



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARABÜK YÖRESİNDE YANGIN SONRASI RESTORASYON
UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

SALİH ŞAHİN

DANIŞMAN

PROF. DR. HALİL BARIŞ ÖZEL

BARTIN-2025



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KARABÜK YÖRESİNDE YANGIN SONRASI RESTORASYON
UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Salih ŞAHİN

JÜRİ ÜYELERİ

Danışman : Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL

Üye : Prof. Dr. Tuğrul VAROL

Üye : Prof. Dr. Hakan ŞEVİK

BARTIN-2025

KABUL VE ONAY

Salih ŞAHİN tarafından hazırlanan “KARABÜK YÖRESİNDE YANGIN SONRASI RESTORASYON UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı bu çalışma, 26.06.2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :

Üye :

Üye :

Bu tezin kabulü Lisansüstü Eğitimi Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zafer CEYLAN

Enstitü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL danışmanlığında hazırlamış olduğum “KARABÜK YÖRESİNDE YANGIN SONRASI RESTORASYON UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ” 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.

26.05.2025
Salih ŞAHİN

ÖN SÖZ

Ülkemizin sahip olduğu diğer tüm kaynaklar gibi orman kaynaklarının devamlılığının sağlanması da oldukça önemlidir. Ancak bu önemli kaynağın varlığını zaman zaman tehdit eden yangınların önlenmesi kadar yangınlardan sonra da orman ekosisteminin başarılı bir şekilde onarılması ve yeniden verimli hale getirilmesi de çok önemlidir. Bu kapsamda yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada bana değerli fikirleri ile destek olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL'e teşekkürü bir borç bilirim. Tezimin hazırlanmasında arazi çalışmalarım sonucunda elde ettiğim ham verilerin analizinde ve analiz sonuçlarının yorumlanmasında bana fikirleri ile yol gösteren ve destek olan Sayın Prof. Dr. Tuğrul VAROL'a şükranlarımı sunarım. Tez çalışmama hem uygulamada orman işletme şefi olarak sahip olduğu deneyimlerle hem de akademik düşünceleri ile önemli katkılar sağlayan Sayın Prof. Dr. Hakan ŞEVİK'e teşekkür ederim. Ayrıca yanan alanlardan aldığım bitki örneklerinin teşhisinde herbaryumlarını kullanma imkanını bana sunan ve tanıyan İstanbul-Cerrahpaşa Üniversitesi, Orman Fakültesi Dekanlığına, Orman Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, Orman Botaniği Anabilim Dalı Başkanlığına teşekkürlerimi sunarım. Bununla birlikte alınan bitki örneklerine ilişkin gerekli sınıflandırmaların yapılmasında değerli öneri ve katkıları için İstanbul-Cerrahpaşa Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Süleyman ÇOBAN'a teşekkürü bir borç bilirim. Yüksek Lisans öğrenimim sırasında gösterdikleri anlayış ve destek için Kayseri Orman İşletme Müdürlüğü'nün saygıdeğer yöneticilerine, birlikte görev yaptığım değerli meslektaşlarıma ve idari personelime şükranlarımı sunarım. Arazi çalışmalarım boyunca benden her türlü desteklerini esirgemeyen Karabük Orman İşletme Müdürlüğü'nün değerli yöneticilerine, teknik ve idari personeline teşekkür ederim. Yüksek Lisans öğrenimim boyunca sabırla bana destek olan kıymetli aileme sonsuz şükranlarımı sunarım. Bu araştırmayı öncelikle yeşil vatanın korunması amacıyla yangınlarla mücadele sırasında hayatlarını kaybeden aziz meslektaşlarıma ithaf ediyorum. Çalışmadan elde edilen sonuçların konuya ilgi duyan herkese faydalı olmasını diliyorum.

Salih ŞAHİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARABÜK YÖRESİNDE YANGIN SONRASI RESTORASYON UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Salih ŞAHİN

Bartın Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL

Bartın-2025, sayfa: 43

Karabük-Safranbolu yöresinde meydana gelen yangın sonrasında yanan alanın restorasyonu amacıyla dikim yapmak suretiyle alana getirilen karaçam, kızılçam ve sarıçam fidanlarının 2. yıl sonundaki büyüme ve adaptasyon yeteneklerinin ve yangın sonrası vejetasyonda meydana gelen doğal değişimlerin, oluşumların ve doğal süksesyonun incelenerek değerlendirildiği bu araştırmada bilimsel açıdan yangın sonrası orman ekosistemlerinin restorasyonu ve rehabilitasyonu ile ilgili çok önemli bilimsel bulgulara ve sonuçlara ulaşılmıştır. Çalışmada da öncelikle her üç türe ait aynı yıl gerçekleştirilen ağaçlandırma alanından rastlantı blokları deneme desenine göre alınan deneme alanlarında yapılan fidan boy ölçümleri elde edilen ham verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanarak istatistiki yönden değerlendirmeye tabi tutularak incelenmiş ve yorumlanmıştır. Üç farklı çam türünün arazi yaşı 2 olan fidanlarının meydana getirdikleri toplam boy büyümesi değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre türler arasında boy dikilen fidanların toplam boy büyümesi yönünden %95 güven düzeyinde istatistiki yönden farklılık ortaya çıkmıştır. %95 güven düzeyinde gerçekleştirilen Duncan Testine göre 2 yıl sonunda ortalama fidan boy büyümesi yönünden karaçam 12,43 cm'lik ve kızılçam da 11,92 cm'lik ortalama boy büyümesi değerleri ile ilk grupta yer alırken, sarıçam 8,75 cm'lik ortalama boy büyümesi değeri ile ikinci grupta yer almıştır.

Araştırmada yanan alanların restorasyonu amacıyla 3 farklı çam türüne ait fidanlar kullanılarak gerçekleştirilen dikim uygulamalarında dikilen fidanların ikinci yıl sonundaki kök boğaz çapı gelişimleri de incelenmiştir. Özellikle yapay orman tesisi çalışmalarında dikilen fidanların mevcut yetiştirme ortamı koşullarından yararlanma seviyelerinin belirlenmesinde toplam fidan boyuyla birlikte çok önemli indikatör bilgiler veren fidan kök boğaz çapı gelişimi yönünden rastlantı blokları deneme desenine göre alınan deneme alanlarında yapılan ölçüm sonuçlarının ortalamasına uygulanan varyans analizine göre %95 güven düzeyinde türler arasında istatistiki açıdan anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Bu kapsamda türleri gruplandırmak için %95 güven düzeyinde uygulanan Duncan Testi sonucunda iki homojen gruba ayrılan türlerden, karaçam 4,38 cm'lik ve kızılçam da 4,19 cm'lik ortalama kök boğaz çapı gelişimleri ile ilk grubu meydana getirirken, sarıçam 3,29 cm'lik ortalama kök boğaz çapı gelişimi ile ikinci grubu meydana getirmiştir. Yapay orman kurma uygulamalarından birinin gerçekleştirildiği Safranbolu yöresi yangın sonrası restorasyon çalışmasında da dikim yoluyla orman kurma ve tesisi uygulamalarında kullanılan 3 çam türüne ait fidanların ikinci yılda sahip oldukları ortalama yaşama yüzdesi değerleri alınan deneme alanlarında gerçekleştirilen fidan sayımları sonucunda hesaplanmıştır. Ortalama fidan yaşama yüzdesi değerlerine uygulanan varyans analizi sonucunda türler arasında bu önemli değişken yönünden %99 güven düzeyinde istatistiki olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir. Bu itibarla %95 güven düzeyinde gerçekleştirilen ve türler arasında homojen gruplandırmayı amaçlayan Duncan Testini sonuçlarına göre, karaçam %85,32'lik ve kızılçam %81,77'lik ortalama fidan yaşama yüzdesi değerleri ile ikinci yıl sonunda ilk grubu oluştururken, sarıçam %75,96'lık ortalama fidan yaşama yüzdesi değeri ile ikinci grubu tek başına oluşturmuştur. Karabük-Safranbolu yöresinde meydana gelen ve araştırma alanını oluşturan bu çalışmanın ikinci aşamasını, yangından iki yıl sonra alana gelen türlerin familyaları ve yaşam biçimleri kare transekt kesişme metodu ile belirlenmek oluşturmuş ve ekosistemin iyileşme süreci açısından doğal vejetasyon yapısının tekrar oluşumuna ilişkin uygulamacılara katkı sağlayacak değerli bilgilere ulaşılmıştır. Bu itibarla yangından iki yıl sonra yanan alanda doğal süreçler sonucunda alana gelen türlerin familyalarına göre herbaryumda yapılan teşhisler sonucunda belirlenen sayıları belirlenmiştir. Bulgular itibarıyla araştırma alanında bulunan bitkilerin herbaryumdaki teşhisi sonrasında, alanda toplam 15 familyaya ait 36 türün yangından 2 yıl sonra alana doğal olarak geldiği belirlenmiştir. Bu bulgulara göre yanan alanda 2 yıl sonra en fazla türün bulunduğu familyalar *Asteraceae* (5 adet),

Rosaceae (5 adet) ve *Fabaceae* (4 adet) familyaları olmuştur. Diğer taraftan bu türlerin Raunker'in yaşam formu sınıflandırmasına göre yüzdesel dağılımı tespit edilmiştir. Ulaşılan bilimsel bulgulara göre yangın 2 yıl sonra alana doğal yollarla gelen türlerin Raunker'in yaşam formları sınıflandırmasına göre belirlenen dağılımı incelendiğinde, en fazla türün %63,7 dağılım oranı ile Hemikriptofit yaşam formunda olduğu, bunu sırasıyla %15,4 dağılım oranı ile Kamefit, %9,3 dağılım oranı ile Geofit, %6,1 dağılım oranı ile Fanerofit ve %5,5 dağılım oranı Terofit yaşam formunun izlediği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Adaptasyon, büyüme, dikim, familya, orman yangını, restorasyon, vejetasyon, yaşam formu sınıflandırması.

Bilim Alanı Kodu: 120517

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EVALUTION OF POST-FIRE RESTORATION PRACTICES IN KARABUK REGION

Salih ŞAHİN

Bartın University

Graduate School

Department of Forest Engineering

Thesis Advisor: Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL

Bartın-2025, pp: 43

In this study, in which the growth and adaptation abilities of Anatolian black pine, Turkish red pine and Scots pine saplings brought to the area by planting for the restoration of the burned area after the fire in the Karabük-Safranbolu region were examined and evaluated at the end of the 2nd year and the natural changes, formations and natural succession that occurred in the vegetation after the fire were examined, very important scientific findings and results were reached regarding the restoration and rehabilitation of forest ecosystems after the fire. In the study, first of all, the seedling height measurements made in the sample plots taken from the afforestation area of all three species in the same year according to the randomized block experimental design were statistically evaluated by applying variance analysis (ANOVA) and Duncan test to the obtained raw data and were examined and interpreted. According to the variance analysis results applied to the total height growth values of the seedlings of three different pine species with a field age of 2, a statistical difference was revealed between the species in terms of the total height growth of the planted saplings at the 95% confidence level. According to the Duncan Test performed at a 95% confidence level, at the end of 2 years, black pine was in the first group with an mean height growth value of 12.43 cm and red pine was in the second group with mean height growth value of 11.92 cm in terms of mean seedling height growth,

while Scots pine was in the second group with an average height growth value of 8.75 cm. In the study, in planting applications carried out using seedling of 3 different pine species for the restoration of burned areas, the root collar diameter growth of the seedlings planted at the end of the second year were also examined. Especially in determining the level of utilization of seedlings planted in artificial forest establishment studies from the current growth environment conditions, in terms of seedling root collar diameter growth, which provides very important indicator information together with total seedling height, in variance analysis applied to the mean of the measurement results made in the sample plots taken according to the randomized block trial design, a statistically significant difference was determined among the species at the 95% confidence level. In this context, as a result of the Duncan Test applied at the 95% confidence level to group the species, out of the species divided into two homogeneous groups, Anatolian black pine formed the first group with an mean root collar diameter growth of 4.38 cm and Turkish red pine formed the second group with an mean root collar diameter growth of 4.19 cm, while Scots pine formed the second group with an mean root collar diameter growth of 3.29 cm. In the post-fire restoration study in Karabük-Safranbolu region, where one of the artificial forest establishment applications was carried out, the mean survival percentage values of the seedlings of 3 pine species used in forest establishment and establishment applications by planting in the second year were calculated as a result of the seedling counts carried out in the sample plots taken. As a result of the variance analysis applied to the average seedling survival percentage values, a statistically significant difference was determined at the 99% confidence level in terms of this important variable among the species. In this respect, according to the results of the Duncan Test, which was carried out at the 95% confidence level and aimed at homogeneous grouping among the species, while Anatolian black pine formed the first group with an mean seedling survival percentage value of 85.32% and Turkish red pine with an mean seedling survival percentage value of 81.77% at the end of the second year, Scots pine formed the second group alone with an mean seedling survival percentage value of 75.96%. The second phase of this study, which occurred in the Karabük-Safranbolu region and constituted the research area, was to determine the families and life forms of the species that came to the area two years after the fire using the square transect intersection method, and valuable information that will contribute to practitioners regarding the re-formation of the natural vegetation structure in terms of the recovery process of the ecosystem was obtained. In this respect, the numbers of the species that

came to the area as a result of natural processes in the burned area two years after the fire were determined as a result of the identifications made in the herbarium according to their families. According to the findings, after the identification of the plants in the research area in the herbarium, it was determined that a total of 36 species belonging to 15 families came to the area naturally 2 years after the fire. According to these findings, the families with the highest number of species in the burned area 2 years later were Asteraceae (5), Rosaceae (5) and Fabaceae (4). On the other hand, the percentage distribution of these species according to Raunkjer's life form classification was determined. According to the scientific findings, when the distribution of species that came to the area naturally 2 years after the fire was examined according to Raunkjer's life form classification, it was determined that the highest number of species was in the Hemicryptophyte life form with a distribution rate of 63.7%, followed by Chamaephyte with a distribution rate of 15.4%, Geophyte with a distribution rate of 9.3%, Phanerophyte with a distribution rate of 6.1% and Therophyte with a distribution rate of 5.5%.

Keywords: Adaptation, family, forest fire, growth, life form classification, planting, restoration, vegetation.

Scientific Field Code: 120517

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	ii
BEYANNAME	iii
ÖN SÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Ormanların Oluşumu ve Kıtalar İtibarıyla Şekillenmesi.....	1
1.2. Ormanların Çok Amaçlı Yönetimi ve Korunması.....	2
1.3. Orman Yangınlarının Süreçleri.....	3
1.4. Yanan Alanların Restorasyonu.....	5
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	8
3. MATERYAL VE METOT	21
3.1. Materyal.....	21
3.2. Metot.....	25
3.2.1. Ağaçlandırma Uygulamalarının İncelenmesi.....	25
3.2.2. Vejetasyon Kompozisyonunun Analizi	25
3.2.3. İstatistik Analizler	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1. Yangın Sonrası Restorasyon Süreci	27
4.2. Meşcere Vejetasyonunun Değerlendirilmesi	32
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR.....	39
ÖZGEÇMİŞ	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
No	No
1.1: Yangın döngüsü	6
3.1: Sahadaki örtü yangını.....	22
3.2: Yangın sonrasında meşcerenin durumu	23
3.3: Yangın sonrasında meşcere alt tabakası.....	23



TABLULAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
4.1: Fidan boy değerlerinin istatistiki karşılaştırması.	28
4.2: Türlerin fidan boyuna (cm) göre gruplandırılması.....	28
4.3: Fidan kök boğaz çapı değerlerinin istatistiki karşılaştırılması.....	29
4.4: Türlerin fidan kök boğaz çapına (cm) göre gruplandırılması.	30
4.5: Fidan yaşama yüzdesi değerlerinin istatistiki karşılaştırılması.....	31
4.6: Türlerin fidan yaşama yüzdesine (%) göre gruplandırılması.	31
4.7: Yangından sonra alana gelen orman alt flora elemanları ve familyaları.	33
4.8: Yaşam formları itibarıyla alana gelen türlerin dağılımı.	34

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ha	: hektar
m	: metre
cm	: santimetre
mm	: milimetre
m ²	: metrekare
m ³	: metreküp
%	: yüzde
°C	: santigrad derece

KISALTMALAR

ANOVA	: Analysis of Variance
Çk	: Karaçam
Çs	: Sarıçam
Çz	: Kızılçam
Ort.	: Ortalama

1. GİRİŞ

Ormanlar dünyamızın şekillenmesinde ve yeryüzündeki yaşamın devamlılığında önemli bir rol oynamaktadır. Geçmişten günümüze kadar doğal bir sistem oluşturan ormanların sahip oldukları ekolojik değerler ve karşılaştıkları tehditler dikkate alındığında, ormanların yalnızca ağaçlardan ibaret olmayan, karmaşık ve hassas bir denge içinde yaşam gösterdiği görülmektedir. Ormanların oluşumundan başlayarak yönetimi, yangın riskleri ve yangın sonrası uygulamalarına kadar uzanan geniş bir çerçevede ele alınmıştır.

