



T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ambrosia trifida L.'NİN TÜRKİYE'YE TAŞINMA RİSKİ VE İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI OLARAK POTANSİYEL DAĞILIM
ALANLARININ BELİRLENMESİ

AYHAN ÇETİNDAG

BİTKİ KORUMA

Şanlıurfa
2024

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ambrosia trifida L.'NİN TÜRKİYE'YE TAŞINMA RİSKİ VE İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI OLARAK POTANSİYEL DAĞILIM
ALANLARININ BELİRLENMESİ

AYHAN ÇETİNDAG

BİTKİ KORUMA

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Shahid FAROOQ

Şanlıurfa
2024

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında büyük bir titizlik, sabır ve özveriyle benden desteğini esirgemeyen, çok değerli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Shahid FAROOQ hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	3
İÇİNDEKİLER	4
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	15
3.1. Gereç	15
3.1.2. Maksimum Entropi Model.....	15
3.2. Yöntem	15
3.2.1. <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Dünyadaki Dağılım Verileri	15
3.2.2. MaxEnt Modelinde Kullanılacak İklim Verilerinin İndirilmesi	17
3.2.3. İklim Değişiklik Senaryolar.....	18
3.2.4. Modelin Optimize Edilmesi ve Çalıştırılması.....	19
3.2.5. Modelin Tahmin Gücü ve <i>Ambrosia trifida</i> Dağılımı Üzerine Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi.....	21
3.2.6. Modelin Global Tahminlerinin Türkiye ve Avrupa'ya Uyarlaması.....	22
3.2.7. Tahmin Edilen Alanların Hesaplanması.....	22
3.2.8. Habitatların Değişimi	22
4. BULGULAR	23
4.1. Mevcut İklim Koşulları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye'ye Taşınma Riski ve Avrupa'daki Potansiyel Dağılımı	23
4.1.1. Modelin Tahmin Gücü	23
4.1.2. <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Taşınma Riski ile Dağılım Alanlarını Etkileyen İklim Faktörleri....	24
4.1.3. Mevcut İklim Koşulları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları	25
4.1.4. Mevcut İklim Koşulları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de Farklı Habitat Uygunluk Kategorilerindeki Alanları	26
4.2. 2021-2040 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 CMIP6 İklim Değişikliği Senaryoları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları	26
4.2.1. Modelin Tahmin Gücü	26
4.2.2. <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Potansiyel Dağılım Alanlarını Etkileyen İklim Faktörleri.....	27
4.2.3. 2021-2040 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları	28
4.2.4. 2021-2040 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de Farklı Habitat Uygunluk Kategorilerindeki Alanları	31
4.2.5. Avrupa ve Türkiye'de Tahmin Edilen Habitat Değişikliği.....	32
4.3. 2041-2060 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 CMIP6 İklim Değişikliği Senaryoları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları	35
4.3.1. Modelin Tahmin Gücü	35
4.3.2. <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Potansiyel Dağılım Alanlarını Etkileyen İklim Faktörleri.....	36
4.3.3. 2041-2060 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları	37
4.3.4. 2041-2060 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de Farklı Habitat Uygunluk Kategorilerindeki Alanları	39
4.3.5. Avrupa ve Türkiye'de Tahmin Edilen Habitat Değişikliği.....	40
4.4. 2061-2080 Dönemi için ve SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 CMIP6 İklim Değişikliği Senaryoları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları	43
4.4.1. Modelin Tahmin Gücü	43
4.4.2. <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Potansiyel Dağılım Alanlarını Etkileyen İklim Faktörleri.....	44

4.4.3. 2061-2080 Dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları	45
4.4.4. 2061-2080 Dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de Farklı Habitat Uygunluk Kategorilerindeki Alanları	47
4.4.5. Avrupa ve Türkiye'de Tahmin Edilen Habitat Değişikliği.....	48
4.5. 2081-2100 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 CMIP6 İklim Değişikliği Senaryoları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye ve Avrupa'daki Potansiyel Dağılım Alanları	51
4.5.1. Modelin Tahmin Gücü	51
4.5.2. <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Potansiyel Dağılım Alanlarını Etkileyen İklim Faktörleri.....	52
4.5.3. 2081-2100 Dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları Altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları	52
4.5.4. 2081-2100 Dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de Farklı Habitat Uygunluk Kategorilerindeki Alanları	55
4.5.5. Avrupa ve Türkiye'de Tahmin Edilen Habitat Değişikliği.....	56
5. TARTIŞMA	60
6. SONUÇLAR	63
7. ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ	75

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

***Ambrosia trifida* L.'NİN TÜRKİYE'YE TAŞINMA RİSKİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE
BAĞLI OLARAK POTANSİYEL DAĞILIM ALANLARININ BELİRLENMESİ**

