

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI
ANA BİLİM DALI



KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE’DE GÖKNAR
(*Abies spp.*) TÜRLERİNİN YAYILIŞ ALANLARINA OLASI
ETKİLERİ

OKTAY TEKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

AĞUSTOS - 2022

KASTAMONU

TEZ ONAYI

OKTAY TEKİN tarafından hazırlanan “**Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye’de Göknar (*Abies spp.*) Türlerinin Yayılış Alanlarına Olası Etkileri**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **29.08.2022** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Hakan ŞEVİK Kastamonu Üniversitesi
Jüri Üyesi	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi
Jüri Üyesi	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü V. Doç. Dr. Osman ÇİÇEK

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Oktay TEKİN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE'DE GÖKNAR (*Abies spp.*) TÜRLERİNİN YAYILIŞ ALANLARINA OLASI ETKİLERİ

OKTAY TEKİN

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI ANA BİLİM
DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

Küresel iklim değışikliği, dünya üzerindeki bütün canlı ve ekosistemleri doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilecek, dünyanın baş etmek zorunda olduğu, geri döndürülemez bir sorun olarak görölmektedir. Küresel iklim değışikliğinden en fazla etkilenecek canlı grubu ise etkin bir hareket kabiliyetine sahip olmayan bitkilerdir. Bu süreçte tür ve popölasyon kayıplarını en aza indirebilmek için, türlerin uygun yayılış alanlarındaki değışikliklerin tahmin edilerek, türlerin ihtiyaç duyacağı göç mekanizmasının insan eliyle sağlanması bir zorunluluktur. Bu çalışmada Türkiye için en önemli ağaç türlerinden olan ve dünya üzerindeki yayılışlarının büyük bölümünü Türkiye'de yapan bazı göknar türlerinin potansiyel yayılış alanlarının rakımsal bazda iklim değışikliğine bağlı olarak nasıl değışeceği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonuçları küresel iklim değışikliğinin etkileri ile gelecek yıllarda *Abies nordmanniana subsp. nordmanniana*'nın uygun yayılış alanlarının özellikle yüksek rakımlarda önemli miktarda azalacağını, *Abies nordmanniana subsp. equi-trojani*'nin uygun yayılış alanlarının 1400 m'nin üzerindeki rakımlarda azalacağını ancak 200-600 m rakımlarda genel bir artış olacağını, *Abies cilicica*'nın uygun yayılış alanlarında ise rakımsal olarak yukarıya doğru bir kaymanın gerçekleşeceğini göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Küresel iklim değışikliği, *Abies*, Göknar, Yayılış alanı

Ağustos 2022, 69 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

POSSIBLE EFFECTS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE ON DISTRIBUTION AREAS OF FİR (*Abies spp.*) SPECIES IN TÜRKİYE

OKTAY TEKİN

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF SUSTAINABLE AGRICULTURE AND NATURAL
PLANT RESOURCES

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. HAKAN ŞEVİK

Global climate change is considered an irreversible problem, which might directly or indirectly affect all the organisms and ecosystems on the earth and the world has to struggle with. Plants having no effective movement mechanism are the group that global climate change will affect the most. In order to minimize the species and population losses, it is important to estimate the changes in the available distribution areas of species and to ensure the migration mechanism, which the species will need, by the hand of humans. The present study aims to reveal how potential distribution areas of fir, which is among the significant tree species of Türkiye and significant portion of global distribution of which is in Türkiye, will change from an altitudinal aspect because of the climate change. The results achieved showed that, because of the effects of global climate change, the suitable distribution areas of *Abies nordmanniana subsp. nordmanniana* will significantly decrease especially at high altitudes and that suitable distribution areas of *Abies nordmanniana subsp. equi-trojani* will reduce at altitudes higher than 1400m but increase generally at the altitudes between 200 and 600m. Moreover, suitable distribution areas of *Abies cilicica* will shift towards higher altitudes.

KEYWORDS: Global climate change, *Abies*, Fir, Area of spread

August 2022, 69 Page

TEŞEKKÜR

Çalıőmam süresince katkılarını esirgemeyen kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e, modellerin uygulanmasındaki yardımlarından dolayı Prof. Dr. Halil Barıő ÖZEL, Doç. Dr. Tuğrul VAROL, Doç. Dr. Mehmet ÇETİN ve Pey. Yük. Mim. Uğur CANTÜRK'e, tez jürime iőtirak ederek katkı sunan Prof. Dr. Burak ARICAK ve Doç. Dr. Nurcan YİĞİT'e, özellikle de verilerin yorumlanması ve tez yazımındaki yardımları yanında manevi desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

OKTAY TEKİN
Kastamonu 2022

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
4. BULGULAR	11
4.1 <i>Abies nordmanniana</i> 'nın Uygun Yayılış Alanlarının Değişimi.....	11
4.2 <i>Abies Bornmuelleriana</i> 'nın Uygun Yayılış Alanlarının Değişimi	22
4.3 <i>Abies Cilicica</i> 'nın Uygun Yayılış Alanlarının Değişimi.....	33
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	46
6. ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ.....	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1 ROC eğrisi	11
Şekil 4.2 jackknife testi	12
Şekil 4.3 Bio5 etki grafiği	12
Şekil 4.4 Bio9 etki grafiği	13
Şekil 4.5 Bio10 etki grafiği	13
Şekil 4.6 A. nordmanniana'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları	14
Şekil 4.7 A. nordmanniana'nın S245 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları	15
Şekil 4.8 A. nordmanniana'nın S585 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları	16
Şekil 4.9 A. nordmanniana'nın S245 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları	16
Şekil 4.10 A. nordmanniana'nın S585 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları	17
Şekil 4.11 A. nordmanniana'nın S245 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları	18
Şekil 4.12 A. nordmanniana'nın S585 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları	18
Şekil 4.13 A. nordmanniana'nın S245 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları	19
Şekil 4.14 A. nordmanniana'nın S585 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları	20
Şekil 4.15 ROC eğrisi	23
Şekil 4.16 jackknife testi	23
Şekil 4.17 BİO14 eğri grafiği	24
Şekil 4.18 BİO17 eğri grafiği	24
Şekil 4.19 BİO18 eğri grafiği	24
Şekil 4.20 A. bornmuelleriana'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları	25
Şekil 4.21 A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları	26
Şekil 4.22 A. bornmuelleriana'nın S585 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları	27
Şekil 4.23 A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları	27
Şekil 4.24 A. bornmuelleriana'nın S585 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları	28
Şekil 4.25 A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları	29
Şekil 4.26 A. bornmuelleriana'nın S585 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları	30
Şekil 4.27 A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları	30
Şekil 4.28 A. bornmuelleriana'nın S585 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları	31

Şekil 4.29 ROC eğrisi	34
Şekil 4.30 Jackknife testi.....	34
Şekil 4.31 BİO4 etki grafiği	35
Şekil 4.32 BİO15 etki grafiği	35
Şekil 4.33 BİO17 etki grafiği	35
Şekil 4.34 A. cilicica'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları	36
Şekil 4.35 A. cilicica'nın S245 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları.....	37
Şekil 4.36 A. cilicica'nın S585 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları.....	38
Şekil 4.37 A. cilicica'nın S245 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları.....	39
Şekil 4.38 A. cilicica'nın S585 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları.....	39
Şekil 4.39 A. cilicica'nın S245 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları.....	40
Şekil 4.40 A. cilicica'nın S585 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları.....	41
Şekil 4.41 A. cilicica'nın S245 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları.....	42
Şekil 4.42 A. cilicica'nın S585 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları.....	43

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1 Modelde kullanılan biyoklimatik değişkenler	9
Tablo 4.1 A. nordmanniana'nın uygun yayılış alanlarının S245 senaryosuna göre değişimi	20
Tablo 4.2 A. nordmanniana'nın uygun yayılış alanlarının S585 senaryosuna göre değişimi	21
Tablo 4.3 A. bornmuelleriana'nın uygun yayılış alanlarının S245 senaryosuna göre değişimi	32
Tablo 4.4 A. bornmuelleriana'nın uygun yayılış alanlarının S585 senaryosuna göre değişimi	32
Tablo 4.5 A. cilicica'nın uygun yayılış alanlarının S245 senaryosuna göre değişimi	43
Tablo 4.6 A. cilicica'nın uygun yayılış alanlarının S585 senaryosuna göre değişimi	44

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

m	: Metre
m²	: Metre kare
mm	: Milimetre
CO₂	: Karbondioksit
Cm	: Santimetre
°C	: Santigrad Derece
ha	: Hektar
%	: Yüzde

Kısaltmalar

DGVM	: Dinamik Global Vejetasyon Modelleri
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
AR6	: IPCC Altıncı Değerlendirme Raporu
SSPs	: Shared Socio – Economic Pathways
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
ROC	: Receiver Operating Characteristic
AUC	: Area Under Curve

1. GİRİŞ

Son yüzyılda dünya genelinde yaşanan nüfus artışı, bu nüfusun istek ve ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla gelişen sanayide kullanılan hammaddelerin ve özellikle enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla kullanılan fosil yakıtların etkisiyle iklimde meydana gelen değişimler, dünyanın başatmek zorunda olduğu geri döndürülemez bir sorun haline gelmiştir (Savas vd., 2021; Yayla vd., 2022). Bu süreçte ortaya çıkan küresel iklim değişikliğinin neredeyse bütün canlıları ve ekosistemleri doğrudan veya dolaylı yollarla etkileyeceği bilinmektedir (Gustavsson vd., 2017; Meli vd., 2017).

İklim, geniş bir bölgede ve çok uzun zaman içerisinde aynı kalan ortalama hava şartları olarak tanımlanmaktadır (Elhadar, 2020) ve dünya üzerindeki bütün canlıların yaşamını hem doğrudan, hem de dolaylı olarak etkilemektedir (Kilicoglu vd., 2021; Koç, 2021a,b; Turna vd., 2010). İklim fiziksel çevrenin şekillenmesinde önemli bir faktördür. Buna ek olarak insanların her türlü sosyal ve ekonomik faaliyeti üzerinde iklimin önemli bir etkisi bulunmaktadır. İnsanların; yeryüzüne dağılışları, yiyecek ve giyecek seçimleri, barınma ve konut yapıları, fizyolojik gelişimleri ve karakterleri iklimin etkisi ile şekillenmektedir (Cetin, 2016; Kilicoglu vd., 2020).

İklim, insanların sağlık, huzur ve mutluluğunu da doğrudan etkileyen bir faktördür. İnsanların kendilerini rahat hissedebilmeleri için ortamdaki sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı gibi iklimsel parametrelerin belirli değer aralıklarında olması gerekmektedir ki bu şartların oluşması durumuna “biyoklimatik konfor” veya kısaca “biyokonfor” denilmektedir. Biyokonfor yani iklim değerleri insanların kendilerini rahat ve huzurlu hissedebilmeleri için gerekli olmasının yanında insanların sağlığını da etkilemektedir. Örneğin sıcaklık uygun değer aralıklarında olmadığına sinirlilik, halsizlik, dolaşım ve solunum sistemin rahatsızlıkları, gözlerde yanma, boğaz kuruluğu gibi rahatsızlıklara da sebep olabilmektedir (Adiguzel vd., 2020; Arıcak, 2020).

İklim sadece insanları değil, dünyadaki bütün canlıları ve ekosistemleri etkilemektedir. Canlıların bütün fenotipik karakterleri iklimin etkisine bağlı olarak şekillenmektedir (Ozkazanc vd., 2019; Sevik vd., 2021; Yucedag vd., 2019). Dolayısıyla iklimsel

parametrelerde meydana gelebilecek değişiklikler, doğrudan veya dolaylı olarak bütün canlıları etkilemektedir (Özel vd., 2022).

Ancak iklimsel değişimin etkilerinin en fazla hissedileceği canlı grubu bitkilerdir. Bunun sebebi bitkilerin sınırlı göç mekanizmasına sahip olmaları ve bu göç mekanizmasının iklim değişikliğinin hızına ayak uyduramayacak olmasıdır. Aslında iklim yaklaşık 4,6 milyar yaşında olduğu tahmin edilen dünya tarihi boyunca birçok defa değişmiştir. Örneğin Kretase döneminde sıcaklığın günümüzdekine oranla 10 °C'den daha yüksek olduğu, atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonunun ise 4 ile 8 kat daha fazla olduğu belirtilmektedir (Serkan, 2019). Ancak tarih boyunca meydana gelen iklim değişikliklerinin aksine günümüzde yaşanan küresel iklim değişikliği çok kısa bir süre içerisinde gerçekleşecektir. Bundan dolayı türlerin çoğunun uygun habitat alanında önemli oranda değişme olacağı ve bitkilerin göç mekanizmasının bu değişime ayak uydurmakta yetersiz kalacağı tahmin edilmektedir (Booth, 2017; Dyderski vd., 2018; Varol vd., 2021a).

Orman ekosistemleri, hem küresel iklim değişikliğinden önemli ölçüde etkilenmekte, hem de küresel iklim değişikliğinin gerçekleşme hızını etkilemektedir. Ormanlar dünyadaki en büyük karasal karbon yutağıdır ve küresel sera gazı emisyonlarını dengelemek için kullanılabilir en etkili ve düşük maliyetli enstrümanlardır. Bunun yanında, ormanlar iklim değişikliğinden önemli ölçüde etkilenmektedir (Huang vd., 2020). Çünkü diğer bütün canlılarda olduğu gibi bitkilerin de bütün fenotipik karakterleri çevre şartlarına bağlı olarak şekillenmektedir (Varol vd., 2021b; Turkyilmaz vd., 2019; Turna vd., 2009) ve çevre şartları içerisinde bitki gelişimini etkileyen en önemli faktörlerin başında iklim gelmektedir (Sevik vd., 2019a,b; Yigit vd., 2021).

Dolayısıyla, küresel iklim değişikliğinin etkisi ile değişen yağış rejimleri ve daha yüksek sıcaklıklar, daha uzun büyüme mevsimlerine, artan yaz kuraklığına ve ağaç türlerinin dağılımını değiştirmeye neden olabilmektedir (Huang vd., 2020). Küresel iklim değişikliğinin en karakteristik etkilerinden olan kuraklık, yağış miktarının uzun yıllar boyunca gerçekleşen yağışların ortalama değerinden daha az olması ile ortaya çıkmaktadır (Turan, 2018). Genel bir tabirle kuraklık, su ihtiyacının karşılanamaması

durumu olarak tanımlanabilmektedir (Koç ve Nzokou, 2022; Varol vd., 2019). Kuraklık, doğal afetler arasında en tehlikelilerin başında gelmektedir çünkü su stresi bitki gelişimini sekteye uğratan en önemli stres faktörlerindedir (Koç, 2021c,d,e; Sevik ve Cetin, 2015; Topacoglu vd., 2016a). Kuraklığın etki derecesi, süresi ve zamanının tahmini oldukça zor olup kuraklığın etkileri, insan faaliyetleri ile de yakından ilişkilidir. Bazı durumlarda kısa bir dönemde, küçük bir alanı etkileyen kuraklık bazı durumlarda uzun yıllar devam edebilmekte ve çok geniş alanları etkileyebilmektedir (Turan, 2018).

Ülkemiz yarı kurak/yarı nemli orta enlem bölgesinde bulunmaktadır ve Türkiye'de yaklaşık 51 milyon ha arazi kurak veya yarı kurak alan olarak değerlendirilmektedir. Bir başka ifade ile yarı kurak iklim koşulları ülkemizin %37,3'ünde hüküm sürmektedir. Yağışların miktar ve dağılımında meydana gelebilecek değişiklikler gerek su kaynakları gerekse genelde yağışa bağımlı olan kuru tarım nedeniyle ciddi bir şekilde etkilerini hissettirebilmektedir (Turan, 2018).

Bunun yanında artan sıcaklıklar böcek zararlarının ve orman yangınlarının sıklığını da arttırmaktadır (Ertugrul vd., 2021). Ekosistemin devamlılığını riske eden bu tür koşullar ağaçlar üzerinde iklime alışma, lokal adaptasyon, göç ve hayatiyetini kaybetme gibi tepkilere neden olmaktadır (Benito Garzon vd., 2019; Gárate-Escamilla vd., 2019; Reed vd., 2011; Torres-Dowdall vd., 2012). Aynı zamanda iklim de meydana gelen değişimin yabancı türlerinin alanı istila etmesi gibi negatif etkileri, artan CO₂ konsantrasyonu nedeniyle de odun üretimindeki artış gibi pozitif etkileri görülebilmektedir (Brundu and Richardson, 2016; Reeves vd., 2014; Walker vd., 2019).

Küresel iklim değişikliğinin ortalama sıcaklıklarda artışa sebep olacağı bu durumun ormanlık alan miktarında da artış sonucunu doğuracağı belirtilmektedir (Popp vd., 2017; Rogelj vd., 2018). Ancak, bu süreçte bitki türlerinin yayılış alanlarında önemli değişimler olacağı, bazı türlerin yayılış alanlarında önemli azalmalar ve habitat kayıpları gerçekleşirken (Varol vd., 2021a) bazı türlerin yayılış alanlarında artışlar meydana geleceği tahmin edilmektedir (Dyderski vd., 2018).

İklim değişikliğine bağlı olarak meydana gelebilecek değişikliklerin, bazı ağaç türleri için uygun yayılış alanlarının, başka ağaç türlerinin yayılışı için uygun yayılış alanlarına dönüşmesi şeklinde sonuçlar ortaya çıkaracağı öngörülmektedir. Yapılan bir çalışmada üç iklim değişikliği senaryosu altında 12 Avrupa orman ağacı türü için 2061–2080 yıllarına kadar öngörülen aralıklardaki ve tehdit düzeyindeki değişikliklerin iyimser, orta ve karamsar olmak üzere üç senaryo ile tahmin edilmiş ve çalışma sonuçları, ağaç türlerinin tahmin edilen iklim değişikliğine farklı tepkiler vereceğini göstermiştir. Çalışma sonucunda türler üç gruba ayrılmış ve yayılış alanı artanlar yani “kazananlar” *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur* ve *Quercus petraea*; yayılış alanı azalanlar yani “kaybedenler” ise *Betula pendula*, *Larix decidua*, *Picea abies* ve *Pinus sylvestris* olarak belirlenmiştir (Dyderski vd., 2018). Çin’de Yu vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada da karışık ve geniş yapraklı yapraklarını döken ormanların kuzeye doğru genişleyeceği öngörülmektedir.

Türkiye, iklim değişikliğine karşı oldukça hassas ve “*risk altındaki ülkeler*” arasında yer almaktadır (UNDP, 2019). Geleceğe yönelik iklim projeksiyonlarında 2100 dönemine kadar Türkiye'nin yıllık sıcaklığının tüm ülke genelinde artacağı; özellikle Ege bölgesinde sıcaklık artışlarının 6 °C'ye kadar çıkabileceği öngörülmektedir (Dalfes vd. 2007). Ayrıca Türkiye'nin kuzey yarısının yaz yağışlarında güney yarıdan çok daha büyük bir düşüş yaşayacağı tahmin edilmektedir (Talu vd., 2011). Küresel iklim değişikliğinin, bitkilerin adapte olmakta zorlanacakları bir hızda gerçekleşecek olması, özellikle sınırlı yayılış alanına sahip türlerde tür ve popülasyon kayıplarına karşı önlem alınması açısından oluşacak değişikliklerin önceden belirlenmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu tür çalışmalarda kullanılan Dinamik Global Vejetasyon Modelleri (DGVM) için kullanılan sınırlı sayıda bitki tipleri kombinasyonları için geliştirilmesi söz konusu modelleri bölgesel ölçekte kullanımını sınırlamaktadır (Laurent vd., 2004). Benzer şekilde Riera vd. (1998) tarafından lokal çevre ve antropojen etkilerin orman ekosistemi üzerinde küçük ve orta ölçekte etkili iken bu gibi modellerin global ölçekte iklim ve yükseklik verileri ile kısıtlanan bitki örtüsü dağılımını kullandığı ifade edilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, bireysel parsel ile dünya ölçeği arasında kalan orta bir ölçekte iklim değişkenlerini kullanarak Türkiye'nin önemli ağaç türlerinden

göknarların yayılış alanlarının, olası küresel iklim değişikliklerinden nasıl etkilenebileceği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla WorldClim veri tabanında yer alan 2040, 2060, 2080 ve 2100 yıllarına ait 2021 IPCC altıncı değerlendirme raporunda (AR6) ortaya konulan Shared Socio-economic Pathways (SSPs) 245 ve 585 küresel iklim değişikliği senaryolarına göre 19 farklı biyoklimatik değişken ile kullanılarak Maximum Entropy yazılımı ile modelleme yapılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yaklaşık olarak 250 yıl kadar önce sadece 720 milyon civarında olan Dünya toplam nüfusu günümüzde neredeyse 8 milyara ulaşmıştır (Ghoma vd., 2022). Dünya nüfusundaki artış ve son yüzyıldaki sanayi devrimi ile birlikte teknolojik alanda yaşanan gelişimler, doğal kaynakların aşırı kullanımına sebep olmuştur (Cesur vd., 2022; Sevik vd., 2019c,d; Shahid vd., 2017). Bu süreçte neredeyse bütün doğal kaynaklarda artan kullanım ve özellikle sanayide hammadde olarak kullanılan madenlerin işlenerek doğaya salınımı hava (Isinkaralar, 2022a,b,c,d; Key vd., 2022; Turkyilmaz vd., 2020), su (Demir vd., 2021; Mutlu ve Arslan, 2022; Tokatli vd., 2021; Ucun Ozel vd., 2019-2020) ve toprağın (Cetin vd., 2022a,b; Gencel vd, 2022a,b) aşırı düzeyde kirlenmesi sonucunu doğurmuş, kirlilik dünya genelinde en önemli sorunlardan birisi haline gelmiştir (Cesur vd., 2021; Isinkaralar vd., 2022).

Özellikle kentsel alanlarda hava kirliliği öyle ciddi boyutlara ulaşmıştır ki Dünya Sağlık Örgütü (WHO), nüfusun yüzde 90'ının kirli hava soluduğunu belirtmektedir ve felç, akciğer kanseri, kalp rahatsızlıkları gibi sağlık açısından son derece tehlikeli sonuçlara yol açabilen hava kirliliğinin her yıl yaklaşık 7 milyon insanın ölümüne sebep olduğu belirtilmektedir (Jo vd., 2020; Karacocuk vd., 2022; Sevik vd., 2020a,b,c). Ayrıca hava kirliliği atmosferin bileşiminde meydana getirdiği değişikliklerden dolayı doğrudan veya dolaylı olarak da dünyanın ekosistemi üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Koç, 2021f; Kuzmina vd., 2022; Varol vd., 2021a).

Bu sonuçlardan birisi de küresel iklim değişikliğidir. Dünya genelinde insan nüfusunun önemli oranda artması, sınırlı olan doğal kaynakların daha fazla kullanılmasına ve bunun sonucunda da yer altında bulunan fosil yakıtlar ve mineral kaynakların atmosfere salınmasına sebep olmuştur (Bayraktar vd., 2021a,b; Elajail vd., 2022; Sevik vd., 2019a,b). İnsan faaliyetlerine bağlı olarak atmosferdeki konsantrasyonu artan CO₂ başta olmak üzere çeşitli gazlara bağlı olarak atmosferin bileşiminde değişiklikler meydana gelmiş ve bunun sonucunda küresel iklim değişiklikleri meydana gelmeye başlamıştır (Cantürk, 2020; Elsunousi vd., 2021; Key ve Kulaç, 2022).

Geniş bir bölgedeki ortalama hava şartları olarak tanımlanabilen iklim, bütün canlıların yaşamında çok önemli bir yere sahiptir. İnsan yaşamında, fiziksel çevrenin şekillenmesine ek olarak her türlü sosyal ve ekonomik faaliyet üzerinde etkili olan iklim, insanların; yeryüzüne dağılımlarından, yiyecek ve giyecek seçimlerine, barınma ve konut yapılarından, fizyolojik gelişimleri ve karakterlerine kadar pek çok alanda son derece etkili bir faktördür (Elhadar, 2020; Cantürk, 2020).

İklim diğer bütün canlıların yaşamını da doğrudan etkileyen bir faktördür. Çünkü canlıların bütün fenotipik karakterleri canlının genetik yapısı (Hrivnak vd., 2017; Imren vd., 2021; Yigit vd., 2016) ile çevre koşullarının (Ozel vd., 2021a,b; Yigit vd., 2019) karşılıklı etkileşimi altında şekillenmektedir. Çevre koşulları içerisinde, canlının bulunduğu alanda strese sebep olan faktörler (Arıcak vd., 2019; Koc ve Nzokou, 2018; Ozel vd., 2021c,d; Sevik ve Cetin, 2015; Turkyilmaz vd., 2018a,b,c), hormonların etkisi (Guney vd., 2016a,b; Gur vd., 2021; Sevik vd., 2017; Sevik ve Cetin, 2016), ilaçlar, gübreler, diğer canlıların etkileri (Agudelo-Castañeda vd., 2018; Shults vd., 2020) gibi pek çok faktör bulursa da bu faktörlerin bir çoğu mikro çevre koşullarını etkilemekte ve bundan dolayı etkisi canlılar üzerinde sınırlı düzeyde olmaktadır (Cetin vd., 2018a,b). Oysa iklim, geniş bir bölgede etkili olduğundan canlıları kitlesel olarak etkilemekte ve bundan dolayı iklimin canlılar üzerinde etkisi çok daha büyük boyutlarda olmaktadır. İklimde meydana gelen değişimler, büyük göç hareketleri, kitlesel yok oluşlar, büyük ölçekte popülasyon kayıpları gibi sonuçlar doğurmaktadır (Findlater vd., 2022; Gougherty vd., 2021; Ning vd., 2021).

Küresel iklim değişikliğinin beklenen etkilerinin oldukça büyük ölçekte olacağı ve yıkıcı etkileri olacağı tahmin edilmektedir. Bundan dolayı iklim değişikliğinin canlılar üzerine olası etkilerini belirlemeyi amaçlayan çok sayıda çalışma yapılmış ve bu çalışmalarda iklim değişikliğinin balıklar (Islam vd., 2022; Luis Val ve Wood, 2022; Lynch vd., 2016), kuşlar (Brambilla vd., 2022; McLean vd., 2022; Soultan vd., 2022), böcekler (Koot vd., 2022; Ma ve Ma, 2022; Shipley vd., 2022), memeliler (Cordes vd., 2020; Hristov vd., 2018; Rahimi vd., 2022) mantarlar (Pérez-Moreno vd., 2021), çeşitli tarım ürünleri (Cammarano vd., 2022; Chandio vd., 2020; Tabikha vd., 2022) ve insanlar (Abbass vd., 2022; Birkmann vd., 2022; Fu vd., 2022) gibi canlılar üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Küresel iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek canlı grubunun ise bitkiler olacağı tahmin edilmektedir. Çünkü bitkiler etkin bir hareket kabiliyetine sahip değildir ve yaşanacak iklim değişikliğinin, dünya tarihinde yaşanan diğer iklim değişikliklerine oranla çok daha kısa bir süre içerisinde gerçekleşeceği ve bundan dolayı bitkilerin adapte olmakta zorlanacağı, büyük oranda popülasyon ve tür kayıpları yaşanacağı belirtilmektedir (Cantürk ve Kulaç, 2021; Varol vd., 2021a).