1.1. Ormanların Oluşumu ve Kıtalar İtibarıyla Şekillenmesi

Canlı yaşamının ve canlılar aleminin bugünkü ulaştığı aktüel yapı ve durumla ilgili olarak birtakım değerlendirmeler yapabilmek ve geleceğe dönük öngörülerde bulunabilmek için bu önemli varlığın tıpkı canlılığın oluşumu gibi yerküre üzerinde nasıl meydana geldiği ve meydana geliş süreçlerinde ortaya çıkan değişimler ve farklılaşmalar yakından incelenmelidir. Bu konuda modern teknolojik gelişmelerden ve analiz yöntemlerinden faydalanılarak çok önemli ve gerçekçi tahminler ve değerlendirmeler yapmak suretiyle birtakım bulgulara özellikle fosil kalıntılardan yola çıkarak yapmak mümkün olabilmektedir. Bu konuda botanik biliminin alt bilim gruplarından olan “Paleobotanik” bilim dalına ilişkin araştırmalar bu konuda önemli kılavuzluk etmektedir. Bununla birlikte başkaca bilim dallarının yadsınamaz değerlendirmeleri de bu kapsamda önemli bulguların dünya orman varlığının oluşumu ile ilişkilendirmek konusunda değerli katkılar sunmaktadır. Bunların başında “Jeoloji” gelmektedir. Özellikle jeolojik devirler itibarıyla yaşanan ekolojik değişimler ve ortam farklılaşmaları birçok canlı türünde olduğu gibi orman popülasyonlarının oluşumu ve gelişimi üzerinde de etkili olmuştur. Bu konuda farklı bakış açıları yer almakla birlikte özellikle fosil kökenli ağaç ve bitki kalıntılarında yola çıkılarak önemli bilgilere ulaşılmıştır. Bu kapsamda ilk bitkilerin karaya çıkışı, Silüryen döneminde (yaklaşık 470 milyon yıl önce) yosun benzeri basit bitkilerle şeklinde olduğu belirlenmiştir (Beck, 1962). Bu bitki toplulukları toprak oluşumuna ve karbon döngüsünün düzenlenmesine önemli katkılarda bulunmuştur. Günümüzdeki modern ve bilimsel tanımı itibarıyla ilk orman sayılabilecek topluluklar ise Devoniyen döneminde (yaklaşık 385 milyon yıl önce) ilk gerçek ağaç benzeri bitkiler (örneğin *Archaeopteris*) ortaya çıkışı ile meydana gelmiştir (Berry ve Marshall, 2015). Bu türler, odunsu dokular geliştirerek boyutlarını artırmak ve yayılış göstermek suretiyle geniş ormanlık alanlar

oluşturmaya başlamıştır (Hetherington ve Dolan, 2017). Ancak asıl ekosistem olarak yoğun orman ekosistemlerinin oluştuğu ve ekolojik bir dengenin kurulduğu dönem ise yaklaşık 360 milyon yıl önce yaşanan karbonifer döneminde oluşmuştur (Stein vd., 2012). Bu oluşumda ilk yüksek yapılı bitki gruplarına örnek olarak dev eğrelti otları ve at kuyruğu bitkileri gösterilmektedir. Bu devasa bitkiler öldüğünde suya gömülerek bozulmadan kömürleşmiş, atmosferdeki CO₂ seviyesini düşürerek iklimin soğumasına katkı sağlamıştır (Wang vd., 2019). Açık ve kapalı tohumluların belirgin olarak ortaya çıkışı ise yaklaşık 299 milyon yıl önce Permian döneminde gerçekleşmiştir. Ayrıca bu dönemde yerkürenin farklı ekolojik koşullarında farklı orman ekosistemlerinin de oluşmaya başladığı belirlenmiştir (Xu vd., 2017). Günümüzde görüldüğü haliyle baskın saf iğne yapraklı, saf geniş yapraklı ve iğne yapraklı-geniş yapraklı karışık orman oluşumlarının kıtalar itibarıyla görülmeye başladıkları dönem yaklaşık 252 milyon önce yaşanan Mezozoik ve Tersiyer jeolojik dönemlerine rastlamaktadır (Gerrienne vd., 2011). Yaklaşık 2,6 milyon yıl önce Kuvarter dönemde yaşanan buzul çağında ormanlar önce geri çekilmiş ve sonra bu dönemi takip eden süreçlerde yeniden yavaş yavaş ortaya çıkmaya başlamıştır (Xu vd., 2017).

1.2. Ormanların Çok Amaçlı Yönetimi ve Korunması

Çok sayıda canlı ve cansız faktörün birlikte ve farklı etki düzeyleri altında oluşan, gelişen ve şekillenen ormanların tüm temel unsurları dikkate alarak varlıklarının devam ettirilmesi oldukça önemlidir. Doğal olarak kendisini yenileyebilen ve karbon tutma konusunda en önemli karbon yutaklarından birisi olan ormanların sağladığı ürün ve hizmetlerin kolektif bir şekilde ön plana çıkartılarak yönetimi, ancak bu varlığın yapısı, dinamikleri ve ekolojik işleyişinin yakından takip edilmesiyle mümkündür. Bu itibarla günümüzde birçok doğal kaynak yönetimi açısından kullanılan çok amaçlı kullanım ve yönetim terminolojisi orman kaynakları için de gün geçtikçe geçerlilik kazanmaktadır. Buna göre çok amaçlı ormancılık yönetimi en basit tanımı ile ormanların sadece odun üretimi için değil; su kaynaklarının korunması, biyoçeşitliliğin sürdürülmesi, rekreasyon, iklim düzenlemesi, kırsal kalkınma ve kültürel değerlerin korunması gibi çok çeşitli amaçlara hizmet edecek şekilde planlanması ve yönetilmesidir (Asan, 1990; Akyol ve Tolunay, 2014).

Bu çok yönlü fayda ve hizmete ev sahipliği yapan doğal kaynağın yönetiminde bilimsel ilkelere ve kriterlere bağlı kalınmasının yanında aynı zamanda uygulamada karşılaşılan

aktüel durumlar da dikkate alınarak ormanların varlığının, kalitesinin ve sağlığının da korunması önemli ve değerlidir. Bu itibarla yöresel ekolojik, teknik ve sosyo-ekonomik gerçekler göz önünde bulundurularak farklılık gösteren ve orman kaynaklarının korunması için çok önemli olan tehdit kaynakları belirlenmeli ve bu tehditlere karşı gerekli önlemler zaman kaybedilmeden alınmalıdır. Nitekim bu tehdit kaynakları içinde bazı faktörler vardır ki yöre ve bölge ekolojisi ya da sosyo-ekonomik yapısı fark etmeksizin tüm orman kaynaklarının varlığı için önemli bir tehdit unsuru oluşturmaktadır. Bu tehdit unsurlarının başında da orman yangınları gelmektedir. Günümüzün en önemli ve etkili çevresel sorunu olan küresel ısınmaya bağlı olarak orman yangınlarının çıkış dönemleri, şiddetleri ve devam etme sürelerinde de önemli değişimler meydana gelmiştir. Hepsinden önemlisi artık günümüz koşullarında her orman yangını sadece kırsal yaşamı değil aynı zamanda tüm şehirleri, metropollerini ve kent merkezlerini de tehdit eder boyuta kısa zamanda ulaşabilmektedir.

1.3. Orman Yangınlarının Süreçleri

Doğada hüküm süren dayanışma ve rekabet periyotları mükemmel bir denge üzerinden devam etmektedir. Ekosistemlerin kendi içlerinde ve karşılık ilişkilerinde meydana getirdikleri bu denge tüm canlı ve cansız unsurları kapsamaktadır. Bu nedendir ki yerküre üzerinde kaynağı ne olursa olsun herhangi bir doğal rezervden yapılacak aşırı faydalanmanın sebebiyet verdiği tahribat sonucunda bu olumsuz tablodan kelepene etkisiyle tüm doğal kaynaklar, yaşamlar, yaşamsal unsur, toplum ve aileler de olumsuz etkilenmektedir. Bu tür oluşumlar meydana getirdikleri kitlesel ölçekli zararlar birlikte yaşam ve doğal yaşam koşullarını kötüleştirmekle beraber tamiri güç sonuçların ve yok oluşların kapısını açmaktadır. Nitekim tamamen birbirlerinde farklı coğrafik koşullarda oluşsalar dahi oluşum süreçleri itibarıyla mikro ya da makro düzeyde birbirleri ile ilişki içinde bulunan ve birbirlerinden etkilenen kaynakların veya ekosistemlerin herhangi birinin zarar görmesi durumunda diğer kaynağın görevini daha fazla yerine getirmeye çalıştığı, faydalanma konusunda daha aktif rol oynadığı bu durumun zarar gören diğer ekosistem unsurlarına kendilerini tamir etmek ya da düzeltmek için zaman kazandırsa da belirli çevresel şartlar altında şekillenen ve gerektiğinden fazla çalışan doğal kaynakların bu durumda iç dinamikleri itibarıyla önemli zararlar görmeye başladığı ortaya çıkan çevresel felaketlerden açıkça görülmektedir. Bu nedenle ekosistemlerin sahip oldukları

kompleks yapı içinde geliştirdikleri ekolojik dengeyi hızlı bir şekilde çökerten ve kitlesel ölümlere ve yok oluşlara neden olan olayların ortaya çıkmaması adına alınabilecek tüm geniş ölçekli tedbirlerin alınması ve uygulanması gerekmektedir. Bu felaketlerin başında da orman yangınları gelmektedir. Doğaya, topluma, canlı yaşamına, endüstriyel tesislere, su kaynaklarına ve tüm geleceğe zarar verebilme potansiyeli yüksek olan orman yangınları her zaman kitlesel ölümlere yol açan ve akabinde tamiri güç ekolojik felaketlerin oluşmasına neden olan abiyotik çerçevede genellikle insan ve insanın ihmalleri karşısında ortaya çıkan önemli bir zararlı etmenddir. Bu etmen tüm ekolojik yapılarda oluşabilir, hızla genişleyebilir ve büyük zararlar meydana getirebilir. Son yıllarda küresel ısınmaya bağlı olarak değişen karakteristik iklim özellikleri ve ekolojik kriterler orman yangınlarının oluşma sıklığını, şiddetini ve söndürülme periyot uzunluğunu önemli ölçüde artırmıştır. Küresel düzeyde incelendiğinde tüm dünyanın farklı ekosistemlerinde ve farklı özelliklerle oluşan ya da oluşturulan doğal ve yapay ormanlar orman yangını tehlikesiyle sürekli olarak karşı karşıya kalmakta ve bu yangınlardan önemli ölçüde zarar görmektedir. Örneğin; 2019 yılında Kanada'da çıkan orman yangınlarında toplam 1,8 milyon ha orman alanı zarar görmüştür. Brezilya'daki Amazon ormanlarında 2020 yılında meydana gelen orman yangınlarında yaklaşık olarak 2 milyon ha tropikal orman zarara uğramıştır. 2016 yılında Akdeniz iklim kuşağında bulunan İspanya ve Portekiz'de toplam 1,5 milyon ha orman alanı tahrip olmuştur. Bu alanların büyük bir kısmını da mantar meşesi ve fıstıkçanı gibi tarımsal ormancılık faaliyetlerin yürütüldüğü alanlar oluşturmuştur (Abay vd., 2022).

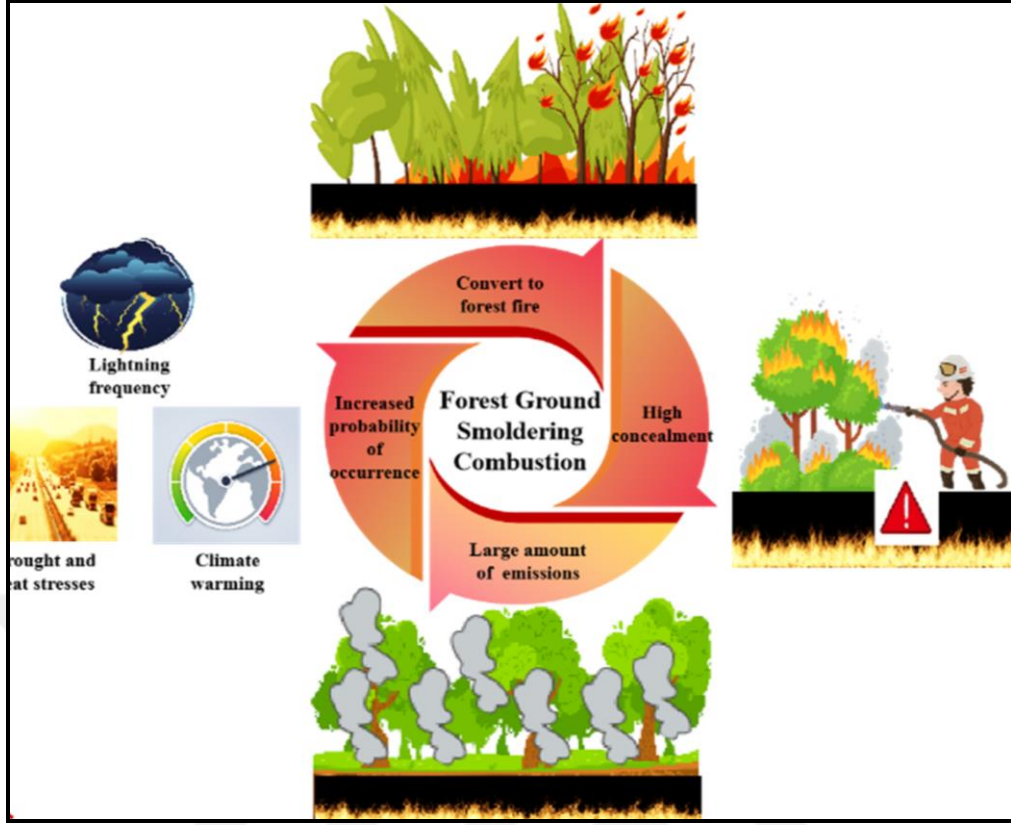
Ülkemizde ise orman yangınları ile farklı coğrafik bölgelerde her dönem küçük ya da büyük ölçekte karşılaşmaktadır. Bu yangınların büyük bir bölümü sıcaklık ve nem koşullarının çok yüksek olduğu yaz aylarında Akdeniz ve Ege Bölgelerimizde gerçekleşmektedir. Ancak son yıllarda özellikle küresel ısınmanın etkilerine bağlı olarak da daha yarı nemli ve nemli iklim özelliklerinin hâkim olduğu Karadeniz ve Marmara Bölgelerimizde de orman yangınlarıyla mücadele edilmektedir. Buna göre özellikle 2018 yılına kadar geçen süreçte yaklaşık 1,6 milyon ha orman alanının zarar gördüğü ülkemiz orman rejyonunda son yıllarda özellikle 2020 yılından itibaren orman yangınlarının sayısında ve büyüklüğünde önemli bir artış yaşanmıştır. Bu durumun temelinde küresel ısınmaya bağlı yüksek ortam sıcaklıklarının meydana gelmesi kadar rekreasyonel faaliyetler sırasında gösterilen ihmallerin de rolü büyüktür (Abay vd., 2022). Yangınlara karşı alınacak teknik, hukuki ve idari tedbirlerin zamanında ve gerektiği ölçekte

uygulanması bu önemli zararın meydana gelmesinde azaltıcı bir rol oynamaktadır. Nitekim, gelişim çağları itibarıyla henüz idare süresini doldurmamış ve bakım uygulamalarına konu olan saf ve karışık ormanların doğal veya yapay yollarla tesisi sırasında bakım patikalarının, yangın emniyet yol ve şeritlerinin gerektiği gibi iyi planlanarak gerektiği yoğunlukta yapılması, bakım uygulamalarında gerekli teknik müdahalelerin zamanında ve tekniğine uygun bir şekilde gerçekleştirilerek yangının oluşmasında etkili olan yanıcı maddenin hızla azaltılması ve ormanların dayanıklılığının artırılması bu önlemlerin başında gelmektedir. Ancak tüm bu önlemlerin yanı sıra eğitim seviyesi veya sosyal konumu ne olursa olsun tüm halkımızın orman yangınlarıyla mücadele bilinçlendirilmesi ve aynen deprem riskinde olduğu gibi koruma ve mücadele yöntemlerinin pratik olarak aktarılması da diğer bir tedbir olarak mutlaka sosyal bakış açısıyla uygulanmalıdır. Nitekim bu konuda ülkemiz ormanların işletilmesi ve korunmasından hukuksal olarak sorumlu olan Orman Genel Müdürlüğünün merkez ve taşra birimleri tarafından çok sayıda eğitim seminerleri, çalıştaylar, sempozyumlar ve konferanslar gibi farklı ölçeklerde faaliyetler gerçekleştirilmekte ve halk her açıdan bilinçlendirilmeye çalışılmaktadır.