AYHAN ÇETİNDAG

**HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA**

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Shahid FAROOQ

Yıl: 2024, Sayfa: 75

Biyolojik istilalar küresel ölçüde önemli ekonomik ve ekolojik riskler oluşturmaktadır. Bu nedenle, istilacı türlerin yeni coğrafi bölgelere girişini ve yayılmasını durdurmanın en iyi yaklaşımı erken tespit ve önlemdir. *Ambrosia trifida* L., Avrupa'nın önemli bir bölümünü istila eden zararlı bir yabancı ot olup, EPPO tarafından karantina zararlısı olarak yönetilmektedir. *A. trifida*'nın Türkiye'den şimdiye kadar rapor edilmediği bilinmektedir. Bu nedenle, mevcut çalışma, tarım ve tarım dışı alanlarda birçok soruna yol açan *A. trifida*'nın Türkiye'ye giriş riskini ve iklim değişikliğine bağlı olarak Avrupa ve Türkiye'deki potansiyel dağılım alanlarını tahmin etmek amacıyla yapılmıştır. *A. trifida*'nın dağılım alanları mevcut ve gelecek dönemlerde (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 ve 2081-2100) iki iklim değişikliği senaryosu (SSP1-2.6 ve SSP5-8.5) altında Maksimum Entropi (MaxEnt) modeli kullanarak tahmin edilmiştir. Modelde 9253 varlık koordinatları ile 10 iklim parametresi (bio2, bio3, bio4, bio5, bio6, bio8, bio13, bio15, bio16 ve bio17) kullanılmıştır. Model, yüksek tahmin gücüyle (ROC = 0.80) giriş riski ve potansiyel dağılım alanlarını tahmin etmiştir. Her iki iklim değişikliği senaryoları altında en fazla permütasyon önemine sahip değişkenler bio1 (yıllık ortalama sıcaklık), bio3 (izotermalite), bio18 (en sıcak çeyreğin yağışı) ve bio14 (en kurak ayın yağışı) olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerdeki değişikliklerin, *A. trifida*'nın gelecekte farklı iklim değişikliği senaryoları altında dağılımını etkileyeceği öngörülmektedir. Model, mevcut iklim koşulları altında Türkiye'de 14 bin km² alanın bitki için en uygun olduğu ve giriş risk altındaki bölgeler Karadeniz'in kıyı kısımlarında yer aldığını tahmin etmiştir. Her iklim değişikliği senaryosu, Türkiye'de bitkinin en uygun habitatlarında daralma yaşanabileceğini öngörese de, ülkenin 6-11 bin km²'lik alanının bitkinin yaşamı için optimum olduğu gösterilmiştir. Avrupa'da ise mevcut iklim koşulları altında bitki için uygun habitat alanı 426 bin km² olarak hesaplanmış, gelecekte bu alanların her iki iklim değişikliği senaryosu altında ciddi şekilde artacağı tahmin edilmiştir. Avrupa'da en uygun alanların %17.70 ile %73.70 arası artacağı tahmin edilmiştir. Dolayısıyla, Avrupa'da bitkinin ciddi sağlık ve tarımsal sorunlara yol açacağı öngörülmektedir. Türkiye'de ise uygun olarak tahmin edilen bölgelerde erkende ve detaylı surveylerin yapılması ve bu bölgelerde sık karantina tedbirlerinin uygulanmasını gerekmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: *Ambrosia trifida*, iklim değişikliği, taşınma riski, maxent, Türkiye, Avrupa

ABSTRACT
MASTER THESIS

**PREDICTING INTRODUCTION RISK AND POTENTIAL SPREAD OF *Ambrosia trifida* L.
IN TÜRKİYE UNDER CHANGING CLIMATE**

AYHAN ÇETİNDAG

**HARRAN UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
PLANT PROTECTION**

Thesis Supervisor: Asst. Prof. Dr. Shahid FAROOQ

Year: 2024, Page: 75

Biological invasions are posing significant economic and ecologic risks globally. Therefore, early detection and prevention is the best approach to halt the introduction and spread of new invasive species into new geographic regions. *Ambrosia trifida* L. is a noxious invasive weed invading a significant portion of Europe and regulated as quarantine pest by EPPO. *Ambrosia trifida* has not been reported from Türkiye till now. Therefore, the current study was conducted to predict the introduction risk of *A. trifida* in Türkiye and its potential distribution areas in Türkiye and Europe under climate change. The distribution areas of *A. trifida* were predicted for current and future periods (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, and 2081-2100) using the Maximum Entropy (MaxEnt) model under two climate change scenarios (SSP1-2.6 and SSP5-8.5). The model utilized 9253 occurrence records and 10 bioclimatic variables (bio2, bio3, bio4, bio5, bio6, bio8, bio13, bio15, bio16, and bio17). The model predicted the introduction risk and potential distribution areas with high accuracy (ROC = 0.80). The bioclimatic variables with the highest permutation importance were bio1 (annual mean temperature), bio3 (isothermality), bio18 (precipitation of the warmest quarter), and bio14 (precipitation of the driest month) under both climate change scenarios. Hence, changes in these parameters are predicted to affect the distribution of *A. trifida* in the future. Under current climate conditions, the model predicted that 14000 km² area in Türkiye is highly suitable for the plant, with regions at introduction risk located along the coast of the Black Sea. Although both climate change scenarios predict a potential contraction in the plant's optimal habitats in Türkiye, 6000-11000 km² of the country remains optimal for the potential spread of the species. In Europe, the suitable area for the plant under current climate conditions was estimated 426000 km², which is expected to significantly increase under both climate change scenarios in the future. The increase in suitable areas in Europe is predicted to range from 17.70% to 73.70%. Therefore, serious health and agricultural problems are expected in Europe. Rapid surveys are needed in the highly suitable areas in Türkiye, and strict quarantine measures should be implemented in these regions to halt the introduction of the species in the country.

