleyicisi olan ormanların kısmen ya da tamamen tahrip olmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bu durum karşısında yarı kurak, kurak ve yarı nemli iklim rejyonları ile birlikte küresel iklim değişikliği ya da küresel ısınma senaryolarına göre insanlar tüm alışkanlıklarını, adetlerini, törelerini, yaşam standartlarını hiçe sayarak göç etmekte ve yer değiştirmektedir. Bu kapsamda çölleşme, yalnızca insan yaşamını ve gelişimini tehdit etmeyen, aynı zamanda sosyal istikrarı da etkileyen ve küresel ekonomik büyüme oranını sınırlayan en ciddi ekolojik çevre sorunlarından birisidir. 17 Haziran 1994'te Paris'te düzenlenen diplomatik konferansta, çölleşmeyi “çölleşmenin neden olduğu kurak, yarı kurak ve kuru yarı nemli alanlarda arazi bozulması olarak tanımlayan Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (UNCCD)” hazırlanmış ve imza altına alınmıştır (Feng ve Fu, 2013). Aynı sözleşmede bu risk kısa ve uzun vadede bertaraf edilmesi amacıyla üye ülkelerin mutlaka küresel ölçekte bir ormanlaşma sürecini başlatması da gündeme gelmiş ve kabul edilmiştir. Bu gerçek dahi ürün ve kolektif hizmetleri açısından çok değerli olan ormanları küresel iklim değişikliği sorununda da kilit bir rol oynadığını göstermektedir (Dillard ve Shen, 2005; Hart ve Feldman, 2016). Bu önemli kaynağın tüm yönleriyle korunması gerektiği ve sürdürülebilir yönetiminin

sağlanması zorunluluğu tüm kesimler tarafından bilinmekle birlikte günümüzde dahi bu konuda gerekli bireysel ve toplumsal davranışların sergilendiğinden bahsetmek mümkün değildir. Nitekim birçok makro ve mikro düzeydeki canlıya ev sahipliği yapan ve kendisine özgü ekolojik dengesi etrafından şekillenmiş bir ekosisteme sahip olan ormanlar, değişen ekolojik şartlar ve küresel ısınmanın beraberinde getirdiği kalıcı ya da geçici riskler dikkate alınarak yenilenmeli ve restore edilmelidir. Bu hiç de kolay olmayan durum çok kısa zamanda ormanların tesisi edilmesinde de ekolojik ve teknik yönden önemli değişimlerin yaşanmasını da kaçınılmaz kılmaktadır. Örneğin geçmişteki kadar büyük sahalarda özellikle gençleştirme ve ağaçlandırma çalışmalarının artık yapılma imkanının azalması veya tohum yılları arasında yaşanan periyot uzunluğu bunlara verilebilecek güzel örneklerdir.

Diğer taraftan yaşamın temelini teşkil eden su, ve suyun sağlandığı kaynaklar hızla kirlenmekte ve tükenmektedir. Ormanlar su kaynaklarının korunması, etkili ve verimli su kaynaklarının oluşturulması açısından da hayati bir öneme sahiptir. Verimli su yönetiminin gerçekleştirilmesi için sağlıklı ve dayanıklı orman kaynaklarının varlığına her zaman ihtiyaç vardır. Bu nedenle özellikle küresel ısınma ile birlikte ortaya çıkan yeni doğal çevre koşulları beraberinde yeni adaptasyonların da yaşanmasını ve oluşmasını zorunlu kılmaktadır. Bu koşullar sadece su verimi ve su kaynaklarının korunması yönünden dahi orman kaynaklarının varlığının korunmasını ve artırılmasını gerektirmektedir (Saurer vd., 2004; Schilling vd., 2020).

Ormanların devamlılığının sağlanması tüm insanlık için çok büyük öneme sahip olduğu gibi yerküre de yaşan tüm canlılar için de ayrı bir değeri ve önemi vardır. Özellikle dünyanın genetik kaynakları açısından çok büyük değerler arz eden sosyolojik bölgelerde yer alan farklı yaş, tip ve adaptasyondaki orman kaynakları her ne koşulda olursa olsun mutlaka sürdürülebilir yönetim stratejileri geliştirilerek yönetilmeli ve varlıkları devam ettirilmelidir. Bu konuda farklı yaklaşımlar olmakla birlikte özellikle yöresel şartlar dikkate alınarak kombine edilecek ya da güncellenecek silvikültürel planlamaların ve uygulamaların geliştirilerek ortaya konulması her zaman önemli faydalar sağlayacak nitelikte olmaktadır. Bu nedenle özellikle 19. Yüzyılın başlarından itibaren büyük alanlarda gerçekleştirilen gençleştirme, restorasyon ve rehabilitasyon uygulamaları yöresellik kanunun doğrultusunda günümüzde farklı modifikasyonlarla güncellenmiş durumdadır. Nitekim bu konuda iklimik unsurların başında bilhassa sıcaklık ve yağış

değişkenleri gelmektedir. Bu kapsamda küresel iklim değişikliğinin sadece küresel ısınma şeklinde değerlendirilmesi tek yönlü bir bakış açısını gündeme getirmekle birlikte aşırı düşük sıcaklıkların meydana getirdiği erken ve geç don olayları da tüm canlı yaşamını tehdit etmekte ve bu durum orman kurma ya da restore etme çalışmalarını da güçleştirmektedir (Augspurger, 2013; Basler, 2016; Deng vd., 2020).

Bu doğrultuda silvikültürün temel amaç ve görevlerinin başında yer alan yeniden orman kurmak ve ormanların daha yüksek sağlık ve kalite seviyesinde devamlılığını garanti altına almak faaliyetlerini başarıyla yerine getirebilmek için küresel iklim değişikliğinin ve etkilerinin günümüzde mutlaka dikkate alınarak yeni yaklaşımları getirilmesi gerektiği ortadadır. Bu nedenle özellikle yeniden orman kurma çalışmalarında önemli bir yeri olan doğal gençleştirme uygulamalarının hem planlama hem de uygulama aşamasında değerlendirilmesi ve güncellenmesi gerekmektedir. Bunun başarılı yapıldığı durumlarda da ormanların ilk yaşlardan itibaren değişen yaş ve gelişim çağları itibarıyla adaptasyonunun sağlanması ve desteklenmesi de kolaylaşacaktır. Bu doğrultuda yapılacak çalışmaların başında tüm dünyada uygulanan ve takip edilen iklim değişikliği senaryolarının ve modellemelerinin doğal gençleştirme çalışmalarının içinde yer almasını sağlamak gerekmektedir. Bu doğrultuda ülkemizde yaygın olarak kullanılmayan ve değerlendirilmeye bu tür uygulamalar entansif ormancılık faaliyetlerinin gerçekleştirildiği Avrupa ve Amerika ormancılığında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu konudaki eksikliğin giderilmesi ve bu anlamda bir başlangıç yapılması için de söz konusu bu tez çalışması planlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

1.2. Doğu Kayınının (*Fagus orientalis* Lipsky.) Silvikültürü ve Gençleştirme

Ülkemizin asli orman ağacı türlerinden birisi olan Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), meşelerden sonra en geniş doğal yayılış alanına sahip olan geniş yapraklı türümüzdür. Ormanın anası olarak da adlandırılan bu tür, özellikle sonbahar aylarından sonra döktükleri yaprakları, dal ve kısmen kabuk parçaları ile toprağın eksilen organik madde içeriğine çok önemli katkılar sağladığı gibi toprak neminin korunması ve uygun çimlenme koşullarının oluşması açısından da oldukça önemli ve uygun koşulların oluşmasına katkılar sağlamaktadır. Bununla birlikte geniş bir coğrafik varyasyona sahip olan doğu kayınının da ıslah tekniklerinin belirlenmesi, uygulanması ve önemli ıslah stratejilerinin geliştirilmesi açısından oldukça müsait koşulların varlığı söz konusudur. Nitekim orta ve kuzey

Avrupa'da doğal olarak yayılış yapan Avrupa kayının da olduğu gibi doğu kayınında da yüksek, orta ve alçak zon tohum transfer ve kullanım mntıklarına ilişkin önemli tespitler gerçekleştirilmiştir. Ülkemizin en batısı olan Trakya yarımadasından itibaren başlayan doğal yayılış alanı tüm Karadeniz Bölgesini geçtikten sonra Gürcistan içlerindeki korunaklı ve nemli alanlardaki öksin kuşaklarda son bulmaktadır (Saatçioğlu, 1969). Diğer taraftan en güney enlemlerdeki yayılışını ise Hazar Denizi ve etrafındaki alanlarda izole bir şekilde ve küçük popölasyonlar halinde gerçekleştirmektedir. Bununla birlikte, bulut kitlelerinin neden olduğu geçici nemli koşullara sahip olan Kahramanmaraş-Andırın ve Amanoslarda marjinal yayılışlarını gerçekleştirerek ülkemizdeki doğal yayılışını tamamlamaktadır. *Castanetum-Fagetum* geçiş ve *Fagetum* zonlarında kurduğu saf meşcerelerinin yanı sıra aynı zonlarda oluşturduğu ekolojik, ekonomik ve silvikültürel açıdan çok değerli karışık orman kuruluşları bulunmaktadır. Özellikle iğne yapraklı türlerden sarıçam, karaçam, göknar ve ladinlerle yaptığı karışık ormanları hem asıl doğal yayılış alanlarında hem de geçiş zonlarında oldukça değerli ve risk yönetimi açısından oldukça önemlidir. Yürek kök sistemine sahip olması, organik ve nem içeriği açısından zengin toprakları tercih etmesi, erken ve geç donlardan zarar görmesi, kar ve fırtına gibi unsurlara karşı ekstrem noktalarda üst düzey direnç gösterememesi, kuraklık ve aşırı sıcak kuşaklardan çekinmesi, denizin aşırı nemli ve tuzcul koşullarından kaçınması gibi ekolojik amplitütleri dikkate alındığında yaklaşık olarak 1,7 milyon ha alana sahip olan doğu kayını odununun değerli olması ve sağladığı üst düzey ekolojik faydalar nedeniyle Türkiye Ormancılığının önemli bir türü olarak geçmişten günümüze kadar hak ettiği yeri almış durumdadır (Yaltırık, 1993). Ancak yapılan aşırı yararlanmalar ve diğer etmenlere bağlı olarak yaklaşık yarısı verimsiz koşullara sahip olan doğu kayını ormanlarının alansal ve verimlilik açısından tekrar eski ve özlenen zamanlarına geri döndürülmesi özellikle ülke ekonomisi açısından oldukça büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla ilk yaşlardan itibaren bakım ve yetiştirme tekniklerinin başarıyla ve uygun entansitede uygulanması oldukça önemli ve şarttır. Doğü kayınında tohumun iri olması ve bol tohum fasılalarının periyot uzunluğunun yüksek olması gibi nedenlerden dolayı doğal ve yapay gençleştirme çalışmalarında özel tedbirlerin alınması ve uygulanması gerekmektedir. Bu kapsamda verimli ve normal meşcere koşullarına sahip olan doğu kayını ormanlarında yapılacak doğal gençleştirme çalışmalarında uygulanabilecek yegane yöntem Büyük Alan Siper Metodudur. Bu metodun uygulanmasında meşceredeki hazırlıkların zamanında yapılması, bol tohum yılının doğru tespit edilmesi, uygun çimlenme koşullarının sağlıklı bir şekilde oluşturulması ve özellikle alana adapte olmuş gençliğin ihtiyaç duyduğu ışık, su ve organik