1.4. Yanan Alanların Restorasyonu

Yanan orman alanlarının restorasyonu veya diğer adıyla orman rehabilitasyonu; yangın sonrası ekosistemin iyileştirilmesi ve yeniden ormanlaştırılması sürecidir. Bu süreç, sadece ağaç tabakasını alana getirmek için yapılan teknik faaliyetlerden ibaret değildir; toprağın iyileştirilmesi, yerel biyolojik çeşitliliğin korunması, zarar gören gen kaynaklarının rehabilitesi ve doğal süreçlerin yeniden canlandırılmasını da kapsamaktadır (Keenan vd., 2015).

Orman yangınlarından sonra ortaya çıkan restorasyon veya diğer adıyla rehabilitasyon uygulamalarında zamansal ve mekânsal planlamanın çok başarılı bir şekilde tüm teknik, ekolojik ve ekonomik hususlar dikkate alınarak hiç vakit kaybedilmeden gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Buna göre, restorasyon uygulamalarının ilk aşamasını hasar tespiti ve planlama aşaması oluşturmalıdır. Bu amaçla meydana gelen yangın oluşum ve söndürme döngüsü yakından incelenmelidir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Yangın döngüsü (Tang vd., 2024).

Bu aşamada, yangının etkilediği alanların haritalanması sağlanmalı, toprak, bitki örtüsü ve hayvan türlerinin ne derece etkilendiği analiz edilmeli ve hangi alanların doğal olarak yenilenebileceği, hangilerinin dışarıdan insan eliyle yapay müdahale gerektirdiği saptanmalıdır (Viana-Soto vd., 2017). Daha sonra sahanın aktüel eğim durumuna göre eğer varsa erozyon tehlikesine karşı gerekli fiziksel önlemler başta teras yapımı ve istinat duvarı inşaatı gibi sağlanmalıdır (Liu vd., 2019). Yangın sonrası restorasyon çalışmalarında özellikle zarar gören orman ekosisteminin sahip olduğu aktüel fonksiyonel özelliklerini geri kazanabilmek için mümkün olduğunca bu süreci hızlandıracak uygulamaların başında, yangının etkinliğine ve şiddetine rağmen doğal gençleştirme ve rehabilitasyon özelliklerini hali hazırda yitirmemiş olan en küçük alanlarda dahi bu yapı ve oluşum ilgili süreçler korunarak desteklenmelidir (Brancaion ve Chazdon, 2017). Doğal gençleştirme ve ıslah süreçlerinin gerçekleşmesinin mümkün olmadığı aşırı tahrip edilmiş kısımlarda ise yeniden orman ekosistemini imar etmek için tek yol, insan eliyle dışarıdan müdahalelerde bulunarak orman tesis etmektir. Bu süreçte kimi noktalarda yapay gençleştirme denenebilecek bir çözüm yolu olarak ortaya çıkmasına karşın genellikle yapılacak en kapsamlı uygulama orman içi ağaçlandırma çalışmasıdır. Bu itibarla yanan alanın öncelikle

doğal ve yerli turleri ve bu turlere ait yerel orijinlerden elde edilen tohumlar veya bu tohumlardan yetiştirilen fidanlar ekim ve dikim uygulamalarında öncelikle tercih edilmelidir. Bu durum yeniden orman kurma çalışmalarında özellikle adaptasyon şoku riskinin ortadan kalkmasına hizmet ettiği gibi aynı zamanda adaptasyon süresini de önemli ölçüde kısaltmaktadır (Liu vd., 2019). Bunun yanı sıra yaban hayatı desteklenmeli, su ve barınma imkanları korunmalı veya zarar görenleri yeniden inşa edilerek kullanımlarına sunulmalıdır (Ryu vd., 2017). Tüm uygulamaların ardından periyodik olarak özellikle vejetasyon dönemlerinde yangın restorasyonun gerçekleştirildiği alandaki vejetasyon ve büyüme eğilimleri yakından takip edilmelidir. Bu kapsamda özellikle yeterli düzeyde ekim ve dikim başarısının sağlanamadığı meşcere kısımlarında vakit geçirilmeden tamamlama uygulamaları yine yerli türler ve orijinler kullanılarak sağlanmalıdır. Bu konuda sadece ağaçların ve diğer vejetasyon örtüsünün sahip olduğu ya da yaşadığı değişimler incelenmemeli aynı zamanda toprak biyolojisi ve makro fauna da yakından takip edilmelidir. Özellikle yangın öncesinde ormanın doğal ekosistem yapısı dahilinde o bölgede yaşayan yaban hayatını meydana getiren türlerin ve bu türlerin yangın sonrası gerçekleştirilen restorasyon uygulamaları sonrasındaki geri dönüş sayısı ve oranları kesinlikle görsel ve yazılı kayıt altına alınmalıdır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Birçok orman ekosisteminde, belirli ağaç türlerinin mimarisi ve işlevsel ekolojisi orman yapısını tanımlar ve türlere özgü özellikleri ekosistem dinamiklerini kontrol etmektedir. Bu tür temel ağaç türleri, zararlıların ve patojenlerin getirilmesi ve salgınları, bireysel taksonların seçici olarak uzaklaştırılması ve aşırı hasat nedeniyle dünya çapında azalmaktadır. Bir dizi vaka çalışması yoluyla, temel ağaç türlerinin kaybının çeşitli diğer türlerin bağlı olduğu yerel çevreyi değiştirdiğini; bunun ayrışma oranları, besin akışları, karbon sekestrasyonu ve enerji akışı dahil olmak üzere temel ekosistem süreçlerini nasıl bozduğunu ve ilişkili su ekosistemlerinin dinamiklerini önemli ölçüde değiştirdiğini bu araştırmanın bulguları göstermiştir. Dinamiklerin bir veya birkaç temel tür tarafından kontrol edildiği ormanlar, az sayıda güçlü etkileşim tarafından domine edilmekte ve küçük bozulmalardan sonra bile kararlı durumlar arasında geçiş yapmaya oldukça duyarlı olabilmektedir. Birçok temel türün devam eden düşüşü, temel türleri belirlemek, ekosistem yapısında ve işlevlerinde bu türlerin kaybindan sonra ortaya çıkacak ani, kısa ve uzun vadeli değişiklikleri öngörmek ve iyileştirici koruma ve yönetim seçenekleri sunmak için gereken araştırma araçlarını, modelleri ve ölçümleri geliştirmek için önemli doğal fırsatları tespit etmek ve bu fırsatları yanan alanların restorasyonunda vakit kaybetmeden başta vejetasyon örtüsünü korumak suretiyle değerlendirmek önemlidir (Ellison vd., 2005)

Titrek kavak (*Populus tremula*) eşeyli ve eşeysiz olarak kök sürgünlerinden üreyebilmekte olup, ikinci üreme şekli yaygındır. Potansiyel tohum üretimi muazzam olmasına rağmen doğal tohum kökenli gençlikleri oldukça nadirdir. Titrek kavakta yapılan bu çalışmada, farklı nem koşullarının yanmış toprakta kavak gençliklerinin çıkışını ve hayatta kalmasını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Mineral toprakta ve humusta bir ekim deneyi kurulan çalışmada, ekim işlemi 15 blokta (1×1 m) 240 mikro sahada (07 cm) yapılmıştır. Mineral toprakta toplam 1463 fidan ve humusta 26 fidan belirlenmiştir. Sulama, örtme, bunların etkileşimi, blok ve ekim zamanı fidan sayısı üzerinde önemli etkilere sahip olmuştur. En fazla fidan sayısı, sulanan ve örtülen mikro sahalarda kaydedilmiştir. Fidanların hayatta kalma oranı büyüme mevsiminde %20 ve kışın %45 olmuştur. Tohum yatağı koşullarının ve nemin kavakta eşeyli üreme için en önemli faktörler olduğu sonucuna varılmıştır. Kısa vadeli hava koşullarının fidan çıkışı üzerinde önemli etkisi olmuş ve arazi çalışmalarını büyük ölçüde etkilemiştir (Latva-Karjanmaa vd., 2006).

Akdeniz havzasında yanmış ormanların yangın sonrası restorasyonu genellikle dikim veya doğrudan tohum ekimini içerir ve çoğunlukla kütük sürgünlerini kullanmak yoluyla doğal yenilenmenin kullanımı ihmal edilmektedir. Bu çalışma, Portekiz'in merkezinde yanmış bir alanda dikilmiş ve yeniden kütük sürgünü vermiş *Fraxinus angustifolia* (dar yapraklı dişbudak) ve *Quercus faginea*'nın (Portekiz meşesi) hayatta kalma oranlarını ve boyutlarını, 20-22 aylık bir büyüme döneminden sonra karşılaştırmayı amaçlamıştır. Yetişkin dişbudak ve meşe ağaçları Eylül 2003'teki bir orman yangınında yanmış ve alandan tamamen elimine olmuştur. Yeniden filizlenen sürgünlerin hayatta kalma oranları ve boyları yangından 21 ay sonra bu araştırma ile değerlendirilmiştir. Fidanlıklardan gelen fideler aynı alana hem 2004 hem de 2005'te Ocak-Mart aylarında dikilmiş ve hayatta kalma oranları ve gelişim süreçleri dikimden 20-22 ay sonra değerlendirilmiştir. Meşe örneğinde, yeniden alana gelen kütük sürgünlerinde hayatta kalma oranı, dikilen fidanlara göre daha yüksek (%98'e karşı %77 ve %67, 2004 ve 2005'te dikilen ağaçlar için sırasıyla) bulunmuştur. Boy gelişimi, sürgünden gelen bireylerde dikilen fidanlara göre çok daha yüksek (meşede 4-5 kat daha yüksek; dişbudakta 2-3,8 kat daha yüksek) olmuştur. Sonuçlar, yeniden sürgünden gelme yoluyla doğal rejenerasyonun, birçok Akdeniz geniş yapraklı ormanında olduğu gibi, büyük oranda yanmış ormanları restore etmek için dikimden daha ucuz ve daha etkili bir teknik olabileceğini desteklemiştir (Moreira vd., 2009).

Yangın sonrası bir ortamın restore edilebilmesi için acil teknik faaliyetlerin uygulanması gerekmektedir. Kurtarma amaçlı ağaç kesimi ve ardından ağaçlandırma, kuzeybatı İtalyan Alplerindeki birçok ormanda yangın sonrası restorasyonda yaygın bir işlemdir. Bu çalışmada, orman yangınları sonrasında *Pinus sylvestris* rejenerasyonunu artırmak için hangi yaklaşımın en uygun olduğunu belirlenmesi amaçlanmıştır. Beş yönetim seçeneğinin (müdahale yok; kurtarma amaçlı ağaç kesimi; geniş yapraklı ağaç ekimi; *Larix decidua* ekimi; *Pinus sylvestris* veya *Pseudotsuga menziesii* ekimi) ve çevresel değişkenlerin doğal rejenerasyon yapısı ve bileşimi üzerindeki etkisi doğrudan incelenmiştir. Araştırma sonucunda müdahale olmayan alanda doğal rejenerasyonun yoğunluğu, boyutu ve yapısal çeşitliliği daha yüksek seviyede belirlenmiştir. Diğer taraftan elde edilen bulgulara göre, doğal restorasyon süreçlerinden yararlanmanın, yangın sonrası yönetim politikasına göre benimsenen aktif restorasyon uygulamalarına en uygun alternatif strateji olabileceği ortaya çıkmıştır (Beghin vd., 2010).

Orman ekosistemlerinin iklim değişikliği altındaki gelecekteki yörüngesi yoğun bir şekilde tartışılmaktadır. İklim değişikliğinin orman ekosistemleri üzerindeki etkilerine ilişkin önceki çalışmalar, esas olarak değişen iklim koşullarının doğrudan etkilerine odaklanmışken, bozulma olaylarıyla etkileşimler büyük ölçüde ihmal edilmiştir. Bu konuda gerçekleştirilen bir araştırmada, kuraklık ile yangın bozulması arasındaki etkileşimleri araştırmak ve bunların Avrupa Orta Alplerindeki ağaç türü değişimleri üzerindeki etkilerini değerlendirilmesi amaçlanmıştır. İsviçre'nin Rhone vadisinde orman yangınından sonra bir ormanlık alanın ağaç üremi, rakımsal sıcaklık ve nem gradyanı boyunca ölçülmüştür. Ağaç üremi, öncü türlerde (*Betula pendula*, *Populus tremula* ve *Salix appendiculata*) yangın öncesi ormanlık alan oluşturan türlere (*Larix decidua*, *Picea abies* ve *Pinus sylvestris*) göre daha başarılı bulunmuştur. Fide ve genç ağaç yoğunluğu yangın yoğunluğuyla ilişkili değildi, ancak türlerin yaşaması orman kenarına olan mesafeyle korelasyon göstermiştir. Fidanların yaşaması için fırsat penceresi kısalmış (1-2 yıl) ve nem eksikliği daha düşük rakımlarda ağaç yetiştirilmesi için ana sınırlayıcı faktör olarak orta çıkmıştır. Devam eden küresel ısınma altında tahmin edildiği gibi, uzun kuraklık dönemlerinin, Orta Alplerin düşük rakımlarında yangın rahatsızlığından sonra ağaç yetiştirilmesi başarısını daha da kötüleştireceğini ve sonunda daha kuraklığa dayanıklı türlere veya ormansız bitki örtüsüne doğru bir kaymaya yol açabileceğini olasılığı ortaya çıkmıştır (Moser vd., 2010).