KEYWORDS: *Ambrosia trifida*, climate change, transportation risk, maxent, Türkiye, Europe

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye giriş ve yayılma riski ile Avrupa'daki potansiyel dağılım analar tahmininde kullanılan varlık verileri (n = 9253)	16
Şekil 3.2. Türkiye'de <i>Ambrosia trifida</i> 'nın giriş riski ile Avrupa ve Türkiye'de gelecek iklim koşulları altında potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan farklı biyoklimatik değişkenler arasındaki korelasyon	21
Şekil 4.1. Mevcut iklim koşulları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye'ye taşınma riski ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarını tahmininde kullanılan MaxEnt modelin tahmin gücü	23
Şekil 4.2. Mevcut iklim koşulları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye'ye taşınma riski ile Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modele dahil edilen biyoklimatik değişkenlerinin modele katkısı ve permütasyon önemi	24
Şekil 4.3. Mevcut iklim koşulları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa (a) ve Türkiye'deki (b) potansiyel dağılım alanları	25
Şekil 4.4. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarını tahmininde kullanılan MaxEnt modelin tahmin gücü	27
Şekil 4.5. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modele dahil edilen biyoklimatik değişkenlerinin modele katkısı (a) ve permütasyon önemi (b)	28
Şekil 4.6. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye'deki potansiyel dağılım alanları	29
Şekil 4.7. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa'daki potansiyel dağılım alanları	30
Şekil 4.8. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki farklı habitat kategorilerindeki değişimi	33
Şekil 4.9. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki genel habitat değişimi	34
Şekil 4.10. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarını tahmininde kullanılan MaxEnt modelin tahmin gücü	35
Şekil 4.11. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modele dahil edilen biyoklimatik değişkenlerinin modele katkısı (a) ve permütasyon önemi (b)	36
Şekil 4.12. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye'deki potansiyel dağılım alanları	37
Şekil 4.13. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa'daki potansiyel dağılım alanları	38
Şekil 4.14. 2041-2060 dönem için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki farklı habitat kategorilerindeki değişimi	41
Şekil 4.15. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki genel habitat değişimi	42
Şekil 4.16. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarını tahmininde kullanılan MaxEnt modelin tahmin gücü	43
Şekil 4.17. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modele dahil edilen biyoklimatik değişkenlerinin modele katkısı (a) ve permütasyon önemi (b)	44
Şekil 4.18. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 (a) ve SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye'deki potansiyel dağılım alanları	45
Şekil 4.19. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 (a) ve SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa'daki potansiyel dağılım alanları	46
Şekil 4.20. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki farklı habitat kategorilerindeki değişimi	49

Şekil 4.21. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki genel habitat değişimi	50
Şekil 4.22. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 (a) ve SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarını tahmininde kullanılan MaxEnt modelin tahmin gücü	51
Şekil 4.23. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modele dahil edilen biyoklimatik değişkenlerinin modele katkısı (a) ve permütasyon önemi (b)	52
Şekil 4.24. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 (a) ve SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Türkiye'deki potansiyel dağılım alanları	53
Şekil 4.25. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 (a) ve SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa'daki potansiyel dağılım alanları	54
Şekil 4.26. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki farklı habitat kategorilerindeki değişimi	58
Şekil 4.27. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'deki genel habitat değişimi	59



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Model kalibrasyonunda kullanılmış iklim parametreleri, bunların tam isimleri ve kısaltmaları.....	17
Çizelge 3.2. IPCC Altıncı Değerlendirme Raporu'nda Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar iklim değişikliği senaryoları	18
Çizelge 3.3. Aşırı uyumu önlemek için MaxEnt modelini optimize etmek amacıyla kullanılan farklı korelasyon sınıfları ve düzeltme çarpan kombinasyonlarının AUC ve delta.AICc değerleri.....	20
Çizelge 4.1. Mevcut iklim koşulları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki hesaplanan dağılım alanları.....	26
Çizelge 4.2. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki hesaplanan dağılım alanları.....	31
Çizelge 4.3. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki değişimi	34
Çizelge 4.4. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki hesaplanan dağılım alanları.....	39
Çizelge 4.5. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki değişimi	42
Çizelge 4.6. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki hesaplanan dağılım alanları.....	47
Çizelge 4.7. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki değişimi	50
Çizelge 4.8. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki hesaplanan dağılım alanları.....	56
Çizelge 4.9. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında <i>Ambrosia trifida</i> 'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki değişimi	59