Bu sebeple son yıllarda küresel iklim değişikliğinin orman ağaçları üzerine etkisi konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bazılarında *Populus balsamifera* (Gougherty vd., 2021), *Tilia cordata*, *Tilia tomentosa*, *Tilia platyphyllos* (Cantürk and Kulaç, 2021), *Fraxinus excelsior* (Varol vd., 2021a), *Nothofagus macrocarpa*, *Austrocedrus chilensis* (Matskovsky vd., 2021), *Betula* (Rojo vd., 2021), *Fagus sylvatica*, *Picea abies* (Hanewinkel vd. 2013, Ruiz-Labourdette vd. 2013; Şimûnek vd., 2021; Thurm vd., 2018), *Fagus orientalis* (Ayan vd., 2022), *Pinus hartwegii*, *Pinus oocarpa*, *Abies religiosa* (Gomez-Pineda vd. 2020), *Pinus armandii* (Ning vd., 2021), *Cedrus libani* (Lopez-Tirado vd., 2021), *Chukrasia tabularis*, *Toona ciliata*, *Lagerstroemia speciosa* (Rahman vd., 2018), *Betula pendula*, *Larix decidua*, *Pinus sylvestris* (Dyderski vd., 2018), *Carpinus*, *Carpinus orientalis* (Varol vd., 2022a), *Buxus* (Varol vd., 2022b), *Larix kaempferi* (Wu vd., 2021) üzerinde küresel iklim değişikliğinin etkileri değerlendirilmiştir.

İklim değişikliği, genel olarak sıcaklık ve yağış ortalamalarındaki olası değişiklikler açısından ele alınmaktadır. İklim değişikliğini tahmin etmek amacıyla çeşitli senaryolar ve modeller kullanılmakta olup bu çalışmada da kullanılan SSPs245 ve SSPs585 senaryoları ile Emberger, De-Martonne ve Erinç gibi indisler en yaygın olarak kullanılan senaryo ve indislerdir (Hepbilgin ve Koç, 2018; Rabat, 2019; Saatsaz vd., 2018).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında Türkiye’de doğal olarak yayılış yapan *Abies cilicica*, *Abies nordmanniana* subsp. *nordmanniana* ve *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* ile *Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* arasında var olduğu belirtilen morfolojik farklılıkların geçişken olduğu belirtilerek bu iki tür *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* altında birleştirilmiştir) olmak üzere üç tür üzerinde çalışılmıştır. Bu türlerden *Abies nordmanniana* subsp. *nordmanniana*’nın Türkiye dışında Kafkasya’da (Mataracı and Kandemir, 2018), *Abies cilicica* ise Suriye ve Lübnan’da sınırlı yayılış gösterirken dünya üzerindeki yayılışlarının büyük bölümünü Türkiye’de yapmaktadır (Akkemik, 2018).

Çalışma kapsamında çalışmaya konu türlerin mevcut ve potansiyel yayılış alanlarının modellenmesinde MaxEnt 3.4.1 (Li vd., 2020; Philips ve Dudik, 2008), harita gösterimleri için de ArcGIS 10.5 (ESRI, 2017) yazılımı kullanılmıştır. WorldClim verileri ile tür dağılımlarının modellenmesine geçilmeden önce 19 adet (Tablo 3.1) bioklimatik değişken (URL 1, 2022), yükselti ve bakı gibi çevresel değişkenlerle gökharların dağılımları test edilmiştir.

Tablo 3.1 Modelde kullanılan biyoklimatik değişkenler

Kod	Bioklimatik değişken	Birim
Bio1	Yıllık Ortalama Sıcaklık	°C
Bio2	Ortalama Günlük Aralık (Aylık ortalama [maks sıcaklık - min sıcaklık])	°C
Bio3	İzotermallik (Bio2/Bio7) (* 100)	-
Bio4	Mevsimsel Sıcaklık (standart sapma *100)	°C
Bio5	En Sıcak Ayın Maksimum Sıcaklığı	°C
Bio6	En Soğuk Ayın Minimum Sıcaklığı	°C
Bio7	Yıllık Sıcaklık Aralığı (Bio5-Bio6)	°C
Bio8	En Nemli Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı	°C
Bio9	En Kurak Bölgenin Ortalama Sıcaklığı	°C
Bio10	En Sıcak Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı	°C

Tablo 3.1 devamı

Bio11	En Soğuk Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı	°C
Bio12	Yıllık Yağış	mm
Bio13	En Yağışlı Ayın Yağış Miktarı	mm
Bio14	En Kurak Ayın Yağış Miktarı	mm
Bio15	Mevsimsel Yağış (değişim katsayısı)	%
Bio16	En INemli Çeyreğin Yağış Miktarı	mm
Bio17	En Kurak Bölgenin Yağış Miktarı	mm
Bio18	En Sıcak Çeyreğin Yağış Miktarı	mm
Bio19	En Soğuk Çeyreğin Yağış Miktarı	mm
Q	Emberger iklim sınıflandırması	-

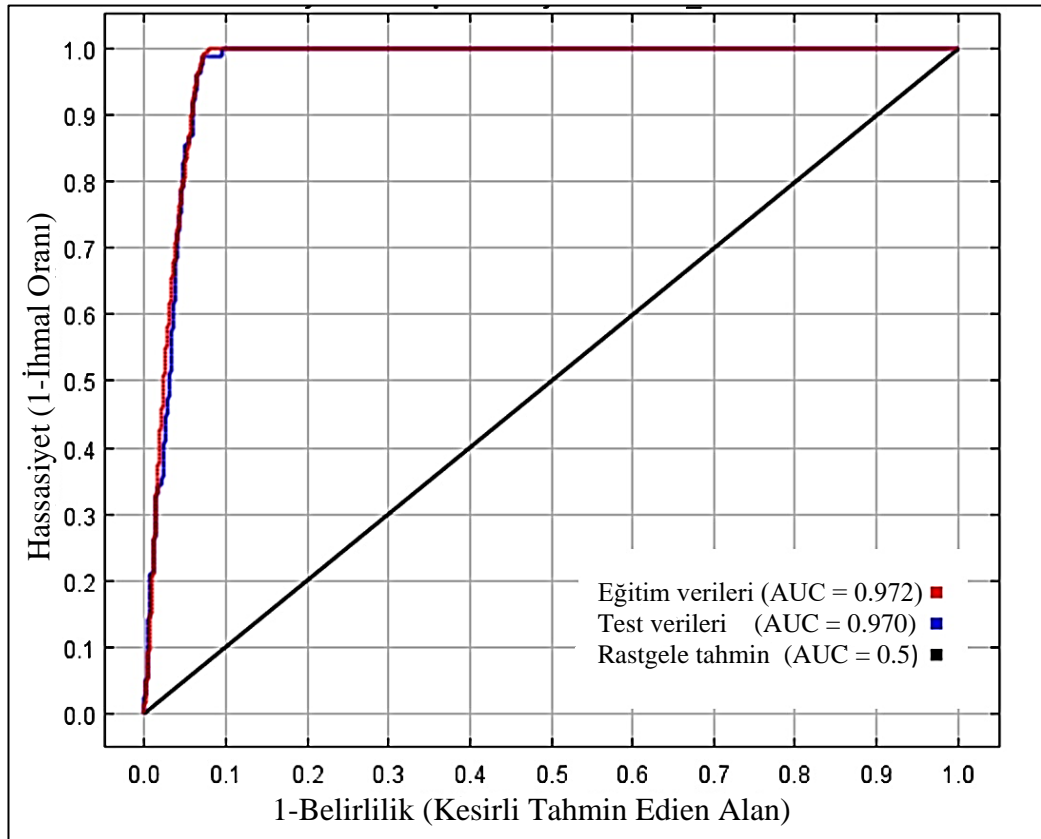
Çalışmada, CMIP6 için CNRM (National Center for Meteorological Research) /CERFACS (Centre European de Recherche et de Formation Avancee en Calcul Scientifique) modelleme grubu tarafından geliştirilen CNRM-CM6-1 (Centre National de Recherches Météorologiques model version 6)'in ~yaklaşık 20 km² (2.5 minutes spatial resolution) özellikli iklim modeli kullanılmıştır. Modellerin validasyonunda ROC (Receiver Operating Characteristic) ve AUC (Area Under Curve) değerleri ile Jackknife testi kullanılmıştır (Varol vd., 2022a).

Seçilen iki adet SSPs 585 (8.5 W/m²- the most extreme) ve SSPs 245 (4.5 W/m²- an intermediate) senaryo ile dört ayrı periyotta (2040, 2060, 2080 ve 2100) göknar yayılış alanlarının tahmini yapılmıştır. Bu senaryolar insan faaliyetlerinden kaynaklanan ve sera gazları ile kirleticilerin konsantrasyonunu temsil etmektedir.

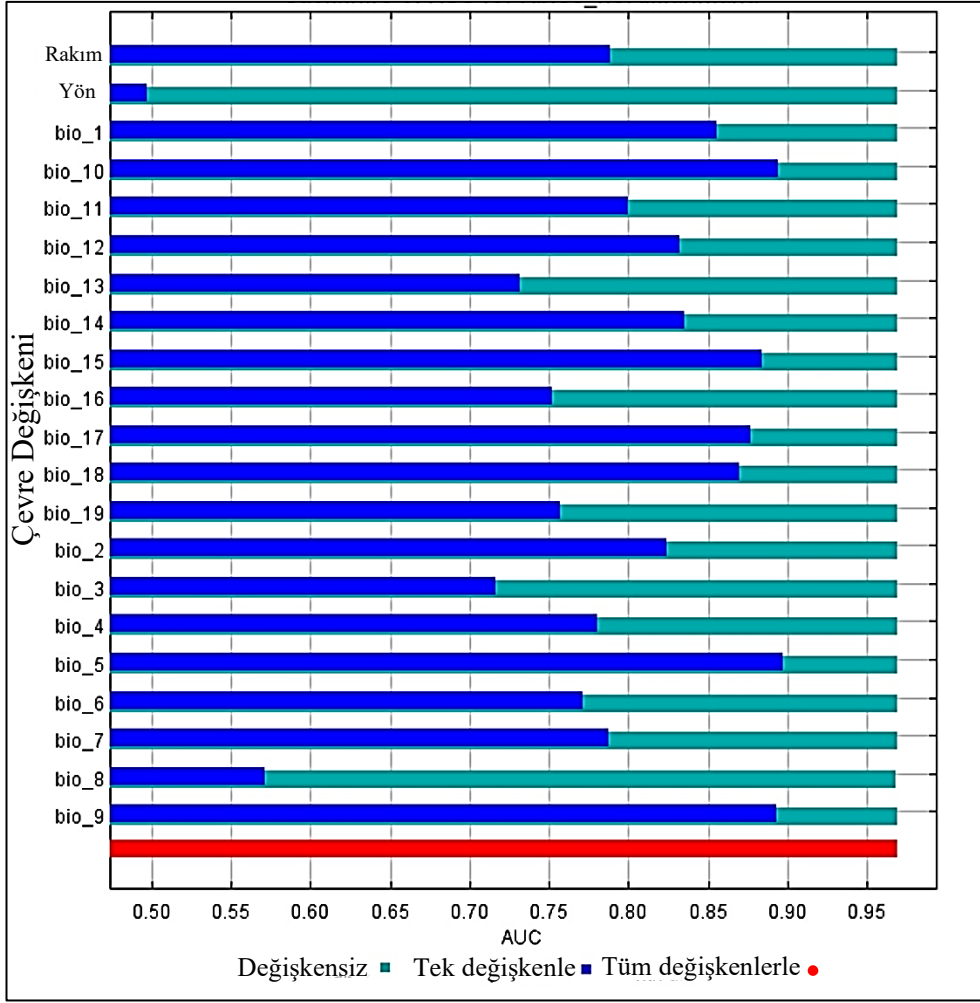
4. BULGULAR

4.1 *Abies nordmanniana*'nın Uygun Yayılış Alanlarının Değişimi

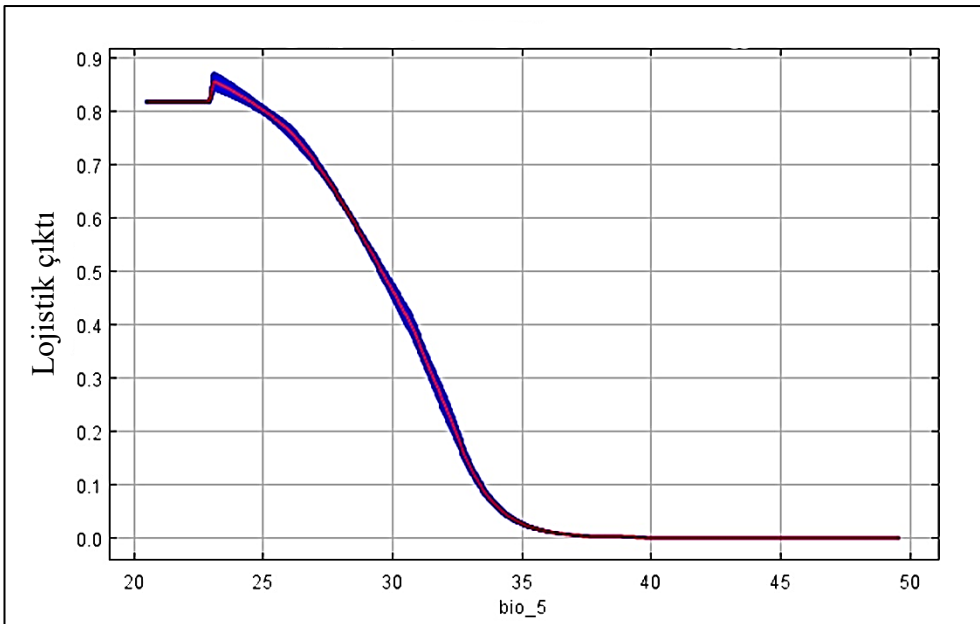
Çalışma kapsamında yapılan modelleme sonucunda elde edilen ROC eğrisindeki eğitim verisinin validasyon değeri 0,972 ($AUC > 0,5$), test verisinin ki ise 0,970 ($AUC > 0,5$) olarak belirlenmiştir. Bu bulgular modelin yüksek bir tahmin gücüne sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.1; Şekil 4.2; Şekil 4.3; Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Modelde Jackknife seçeneği ile *Abies nordmanniana* için oluşturulan kazanım tablosuna göre eğitim verisinde bireysel olarak türün dağılımına en fazla düzeyde etki eden 3 çevresel değişkenin en sıcak ayın maksimum sıcaklığı [Bio5], en kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı [Bio9] ve en sıcak çeyreğin ortalama sıcaklığı [Bio10] olduğu tespit edilmiştir. Bu durum türün özellikle sıcaklıktan önemli derecede etkilendiğini ortaya koymaktadır.



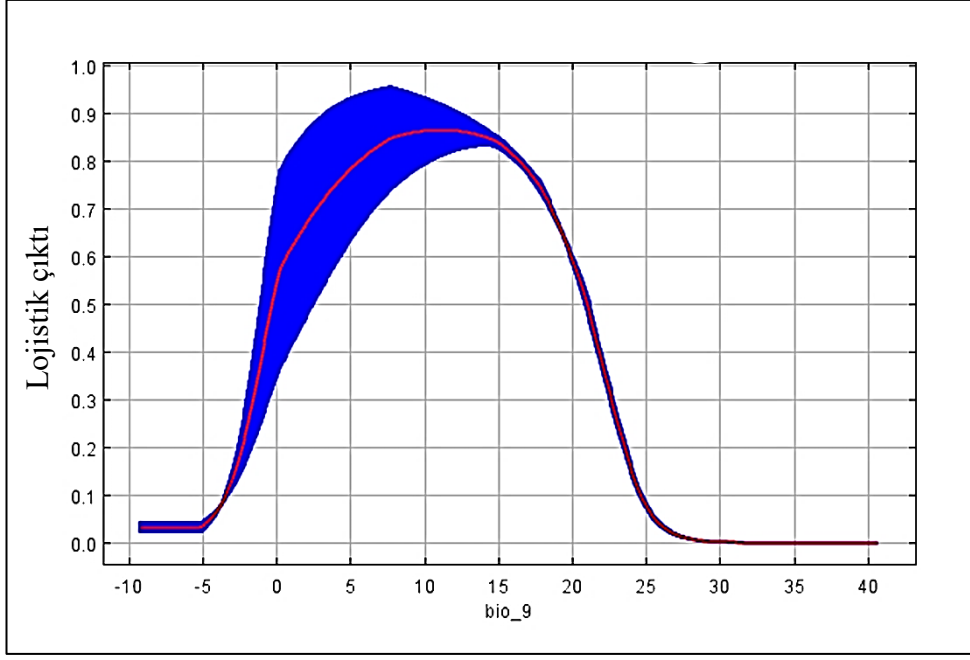
Şekil 4.1 ROC eğrisi



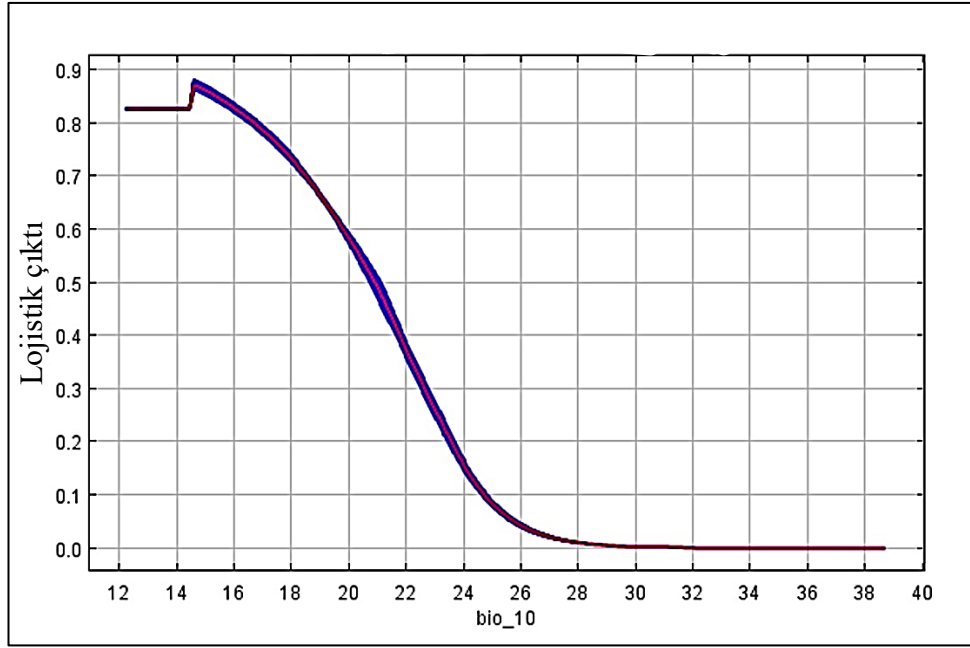
Şekil 4.2 jackknife testi



Şekil 4.3 Bio5 etki grafiği



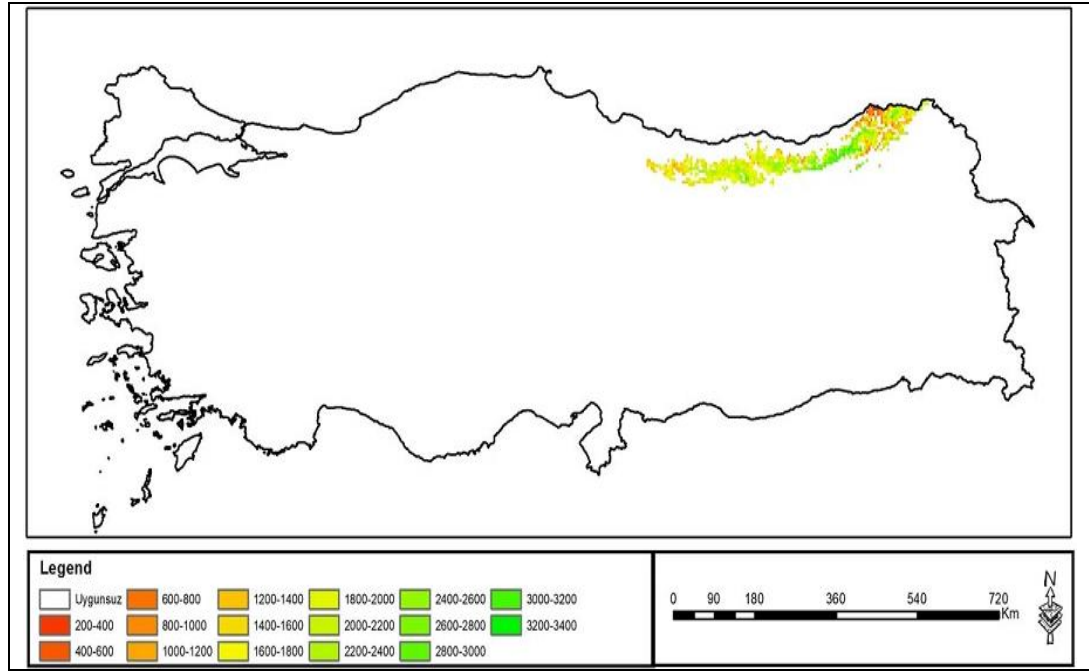
Şekil 4.4 Bio9 etki grafiği



Şekil 4.5 Bio10 etki grafiği

Çevresel faktörler ile türlerin varoluşu arasındaki ilişkileri temsil eden tepki eğrilerine göre *Abies nordmanniana* en sıcak ayın maksimum sıcaklığının 35 °C'yi aşmadığı, en kurak çeyreğin ortalama sıcaklığının -5 ile 15 °C arasında olduğu ve en sıcak çeyreğin ortalama sıcaklığının 15 ile 26 °C arasında olduğu alanları tercih etmektedir (Şekil 4.1; Şekil 4.2; Şekil 4.3; Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).

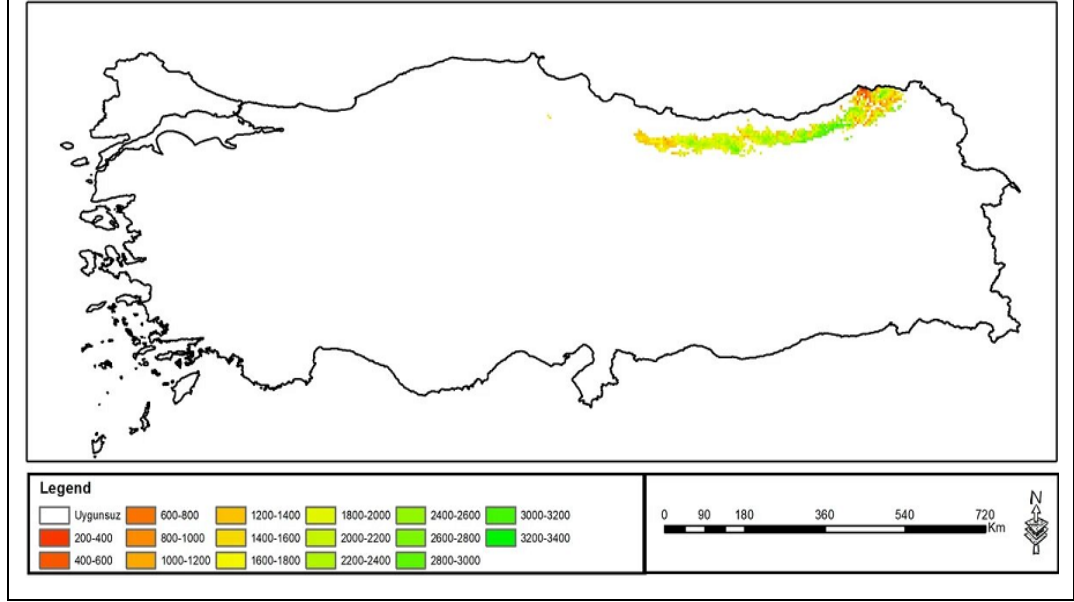
Abies nordmanniana'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdeki ve gelecekteki durumu rakımsal olarak S245 ve S585 senaryolarına göre ayrı ayrı değerlendirilerek haritalar ve tablolarla gelecek yıllarda öngörülen değişiklikler açıklanmaya çalışılmıştır. *A. nordmanniana*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6 *A. nordmanniana*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları

Çalışma kapsamında öncelikle *A. nordmanniana*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları ve bu yayılış alanlarının rakımsal dağılımı belirlenmiştir. *A. nordmanniana*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları baz alınarak sonraki yıllarda iki farklı senaryoya göre yayılış alanlarının günümüzdeki uygun yayılış alanlarına oranları ve sonrasında da yeni yayılış alanlarının rakımsal dağılımı incelenmiştir. Buna göre *A. nordmanniana*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları incelendiğinde 200-3400 m rakım aralığında uygun yayılış alanları olduğu, bu yayılış alanlarının büyük kısmının 1000-3000 m rakım aralıklarında olduğu belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalara göre *A. nordmanniana*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,65'i 200-400 m, %0,33'ü 400-600 m, %1,42'si 600-800 m, %2,94'ü 800-1000 m, %4,47'si 1000-1200 m, %8,39'u 1200-1400 m, %12,09'u 1400-1600 m, %13,83'ü 1600-1800 m, %16,22'si 1800-2000 m, %11,66'sı 2000-2200 m, %10,35'i 2200-2400 m, %7,3'ü 2400-2600 m, %4,03'ü 2600-2800 m, %3,59'u 2800-3000 m ve

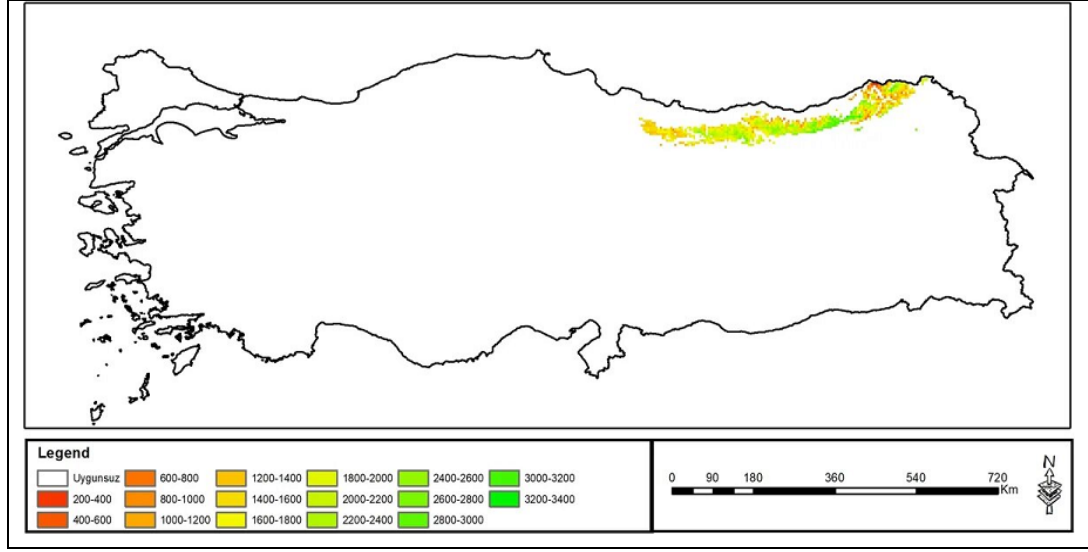
%2,73'ü de 3000 m'nin üzerindeki rakımlardır. *A. nordmanniana*'nın S245 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 *A. nordmanniana*'nın S245 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları

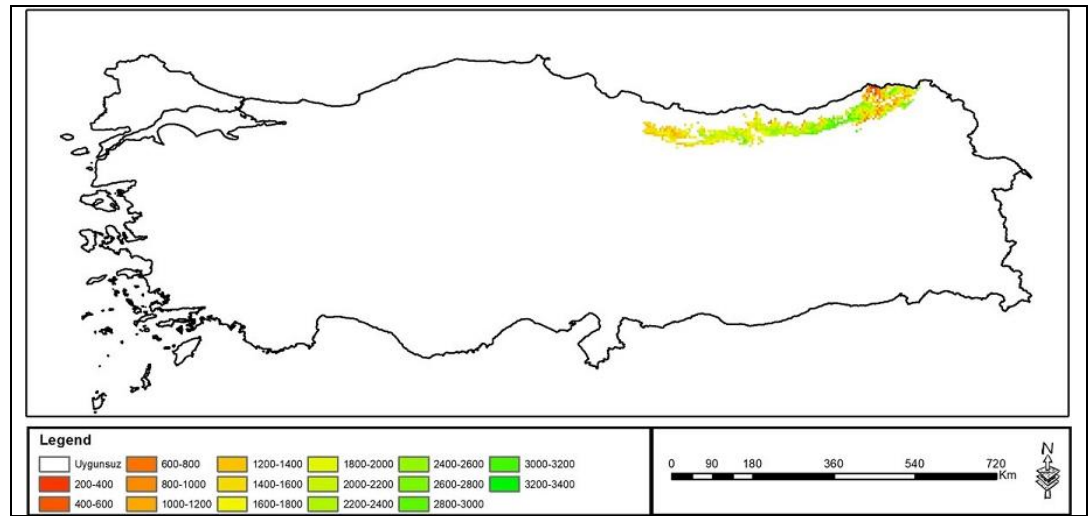
A. nordmanniana'nın 2040 yılındaki yayılış alanının S245 senaryosuna göre bir miktar azalarak günümüzdekinin %99,13'ü seviyesine gerileyeceği hesaplanmıştır. 2040 yılındaki yayılış alanının dağılımı incelendiğinde yaklaşık %0,66'sı 200-400 m, %0,22'si 400-600 m, %1,54'ü 600-800 m, %2,42'si 800-1000 m, %3,96'sı 1000-1200 m, %9,34'ü 1200-1400 m, %12,97'si 1400-1600 m, %13,74'ü 1600-1800 m, %15,48'i 1800-2000 m, %11,75'i 2000-2200 m, %10,22'si 2200-2400 m, %7,36'sı 2400-2600 m, %4,29'u 2600-2800 m, %3,52'si 2800-3000 m ve %2,53'ü de 3000 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı öngörülmektedir.