besin elementlerinin zamanında ve uygun şartlarda sağlanması oldukça önemlidir. Bununla birlikte ilk yaşlardan itibaren azmanlaşma eğiliminde olan doğu kayınında yüksek tepe elastikiyetinin korunması, bununla birlikte büyüme performansının korunması ve desteklenmesi açısından sıklık çağındaki tedrici müdahaleler sonrasında ince, orta ve kalın ağaçlık çağlarında yapılacak olan yüksek aralama uygulamalarında oldukça tedrici ve dikkatli davranılması birim alandaki büyüme imkanlarından türün maksimum faydalanmasını sağlamak açısından pozitif bir etkiye sahiptir. Bunun yanı sıra bilhassa yeniden verimli hale getirilmeyi bekleyen bozuk nitelikli ormanlarında başta siperaltı dikim olmak üzere gerekli yapay gençleştirme tekniklerinin tek ağaç işletmesi mantığından yola çıkılarak gerçekleştirilmesi uygu bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Saatçioğlu, 1979). Ayrıca restorasyon ve rehabilitasyon uygulamaları açısından da doğu kayını entansif işletmecilik metotlarına oldukça uygun ve yatkın bir türdür. Bu türün devamlılığının sağlanması ülkemizdeki ormanların fonksiyonel hizmetlerinin desteklenmesi açısından oldukça değerli ve önemlidir. Doğu kayınında gerçekleştirilecek olan iyileştirme ve yapay gençleştirme uygulamalarında ekim ve dikim teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda uygun orijinli tohumların temin edilmesi ve bunlardan ıslah edilmiş kaliteli ve nitelikle sağlam ve sağlıklı fidanların üretilerek kullanılması başarı ihtimalini her zaman üst seviyelere çekmektedir (Atalay, 1992). Bu nedenle türün açık alan koşullarına olan uyumunu artırmak adına 1+0 veya 2+0 yaşlı çıplak köklü ya da mümkünse tüplü fidanlarının dikim çalışmalarında kullanılması her daim başarı ihtimalinin oransal olarak artırılmasına çok ciddi destek sağlamaktadır (Ata, 1995).

Doğu kayınına ait ormanların önemli bir bölümü türün yüksek vejetatif büyüme özelliği nedeniyle kök ve kütük sürgünlerinden meydana gelmiş durumdadır. Ancak bu orman yapıları 1992'li yılların başına kadar verimli ve sağlıklı ormanlar olarak adlandırılmasa da bu yıllarda gerek ülkemizde gerekse Almanya başta olmak üzere Avrupa'da gerçekleştirilen araştırmalardan sonra sağlıklı ve verimli ormanlara özellikle koru nitelikli ormanlara dönüştürülebilecek ormanlar olarak telakki edilmiştir (Chapek, 1996). Bu anlamda geniş yapraklı ormanların imar ve ıslahı çalışmaları kapsamında bu araştırmanın gerçekleştirildiği Devrek yöresini de içine alan Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü sınırlı alan içinde kalan ve pilot uygulamalar olarak adlandırılan alanlarda çok küçük alanlarda sürgün kökenli kayın ormanlarından tohumdan gelen koru kökenli kayın ormanlarının tesis edilmesi ve dönüştürülmesi uygulamaları başarı ile gerçekleştirilmiştir.

Bu uygulamalar kapsamında ÷lkemizin silvik÷lt÷rel açıdan gerçekleştirilen uygulamaları belirli standartlara kavuşmasını sağlayan y÷netmeliklere de şekil veren koruya tahvil uygulamaları gerçekleştirilmiş ve vitalite açısından çok dayanıklı ve kaliteli saf ve karışık kayın ormanlarının tesis edilmesi uygulamaları doğal ekolojik dengeyi de korumak suretiyle başarılı bir şekilde adeta bir restorasyon disiplini çerçevesinde gerçekleştirilmiştir (Anon., 1989; Anon., 1990).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Orman yöneticileri, bugünün ormanlarını, kuruldukları iklimden oldukça farklı olabilecek gelecekteki bir iklime en iyi nasıl hazırlayacakları sorularıyla boğuşuyor. Adaptasyon stratejileri veya ekosistemlerin değişime uyum sağlamasına olanak tanıyan yönetim eylemleri önerilmiş ve geniş bir şekilde direnç, dayanıklılık ve yanıt seçenekleri olarak kategorize edilmiştir (Millar ve Brubaker, 2006)

Küresel iklim değişikliği bağlamında orman yönetiminin rolü hızla gelişmektedir. Özellikle, (1) karbon depolarını artırarak iklim değişikliğini hafifletmeyi ve (2) bilişimsel ve yapısal olarak karmaşık ormanları koruyarak uyumu teşvik etmeyi amaçlayan yönetim yaklaşımları desteklenmelidir (Birdsey vd., 2005; Ruddell vd., 2007).

Bireysel türlerin bolluğundaki kaymalar, orman türlerinde kaymalara yol açar. Artan iklim senaryosu ile bölgede kuzey ve kozalaklı türler azalırken, meşe ve karışık sert ağaçlar ters eğilim gösterdi. Bazı silvikültürel stratejiler, belirli orman türlerini artırmada veya sürdürmede daha etkiliydi, ancak silvikültürel strateji veya iklim senaryosu nedeniyle arazide hiçbir orman türü kaybolmadı. Başka bir deyişle, yönetim veya iklim nedeniyle orman tipi çapında şiddetli ölüm olayları olası olmayabilir, bu da yöneticilerin orman durumu ve zaman içinde karşı karşıya olduğu tehditler bağlamında uyarlanabilir stratejilerin bir kombinasyonunu uygulaması için geçici bir pencere önermektedir (Rissman vd., 2018).

İklim değişikliğinin orman ekosistemleri üzerindeki etkileri giderek daha görünür hale geliyor. Özellikle orman yangınları, kasırgalar, böcek felaketleri, kuraklıklar ve aşırı sıcak dönemleri gibi doğal rahatsızlıkların artması ve şiddeti, ağaç ölümlerini artırmış ve ilerleyen iklim değişikliği altında ekosistem hizmetlerinin gelecekte sağlanması konusunda endişeler yaratmıştır (McDowell vd., 2020; Seidl vd., 2020). Bu öncül altında, yenilenme aşaması, tür kompozisyonunu ve bir sonraki ağaç neslinin yapısını ayarlayarak, ormanların yeni çevresel koşullara uzun vadeli adaptasyonu için en büyük potansiyeli içermektedir (Kolstrom vd., 2011; Qiu vd. , 2021).

Orman ekosistemlerinin sağladığı ürün ve hizmetlerin devamlılığının garanti altına

alınmasında özellikle mevcut ormanların yaşamsal kalitelerinin iyileştirilmesinin yanı sıra yeni orman alanlarının kazanımı için gerekli teknik, sosyal ve ekonomik alt yapı çalışmalarının tamamlanmış olması da oldukça önemli bir konudur. Bu kapsamda tüm silvikültürel hususları da içeren ve iklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki etkilerini de dikkate alan süreçlerin planlanması ve olabildiğince risk unsurları da dikkate alınarak planlanması hususunda yeni modellerin oluşturulması ve işlevsel kazandırılması gerekmektedir (Pretzsch vd., 2002; Zell, 2016).

Başta karbon depolama olmak üzere iklim değişikliğinin önlenmesi ve olumsuz etkilerinin zayıflatılmasında çok önemli görevleri yerine getiren ormanların bu etkinliğini sürdürmesinde sürdürülebilir yönetiminin yanı sıra başarılı bir şekilde gerçekleştirilen gençleştirme çalışmaları ile dinamiklerinin desteklenmesi önemli bir konudur. Bu anlamda ekolojik koşulların detaylı bir şekilde incelenmesi ve bu koşullar ile gerek kısa dönemlere ait gerekse uzun dönemlere ait iklimik koşulların ilişkilerinin belirlenmesi ve takip edilmesi gerekmektedir. Bu durum iklim değişikliğinin yöresel farklılıklarının ve etkilerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi açısından da önemlidir (Koenig vd., 2015).

Küresel ısınmanın tüm doğal kaynaklar ve toplum yaşantısı üzerindeki etkileri her geçen yıl yapılan araştırmalar ile güncellenmekte ve beklenmedik çok önemli etkiler ve bulgular ortaya çıkmaktadır. Bu durum orman kaynaklarının gelişimi üzerinde de aynı şekilde gerçekleşmektedir. Bu kapsamda iklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki etkilerini belirlemek için sadece devamlılığın garanti altına alınması amacıyla yapılan doğal ve yapay gençleştirme çalışmaları ile ilgili ilişkilendirmelerin yapılmasının ötesinde meşcere dinamiklerinde meydana gelen değişimlerin de belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda meşcere dinamikleri üzerinde de alınacak belirgin örnekleme sistemleri ile gerekli takiplerin ve bilimsel incelemeleri de gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda gençleştirme ve bakım çalışmaları gerçekleştirilirken bu uygulamaların meşcere dinamikleri ve küresel ısınma ile ilişkilendirilerek gerçekleştirilmesi oldukça büyük önem taşımaktadır (Nabel vd., 2012; Neumann vd., 2017).

Orman kaynaklarında gerçekleştirilen silvikültürel uygulamalar, ormanların dinamiklerinde önemli değişimler meydana getirmekle birlikte aynı zamanda orman ekosisteminin önemli unsurları olan makro ve mikro fauna ve diğer yaşamsal unsurlar üzerine de önemli etkileri olmaktadır. Bu kapsamda iklim değişikliğinin etkileri de dikkate

alındığında yapılan silvikültürel uygulamalarının sonuçları ormancılık ve silvikültür tekniği açısından değerlendirilmesi gerektiği gibi aynı zamanda küresel iklim değişikliğinin etkileri ile de kombine edilerek değerlendirilmelidir. Bu kapsamda yersel ve havadan takip ve izleme sistemleri bu değerlendirme çalışmalarında kullanılmalıdır (Thrippleton vd., 2018).

Ormanların devamlılığının sağlanmasında sadece doğal ve yapay gençleştirme çalışmaları tek başına yeterli değildir. Bu kapsamda yapılan uygulamaların ağaçların ve elde edilecek yeni generasyonun büyüme performansı ve gelişimi açısından da çok önemlidir. Bu durum her şeyden önce alana getirilecek yeni generasyonun beslenmesi ve alandaki ekolojik imkanlardan yararlanma düzeyini ortaya koyacaktır. Nitekim küresel ısınma ve etkileri bu yaşamsal döngülerin ortaya çıkmasında ve devamlılığında da önemli etkiler meydana getirebildiği gibi bu süreçlerin önemli ölçüde sona ermesine de neden olmaktadır. Bu kapsamda bireysel gelişimlerin de küresel ısınmanın doğal gençleştirme ya da bakım çalışmalarından sonra da yakından takip edilmesi gerekmektedir (Bogdziewicz vd., 2021).