1. GİRİŞ

İnsan faaliyetleri sonucunda doğal yayılım alanlarının ötesine taşınan yabancı istilacı türler, yeni habitatlara yayıldıkça olumsuz ekolojik ve ekonomik sorunlara yol açabilmektedir (Diagne ve ark., 2021). Bu türler, ekosistem hizmetlerini bozarak (Walsh ve ark., 2016), doğal popülasyonları olumsuz etkileyerek (Dorcas ve ark., 2012; Tsirintanis ve ark., 2022) ve yerli türleri önemli ölçüde tehdit ederek nesillerinin yok olma riskini artırmaktadır (Blackburn ve ark., 2019; Strona ve Bradshaw, 2022). İnsan baskısıyla ortaya çıkan ve bazen altıncı kitlesel yok oluş olarak kabul edilen küresel bir biyolojik çeşitlilik krizi olduğuna dair ikna edici kanıtlar bulunmaktadır (Barnosky ve ark., 2011; Bongaarts, 2019; Dirzo ve ark., 2014; Roy ve ark., 2023; Sankaran ve ark., 2023; Seebens ve ark., 2023). Habitat değişikliği, sömürü düzeyinde aşırı kullanım, kirlilik, istilacı türler ve iklim değişikliği gibi baskılar artarak devam etmekte ve hepsi birlikte küresel değişim olarak tanımlanmaktadır (Brook ve ark., 2008; Butchart ve ark., 2010; Sage, 2020).

İstilacı yabancı türler (İYT), küresel ölçekte biyolojik çeşitlilik kaybının önde gelen nedenlerinden biridir (Bongaarts, 2019; Díaz ve ark., 2019; Mainka ve Howard, 2010; Roy ve ark., 2023). Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, İYT'leri biyolojik çeşitliliği tehdit edecek şekilde doğal habitatlarının veya mevcut dağılım alanlarının ötesine taşınan ve/veya yayılan türler olarak tanımlar (CBD, 2010a, 2010b). Biyoçeşitlilik ve Ekosistem Hizmetleri Üzerine Hükümetler arası Bilim-Politika Platformu (IPBES)'göre ise doğal geçmiş veya mevcut dağılım alanının dışına taşınması ve yayılması ile biyoçeşitliliği tehdit eden türleri İYT olarak tanımlanmaktadır (IPBES 2023). Dolayısıyla, insan faaliyetleri tarafından doğal dağılım alanlarının dışına taşınan ve/veya yayılan türler, biyoçeşitliliği, gıda güvenliğini ve insan sağlığını ve refahını tehdit eden türleri İYT olarak bilinmektedir (IPBES 2023). Biyolojik istilalar, küresel değişimin önemli etkenlerinden biri olarak kabul edilmekte, ekosistem işlevleri ve yerli türler üzerinde olumsuz etkileri yaratmakta ve önemli ekonomik kayıpların neden olmaktadır (Pimentel ve ark., 2005; Riera ve ark., 2021; Vilà ve ark., 2010). İnsanların kıtalar arasında artan seyahat hareketliliği ve uluslararası ticaret sistemi, istilacı yabancı türlerin dünya genelinde hareket etme ve yayılma olasılığını artırmıştır (Hulme, 2021). Bunlar genellikle kedi köpek gibi evcil hayvanlar, büyük ve küçükbaş hayvanlar, tohum, fide ve fidan gibi tarım ve orman ürünleri gibi ticari

mallar ve biyolojik materyallerle taşınmaktadır (Chapman ve ark., 2017; McNeely, 2009). İYT'ler, sahip oldukları üstün karakteristik özellikleri sayesinde, besin kaynaklarına ulaşma açısından yerel türlerden üstün olduklarında, yerli türlerden önce yerleşebilir veya taşıdıkları hastalıkları yerli türlere aktararak yerel tür çeşitliliğini azaltabilmektedir. İYT'ler, popülasyonlarını artırıp yeni ortamlara yayıldıkça besin döngüsünü değiştirmek gibi büyük ekosistem değişikliklerine neden olabilmektedir (Bradshaw ve ark., 2016; Roy ve ark., 2023). Bu yönüyle, İYT'lerin yerel biyoçeşitliliği ve ilgili ekosistem hizmetlerinin korunmasını tehdit ettiği konusunda küresel düzeyde artan bir endişe söz konusudur.

İklim değişikliği ve İYT'ler giderek artan küresel tehditleri olarak bilinmekte ve her ikisinin de doğal çevre, ekosistem hizmetleri ve insan sağlığı üzerinde önemli olumsuz etkilere yol açtığı bilinmektedir (Early ve ark., 2016; Hulme, 2017; Kumar Rai ve Singh, 2020; Pyšek ve ark., 2020). İstilacı yabancı bitkiler (İYB'ler), İYT'ler içerisinde en tehlikeli grubunu temsil etmekte ve araştırmaların odak noktası olmaktadır (Downey ve Richardson, 2016). İYB'ler, yerel biyoçeşitliliği, tarım, sanayi ve insan sağlığı üzerinde ciddi tehditler bulunmaktadır (Bartz ve Kowarik, 2019; Jones, 2019). Örneğin, Birleşmiş Milletler Küresel Biyoçeşitlilik ve Ekosistem Hizmetleri Değerlendirme Raporu'na göre, İYB'ler biyoçeşitlilik kaybının önemli bir nedenidir (Bongaarts, 2019). İYB'lere ait polenler, alerjik tepkilere yol açarak rinit (saman nezlesi) ve astım gibi hastalıklara neden olduğunda potansiyel bir küresel halk sağlığı tehdidi oluşturmaktadır (Cvitanović ve ark., 2007; Plaza ve ark., 2018). Kısacası, İYB'ler küresel çevre ve insan sağlığı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Şu anda küresel ısınma ve ekonomik krizler, İYB'lerin küresel düzeydeki istilasını artırmaktadır (Haubrock ve ark., 2021; Richardson ve Pyšek, 2008).