A. nordmanniana'nın S585 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



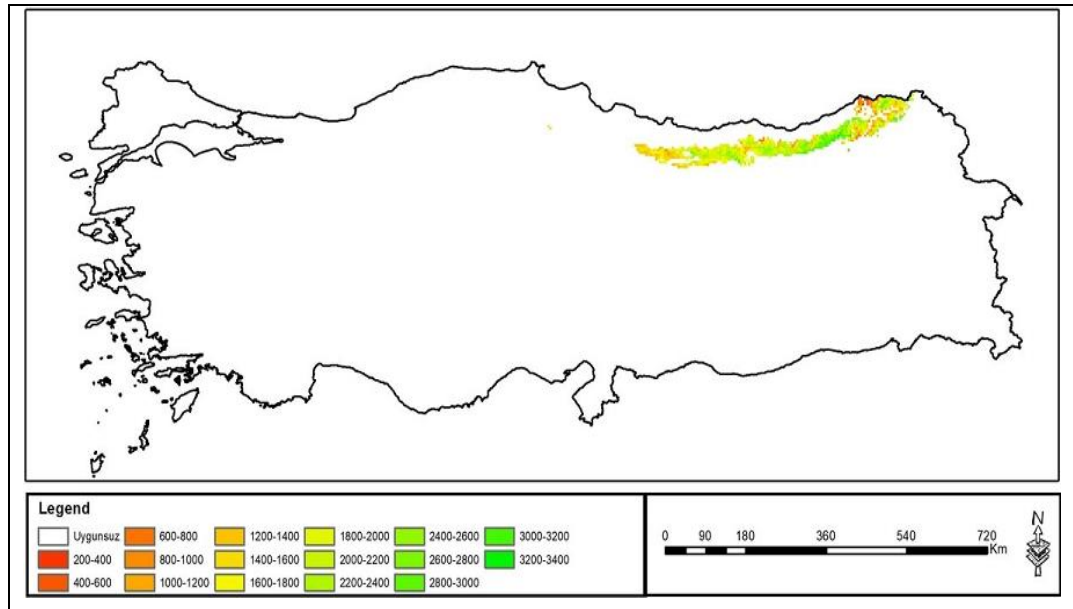
Şekil 4.8 A. nordmanniana'nın S585 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları

S245 senaryosunun aksine, S585 senaryosuna göre 2040 yılında *A. nordmanniana*'nın uygun yayılış alanları günümüzdekinin yaklaşık %102,61'i seviyesine yükselecek yani %2,5'den fazla bir artış olacaktır. Bu yayılış alanlarının ise yaklaşık %0,32'si 200-400 m, %0,11'i 400-600 m, %1,38'i 600-800 m, %2,97'si 800-1000 m, %5,41'i 1000-1200 m, %10,93'ü 1200-1400 m, %14,86'sı 1400-1600 m, %14,12'si 1600-1800 m, %14,97'si 1800-2000 m, %11,04'ü 2000-2200 m, %9,34'ü 2200-2400 m, %5,73'ü 2400-2600 m, %3,61'i 2600-2800 m, %3,08'si 2800-3000 m ve %2,12'si de 3000 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir. *A. nordmanniana*'nın S245 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



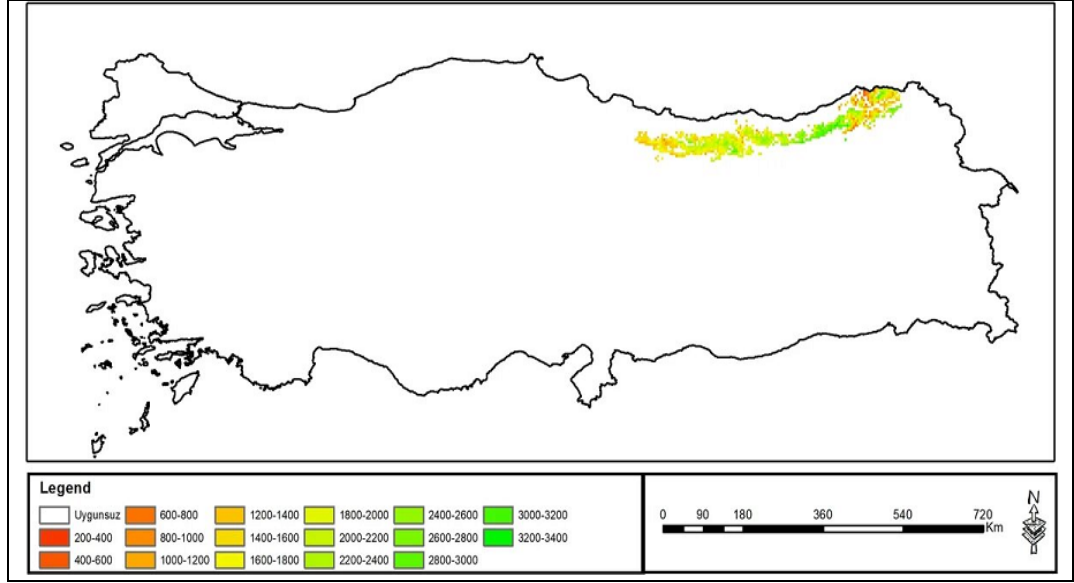
Şekil 4.9 A. nordmanniana'nın S245 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları

S245 senaryosuna göre 2060 yılında *A. nordmanniana*'nın yayılış alanlarının daha da azalacağı ve günümüzdeki yayılış alanının Yaklaşık %98,8'ine gerileyeceği hesaplanmıştır. Bu yayılış alanının ise yaklaşık %0,66'sının 200-400 m, %0,33'ünün 400-600 m, %1,76'sının 600-800 m, %2,76'sının 800-1000 m, %5,18'inin 1000-1200 m, %9,49'unun 1200-1400 m, %14'ünün 1400-1600 m, %14'ünün 1600-1800 m, %13,9'unun 1800-2000 m, %10,14'ünün 2000-2200 m, %10,14'ünün 2200-2400 m, %7,39'unun 2400-2600 m, %4,3'ünün 2600-2800 m, %3,53'ünün 2800-3000 m ve %2,42'sinin de 3000 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir. *A. nordmanniana*'nın S585 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



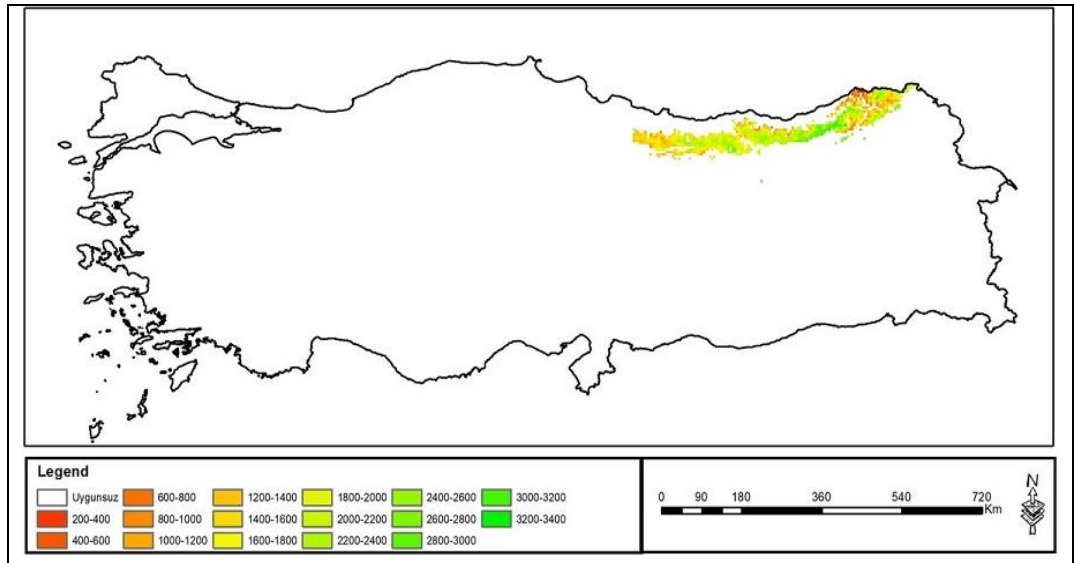
Şekil 4.10 *A. nordmanniana*'nın S585 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları

A. nordmanniana'nın S585 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanlarının günümüzdükine oranla bir miktar azalarak günümüzdükünün yaklaşık %98,8'i seviyesine gerileyeceği tahmin edilmektedir. Bu yayılış alanlarının rakımsal olarak ise yaklaşık %0,66'sı 200-400 m, %0,33'ü 400-600 m, %1,76'sı 600-800 m, %2,76'sı 800-1000 m, %5,18'i 1000-1200 m, %9,48'i 1200-1400 m, %14'ü 1400-1600 m, %14'ü 1600-1800 m, %13,89'u 1800-2000 m, %10,14'ü 2000-2200 m, %10,14'ü 2200-2400 m, %7,39'u 2400-2600 m, %4,3'ü 2600-2800 m, %3,53'ü 2800-3000 m ve %2,42'si de 3000 m'nin üzerindeki rakımlar olacaktır. *A. nordmanniana*'nın S245 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



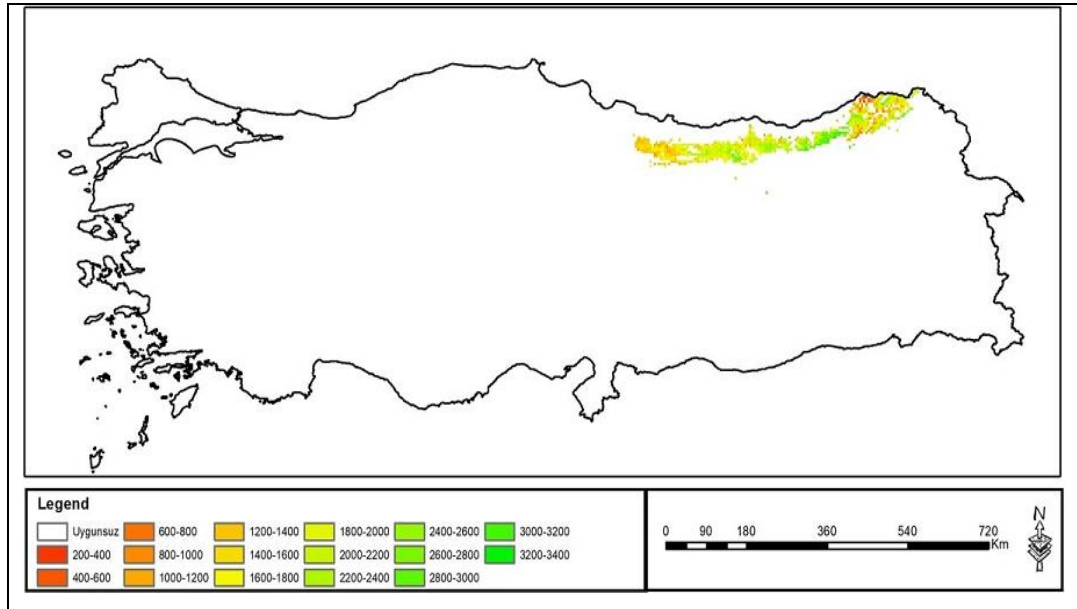
Şekil 4.11 A. nordmanniana'nın S245 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları

A. nordmanniana'nın 2080 yılındaki yayılış alanının S245 senaryosuna göre daha da azalarak günümüzdekinin yaklaşık %96,73'ü seviyesine gerileyeceği hesaplanmıştır. 2080 yılındaki yayılış alanının dağılımı incelendiğinde yaklaşık %0,11'i 200-400 m, %0,23'ü 400-600 m, %1,35'i 600-800 m, %2,25'i 800-1000 m, %4,05'i 1000-1200 m, %8,78'i 1200-1400 m, %13,96'sı 1400-1600 m, %14,75'i 1600-1800 m, %15,1'i 1800-2000 m, %11,04'ü 2000-2200 m, %10,36'sı 2200-2400 m, %6,98'i 2400-2600 m, %4,62'si 2600-2800 m, %3,72'si 2800-3000 m ve %2,70'i de 3000 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı öngörülmektedir. A. nordmanniana'nın S585 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12 A. nordmanniana'nın S585 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları

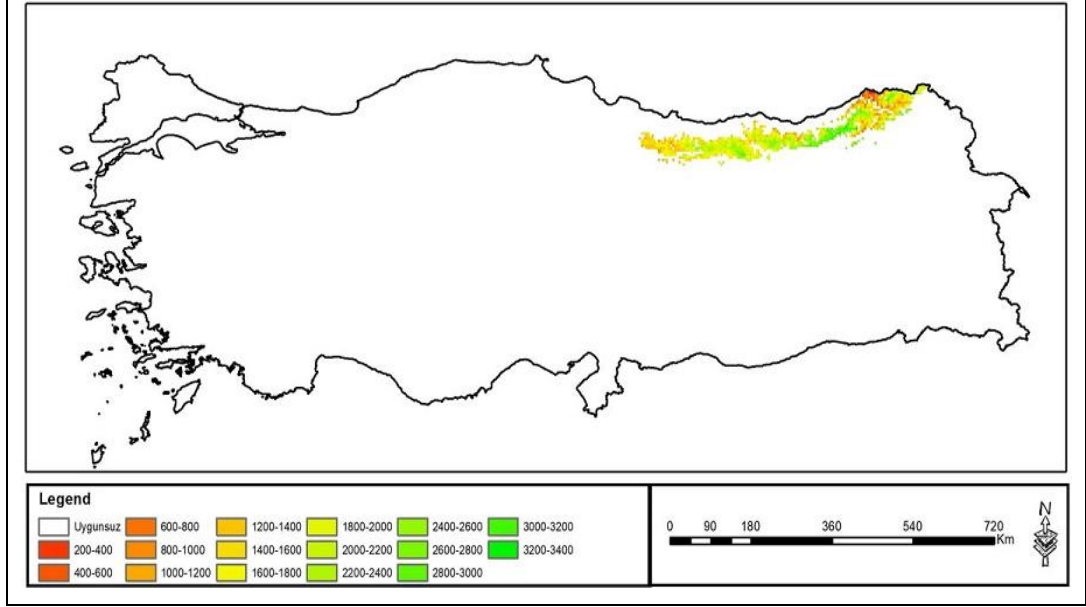
S585 senaryosuna göre 2080 yılında *A. nordmanniana*'nın uygun yayılış alanları daha da azalacak ve günümüzdekinin yaklaşık %96,73'ü seviyesine gerileyecektir. Bu yayılış alanının ise yaklaşık %0,11'inin 200-400 m, %0,23'ünün 400-600 m, %1,35'inin 600-800 m, %2,25'inin 800-1000 m, %4,05'inin 1000-1200 m, %8,78'inin 1200-1400 m, %13,96'sının 1400-1600 m, %14,75'inin 1600-1800 m, %15,09'unun 1800-2000 m, %11,14'ünün 2000-2200 m, %10,36'sının 2200-2400 m, %6,98'inin 2400-2600 m, %4,62'sinin 2600-2800 m, %3,72'sinin 2800-3000 m ve %2,7'sinin de 3000 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir. *A. nordmanniana*'nın S245 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13 *A. nordmanniana*'nın S245 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları

Yapılan hesaplamalar sonucunda 2100 yılında *A. nordmanniana*'nın S245 senaryosuna göre uygun yayılış alanlarının günümüzdekinin yaklaşık %100,76'sı olacağı yani günümüzdekine oranla yaklaşık %0,76'lık bir artış yaşanacağı öngörülmektedir. S245 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,32'sinin 200-400 m, %0,22'sinin 400-600 m, %1,19'unun 600-800 m, %2,27'sinin 800-1000 m, %4,86'sinin 1000-1200 m, %10,16'sinin 1200-1400 m, %15,03'ünün 1400-1600 m, %15,14'ünün 1600-1800 m, %15,46'sinin 1800-2000 m, %11,03'ünün 2000-2200 m, %9,3'ünün 2200-2400 m, %6,16'sinin 2400-2600 m, %3,35'inin 2600-2800 m, %3,24'ünün 2800-3000 m ve %2,27'sinin de 3000 m'nin

üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir. *A. nordmanniana*'nın S585 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14 *A. nordmanniana*'nın S585 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları

A. nordmanniana'nın S585 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanlarının günümüzdekinin yaklaşık %96,19'u seviyesinde olacağı yani %4'e yakın bir kayıp yaşanacağı öngörülmektedir. Yapılan hesaplamalara göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,79'u 200-400 m, %0,34'ü 400-600 m, %1,59'u 600-800 m, %2,6'sı 800-1000 m, %5,1'i 1000-1200 m, %10,42'si 1200-1400 m, %15,74'ü 1400-1600 m, %14,16'sı 1600-1800 m, %15,06'sı 1800-2000 m, %10,19'u 2000-2200 m, %8,95'i 2200-2400 m, %6'sı 2400-2600 m, %3,4'ü 2600-2800 m, %3,51'i 2800-3000 m ve %2,15'i de 3000 m'nin üzerindeki rakımlar olacaktır. S245 senaryosuna göre *A. nordmanniana*'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdekine oranla değişim oranı Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 *A. nordmanniana*'nın uygun yayılış alanlarının S245 senaryosuna göre değişimi

Rakım	2020	2040	2060	2080	2100
200-400	100	100	100	16,7	50
400-600	100	66,7	100	66,7	66,7
600-800	100	107,7	123,1	92,3	84,6
800-1000	100	81,5	92,6	74,1	77,8
1000-1200	100	87,8	114,6	87,8	109,8

Tablo 4.1 devamı...

1200-1400	100	110,4	111,7	101,3	122,1
1400-1600	100	106,3	114,4	111,7	125,2
1600-1800	100	98,4	100	103,1	110,2
1800-2000	100	94,6	84,6	89,9	96
2000-2200	100	100	86	91,6	95,3
2200-2400	100	97,9	96,8	96,8	90,5
2400-2600	100	100	100	92,5	85,1
2600-2800	100	105,4	105,4	110,8	83,8
2800-3000	100	97	97	100	90,9
3000-3200	100	95,2	90,5	95,2	90,5
3200-3400	100	75	75	100	50
Genel	100	99,13	98,8	96,73	100,76

Tablo değerleri incelendiğinde S245 senaryosuna göre *A. nordmanniana*'nın uygun yayılış alanlarının gelecek yıllarda özellikle düşük ve yüksek rakımlarda azalacağı, 1000-1800 m rakımlarda ise uygun yayılış alanlarında genel bir artış olacağı öngörülmektedir. Bu artış özellikle 1200-1600 m rakımlarda daha belirgin bir şekilde görülecek ve bu rakımlardaki uygun yayılış alanları 2100 yılında günümüzdekine oranla %25'i aşan oranlarda olabilecektir. En büyük kayıpların ise özellikle düşük rakımlarda olacağı öngörülmekte olup, 400 m'nin altındaki rakımlarda uygun yayılış alanlarının günümüzdekinin %16,7'si seviyesine kadar düşebileceği tahmin edilmektedir. S585 senaryosuna göre *A. nordmanniana*'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdekine oranla değişim oranı Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 *A. nordmanniana*'nın uygun yayılış alanlarının S585 senaryosuna göre değişimi

Rakım	2020	2040	2060	2080	2100
200-400	100	50	100	16,7	116,7
400-600	100	33,3	100	66,7	100
600-800	100	100	123,1	92,3	107,7
800-1000	100	103,7	92,6	74,1	85,2
1000-1200	100	124,4	114,6	87,8	109,8
1200-1400	100	133,8	111,7	101,3	119,5
1400-1600	100	126,1	114,4	111,7	125,2
1600-1800	100	104,7	100	103,1	98,4
1800-2000	100	94,6	84,6	89,9	89,3
2000-2200	100	97,2	86	91,6	84,1
2200-2400	100	92,6	96,8	96,8	83,2

Tablo 4.2 devamı...

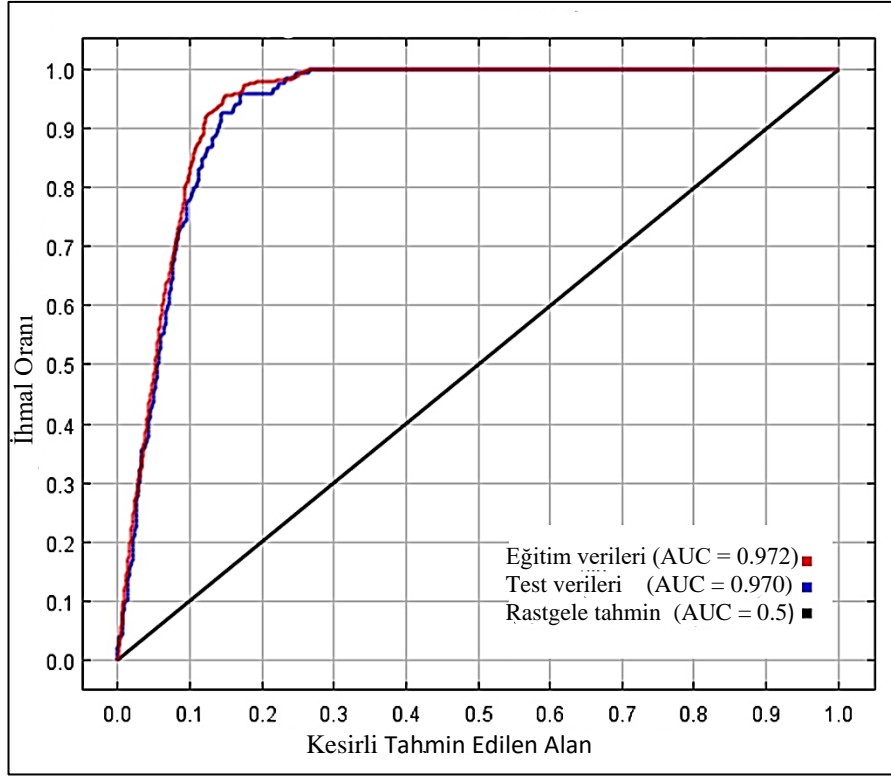
2400-2600	100	80,6	100	92,5	79,1
2600-2800	100	91,9	105,4	110,8	81,1
2800-3000	100	87,9	97	100	93,9
3000-3200	100	81	90,5	95,2	85,7
3200-3400	100	75	75	100	25
Genel	100	102,61	98,8	96,73	96,19

A. nordmanniana'nın uygun yayılış alanlarının değişimini gösteren tablo değerleri incelendiğinde S585 senaryosuna göre *A. nordmanniana*'nın uygun yayılış alanlarının gelecek yıllarda özellikle yüksek rakımlarda önemli miktarda azalacağı, 1200-1600 m rakımlarda ise uygun yayılış alanlarında genel bir artış olacağı tahmin edilmektedir. Ancak tablo değerleri incelendiğinde neredeyse bütün rakım aralıklarında belirli dönemlerde azalmalar olacağı görülmektedir. Örneğin 2100 yılında 400-600 m rakım aralığındaki uygun yayılış alanları günümüzdeki ile aynı oranda olacaktır ancak aynı rakım aralığında 2040 yılında %70'e yakın uygun yayılış alanı kaybı olacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla uygun yayılış alanlarında önce bir kayıp ve sonrasında artış olacağı ihtimali, bu popülasyonlardaki olası kayıp riskinin çok yüksek olduğu şeklinde yorumlanmalıdır.