Gerek antropojen gerekse doğal süreçlere dayalı olarak gerçekleşen ve orman kaynakları üzerinde birçok olumsuz etki meydana getiren olaylarda orman kaynakları bazen geri dönülmez ve tamiri mümkün olmayan zararlar görmektedir. Bu anlamda özellikle kar, fırtına, rüzgar, yangın, böcek ve mantar zararları başta olmak üzere bir çok zararlı unsurun etkilerinin ve etkinliğinin oluşmasında, artmasında veya azalmasında iklim değişikliğinin ve küresel ısınmanın önemli etkileri her zaman söz konusudur. Bu durum orman dinamiklerini yakından etkilemekte ve değiştirmektedir. Bu nedenle farklı yaşlardaki yeni generasyonun modellemeler yardımıyla mutlaka değerlendirilmesi ve küresel ısınmanın etkilerinin objektif olarak ortaya çıkarılması gerekmektedir (Dyderski vd., 2018).

Küresel ısınmanın önemli etkileri de özellikle ormancılığımızın yaşamsal süreçlerinden birisi olan polinasyon, dölleme ve tohum oluşumdur. Bu önemli süreçte meydana gelen ciddi kesintiler her zaman ormanlardaki gelecek generasyonların oluşmasında ve şekillenmesinde ciddi kesintilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu doğrultuda ne kadar başarılı silvikültürel teknikler uygulanırsa uygulansın küresel ısınmanın etkileri ile ortaya çıkan verimsiz döl oluşumu ve genetik materyalin gelecek nesillere aktarılamaması her zaman başarı düzeyini en aza indirmektedir. Bu nedenle ülkemizde özellikle

ormanlarımızdaki gen akışı ve aktarımı üzerine iklim değişikliğinin etkilerini ortaya koyan araştırmalara bu anlamda destek verilmelidir (Burkhart ve Tome, 2012).

Küresel ısınma ve etkileri ekolojik, biyolojik, sosyal ve ekonomik etkileri oldukça geniş ve çeşitli olan çevresel bir sorundur. Bu sorunun tüm paydaşları ile birlikte incelenirken özellikle ormancılık sektörü gibi tamamen dışsal alan etkilerine yüksek oranda maruz kalmış olan bir sektörde mutlaka bu etkilerin çok boyutlu olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda yapılacak değerlendirmelerde mutlaka gerekli iklimsel modellerin ve iklim değişikliği senaryolarının değerlendirilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Bu amaçla özellikle tüm dünyada yaygın olarak kullanılan RCPM senaryoları ve bu uygulamalar açısından oldukça önemli faydalar sağlayan modeller olarak ortaya çıkmaktadır. Nitekim tüm dünyada hem ağaç türlerinin yayılışında hem de sektörel olarak özellikle ağaçlandırma çalışmalarında bu senaryoların uygulamaları ve etkileri yaygın bir şekilde değerlendirilmektedir (Canham ve Murphy, 2016).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

İklim değişikliğinin Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) doğal gençleştirme çalışmaları üzerindeki etkilerinin incelendiği bu araştırma, bitki sosyolojisi toplamları açısından öksin orman kuşağının, Batı Karadeniz alt öksin kuşağında kalan Devrek-Tefen yöresinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma, mevcut sahalarda, doğal gençleştirme çalışmaları ve yararlanılabilir imkanlar ölçüsünde 2020 yılında doğu kayınında bol tohum yılı olduğu gerekçesiyle yapılan doğal gençleştirme alanlarında yürütölmüştür. Bu kapsamda 70, 73 ve 86 nolu bölmelerde yapılan doğal gençleştirme çalışmaları araştırma kapsamında incelenmiş ve ilgili değerlendirmelerin yapılması için araştırma materyalini oluşturmuştur.

Araştırma alanlarından ilki olan 70 nolu bölmedeki kayın doğal gençleştirme uygulamasının yapıldığı meşcere, Knd₁/Kna₀ meşceresidir. Meşcerede, 2020 yılında kayında bol tohum yılı olduğu gerekçesiyle tohumlama kesimi ile gençleştirme çalışmalarına başlanmıştır. Meşcere daha önce zamanında gerçekleştirilmiş bakım müdahalelerine konu olması nedeniyle hazırlık kesimlerine ihtiyaç duyulmamıştır. Meşcere kuzey bakılı olup, orta yamaç koşullarına sahiptir. Alandaki aktüel yükselti 730m'dir. Alandaki ortalama arazi eğimi %55 olup, toprak derin toprak koşullarında olup, yüzeysel taşlılık zayıf, organik madde içeriği yüksek ve toprak reaksiyonu ise hafif alkalen karakterdedir. Alanda bırakılan ortalama tohum ağacı adedi 80-120 adet/ha arasında değişmektedir, mevcut kapalılık 0,5 ve mevcut sıklık 0,6 değerlerine yakındır. Alanda ölü örtü birikimi ve yoğun diri örtü istilası söz konusu değildir. Bununla birlikte toprak tav halde olup, uygun çimlenme koşullarının hakimiyeti söz konusudur. Diğer taraftan meşcerede herhangi bir abiyotik ya da biyotik unsurun zararı söz konusu değildir (şekil 3.1).



Şekil 3.1: 70 nolu bölmedeki doğal gençleştirme sahası

Araştırmanın gerçekleştirildiği alanlardan birisi de 73 nolu bölmedeki kayın doğal gençleştirme sahasıdır. Bu bölmedeki kayın doğal gençleştirme sahasının aktüel meşcere tipi Knd_2/Kna_0 meşceresidir. Meşcerede doğal gençleştirme çalışmalarına 2020 yılında kayında bol tohum yılı olduğu gerekçesiyle tohumlama kesimi yapılarak başlanmış ve aktüel meşcere kapalılığı 0,7'ye ve aktüel meşcere sıklığı da 0,6'ya düşürülmüştür. Alanda mevcut tohum ağacı sayısı ortalama 90-132 adet/ha arasında değişim göstermektedir. Meşcerenin hakim bakışı güney olup, alandaki ortalama yükselti değeri 735m'dir. Toprak derin toprak koşullarına sahip olup, tav haldedir. Bu kapsamda ölü örtü birikimi ve diri örtü istilası söz konusu değildir. Ayrıca meşcerede hem yaşlı generasyonu hem de meşcerenin geleceğini oluşturan sekonder istikbal meşceresini tehdit eden herhangi bir zararlı unsurun etkileri söz konusu değildir. Saf meşcere kompozisyonundaki meşcerede yaşayan bir ara ve alt tabaka söz konusu olmayıp alanda homojen dağılışı ve yeterli sayıda tohum ağacının varlığı söz konusudur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: 73 nolu bölmedeki doğal gençleştirme sahası

Araştırma kapsamında gerekli değerlendirme ve incelemelerin yapıldığı kayın doğal gençleştirme alanı 86 nolu bölmede yer alan Knd₁/Kna₀ meşceresidir. Meşcerede genel bakı güney olup, ortalama yükselti 800 m'dir. Meşceredeki doğal gençleştirme çalışmalarına kayında 2020 yılında bol tohum yılı olduğu gerekçesiyle 2020 yılında başlanmış ve çalışmalarda kesim tekniği olarak tohumlama kesimi uygulanmıştır. Tohumlama kesimi ile meşcerenin aktüel kapalılığı 0,7'ye ve aktüel sıklığı da 0,5'e düşürülmüştür. Alanda toprak koşulları derin özellikler göstermekte olup, organik madde miktarı bakımından zengin kumlu killi balçık tekstüründedir. Toprak reaksiyonu nötr ve kısmen hafif alkalin koşullar göstermektedir. Meşcerede ortalama olarak mevcut tohum ağacı sayısı 85-127 adet/ha arasında değişmektedir. Diğer taraftan meşcerede herhangi bir biyotik ve abiyotik zararlı unsurun hakim etkileri söz konusu değildir. Bununla birlikte yine toprak koşulları ve meşcere alt tabakası dikkate alındı tek tabakalı bir yapıyla birlikte ölü örtü birikimi ve diri örtü istilası söz konusu olmayıp, tav ve uygun çimlenme koşullarına sahip bir toprak üst yapısı hakimdir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: 86 nolu bölmedeki doğal gençleştirme sahası

Araştırma alanını oluşturan bu üç doğal gençleştirme sahasında da yıllık ortalama sıcaklık 13-18°C arasında, yıllık ortalama yağış 560-753mm arasında ve ortalama vejetasyon süresi de 5-7 ay arasında değişmektedir. Alanda erken ve geç donların zararlı etkileri söz konusu değildir. Bununla birlikte her yıl sık rastlanan bir durum olmamakla birlikte dönemsel olarak yaşlı meşcereyi oluşturan galip tabakadaki bireyler üzerinde kar ve rüzgar zararlarının etkileri görülmektedir. Bununla birlikte yine galip tabakadaki ağaçlar üzerinde gövde ardaklanması ve orman sarmaşığı gibi zararlı unsurların etkileri söz konusudur. Bunun yanı sıra araştırma alanında genel olarak doğu kayınına ait olgun tohumlardaki doluluk oranı ve yaşama yüzdesi oldukça iyi durumda olup özellikle erken ve geç donlardan sonra mineral toprak üzerinde yer alan tohumlar asıl çimlenmeleri ve fidecik oluşumlarını sağlamaktadır. Her üç alanda da doğal gençleştirme çalışmaları sonucunda özellikle tohumlama kesimini takip eden süreçte alanda homojen sayıda ve dağılıfta yeni çimlenmiş doğal kayın fideciklerinin ve gençliklerinin elde edildiğini söylemek mümkündür (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Araştırma alanındaki sağlıklı doğal kayın fidecikleri

Diğer taraftan araştırma alanını oluşturan kayın doğal gençleştirme alanlarında özellikle ilk yıllarda gençliğin alana tutunması ve adaptasyonu açısından çok önemli olan gençlik bakımı tedbirleri başarı ile uygulanmaktadır. Bu kapsamda çapalama, dik kenarların giderilmesi ve özellikle orman gülünden ibaret olan ve tohumlama kesiminden önce etkin olarak temizlenen diri örtüye ait yeni gelişimlerin engellenmesi amacıyla toprak yüzünden kesmek suretiyle diri örtü tabakasıyla etkili mücadele uygulamaları hali hazırda da devam etmektedir. Bu doğrultuda ilk yıllarda alana gelen doğal gençliğin adaptasyonu ve gelişimi açısından çok değerli olan toprağın tav halde tutulması uygulamaları sürekli olarak devam ettirilmekte ve bunun için kesintisiz bakım çalışmaları çimlenmeye takip eden ilk yıllardan itibaren uygulanmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Gençlik bakımı uygulamaları

3.2. Metot

Araştırmada doğu kayını doğal gençleştirme alanlarında bulunan 2 yaşındaki kayın doğal gençliklerine ilişkin ortalama boy, ortalama kök boğaz çapı ve metrekaresindeki ortalama gençlik sayısı gibi büyüme ve gelişim performansı ile alana adaptasyonu yakından ilgilendiren kantitatif karakterlere ilişkin tespit, inceleme ve değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bu amaçla doğal gençleştirme alanlarından 3 tekrarlı olacak şekil 20x50m büyüklüğünde rastlantısal örnekleme yöntemine göre rastlantı blokları şeklinde deneme alanları alınmıştır (Şekil 3.6). Deneme alanlarında doğal kayın gençliklerinin boyları ve kök boğaz çapları ölçülmüştür. Bu amaçla doğal gençliklerin boyları ölçülürken milimetre hassasiyetli boy ölçer ve kök boğaz çapları da ölçülürken yine milimetre hassasiyetli dijital çap ölçer kullanılmıştır.