Biyolojik istilaların büyük çevresel, tarımsal, sağlık ve sosyoekonomik etkilere yol açmasına rağmen, bu istilalarla ilgili toplumsal farkındalık maalesef düşük düzeyde kalmıştır (Courchamp ve ark., 2017; Turbelin ve ark., 2023). Nitekim, biyolojik istilalardan kaynaklanan zararların yüksek olduğu gösterilmiş olmasına rağmen, toplumsal kaygı, karar vericiler tarafından yeterli yönetim yatırımını gerektirecek düzeyde gerçekleşmemiştir. Sel, deprem ve kontrol edilemeyen yangınlar gibi doğal afetleri hafifletme veya uyum sağlama konusunda önemli miktarda toplumsal ilgi ve yatırım söz konusu olmasına rağmen, biyolojik istilalar konusundaki

endişe ve farkındalık eksikliği dikkat çekicidir. Nitekim, biyolojik istilalar ve doğal afetler, oluşum ve etki dinamikleri, tahmin ve kontrol zorluğu gibi dikkate değer benzerliklere sahip olgulardır (Ricciardi ve ark., 2011).

Biyolojik istilaların küresel yıllık maliyetleri 423 milyar doların üzerinde olduğu ve bu maliyetin %92'si İYT'lerin olumsuz etkilerinden kaynaklanırken, sadece %8'i yönetim harcamalarından oluşmaktadır (Roy ve ark., 2023). Türkiye'de yerli olmayan İYT'lerin toplam ekonomik maliyetleri 1960 ile 2022 yılları arasında 4.1 milyar dolar olduğu ortaya konulmuştur (Tarkan ve ark., 2024). Türkiye'de İYT'ler tarafından en çok etkilenen sektör tarım olarak bildirilmektedir. Nitekim Türkiye'de biyolojik istilaların en yüksek maliyetleri karasal ortamlar için tahmin edilmiş olup, bu maliyetlerin büyük bir kısmı İYT'lerin yönetimi için harcanmıştır. Ayrıca Türkiye'deki biyolojik istila maliyetlerinin önümüzdeki yirmi yıl içinde artması beklenmekte ve şu ana kadar bildirilen maliyetler, büyük veri eksiklikleri nedeniyle düşük kalmıştır (Tarkan ve ark., 2024). Bu nedenle, biyolojik istilacıların cazibe merkezlerinden biri olan Türkiye gibi ekosistemlerde, istilacı yabancı türlerin takibi ve yönetimi kaçınılmazdır.

İYT'lerin tahmin ve önlenmesi, böcek istilasını çözmeye yönelik en çok kabul gören ve övülen yaklaşım olmaya devam etmektedir. Kabul edilemez riskler oluşturan türleri veya bulaşma yollarını tahmin etmek ve bunların söz konusu alana girişini durdurmak, istilacı türlerin girişini ve yayılmasını önlemenin en kolay yoludur (Venette ve Hutchison, 2021). Ancak bu strateji açık bir başarı ölçütü gerektirir. Herhangi bir bölgeye giriş yapan istilacı türlerin sayısı istikrarlı bir oranda artmaya devam ettikçe, her yeni saldırı, biyogüvenlik başarısızlığının kanıtı olarak kabul edilebilir (Pyšek ve ark., 2020). Küresel ticaret, İYT'lerin yayılmasını daha hızlı artırdığı için, biyogüvenlik çabalarının bir ölçüde etkili olduğunu (Venette ve Morey, 2019) ancak net bir başarı ölçüsü olmaktan uzak olduğunu göstermektedir (Saccaggi ve ark., 2016). Mekansal olarak açık zararlı risk değerlendirmesi, hem ithalat için izin verilebilirliği bildirmek ve sürvey programlarını yapılandırmak hem de bir türün nesli tükenmekte olan bir bölgeye ulaşması durumunda saldırı sonrası müdahaleleri yürütmek için biyogüvenlik çabalarının temel taşı olmaya devam edecektir (Venette ve ark., 2010). Bu değerlendirmeler genellikle bir türün istila etme ve/veya zarar verme olasılığının en yüksek olduğu yerleri tanımlar ve çoğunlukla zararlıların yerleşmesi için