Yangın sonrası rehabilitasyon alanlarındaki tohum yatakları ile ilgili olarak yapılan bir araştırmada, 40-50 yıl boyunca kendiliğinden ardışıklık geçiren ve daha sonra kısmen yanan terk edilmiş orman alanlarında tohum yataklarının durumu incelenmiştir. Çalışmanın temel amacı, çam ormanlarının erken ardışıklık aşamasında kendiliğinden çıkan yangının tür sayısında, çeşitlilikte ve tohum bankalarının yoğunluğunda bir azalmaya ve uzun vadeli kalıcı tohum bankaları oluşturan türlerin payında bir artışa neden olup olmadığını incelemektir. Ayakta duran bitki örtüsü ve toprak tohum bankaları, kendiliğinden çıkan yangından bir ve on iki yıl sonra bitişik yanmış ve yanmamış alanlardaki 20 kalıcı parselde incelenmiştir. Yangından bir yıl sonra her iki alandaki tohum bankalarındaki tür sayısı benzerdir. Yanmış alanda Shannon indeksi ve tohum bankası ile ayakta duran bitki örtüsü arasındaki floristik benzerlik daha düşük ve tohum yoğunluğu yanmamış alana göre beş kat daha yüksek (15 691,5 m²'ye karşı 3426,5 m²) bulunmuştur. Bu, esas olarak yanmış parsellerden çimlenen *Calluna vulgaris* (L.) Hull ve *Spergula morisonii* Boreau

gençliklerinin yüksek sayısının etkisiyle ortaya çıkmıştır. Yangından on iki yıl sonra her iki tohum bankasındaki tür sayısı çok az artmış, ancak yanmış alandaki (1742,5 m²) tohum yoğunluğu 16 kat azalırken, yanmamış alandaki yoğunluk yalnızca hafif bir şekilde değişmiştir (2875,5 m²). Aynı zamanda, yanmış alan için Shannon indeksi önemli ölçüde artarken, yanmamış alan için değişmemiştir. Çalışmada, uzun vadeli kalıcı toprak tohum bankasının, ılıman iğne yapraklı orman bitki örtüsünün yangın sonrası yenilenmesinin başlangıcında temel bir rol oynadığı saptanmıştır. Yanmış toprak tohum bankalarından, yanmamış toprak tohum bankalarından birkaç kat daha fazla sayıda *Calluna* gençliğinin çimlenmesi, yangından kaynaklanan ısının funda tohumlarında uykuda kalma süresini kaybetmeye neden olduğunu göstermiştir (Kwiatkowska-Falinska vd., 2014).

Yangın, tohum ağaçlarını ortadan kaldırarak, toprak özelliklerini değiştirerek veya bozulma mirasları yoluyla mikro alan ve toprak koşullarını değiştirerek yerleşimi sınırlayabilmektedir. Ancak, toprak miraslarının yangın sonrası yerleşim üzerindeki etkisi nadiren incelenmiştir. İç Alpler ormanlarında 257 hektarlık bir orman yangınında sarıçam gençliğinin yayılışı bir araştırmada analiz edilmiştir. Bu araştırmada amaçlar, (1) artan yangın şiddeti gradyanı boyunca toprak yüzeyindeki yangın yoğunluğunu ve üst toprak ısınmasını modellemek; (2) yangın şiddeti gradyanı boyunca toprak özelliklerindeki farklılıkları değerlendirmek; (3) bozulma ve toprak miraslarının çam fidanlarının yoğunluğu üzerindeki etkisini modellemek şeklinde belirlenmiştir. Birinci Derece Yangın Etkileri Modeli ile yangın davranışını ve toprak ısınmasını yeniden yapılandırılmış, yangın şiddetinin topraklar üzerindeki etkisini parametrik olmayan dağılımsal testlerle test edilmiş ve değişken bir seçim prosedürünü izleyerek bir gençlik yoğunluğunu alan, bozulma ve toprak yapısı bir fonksiyonu olarak modellenmiştir. Üst toprak ısınması orta ve yüksek şiddetteki yangınlar arasında belirgin şekilde farklılık göstermiş ve sadece ikincisinde toprak özelliklerini güçlü ve kalıcı olarak değiştirecek kadar yüksek sıcaklıklara ulaşmıştır. Yüksek yangın şiddeti, toprak tutarlılığının ve ıslak agregat stabilitesinin azalmasına neden olmuştur. Yanmış topraklar, yanmamış olanlara göre daha düşük organik madde ve kanyonlara sahip bulunmuştur. Çam gençlikleri düşük verimli, aşınmış ve kimyasal olarak zayıf alanları tercih etmiştir. Gençleşme, kaba odunsu kalıntıların varlığıyla kolaylaşmış, ancak tohum kaynağından artan mesafeyle engellenmiştir. Bu sonuçlar, kuru, iç alpin vadilerinde, yangın kalıntılarının ve toprak miraslarının sarıçamın yeniden gençleşmesinin başarısını belirlemede etkileşime girdiğini göstermiştir. Yüksek şiddetteki yangın, uygun

toprak koşullarını teşvik etmiş, ancak tohum kaynağından uzaklık ve çıplak toprakların yüksek buharlaşma oranları, başarılı bir restorasyonu sağlamak için azaltılması önerilmiştir (Vacchiano vd., 2014).

Orman yangını yönetimi son yıllarda artan yıkım, harcamalar ve karmaşıklık ile mücadele etmektedir. Dahil olan çok sayıda faktör ve bunların etkileşimlerinin karmaşıklığı göz önüne alındığında, sonuçlardaki belirsizlik hem politika hem de operasyonel düzeylerde orman yangını yönetim stratejilerinin belirgin bir özelliğidir. Bu nedenle, risk yönetimindeki ve risk tabanlı karar destek araçlarındaki iyileştirmeler, bu zorlukların ele alınmasında önemli bir role sahiptir. Bu konuda yapılan araştırmada, farklı düzeylerde ve ölçeklerde orman yangını yönetimi karar alma sürecini desteklemek için oluşturulan temel sistemler incelenmiş ve bunların başlangıçta manzara düzeyinde yangın büyüme simülasyonu ve yanma olasılığı değerlendirmesine odaklanmasından, maruz kalma ve ekonomik kayıp potansiyelinin dahil edilmesine (tutuşma olasılığının, yangın ortamının - arazi, yakıtlar ve hava - ve bastırma etkinliğinin olası yangın etkilerine dönüştürülmesine izin vererek), orman yönetimi ve planlama ile entegrasyona ve daha yakın zamanda gerçek zamanlı değerlendirme dahil olmak üzere risk altındaki değerlerin değerlendirilmesindeki gelişmelere doğru değişimi incelenmiştir (Pacheco vd., 2015).

Avrupa'da, orman yangınları esas olarak Akdeniz bölgesi ve İskandinavya'da orman dinamiklerinin ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilmektedir. Bu araştırmada, Orta Avrupa kumtaşı bölgelerinde bulunan sarıçamın hâkim olduğu yarı doğal ormanlarda bir yangın olayından sonra kendiliğinden iyileşme yeteneğini incelenmiştir. Özellikle, bitki örtüsü kompozisyonunun ve çeşitliliğinin gelişimini, yangın şiddetinin rolünü ve ağaç türlerinin yangına direnme yeteneğini gözlemlenmiştir. Araştırma, 1 ila 192 yıl arasında değişen yangın sonrası yaş aralığında kendiliğinden yenilenen yanmış orman parsellerinde toplanan bitki örtüsü verilerinin nicel analizine dayanan bir zaman-mekân ikamesi yaklaşımını benimsemiştir. Araştırma sonucunda öncelikle ağaç katmanının direncinin tür bileşimine ve yangın şiddetine bağlı olduğu ortaya çıkmıştır. Buna karşılık orman alt katmanı, düşük şiddetteki yangınlara dahi direnç gösterememiştir. Tüm çalışma alanları yapısal ve bileşimsel dayanıklılık göstermesine rağmen tüm alan katmanlarındaki bitki örtüsünün hızla iyileşmesi yaklaşık 140 yıl sonra yangın öncesi alanlarla benzer bir tür bileşimine geri dönmesiyle ancak mümkün olabilmıştır. Yangın sonrası erken aşamalarda,

geniş yapraklı öncü türler ve *Pinus sylvestris* ağırlıklı bir yapıya sahipken, ancak alan gelişimi sırasında, daha gölgeye dayanıklı ve yangına duyarlı ağaç türlerinin daha yüksek orantılı bolluğuna sahip alanlara doğru sürekli bir değişim ortaya çıkmıştır. Bu nedenle 200 yılda en az bir kez meydana gelen periyodik orman yangınlarının, ılıman kumtaşı arazilerinde sarıçamın hâkim olduğu ormanların varlığını sürdürmesinde çok önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Adámek vd., 2016).

Yangın sonrası toplam ağaç fidanı yerleşimi (tüm türler bir arada) yangın sonrası kuraklığın şiddetinin artması ve tohum kaynaklarına olan mesafenin artmasıyla (yani yanık alanlarının iç kısımları) keskin bir şekilde azalmaktadır. Etkiler önemli tür grupları arasında değişiklik gösterebilmektedir. Alp yüksek dağ ormanlarında gerçekleştirilen bu araştırmada, günümüz subalpin ormanlarına hâkim olan iğne yapraklılar için (*Picea engelmannii*, *Abies lasiocarpa*), yangın sonrası fidan yerleşimi her iki faktörle de keskin bir şekilde azalma eğilimi göstermiştir. Gelecekteki iklim değişikliği altında yamaç yukarı hareket etmesi beklenen dağlık türler (*Larix occidentalis*, *Pseudotsuga menziesii*, *Populus tremuloides*) ve üst ağaç sınırı türleri (*Pinus albicaulis*) için, yerleşim her iki faktörle de ilişkili bulunmamıştır. Daha serin/daha nemli yönlerde yangın sonrası fidan yerleşiminin daha fazla olması, yangın sonrası kuraklıklar sırasında yerel topografik sığınaklara işaret etmektedir. Gelecekteki kuraklık ve orman yangını desenleri beklendiği gibi ortaya çıkarsa, şu anda subalpin ormanlarını karakterize eden türlerin yangın sonrası gençlik oluşumu önemli ölçüde azalma eğilimine girebilecektir. Alt dağlık ve üst ağaçlık türlerinden gelen telafi edici artışlar bu azalmaları kısmen telafi durursa da, ancak ulaşılan bulgulara göre devam eden küresel ısınma ve artan orman yangını aktivitesi altında yüksek rakımlı ormanların bileşiminde ve yapısında yakın ve orta vadede önemli değişimler olduğu orta çıkmıştır (Harvey vd., 2016).

Ekolojik bellek, ekosistemlerin rahatsızlığa nasıl tepki verdiğinin merkezinde yer alır ve iki tür mirasla korunur: bunlar bilgi ve materyaldir. Tür yaşam tarihi özellikleri strese karşı uyarlanabilir bir tepkiyi temsil eder ve bir bilgi mirasıdır; buna karşılık, tek bir stres veya uyumsuzluk olayı tarafından üretilen abiyotik ve biyotik yapılar (tohumlar veya besinler gibi) materyal mirasları oluşturmaktadır. Bu mirasları destekleyen veya koruyan rahatsızlık özellikleri ekolojik dayanıklılığı artırır ve ekosistemin iyileşmesi için "güvenli bir çalışma alanı" sağlar. Ancak, rahatsızlık rejimleri ve çevre koşulları değiştikçe miraslar

kaybolabilir veya azalabilir ve yalnızca sistem rahatsız edildikten sonra ortaya çıkan bir "dayanıklılık borcu" oluşturabilir. Ekolojik belleğin rahatsızlık sonrası dinamikler üzerindeki güçlü etkileri, bireysel rahatsızlıkların (kesin olarak tahmin edilemeyen etkiler), rahatsızlıklar arasındaki etkileşimlerin ve iklim değişkenliğinin ekosistem dayanıklılığını etkilemek üzere bir araya geldiğini ima eder. Söz konusu bu araştırmada karşılaşılan bu durumlar bilimsel veriler ile açıklanmış ve öncelikle Kuzey Amerika'dan orman rahatsızlıkları örnekleriyle yeni bir ekosistem dayanıklılığı çerçevesi çizilmiştir. Belirli bir ekosistemde dayanıklılığı destekleyen mirasların belirlenmesi, bilim insanlarının ve kaynak yöneticilerinin, özellikle yangınların orman ekosistemlerinde ani değişimleri ne zaman tetikleyebileceğini ve ormanların ne zaman dayanıklı olabileceğini öngörmelerine yardımcı olan bulgulara ulaşılmasını desteklemektedir (Johnstone vd., 2016).

Ekosistemlerin bileşik bozulma rejimlerine verdiği tepkileri ve ekosistem değişimlerini belirlemede belirli olay dizilerinin etkisini anlamak hâlâ bir oldukça güçtür. Yangın-kuraklık etkileşimlerinin uzun vadeli bitki örtüsü dinamikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve bozulma kaynaklı özellik bileşimindeki ekosistem durumundaki (orman vs. orman dışı) değişiklikleri belirlemek için Akdeniz tipi ekosistemler için geliştirilen bir modellemenin etkinliğinin incelendiği bu araştırmada, fidanların tomurcuk ve son yıl sürgün oluşumundaki değişiklikler, artan bileşik bozulma sıklığı gradyanları üzerinde doğrusal olmayan, eşik tipi eğilimler göstermiştir. Bitki örtüsü bileşimi eşikleri çoğunlukla bileşik yangın-kuraklık bozulma alanının dar bir aralıkta kalmıştır. Ek olarak, özellik bileşimi değişimleri ve ekosistem durumunda ani değişiklik olasılığı yangın-kuraklık etkileşimleri tarafından teşvik edici nitelikte bulunmuştur. Bozulma olaylarının belirgin dizileri, orta düzeyde bireysel bozulmaların tekrarı durumunda bile bitki örtüsü geçişlerine neden olarak ekosistem dayanıklılığını belirgin olarak azaltmıştır. Aşırı kuraklık yılını, bir veya iki büyük yangın olayının izlemesi, yeniden tomurcukların ve sürgünlerin oluşumunda şiddetli bir engelleyici rol oynamıştır. Bu bozulma dizisi aynı zamanda ekosistem durumunda ani değişimleri (ormansızlaşma) tetikleyecek kadar güçlü bir mekanizma oluşturmuştur (Batllori vd., 2019).

Kanada'nın 2017'deki aşırı orman yangını sezonunda ülkede rekor kıran 1,2 milyon hektar orman alanı yanmıştır. Bu benzeri görülmemiş olaydaki temel faktörler, o dönemde hâkim olan aşırı sıcak ve kurak koşullar olarak belirlenmiştir. Bu koşullar aşırı yangın hava

durumu ve davranış ölçümlerine de temel oluşturmuştur. Bir olay atfı yöntemi ve geniş bir bölgesel iklim modeli simülasyonları topluluğu kullanarak, olayı ve yanmış alanı etkileyen risk faktörlerinin antropojenik iklim değişikliği nedeniyle önemli ölçüde arttığını bu araştırmadan elde edilen sonuçlar ispatlamıştır. Gözlemlenen maksimum sıcaklık anomalilerinin olasılığının %95'inden fazlasının antropojenik faktörlerden kaynaklandığını, olayın yüksek yangın hava durumu/davranış ölçümlerinin 2-4 kat daha olası hale geldiğini ve antropojenik iklim değişikliğinin yanan alanı 7-11 kat artırdığını araştırma bulguları göstermiştir. Kanada'da meydana gelen orman yangını uç noktaları üzerindeki iklim değişikliğinin bu derin etkisi, muhtemelen diğer bölgelere de yansımış ve gelecekte artış gösterici modeller yardımıyla tespit edilmiş ve orman yönetimi, halk sağlığı ve altyapıya daha fazla dikkat gösterilmesini araştırmadan elde edilen bulgular zorunlu kılmıştır (Kirchmeier vd., 2019).