Şekil 3.6: Ölçüm ve tespitlerin yapıldığı deneme alanları

3.3. İstatistik Analizler

Araştırmada doğu kayınına ait üç bölmeden incelenen 2 yaşındaki doğal gençliklerin büyüme gelişimleri açısından istatistiki düzeyde anlamlı farklılığın bulunup bulunmadığını belirlemek için $P < 0,05$ güven düzeyinde tek yönlü varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Tek yönlü varyans analizi sonucunda 2 yaşındaki doğal gençliklere ait kantitatif karakterler ilişkin ortalama değerler yönünden bölmeler arasında anlamlı farklılıkların tespit edilmesi durumunda bölmeler arasındaki homojen grupları belirlemek için $P < 0,05$ güven düzeyinde Duncan testi gerçekleştirilmiştir. Bu temel istatistik analizlerin gerçekleştirilmesinde SPSS paket istatistik programından yararlanılmıştır.

Diğer taraftan araştırma alanındaki doğal kayın gençliklerine ilişkin değişkenlere ait ölçüm ve tespitler ile aktüel ekolojik koşullara (klimatik, fizyografik ve edafik faktörler) ait veriler kullanılarak küresel ısınmanın etkilerine yönelik yaklaşımlar sağlamak amacıyla WorldClim verilerinden yararlanılarak araştırma alanınının 2060 ve 2100 yıllarına ilişkin

SSPs 245 ve SSPs 585 senaryoları çalışılmış ve proje alanına ilişkin 2060 ve 2100 yıllarına ait yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama yağış senaryo haritaları elde edilmiş ve bu haritalardan yararlanılarak genel yaklaşımlar sağlanmıştır. Bu amaçla DeMortanne ve Emberger indislerinden hesaplamalarda yararlanılmıştır.

Diğer taraftan kayın doğal gençliklerinin aktüel yetişme ortamı koşulları ve WorldClim senaryoları dikkate alınarak küresel iklim değişikliğine bağlı değişimlerinin tahmin edilmesinde kNN (K-Nearest Neighbors), LVQ (Learning Vector Quantization), SVM (Support Vector Machine), RPART (Decision Trees) ve RF (Random Forest) gibi yaygın olarak kullanılan mekanik öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Bu mekanik öğrenme algoritmalarının uygulanmasında R Studio 4.1.0 yazılımından faydalanılmıştır. Bu itibarla doğal kayın gençliklerine ve aktüel ekolojik koşullara ilişkin çok sayıdaki deışkenden elde edilen veri setlerinin %25'i mekanik öğrenme algoritmalarının testinde ve geriye kalan %75'i de öğrenme işlemlerinde kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Doğal Gençliklerin Gelişimine İlişkin Bulgular ve Tartışma

70, 73 ve 86 nolu bölmelerde bulunan kayın doğal gençleştirme alanlarında yer alan 2 yaşındaki doğal gençliklerde büyüme performansı ve adaptasyon durumunu ortaya koymak amacıyla ortalama boy, ortalama kök boğaz çapı ve metrekaresindeki ortalama gençlik sayısına ilişkin ölçüm ve tespitlerde bulunulmuştur. Bu kapsamda söz konusu bu değerlendirmelerin ilkinde ele alınan kantitatif karakter ortalama fidecik boyudur. Bölmeler itibarıyla 2 yaşındaki doğal kayın fideciklerinde belirlenen ortalama boy büyümesi değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Doğal gençliklerde ortalama boy gelişimi

Bölmeler	Ortalama Boy (cm)
70	2,1
73	2,3
86	2,4

Tablo 4.1’de yer alan ortalama boy değerleri incelendiğinde 2 yaşındaki kayın doğal gençliklerinde her üç bölmede ortalama boy büyümesinin 2,1-2,4cm arasında değiştiği yapılan ölçümlerden elde edilen verilerden yararlanılarak belirlenmiştir. Bu verilere %95 güven düzeyinde uygulanan tek yönlü varyans analizi sonucunda ortalama boy büyümesi yönünden bölmeler arasında istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Nitekim, araştırma alanı olan Devrek-Tefen yöresi ile benzer ekolojik koşullara sahip olan Devrek-Akçasu yöresinde gerçekleştirilen bir çalışmada da 2 yaşındaki doğal kayın gençliklerinde ortalama boyun alanının bonitetine bağlı olarak 1,7-2,5cm arasında değiştiği tespit edilmiştir (Özel, 2007). Bu verilere göre Devrek-Tefen yöresindeki bu araştırma alanında 2 yaşındaki kayın fideciklerinde ortalama boy büyümesinin aktüel koşullar altında normal büyüme seyrine yakın bir eğilim gösterdiğini ifade etmek mümkündür (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: İki yaşındaki doğal kayın gençliklerinde boy büyümesi

Doğal ve yapay gençleştirme çalışmalarında hem büyümenin hem de adaptasyonun belirlenmesinde ve değerlendirilmesinde ele alınan önemli kantitatif parametrelerin başında kök boğaz çapı gelmektedir. Çünkü kök boğaz çapı özellikle çimlenme yatağı olarak isimlendirilen ve ilk yıllarda gençliğin büyümesi açısından çok önemli olan toprak üst katmanlarındaki su ve organik besin maddesinin varlığı ve kullanılabilirliği açısından önemli bilgileri ve göstergeleri dışa yansıtan önemli bir metrik karakterdir (Ata, 1995). Bu kapsamda araştırma alanını oluşturan Devrek-Tefen yöresindeki iki yaşında bulunan kayın doğal gençliklerinde kök boğaz çapı da her üç bölmede ortalama değerler üzerinde incelenmiş ve ele alınarak değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda yapılan kök boğaz çapı ölçümleri sonucunda bölmeler itibarıyla belirlene ortalama kök boğaz çapı değerleri Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2: Doğal gençliklerde ortalama kök boğaz çapı gelişimi

Bölmeler	Ortalama Kök Boğaz Çapı (mm)
70	1,2
73	1,1
86	1,3

Tablo 4.2'deki ortalama değerler incelendiğinde, 3 adet farklı bölmede gerçekleştirilen kayın doğal gençleştirme uygulamaları sonucunda alana gelen 2 yaşındaki doğal kayın gençliklerinde ortalama kök boğaz çapının 1,1-1,3mm arasında değiştiği saptanmıştır. Bu itibarla $P<0,05$ güven düzeyinde tek yönlü olarak uygulanan varyans analizi sonucunda ortalama kök boğaz çapı gelişimi yönünden bölmeler arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Bu konuda yine doğu kayını doğal gençliklerinde yapılan bir başka ayrıntılı araştırmada da iki yaşındaki doğal gençliklerde kök boğaz çapının aktüel yetiştirme ortamı koşullarına bağlı olarak 0,8-1,5mm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu karşılaştırmalı veriler ışığında ortalama kök boğaz çapı gelişiminin araştırma alanındaki iki yaşındaki doğal kayın gençliklerinde beklenen düzeyde ilerlediği ifade edilebilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: İki yaşındaki doğal kayın gençliklerinde kök boğaz çapı gelişimi

Araştırma kapsamında özellikle doğal kayın gençliklerinin alana adaptasyonunun belirlenmesinde incelenen en önemli karakter ve değişken metrekaredeki ortalama gençlik sayısıdır. Ortalama gençlik sayısı özellikle primer ya da sekonder meşcere oluşumundaki doğal süreçlerde herhangi bir aksama olup olmadığını gösterdiği gibi aynı zamanda küresel iklim değişikliği başta olmak üzere her tür kaynaktan ortaya çıkan dış etmenlerin gençlik oluşumu ve dağılımı üzerindeki etkilerini ortaya koymak açısından da değerli ve önemli bir değişkendir. Diğer taraftan özellikle uygulanan gençlik bakımı tedbirlerinin olumlu ve olumsuz etkilerini belirlemek için de yine metrekaredeki ortalama gençlik sayısının belirlenmesi oldukça değerli ve önemlidir. Bu kapsamda Devrek-tefen yöresinde de incelenen üç bölgedeki iki yaşlı kayın doğal gençliklerinde metrekaredeki ortalama gençlik sayıları büyük bir titizlikle oluşturulan kareyaj sistemi yardımıyla belirlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Gençlik sayımı yapılan kareyajlar

Oluşturulan kareyaj sisteminde gerçekleştirilen sayımlar sonucunda hesaplanan ortalama metrekaredeki gençlik sayısına ilişkin bulgular Tablo 4.3’de gösterilmiştir.

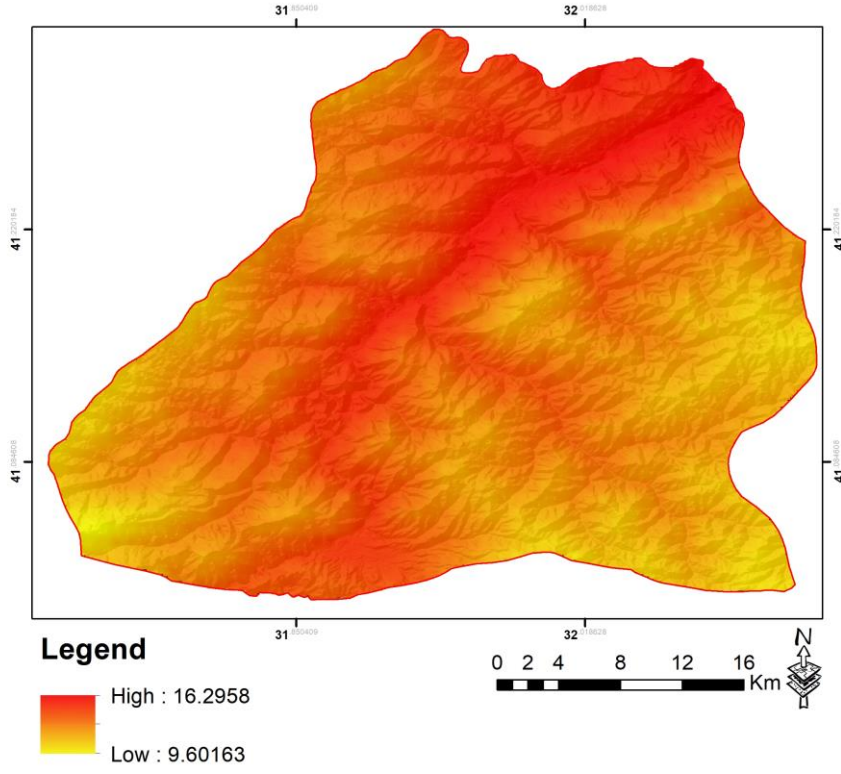
Tablo 4.3: Ortalama doğal gençlik sayısı