gereken koşullara odaklanır. Biyolojik istilaları incelerken İklim değişikliğinin istilacı türler üzerindeki etkisini değerlendirmek, koruma önlemlerine öncelik vermek ve istilacı evrimsel biyolojiyi irdelemek için Tür Dağılım Modellerinin (TDM) kullanımı giderek artış göstermektedir (Zurell ve ark., 2020). TDM'ler, türlerin bilinen oluşumlarını çevresel değişkenlerle ilişkilendirir ve bir türün farklı coğrafyalardaki yer ve zaman içindeki potansiyel dağılımını tahmin eder (Hao ve ark., 2020). Günümüzde TDM'ler, bir türün iklimsel uygunluğuna dayalı olarak olası risk alanlarını tahmin ederek istila risk haritaları üretmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Liu ve ark., 2022). Bu haritalar erken tespit ve hızlı müdahale tedbirlerine rehberlik edebilir. Hedef türlerin dağılım verileri ile altta yatan çevresel koşullar arasındaki istatistiksel ilişkilere dayanan TDM'ler, biyolojik istilaların mekânsal modellerini tahmin etmek ve istila salgınlarının erken tespiti ve kontrolü için risk altındaki bölgelere öncelik vermek için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Liu ve ark., 2022; Václavík ve Meentemeyer, 2009).

Ambrosia L. (Asteraceae) cinsi 40'tan fazla türü içermektedir. Amerika'ya özgü olan bu türler, 19. yüzyıldan bu yana birçok ülkeye yayılmıştır (Makra ve ark., 2015). Bugüne kadar *Ambrosia* istilasını dünya genelinde farklı bölgelerde rapor edilmiştir (Montagnani ve ark., 2017). *Ambrosia* türleri, dünya genelindeki en sorunlu istilacı yabancı ot gruplarından birini temsil etmektedir (Montagnani ve ark., 2017). Özellikle, *Ambrosia artemisiifolia* L., *A. psilostachya* DC. ve *A. trifida* L., diğer *Ambrosia* türlerinden daha büyük alanlara yayılmış ve daha şiddetli olumsuz etkilere yol açmıştır. Bu üç *Ambrosia* türü arasında, bitki gelişim aşamalarında *A. artemisiifolia* zayıf bir rekabetçi olarak tanımlanmıştır (Gentili ve ark., 2015). *Ambrosia psilostachya* çayırların üstün bir rekabetçisi değildir ve sadece bozulmamış ve sağlıklı otlaklarda bulunur (Vermeire ve ark., 2005). *Ambrosia trifida*, yeni bölgelerdeki istilasıyla yerli bitkilerin büyümesini önemli ölçüde engelleyerek biyoçeşitliliğin kaybına ve ekosistem sürdürülebilirliğini daha fazla etkilenmesine neden olmaktadır (Regnier ve ark., 2016).

Ambrosia trifida Kuzey Amerika kökenli olup 19. yüzyılın sonlarında Avrupa ve Asya'ya taşınmıştır. Doğal yayılış alanında, akarsu kenarları ve ruderal habitatlarda (yol veya yol kenarlarında) yaygın olarak bulunmakta ve aynı zamanda tek yıllık tarım sistemlerinde önemli bir yabancı ot olarak görülmektedir. *A. trifida*, ABD'de yaklaşık

bir asırdır yüksek polen alerjisi nedeniyle önemli bir endişe kaynağı olmuş ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla kontrol önlemleri araştırılmaktadır. Kuzey Amerika ve diğer bölgelerdeki *A. trifida*'nın dağılımına dayanarak, dünya genelindeki akarsu sistemlerinin istilaya karşı özellikle hassas olabileceği ve bu bölgelerdeki biyoçeşitlilik için potansiyel olumsuz sonuçlar doğurabileceği düşünülmektedir. Şu anda *A. trifida*'nın Asya'da, Avrupa'ya kıyasla daha geniş bir alanı istila ettiği gözlemlenmiştir (Chauvel ve ark., 2021). Asya'daki uygun iklim koşullarının bitki istilasının daha geniş alanlara yayılmasına sebep olduğu bilinmektedir. İstila altındaki bölgelerde, *A. trifida* sınırlı sayıda omurgasız ve patojen türü yayılmasına sebep olup, kontrolü için sadece birkaç biyolojik mücadele ajanları bulunmaktadır (Chauvel ve ark., 2021). *A. trifida*'nın küresel düzeydeki başlıca etkileri, tarım verimliliği ve insan sağlığı üzerinde olup, önemli sosyo-ekonomik etkilere neden olmaktadır. *A. trifida*, tarım alanlarında etkili bir şekilde kontrol edilebilse de çoğunlukla yayılım gösterdiği doğal akarsu habitatlarındaki kontrol zorlukları nedeniyle büyük bir endişe kaynağı olmuştur. Nitekim, *A. trifida*'nın taşındığı bölgelerdeki istila başarısının nedenleri net olarak bilinmemekle birlikte, iklim değişikliğinin yayılma potansiyelini artırabileceği tahmin edilmektedir (Chauvel ve ark., 2021).

Dünya birçok kıtasında istilacı yabancı ot olarak kabul edilen *A. trifida* ülkemizden henüz rapor edilmemiştir. Bu durum göz önünde bulundurarak, mevcut çalışma, istilacı bir tür olan *A. trifida*'nın Türkiye'ye taşıma riski belirleyerek, başta karantina tedbirleri olmak üzere gerekli önlemlerin alınması için kamuoyunun uyarılmasına katkı sağlayacaktır.