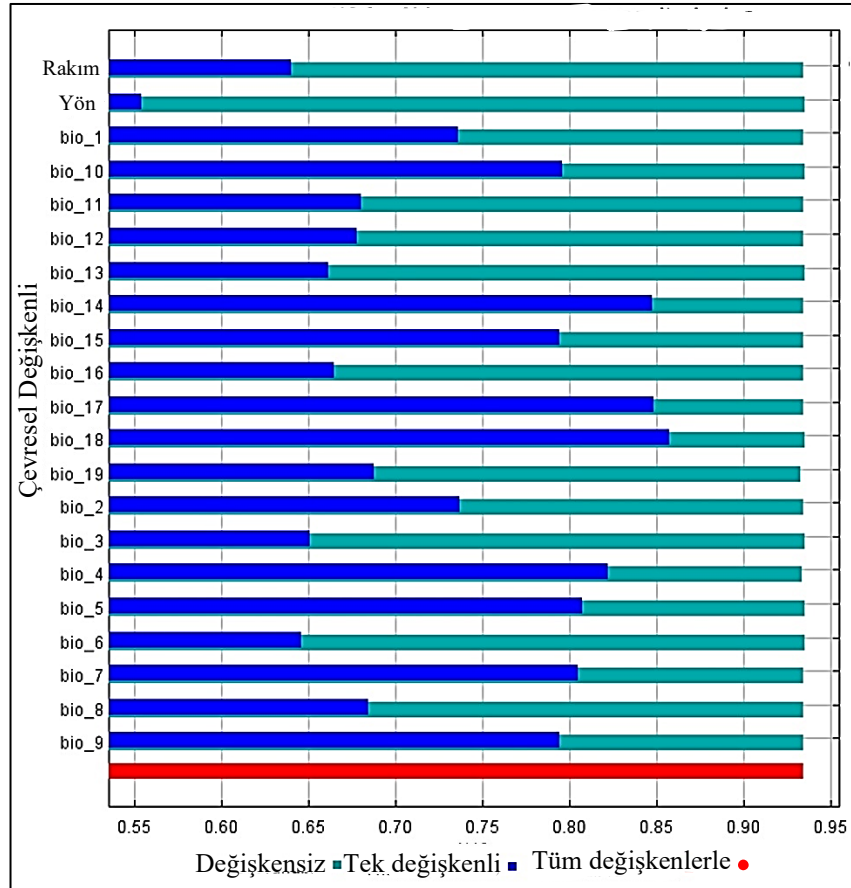
4.2 *Abies Bornmuelleriana*'nın Uygun Yayılış Alanlarının Değişimi

Çalışma kapsamında yapılan modelleme sonucunda elde edilen ROC eğrisindeki eğitim verisinin validasyon değeri 0,972 (AUC>0,5), test verisinin ki ise 0,970 (AUC>0,5) olarak belirlenmiştir. Bu bulgular modelin yüksek bir tahmin gücüne sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.15; Şekil 4.16; Şekil 4.17; Şekil 4.18 ve Şekil 4.19).

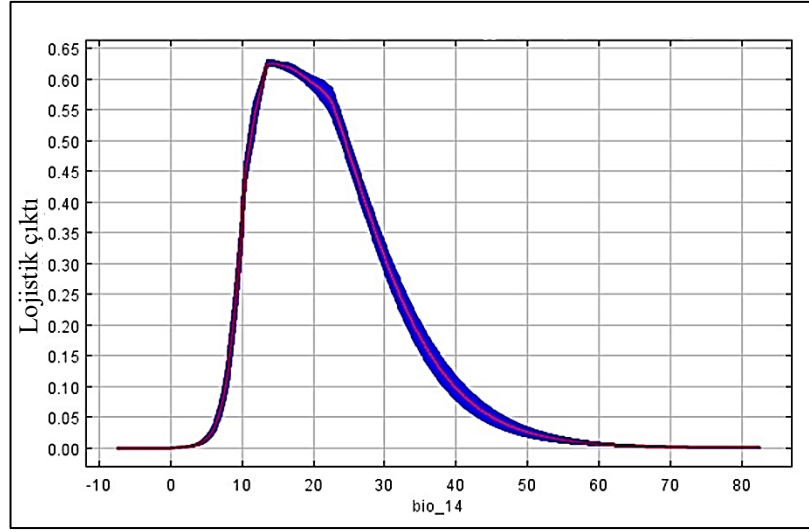
Modelde Jackknife seçeneği ile *Abies bornmuelleriana* için oluşturulan kazanım tablosuna göre eğitim verisinde bireysel olarak türün dağılımına en fazla düzeyde etki eden 3 çevresel değişkenin en kurak ayın yağış miktarı [Bio14], en kurak çeyreğin yağış miktarı [Bio17] ve en sıcak çeyreğin yağış miktarı [Bio18] olduğu tespit edilmiştir. Bu durum türün özellikle kurak ve sıcak dönemdeki yağıştan önemli derecede etkilendiğini ortaya koymaktadır.



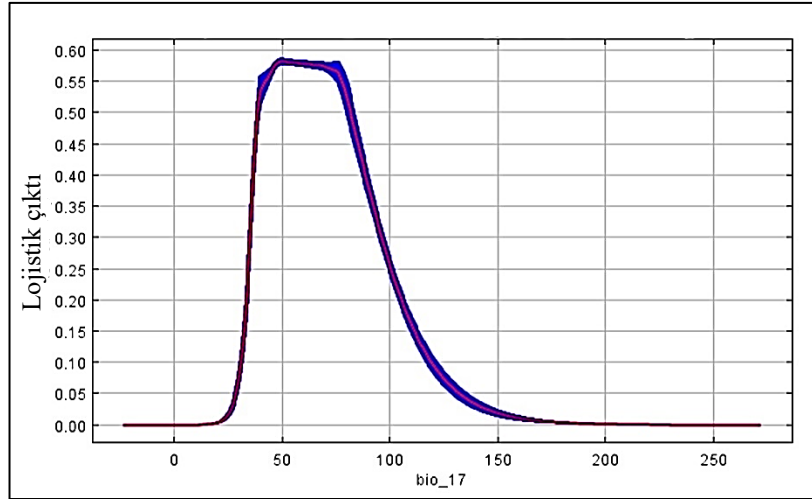
Şekil 4.15 ROC eğrisi



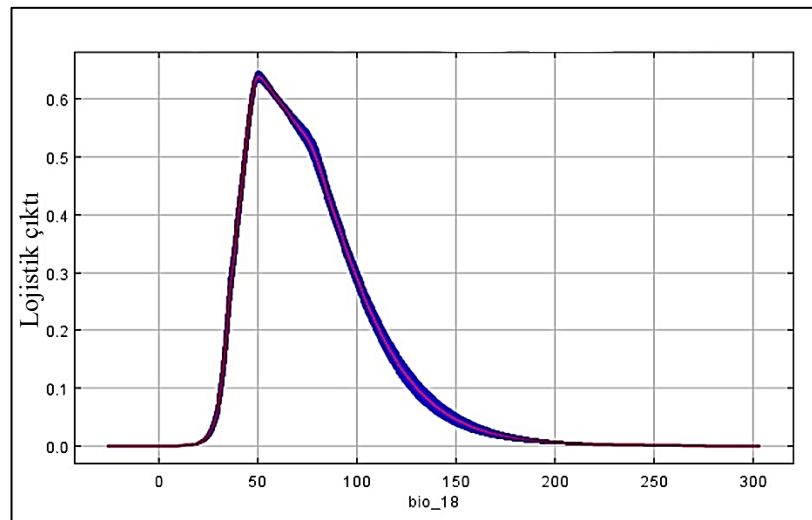
Şekil 4.16 jackknife testi



Şekil 4.17 BİO14 eğri grafiği



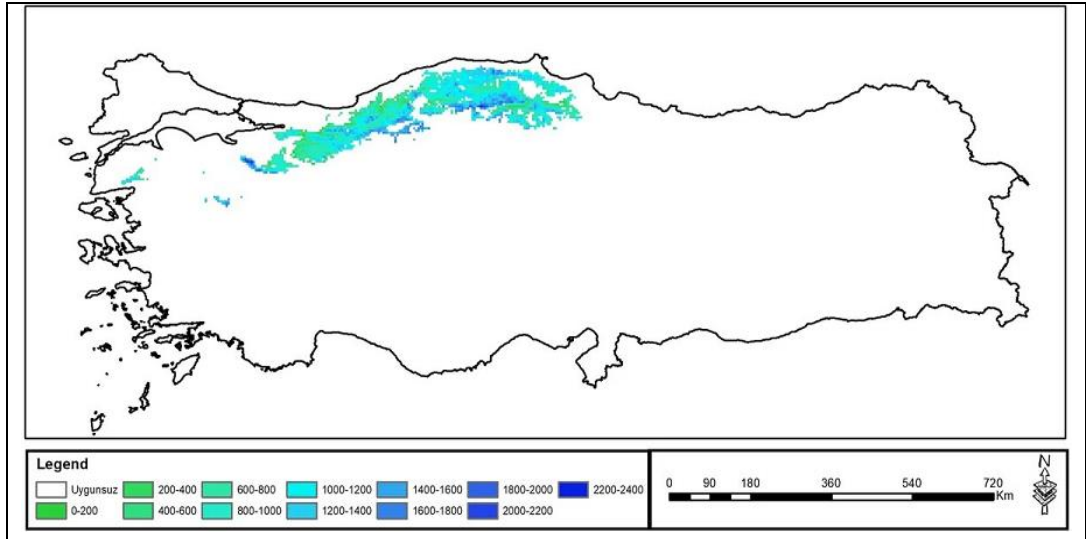
Şekil 4.18 BİO17 eğri grafiği



Şekil 4.19 BİO18 eğri grafiği

Çevresel faktörler ile türlerin varoluşu arasındaki ilişkileri temsil eden tepki eğrilerine göre *Abies bornmuelleriana* için en uygun yayılış alanlarının en kurak ayın yağış miktarının 10 mm'nin üzerinde, en kurak çeyreğin yağış miktarının 45 mm'nin üzerinde ve en sıcak çeyreğin yağış miktarının 50 mm'nin üzerindeki alanlar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.15; Şekil 4.16; Şekil 4.17; Şekil 4.18 ve Şekil 4.19).

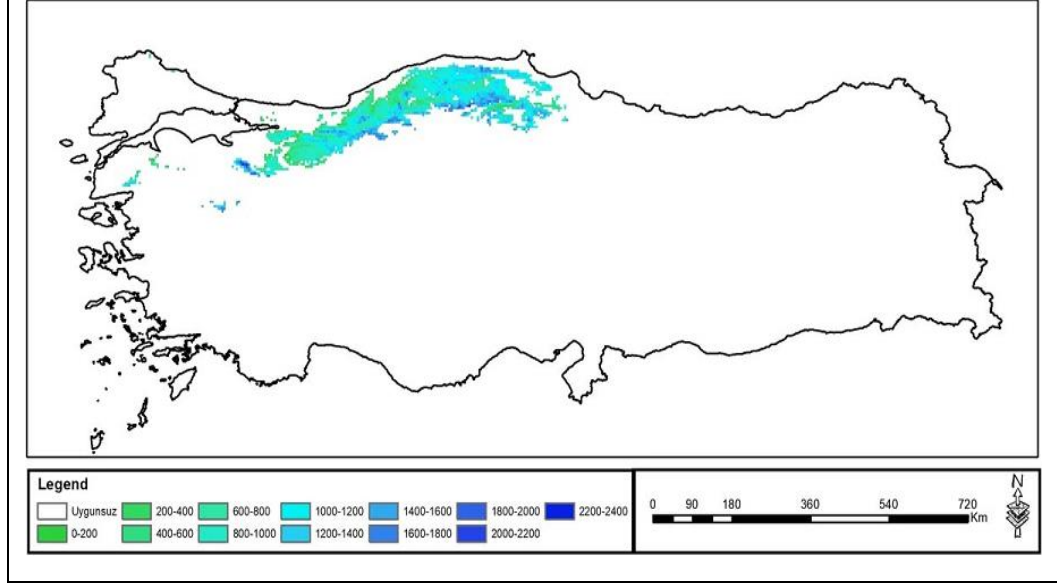
Çalışma kapsamında değerlendirilen diğer göknar türü olan *Abies bornmuelleriana*'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdeki ve gelecekteki durumu rakımsal olarak S245 ve S585 senaryolarına göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler haritalar ve tablolarla açıklanmaya çalışılmıştır. *A. bornmuelleriana*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20 *A. bornmuelleriana*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları

Abies bornmuelleriana'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları incelendiğinde deniz seviyesinden 2400 m rakıma kadar uygun yayılış alanları olduğu, bu yayılış alanlarının büyük bölümünün ise 400-1800 m rakım aralıklarında olduğu görülmektedir. Yapılan hesaplamalara göre *A. bornmuelleriana*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,52'si 200 m'nin altında, %3,33'ü 200-400 m, %8,35'i 400-600 m, %15,72'si 600-800 m, %21,35'i 800-1000 m, %22,17'si 1000-1200 m, %15,41'i 1200-1400 m, %8,61'i 1400-1600 m, %3,68'i 1600-1800 m, %0,56'sı 1800-2000 m, %0,17'si 2000-2200 m ve %0,13'ü de 2400 m'nin üzerindeki rakımlardır.

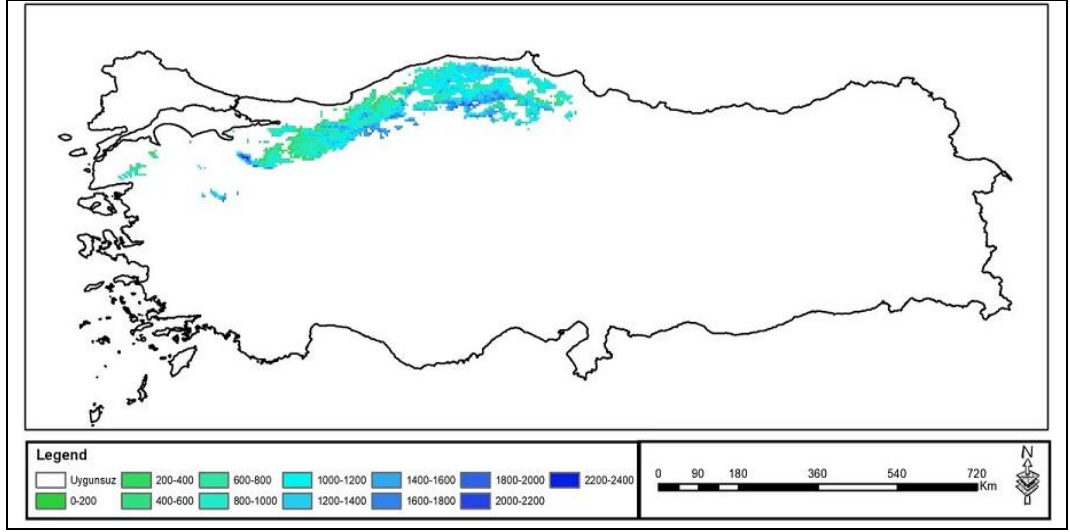
A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.21'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21 *A. bornmuelleriana*'nın S245 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları

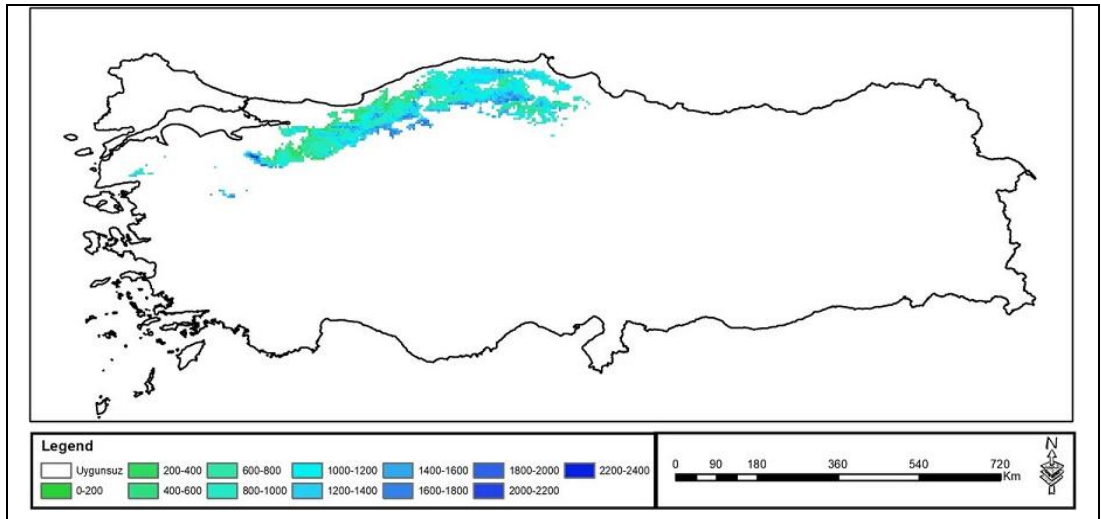
Yapılan hesaplamalar sonucunda 2040 yılında *A. bornmuelleriana*'nın S245 senaryosuna göre uygun yayılış alanlarının günümüzdekinin yaklaşık %100,43'ü olacağı yani günümüzdeline oranla yaklaşık %0,43'lük bir artış meydana geleceği öngörülmektedir. S245 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,65'inin 200 m'nin altında, %5,52'sinin 200-400 m, %9,53'ünün 400-600 m, %14,57'sinin 600-800 m, %19,57'sinin 800-1000 m, %22,4'ünün 1000-1200 m, %15,52'sinin 1200-1400 m, %8,15'inin 1400-1600 m, %3,49'unun 1600-1800 m, %0,34'ünün 1800-2000 m, %0,13'ünün 2000-2200 m ve %0,13'ünün de 2200 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir.

A. bornmuelleriana'nın S585 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.22 A. bornmuelleriana'nın S585 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları

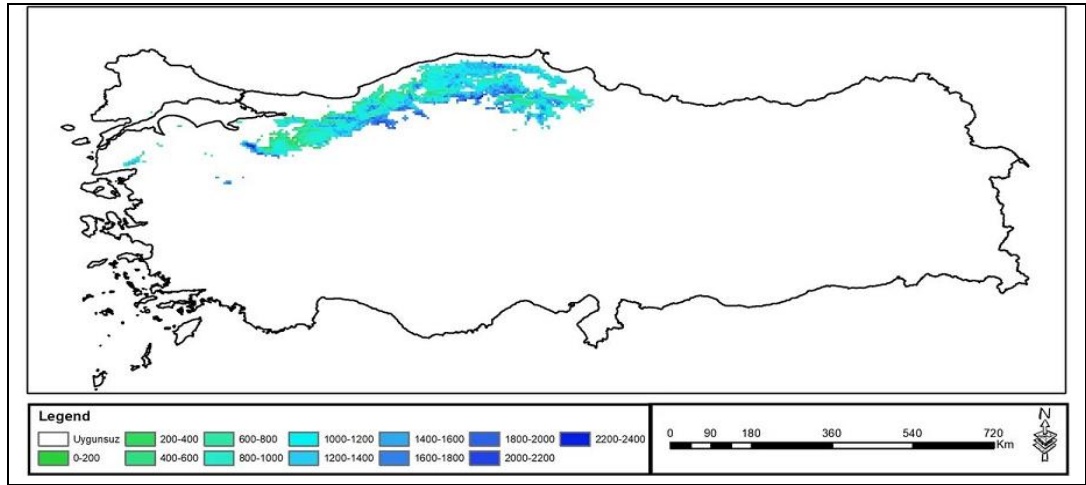
A. bornmuelleriana'nın 2040 yılındaki yayılış alanının S245 senaryosuna göre bir miktar artarak günümüzdekinin yaklaşık %100,78'i seviyesine çıkacağı hesaplanmıştır. 2040 yılındaki uygun yayılış alanının dağılımı incelendiğinde yaklaşık %0,52'sinin 200 m'nin altında, %3,52'si 200-400 m, %8,72'si 400-600 m, %13,87'si 600-800 m, %20,32'si 800-1000 m, %23,06'sı 1000-1200 m, %15,59'u 1200-1400 m, %9,28'i 1400-1600 m, %4,17'si 1600-1800 m, %0,06'sı 1800-2000 m, %0,26'sı 2000-2200 m ve %0,09'u da 2200 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı öngörülmektedir. A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.23'de gösterilmiştir.



Şekil 4.23 A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları

A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları incelendiğinde günümüzdeki yaklaşık %98,44'ü olacağı yani günümüzdekine oranla yaklaşık %1,5'luk bir azalma meydana geleceği öngörülmektedir. *A. bornmuelleriana*'nın S245 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,35'inin 200 m'nin altında, %4,18'inin 200-400 m, %9,63'ünün 400-600 m, %14,78'inin 600-800 m, %21,02'sinin 800-1000 m, %22,64'ünün 1000-1200 m, %15,3'ünün 1200-1400 m, %7,92'sinin 1400-1600 m, %3,61'inin 1600-1800 m, %0,35'inin 1800-2000 m, %0,13'ünün 2000-2200 m ve %0,09'unun da 2200 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir.

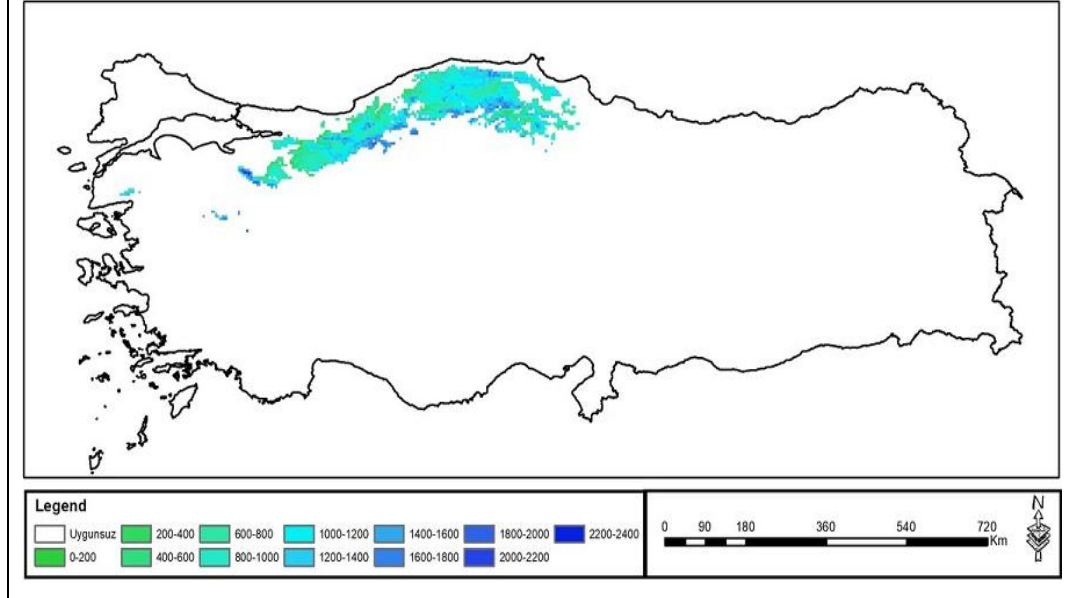
A. bornmuelleriana'nın S585 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.24'de gösterilmiştir.



Şekil 4.24 *A. bornmuelleriana*'nın S585 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları

S245 senaryosuna göre *A. bornmuelleriana*'nın 2060 yılındaki yayılış alanının değişimi incelendiğinde günümüze oranla 2060 yılında önemli miktarda bir artış olacağı ve bu artışın %9'u bulacağı tahmin edilmektedir. 2060 yılındaki uygun yayılış alanının dağılımı incelendiğinde ise yaklaşık %0,36'sının 200 m'nin altında, %3,85'i 200-400 m, %9,25'i 400-600 m, %14,89'u 600-800 m, %20,93'ü 800-1000 m, %22,65'i 1000-1200 m, %14,73'ü 1200-1400 m, %8,22'si 1400-1600 m, %3,97'si 1600-1800 m, %0,79'u 1800-2000 m, %0,24'ü 2000-2200 m ve %0,12'si de 2200 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir. *A. bornmuelleriana*'nın S245

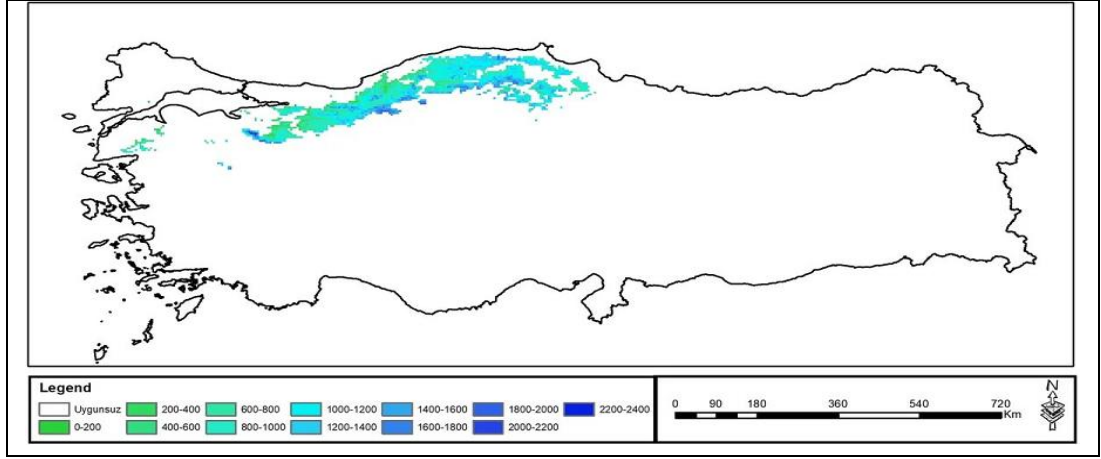
senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.25’de gösterilmiştir.