Bölmeler	Ortalama Gençlik Sayısı (adet/m ²)
70	10,6
73	10,5
86	10,9

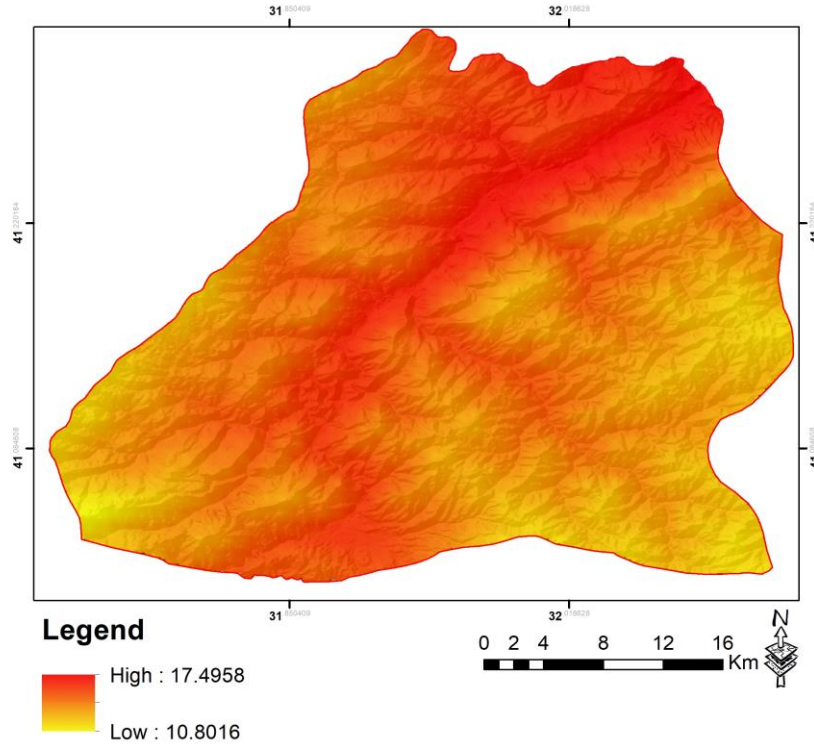
Ortalama metrekaredeki kayın gençliklerine ilişkin Tablo 4.3’de yer alan bulgular incelendiğinde ve değerlendirildiğinde 2 yaşındaki ortalama doğal gençliklerin her üç bölmedeki sayısının 10,5-10,9 adet arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu itibarla %95 güven düzeyinde tek yönlü olarak gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda bölmeler arasında ortalama gençlik sayısı açısından istatistiki düzeyde anlamlı farklılığın ortaya çıkmadığı tespit edilmiştir. Doğu kayınında yapılan bir başka çalışmada da araştırma alanı ile benzer yetiştirme ortamı koşullarına sahip başka bir alanda gerçekleştirilen diğer bir çalışmada da iki yaşındaki doğal kayın gençliklerin ortalama metrekaredeki sayısının 8,7-15,4adet/m² arasında değiştiği belirlenmiştir (Özel, 2007). Bu karşılaştırmalı bilgiler ışığında mevcut bu çalışmada iki yaşındaki kayın doğal gençliklerinin birim alandaki sayısının normale yakın bir seyir izlediğini söylemek mümkündür (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: İki yaşındaki kayın doğal gençliklerinin birim alandaki sayısı

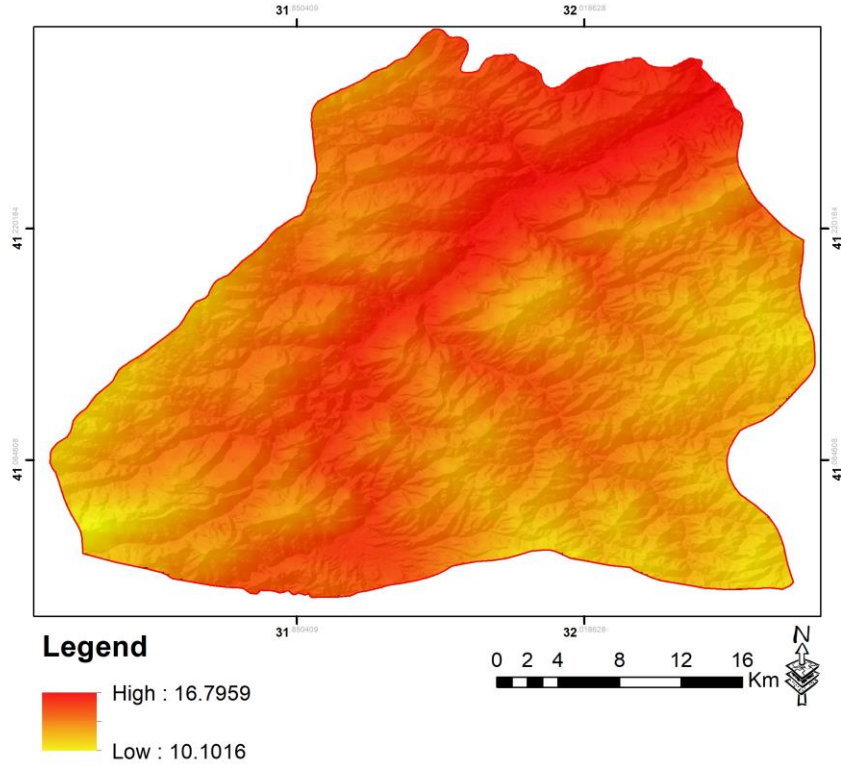


a

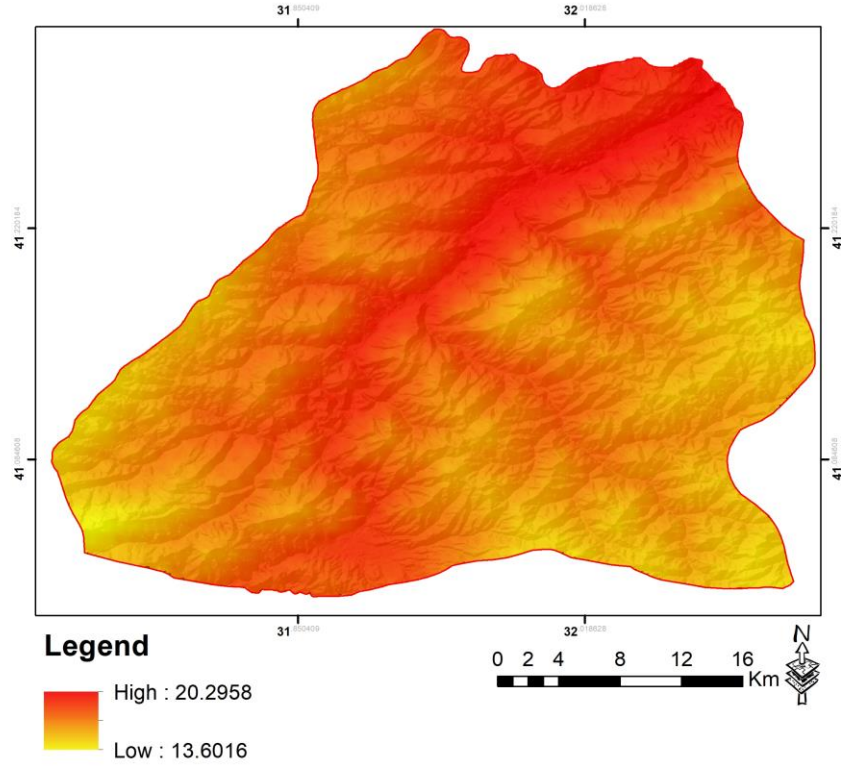


b

Şekil 4.6: SSPs 245 iklim senaryosuna göre Devrek yöresinin 2060 (a) ve 2100 (b) yıllarındaki sıcaklık durumu