Yukarıda açıklanan çerçeveden hareketle, doğal bitki örtüsünü tehdit eden ve dünyanın önemli istilacı yabancı ot türleri arasında yer alan *A. trifida* türünün;

- i) Ülkemize taşınma riskinin belirlenmesi,
- ii) Dağılım üzerine etki eden iklime ve diğer parametrelerin belirlenmesi,
- iii) Yayılma eğilim ve yönünün tespit edilmesi,
- iv) İklim değişikliğine bağlı olarak potansiyel dağılım haritalarının oluşturulması ve farklı senaryolar altında, iklim değişikliği de dikkate alınarak ülkemizde

gelecekteki yayılma alanlarının belirlenmesine yönelik tahmin haritalarının hazırlanması temel amaçlar yer almaktadır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İklim değişikliği ve istilacı yabancı türler (İYT'ler) giderek kötüleşen küresel tehditler olarak bilinmekte ve her ikisi de doğal çevre, ekosistem hizmetleri ve insan sağlığı üzerinde önemli olumsuz etkilere yol açmaktadır (Early ve ark., 2016; Hulme, 2017; Kumar Rai ve Singh, 2020; Pyšek ve ark., 2020). İstilacı yabancı bitkiler (İYB'ler), İYT'ler içerisinde en fazla çalışılan grubunu temsil etmekte ve araştırmaların odak noktası oluşturmaktadır (Downey ve Richardson, 2016). İYB'ler yerel biyoçeşitliliği, tarım, sanayi ve insan sağlığın üzerine önemli ölçüde tehdit etmektedir (Bartz ve Kowarik, 2019; Jones, 2019). Örneğin, Birleşmiş Milletler Küresel Biyoçeşitlilik ve Ekosistem Hizmetleri Değerlendirme Raporu'na göre, İYB'ler biyoçeşitlilik kaybının önemli bir nedenidir (Bongaarts, 2019). İYB polenleri, alerjik tepkilere yol açabilir; bunlar arasında rinit (saman nezlesi) ve astım bulunmakta olup, potansiyel bir küresel halk sağlığı tehdidi oluşturmaktadır (Cvitanović ve ark., 2007; Plaza ve ark., 2018). Kısacası, İYB'ler küresel çevre ve insan sağlığı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir.

İnsan aracılı küresel ticaret entegrasyonu, (Kueffer, 2017) tarafından belirtildiği üzere, İYB'lerin giderek artan bir ivmeyle engelleri aşarak yayılmasına neden olmuştur. Ayrıca, iklim değişikliği doğal çevreyi İYB'lere karşı daha savunmasız hale getirerek stres faktörlerini artırmış ve küresel düzeyde biyolojik istila riskini artırmıştır (Flory ve ark., 2022). İYB'ler, iklim değişikliği, antropojenik bozulmalar ve uluslararası hareketlilik (ticaret ve turizm) gibi nedenlerle giderek yaygınlaşmakta ve taşındıkları bölgelerde biyolojik çeşitliliği, tarımı ve insan sağlığını ciddi şekilde tehdit etmektedir. Bu nedenle, İYB'lere karşı erken uyarı, önleme ve kontrol stratejilerinin geliştirilmesi son derece önemlidir. Küresel ısınmanın hızla artması istilacı yabancı bitki türlerin dağılımını önemli ölçüde etkilemektedir (Lu ve ark., 2013; Turbelin ve Catford, 2021). *Ambrosia* türleri gibi istilacı türlerin potansiyel coğrafi dağılımlarının, iklim değişikliği altında daha da genişlemesi beklenmektedir (Kueffer, 2017). Avrupa'da, *A. artemisiifolia*, *A. psilostachya* ve *A. trifida*'nın gelecekteki potansiyel dağılımlarının genişlemesi öngörülmektedir (Rasmussen ve ark., 2017). Ayrıca, bazı çalışmaları, iklim değişikliği altında *A. artemisiifolia*'nın ABD'nin doğu kesimlerinde potansiyel dağılım alanların daha da genişleyeceğini göstermiştir (Case ve Stinson, 2018). Kuzey Çin'de ise *A. artemisiifolia* ve *A.*

trifida'nın coğrafi dağılımı iklim değişikliği altında genişlemeye devam edebileceği gözlemlenmiştir (Qin ve ark., 2014).