Şekil 4.25 A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları

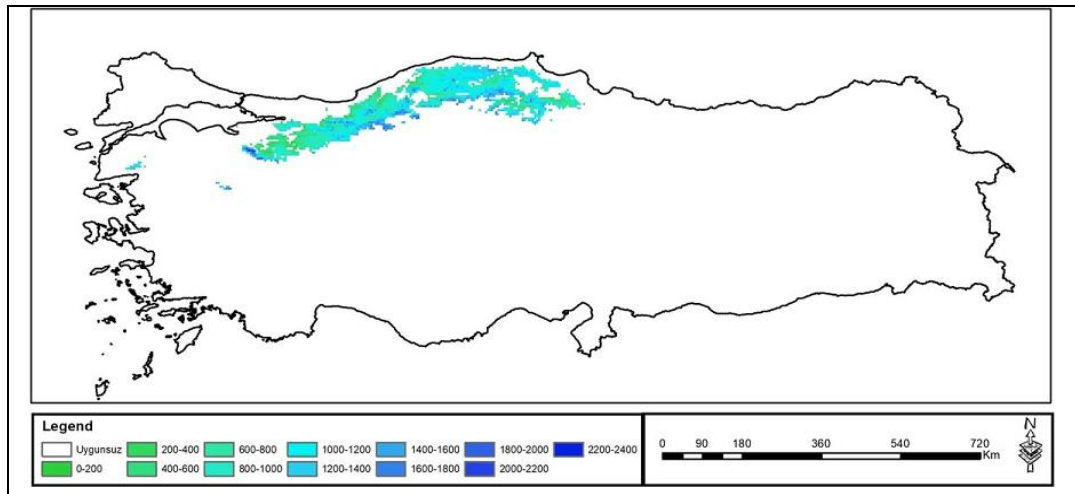
S245 senaryosuna göre *A. bornmuelleriana*'nın 2080 yılındaki uygun yayılış alanlarının günümüzdekine yaklaşık %100,74'ü olacağı yani günümüzdene oranla yaklaşık %0,74'lük bir artış meydana geleceği öngörülmektedir. S245 senaryosuna göre *A. bornmuelleriana*'nın 2080 yılındaki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,34'ünün 200 m'nin altında, %3,01'inin 200-400 m, %8,55'inin 400-600 m, %15,69'unun 600-800 m, %21,7'sinin 800-1000 m, %23,16'sinin 1000-1200 m, %15,21'inin 1200-1400 m, %8,25'inin 1400-1600 m, %3,31'inin 1600-1800 m, %0,56'sinin 1800-2000 m, %0,13'ünün 2000-2200 m ve %0,09'unun da 2200 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir.

A. bornmuelleriana'nın S585 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.26'de gösterilmiştir.



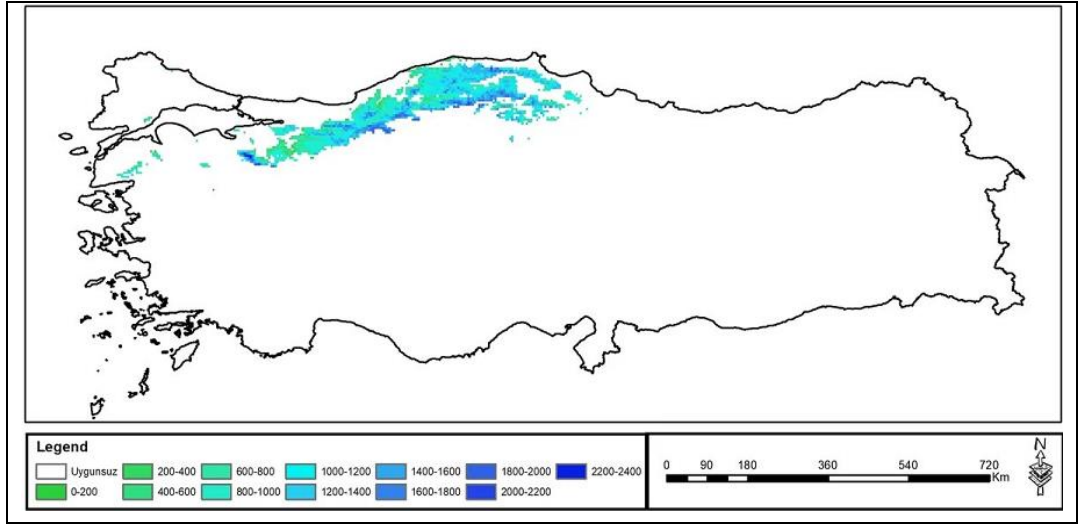
Şekil 4.26 A. bornmuelleriana'nın S585 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları

A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2080 yılındaki yayılış alanının değişimi incelendiğinde günümüze oranla yaklaşık %4 azalacağı ve günümüzdekinin %96,1'i seviyesine gerileyeceği tahmin edilmektedir. 2060 yılındaki duruma göre değerlendirildiğinde ise bu azalma %15'e yakın olacaktır. 2080 yılındaki uygun yayılış alanının dağılımı incelendiğinde ise yaklaşık %0,59'u 200 m'nin altında, %3,69'u 200-400 m, %8,51'i 400-600 m, %14,14'ü 600-800 m, %21,26'sı 800-1000 m, %23,92'si 1000-1200 m, %15,99'u 1200-1400 m, %7,7'si 1400-1600 m, %3,38'i 1600-1800 m, %0,59'u 1800-2000 m, %0,14'ü 2000-2200 m ve %0,09'u da 2200 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir. A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları Haritası Şekil 4.27'da gösterilmiştir.



Şekil 4.27 A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları

2100 yılında S245 senaryosuna göre *A. bornmuelleriana*'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdekine yaklaşık %98,4'ü olacağı yani günümüzdene oranla yaklaşık %1,5'luk bir azalma meydana geleceği öngörülmektedir. S245 senaryosuna göre *A. bornmuelleriana*'nın 2100 yılındaki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,44'ünün 200 m'nin altında, %4,62'sinin 200-400 m, %10,03'ünün 400-600 m, %15,27'sinin 600-800 m, %20,77'sinin 800-1000 m, %22,87'sinin 1000-1200 m, %15,75'inin 1200-1400 m, %7,17'sinin 1400-1600 m, %2,64'ünün 1600-1800 m, %0,22'sinin 1800-2000 m, %0,13'ünün 2000-2200 m ve %0,09'unun da 2200 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir. *A. bornmuelleriana*'nın S585 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.28'de gösterilmiştir.



Şekil 4.28 *A. bornmuelleriana*'nın S585 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları

A. bornmuelleriana'nın S245 senaryosuna göre 2100 yılındaki yayılış alanının daha da azalacağı ve günümüzdekine yaklaşık %95,76'sı seviyesine gerileyeceği tahmin edilmektedir. 2100 yılındaki uygun yayılış alanının dağılımı incelendiğinde yaklaşık %0,45'i 200 m'nin altında, %3,62'si 200-400 m, %9,27'si 400-600 m, %15,69'u 600-800 m, %21,28'i 800-1000 m, %23,63'ü 1000-1200 m, %15,24'ü 1200-1400 m, %6,92'si 1400-1600 m, %3,35'i 1600-1800 m, %0,32'si 1800-2000 m, %0,14'ü 2000-2200 m ve %0,09'u da 2200 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir.

S245 senaryosuna göre *A. bornmuelleriana*'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdene oranla değişim oranı Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 A. bornmuelleriana'nın uygun yayılış alanlarının S245 senaryosuna göre değişimi

Rakım	2020	2040	2060	2080	2100
0-200	100	125	66,7	66,7	83,3
200-400	100	166,2	123,4	90,9	136,4
400-600	100	114,5	113,5	103,1	118,1
600-800	100	93,1	92,6	100,6	95,6
800-1000	100	92,1	97	102,4	95,7
1000-1200	100	101,6	100,6	105,3	101,6
1200-1400	100	101,1	97,8	99,4	100,6
1400-1600	100	95	90,5	96,5	81,9
1600-1800	100	95,3	96,5	90,6	70,6
1800-2000	100	61,5	61,5	100	38,5
2000-2200	100	75	75	75	75
2200-2400	100	100	66,7	66,7	66,7
Genel	100	100,43	98,44	100,74	98,4

Tablo değerleri incelendiğinde S245 senaryosuna göre A. bornmuelleriana'nın uygun yayılış alanlarının gelecek yıllarda özellikle 1400 m'nin üzerindeki rakımlarda azalacağı öngörülmektedir. Buna karşın 200-600 m rakımlarda genel bir artış olacağı tahmin edilmektedir. Özellikle 200-400 m rakımlarda 2040 yılında %66'yı aşan oranlarda artış olabileceği, bu artışın 2100 yılında %36 civarında olacağı öngörülmektedir. En büyük kayıpların ise özellikle 1800 m'nin üzerindeki rakımlarda olacağı öngörülmekte olup, 1800-2000 m rakımlarda 2100 yılında uygun yayılış alanlarının günümüzdeki %38,5'i seviyesine kadar düşebileceği tahmin edilmektedir.

S585 senaryosuna göre A. bornmuelleriana'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdekine oranla değişim oranı Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4 A. bornmuelleriana'nın uygun yayılış alanlarının S585 senaryosuna göre değişimi

Rakım	2020	2040	2060	2080	2100
0-200	100	100	75	108,3	83,3
200-400	100	106,5	126	106,5	103,9
400-600	100	105,2	120,7	97,9	106,2
600-800	100	89	103,3	86,5	95,6
800-1000	100	95,9	106,9	95,7	95,5
1000-1200	100	104,9	111,3	103,7	102,1
1200-1400	100	102	104,2	99,7	94,7

Tablo 4.4 Devamı...

1400-1600	100	108,5	104	85,9	76,9
1600-1800	100	114,1	117,6	88,2	87,1
1800-2000	100	107,7	153,8	100	53,8
2000-2200	100	150	150	75	75
2200-2400	100	66,7	100	66,7	66,7
Genel	100	100,78	109,00	96,10	95,76

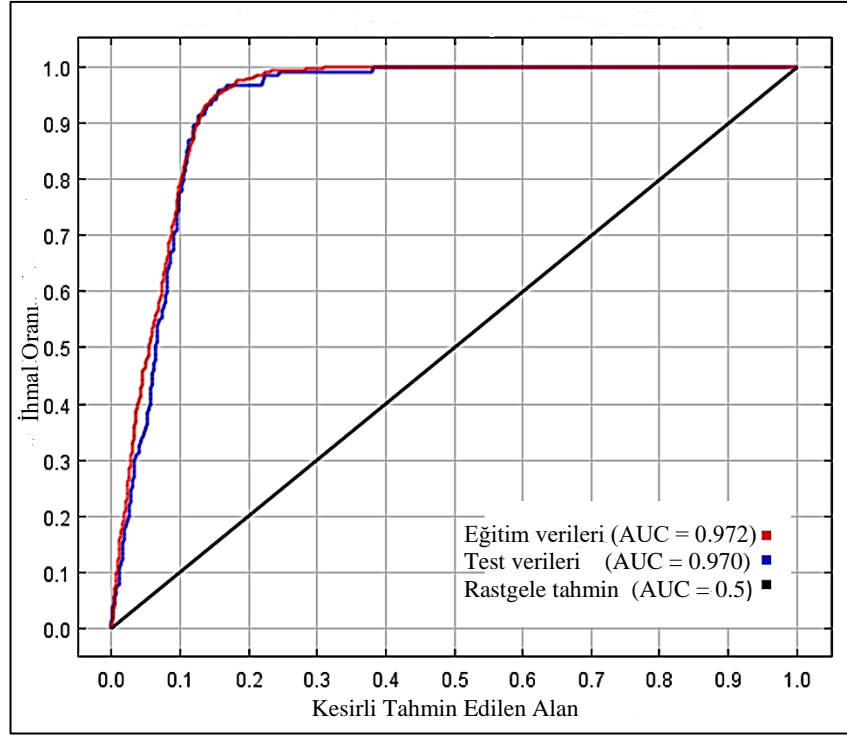
S245 senaryosuna göre *A. bornmuelleriana*'nın uygun yayılış alanlarının gelecek yıllarda genellikle azalma eğiliminde olacağı özellikle 1400 m'nin üzerindeki rakımlarda büyük oranda kayıplar olacağı, bu kayıpların günümüzdeki yayılış alanına oranının bazı rakım aralıklarında %50'ye yaklaşacağı tahmin edilmektedir. Buna karşın 200-400 m ve 1000-1200 m rakımlarda genel bir artış öngörülmektedir.

Genel olarak pek çok rakım aralığında uygun yayılış alanlarında belirli yıllarda önemli düzeyde artış ve sonrasında önemli miktarda kayıplar olacağı tahmin edilmektedir.

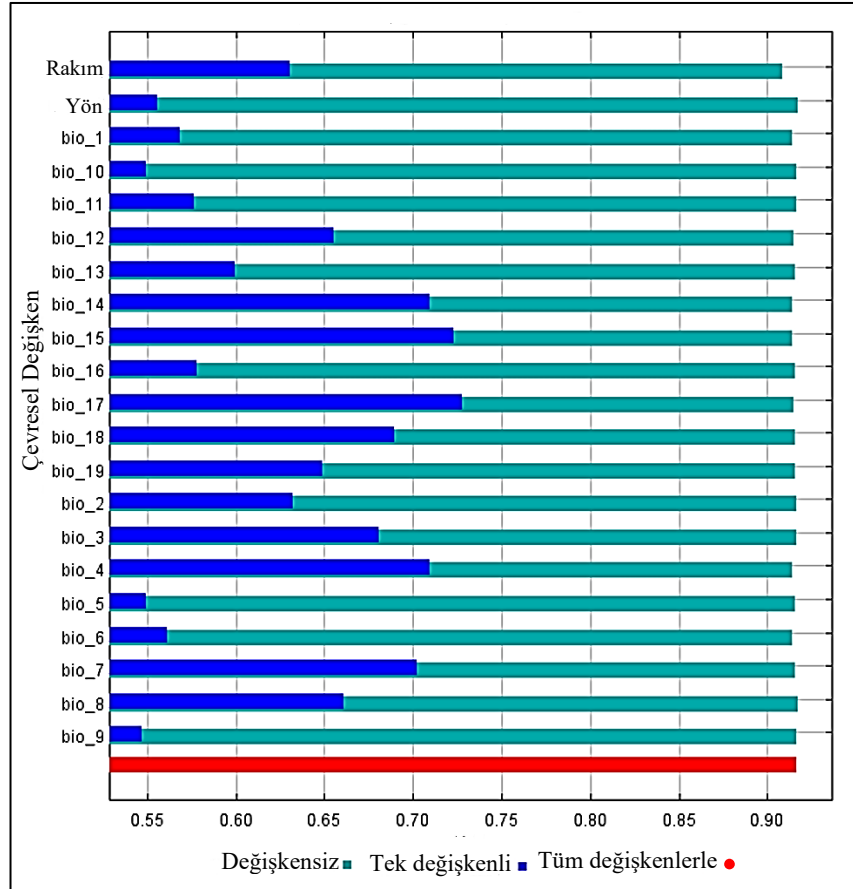
4.3 *Abies Cilicica*'nın Uygun Yayılış Alanlarının Değişimi

Kösrelik Çalışma kapsamında yapılan modelleme sonucunda elde edilen ROC eğrisindeki eğitim verisinin validasyon değeri 0,972 ($AUC > 0,5$), test verisinin ki ise 0,970 ($AUC > 0,5$) olarak belirlenmiştir. Bu bulgular modelin yüksek bir tahmin gücüne sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.29; Şekil 4.30; Şekil 4.31; Şekil 4.32 ve Şekil 4.33).

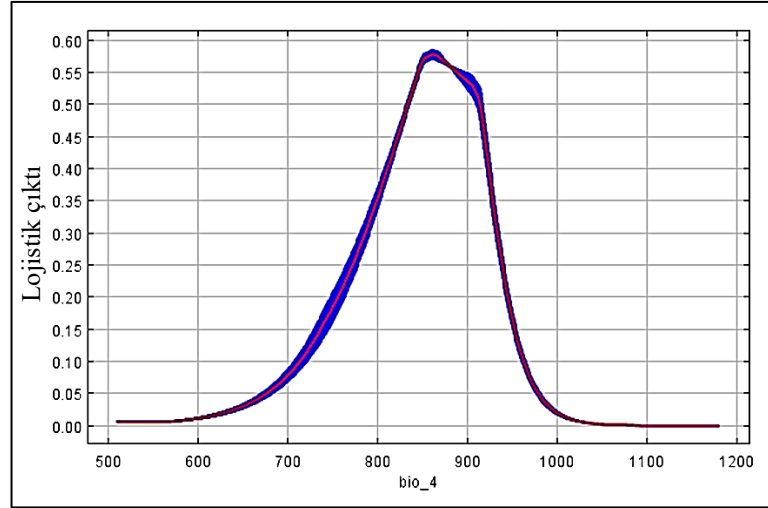
Modelde Jackknife seçeneği ile *Abies cilicica* için oluşturulan kazanım tablosuna göre eğitim verisinde bireysel olarak türün dağılımına en fazla düzeyde etki eden 3 çevresel değişkenin mevsimsel sıcaklık (standart sapma * 100) [Bio4], mevsimsel yağış (varyasyon katsayısı) [Bio15] ve en kurak çeyreğin yağış miktarı [Bio17] olduğu tespit edilmiştir. Bu durum türün özellikle sıcaklık ve yağıştan önemli derecede etkilendiğini ortaya koymaktadır.



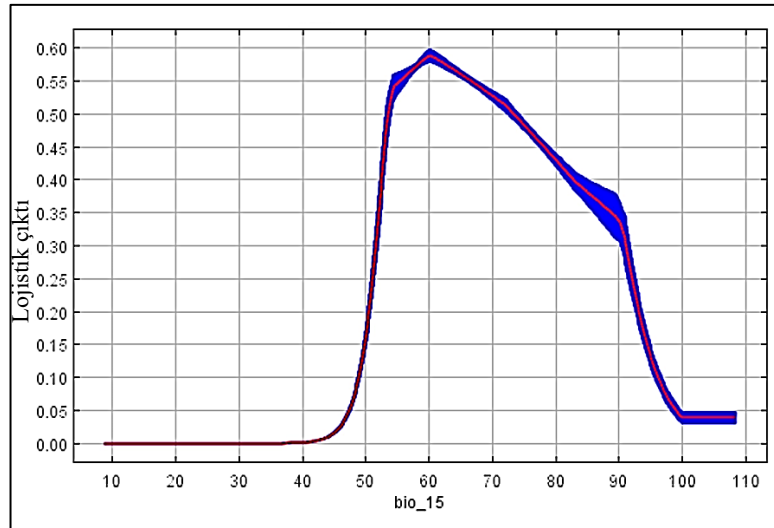
Şekil 4.29 ROC eğrisi



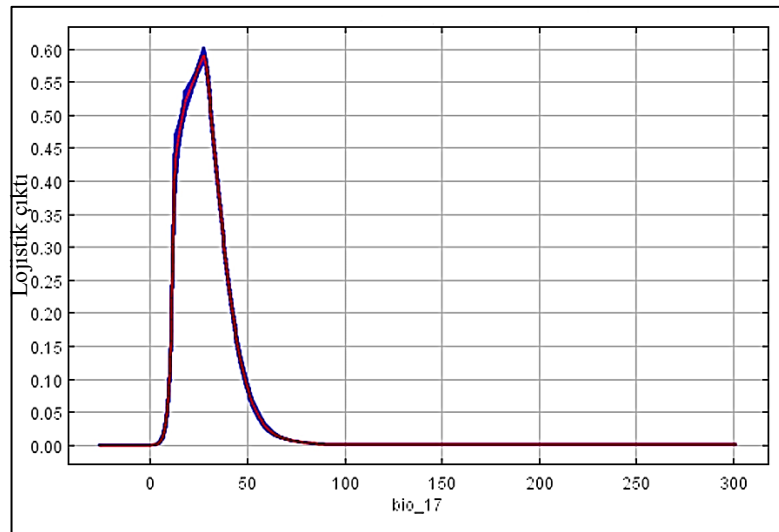
Şekil 4.30 Jackknife testi



Şekil 4.31 BİO4 etki grafiği



Şekil 4.32 BİO15 etki grafiği

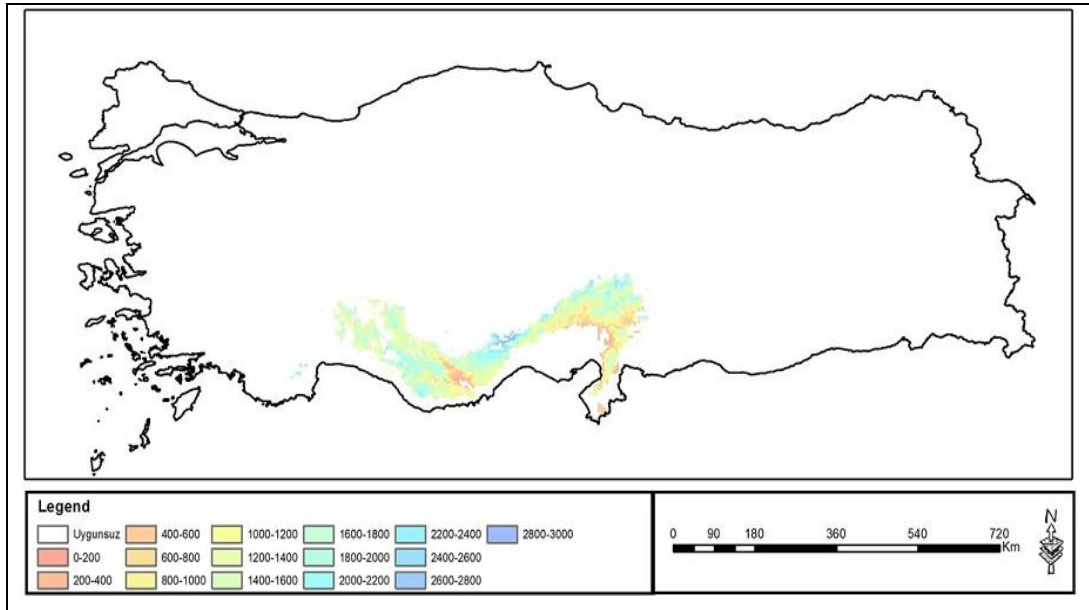


Şekil 4.33 BİO17 etki grafiği

Çevresel faktörler ile türlerin varoluşu arasındaki ilişkileri temsil eden tepki eğrilerine göre *Abies cilicica* için en uygun yayılış alanlarının mevsimsel sıcaklığın standart sapmasının 4-6 arasında olduğu, mevsimsel yağış varyasyon katsayısının 50-110 arasında olduğu ve en kurak çeyreğin yağış miktarının yaklaşık 15 mm'nin üzerindeki alanlar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.29; Şekil 4.30; Şekil 4.31; Şekil 4.32 ve Şekil 4.33). Bu değerler *Abies cilicica*'nın yayılış alanını sıcaklık-yağış ilişkisinin önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir.

Çalışma kapsamında değerlendirilen son göknar türü olan *Abies cilicica*'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdeki ile S245 ve S585 senaryolarına göre gelecekteki durumu rakımsal olarak ayrı ayrı değerlendirilerek haritalar ve tablolarla açıklanmaya çalışılmıştır.

A. *cilicica*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.34'de gösterilmiştir.

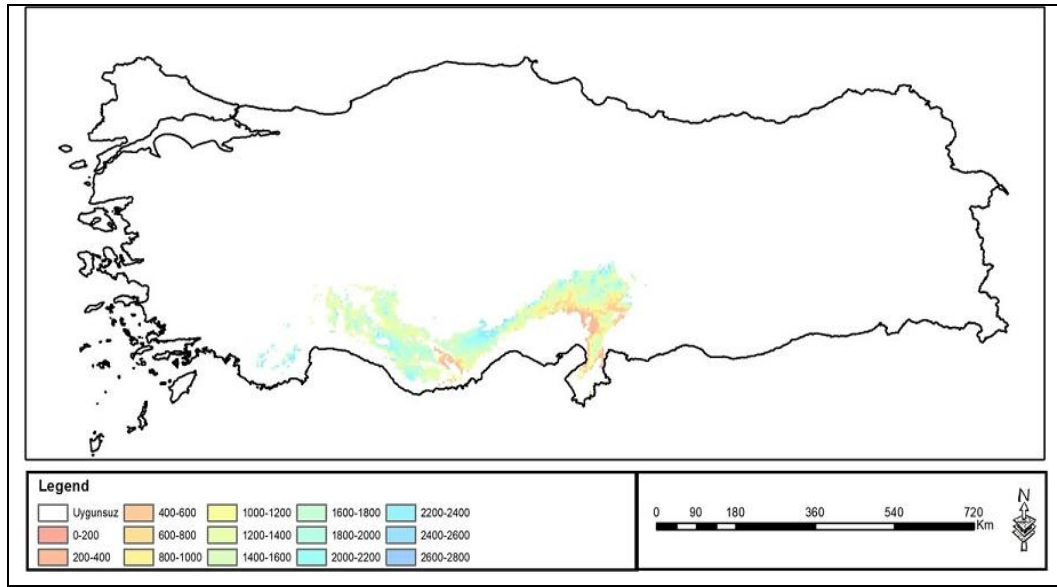


Şekil 4.34 A. *cilicica*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları

Çalışma kapsamında değerlendirilen A. *cilicica*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları ve bu yayılış alanlarının rakımsal dağılımı belirlenmiştir. Buna göre A. *cilicica*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları incelendiğinde 0-3000 m rakım aralığında uygun yayılış alanları olduğu, bu yayılış alanlarının büyük kısmının 1000-2000 m rakım aralıklarında olduğu belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalara göre *A. cilicica*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,25'i 200 m'nin altında, %3,33'ü 200-400 m, %3,79'u 400-600 m, %5,08'si 600-800 m, %7,57'si 800-1000 m, %10,2'si 1000-1200 m, %16,6'sı 1200-1400 m, %18,85'i 1400-1600 m, %16,06'sı 1600-1800 m, %9,36'sı 1800-2000 m, %4,83'ü 2000-2200 m, %2,46'sı 2200-2400 m, %0,79'u 2400-2600 m, %0,33'ü 2600-2800 m ve %0,5'i de 2800 m'nin üzerindeki rakımlardır.

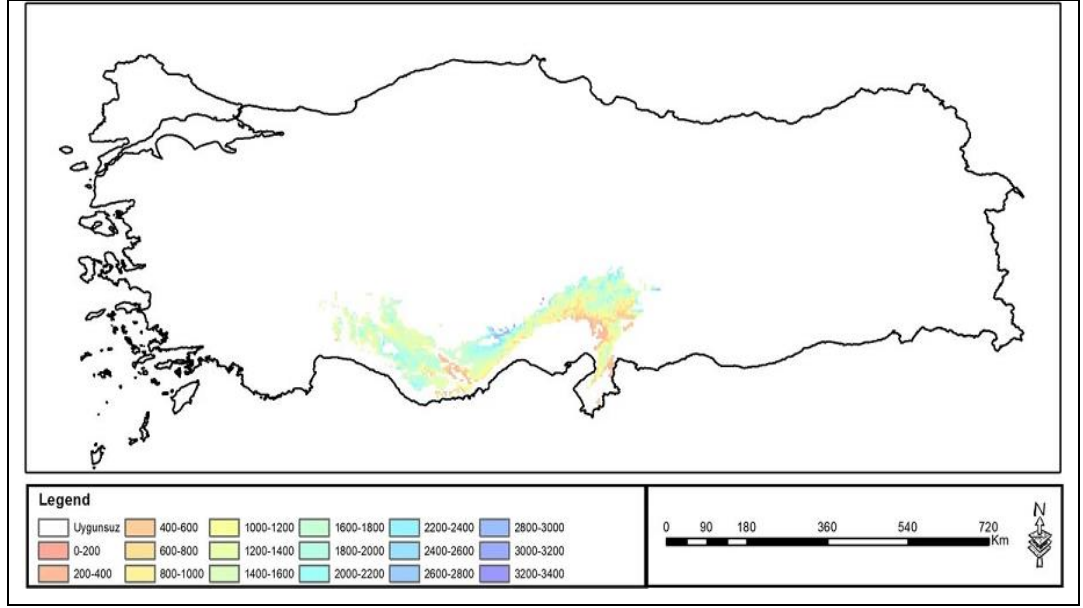
A. cilicica'nın S245 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.35'de gösterilmiştir.