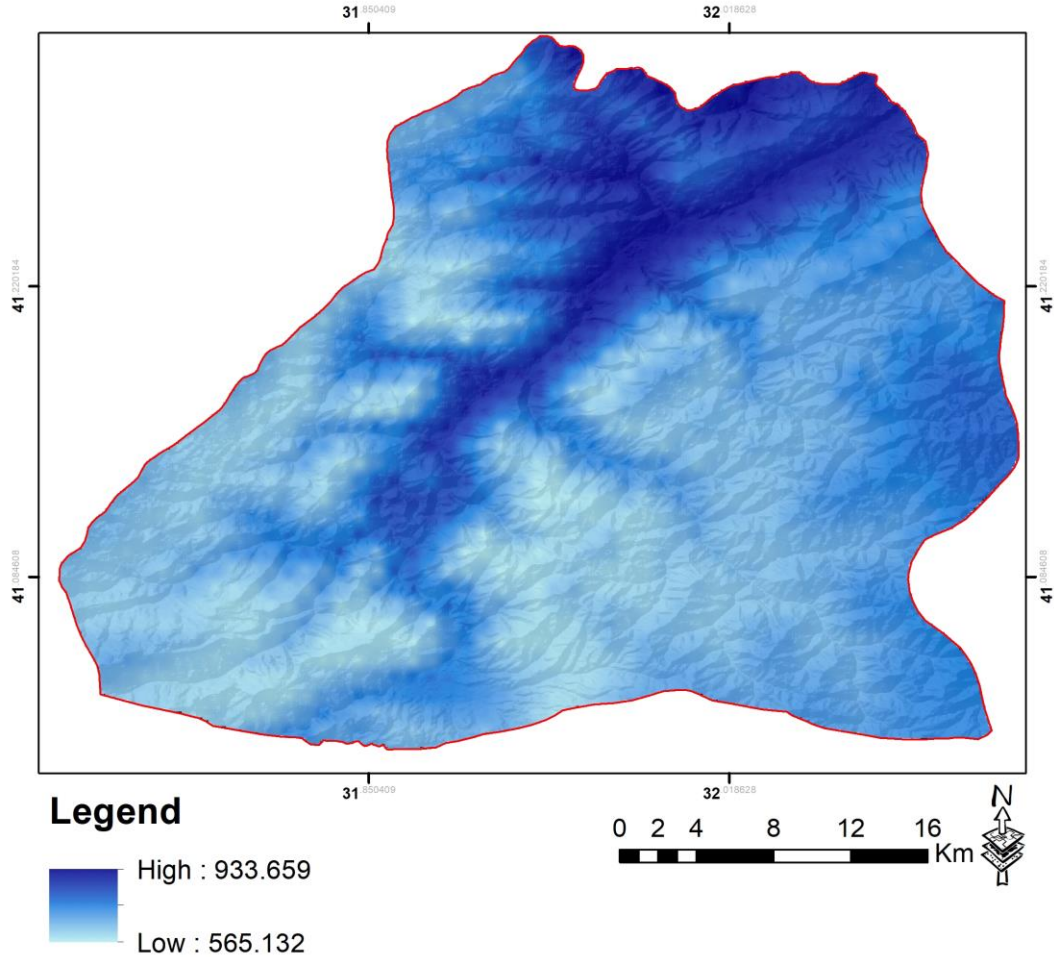
a



b

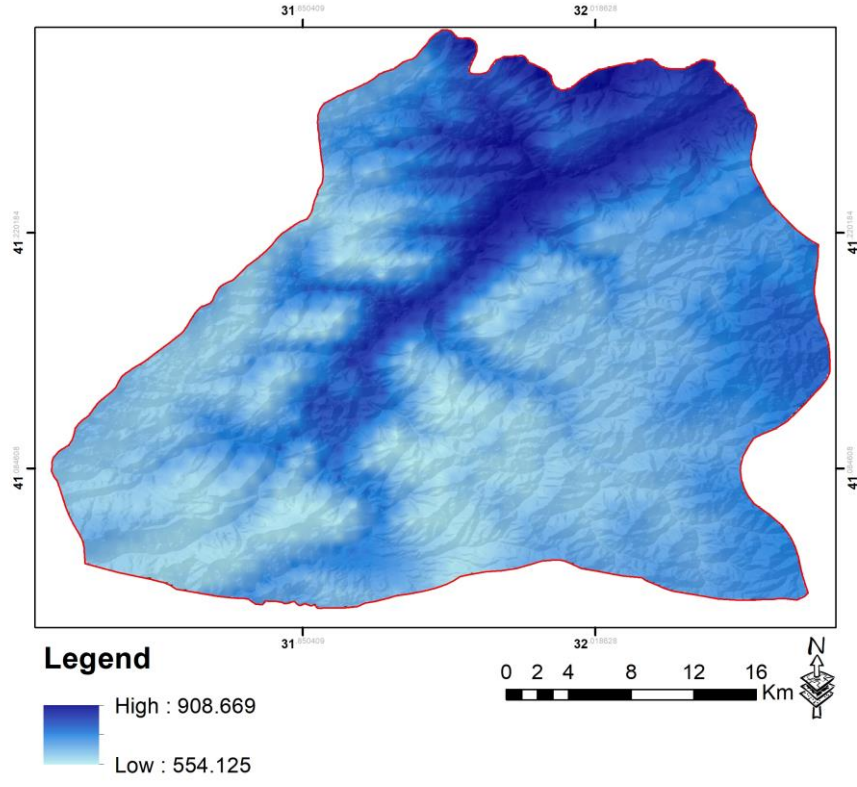
Şekil 4.7: SSPs 585 iklim senaryosuna göre Devrek yöresinin 2060 (a) ve 2100 (b) yıllarındaki sıcaklık durumu

Devrek yöresine ait günümüzdeki ve kullanılan iki iklim senaryosu olan SSPs 450 ve SSPs 850 senaryolarına göre 2060 ev 2100 yılları için hazırlanan yağış haritaları da Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10’da gösterilmiştir.

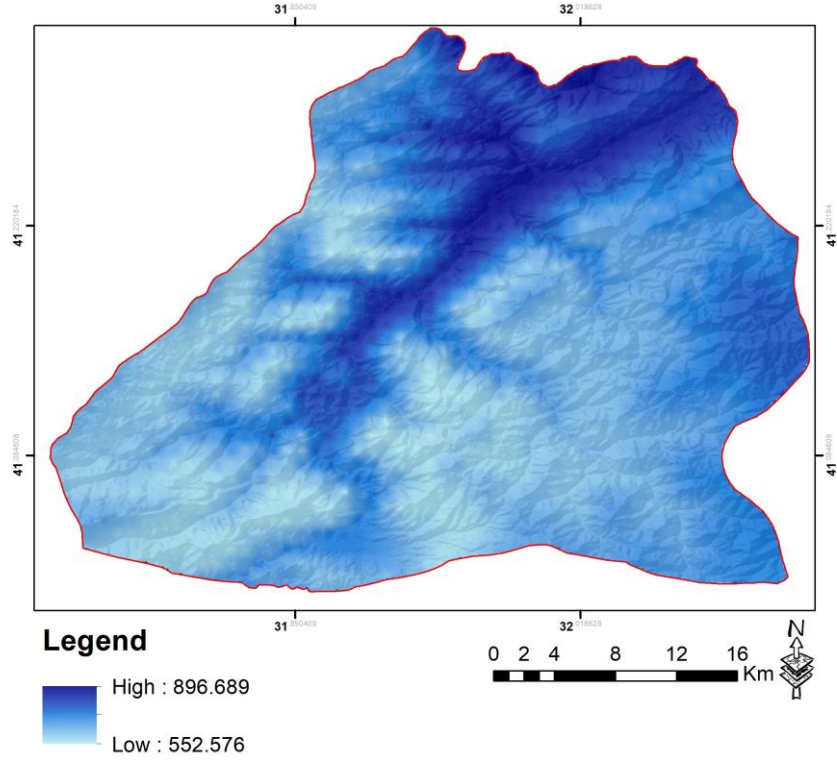


Şekil 4.8: Devrek yöresi günümüz yağış haritası

Şekil 4.8’de yer alan Devrek yöresine ait yağış haritası incelendiğinde, özellikle sıcaklık değişkeni ile önemli bir uyum sağladığı ve bu itibarla özellikle yağışın yöredeki orman varlığının oluşumunda ve şekillenmesinde en az sıcaklıkla birlikte çok önemli ve kombine bir etki meydana getirdiği belirtilebilir. Bu durum özellikle nem isteği çok yüksek olan başta doğu kayını olmak üzere birçok yapraklı türün saf ve karışık şekilde meydana getirdiği yörede hakim yapraklı saf ve karışık ormanların oluşumunu da önemli ölçüde açıklamaktadır.

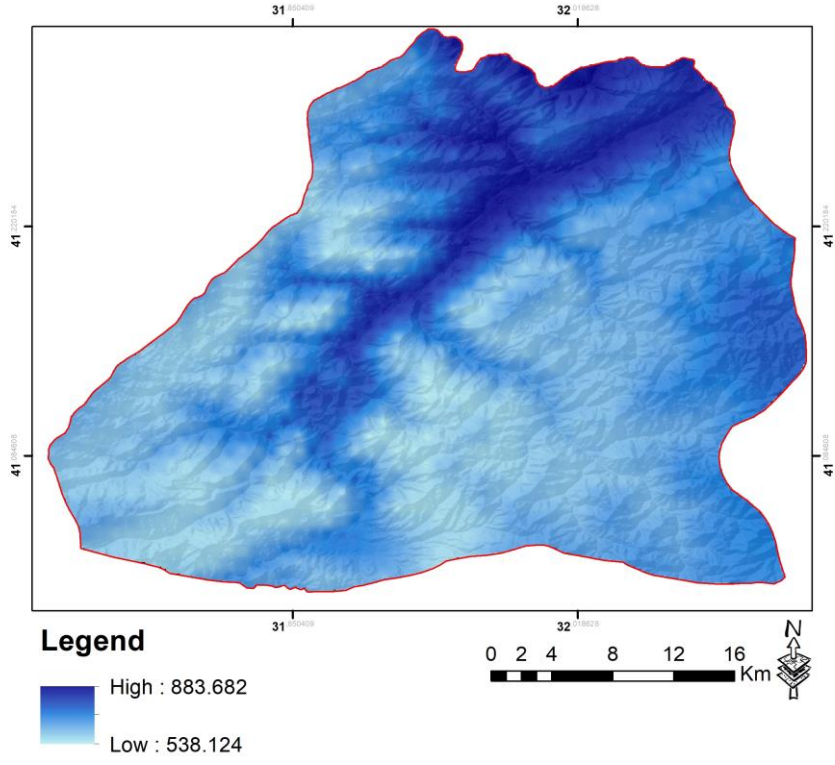


a

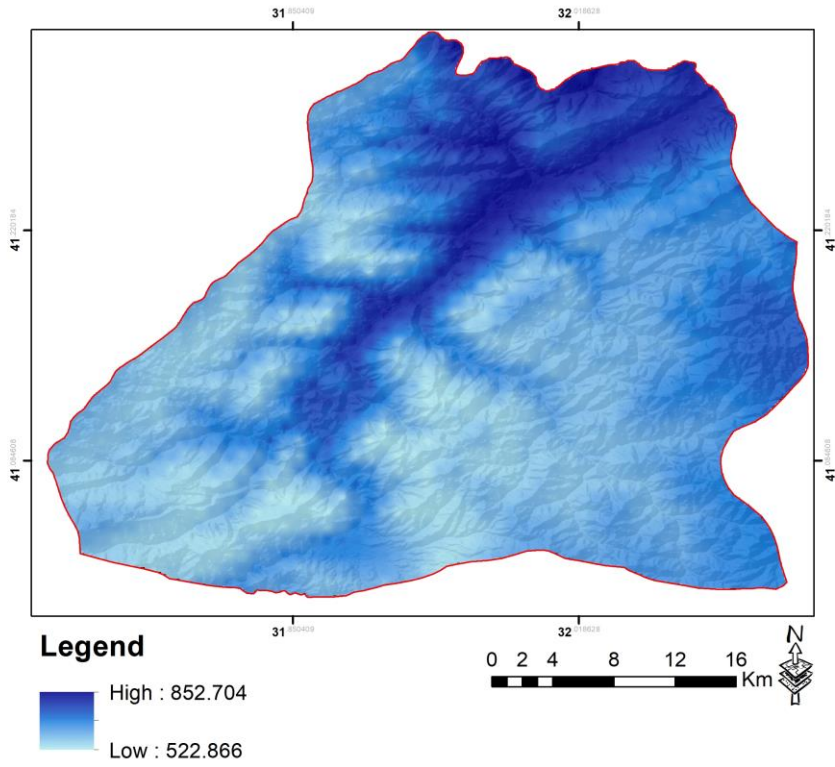


b

Şekil 4.9: SSPs 245 iklim senaryosuna göre Devrek yöresinin 2060 (a) ve 2100 (b) yıllarındaki yağış durumu



a



b

Şekil 4.10: SSPs 585 iklim senaryosuna göre Devrek yöresinin 2060 (a) ve 2100 (b) yıllarındaki yağış durumu

SSPs245 ve SSPs585 senaryolarına göre DeMortanne ve Emberger indeksleri uygulanarak yapılan hesaplar sonucunda araştırma alanını oluşturan Devrek yöresinde yer alan yarı nemli ve nemli orman kuşağında bulunan saf doğu kayını ormanlarının SSPs245 küresel ısınma senaryosuna göre 2060 yılında toplam 2156 ha'ı, 2100 yılında ise 3448 ha'ı kurak ve yarı kurak rejyonda kalması nedeniyle doğal gençleştirme koşullarını büyük ölçüde yitireceği öngörülmüştür. Bununla birlikte SSPs585 küresel ısınma senaryosuna göre ise araştırma alanında 2060 yılında 3142 ha alan, 2100 yılında ise 9125 ha alan yarı kurak ve kurak mıntıkada kalması nedeniyle önemli ölçüde doğal gençleştirme koşullarından uzaklaşacağı tahmin edilmiştir. Buna göre günümüzde Devrek yöresindeki kayın ormanlarının SSPs245 senaryosuna göre 2060 yılında yaklaşık %11,23'ünün ve 2100 yılında yaklaşık %19,75'nin, SSPs585 senaryosuna göre ise 2060 yılında yaklaşık %15,63'ünün ve 2100 yılında ise yaklaşık %23,81'nin doğal gençleştirme koşullarını önemli ölçüde kaybedebileceği öngörülmektedir. Nitekim küresel ısınmanın doğu kayınının doğal yayılışı ve doğu kayını ormanlarının dinamikleri üzerindeki etkilerinin incelendiği bir araştırmada da tüm Karadeniz Bölgesi boyunca gerek sahil şeridinde gerekse iç bakan nemli ve yarı nemli yamaçlarda yer alan kayın ormanlarında günümüzdekine oranla %5,7-9,43 arasında değişen oranlarda yapısal bozulmalar nedeniyle alansal değişimlerin olacağı tahmin edilmiştir (Ayan vd., 2022). Bununla birlikte IPCC tarafından 2014 yılında hazırlanan raporda da benzer bulgulara Türkiye orman kaynakları için değinilmiştir (IPCC, 2014). Ayrıca ülkemizde yapılan diğer araştırmalarda da başkaca orman ağacı türleri için de benzer sonuçların tahmin edildiğini destekleyen bulgulara ulaşılmıştır (Varol vd., 2021).