Yüksek şiddetteki yangınlar, yangınla ilgili özelliklerden ve belirli adaptasyonlardan yoksun bitki türlerini içeren orman ekosistemlerini derinden etkileyebilir. Arazi yöneticileri ve politika yapıcılar, bu ekosistemleri düzgün bir şekilde yönetmenin, yönetim hedeflerine ulaşmak için tasarlanmış bozulma sonrası müdahaleleri benimsemenin ve gerekli ekosistem hizmetlerini geri yüklemenin önemini farkında olmalıdır. Son araştırmalar, yangın sonrası kurtarma kütüklerinin kaldırılması doğal yenilenme dinamiklerini olumsuz etkilediğini ve böylece önceki bozulmayla zararlı bir etkileşim nedeniyle ardışık yolları değiştirdiğini sıklıkla bulmuştur. Bu konuda yapılan bir araştırmada, bozulma sonrası müdahalelerin (farklı ölü odun yönetim stratejileri benimseyerek) etkilerini karşılaştırarak bunların potansiyel olarak ağaç yenilenme oluşumunu ve hayatta kalmasını etkileyen mikro iklim koşulları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Batı Alpler'deki en büyük ve en şiddetli orman yangınlarından birinin, ağaç değiştirme davranışını etkilemesinden (ağaç ölüm oranı %100) sonra, *Pinus sylvestris* L.'nin hâkim olduğu bir dağ ormanı, yangın sonrası üç müdahale benimsenmiş (SL-Tüm kütüklerin kesilmesi; CR-Kes ve Bırak, kütükleri kesip yerdeki tüm ölü odunları serbest bırakma; NI-Müdahale Yok, tüm kütüklerin ayakta bırakılması). Müdahaleler arasındaki mikro iklim koşulları (albedo, yüzey pürüzlülüğü, güneş radyasyonu, toprak nemi, toprak sıcaklığı) ile ilgili farklılıklar farklı mekansal ölçeklerde (saha, mikro saha) analiz edilmiştir. Yönetim müdahaleleri, rejenerasyon için güvenli sahaların varlığını ve yoğunluğunu etkilemiştir. Kütüklerin bırakılması, toprak sıcaklığını artırarak ve toprak

nemini azaltarak sert yangın sonrası mikro saha ortamına katkıda bulundu. Bunun yerine, ölü odunların varlığı, fideler için mikro iklim koşullarının iyileştirilmesinde kolaylaştırıcı bir rol oynamıştır. CR müdahalesi en yüksek toprak nemine ve en düşük toprak sıcaklığına sahip olmuş ve bu, yangın sonrası ilk yıllarda fidelerin hayatta kalması için çok önemli olmuştur. Yenilenme için tercih edilen mikro alanların mevcudiyetini etkileyen mikro iklim koşulları üzerindeki olumsuz etkisi nedeniyle, yangın sonrası ortamlarda uygulanacak tek müdahale olarak düşünülmemelidir. İncelenen ekosistemlerde, belirli yönetim eylemleri gerektiren tehdit veya tehlikelerin yokluğunda, hiçbir müdahale yapılmaması, tüm ölü odunların sahada bırakılması, fidanların alanda tutunması için daha iyi mikro iklim koşullarıyla sonuçlanmıştır. Doğal süreçleri hızlandırmak ve yenilenme için güvenli alanları daha da artırmak için tercih edilen bir strateji, ölü odunları (en azından kısmen) yere bırakırken ayakta duran ölü ağaçları kesilmesi önerilmektedir (Marcolin vd., 2019).

Yangın sonrası restorasyon uygulamalarında titrek kavak (*Populus tremuloides*), ABD'nin batı ormanlarının önemli bir bileşendir, ancak kavak gençliklerinin kuruması, hayatta kalması ve büyümesi süreçleriyle ilgili bilgi sınırlıdır ve sıklıkla bilimsel açıdan kanıtlanmamış uygulama tecrübelerinden elde edilen bilgilere dayanmaktadır. Güney Utah'ta yaygın bir yangın sonrası orman restorasyon uygulamalarının ardından, >1000 kavak fidanının mekansal kurulma modellerini bu araştırmada incelenmiş ve iki büyüme sezonu boyunca hayatta kalmaları ve büyümeleri araştırılmıştır. Özellikle, manzara düzeyindeki değişkenlerin, mikro alan faktörlerinin ve sürgünlerle rekabetin kavak fidanlarının adaptasyonu, hayatta kalması ve büyümesi üzerindeki etkisini geniş ölçekli bir şekilde araştırmış ve ele alınmıştır. Kavak fidanları, 29.000 ha yangın ayak izinin devam ettiği geniş alanlarda, ortalama 23.033 fidan/ha parsel yoğunluğuyla ve tutma olasılığı daha yüksek rakımlarda ve tohum kaynaklarına daha yakın yerlerde oluşmuştur. Kavak fidanları tercihen içbükey mikro alanlarda tutunmuş ve yanmış toprakla sıkı bir şekilde ilişkili büyüme eğilimleri gösterdiği belirlenmiştir. Etiketlenen fidanların toplam %33'ü iki büyüme sezonundan sonra hayatta kalmıştır. Fidanların yaşama yüzdesi, yakındaki sürgünlere yakın olan kavak bireylerinin hayatta kalma oranına göre daha düşük olması ve yüksek sürgün yoğunluğuna sahip parsellerde fidan büyümesinin azalmasıyla, birlikte bulunan kavak sürgünleriyle rekabetten büyük ölçüde olumsuz yönde etkilenmiştir. Kavak tohumlarının uzun yayılma mesafeleri ve tohumların başlangıçtaki yangın kuraklığı sonrası

koşullardan yararlanma yeteneği göz önüne alındığında, kavakta eşeyli rejenerasyon, özellikle yüksek yanma şiddetine sahip büyük alanların bulunduğu yangınların ardından, orman dayanıklılığını ve ilişkili ekosistem hizmetlerini sürdürmek için önemli bir fayda sağlayabileceği bu araştırma ile belirlenmiştir (Kreider ve Yocom, 2021).

Büyük ve şiddetli orman yangınlarından sonra, özellikle belirli yangına uyum özelliklerine sahip olmayan türler için ağaç yenilenmesinin sağlanması zor olabilir. Sert ortamlarda, ölü odun tarafından sağlanan ve mikro iklim koşullarını iyileştiren elverişli mikro alanların varlığı, orman örtüsünün yeniden oluşturulması ve böylece iyileşme dinamiklerinin teşvik edilmesi için hayati önem taşır. Aktif restorasyon stratejileri, bu dinamikler üzerinde etki yaratabilir, onları değiştirebilir veya engelleyebilir. Bu çalışmanın ana hipotezi, ölü odun miktar ve mekansal düzenleme açısından manipüle etmenin doğal yenilenme yoğunluğu ve bileşiminde farklılıklara yol açabileceğidir. Ormanlarda ölü ağaçlara müdahale etmeden ve artan ölü odun manipülasyonu eğimi boyunca farklı yangın sonrası restorasyon tedavilerine tabi tutulan yüksek şiddetli bir orman yangınından etkilenen bir alanda, yangın sonrası yenilenme dinamikleri ve ölü odunun fidelerin kurulması için güvenli alanların oluşturulmasında zaman içinde oynadığı rol araştırılmıştır. Yangından 5 ve 11 yıl sonra iki envanter yapılmıştır. Toprak örtüsü oranı, kurtarılan alanlarda yatan ölü odun değerlerinin daha düşük olmasıyla, uygulamalar arasında önemli ölçüde farklıdır. Her iki araştırmada da ölü oduna yakın bir yerde rejenerasyon kurulması olasılığının daha yüksek olduğu bulundu ve bu, yangın sonrası orman rejenerasyonunda ölü odunun kolaylaştırıcı rolünü doğrulamıştır. Ölü odun kolaylaştırmasından kaynaklanan mikro saha dinamikleri vurgulandı ve kurtarma süreçleri çevre koşullarını yavaşça iyileştirdikçe, ölü odun elemanları ile fideler arasındaki kuruluş olasılığı ve anizotropik ilişkiler zamanla değişmiştir. Orman yangınlarının etkilediği kuru dağlık alanlarda, ölü odunu kaldırarak, kurtarma amaçlı kütük kesimi rejenerasyon için güvenli alanların sayısını azaltmış ve ekosistemin iyileşmesini daha da bozmuştur. Pasif yönetim, bu koşullarda ekolojik olarak tercih edilen yönetim stratejisi olmalıdır, ancak ara müdahaleler (örneğin, budama yapmadan kesme, ölü odunu yerde bırakma) etkili alternatifler olabilmektedir (Lingua vd., 2023).

Son yıllarda, birkaç orman yangını Orta Avrupa daki geniş ormanlık alanları yok etti ve bununla birlikte gelecekte yangın riskinin artacağı tahmin edilmektedir. Ancak, bu bölge

için orman yönetiminin etkisi de dahil olmak üzere yangın sonrası ardıllık hakkında çok az şey bilinmektedir. Büyük, 334 hektarlık yanmış bir çam ormanı standındaki 200 parselde, öncü ağaç türleri *Betula pendula* Roth, *Pinus sylvestris* L., *Populus tremula* L. ve *Salix caprea* L.'nin doğal yenilenmelerinin yeniden kolonizasyon desenlerini, şiddetli bir orman yangınından iki yıl sonra incelenmiştir. Genel olarak doğal yenilenme çoğu parselde yapay yenilenmeden daha yüksek yoğunluğa ulaşmıştır. Yangın şiddetinin, yangın sonrası orman yönetiminin (tam ve kısmi kurtarma tomrukçuluğu ve kızak trafiği, sürme ve tırmıklama gibi toprak bozulması) ve bir sonraki potansiyel tohum kaynağına olan mesafenin ağaç yenilenme sayısına olan etkisi çoklu doğrusal regresyonla test edilmiştir. Yüksek yangın şiddetleri çam, titrek kavak ve söğüt bolluğunu azaltmıştır. Araştırılan dört ağaç türünün de yenilenmesi orman yönetiminden etkilenmiştir. Yüksek huş ağacı gençleşmesinin, kızak trafiği veya erken sürüm ile birlikte tamamen kurtarılmış kütük parselleri ve herhangi bir orman yönetimi olmayan parseller için tahmin edilmiştir. Çam gençleşmesinin tamamen kurtarılmış kütük parsellerinde ve herhangi bir kurtarma günlüğü olmayan sahalarda en yüksek olacağı tahmin edilmektedir. Orman yönetimi, muhtemelen zamanlamanın bir etkisi olarak çoğunlukla huş, çam ve titrek kavakta daha düşük öngörülen gençleşme eğilimi göstermiştir. Söğüt gençleşmesi, geç sürüm içeren orman yönetimi tarafından desteklenmiştir. Huş ve çamın gençleşmesi, bir sonraki potansiyel tohum ağacına olan mesafe arttıkça azalırken, titrek kavak ve söğüt fidan yoğunlukları, rüzgarla mükemmel şekilde dağılmaları nedeniyle mesafeden etkilenmemiştir. Huş ve özellikle çam için, yeterli doğal gençleşme için yakın tohum ağaçları çok önemli bulunmuştur. Yanmış alanların yeniden kolonizasyonu, birkaç faktöre bağlı oldukça dinamik bir süreçtir. Ancak doğal gençleşme, uygun ormancılık uygulamalarıyla kolaylaştırılabilen hızlı ve uygun maliyetli bir yeniden ormanlaştırma yöntemi sunmaktadır. Yakın tohum kaynakları sağlamak için hayatta kalan ağaçların sahada yeşil adalar olarak tutulmasını önerilmiştir. Fidan kurumalarını önlemek için, orman yönetimi faaliyetleri doğal olarak yerleşmiş ağaç fidanlarının yaşam döngülerine göre uygulanmalıdır. Ayrıca, orman yangınlarından sonra uzun vadede daha çeşitli, yangına daha az eğilimli ormanlar kurmak için yaprak döken öncü ağaçların faydalarını ormancılıkta kullanması önerilmiştir (Schüle vd., 2023).

Devam eden iklim değişiklikleri nedeniyle ılıman ormanlar giderek daha fazla yangına maruz kalmaktadır. Ancak, şimdiye kadar yangın sonrası ılıman orman ekosistemlerinin kullanılan orman yönetim yöntemi açısından işleyişi zayıf bir şekilde tanınmıştır. Bu

konuda yapılan bir araştırmada, yangın sonrası orman restorasyonunun üç çeşidini (toprak hazırlığı yapılmadan doğal gençleştirmenin iki çeşidi ve toprak hazırlığını takiben dikim yoluyla yapay restorasyon) yangın sonrası sarıçamın (*Pinus sylvestris* L.) ekosisteminin gelişimindeki çevresel sonuçları açısından incelenmiştir. Çalışma, son on yıllarda Avrupa ılıman ormanlarındaki en büyük yangın sonrası yanan alanlardan biri olan Cierpiszewo Bölgesinde (Kuzey Polonya) bulunan uzun vadeli bir araştırma sahasında 15 yıllık bir zaman dilimi kullanılarak yürütölmüştür. Toprak ve mikro iklim değişkenlerine ve yangın sonrası am neslinin büyüme dinamiklerine odaklanılmıştır. Toprak organik maddesinin, karbonun ve çoğu incelenen besin elementi stokunun restorasyon oranlarının doğal gençleştirme parsellerinde yapay gençleştirmeden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu, öncelikle doğal olarak yenilenen parsellerdeki çamların daha yüksek yoğunluğuna ve yangından sonra daha hızlı organik maddenin yeniden yapılanmasına bağlanmıştır. Ağaç yoğunluğundaki fark, parseller arasındaki hava ve toprak sıcaklığındaki düzenli farklılıkları da göstermiştir (Sewemiak vd., 2023).

Genetik çeşitlilik, türlerin çevresel değişikliklere uyum sağlaması için olmazsa olmazdır. Büyük Havza'nın adaçayı bozkırındaki büyük orman yangınlarından sonra olduğu gibi restorasyon çalışmalarında, yanmış alanları yeniden bitkilendirmek için ticari olarak üretilen yerel tohumlar kullanılmıştır. Yerel tohum sertifikasyonu ve tedarik protokolleri, restorasyon için genetik olarak uygun tohumların kullanılmasını garanti etse de, yangın sonrası ekimin, manzara ölçeğinde vahşi alan popölyasyonlarının genetik bütönlüğünü nasıl etkilediği bilinmemektedir. Ekimin vahşi alan popölyasyonlarının genetik çeşitliliği üzerindeki etkilerini değerlendirmek için, ABD'nin güneydoğu Oregon ve güneybatı Idaho'sunda yakın zamanda meydana gelen bir mega yangının çevresindeki Bluebunch buğday otu (*Pseudoroegneria spicata* (Pursh) Á. Löve ssp. *spicata*) popölyasyonlarının genetik yapısının incelendiği bu çalışmada, 10 polimorfik lokus ile 760 örneği genotipleri belirlenmiştir. Ekimden dört ila beş yıl sonra, yakılmış veya yakılmamış tohum kontrol popölyasyonlarıyla karşılaştırıldığında popölyasyonlarda benzer genetik çeşitlilik ortaya çıkmıştır. Kısa vadede hiçbir değişiklik tespit edilmese de, yangın sonrası tohum ekiminden sonraki genetik çeşitliliğin izlemek için kullanılabilir deneysel bir temel bu araştırma ile sağlanmıştır (Aoyama vd., 2025).

Yangın, Orta Avrupa'nın ılıman enlemlerinde bile ormanlar ve plantasyonlar için giderek daha fazla risk oluşturmaktadır. Bu bölgedeki yangın ekolojisi hakkında çok az şey bilinmektedir ve bu nedenle, yanmış alanların yönetimi ve yeniden ormanlaştırılması için uygun yaklaşımlar çoğunlukla eksiktir. Brandenburg'daki (kuzeydoğu Almanya) bir sarıçam plantasyon bölgesinde, 1 yıl arayla yanan iki yakın alandaki erken ağaç yenilenmesi araştırılmıştır. Yangın olaylarından 3 yıl sonra, bir çalışma alanındaki ormanın, ortalama 7765 fidan/ha yoğunluğunda nispeten yüksek bir yenilenme gösterdiğini tespit edilmiştir. Avrupa titrek kavaklarının (%93) baskın olduğu diğer çalışma alanında ise ortalama 5061 fidan/ha yoğunluğunda daha düşük bir yoğunlukta yenilenmenin meydana geldiği belirlenmiştir (Jouy vd., 2025).