Şekil 4.35 *A. cilicica*'nın S245 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları

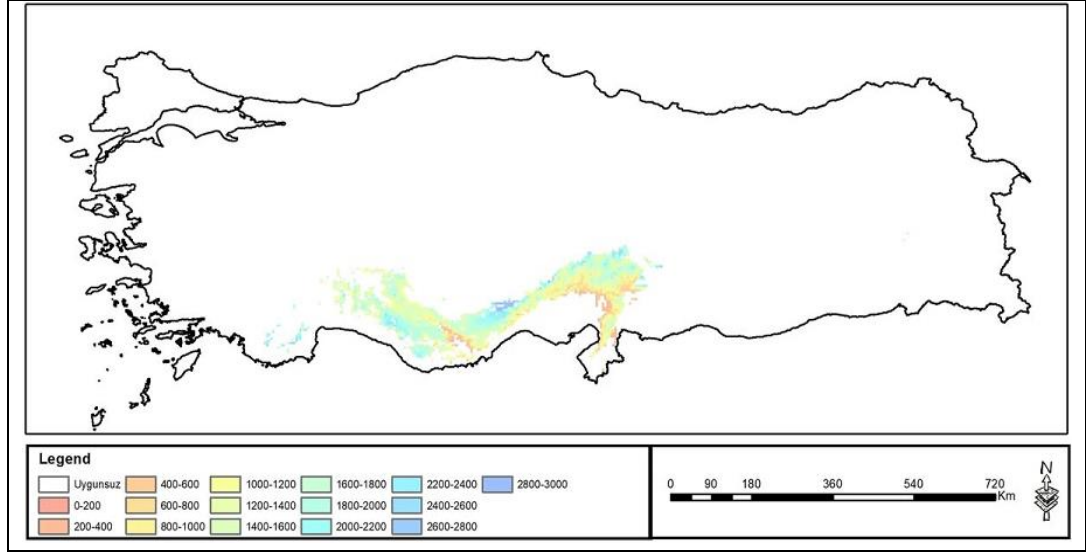
A. cilicica'nın 2040 yılındaki yayılış alanının S245 senaryosuna göre bir miktar artarak günümüzdekinin %101,46'sı seviyesine çıkacağı hesaplanmıştır. 2040 yılındaki yayılış alanının dağılımı incelendiğinde yaklaşık %0,49'u 0-200 m, %3,73'ü 200-400 m, %3,73'ü 400-600 m, %4,8'i 600-800 m, %6,19'u 800-1000 m, %8,9'u 1000-1200 m, %16,57'si 1200-1400 m, %19,77'si 1400-1600 m, %16,78'i 1600-1800 m, %9,93'ü 1800-2000 m, %5,17'si 2000-2200 m, %3,16'sı 2200-2400 m, %0,74'ü 2400-2600 m ve %0,04'ü de 2600 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı öngörülmektedir.

A. cilicica'nın S585 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.36'da gösterilmiştir.



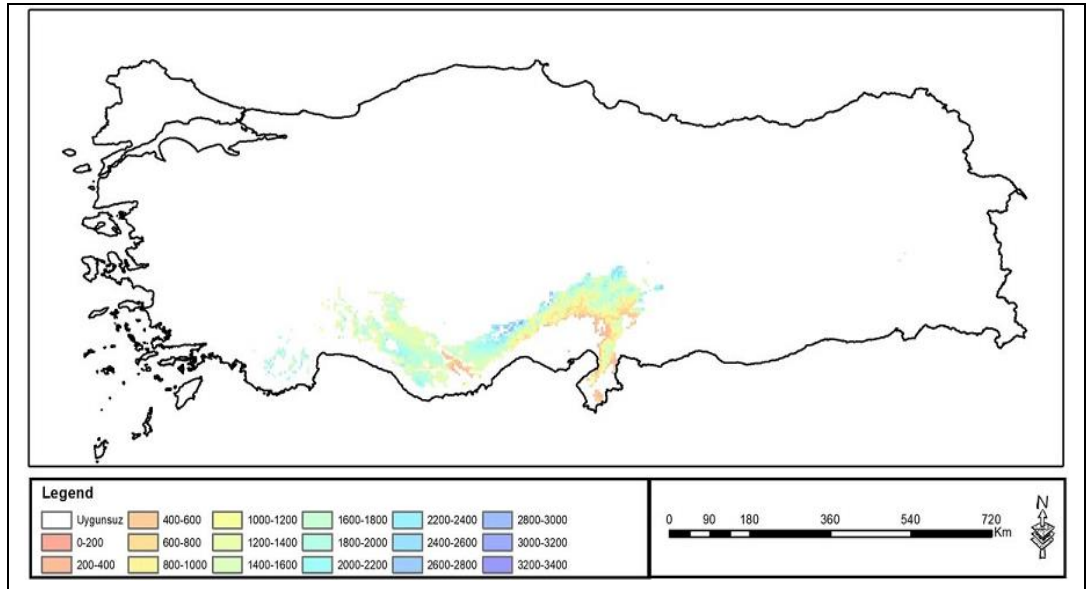
Şekil 4.36 A. cilicica'nın S585 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanları

S585 senaryosuna göre *A. cilicica*'nın 2040 yılındaki uygun yayılış alanları incelendiğinde günümüzdekinin yaklaşık %95,67'si düzeyinde olacağı yani günümüzdekine oranla yaklaşık %4,5'luk bir azalma meydana geleceği öngörülmektedir. *A. cilicica*'nın S585 senaryosuna göre 2040 yılındaki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,43'ünün 200 m'nin altında, %4,05'inin 200-400 m, %4,09'unun 400-600 m, %5,44'ünün 600-800 m, %7,44'ünün 800-1000 m, %10,13'ünün 1000-1200 m, %14,96'sının 1200-1400 m, %18,7'sinin 1400-1600 m, %16,76'sının 1600-1800 m, %9,79'unun 1800-2000 m, %4,48'inin 2000-2200 m, %2,22'sinin 2200-2400 m, %0,65'inin 2400-2600 m, %0,3'ünün 2600-2800 m, %0,48'inin 2800-3000 m, %0,04'ünün 3000-3200 m ve %0,04'ünün de 3200 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir. Günümüzde 3000 m rakımın üzerinde uygun yayılış alanı bulunmayan *A. cilicica*'nın S585 senaryosuna göre 2040 yılında uygun yayılış alanlarının önemli ölçüde yukarı rakımlara doğru kayacağı ve 3000 m hatta 3200 m rakımın üzerine çıkacağı öngörülmektedir. *A. cilicica*'nın S245 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.37'de gösterilmiştir.



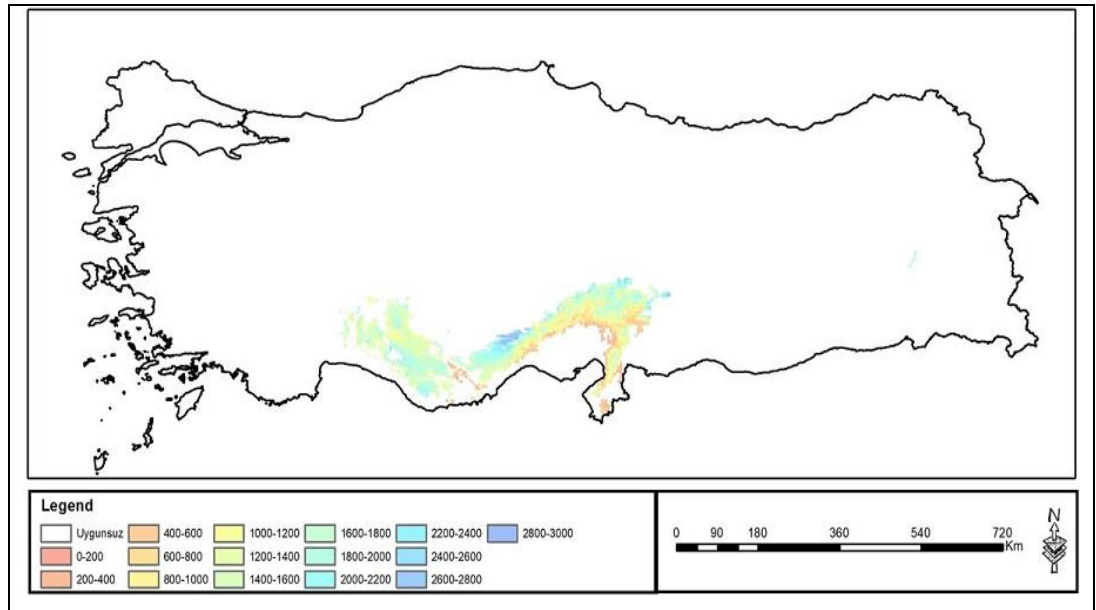
Şekil 4.37 A. cilicica'nın S245 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları

S245 senaryosuna göre *A. cilicica*'nın 2060 yılındaki yayılış alanının günümüzdekinin %101,25'i seviyesinde olacağı öngörülmektedir. 2060 yılındaki yayılış alanının dağılımı incelendiğinde yaklaşık %0,21'i 200 m'nin altında, %2,88'i 200-400 m, %3,21'i 400-600 m, %4,97'si 600-800 m, %7,23'ü 800-1000 m, %9,33'ü 1000-1200 m, %15,7'si 1200-1400 m, %19,06'sı 1400-1600 m, %16,44'ü 1600-1800 m, %9,74'ü 1800-2000 m, %5,43'ü 2000-2200 m, %3,29'u 2200-2400 m, %1,32'si 2400-2600 m ve %0,53'ü de 2600 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı öngörülmektedir. *A. cilicica*'nın S585 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.38'de gösterilmiştir.



Şekil 4.38 A. cilicica'nın S585 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları

A. cilicica'nın S585 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanları incelendiğinde günümüzdekine yakın seviyede olacağı görülmektedir. 2060 yılında *A. cilicica*'nın uygun yayılış alanının günümüzdekinin %100,5'i seviyesinde olacağı hesaplanmıştır. *A. cilicica*'nın S585 senaryosuna göre 2060 yılındaki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,41'inin 200 m'nin altında, %4,06'sının 200-400 m, %4,14'ünün 400-600 m, %4,89'unun 600-800 m, %6,38'inin 800-1000 m, %8,36'sının 1000-1200 m, %13,95'inin 1200-1400 m, %18,55'inin 1400-1600 m, %17,06'sının 1600-1800 m, %10,85'inin 1800-2000 m, %5,67'sinin 2000-2200 m, %3,19'unun 2200-2400 m, %1,16'sının 2400-2600 m, %0,75'inin 2600-2800 m, %0,5'inin 2800-3000 m, %0,04'ünün 3000-3200 m ve %0,04'ünün de 3200 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir. *A. cilicica*'nın S245 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.39'da gösterilmiştir.



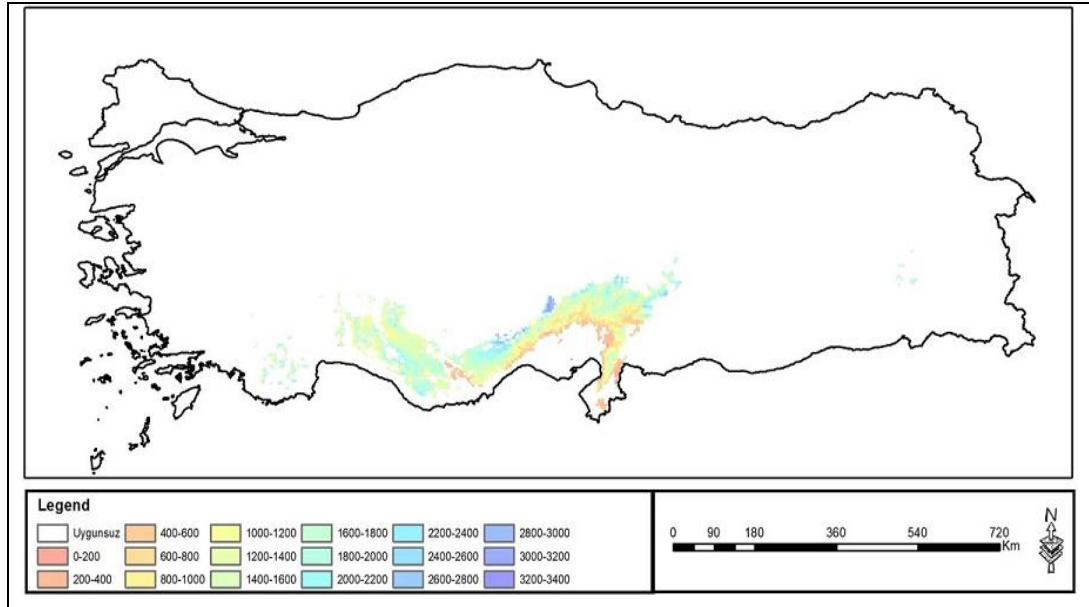
Şekil 4.39 *A. cilicica*'nın S245 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları

A. cilicica'nın S245 senaryosuna göre 2080 yılındaki yayılış alanının günümüzdekine oranla yaklaşık %2,75 oranında azalacağı ve günümüzdekinin %97,25'i seviyesine herileyeceği öngörülmektedir.

2080 yılındaki uygun yayılış alanının dağılımı incelendiğinde yaklaşık %0,43'ü 200 m'nin altında, %4,41'i 200-400 m, %4,84'ü 400-600 m, %5,22'si 600-800 m, %6,97'si 800-1000 m, %9,24'ü 1000-1200 m, %14,76'sı 1200-1400 m, %17,89'u

1400-1600 m, %16,31'i 1600-1800 m, %10,01'i 1800-2000 m, %4,62'si 2000-2200 m, %2,82'si 2200-2400 m, %1,07'si 2400-2600 m ve %0,73'ü de 2600-2800 m rakımlar olacağı öngörülmektedir. Yapılan hesaplamalara göre 2080 yılında *A. cilicica*'nın uygun yayılış alanları rakımsal olarak yukarıya kayacak ve 2800 m'nin üzerine çıkacaktır. 2800-3000 m rakım aralığında *A. cilicica*'nın uygun yayılış alanlarının oranı ise %0,68 olarak hesaplanmıştır.

A. cilicica'nın S585 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.40'da gösterilmiştir.



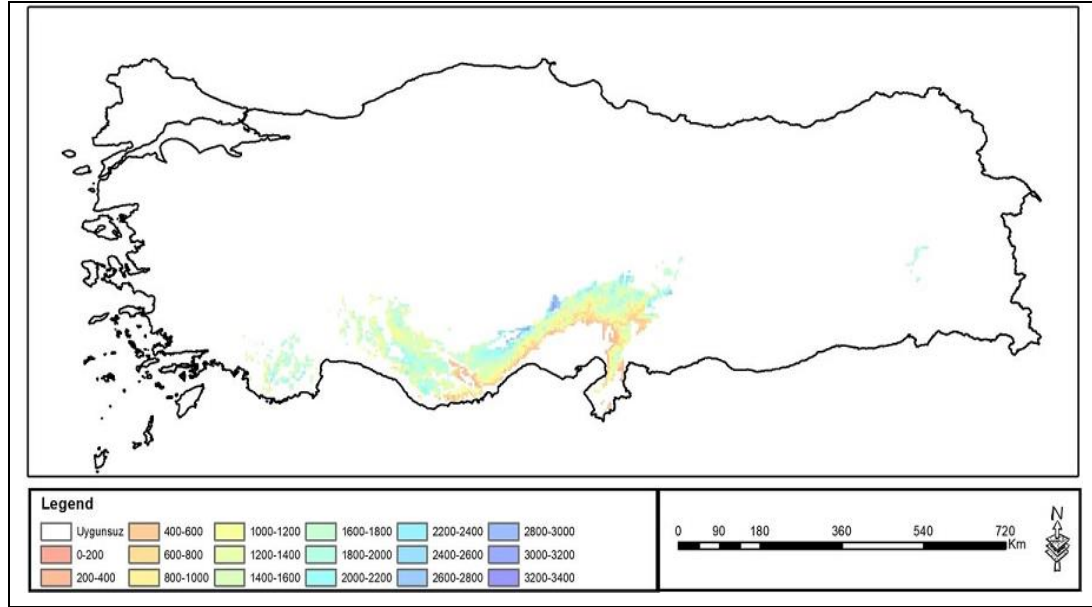
Şekil 4.40 *A. cilicica*'nın S585 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları

A. cilicica'nın S585 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanları incelendiğinde günümüzekine oranla artacağı ve günümüzekinin yaklaşık %104,83'ü seviyesine çıkacağı öngörülmektedir.

A. cilicica'nın S585 senaryosuna göre 2080 yılındaki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,6'sının 200 m'nin altında, %4,68'inin 200-400 m, %4,64'ünün 400-600 m, %4,88'inin 600-800 m, %6,67'sinin 800-1000 m, %9,49'unun 1000-1200 m, %14,17'sinin 1200-1400 m, %18,5'inin 1400-1600 m, %16,84'ünün 1600-1800 m, %10,16'sının 1800-2000 m, %4,57'sinin 2000-2200 m, %2,5'inin 2200-2400 m, %0,75'inin 2400-2600 m, %0,71'inin 2600-2800 m, %0,44'ünün 2800-3000 m,

%0,24'ünün 3000-3200 m ve %0,16'sının da 3200 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir.

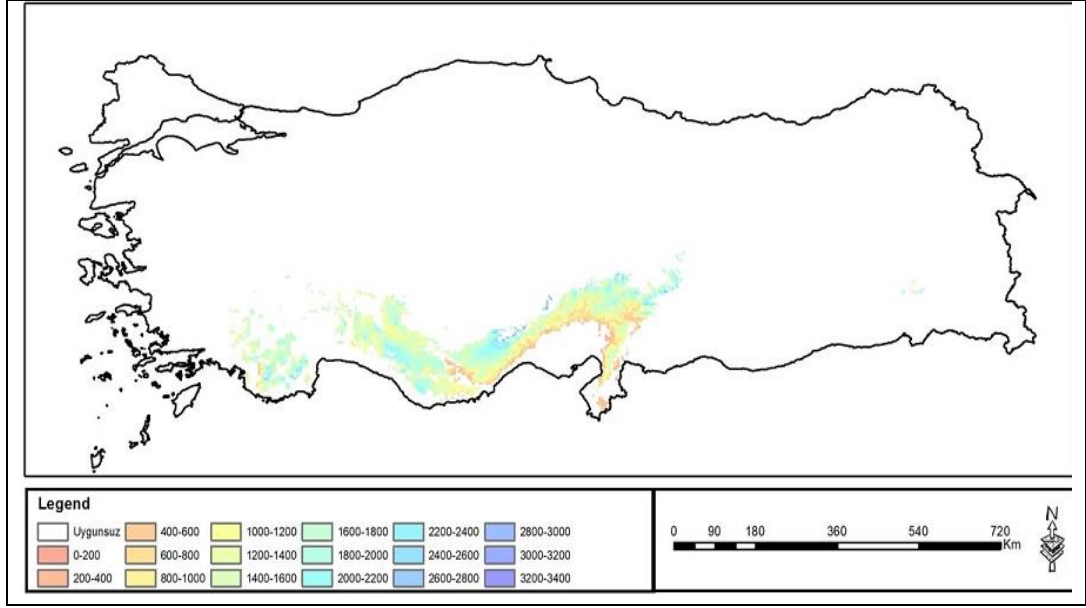
A. *cilicica*'nın S245 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.41'de gösterilmiştir.



Şekil 4.41 A. *cilicica*'nın S245 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları

2100 yılına gelindiğinde ise A. *cilicica*'nın S245 senaryosuna göre uygun yayılış alanının günümüzdekine oranla yaklaşık %111,4 olarak hesaplanmaktadır. 2100 yılındaki uygun yayılış alanının dağılımı incelendiğinde ise yaklaşık %0,34'ü 0-200 m, %3,74'ü 200-400 m, %5,16'sı 400-600 m, %5,86'sı 600-800 m, %7,13'ü 800-1000 m, %9,45'i 1000-1200 m, %13,3'ü 1200-1400 m, %17,81'i 1400-1600 m, %17'si 1600-1800 m, %10,57'si 1800-2000 m, %4,82'si 2000-2200 m, %2,50'si 2200-2400 m, %0,93'ü 2400-2600 m ve %0,6'sı da 2600-2800 m rakımlar olacağı öngörülmektedir.

Yapılan hesaplamalara göre 2100 yılında A. *cilicica*'nın uygun yayılış alanları rakımsal olarak daha da yukarıya kayacak ve 2080 yılında 2800-3000 m rakım aralığında A. *cilicica*'nın uygun yayılış alanlarının oranı %0,34 olacak, 3000-3200 m rakım aralığında (%0,3) ve 3200 m rakımdan daha yüksek rakımlarda (%0,15) uygun yayılış alanları oluşacaktır. A. *cilicica*'nın S585 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları haritası Şekil 4.42'de gösterilmiştir.



Şekil 4.42 A. cilicica'nın S585 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanları

S585 senaryosuna göre 2100 yılında *A. cilicica*'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdekine oranla yaklaşık %25 daha fazla olacağı ve günümüzdekinin %125,88'i seviyesine çıkacağı tahmin edilmektedir. *A. cilicica*'nın S585 senaryosuna göre 2100 yılındaki uygun yayılış alanlarının yaklaşık %0,17'sinin 200 m'nin altında, %3,04'ünün 200-400 m, %4,5'inin 400-600 m, %5,09'unun 600-800 m, %6,84'ünün 800-1000 m, %9,45'inin 1000-1200 m, %14,31'inin 1200-1400 m, %19,7'sinin 1400-1600 m, %16,8'inin 1600-1800 m, %10,58'inin 1800-2000 m, %5,19'unun 2000-2200 m, %2,84'ünün 2200-2400 m, %0,86'sinin 2400-2600 m, %0,36'sinin 2600-2800 m, %0,17'sinin 2800-3000 m, %0,07'sinin 3000-3200 m ve %0,03'ünün de 3200 m'nin üzerindeki rakımlar olacağı tahmin edilmektedir. S245 senaryosuna göre *A. cilicica*'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdekine oranla değişim oranı Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5 A. cilicica'nın uygun yayılış alanlarının S245 senaryosuna göre değişimi

Rakım	2020	2040	2060	2080	2100
0-200	100	200	83,3	166,7	150,0
200-400	100	113,8	87,5	128,8	125,0
400-600	100	100	85,7	124,2	151,6
600-800	100	95,9	99,2	100,0	128,7
800-1000	100	83,0	96,7	89,6	104,9
1000-1200	100	88,6	92,7	88,2	103,3
1200-1400	100	101,3	95,7	86,5	89,2

Tablo 4.5 devamı...

1400-1600	100	106,4	102,4	92,3	105,3
1600-1800	100	106,0	103,6	98,7	117,9
1800-2000	100	107,6	105,3	104,0	125,8
2000-2200	100	108,6	113,8	93,1	111,2
2200-2400	100	130,5	135,6	111,9	113,6
2400-2600	100	94,7	168,4	131,6	131,6
2600-2800	100	12,5	162,5	212,5	200,0
2800-3000	100		133,3	133,3	75,0
3000-3200				xx	xx
3200-3400				xx	xx

Tablo değerleri incelendiğinde S245 senaryosuna göre *A. cilicica*'nın uygun yayılış alanlarının gelecek yıllarda öncelikle bir azalma, sonrasında ise artış eğiliminde olacağı öngörülmektedir. Genel olarak yüksek rakımlarda uygun yayılış miktarının önemli ölçüde artacağı, 2080 yılından itibaren günümüzde uygun yayılış alanı bulunmayan 3000 m den yüksek rakımlarda uygun yayılış alanlarının oluşacağı tahmin edilmektedir. 2100 yılındaki uygun yayılış alanlarının günümüzdene oranla oldukça yüksek seviyede olması dikkat çekicidir. S585 senaryosuna göre *A. cilicica*'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdene oranla değişim oranı Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6 *A. cilicica*'nın uygun yayılış alanlarının S585 senaryosuna göre değişimi

Rakım	2020	2040	2060	2080	2100
0-200	100	166,7	166,7	250	83,3
200-400	100	116,3	122,5	147,5	115
400-600	100	103,3	109,9	128,6	149,5
600-800	100	102,5	96,7	100,8	126,2
800-1000	100	94	84,6	92,3	113,7
1000-1200	100	95,1	82,4	97,6	116,7
1200-1400	100	86,2	84,5	89,5	108,5
1400-1600	100	94,9	98,9	102,9	131,6
1600-1800	100	99,7	106,7	109,8	131,6
1800-2000	100	100	116,4	113,8	142,2
2000-2200	100	88,8	118,1	99,1	135,3
2200-2400	100	86,4	130,5	106,8	145,8
2400-2600	100	78,9	147,4	100	136,8
2600-2800	100	87,5	225	225	137,5
2800-3000	100	91,7	100	91,7	41,7
3000-3200		xx	xx	xx	xx
3200-3400		xx	xx	xx	xx

A. cilicica'nın uygun yayılış alanlarının S585 senaryosuna göre değişimi incelendiğinde rakımsal olarak yukarıya doğru bir kaymanın öngöröldüğü, özellikle yüksek rakımlarda uygun yayılış alanlarının miktarının artacağı, 2040 yılından itibaren 3000 m'nin üzerinde uygun yayılış alanlarının oluşacağı tahmin edilmektedir. Yüksek rakımlardaki uygun yayılış oranlarının artışının %30'ları aşacağı ve %50'lere yaklaşabileceği öngörülmektedir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Ankara Çalışmanın sonuçları iklim değişikliğinin bir sonucu olarak ülkemizdeki göknar türlerinin potansiyel yayılış alanlarında önemli ölçüde değişiklikler olacağını göstermektedir. Çalışma sonuçlarına göre SSPs585 senaryosuna göre *Abies nordmanniana*'nın uygun yayılış alanlarının gelecek yıllarda özellikle yüksek rakımlarda önemli miktarda azalacağı, 1200-1600 m rakımlarda ise uygun yayılış alanlarında genel bir artış olacağı tahmin edilmektedir. SSPs245 senaryosuna göre *Abies nordmanniana subsp. equi-trojani*'nin uygun yayılış alanlarının gelecek yıllarda özellikle 1400 m'nin üzerindeki rakımlarda azalacağı öngörülmektedir. Buna karşın 200-600 m rakımlarda genel bir artış olacağı tahmin edilmektedir. Özellikle 200-400 m rakımlarda 2040 yılında %66'yı aşan oranlarda artış olabileceği, bu artışın 2100 yılında %36 civarında olacağı öngörülmektedir. En büyük kayıpların ise özellikle 1800 m'nin üzerindeki rakımlarda olacağı öngörülmekte olup, 1800-2000 m rakımlarda 2100 yılında uygun yayılış alanlarının günümüzdekinin %38,5'i seviyesine kadar düşebileceği tahmin edilmektedir. *Abies cilicica*'nın uygun yayılış alanlarında ise yükselti olarak yukarıya doğru bir kaymanın öngörüldüğü, özellikle yüksek rakımlarda uygun yayılış alanlarının miktarının artacağı, 2040 yılından itibaren 3000 m'nin üzerinde uygun yayılış alanlarının oluşacağı tahmin edilmektedir. Yüksek rakımlardaki uygun yayılış oranlarının artışının %30'ları aşacağı ve %50'lere yaklaşabileceği öngörülmektedir.