4.3.İklim Değişikliğinin Etkilerinin Tahmininde Kullanılan Mekanik Öğrenme Algoritmalarına İlişkin Bulgular ve Tartışma

Araştırmada kayın doğal gençliklerinin aktüel yetiştirme ortamı koşulları ve WorldClim senaryoları dikkate alınarak küresel iklim değişikliğine bağlı değişimlerinin tahmin edilmesinde kNN (K-Nearest Neighbors), LVQ (Learning Vector Quantization), SVM (Support Vector Machine), RPART (Decision Trees) ve RF (Random Forest) gibi yaygın olarak kullanılan mekanik öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Bu amaçla iki yaşındaki kayın doğal gençliklerinde tespit edilen kantitatif karakterlere ilişkin değerleri ile aktüel ekolojik koşullara ilişkin veriler ve data setleri kombine edilerek mekanik öğrenme algoritmaları ile tahmin edilmede kullanılmıştır. Bu itibarla mekanik öğrenme algoritmaları

itibarıyla elde edilen tahmin doğruluk derecelerine ve düzeylerine ilişkin bulgular Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4: Mekanik öğrenme algoritmalarıyla küresel ısınmanın etkilerine ilişkin tahminlerin doğruluk düzeyleri

Bölmeler	Mekanik Öğrenme Algoritmalarının Doğruluk Düzeyleri (%)				
	kNN	LVQ	SVM	RPART	RF
70	71,48	35,67	51,86	68,79	74,34
73	72,19	37,92	53,93	69,63	75,61
86	70,36	36,28	50,78	66,21	73,56

Tablo 4.4’de verilen bulgular incelendiğinde küresel iklim değişikliğinin yani küresel ısınmanın araştırma alanını oluşturan Devrek-Tefendeki 3 bölmede yer alan 2 yaşındaki kayın doğal gençlikleri üzerindeki etkileri en yüksek doğruluk düzeyinde tahmin eden mekanik öğrenme algoritması bölmeler itibarıyla hesaplanan %74,3, %75,61 ve %73,56 doğruluk düzeyleri ile RF olmuştur (Tablo 4.4). Bu algoritmayı sırasıyla kNN, RPART, SVM ve LVQ sahip oldukları doğruluk düzeyleri ile izlemiştir. Bu kapsamda araştırma alanındaki kayın doğal gençleştirme alanlarında gençliklere ilişkin büyüme parametreleri ve aktüel ekolojik koşullara ilişkin veriler kullanılarak küresel ısınmanın etkilerinin ortaya çıkarılmasında ya da tahmin edilmesinde RF algoritması öncelikli olarak kullanılabilir. Nitekim birçok tarım, hayvancılık ve ormancılık gibi doğayla ya da üretim faaliyetleri ile ilgili çalışmalarda da RF algoritmasının diğer mekanik öğrenme algoritmalarına göre sergilediği daha yüksek doğruluk düzeyi ile kullanılabileceği bildirilmiştir (Bondi vd., 2018; Dai vd., 2022).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Devrek-Tefen yöresindeki üç bölmede (70, 73 ve 86 nolu bölmeler) bulunan 2 yaşındaki kayın doğal gençleştirme alanında gerçekleştirilen bu çalışmada, kayın doğal gençliklerinin ilk yıllardaki büyüme ve gelişim performanslarını bir ön araştırma niteleğinde ortaya koymanın yanı sıra bu doğal gençliklerin gelişimine küresel ısınmanın etkileri ve bu etkileri belirlemede kullanılabilecek en etkili mekanik öğrenme algoritmalarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda 3 adet bölmeden 3 tekrarlı olarak rastlantı bloklarına göre alınan deneme alanlarında yapılan ölçüm ve tespitler ile SSPs245 ve SSPs585 senaryolarına göre DeMortanne ve Emberger indeksleri kullanılarak gerçekleştirilen küresel ısınma tahminleri ve mekanik öğrenme algoritmaları ile gerçekleştirilen tahminlere ilişkin sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

Buna göre, 2 yaşındaki kayın doğal gençliklerinde her üç bölmede ortalama boy büyümesinin 2,1-2,4cm arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4.1). Bu verilere uygulanan tek yönlü varyans analizi sonucunda %95 güven düzeyinde ortalama boy büyümesi yönünden bölmeler arasında istatistiki olarak önemli farklılık tespit edilmemiştir.

3 adet farklı bölmede gerçekleştirilen kayın doğal gençleştirme uygulamaları sonucunda alana gelen 2 yaşındaki doğal kayın gençliklerinde ortalama kök boğaz çapının 1,1-1,3mm arasında değiştiği saptanmıştır. Bu itibarla $P < 0,05$ güven düzeyinde tek yönlü olarak uygulanan varyans analizi sonucunda ortalama kök boğaz çapı gelişimi yönünden bölmeler arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır (Tablo 4.2).

Ortalama metrekaresindeki kayın gençliklerine ilişkin Tablo 4.3’de yer alan bulgular değerlendirildiğinde 2 yaşındaki ortalama doğal gençliklerin her üç bölmedeki sayısının 10,5-10,9 adet arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu itibarla %95 güven düzeyinde tek yönlü olarak gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda bölmeler arasında ortalama gençlik sayısı açısından istatistiki düzeyde anlamlı farklılığın ortaya çıkmadığı tespit edilmiştir.

SSPs245 ve SSPs585 senaryolarına göre DeMortanne ve Emberger indeksleri uygulanarak yapılan hesaplar sonucunda araştırma alanını oluşturan Devrek yöresinde yer

alan yarı nemli ve nemli orman kuşağında bulunan saf doğu kayını ormanlarının SSPs245 küresel ısınma senaryosuna göre 2060 yılında toplam 2156 ha'ı, 2100 yılında ise 3448 ha'ı kurak ve yarı kurak rejyonda kalması nedeniyle doğal gençleştirme koşullarını büyük ölçüde yitireceği öngörülmüştür. Bununla birlikte SSPs 585 küresel ısınma senaryosuna göre ise araştırma alanında 2060 yılında 3142 ha alan, 2100 yılında ise 9125 ha alan yarı kurak ve kurak mınıtkada kalması nedeniyle önemli ölçüde doğal gençleştirme koşullarından uzaklaşacağı tahmin edilmiştir. Buna göre günümüzde Devrek yöresindeki kayın ormanlarının SSPs245 senaryosuna göre 2060 yılında yaklaşık %11,23'ünün ve 2100 yılında yaklaşık %19,75'nin, SSPs585 senaryosuna göre ise 2060 yılında yaklaşık %15,63'ünün ve 2100 yılında ise yaklaşık %23,81'nin doğal gençleştirme koşullarını önemli ölçüde kaybedebileceği öngörülmektedir (Şekil 4.5-Şekil 4.10).

Araştırmada kayın doğal gençliklerinin aktüel yetiştirme ortamı koşulları ve WorldClim senaryoları dikkate alınarak küresel iklim değişikliğine bağlı değişimlerinin tahmin edilmesinde kNN (K-Nearest Neighbors), LVQ (Learning Vector Quantization), SVM (Support Vector Machine), RPART (Decision Trees) ve RF (Random Forest) gibi yaygın olarak kullanılan mekanik öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Bu doğrultuda küresel ısınmanın araştırma alanını oluşturan Devrek-Tefendeki 3 bölmede yer alan 2 yaşındaki kayın doğal gençlikleri üzerindeki etkileri en yüksek doğruluk düzeyinde tahmin eden mekanik öğrenme algoritması bölmeler itibarıyla hesaplanan %74,3, %75,61 ve %73,56 doğruluk düzeyleri ile RF olmuştur (Tablo 4.4). Bu algoritmayı sırasıyla kNN, RPART, SVM ve LVQ sahip oldukları doğruluk düzeyleri ile izlemiştir. Bu kapsamda araştırma alanındaki kayın doğal gençleştirme alanlarında gençliklere ilişkin büyüme parametreleri ve aktüel ekolojik koşullara ilişkin veriler kullanılarak küresel ısınmanın etkilerinin ortaya çıkarılmasında ya da tahmin edilmesinde RF algoritması öncelikli olarak kullanılabilir.

Yüksek Lisans Tez çalışması olarak hazırlanan bu araştırmadan elde edilen sonuçlar ışığında ülkemiz ormanlarının devamlılığının sağlanmasında tek ve yegane işlemler olan doğal gençleştirme, yapay gençleştirme, ağaçlandırma, restorasyon ve rehabilitasyon uygulamalarının başarıları tek başına değerlendirilmemeli ve bu konularda klasik başarı ölçütlerinden uzaklaşarak yeni başarı ve adaptasyon kriterleri geliştirilmelidir. Bu nedenle özellikle günümüzün en önemli çevre sorunu olan küresel ısınmanın tüm doğal kaynaklar üzerinde olduğu gibi ormanlar üzerindeki etkileri de her zaman değerlendirmelere katılmalıdır. Bu nedenle gençleştirme, ağaçlandırma ve bakım çalışmalarında uygulamanın

gerçekleştirildiği alan ve tür dikkate alınarak modern modelleme yöntemleri kullanılarak çok sayıdaki değişkenler de hesaplamalara katılarak küresel ısınmanın öngörülebilir etkilerinin boyutları ortaya çıkarılmaya çalışılmalıdır. Bu nedenle gençlik dinamizminden itibaren tüm ormanların tüm olası gelişim çağlarındaki küresel ısınma etkileşimleri yakından yersel ve havadan takip sistemleri izlenmeli ve periyodik olarak değerlendirilmelidir. Bu değerlendirmelerden elde edilen bulgular ışığında başta gençlik yavaş büyüyen duygulu ve hassas ağaç türleri başta olmak üzere küresel ısınmanın etkilerini en aza indirmeye yardımcı olacak orijin ve klonlar belirlenmeli ve bunlara yönelik genetik kaynaklar oluşturulmalı ya da korunmalıdır. Diğer taraftan başta yangın, sel, taşkın ve fırtına gibi doğrudan küresel ısınma ve küresel iklim değişikliği ile ilişkili olan abiyotik ve biyotik zararlı unsurlar yakından incelenmeli ve bunları orman kaynakları üzerindeki olası etkileri ve olası etkili olabilme ihtimali yüksek olan lokasyonları belirlenerek gerekli tedbirle alınmaya çalışılmalıdır. Bilhassa her geçen artan sıcaklık derecelerinin henüz belirlenmemiş olan etkilerinin ortaya çıkarılması için detaylı bilimsel araştırmalara gerekli bütçeler ayrılmalı ve destek olunmalıdır.