3. MATERYAL VE METOT

Orman yangınları sadece yangın alanı ile sınırlı kalmayıp sonrası içinde birçok planlama ve çalışmayı kapsamaktadır. Ülkemizde yaşanan güncel bir orman yangını örneğinden yola çıkarak, yangın sonrası yürütülen ağaçlandırma ve rehabilitasyon çalışmalarını değerlendirilmiştir. Uygulanan yöntemler, kullanılan türler ve sahadaki ekolojik koşullar çerçevesinde elde edilen veriler hem bilimsel hem de pratik açıdan önemli bilgiler sunmaktadır.

3.1. Materyal

Küresel ısınma ve ihmaller nedeniyle ülkemizin farklı ekolojik koşullara sahip olan coğrafik bölgelerinde meydana gelen yangınların sayısı son yıllarda artmakla birlikte, yangınlara karşı alınacak önlemlerle birlikte tüm önlemlere rağmen çıkan yangınlardan sonra gerçekleştirilmesi gereken yangın restorasyon ve rehabilitasyon uygulamaları da gün geçtikçe hem teknik hem de uygulama açısından büyük önem kazanmaktadır. Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu araştırmada da 2023 yılında ülkemizde çıkan toplam 2160 adet orman yangınından birisi olan ve toplamda 5,5 ha'lık alanın etkilendiği orman yangını sonrasında gerçekleştirilen restorasyon uygulamaları kapsamında Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) türleri ile gerçekleştirilen dikim uygulamalarına ilişkin adaptasyon yeteneği ve gelişme performansı değerlendirilmiş aynı zamanda yangının meydana geldiği alanda gerçekleştirilen vejetasyon analizleri ile 3 yıllık sonrası dönemde alana gelen türler ile ilgili incelemeler ve önemli bilimsel değerlendirmeler yapılmıştır. Buna göre, 2023 yılında araştırma alanını oluşturan Karabük iline bağlı Safranbolu ilçesinin mülki-idari sınırları içinde bulunan Gerenköyü kırsalında meydana gelen orman yangını 21 Eylül 2023 tarihinde meydana gelmiştir. Yangının haber alınmasını müteakiben Safranbolu Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı ekipler çok hızlı bir reaksiyon göstererek yangın mahaline çok kısa sürede ulaşmış ve yangına hem yerden hem de havadan müdahale edilmiştir. Yangın müdahale ekibinde 2 adet helikopter, 11 adet arazöz, 2 adet su ikmal aracı, 85 adet yangın söndürmede eğitilmiş profesyonel personel ve iş makineleri görev almıştır (OGM, 2023a). Yaklaşık 12-14 saatlik müdahalenin ardından kontrol altına alınan yangın mahalinde, hemen soğutma çalışmaları başlatılmıştır. Soğutma çalışmalarını takip eden ilk hafta içinde teknik heyet tarafından arazide yapılan incelemeler sonucunda,

hiç vakit kaybedilmeden sahanın yangından yoğun olarak zarar gören 3,2 ha'lık kısmında orman restorasyon ve rehabilitasyon uygulamalarının başlatılmasına karar verilmiş, gerekli teknik programlar oluşturulmuş ve hemen çalışmalara başlanılmıştır (Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3) (OGM, 2023b).



Şekil 3.1: Sahadaki örtü yangını (OGM, 2023b).



Şekil 3.2: Yangın sonrasında meşcerenin durumu (OGM, 2023b).



Şekil 3.3: Yangın sonrasında meşcere alt tabakası (OGM, 2023b).

Araştırma alanı iklim özellikleri itibarıyla Karadeniz makro iklim tipine ait olan Batı Karadeniz alt iklim tipinin etkisi altındadır. Buna göre yıllık ortalama sıcaklık 12,2°C, yıllık ortalama yağış 513.25 mm, hâkim rüzgâr yönü batı olup, vejetasyon dönemi uzunluğu 6-7 ay arasında değişmektedir (MGM, 2024). Ayrıca, Erinç ve De Mortanne indekslerine göre araştırma alanı yarı kurak-nemli geçiş iklim kuşağının etkisi altındadır. Bunun yanı sıra araştırma alanında erken ve geç don tehlikesi söz konusudur (Avcı, 1998; Kayran, 2020).

Yarı kurak iklim tipinin genel karakteristik özelliklerini gösteren araştırma alanında toprak yapısı jeolojik dönemler içinde Tersiyer zamanında oluşmuş olup bu zamana ait derin haza karakteristiği söz konusudur. Bu nedenle alanın kuzey ve kuzeydoğusu genel olarak çok engebeli ve dağlık bir yapı göstermekle birlikte havza içinde derin vadiler ve kanyonlar bulunmaktadır. Diğer taraftan genel olarak toprak fiziksel özellikleri itibarıyla araştırma alanındaki edafik faktörler genellikle orta derinlikte bir toprak yapısına hâkim olmakla birlikte, hafif ve yer yer kuvvetli alkalin özellik gösteren kireç anakayaya sahip karstik oluşumlar yaygındır. Strüktür blok ve kırıntılı bir bünye kuruluşu göstermekte olup, organik madde içeriği orta düzeydedir. Araştırma alanındaki ormanların hâkim olduğu kısımlarda genel olarak kahverengi esmer orman topraklarının baskınlığı söz konusudur (Kayran, 2020). Ancak bu orman alanlarında dahi karstik yapının yoğunluğuna bağlı olarak yoğun bir yüzeysel taşlılık durumu görülmektedir. Yine yer yer kil tekstürünün yoğun olduğu alanlarda özellikle orman kuruluşlarının meşcere özellikleri itibarıyla zayıf kaldığını belirtmek mümkündür.

Çalışma alanında genel olarak dağlık ve kırıntılı bir arazi yapısı söz konusudur. Ortalama yükselti 467 m'dir. Genel bakı durumu kuzey ve kuzeybatıdır. Bununla birlikte yangının meydana geldiği orman kısımları genel hatları ile orta ve alt yamaç kademelerinde bulunmaktadır. Arazi eğimi %15-28 arasında değişmektedir (OGM, 2023a).

Araştırma kapsamında değerlendirilen yangın sahasında 2023 yılı Ekim ayında 4125 sayılı tamimde ve 317 sayılı tebliğde yer alan kurallara bağlı kalınarak alanda gerçekleştirilen yarı kesikli teraslara basit çukur tekniği ile karaçam, sarıçam ve kızılçam fidanlarının dikimleri gerçekleştirilmiştir. Dikimlerde 2+0 yaşlı tüplü çam fidanları kullanılmıştır. Dikimlerde kullanılan türlerde karaçam fidanları Karabük-Yenice orijinli, sarıçam fidanları

Kastamonu-Taşköprü orijinli ve kızılçam fidanları Karabük-Pirinçlik orijinli toplanan tohumlardan üretilmiştir.

3.2. Metot

Yangın sonrası yürütülen ağaçlandırma çalışmalarının başarıya ulaşmasında, uygulanan yöntemlerin dikkatle planlanması ve sonuçlarının bilimsel verilerle değerlendirilmesi büyük önem taşır.

3.2.1. Ağaçlandırma Uygulamalarının İncelenmesi

2023 yılında meydana gelen yangın sonrasında alanda gerçekleştirilen yangın restorasyon ve rehabilitasyon çalışmalarının incelendiği bu çalışmada, 2023 yılı Ekim ayında kesikli teraslarda 4125 sayılı tamimde ve 317 sayılı tebliğde belirtilen dikim aralık-mesafelerine uyularak gerçekleştirilen dikim alanlarında her üç türe ait dikilen fidanların büyüme performansları ve adaptasyon yeteneklerini incelemek ve değerlendirmek amacıyla 10x10m büyüklüğünde rastlantı blokları deneme desenine göre türlere ait ağaçlandırma alanlarından 30'ar adet deneme alanı alınmıştır. Deneme alanlarında dikilen fidanların alandan mevcut yetişme ortamı koşullarından ne düzeyde yararlanabildiklerini ilk yıllardan itibaren belirgin olarak gösteren en önemli kantitatif karakterler olan toplam boy ve kök boğaz çapı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla milimetre hassasiyetli dijital boy ve çap ölçerler kullanılmıştır. Diğer taraftan ekim ve dikim teknikleri ile gerçekleştirilen yapay orman kurma çalışmalarında adaptasyon yeteneğini belirleyen en önemli değişen yaşama yüzdesidir. Bu nedenle araştırma kapsamında her üç türe ait adaptasyon yeteneğini ortaya koyabilmek için yaşama yüzdeleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar kapsamında deneme alanlarından elde edilen ham veriler hektara iblağ edilerek kullanılmıştır.

3.2.2. Vejetasyon Kompozisyonunun Analizi

Araştırmadaki önemli amaçlardan birisi de, yangın sonrasında doğal yaşam sürecine geri dönen alanda orman vejetasyonunu oluşturan türlerin hem primer hem de sekonder orman kuruluşu ve özellikle toprak yapısının yeniden verimli ve doğal bir şekilde oluşması yönünden alana gelme durumlarının belirlenmesidir. Bu amaçla vejetasyon

kompozisyonunun belirlenmesinde kare transekt kesişmesi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde hat transekt kesişme yöntemi (Beki, 2015) ile benzer bir mantıkla uygulanmaktadır. Bu itibarla kare transektlerden toplanan vejetasyona ait türlerin familyalarının belirlenmesi İstanbul-Cerrahpaşa Üniversitesi, Orman Fakültesi herbaryumunda gerçekleştirilmiştir. Familya sınıflandırmasından sonra ayrıca türler Raunker'in Yaşam Formu sınıflandırmasına göre yapılmıştır.

3.2.3. İstatistik Analizler

Araştırmada yangın restorasyon alanında 2023 yılı Ekim ayında dikilen 2+0 tüplü karaçam, sarıçam ve kızılçam fidanlarının gelişim performanslarını ve adaptasyon yeteneklerinin belirlemek için rastlantı blokları deneme desenine göre alınan deneme alanlarında yapılan boy ve kök boğaz çapı ölçümleri ile hesaplanan fidan yaşama yüzdesi değişkeni yönünden türler arasında istatistiki bir karşılaştırmanın yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle deneme alanlarından ölçümler sonucunda elde edilen verilere Kolmogorov-Smirnov (K-S) normallik testi uygulanmıştır. Daha sonra türlere ait ağaçlandırma alanlarında ölçülen ve hesaplanan değişkenler yönünden istatistiki anlamda önemli bir farklılık bulunup bulunmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Varyans analizi sonucunda değişkenler açısından istatistiki bir farklılığın bulunması halinde homojen grupları belirlemek için de %95 güven düzeyinde Duncan Testi uygulanmıştır. Tüm istatistik analizler SPSS paket istatistik programında gerçekleştirilmiştir (SPSS Inc, 2023).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yangın sonrası yapılan ağaçlandırma çalışmalarında, türlerin sahaya uyum yeteneği ve yaşama başarısı, uygulamaların etkinliğini ortaya koyan temel göstergelerdendir. Seçilen türlerinin yaşama yüzdeleri karşılaştırılmış, istatistiksel analizlerle türler arasındaki farklar bilimsel olarak değerlendirilmiştir. Yangın sonrası doğal vejetasyonun gelişimi analiz edilerek, sahaya gelen bitki türleri tespit edilmiştir.

4.1. Yangın Sonrası Restorasyon Süreci

Yılın değişik mevsimlerinde meydana gelebilen orman yangınları ile tam veya kısmi zararlar gören orman ekosistemlerinin onarımı ve yeniden verimli hale getirilmesi amacıyla gerçekleştirilen teknik uygulamaların başında orman restorasyon veya orman rehabilitasyon çalışmaları gelmektedir. Bu teknik işlemler birden fazla tekniğin bir araya getirilerek ormanın değişik kısımlarında yangından sonra tespit edilen hasarın boyutuna ve etkisinin derinliğine göre gerçekleştirilmeyi zorunlu kılmaktadır. Bu komplike uygulamaların başında ekim veya dikim yoluyla kısmen yahut tamamen orman kurmak ya da degrade olan orman alanının yeniden tesis etmek gelmektedir. Bu uygulama ile zaman zaman Avrupa ormancılığında görülen örneklerinde olduğu gibi yangın risk ve tehlikesi daha yüksek olan monokültürel özellikteki ormanlar uygun türlerin uygun orijinleri kullanılarak karışık polikültürel yapılara da dönüştürülebilmektedir. Bu amaçla araştırma materyalini oluşturan yangın alanında karaçam, kızılçam ve sarıçam türleri kullanılarak dikim yoluyla gerçekleştirilen orman restorasyon uygulamalarının bir kısmı hakkında alınan deneme alanlarında tespit edilen büyüme ve adaptasyon verileri kullanılarak birtakım karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu karşılaştırmaların başında dikilen fidanların arazide ikinci yıllarında gösterdikleri boy büyümesi gelmektedir. Boy değişkeni gerek doğal yollarla gerekse yapay tekniklerle alana getirilen yeni generasyonun olandaki mevcut ekolojik koşullardan yararlanabilme ve beslenme düzeyi konusunda çok değerli objektif bilgiler vermektedir. Bu objektif bilgiler bu çalışmada da öncelikle her üç türe ait aynı yıl gerçekleştirilen ağaçlandırma alanından rastlantı blokları deneme desenine göre alınan deneme alanlarında yapılan fidan boy ölçümleri elde edilen ham verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanarak istatistiki yönden değerlendirmeye tabi tutularak incelenmiş ve yorumlanmıştır (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2).

Tablo 4.1. Fidan boy değerlerinin istatistiki karşılaştırması

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplararası	456,33	3	197,64	78,75	P<0,05
Grupiçi	312,75	89	4,41		
Toplam	769,08	92			

Tablo 4.1’de yer alan 3 türün arazi yaşı 2 olan fidanlarının meydana getirdikleri toplam boy büyümesi değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre türler arasında boy dikilen fidanların toplam boy büyümesi yönünden %95 güven düzeyinde istatistiki yönden farklılık ortaya çıkmıştır. Bu itibarla türlerin gruplandırılması Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Bu alt gruplandırma %95 güven düzeyinde gerçekleştirilen Duncan Testine göre yapılmıştır.

Tablo 4.2. Türlerin fidan boyuna (cm) göre gruplandırılması

Türler	Homojen Gruplar	
	1	2
Karaçam	12,43	
Kızılçam	11,92	
Sarıçam		8,75

Tablo 4.2’de gösterilen bulgulara göre yanan alanın restorasyonunda gerçekleştirilen dikimlerde kullanılan karaçam ve kızılçam fidanları arazide geçirdikleri iki yıl sonunda sahip oldukları boy büyümesi değerleri ile birbirlerine çok yakın bir büyüme performansı sergileyerek ilk grupta yer alırken, sarıçam fidanları bu iki türün bir kademe altında kalarak ikinci grupta yer almışlardır. Bu durumun dikimlerin gerçekleştirildiği Safranbolu yöresindeki yangın alanının yarı kurak bir iklim yapısına sahip olan geçiş iklimi mintikasında yer alması, toprak yapısının karstik olması nedeniyle yararlanabilir su ve organik madde kapasitesinin düşük olması ve bu koşullara genetik ve eko-fizyolojik özellikleri itibarıyla karaçam ve kızılçam türlerinin sarıçam türüne göre daha yüksek tolerans göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim bu konuda araştırma alanı ile benzer ekolojik koşullara sahip olan Eskişehir yöresinde yapılan yarı kurak ve karstik saha ağaçlandırmalarında yapılan bir araştırmadan da karaçam ve kızılçam türlerine

ait fidanların kısa süreliğine de olsa bir adaptasyon dönemi geçirmelerine rağmen daha sonra gösterdikleri büyüme performansı ile bu tür alanlara oldukça iyi adapte olabildikleri belirlenmiştir (Boydak ve Zoralioğlu, 1992). Bu konuda farklı toprak işleme yöntemlerinin yarı kurak ve kurak mntika ağaçlandırmalarında büyüme ve adaptasyon yeteneği üzerindeki etkileri incelenmiş ve elde edilen bulgular ışığında karaçamın ve Toros sedirinin bu tür ekstrem ekolojik koşullara sahip alanlarda gerçekleştirilecek ağaçlandırma, restorasyon ve rehabilitasyon çalışmaları için başarıyla kullanılabilir türler olduğu vurgulanmıştır (Gülcü ve Çelik, 2016).