Bugüne kadar yapılan çalışmalar küresel iklim değişikliğinin etkileri ile türlerin doğal yayılış alanlarında önemli ölçüde değişiklikler meydana geleceğini ve bu değişikliklerin genellikle yayılış alanında daralmalar şeklinde kendini göstereceğini belirtmektedir (Cantürk ve Kulaç, 2021; Varol vd., 2022a,b). Ülkemizde yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre iklim değişikliğine bağlı olarak *Tilia cordata*'nın özellikle Güney Marmara'daki yayılış alanının bir miktar artacağı buna karşın batı Marmara'daki halen sınırlı düzeyde olan yayılış alanlarının ise neredeyse tamamen ortadan kalkacağı belirlenmiştir. *Tilia tomentosa*'nın güney Anadolu (Hatay) ve Karadeniz bölgesindeki yayılış alanlarında önemli düzeyde azalma meydana gelirken Trakya bölgesinde potansiyel yayılış alanlarının artacağı öngörülmektedir. *Tilia*

platypyllos'un ise Doğu Anadolu'daki yayılış alanlarında büyük kayıplar yaşanacağı, Karadeniz bölgesindeki yayılış alanlarında da kayıplar görüleceği, Trakya ve Çanakkale civarındaki uygun yayılış alanlarında ise artışlar olacağı tahmin edilmektedir. Çalışma sonuçlarına göre her üç ıhlamur türünde de değişiklikler olacağı, bu değişikliğin *Tilia platypyllos*'da %15'lik bir kayıpla neticelenebileceği ve bunun da yaklaşık 10.000 km² yayılış alanı kaybı anlamına geleceği vurgulanmaktadır (Cantürk ve Kulaç, 2021). *Fraxinus excelsior* üzerinde yapılan bir çalışmada türün mevcut potansiyel yayılış alanı 165910.3 ha iken bu rakamın SSPs 245 modeline göre 2040 yılında 154473 ha, 2060 yılında 154423 ha, 2080 yılında 152210 ha ve 2100 yılında 153329 ha olacağı görülmektedir. SSPs 585 modeline göre ise 2040 yılında 153085 ha, 2060 yılında 154068 ha, 2080 yılında 152612 ha ve 2100 yılında 155819 ha uygun yayılış alanına sahip olacağı hesaplanmıştır (Varol vd., 2021a).

Dünyanın farklı bölgelerinde farklı türler üzerinde yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar alınmış ve farklı türlerin yayılış alanlarında önemli kayıplar olabileceği belirlenmiştir. Avrupa'da *Fagus sylvatica* L. ve *Picea abies* (L.) Karst. populasyonlarında iklim değişikliği etkisiyle azalmalar olacağı (Eurostat 2018; Hanewinkel vd. 2013, Ruiz-Labourdette vd. 2013), *Fagus sylvatica* potansiyel yayılış alanındaki azalmanın %56'yı bulabileceği belirtilmektedir (Thurm vd., 2018). Gomez-Pineda vd. (2020) Meksika'da dağlık alanlarda 2060 yılına kadar, farklı türlerde habitat kaybının %46-77'ye ulaşabileceğini ve bu değişimden en fazla etkilenecek türlerin *Pinus hartwegii* ve *Abies religiosa* olacağını belirtmektedir.

Ning vd. (2021) Çin'in Hengduan Dağları'ndaki *Pinus armandii* uygun habitatın yavaş yavaş kaybolacağını tahmin etmektedir. Taylor vd. (2017) Kanada'nın Acadian bölgesindeki ormanlarda, asli ağaç türlerinin hayatını ve neslini devam ettirmekte zorlandığı ve bundan dolayı "boreal" karakterini kaybetmeye başlayacağını belirtmektedir. Li vd. (2020) Çin'de farklı RCP senaryolarına göre, 2070 yılına kadar ağaçların yaklaşık %23-57'sinin evrensel göç kapsamında savunmasız kalacağını veya tehdit altında olacağını, kurak bölgelerden ve muson bölgelerinden gelen türlerin, iklim değişikliği altındaki Alpin bölgelere göre daha fazla tür kaybına uğrayacağını belirtmektedirler. Bu süreçte bazı türlerin neslinin tükenme tehdidi altında olduğu, en muhafazakâr durumda bile (RCP2.6), ağaçların %18'inin savunmasız veya tehdit

altında olacağı belirlenmiştir (Li vd., 2020). Küresel iklim değişikliğinin sadece doğal ormanları değil plantasyon alanlarını da önemli ölçüde etkileyeceğini ortaya koyan çalışmalar da mevcuttur (Quinto vd., 2021).

Çalışma sonuçları neredeyse bütün rakım aralıklarında göknar türlerinin uygun yayılış alanlarında belirli dönemlerde azalmalar olacağını göstermektedir. Örneğin 2100 yılında 400-600 m rakım aralığındaki uygun yayılış alanları günümüzdeki ile aynı oranda olacaktır ancak aynı rakım aralığında 2040 yılında %70'e yakın uygun yayılış alanı kaybı olacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla uygun yayılış alanlarında önce bir kayıp ve sonrasında artış olacağı ihtimali, bu popülasyonlardaki olası kayıp riskinin çok yüksek olduğu şeklinde yorumlanmalıdır. Çünkü yeni oluşacak uygun yayılış alanlarına mevcut türler ile yaşanacak rekabet gibi birçok faktör nedeniyle türün yerleşmesi zorlaşabilecek ve bu alanlarda türün yetiştirilmesi için insan desteğine ihtiyaç duyulacaktır.

Benzer sonuçlar farklı ağaç türleri üzerinde yapılan çalışmalarda da elde edilmiş ve türlerin yeni oluşacak uygun yayılış alanlarına insan eliyle taşınması önerilmiştir. Hirata vd., (2017) 2070'lerde, RCP 8.5 senaryosuna göre *Pinus* türleri için potansiyel yayılış alanlarında yaklaşık %50 artış olabileceğini belirtmektedir. *Cedrus libani*'nin de potansiyel yayılış alanlarının önemli ölçüde artacağına ilişkin sonuçlar elde edilmiştir (Lopez-Tirado vd., 2021). Ouyang vd., (2021) gelecekteki iklim senaryolarına göre, *Eucalyptus grandis* için en uygun yayılış alanlarının 2070'lere kadar artmasının beklendiğini, Sichuan Havzasındaki uygun alanların dağılımının doğuya daha alçak rakımlara doğru genişleyeceğini ve Çin'in güneydoğu tepelik bölgelerindeki uygun alanların yüksek güneş radyasyonu ve daha düşük mevsimsel sıcaklık değişimleri yaşayan alanlara taşınacağını tahmin etmektedir.

Gomez-Pineda vd., (2020) Meksika'da alçak rakımlarda *Pinus oocarpa*'nın uygun yayılış alanlarının önemli ölçüde artacağını ancak, kozalaklı ağaçların, popülasyonları adapte oldukları iklimlerle telafi etmek için rakımsal olarak yukarı doğru göç etmek için insan yardımına ihtiyaç duyacaklarını belirtmekte, geleneksel yerinde koruma önlemlerinin büyük oranda eylemsizliğe eşdeğer olduğunu ve bu nedenle mevcut orman kompozisyonlarını koruyamayacağını belirtmektedirler (Gomez-Pineda vd.,

2020). Ormancılık uygulamalarında yardımcı göç yönetim sisteminin, ağaçlandırma programlarına dahil edilmemesi durumunda, iklim değişikliğinin Kanada’da mevcut *Abies religiosa* ormanlarında önemli ölüm oranlarına neden olabileceği belirtilmektedir (Gomez-Pineda vd., 2021). Dolayısıyla ormanların, küresel iklim değişikliği sürecinde en az zararı görmeleri için konu ile ilgili detaylı çalışmalar yapılarak, küresel iklim değişikliğine ayak uydurabilecek etkin bir göç mekanizmasına sahip olmayan bitkilerin, bu süreçte ihtiyaç duyacakları göç mekanizması, insan eliyle sağlanmalıdır.

Bunun yanında küresel iklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklıklar böcek zararlarının ve orman yangınlarının sıklığını da arttırmaktadır (Ertugrul vd., 2019; Varol vd., 2022a,b). Ekosistemin devamlılığını riske eden bu tür koşullar ağaçlar üzerinde iklime alışma, lokal adaptasyon, göç ve hayatiyetini kaybetme gibi tepkilere neden olmaktadır (Benito Garzon vd., 2019; Reed vd., 2011; Torres-Dowdall vd., 2012). Aynı zamanda iklim meydana gelen değişimin yabancı türlerinin alanı istila etmesi gibi negatif etkileri, artan CO₂ konsantrasyonu nedeniyle de odun üretimindeki artış gibi pozitif etkileri görülebilmektedir (Brundu and Richardson, 2016; Reeves vd., 2014; Walker vd., 2019). Küresel iklim değişikliğinin etkileri birbirini etkileyen çok sayıda faktörün etkisi altında şekillenecektir. Yapılan çalışmalar bu sürecin orman ağacı türlerini doğrudan etkileyeceğini ayrıca, böcek ve mantarların yayılışını (Iverson vd., 2016; Oberle vd., 2018; Toczydlowski vd., 2020), su ve besin bulunabilirliğini, yağış rejimini (Peñuelas vd., 2018), orman yangınlarını (Varol ve Ertugrul vd., 2021) etkileyeceğini göstermektedir.

Küresel iklim değişikliğinin türler üzerine etkisinin sadece alansal olarak değil aynı zamanda sağlık, kalite ve gelişim açısından olacağı belirtilmektedir (Daniel vd., 2017). Çünkü küresel iklim değişikliği pek çok türde önemli stres etmenleri olan UV-B artışı, sıcaklık artışı ve kuraklık gibi sonuçlar doğuracaktır (Ozel vd., 2021e,f; Varol vd., 2022; Zeren Cetin vd., 2022). Bitki gelişimi de iklimik faktörlerin etkisi altında şekillenmektedir ve bu stres etmenlerinden önemli ölçüde etkilenmektedir (Aricak vd., 2020; Cetin vd., 2020; Sevik ve Erturk, 2015; Sulhan vd., 2022). Bangladeş’te *Chukrasia tabularis*, *Toona ciliata*, ve *Lagerstroemia speciosa* üzerinde yapılan bir çalışmada her üç türde de radyal ağaç büyümesinin küresel iklim değişikliğinin etkileri

ile %9- % 20 oranında azalacağı belirlenmiş, bu durumun özellikle tropikal ormanların karbon dengesi üzerinde ciddi sonuçları olabileceği vurgulanmıştır (Rahman vd., 2018).

Küresel iklim değişikliğinin ortalama sıcaklıklarda artışa sebep olacağı bu durumun ormanlık alan miktarında da artış sonucunu doğurabileceği belirtilmektedir (Popp vd., 2017; Rogelj vd., 2018). Ancak, bu süreçte bitki türlerinin yayılış alanlarında önemli değişimler olacağı, bazı türlerin yayılış alanlarında önemli azalmalar ve habitat kayıpları gerçekleşirken (Varol vd., 2021a) bazı türlerin yayılış alanlarında artışlar meydana geleceği tahmin edilmektedir (Dyderski vd., 2018). Örneğin Avrupa’da *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur* ve *Quercus petraea*’nın yayılış alanları artarken *Betula pendula*, *Larix decidua*, *Picea abies* ve *Pinus sylvestris*’in yayılış alanlarının azalacağı tahmin edilmektedir (Dyderski vd., 2018). *Carpinus betulus*’un 1600 m’nin altındaki rakamlarda %25’i aşan oranlarda, *Carpinus orientalis*’in ise 1000 m’nin altındaki rakımlarda %30’u aşan oranlarda popülasyon kayıpları yaşayabileceği, yüksek rakımlardaki uygun yayılış alanlarında artış olacağı, bu artışın *Carpinus orientalis*’de 1000-2000 m rakımlarda %100’ü aşan oranlarda oluşabileceği belirtilmektedir (Varol vd., 2022a). Çin’de karışık ve geniş yapraklı yapraklarını döken ormanların kuzeye doğru genişleyeceği öngörülmektedir (Yu vd. 2006)

Küresel iklim değişikliği sürecinin ormanlar üzerinde farklı etkileri olması, türlerin ihtiyaç duyduğu silvikültürel müdahalelerin de farklılaşması anlamına gelecektir. Hangi silvikültürel müdahalelerin hangi türler için en büyük faydayı sağlayacağı, ormanın ekolojik bağlamına ve türün uyum sağlama yeteneğine bağlı olarak değişecektir (Webster vd., 2018). Bundan dolayı mevcut amenajman planları ve silvikültürel uygulamalar gözden geçirilmeli ve küresel iklim değişikliğinin etkileri göz önünde bulundurularak yeniden tasarlanmalıdır (Vilà-Cabrera vd., 2018).

Türkiye, iklim değişikliğine karşı oldukça hassas ve “*risk altındaki ülkeler*” arasında yer almaktadır (UNDP, 2019). Geleceğe yönelik iklim projeksiyonlarında 2100 dönemine kadar Türkiye’nin yıllık sıcaklığının tüm ülke genelinde artacağı; özellikle Ege bölgesinde sıcaklık artışlarının 6°C’ye kadar çıkabileceği öngörülmektedir (Dalfes

vd. 2007). Yapılan çeşitli çalışmalar Türkiye'nin farklı bölgelerinde iklimsel değişimlerin farklı düzeyde olacağını ve özellikle kurak alanların artacağını göstermektedir (Arıca, 2020; Cetin, 2020; Zeren Cetin ve Sevik, 2020). Küresel iklim değişikliğinin, bitkilerin uyum sağlamakta zorlanacakları bir hızda gerçekleşecek olması, özellikle sınırlı yayılış alanına sahip türlerde tür ve popülasyon kayıplarına karşı önlem alınması açısından oluşacak değişikliklerin önceden belirlenmesini zorunlu kılmaktadır.

6. ÖNERİLER

Kösrelik Küresel iklim değışikliği, dünya üzerindeki bütün canlıları ve ekosistemleri doğrudan veya dolaylı olarak etkileyecek, geri döndürülemez olarak tanımlanan bir süreçtir. Bu süreçten en fazla etkilenecek canlı grubunun ise etkin bir hareket kabiliyetine sahip olmayan bitkiler olduğu belirtilmektedir. Özellikle yayılış alanı sınırlı olan türler büyük risk altındadır. Bu sürecin canlılar üzerindeki etkisini azaltabilmek, tür ve popülasyon kayıplarını en aza indirebilmek için, gelecekteki olası değışimlerin bugünden tahmin edilmesi ve meydana gelebilecek değışikliklere göre önlemler alınması ve planlamalar yapılması ile mümkündür.

Çalışma sonuçları Türkiye’de yayılış yapan göknar popülasyonlarının yayılış alanlarında önemli değışiklikler olacağını, özellikle rakımsal değışimlerin görüleceğini ortaya koymaktadır. Çalışma sonuçları kullanılarak türlerin ihtiyaç duyduğu göç mekanizmasının insan eliyle sağlanması gerekmektedir. Bunun için de çalışma sonuçları mülki sınırlamalarda göz önünde bulundurularak orman amenajman planlarında gerekli düzenlemelerin yapılması önerilmektedir. Ayrıca benzer çalışmaların diğer türler için de yapılarak değışen iklim ve çevre şartlarına göre yeni modeller üretilmesi, gerçeğe en uygun senaryoların oluşturulması ve gelecekte uygun yetiştirme şartlarını taşıyacak alanlara türlerin göçünün suni yollarla gerçekleştirilmesi tür ve popülasyon kayıplarını önemli ölçüde azaltabilir.

KAYNAKLAR

- Acu. Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-21.
- Adiguzel, F., Cetin, M., Kaya, E., Simsek, M., Gungor, S., & Bozdogan Sert, E. (2020). Defining suitable areas for bioclimatic comfort for landscape planning and landscape management in Hatay, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 139(3), 1493-1503.
- Agudelo-Castañeda, G. A., Cadena-Torres, J., Almanza-Merchán, P. J., & Pinzón-Sandoval, E. H. (2018). "Physiological performance of nine cacao *Theobroma cacao* L. genotypes under the shadow of three forest species in Santander, Colombia." *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 121, 223-232.
- Akkemik, Ü. (Ed). 2018. Natural-Exotic Trees and Shrubs of Turkey. General Directorate of Forestry Publications, Ankara. 684 p.
- Aricak, B. (2020). Determination of Suitable Areas for Biocomfort Using the Summer Simmer Index with the Help of GIS; Samsun Example. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(12), 2657-2663.
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2019). The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (3), 6723-6734.
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2020). The usability of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) as a biomonitor for traffic-originated heavy metal concentrations in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29 (2): 1051-1057
- Ayan, S., Bugday, E., Varol, T., Özel, H. B., & Thurm, E. A. (2022). Effect of climate change on potential distribution of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) in the twenty-first century in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 148(1), 165-177.
- Bayraktar, O. Y., Kaplan, G., Gencel, O., Benli, A., & Sutcu, M. (2021a). Physico-mechanical, durability and thermal properties of basalt fiber reinforced foamed concrete containing waste marble powder and slag. *Construction and Building Materials*, 288, 123128.
- Bayraktar, O. Y., Soylemez, H., Kaplan, G., Benli, A., Gencel, O., & Turkoglu, M. (2021b). Effect of cement dosage and waste tire rubber on the mechanical,

transport and abrasion characteristics of foam concretes subjected to H₂SO₄ and freeze–thaw. *Construction and Building Materials*, 302, 124229.

- Benito Garzón, M., Robson, T. M., Hampe, A. (2019). Trait SDMs: species distribution models that account for local adaptation and phenotypic plasticity. *New Phytologist*, 222(4), 1757-1765.
- Birkmann, J., Jamshed, A., McMillan, J. M., Feldmeyer, D., Totin, E., Solecki, W., & Alegría, A. (2022). Understanding human vulnerability to climate change: A global perspective on index validation for adaptation planning. *Science of The Total Environment*, 803, 150065.
- Booth TH (2017) Assessing species climatic requirements beyond the realized niche: some lessons mainly from tree species distribution modelling. *Clim Change* 145(3-4): 259-271.
- Brambilla, M., Rubolini, D., Appukuttan, O., Calvi, G., Karger, D. N., Kmecl, P., ... & Celada, C. (2022). Identifying climate refugia for high-elevation Alpine birds under current climate warming predictions. *Global Change Biology*.
- Brundu, G., Richardson, D. M. (2016). Planted forests and invasive alien trees in Europe: A Code for managing existing and future plantings to mitigate the risk of negative impacts from invasions.
- Cammarano, D., Jamshidi, S., Hoogenboom, G., Ruane, A. C., Niyogi, D., & Ronga, D. (2022). Processing tomato production is expected to decrease by 2050 due to the projected increase in temperature. *Nature Food*, 1-8.
- Cantürk, Ö. (2020). Samsun’da Bazı İklim Parametreleri ve Kuraklık Durumunun Küresel Isınmaya Bağlı Olarak Değişimi, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 74 pages
- Cantürk, U., & Kulaç, Ş. (2021). The effects of climate change scenarios on *Tilia* ssp. in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(12), 1-15.
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Abo Aisha, A. E. S., Alrabiti, O. B. M., Aljama, A. M. O., Jawed, A. A., Cetin, H., Sevik, H. & Ozel, H. B. (2021). The usability of *Cupressus arizonica* annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35642-35648.
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Cetin, M., Sevik, H., & Ozel, H. B. (2022). The Use of *Cupressus arizonica* as a Biomonitor of Li, Fe, and Cr Pollution in Kastamonu. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(6), 1-9.
- Cetin M. (2016) Determination of bioclimatic comfort areas in landscape planning: A case study of Cide Coastline, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 4 (9), 800-804

- Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N., Ozel H.B., Aricak, B., & Varol, T. (2018a) The variable of leaf micromorphological characters on grown in distinct climate conditions in some landscape plants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (5): 3206-3211.
- Cetin, M., Sevik, H., & Yigit, N. (2018b). Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. *Environmental monitoring and assessment*, 190 (7), 404.
- Cetin, M. (2020). The Changing of Important Factors in The Landscape Planning Occur Due to Global Climate Change in Temperature, Rain and Climate Types: A Case Study of Mersin City, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* . 8(12): 2695-2701
- Cetin, M., Sevik, H., & Cobanoglu, O. (2020). Ca, Cu, and Li in washed and unwashed specimens of needles, bark, and branches of the blue spruce (*Picea pungens*) in the city of Ankara. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(17), 21816-21825.
- Cetin, M., Aljama, A. M. O., Alrabiti, O. B. M., Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022a). Determination and Mapping of Regional Change of Pb and Cr Pollution in Ankara City Center. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(5), 1-10.
- Cetin, M., Aljama, A. M. O., Alrabiti, O. B. M., Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022b). Using Topsoil Analysis to Determine and Map Changes in Ni Co Pollution. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(8), 1-11.
- Dalfes, H. N., Karaca, M., & Sen, O. L. (2007). Climate change scenarios for Turkey in" Climate Change & Turkey: Impact, Sectoral Analyses, Socio-Economic Dimensions. Ankara: United Nations Development Programme (UNDP) Turkey Office.
- Daniel, C. J., Ter-Mikaelian, M. T., Wotton, B. M., Rayfield, B., & Fortin, M. J. (2017). Incorporating uncertainty into forest management planning: Timber harvest, wildfire and climate change in the boreal forest. *Forest Ecology and Management*, 400, 542-554.
- Demir, T., Mutlu, E., Aydın, S., & Gültepe, N. (2021). Physicochemical water quality of Karabel, Çaltı, and Tohma brooks and blood biochemical parameters of *Barbus plebejus* fish: assessment of heavy metal concentrations for potential health risks. *Environmental monitoring and assessment*, 193(11), 1-15.
- Dyderski, M. K., Paź, S., Frelich, L. E., & Jagodziński, A. M. (2018). How much does climate change threaten European forest tree species distributions?. *Global Change Biology*, 24(3), 1150-1163.
- Elajail, I.S.I., Sevik, H., Ozel, H.B., Isik, B. (2022). Examining The Chemical Compositions of Mineral Concrete Agents in Terms of Their Environmental Effects, *Feb-fresenius environmental bulletin*. (InPress).

- Elhadar, Y.O. (2020) Specific Climate Parameters and Seasonal Changes of Biocomfort Zones Gaziantep Province, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Landscape Architecture MsC Thesis, 60 pages
- Elsunousi, A. A. M., Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Ozel, H. U. (2021). Periodical and regional change of particulate matter and CO₂ concentration in Misurata. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(11), 1-15.
- Ertugrul, M., Ozel, H. B., Varol, T., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Investigation of the relationship between burned areas and climate factors in large forest fires in the Canakkale region. *Environmental monitoring and assessment*, 191 (12), 737.
- Ertugrul, M., Varol, T., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2021). Influence of climatic factor of changes in forest fire danger and fire season length in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(1), 1-17.
- ESRI 2017. ArcGIS Desktop: Release 10.5. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Eurostat. (2018). Air Emissions Accounts by NACE Rev. 2 Activity. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ac_ainah_r2&lang=en. [erişim 20/04/2021]
- Findlater, K., Hagerman, S., Kozak, R., & Gukova, V. (2022). Redefining climate change maladaptation using a values-based approach in forests. *People and Nature*, 4(1), 231-242.
- Fu, H., Chen, L., Ge, Y., Wu, A., Liu, H., Li, W., ... & Jeppesen, E. (2022). Linking human activities and global climatic oscillation to phytoplankton dynamics in a subtropical lake. *Water Research*, 208, 117866.
- Gárate-Escamilla, H., Hampe, A., Vizcaíno-Palomar, N., Robson, T. M., Benito Garzón, M. (2019). Range-wide variation in local adaptation and phenotypic plasticity of fitness-related traits in *Fagus sylvatica* and their implications under climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 28(9), 1336-1350.
- Gencel, O., Bayraktar, O. Y., Kaplan, G., Arslan, O., Nodehi, M., Benli, A., & Ozbakkaloglu, T. (2022b). Lightweight foam concrete containing expanded perlite and glass sand: Physico-mechanical, durability, and insulation properties. *Construction and Building Materials*, 320, 126187.
- Gencel, O., Nodehi, M., Bayraktar, O. Y., Kaplan, G., Benli, A., Gholampour, A., & Ozbakkaloglu, T. (2022a). Basalt fiber-reinforced foam concrete containing silica fume: An experimental study. *Construction and Building Materials*, 326, 126861.
- Ghoma, W., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Qual Atmos Health* 15, 415-424 <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01146-z>

- Gougherty, A. V., Keller, S. R., & Fitzpatrick, M. C. (2021). Maladaptation, migration and extirpation fuel climate change risk in a forest tree species. *Nature Climate Change*, *11*(2), 166-171.
- Gómez-Pineda, E., Blanco-García, A., Lindig-Cisneros, R., O'Neill, G. A., Lopez-Toledo, L., & Sáenz-Romero, C. (2021). *Pinus pseudostrobus* assisted migration trial with rain exclusion: maintaining Monarch Butterfly Biosphere Reserve forest cover in an environment affected by climate change. *New Forests*, 1-16.
- Gómez-Pineda, E., Sáenz-Romero, C., Ortega-Rodríguez, J. M., Blanco-García, A., Madrigal-Sánchez, X., Lindig-Cisneros, R., & Rehfeldt, G. E. (2020). Suitable climatic habitat changes for Mexican conifers along altitudinal gradients under climatic change scenarios. *Ecological Applications*, *30*(2), e02041.
- Gougherty, A. V., Keller, S. R., & Fitzpatrick, M. C. (2021). Maladaptation, migration and extirpation fuel climate change risk in a forest tree species. *Nature Climate Change*, *11*(2), 166-171.
- Guney, K., Cetin, M., Sevik, H., & Guney, K. B. (2016a). Effects of some hormone applications on germination and morphological characters of endangered plant species *Lilium artvinense* L. Seeds, *New Challenges in Seed Biology-Basic and Translational Research Driving Seed Technology*, Dr. Susana Araújo. InTech, 2016b, 4, 97-112.
- Guney, K., Cetin, M., Sevik, H., Guney K.B. (2016b). Influence of Germination Percentage and Morphological Properties of Some Hormones Practice on *Lilium martagon* L. Seeds. *Oxidation Communications*, *39* (1-II): 466-474
- Gur, E., Cetin, M., Ozel, H.B., Guney, K., Sevik, H. (2021). The Effect of Hormone Treatments on Germination and Seedling Characters of Sage (*Salvia officinalis* L.) Seeds. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, *36*(2): 62-69.
- Gustavsson, L., Haus, S., Lundblad, M., Lundström, A., Ortiz, C. A., Sathre, R., & Wikberg, P. E. (2017). Climate change effects of forestry and substitution of carbon-intensive materials and fossil fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *67*, 612-624.
- Hanewinkel, M., Cullmann, D. A., Schelhaas, M. J., Nabuurs, G. J., & Zimmermann, N. E. (2013). Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature climate change*, *3*(3), 203-207.
- Hepbilgin, B., Koç, T. (2018). Projected Climate Changes in Kazdağı (Mount Ida) and Its vicinity according to Regional Temperature and Precipitation Data (2000-2099). *Marmara Geographical Review*. *37*: 253-270
- Hirata, A., Nakamura, K., Nakao, K., Kominami, Y., Tanaka, N., Ohashi, H., & Matsui, T. (2017). Potential distribution of pine wilt disease under future climate change scenarios. *PLoS One*, *12*(8), e0182837.