Ön değerlendirme niteliğinde olan bu çalışmadan elde edilen sonuçların daha da geçerlilik kazanabilmesi için araştırma alanı başta olmak üzere oluşturulacak ekolojik zonlarda ve rejyonlarda bu tür çalışmalar daha uzun süreçleri kapsayacak şekilde planlı ve düzenli olarak gerçekleştirilmeli ve bu anlamda elde edilen başka disiplinlerden de katılım sağlayacak pek çok araştırmacının farklı bakış açılarıyla değerlendirilmeli ve çok daha aktüel sonuçlara ulaşılmaya çalışılmalıdır. Bu tür çalışmaları yaparken de zaman açısından küresel ısınmanın aktüel ve artan etkileri dikkate alındığında çok fazla geç kalınılmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonim (1989) Yapraklı Ormanlarda Modern Silvikültür Teknikleri Semineri Çalışma Grubu Raporu, Orman Genel Müdürlüğü ve Türk-Alman Ormancılık Projesi, Zonguldak, 23 s.
- Anonim (1990) Yapraklı Ormanlarda Modern Bakım ve Aralama Teknikleri Semineri Çalışma Grubu Raporu, Orman Genel Müdürlüğü ve Türk-Alman Ormancılık Projesi, Kdz. Ereğli, 26 s.
- Ata, C. (1995). Silvikültür Tekniği. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yayınları, 4(3), Bartın.
- Atalay, İ. (1992). Kayın ormanlarının ekolojisi ve tohum transfer yönünden bölgelere ayrılması. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, No: 5. 209 sayfa, Ankara.
- Augspurger, C.K. (2013). Reconstructing patterns of temperature, phenology, and frost damage over 124 years: spring damage risk is increasing. *Ecology* 94, 41–50.
- Ayan, S., Buğday, E., Varol, T., Özel, H.B., Thurm, E.A. (2022). Effect of climate change on potential distribution of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) in the twenty-first Center in Turkey, *Theoretical and Applied Climatology* 148: 165-177.
- Basler, D. (2016). Evaluating phenological models for the prediction of leaf-out dates in six temperate tree species across central Europe. *Agriculture and Forest Meteorology*. 217, 10–21.
- Birdsey, R., Pregitzer, K., Lucier, A. (2005). Forest carbon management in the United States: 1600–2100. In: *3rd USDA Symposium on Greenhouse Gases and Carbon Sequestration in Agriculture and Forestry*, Baltimore, MD, pp. 1461–1469.
- Bogdziewicz, M., Hackett-Pain, A., Kelly, D., Thomas, P.A., Lageard, J., Tanentzap, A.J. (2021). Climate warming causes mast seeding to break down by reducing sensitivity to weather cues. *Global Change Biology*. 27 (9), 1952–1961
- Bondi, G., Creamer, R., Ferrari, A., Fenton, O., Wall, D. (2018). Using machine learning to predict soil bulk density on the basis of visual parameters: Tools for in-field and post-field evaluation, *Geoderma*, 318, 137–147.
- Burkhardt, H.E., Tome, M. (2012). *Modeling Forest Trees and Stands*. Springer Dordrecht Heidelberg New York London.
- Canham, C.D., Murphy, L. (2016). The demography of tree species response to climate: seedling recruitment and survival. *Ecosphere* 7(8): 14-23
- Chapek, G. (1996) Kök ve Kütük Sürgünü Kökenli Kayın Ormanlarının Koruya Dönüştürülme İmkanları, Orman Genel Müdürlüğü, *Yapraklı Ormanlarda Modern Bakım Teknikleri Semineri* (Türk-Alman Ormancılık Projesi), Orman Genel Müdürlüğü, Zonguldak, 3 s.

- Dai, L., Ge, J., Wang, L., Zhang, Q., Liang, T., Nanthi, B., Lischeid, G., Rinklebe, J. (2022). Influence of soil properties, topography, and land cover on soil organic carbon and total nitrogen concentration: A case study in Qinghai-Tibet plateau based on random forest regression and structural equation modeling, *Science of The Total Environment* 821: 1-11.
- Dillard, J. P., Shen, L. (2005). On the nature of reactance and its role in persuasive health communication. *Communication Monographs*, 72(2): 144–168
- Deng, G., Zhang, H., Yang, L., Zhao, J., Guo, X., Ying, H., Rihan, W., Guo, D. (2020). Estimating frost during growing season and its impact on the velocity of vegetation greenup and withering in Northeast China. *Remote Sensing* 12, 1355–1372
- Dyderski, M.K., Pa'z, S., Frelich, L.E., Jagodziński, A.M. (2018). How much does climate change threaten European forest tree species distributions? *Global Change Biology*. 24(3), 1150–1163.
- Feng, S., Fu, Q. (2013). Expansion of global drylands under a warming climate. *Atmospheric Chemical Physics*;13(6):10081–94
- Hart, P. S., Feldman, L. (2016). The impact of climate change–related imagery and text on public opinion and behavior change. *Science Communication*, 38(4), 415–441.
- IPCC (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, 134 p. Geneva.
- Koenig, W.D., Knops, J.M.H., Carmen, W.J., Pearse, I.S. (2015). What drives masting? The phenological synchrony hypothesis. *Ecology* 96 (1), 184–192.
- Kolström, M., Lindner, M., Vilén, T., Maroschek, M., Seidl, R., Lexer, M.J., Netherer, S., Kremer, A., Delzon, S., Barbati, A., Marchetti, M., Corona, P. (2011). Reviewing the Science and Implementation of Climate Change Adaptation Measures in European Forestry. *Forests* 2 (4), 961–982.
- McDowell, N.G., Allen, C.D., Anderson-Teixeira, K., Aukema, B.H., Bond-Lamberty, B., Chini, L., Clark, J.S., Dietze, M., Grossiord, C., Hanbury-Brown, A., Hurtt, G.C., Jackson, R.B., Johnson, D.J., Kueppers, L., Lichstein, J.W., Ogle, K., Poulter, B., Pugh, T.A.M., Seidl, R., Turner, M.G., Uriarte, M., Walker, A.P., Xu, C., (2020). Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world. *Science* 368: 6494-6473.
- Millar, C. I., L. B. Brubaker. (2006). Climate change and paleoecology: new contexts for restoration ecology. Pages 315– 340 in M. Palmer, D. Falk, and J. Zedler. *Restoration science*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Nabel, J.E.M.S., Zurbriggen, N., Lischke, H. (2012). Impact of species parameter uncertainty in simulations of tree species migration with a spatially linked

- dynamic model. In: Seppelt, R., Voinov, A.A., Lange, S., Bankamp, D. (Eds.), iEMSs 2012 -managing resources of a limited planet. Proceedings of the 6th biennial meeting of the international environmental modelling and software society (p. (8 pp.)
- Neumann, M., Mues, V., Moreno, A., Hasenauer, H., Seidl, R. (2017). Climate variability drives recent tree mortality in Europe. *Global Change Biology*. 23 (11), 4788–4797.
- Özel, H.B. (2007) Bartın ve Devrek Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarında Meşcere Kuruluşları ve Grup Gençleştirme Uygulamalarının Başarısını Etkileyen Faktörler, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi (yayımlanmamış), Bartın, 272 s.
- Pretzsch, H., Biber, P., Dursky, J. (2002). The single tree-based stand simulator SILVA: construction, application and evaluation. *Forest Ecology and Management*. 162(1), 3-21.
- Qiu, T., Sharma, S., Woodall, C.W., Clark, J.S., (2021). Niche Shifts From Trees to Fecundity to Recruitment That Determine Species Response to Climate Change. *Frontiers of Ecological Evolution* 9:11-16
- Ruddell, S., Sampson, R., Smith, M., Giffen, R., Cathcart, J., Hagan, J., Sosland, D., Godbee, J., Heissenbuttel, J., Lovett, S., Helms, J., Price, W., Simpson, R., (2007). The role for sustainably managed forests in climate change mitigation. *Journal of Forestry* 105, 314–319.
- Rissman, A.R., Burke, K.D., Anuhea, H., Kramer, C., Radeloff, V.C., Schilke, P.R., Selles, O.A., Toczydlowski, R.H., Wardropper, C.B., Barrow, L.A., Chandler, J.L., Geleynse, K., L'Roe, A.W., Laushman, K.M., Schomaker, A.L. (2018). Forest management for novelty, persistence, and restoration influenced by policy and society. *Frontiers Ecological Environment* 16: 454–462.
- Saatçioğlu, F. (1969) Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri, İ.Ü Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1429, O.F Yayın No: 138, İstanbul, 323 s.
- Saatçioğlu, F. (1979) *Silvikültür II (Silvikültürün Tekniği)*, İ.Ü Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1648, O.F Yayın No: 172, İstanbul, 562 s.
- Saurer, M., Siegwolf, R.T.W., Schweingruber, F.H., (2004). Carbon isotope discrimination indicates improving water-use efficiency of trees in northern Eurasia over the last 100 years. *Global Change Biology*. 10 (12), 2109–2120
- Schilling, J., Hertig, E., Trambly, Y., Scheffran, J. (2020). Climate change vulnerability, water resources and social implications in North Africa. Region. *Environmental Change* 20 (1), 15.
- Seidl, R., Honkaniemi, J., Aakala, T., Aleinikov, A., Angelstam, P., Bouchard,

M.,Boulanger, Y., Burton, P.J., De Grandpré, L., Gauthier, S., Hansen, W.D., Jepsen, J.U., Jõgiste, K., Kneeshaw, D.D., Kuuluvainen, T., Lisitsyna, O., Makoto, K., Mori, A.S., Pureswaran, D.S., Shorohova, E., Shubnitsina, E., Taylor, A.R., Vladimirova, N., Vodde, F., Senf, C., (2020). Globally consistent climate sensitivity of natural disturbances across boreal and temperate forest ecosystems. *Ecography* 43 (7).

Thrippleton, T., Bugmann, H., Snell, R.S., Canham, C. (2018). Herbaceous competition and browsing may induce adresten succession in central European forests. *Journal of Ecology* 106 (3), 1120–1132.

Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Şevik, H. (2021). Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 491(2021):1-19.

Yaltrık, F. (1993) “*Dendroloji II (Angiospermae)*,” İ.Ü Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 3767, O.F. Yayın No: 420, İstanbul, s.109-113.

Zell, J. (2016). A climate sensitive single tree stand simulator for Switzerland. In: Swiss Federal Institute of Forest, Snow and Landscape Research WSL, 13:107-118

ÖZGEÇMİŞ