Araştırmada yanan alanların restorasyonunda gerçekleştirilen dikim faaliyetlerinde kullanılan karaçam, kızılçam ve sarıçam türlerine ait fidanlarının 2. arazi yaşında gösterdikleri kök boğaz çapları da alınan deneme alanlarında yapılan ölçümlerde değerlendirilmiş ve incelenmiştir (Tablo 4.3 ve Tablo 4.4).

Tablo 4.3. Fidan kök boğaz çap değerlerinin istatistiki karşılaştırması

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplararası	332,78	3	175,36	53,14	P<0,05
Grupiçi	257,81	89	3,82		
Toplam	590,59	92			

Arazideki 2. Yaşlarını dolduran fidanların kök boğaz çapı değerlerine uygulanan varyans analizi sonucunda türler arasında istatistiki açıdan %95 güven düzeyinde önemli bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 4.3). Bu doğrultuda türler arasında Duncan Testi yardımıyla %95 güven düzeyinde ilgili gruplandırmalar yapılmıştır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Türlerin fidan kök boğaz çapına (cm) göre gruplandırılması

Türler	Homojen Gruplar	
	1	2
Karaçam	4,38	
Kızılçam	4,19	
Sarıçam		3,29

Arazide tamamladıkları 2. yıl sonunda fidanlar sahip oldukları kök boğaz çapı değerleri açısından farklı büyüme eğilimleri göstermiştir. Bu itibarla %95 güven düzeyinde gerçekleştirilen gruplandırma sonucunda 2 homojen grup ortaya çıkmış ve ilk homojen grupta boy büyümesinde olduğu gibi karaçam ve kızılçam türleri yer alırken, sarıçam tek başına ikinci grubu oluşturmuştur (Tablo 4.4). Türlerin fidanlarının kök boğaz çapları arasında ortaya çıkan bu farklılaşmanın nedeni olarak da yine araştırma alanının sahip olduğu ekstrem yarı kurak ve karstik koşullara karşı daha toleranslı ve uyumlu olan karaçam ve kızılçamın bu lokasyonda da daha iyi bir gelişim gösterdiği söylenebilir. Nitekim Eskişehir yöresi yarı kurak ve kurak mıntıka ağaçlandırmalarında gerçekleştirilen bir araştırmadan da bu çalışmadakine benzer sonuçlar elde edilmiş (Boydak ve Zoralioğlu, 1992) ve her iki araştırma sonuçları birbiriyle büyük ölçüde örtüşmüştür.

Araştırma kapsamında orman yangını sonrası gerçekleştirilen restorasyon uygulamaları çerçevesinde yapılan dikim faaliyetlerinde kullanılan karaçam, kızılçam ve sarıçam türlerine ait fidanların ikinci yıl sonunda sahip oldukları yaşama yüzdesi değişkenidir. Çünkü yaşama yüzdesi yapay yollarla gerçekleştirilen orman tesisi çalışmalarında adaptasyon yeteneğinin ve çalışmaların başarı durumunun ortaya konulmasında en önemli değişkendir. Bu kapsamda rastlantı blokları deneme desenine göre belirlenen deneme alanlarında gerçekleştirilen sayımlar sonucunda yaşayan sağlıklı fidanlar üzerinden saptanan fidan yaşama yüzdesine ilişkin istatistiki bulgulara Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da yer verilmiştir. Ancak yaşama yüzdesine ilişkin ortalama değerler istatistik analizlere tabi tutulmadan önce Arc.Sin transformasyonuna tabi tutulmuştur.

Tablo 4.5. Fidan yaşama yüzdesi değerlerinin istatistiki karşılaştırması

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplararası	689,21	3	334,61	154,65	P<0,01
Grupiçi	394,65	89	7,39		
Toplam	1083,86	92			

Fidan yaşama yüzdesi değişkeni açısından orman restorasyon çalışmalarında gerçekleştirilen dikimlerde kullanılan 3 çam türü arasında %99 güven düzeyinde istatistiki açıdan önemli farklılık bulunmuştur (Tablo 4.5). Bu sonuca ulaşılmasının ardından türlerin gruplandırılması amacıyla %95 güven düzeyinde yapılan Duncan Testi sonuçları Tablo 4.6'da belirtilmiştir.

Tablo 4.6. Türlerin fidan yaşama yüzdesine (%) göre gruplandırılması

Türler	Homojen Gruplar	
	1	2
Karaçam	%85,32	
Kızılçam	%81,77	
Sarıçam		%75,96

Tablo 4.6'daki bulgulara göre Safranbolu lokasyonunda meydana gelen orman yangınından sonra alanda gerçekleştirilen dikim çalışmalarında kullanılan 3 çam türü arasında fidanların 2 yaşında sahip oldukları ortalama yaşama yüzdesi itibarıyla %95 güven düzeyinde iki homojen grup ortaya çıkmıştır. Buna göre, ilk grupta arazideki ikinci yıllarında sahip oldukları yüksek fidan yaşama yüzdesi değerleri nedeniyle karaçam ve kızılçam türleri yer alırken, ikinci grubu kızılçam ve karaçama göre sahip olduğu daha düşük ortalama fidan yaşama yüzdesi değeri nedeniyle sarıçam türü oluşturmuştur. Bu durumun nedeni olarak da alanda hâkim olan ve sarıçamın çok fazla tolerans gösteremediği zayıf yetişme ortamı koşullarından kaynaklandığı belirtilebilir. Nitekim araştırma alanı ile benzer yetişme ortamı koşullarına sahip Eskişehir yöresinde gerçekleştirilen kurak ve yarı kurak mıntika ağaçlandırma alanlarındaki bir araştırmada da adaptasyon yeteneği ve yaşama yüzdesi açısından benzer bulgulara ulaşıldığı tespit edilmiştir (Boydak ve Zoralioğlu, 1992).

4.2.Meşcere Vejetasyonunun Değerlendirilmesi

Orman yangınların, ormanların sahip oldukları aktüel ekolojik denge çerçevesinde gelişen ve oluşan ekosistem karakteristikleri üzerinde sert etkiler meydana getirmektedir. Söz konusu bu sert etkiler sadece ağaç katında meydana gelmemekte aynı zamanda ilk ve en şiddetli olarak özellikle örtü yangınları ile orman alt florasında oluşmaktadır. Akdeniz rejyonunda meydana gelen ve ağırlıklı olarak maki elemanlarının oluşturduğu flora bu tür yangın olaylarına ve zararlarına alışkın olmakla birlikte çoğu zaman yangının şiddetine ve süresine bağlı olarak maki elemanlarında da düzelmelerin geç süreçlerde meydana geldiği görülmektedir. Nitekim orman alt florasında yangınlarla toprak yapısında özellikle nem ve makro besin elementleri içeriğinde yaşanan eksilmeler ve ortaya çıkan açıklar vejetasyon oluşma veya iyileşme süreçlerini uzatmaktadır. Ancak alt florada yangınlar sonrası alana gelen türlerin familyalarının ve yaşam formlarının yani yaşam biçimlerinin belirlenmesi özellikle bu önemli doğal kaynağın yenilenme süreçleri sırasında türlerin koruma ve kullanma dengesinin belirlenmesi açısından çok önemli ön bilgilere ulaşılmasına imkân sağlamaktadır. Bu amaçla Safranbolu yöresinde meydana gelen ve araştırma alanını oluşturan bu çalışmada da yangından iki yıl sonra alana gelen türlerin familyaları ve yaşam biçimleri kare transekt kesişme metodu ile belirlenmeye çalışılmış ve ekosistemin iyileşme süreci açısından doğal vejetasyon yapısının tekrar oluşumuna ilişkin uygulamacılara katkı sağlayacak değerli bilgilere ulaşılmıştır. Bu itibarla yangından iki yıl sonra yanan alanda doğal süreçler sonucunda alana gelen türlerin familyalarına göre herbaryumda yapılan teşhisler sonucunda belirlenen sayıları Tablo 4.7’de açıklanmıştır. Burada familyalar alfabetik olarak listelenmiştir.

Tablo 4.7. Yangından sonra alana gelen orman alt flora elemanları ve familyaları

Familya Adı	Tür Sayısı
Araliaceae	2
Asteraceae	5
Cupressaceae	1
Ericaceae	2
Euphorbiaceae	2
Fabaceae	4
Geraniaceae	1
Hyperidaceae	1
Labiatae	3
Liliaceae	2
Oleaceae	1
Plantaginaceae	3
Ranunculaceae	3
Rosaceae	5
Rubiaceae	1

Tablo 4.7'deki bulgulara itibarıyla araştırma alanında bulunan bitkilerin herbaryumdaki teşhisi sonrasında, alanda toplam 15 familyaya ait 36 türün yangından 2 yıl sonra alana doğal olarak geldiği belirlenmiştir. Bu bulgulara göre yanan alanda 2 yıl sonra en fazla türün bulunduğu familyalar Asteraceae (5 adet), Rosaceae (5 adet) ve Fabaceae (4 adet) familyalarıdır. Bu konuda araştırma alanı ile aynı yetişme ortamı koşullarının hâkim olduğu Safranbolu ilçesinin sınırları içinde yer alan Tokatlı kanyonunda gerçekleştirilen floristik bir araştırmada da en fazla bitki türünün bulunduğu familyalar bu araştırmadan elde edilen bulgularda olduğu gibi Asteraceae ve Rosaceae gibi familyalarda tespit edilmiştir (Türkş ve Elmas, 2018). Diğer taraftan bu türlerin Raunker'in yaşam formu sınıflandırmasına göre yüzdesel dağılımı ise Tablo 4.8'de gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Yaşam formları itibarıyla alana gelen türlerin dağılımı

Yaşam Formu	Dağılım Oranı (%)
Hemikriptofit	63,7
Kamefit	15,4
Geofit	9,3
Fanerofit	6,1
Terofit	5,5

Tablo 4.8’de yer alan bulgulara göre yangın 2 yıl sonra alana doğal yollarla gelen türlerin Raunker’in yaşam formları sınıflandırmasına göre belirlenen dağılımı incelendiğinde, en fazla türün %63,7 dağılım oranı ile Hemikriptofit yaşam formunda olduğu, bunu sırasıyla %15,4 dağılım oranı ile Kamefit, %9,3 dağılım oranı ile Geofit, %6,1 dağılım oranı ile Fanerofit ve %5,5 dağılım oranı Terofit yaşam formunun izlediği tespit edilmiştir. Nitekim Safranbolu-Tokatlı Kanyonunda gerçekleştirilen bir floristik araştırmada da kanyonun floristik kompozisyonu tüm yönleriyle ayrıntılı olarak incelenmiş ve araştırma alanı ile benzer yetiştirme ortamı özellikleri gösteren bu ekolojik alanda da Raunker’in yaşam formu sınıflandırmasına göre türlerin yoğun olarak bulunduğu yaşam formu Hemikriptofit olarak saptanmıştır (Türkiş ve Elmas, 2018). Bu bilimsel bulgulara göre araştırma alanındaki ekolojik koşulların hakimiyeti yangın sonrasında çok kısa bir sürede yeniden baskın hale gelmiş ve bu ekolojik yapıda alanda yaygın olarak bulunan türlerin yangının sebep olduğu tüm olumsuzluklara rağmen yavaş yavaş ve doğal süksesyona bağlı olarak alana gelerek alanda klimaks vejetasyonu oluşturmaya başladığı gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Karabük-Safranbolu yöresinde meydana gelen yangın sonrasında yanan alanın restorasyonu amacıyla dikim yapmak suretiyle alana getirilen karaçam, kızılçam ve sarıçam fidanlarının 2. yıl sonundaki büyüme ve adaptasyon yeteneklerinin ve yangın sonrası vejetasyonda meydana gelen doğal değişimlerin, oluşumların ve doğal süksesyonun incelenerek değerlendirildiği bu araştırmada bilimsel açıdan yangın sonrası orman ekosistemlerinin restorasyonu ve rehabilitasyonu ile ilgili çok önemli bilimsel bulgulara ve sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışmada öncelikle her üç türe ait aynı yıl gerçekleştirilen ağaçlandırma alanından rastlantı blokları deneme desenine göre alınan deneme alanlarında yapılan fidan boy ölçümleri elde edilen ham verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanarak istatistiki yönden değerlendirmeye tabi tutularak incelenmiş ve yorumlanmıştır (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2). Tablo 4.1’de yer alan 3 türün arazi yaşı 2 olan fidanlarının meydana getirdikleri toplam boy büyümesi değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre türler arasında boy dikilen fidanların toplam boy büyümesi yönünden %95 güven düzeyinde istatistiki yönden farklılık ortaya çıkmıştır. %95 güven düzeyinde gerçekleştirilen Duncan Testine göre 2 yıl sonunda ortalama fidan boy büyümesi yönünden karaçam 12,43 cm’lik ve kızılçam da 11,92 cm’lik ortalama boy büyümesi değerleri ile ilk grupta yer alırken, sarıçam 8,75 cm’lik ortalama boy büyümesi değeri ile ikinci grupta yer almıştır (Tablo 4.2).

Araştırmada yanan alanların restorasyonu amacıyla 3 farklı çam türüne ait fidanlar kullanılarak gerçekleştirilen dikim uygulamalarında dikilen fidanların ikinci yıl sonundaki kök boğaz çapı gelişimleri de incelenmiştir. Özellikle yapay orman tesisi çalışmalarında dikilen fidanların mevcut yetişme ortamı koşullarından yararlanma seviyelerinin belirlenmesinde toplam fidan boyuyla birlikte çok önemli indikatör bilgiler veren fidan kök boğaz çapı gelişimi yönünden rastlantı blokları deneme desenine göre alınan deneme alanlarında yapılan ölçüm sonuçlarının ortalamasına uygulanan varyans analizine göre %95 güven düzeyinde türler arasında istatistiki açıdan anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Tablo 4.3). Bu kapsamda türleri gruplandırmak için %95 güven düzeyinde uygulanan Duncan Testi sonucunda iki homojen gruba ayrılan türlerden, karaçam 4,38 cm’lik ve

kızılçam da 4,19 cm'lik ortalama kök boğaz çapı gelişimleri ile ilk grubu meydana getirirken, sarıçam 3,29 cm'lik ortalama kök boğaz çapı gelişimi ile ikinci grubu meydana getirmiştir (Tablo 4.4).

Her ne sebeple olursa olsun ekim veya dikim yoluyla ormanların yeniden tesis edilmesinde ya da verimli hale getirilmesinde türlerin, orijinlerin ya da klonların adaptasyon yeteneğini belirleyen en önemli değişken ortalama fidan yaşama yüzdesidir. Yapay orman kurma uygulamalarından birinin gerçekleştirildiği Safranbolu yöresi yangın sonrası restorasyon çalışmasında da dikim yoluyla orman kurma ve tesisi uygulamalarında kullanılan 3 çam türüne ait fidanların ikinci yılda sahip oldukları ortalama yaşama yüzdesi değerleri alınan deneme alanlarında gerçekleştirilen fidan sayımları sonucunda hesaplanmıştır. Ortalama fidan yaşama yüzdesi değerlerine uygulanan varyans analizi sonucunda türler arasında bu önemli değişken yönünden %99 güven düzeyinde istatistiki olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir. Bu itibarla %95 güven düzeyinde gerçekleştirilen ve türler arasında homojen gruplandırmayı amaçlayan Duncan Testini sonuçlarına göre, karaçam %85,32'lik ve kızılçam %81,77'lik ortalama fidan yaşama yüzdesi değerleri ile ikinci yıl sonunda ilk grubu oluştururken, sarıçam %75,96'lık ortalama fidan yaşama yüzdesi değeri ile ikinci grubu tek başına oluşturmuştur (Tablo 4.5). Bu itibarla genel olarak her üç türünde ikinci yıl sonunda sahip oldukları ortalama fidan yaşama yüzdesinin önemli bir başarı sınır değeri olan %70'in üzerinde olması yapılan yangın sonrası restorasyon çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen dikim uygulamalarının tür seçimi ve teknik süreçler arasında doğru ilerlediğinin önemli bir göstergesi ve betimleyicisi olarak değerlendirilmiştir.