- Hrivnák, M., Paule, L., Krajmerová, D., Kulaç, Ş., Şevik, H., Turna, İ., Tvauri, I. & Gömöry, D. (2017). Genetic variation in Tertiary relics: The case of eastern-Mediterranean *Abies* (Pinaceae). *Ecology and evolution*, 7 (23), 10018-10030.
- Huang, S., Zheng, X., Ma, L., Wang, H., Huang, Q., Leng, G., & Guo, Y. (2020). Quantitative contribution of climate change and human activities to vegetation cover variations based on GA-SVM model. *Journal of Hydrology*, 584, 124687.
- Imren, E., Kurt, R., Yucedag, C., Bilir, N., Ozel, H.B., Cetin, M., Sevik, H. (2021). Selection of Superior Clones By The Multi-Dimensional Decision Making Techniques in Scots Pine Seed Orchard, *Journal of Forests*, 8(1): 13-22
- Isinkaralar, K. (2022a). Temporal Variability of Trace Metal Evidence in *Cupressus arizonica*, *Platanus orientalis*, and *Robinia pseudoacacia* as Pollution-Resistant Species at an Industrial Site. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 1-12.
- Isinkaralar, K. (2022b). Atmospheric deposition of Pb and Cd in the *Cedrus atlantica* for environmental biomonitoring. *Landscape and Ecological Engineering*, 1-10.
- Isinkaralar, K. (2022c). High-efficiency removal of benzene vapor using activated carbon from *Althaea officinalis* L. biomass as a lignocellulosic precursor. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-13.
- Isinkaralar, K. (2022d). Theoretical removal study of gas BTEX onto activated carbon produced from *Digitalis purpurea* L. biomass. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-11.
- Isinkaralar, K., Koc, I., Erdem, R., & Sevik, H. (2022). Atmospheric Cd, Cr, and Zn deposition in several landscape plants in Mersin, Türkiye. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(4), 1-10.
- Islam, M. J., Kunzmann, A., & Slater, M. J. (2022). Responses of aquaculture fish to climate change-induced extreme temperatures: A review. *Journal of the World Aquaculture Society*, 53(2), 314-366.
- Iverson, L., Knight, K. S., Prasad, A., Herms, D. A., Matthews, S., Peters, M., & Almendinger, J. (2016). Potential species replacements for black ash (*Fraxinus nigra*) at the confluence of two threats: Emerald ash borer and a changing climate. *Ecosystems*, 19(2), 248-270.
- Jo, J., Jo, B., Kim, J., Kim, S., & Han, W. (2020). "Development of an iot-based indoor air quality monitoring platform." *Journal of Sensors*, 2020.
- Karacocuk, T., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., & Cetin, M. (2022). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape and Ecological Engineering*, 18(1), 75-83.

- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2022). Determining the 180-year Change of Cd, Fe, and Al Concentrations in the Air by Using Annual Rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 1-13.
- Key, K., & Kulaç, Ş. (2022). Proof of concept to characterize historical heavy metal concentrations from annual rings of *Corylus colurna*: determining the changes of Pb, Cr, and Zn concentrations in atmosphere in 180 years in North Turkey. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1-11.
- Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., & Sevik, H. (2020). Site selection by using the multi-criteria technique-a case study of Bafra, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (9), 1-12.
- Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., Sevik, H. (2021) Integrating multicriteria decision-making analysis for a GIS-based settlement area in the district of Atakum, Samsun, Turkey. *Theor Appl Climatol*. 143, 379–388. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03439-2>
- Koc, I., & Nzokou, P. (2018) Effects of water stress and cold treatments on the germination of two conifers (*Pinus nigra* and *Pinus brutia*) species from Turkey. *Hortscience*, 53(9), 259-259.
- Koç, İ. (2021a) Changes That May Occur in Temperature, Rain, and Climate Types Due to Global Climate Change: The Example of Düzce. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 9(8), 1545-1554
- Koç, İ. (2021b) The Effect of Global Climate Change on Some Climate Parameters and Climate Types in Bolu. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 23(2), 706-719
- Koç, İ. (2021c). Examining Seed Germination Rate and Seedlings Gas Exchange Performances of Some Turkish Red Pine Provenances Under Water Stress. *Düzce University Journal of Science & Technology*, 9(3), 48-60.
- Koç, İ (2021d). Examining of seed germination rate and seedlings gas exchange performances of Anatolian black pine under water stress. *International Karabakh Applied Science Conference*. Khazar Univeristy, June 17-19, 2021. (Conference paper).
- Koç, İ (2021e). Examination of gas exchange parameters of *Abies balsamea* (L) Mill. and *Abies concolor* saplings, grown under various water regime, exposed to extreme drought stress at the end of the growing season. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 592-605
- Koç, İ. (2021f). Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35880–35886
- Koç, İ., Nzokou, P. (2022). Do Various Conifers Respond Differently to Water Stress? A Comparative Study of White Pine, Concolor and Balsam Fir. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(1), 1-16.

- Koot, E. M., Morgan-Richards, M., & Trewick, S. A. (2022). Climate change and alpine-adapted insects: modelling environmental envelopes of a grasshopper radiation. *Royal Society Open Science*, 9(3), 211596.
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H.B., Aricak, B., Onat, S.M., Sevik, H. (2022). Change of Aluminum Concentrations in Specific Plants by Species, Organ, Washing, and Traffic Density. *BioResources*, (InPress)
- Laurent, J. M., Bar-Hen, A., François, L., Ghislain, M., Cheddadi, R. (2004). Refining vegetation simulation models: from plant functional types to bioclimatic affinity groups of plants. *Journal of vegetation science*, 15(6), 739-746.
- Li, J., Fan, G., & He, Y. (2020). Predicting the current and future distribution of three *Coptis* herbs in China under climate change conditions, using the MaxEnt model and chemical analysis. *Science of the Total Environment*, 698, 134141.
- López-Tirado, J., Vessella, F., Stephan, J., Ayan, S., Schirone, B., & Hidalgo, P. J. (2021). Effect of climate change on potential distribution of *Cedrus libani* A. Rich in the twenty-first century: an Ecological Niche Modeling assessment. *New Forests*, 52(3), 363-376.
- Luis Val, A., & Wood, C. M. (2022). Global change and physiological challenges for fish of the Amazon today and in the near future. *Journal of Experimental Biology*, 225(10), jeb216440.
- Lynch, A. J., Myers, B. J., Chu, C., Eby, L. A., Falke, J. A., Kovach, R. P., & Whitney, J. E. (2016). Climate change effects on North American inland fish populations and assemblages. *Fisheries*, 41(7), 346-361.
- Ma, G., & Ma, C. S. (2022). Potential distribution of invasive crop pests under climate change: incorporating mitigation responses of insects into prediction models. *Current Opinion in Insect Science*, 49, 15-21.
- Mataracı T., and Kandemir A. (2018). *Abies / Gökmar. Natural-Exotic Trees and Shrubs of Turkey*. General Directorate of Forestry Publications, Ankara. 684 p. Akkemik, Ü. (Ed). 306-314
- Matskovsky, V., Venegas-González, A., Garreaud, R., Roig, F. A., Gutiérrez, A. G., Muñoz, A. A., & Canales, C. (2021). Tree growth decline as a response to projected climate change in the 21st century in Mediterranean mountain forests of Chile. *Global and Planetary Change*, 198, 103406.
- McLean, N., Kruuk, L. E., Van Der Jeugd, H. P., Leech, D., van Turnhout, C. A., & van de Pol, M. (2022). Warming temperatures drive at least half of the magnitude of long-term trait changes in European birds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(10), e2105416119.
- Meli, P., Holl, K. D., Rey Benayas, J. M., Jones, H. P., Jones, P. C., Montoya, D., & Moreno Mateos, D. (2017). A global review of past land use, climate, and

active vs. passive restoration effects on forest recovery. Plos one, 12(2), e0171368.

- Mutlu, E., & Arslan, N. (2022). Water Quality Assessment of Yassialan Dam Lake (Karadeniz Region, Turkey) by Using Principle Component Analysis and Water Quality Index. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus*, 20(2), 55-65.
- Ning, H., Ling, L., Sun, X., Kang, X., & Chen, H. (2021). Predicting the future redistribution of Chinese white pine *Pinus armandii* Franch. Under climate change scenarios in China using species distribution models. *Global Ecology and Conservation*, 25, e01420.
- Oberle, B., Covey, K. R., Dunham, K. M., Hernandez, E. J., Walton, M. L., Young, D. F., & Zanne, A. E. (2018). Dissecting the effects of diameter on wood decay emphasizes the importance of cross-stem conductivity in *Fraxinus americana*. *Ecosystems*, 21(1), 85-97.
- Ouyang, L., Arnold, R. J., Chen, S., Xie, Y., He, S., Liu, X., & Zhang, W. (2021). Prediction of the suitable distribution of *Eucalyptus grandis* in China and its responses to climate change. *New Forests*, 1-19.
- Ozel, H. B., Donduran, V., Şevik, H., Bilir, N., & Varol, T. (2021a). Investigation on sand-dune afforestation by *Eucalyptus* (*Eucalyptus grandis* W. Hill) in Patara-Antalya region. *Theoretical and Applied Forestry*, 1(1), 34-39.
- Ozel, H. B., Varol, H. N., & Sevik, H. (2021b). Change of Mg concentration in several plants depending on plant species, washing status, and traffic density. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(1), 447-453.
- Ozel, H.B., Varol, H.N., Sevik, H. (2021c) The Change of Mn Concentration by Organ and Species in Several Edible Plants. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*. 29(2): 474-480
- Ozel, H. B., Sen, M., & Sevik, H. (2021d). Change of Ba concentration by species and organ in several fruits grown in city centers. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(03), 143-150.
- Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Varol, T., Isik, B., & Yaman, B. (2021e). The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in *Pinus brutia* Ten. *Biologia Futura*, 72(3), 359-365.
- Ozel, H. B., Abo Aisha, A. E. S., Cetin, M., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2021f). The effects of increased exposure time to UV-B radiation on germination and seedling development of Anatolian black pine seeds. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(7), 1-11.
- Ozkazanc, N. K., Ozay, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). The habitat, ecological life conditions, and usage characteristics of the otter (*Lutra lutra*

- L. 1758) in the Balıkdami Wildlife Development Area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191 (11), 645.
- Özel, H. B., Şevik, H., Onat, S. M., & Yigit, N. (2022). The Effect of Geographic Location and Seed Storage Time on the Content of Fatty Acids in Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Seeds. *BioResources*, 17(3), 5038-5048.
- Peñuelas, J., Sardans, J., Filella, I., Estiarte, M., Llusà, J., Ogaya, R., & Terradas, J. (2018). Assessment of the impacts of climate change on Mediterranean terrestrial ecosystems based on data from field experiments and long-term monitored field gradients in Catalonia. *Environmental and Experimental Botany*, 152, 49-59.
- Pérez-Moreno, J., Guerin-Laguette, A., Rinaldi, A. C., Yu, F., Verbeken, A., Hernández-Santiago, F., & Martínez-Reyes, M. (2021). Edible mycorrhizal fungi of the world: What is their role in forest sustainability, food security, biocultural conservation and climate change?. *Plants, People, Planet*, 3(5), 471-490.
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175.
- Popp, A., Calvin, K., Fujimori, S., Havlik, P., Humpenöder, F., Stehfest, E., & van Vuuren, D. P. (2017). Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change*, 42, 331-345.
- Quinto, L., Navarro-Cerrillo, R. M., Palacios-Rodríguez, G., Ruiz-Gomez, F., & Duque-Lazo, J. (2021). The current situation and future perspectives of *Quercus ilex* and *Pinus halepensis* afforestation on agricultural land in Spain under climate change scenarios. *New Forests*, 52(1), 145-166.
- Rabat, R. P. (2019). Impact of Climate change on the Bouregreg Watershed Vegetation and Forest of Morocco. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering (ijasre)*, 5 (8); 109-132
- Rahimi, J., Fillol, E., Mutua, J. Y., Cinardi, G., Robinson, T. P., Notenbaert, A. M., & Butterbach-Bahl, K. (2022). A shift from cattle to camel and goat farming can sustain milk production with lower inputs and emissions in north sub-Saharan Africa's drylands. *Nature Food*, 1-9.
- Rahman, M., Islam, M., & Braeuning, A. (2018). Tree radial growth is projected to decline in South Asian moist forest trees under climate change. *Global and planetary change*, 170, 106-119.
- Rambal, S., Ourcival, J.M., Joffre, R., Mouillot, F., Nouvellon, Y., Reichstein, M., Rocheteau, A., 2003. Drought controls over conductance and assimilation of a Mediterranean evergreen ecosystem: scaling from leaf to canopy. *Global Change Biology* 9, 1813–1824.

- Reed, T. E., Schindler, D. E., & Waples, R. S. (2011). Interacting effects of phenotypic plasticity and evolution on population persistence in a changing climate. *Conservation Biology*, 25(1), 56-63.
- Reeves, M. C., Moreno, A. L., Bagne, K. E., & Running, S. W. (2014). Estimating climate change effects on net primary production of rangelands in the United States. *Climatic Change*, 126(3-4), 429-442.
- Riera, J. L., Magnuson, J. J., Castle, J. R. V., & MacKenzie, M. D. (1998). Analysis of large-scale spatial heterogeneity in vegetation indices among North American landscapes. *Ecosystems*, 1(3), 268-282.
- Rogelj, J., Popp, A., Calvin, K. V., Luderer, G., Emmerling, J., Gernaat, D., & Tavoni, M. (2018). Scenarios towards limiting global mean temperature increase below 1.5 C. *Nature Climate Change*, 8(4), 325-332.
- Rojo, J., Oteros, J., Picornell, A., Maya-Manzano, J. M., Damialis, A., Zink, K., & Buters, J. (2021). Effects of future climate change on birch abundance and their pollen load. *Global Change Biology*, 27(22), 5934-5949.
- Ruiz-Labourdette, D., Schmitz, M. F., & Pineda, F. D. (2013). Changes in tree species composition in Mediterranean mountains under climate change: Indicators for conservation planning. *Ecological Indicators*, 24, 310-323.
- Saatsaz, M., Monsef, I., Rahmani, M., & Ghods, A. (2018). Site suitability evaluation of an old operating landfill using AHP and GIS techniques and integrated hydrogeological and geophysical surveys. *Environmental monitoring and assessment*, 190(3), 144.
- Savas, D. S., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(39), 55446-55453.
- Serkan, S. (2019). İklim Değişikliğinin Kısa Tarihçesi, Türkiye ve Antalya Havzasının İklim Değişikliğine Adaptasyon. Lambert Academic Publishing, 2019
- Sevik, H., Güney, K., Topaçoğlu, O., & Ünal, C. (2015). The influences of rooting media and hormone applications on rooting percentage and some root characters in *Schefflera arboricola*. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention*, 4(2), 25-29.
- Sevik, H., & Erturk, N. (2015). Effects of drought stress on germination in fourteen provenances of *Pinus brutia* Ten. seeds in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(5), 294-299.
- Sevik, H., & Cetin, M. (2015). Effects of water stress on seed germination for select landscape plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(2), 689-693.

- Sevik, H., & Cetin, M. (2016). Effects of some hormone applications on germination and morphological characters of endangered plant species *Lilium artvinense* L. onion scales. *Bulgarian Chemical Communications*, 48(2), 256-260.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Yigit, N., & Karakus, O. (2019a). Changes in micromorphological characters of *Platanus orientalis* L. leaves in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (3), 5909-5921.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019b). Changes in Pb, Cr and Cu concentrations in some bioindicators depending on traffic density on the basis of species and organs. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (6), 12843-12857.
- Sevik, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Özel, H. U., & Erdem, T. (2019c). Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organism, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12 (2), 189-195.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019d). Determining toxic metal concentration changes in landscaping plants based on some factors. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12 (8), 983-991.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Akarsu, H., & Cetin, I. Z. (2020a). Analyzing of usability of tree-rings as biomonitors for monitoring heavy metal accumulation in the atmosphere in urban area: a case study of cedar tree (*Cedrus* sp.). *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (1), 23.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Ozel, S., & Cetin, I. Z. (2020b). Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (2), 78.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. U., Ozel, H. B., Mossi, M. M. M., & Cetin, I. Z. (2020c). Determination of Pb and Mg accumulation in some of the landscape plants in shrub forms. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (2), 2423-2431.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Erbek, A., & Cetin, I. Z. (2021). The effect of climate on leaf micromorphological characteristics in some broad-leaved species. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 6395-6407.
- Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Schreck, E., Xiong, T., Niazi, N. K. (2017). "Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake." *Journal of Hazardous Materials*, 325,36-58.
- Shipley, J. R., Twining, C. W., Mathieu-Resuge, M., Parmar, T. P., Kainz, M., Martin-Creuzburg, D., ... & Matthews, B. (2022). Climate change shifts the timing of nutritional flux from aquatic insects. *Current biology*, 32(6), 1342-1349.
- Shults, P., Nzokou, P., & Koc, I. (2020). Nitrogen contributions of alley cropped *Trifolium pratense* may sustain short rotation woody crop yields on marginal lands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 117(2), 261-272.

- Šimůnek, V., Vacek, Z., Vacek, S., Ripullone, F., Hájek, V., & D'Andrea, G. (2021). Tree rings of European beech (*Fagus Sylvatica* L.) indicate the relationship with solar cycles during climate change in central and southern Europe. *Forests*, *12*(3), 259.
- Soultan, A., Pavón-Jordán, D., Bradter, U., Sandercock, B. K., Hochachka, W. M., Johnston, A., & Pärt, T. (2022). The future distribution of wetland birds breeding in Europe validated against observed changes in distribution. *Environmental Research Letters*, *17*(2), 024025.
- Sulhan, O.F., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environ Dev Sustain* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02647-2>
- Tabikha, R. M. (2022). How climate changes might affect biological aspects and distribution of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* in Egyptian agro-ecosystem?. *International Journal of Tropical Insect Science*, *42*(2), 1255-1273.
- Talu N, Sinan Ö, Özgün S, Dougherty W, Fencel A (2011) Turkey's National Climate Change Adaptation Strategy and Action Plan (Draft). (D. Ş. Tapan, Ed.). Ankara: Ministry of Environment and Urbanization.
- Taylor Aiken, G., Middlemiss, L., Sallu, S., & Hauxwell-Baldwin, R. (2017). Researching climate change and community in neoliberal contexts: an emerging critical approach. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, *8*(4), e463.
- Thurm, E. A., Hernandez, L., Baltensweiler, A., Ayan, S., Rasztovits, E., Bielak, K., & Falk, W. (2018). Alternative tree species under climate warming in managed European forests. *Forest Ecology and Management*, *430*, 485-497.
- Toczydlowski, A. J., Slesak, R. A., Kolka, R. K., & Venterea, R. T. (2020). Temperature and water-level effects on greenhouse gas fluxes from black ash (*Fraxinus nigra*) wetland soils in the Upper Great Lakes region, USA. *Applied Soil Ecology*, *153*, 103565.
- Tokatli, C., Mutlu, E., & Arslan, N. (2021). Assessment of the potentially toxic element contamination in water of Şehriban Stream (Black Sea Region, Turkey) by using statistical and ecological indicators. *Water Environment Research*, *93*(10), 2060-2071.
- Topacoglu, O., Sevik, H., & Akkuzu, E. (2016a). Effects of water stress on germination of *Pinus nigra* Arnold. Seeds. *Pak. J. Bot*, *48* (2), 447-453.
- Topacoglu, O., Sevik, H., Guney, K., Unal, C., Akkuzu, E., & Sivacioglu, A. (2016b). Effect of rooting hormones on the rooting capability of *Ficus benjamina* L. cuttings. *Şumarski list*, *140* (1-2), 39-44.
- Torres-Dowdall, J., Handelsman, C. A., Reznick, D. N., & Ghalambor, C. K. (2012). Local adaptation and the evolution of phenotypic plasticity in Trinidadian

guppies (*Poecilia reticulata*). *Evolution: International Journal of Organic Evolution*, 66(11), 3432-3443.

Turan, E. S. (2018). Turkey's Drought Status Associated with Climate Change. *Artvin Çoruh University Natural Hazards Application and Research Center Journal of Natural Hazards and Environment*. 4(1), 63-69, DOI: 10.213247/dacd.357384

Turkylmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Cetin, M. (2018a). Using *Acer platanoides* annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environ Monit Assess* 190:578.

Turkylmaz, A., Sevik, H., & Cetin, M. (2018b). The use of perennial needles as bio-monitors for recently accumulated heavy metals. *Landsc Ecol Eng* 14 (1):115–120.

Turkylmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., & Ahmaida Saleh E. A. (2018c). Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. *Pol J Environ Stud* 27 (5):2277–2284.

Turkylmaz, A., Sevik H., Isinkaralar K, & Cetin M. (2019). Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition, *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (5), 5122-5130.

Turkylmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Saleh, E. A. A. (2020). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 22 (3), 2385-2398.

Turna, İ., Şevik, H. ve Yahyaoğlu, Z., (2009) Uludağ Gökarnı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* mattf.) Populasyonlarında Morfolojik Özelliklere Bağlı Genetik Çeşitlilik, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi I.Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı, Özel Sayı, ISSN: 1302-0943, II, pp. 341-347*

Turna, İ., Şevik, H., Yahyaoğlu, Z., (2010). Uludağ Gökarnı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) Populasyonlarında Tohum Özelliklerine Bağlı Genetik Çeşitlilik, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, *Bildiriler Kitabı, Cilt:II, s, 733-740, 20-22 Mayıs 2010, Artvin*

Ucun Ozel, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Gemici, B. T., & Varol, T. (2019). Base alteration of some heavy metal concentrations on local and seasonal in Bartın River. *Environmental monitoring and assessment*, 191(9), 594.

Ucun Ozel, H., Gemici, B. T., Gemici, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2020). Application of artificial neural networks to predict the heavy metal contamination in the Bartın River. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-18.

UNDP. (2019). Small Island nations at the frontline of climate action. Retrieved from <http://www.undp.org/content/undp/en/home/news->

[centre/news/2017/09/18/small-island-nations-at-the-frontline-of-climate-action.html](https://www.worldclim.org/news/2017/09/18/small-island-nations-at-the-frontline-of-climate-action.html), [accessed 20/04/2021]

URL 1: <https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>

- Varol, T., Ertugrul, M. (2015). Climate change and forest fire trend in the Aegean and Mediterranean regions of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 24: 3436-3444.
- Varol, T., Gormus, S., Cengiz, S., Ozel, H. B., & Cetin, M. (2019). Determining potential planting areas in urban regions. *Environmental monitoring and assessment*, 191(3), 1-14.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2021). Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 491, 119199.
- Varol, T., Ozel, H. B., Ertugrul, M., Emir, T., Tunay, M., Cetin, M., & Sevik, H. (2021). Prediction of soil-bearing capacity on forest roads by statistical approaches. *Environmental monitoring and assessment*, 193(8), 527.
- Varol, T., Cetin, M., Ozel, H.B., Sevik, H., Zeren Cetin, I. (2022a). The Effects of Climate Change Scenarios on *Carpinus betulus* and *Carpinus orientalis* in Europe. *Water Air Soil Pollut* 233, 45. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05516-w>
- Varol T, Canturk U, Cetin M, Ozel HB, Sevik H, Zeren Cetin I. (2022b) Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology (Theor Appl Climatol)* (2022). DOI: 10.1007/s00704-022-04179-1
- Vilà-Cabrera, A., Coll, L., Martínez-Vilalta, J., & Retana, J. (2018). Forest management for adaptation to climate change in the Mediterranean basin: A synthesis of evidence. *Forest Ecology and Management*, 407, 16-22.
- Walker, A. P., De Kauwe, M. G., Medlyn, B. E., Zaehle, S., Iversen, C. M., Asao, S., ... & Jain, A. K. (2019). Decadal biomass increment in early secondary succession woody ecosystems is increased by CO₂ enrichment. *Nature communications*, 10(1), 1-13.
- Webster, M., Gerland, S., Holland, M., Hunke, E., Kwok, R., Lecomte, O., & Sturm, M. (2018). Snow in the changing sea-ice systems. *Nature Climate Change*, 8(11), 946-953.
- Wu, C., Chen, D., Shen, J., Sun, X., & Zhang, S. (2021). Estimating the distribution and productivity characters of *Larix kaempferi* in response to climate change. *Journal of Environmental Management*, 280, 111633.
- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 1-10.

- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., & Kaya, N. (2016). Determination of the effect of drought stress on the seed germination in some plant species. *Water stress in plants*, 43-62.
- Yigit, N., Cetin, M., Ozturk, A., Sevik, H., & Cetin, S. (2019). Variation of Stomatal Characteristics in Broad Leaved Species Based on Habitat. *Applied Ecology and Environmental Research* 17 (6):12859-12868.
- Yigit, N., Mutevelli, Z., Sevik, H., Onat, S.M., Ozel, H.B., Cetin, M., Olgun, C. (2021). Identification of Some Fiber Characteristics in *Rosa sp.* and *Nerium oleander* L. Wood Grown under Different Ecological Conditions. *BioResources*, 16(3): 5862-5874. DOI:10.15376/biores.14.3.7015-7024
- Yucedag, C., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Variability in morphological traits of seedlings from five *Euonymus japonicus* cultivars. *Environmental monitoring and assessment*, 191(5), 1-4.
- Yu, L., Cao, M., & Li, K. (2006). Climate-induced changes in the vegetation pattern of China in the 21st century. *Ecological research*, 21(6), 912-919.
- Zeren Cetin, I. & Sevik, H. (2020). Investigation of the relationship between bioclimatic comfort and land use by using GIS and RS techniques in Trabzon. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (2), 71.
- Zeren Cetin, I., Varol, T., Ozel, H.B. Sevik H. (2022) The effects of climate on land use/cover: a case study in Turkey by using remote sensing data. *Environ Sci Pollut Res* (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22566-z>