Karabük-Safranbolu yöresinde meydana gelen ve araştırma alanını oluşturan bu çalışmanın ikinci aşamasını, yangından iki yıl sonra alana gelen türlerin familyaları ve yaşam biçimleri kare transekt kesişme metodu ile belirlenmek için oluşturmuş ve ekosistemin iyileşme süreci açısından doğal vejetasyon yapısının tekrar oluşumuna ilişkin uygulamacılara katkı sağlayacak değerli bilgilere ulaşılmıştır. Bu itibarla yangından iki yıl sonra yanan alanda doğal süreçler sonucunda alana gelen türlerin familyalarına göre herbaryumda yapılan teşhisler sonucunda belirlenen sayıları Tablo 4.7'de verilmiştir. Tablo 4.7'deki bulgular itibarıyla araştırma alanında bulunan bitkilerin herbaryumdaki teşhisi sonrasında, alanda toplam 15 familyaya ait 36 türün yangından 2 yıl sonra alana doğal olarak geldiği belirlenmiştir. Bu bulgulara göre yanan alanda 2 yıl sonra en fazla

türün bulunduğu familyalar *Asteraceae* (5 adet), *Rosaceae* (5 adet) ve *Fabaceae* (4 adet) olmuştur. Diğer taraftan bu türlerin Raunkjer'in yaşam formu sınıflandırmasına göre yüzdesel dağılımı ise Tablo 4.8'de açıklanmıştır. Ulaşılan bilimsel bulgulara göre yangın 2 yıl sonra alana doğal yollarla gelen türlerin Raunkjer'in yaşam formları sınıflandırmasına göre belirlenen dağılımı incelendiğinde, en fazla türün %63,7 dağılım oranı ile Hemikriptofit yaşam formunda olduğu, bunu sırasıyla %15,4 dağılım oranı ile Kamefit, %9,3 dağılım oranı ile Geofit, %6,1 dağılım oranı ile Fanerofit ve %5,5 dağılım oranı Terofit yaşam formunun izlediği saptanmıştır. Bu itibarla gerçekleştirilen vejetasyon analiz ve değerlendirme faaliyetlerinden elde edilen sonuçlara göre alanda yangının olumsuz etkileri nedeniyle kesintiye uğrayan tamamen veya kısmen değişen ekolojik koşulların yeniden normale dönerek alanda hâkim olmasıyla birlikte araştırma alanında normal doğal süreçler sonucunda alanda görülen klimaks türlerin doğal yaşam formlarıyla alana yavaş yavaş geldikleri ve alanda kalıcı oldukları belirlenmiştir. Bu durum ekosistemin amaç fonksiyonuna olan yönelişin zamansal ve mekânsal eğiliminin incelenmesi açısından sunduğu değerli bir veridir.

Yangından sonra gerçekleştirilen restorasyon faaliyetlerinin üzerinden iki yıl gibi kısa bir süre geçtikten sonra gerçekleştirilen bu çalışmadan elde edilen veriler bir ön ve ilk yaklaşım niteliğinde olup, yine de uygulamacılara her zaman yıkıcı etkileri ile karşılaşılabilecek yangınlar sonrasında gerçekleştirilecek yeniden orman kurma ya da ormanların ıslahı çalışmalarında yararlanabilecekleri çok değerli pratik bilgiler sunmuştur. Bu itibarla söz konusu araştırma alanının deneme alanlarının yerleri değiştirilmeden ve mümkün olduğunca dışarıdan gelebilecek insan ve hayvan gibi antropen etkilerin müdahaleleri en aza indirgenerek uzun yıllar sonra (15-20 yıl) tekrar gerçekleştirilmeli ve sonuçları elde edilen ilk bulgular ve sonuçlar ile detaylı olarak karşılaştırılmalıdır. Diğer taraftan her türlü kitlesel ölüme yol açabilecek biyotik ve abiyotik zararlılara karşı ekolojik ana ve alt ünitelere göre gen kaynakları hızla oluşturulmalı ve korunmalıdır. Yanan alanlarda özellikle yangın sonrasında müteakip kısa sürelerle vejetasyon analizleri yapılmalı ve ulaşılan bulgular özellikle toprak yapısına ilişkin fiziksel ve kimyasal özelliklerdeki değişim ile ilişkilendirilerek meydana gelecek doğal ekosistem oluşum ve onarım süreçleri hakkında yöresel bazda önemli bilgilere ulaşılmalıdır. Ulaşılan bu bilgilerde özellikle toprak verimliliği ve ağaç katının adaptasyonu açısından çok önemli olan orman alt florasının alana getirilmesi ve tutundurulması çalışmalarında kılavuz bilgiler olarak

kullanılmalıdır. Bununla birlikte yanan sahalarda restorasyon çalışmaları yapılırken mümkün olduğunca alanda daha önceden doğal olarak bulunan türlerin yerel orijinlerinden elde edilen tohumlar veya bu tohumlardan üretilen fidanlar kullanılmalı ve klimaks orman tesisinde süreyi uzatarak erozyon ve heyelan tehlikesi gibi kitlesel toprak kayıplarına neden olacak doğal afetlere karşı toprak yüzeyi boş bırakılmamalıdır.



KAYNAKLAR

- Abay, E., Sözcü, K., Şahin, Ö. C., Temel, R. E., Tarhan, Y. ve Mıhçıoğlu, S. (2022). Küresel İklim Değişliği ve Orman Yangınları Ülke ve Dünya Etkileri. *Sağlık ve Toplum*, 32(3), 3-13.
- Adámek, M., Hadincová, V. ve Wild, J. (2016). Long-term effect of wildfires on temperate *Pinus sylvestris* forests: Vegetation dynamics and ecosystem resilience. *Forest Ecology and Management*, 380, 285-295.
- Asan, Ü. (1990). Orman kaynaklarının çok amaçlı kullanımı ve fonksiyonel planlama. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, B Serisi*, 40 (3): 67-84.
- Akyol, A. ve Tolunay, A. (2014). Sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerinin Türkiye için modellenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15: 21-32.
- Aoyama, L., Germino, M. J., Hallett, L. M. ve Streisfeld, M. A. (2025). Low genetic differentiation across restored and natural populations shortly after a large-scale, post-fire seeding in the Great Basin. *Restoration Ecology*, 33: 1-11.
- Avcı, S. (1998) Filyos Çayı Havzasının (Karabük- Filyos Arası) Coğrafi Etüdü: Fiziki Şartlar, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü *Coğrafya Dergisi*, 6: 217-274.
- Batllori, E., De Cáceres, M., Brotons, L., Ackerly, D. D., Moritz, M. A. ve Lloret, F. (2019). Compound fire-drought regimes promote ecosystem transitions in Mediterranean ecosystems. *Journal of Ecology*, 107(3): 1187-1198.
- Beck, C. B. (1962). Reconstruction of Archaeopteris, and further consideration of its phylogenetic position. *American Journal of Botany*, 49: 373-382.
- Beghin, R., Lingua, E., Garbarino, M., Lonati, M., Bovio, G., Motta, R. ve Marzano, R. (2010). *Pinus sylvestris* forest regeneration under different post-fire restoration practices in the northwestern Italian Alps. *Ecological Engineering*, 36(10), 1365-1372.
- Berry, C. M. ve Marshall, J. E. A. (2015). Lycopoid forests in the early Late Devonian paleoequatorial zone of Svalbard. *Geology*, 43: 1043-1046.
- Beki, R. (2015). Farklı Arazi Kullanım Şartları Altında Bulunan Bazı Çayır-Mera Bitkilerindeki Arbusküler Mikorizal Fungusların Belirlenmesi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), Bartın, 77 s.
- Boydak, M. ve Zoralioğlu, T., (1992). Eskişehir-Karasakal Yöresi yarı kurak alanların ağaçlandırılmasında makineli arazi hazırlığı yöntemleri üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi (JFFIU)*, 42(2):45-61.
- Brancalion, P.H.S. ve Chazdon, R.L. (2017). Beyond Hectares: Four Principles to Guide

Reforestation in the Context of Tropical Forest and Landscape Restoration. *Restoration Ecology*, 25: 491–496.

- Ellison A.M., Bank, M.S., Clinton, B.D., Colburn, E.A., Elliott, K., Ford, C.R., Foster, D.R., Kloeppe, B.D., Knoepp, J.D. ve Lovett, G.M. (2005) Loss of foundation species: consequences for the structure and dynamics of forested ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3:479–486.
- Gerrienne, P. Gensel, P. G., Strullu-Derrien, C., Lardeux, H., Steemans, P. ve Prestianni, C. (2011). A simple type of wood in two Early Devonian plants. *Science*, 333: 837-841
- Gülcü, S. ve Çelik, İ. (2016). Kurak ve yarı kurak alan ağaçlandırmalarında değişik makineli arazi hazırlığı yöntemlerinin dikim başarısı üzerine etkileri. *Turkish Journal of Forestry*, 17(1): 12-19.
- Harvey, B.J., Donato, D.C. ve Turner, M.G. (2016) High and dry: post-fire tree seedling establishment in subalpine forests decreases with post-fire drought and large stand-replacing burn patches. *Global Ecology and Biogeography* 25:655–669.
- Hetherington, A. J. ve Dolan, L. (2017). The evolution of lycopsid rooting structures: conservatism and disparity. *New Phytologist*, 215: 538-544.
- Johnstone, J.F., Allen, C.D., Franklin, J.F., Frelich, L.E., Harvey, B.J., Higuera, P.E., Mack, M.C., Meentemeyer, R.K., Metz, M.R. ve Perry, G.L. (2016) Changing disturbance regimes, ecological memory, and forest resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14:369–378
- Jouy, F., Schüle, M., Adhikari, Y., Binder, A., Clerc, D., Gerwin, W. ve Ibisch, P. L. (2025). Factors impacting the variability of post-fire forest regeneration in central European pine plantations. *Restoration Ecology*, 33: 1-17
- Kayran, M. (2020). *Araç ve Safranbolu'nun İklim Özellikleri*, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Coğrafya Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), İstanbul, 144 s.
- Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J.V., Grainger, A. ve Lindquist, E. (2015). Dynamics of Global Forest Area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, 352: 9–20
- Kirchmeier-Young, M.C., Gillett, N.P., Zwiers, F.W., Cannon, A.J. ve Anslow, F. (2019). Attribution of the influence of human-induced climate change on an extreme fire season. *Earth's Future* 7:2–10.
- Kreider, M.R. ve Yocom, L.L. (2021). Aspen seedling establishment, survival, and growth following a high-severity wildfire. *Forest Ecology and Management*, 493: 1-19.
- Kwiatkowska-Falinska A., Jankowska-Błaszczuk, M. ve Jaroszewicz, B. (2014). Postfire changes of soil seed banks in the early successional stage of pine forest. *Polish Journal of Ecology* 62:455–466.

- Latva-Karjanmaa, T., Suvanto, L., Leinonen, K. ve Rita, H. (2006). Sexual reproduction of European aspen (*Populus tremula* L.) at prescribed burned site: the effects of moisture conditions. *New Forests* 31:545–558.
- Lingua, E., Marques, G., Marchi, N., Garbarino, M., Marangon, D., Tacaliti, F. ve Marzano, R. (2023). Post-fire restoration and deadwood management: microsite dynamics and their impact on natural regeneration. *Forests*, 14:1-18
- Liu, Z., Ballantyne, A.P. ve Cooper, L.A. (2019). Biophysical Feedback of Global Forest Fires on Surface Temperature. *Natural Communication*, 10: 214-225.
- Marcolin, E., Marzano, R., Vitali, A., Garbarino, M. ve Lingua, E. (2019). Post-fire management impact on natural forest regeneration through altered microsite conditions. *Forests* 10:1-14
- MGM, (2024). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Safranbolu Uzun Yıllar Meteorolojik Verileri*, Ankara, 6s.
- Moreira, F., Catry, F., Lopes, T., Bugalho, M. N. ve Rego, F. (2009). Comparing survival and size of resprouts and planted trees for post-fire forest restoration in central Portugal. *Ecological Engineering*, 35(5), 870-873.
- Moser, B., Temperli, C., Schneiter, G. ve Wohlgemuth, T. (2010). Potential shift in tree species composition after interaction of fire and drought in the Central Alps. *European Journal of Forest Research* 129:625–633
- OGM, (2023a). *Orman Genel Müdürlüğü, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Safranbolu Orman İşletme Müdürlüğü 2023 Yılı Yangın Çizelgesi*, Ankara, 5s.
- OGM, (2023b). *Safranbolu Orman İşletme Müdürlüğü Yanan Alan Rehabilitasyon Uygulama Raporu ve Çizelgeleri*, Safranbolu, 12s.
- Pacheco, A. P., Claro, J., Fernandes, P. M., de Neufville, R., Oliveira, T. M., Borges, J. G. ve Rodrigues, J. C. (2015). Cohesive fire management within an uncertain environment: A review of risk handling and decision support systems. *Forest Ecology and Management*, 347: 1-17.
- Ryu, S.R., Choi, H.T., Lim, J.H., Lee, I.K. ve Ahn, Y.S. (2017). Post-Fire Restoration Plan for Sustainable Forest Management in South Korea. *Forests*, 8, 188-217
- Schüle, M., Domes, G., Schwanitz, C. ve Heinken, T. (2023). Early natural tree regeneration after wildfire in a central European scots pine forest: forest management, fire severity and distance matters. *Forest Ecology and Management*, 539:1-19.
- Sewerniak, P., Markiewicz, M., Tarnawska, P. ve Wojcik, M. (2023). Environmental effects of a management method used after fire on development of temperate scots pine ecosystem: a 15-year study from Poland. *Environmental Management*, 72:978–990

- SPSS, Inc., (2023). *SPSS for Windows. Released 24.0*, SPSS Inc., Chicago, IL., USA.
- Stein, W. E., Berry, C. M., Hernick, L. V. ve Mannolini, F. (2012). Surprisingly complex community discovered in the mid-Devonian fossil forest at Gilboa. *Nature*, 483: 78-81.
- Tang, S., Shan, Y., Yin, S., Cao, L., Chen, X., Xie, W., Yu, M. ve Feng, S. (2024). Recent Advancements in the Emission Characteristics of Forest Ground Smoldering Combustion. *Forests*, 15(12), 20-39.
- Türkiş, S. ve Elmas, E. (2018). Safranbolu-Tokatlı Kanyonu'nun Floristik Kompozisyonu, Hayat Formu ve Korotip Özellikleri. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 21(6): 817-824.
- Vacchiano, G., Stanchi, S., Marinari, G., Ascoli, D., Zanini, E. ve Motta, R. (2014). Fire severity, residuals and soil legacies affect regeneration of scots pine in the southern Alps. *Science of The Total Environment*, 472:778–788
- Viana-soto, A., Aguado, I. ve Martínez, S. (2017). Assessment of Post-Fire Vegetation Recovery Using Fire Severity and Geographical Data in the Mediterranean Region (Spain). *Environments*, 4: 90-97
- Wang, D., Qin, M., Liu, L., Liu, L., Zhou, Y., Zhang, Y., Huang, P., Xue, J., Zhang, S ve Meng, M. (2019). The most extensive Devonian fossil forest with small lycopsid trees bearing the earliest stigmarian roots. *Current Biology*, 29: 2604-2615.
- Xu, H.-H., Berry, C. M., Stein, W. E., Wang, Y., Tang, P. ve Fu, Q. (2017). Unique growth strategy in the Earth's first trees revealed in silicified fossil trunks from China. *PNAS*, 114: 12009-12014.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı :
Doğum Yeri ve Tarihi :

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi :
Yüksek Lisans Öğrenimi :
Bildiği Yabancı Diller :
Bilimsel Faaliyet/Yayımlar :
Aldığı Ödüller :

İş Deneyimi

Stajlar :
Projeler ve Kurs Belgeleri :
Çalıştığı Kurumlar :

İletişim

E-Posta Adresi :

Tarih :