Tür dağılım modelleri (TDM'ler), türlerin dağılım kayıtları ve çevresel verilerini kullanarak belirli bir algoritma doğrultusunda coğrafi harita bilgileri ile birleştirir ve türlerin yaşam alanı tercih derecesini olasılık şeklinde yansıtarak türlerin nişini belirler. Bu modeller, türlerin potansiyel ve gelecekteki uygun dağılım alanlarını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Tür dağılım modellerinin gelişimi, BIOCLIM modellerinin geliştirilmesi ve uygulanması ile başlamış olup, sonraki 20 yıl içinde HABITAT, DOMAIN, ekolojik niş faktör analizi (ENFA), MaxEnt, genelleştirilmiş lineer model (GLM), genelleştirilmiş additif model (GAM), sınıflandırma ve regresyon ağacı (CART), artırılmış regresyon ağacı (BRT), yapay sinir ağı (ANN) gibi AI tabanlı niş modelleri ortaya çıkmıştır (Xu ve ark., 2015). Son yıllarda, tür dağılım modelleri koruma biyolojisi (Thakur ve ark., 2023) ve istila biyolojisinde (Michalová ve ark., 2024) geniş ölçüde kullanılmaktadır. Bu modeller, nesli tehlikede olan hayvan ve bitkilerin korunması ile istilacı türlerin önlenmesi ve kontrolü için bilimsel temel ve teorik rehberlik sağlar, biyoçeşitlilik ve ekosistem istikrarına katkı sağlamaktadır. Tür dağılım modellemesinde en popüler ve en iyi performans gösteren model olarak kanıtlanmış olan MaxEnt, bu alanda sıkça kullanılmaktadır (Tu ve ark., 2022). Elith ve ark. (2011) dünyanın altı farklı bölgesinde 226 türün mekansal dağılımını simüle etmiş ve ölçülen örnek verilerine dayalı olarak çoklu tür dağılım modellerinin tahmin sonuçlarını değerlendirmişlerdir: MaxEnt modelinin iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır. MaxEnt modeli, sadece tür dağılım verileri ve çevresel veriler temel alınarak türlerin potansiyel ve gelecekteki uygun dağılım alanlarını bilimsel olarak tahmin edebilir ve tür dağılım verileri az olsa bile iyi tahmin sonuçları elde edebilir. Şu anda MaxEnt, Çin'de eğrelti otu istilasası (Qin ve Li, 2023), Avrupa'da *A. trifida* istilasası (Anibaba ve ark., 2022) ve Çin'de ise uygun bölgelerindeki bileşik istilacı bitkiler gibi istilacı yabancı bitkilerin potansiyel nişini tahmin etmek için geniş bir şekilde kullanılmaktadır.

Ambrosia trifida Avrupa ve Asya'daki birçok ülkede bulunan Kuzey Amerika kökenli tek yıllık bir bitkidir (Montagnani ve ark., 2017). Bitkinin temel yayılımı tohum veya tarımsal ekipmanlara bulaşarak yayılmaktadır. Bitki, özellikle tahrip edilmiş alanlara kolayca yerleşmekte ve genellikle erken ilkbaharda ortaya

çıkılmaktadır. Bitki, erkenden çimlenmesiyle rekabet avantajına sahip olduğunda, tüm büyüme mevsimi boyunca baskın bir tür olmaktadır (Page ve Nurse, 2015; Regnier ve ark., 2016; Schaffner ve ark., 2020). Bu nedenle *A. trifida* Bu nedenle, tarım ve bahçe bitkilerinin verimini önemli ölçüde azaltmaktadır. *Ambrosia* cinsinin birçok türünde olduğu gibi, *A. trifida* da alerjik rinit, ateş veya dermatite neden olabilen polenler üretir. Ayrıca *A. trifida*'nın son derece rekabetçi bir tür olması nedeniyle doğal biyoçeşitliliği de etkileyebilmektedir. *A. trifida*, ABD'nin Kaliforniya, Delaware, Illinois ve New Jersey eyaletlerinde doğal habitatlarında zararlı bir yabancı ot olarak ilan edilmiştir. Polonya ve Rusya'da ise bu tür karantina listesine alınmıştır (Golovanov ve ark., 2018). *A. trifida* nemli topraklar, çorak araziler, tarım alanları (tarla bitkileri, bahçe bitkiler vb), nadas alanlar, hendekler, yol kenarları, tarla kenarları, döküntü alanlar gibi vasfı değiştirmiş bozuk alanlar en yaygın olarak görülmektedir (Uva ve ark., 1997). Ayrıca nehir kıyılarını, meraları ve otlakları da istila etmektedir (Abul-Fatih ve Bazzaz, 1979; Megyeri, 2011). Ancak *A. trifida* sel veya taşkınların olduğu ovalarında yaygın olurken az yağış alan bölgelerde nadir görülmektedir.

Ambrosia trifida'nın yayılma ihtimali tohumların tarımsal ekipmanlarla (yerel olarak) taşınması ve ürün tohumlara karışma olasılığı oldukça yüksektir. *Ambrosia trifida* birçok alanda zararlı bir yabancı ot olarak kabul edilmektedir. *Ambrosia trifida* istilacı yabancı otlar grubunda yer almakta ve istila ettiği alanlarda yerli flora ve bitkisel üretimde büyük zararlar vermektedir (Chauvel ve ark., 2015; Follak ve ark., 2013; Gudzinskas, 1993). Bitki Kuzey Amerika kökenli olup Avrupa'nın birçok yerine yayılmıştır. Sırbistan'da şu anda ülkenin kuzey bölgesi olan Bačka'da yerel olarak bulunmaktadır (Chauvel ve ark., 2022). Erken ve hızlı büyüme hızı, vegetatif ve generatif üretimi, yüksek derecede morfolojik ve üreme esnekliği gibi diğer birçok yabancı ot türüne karşı rekabet avantajı sağlamıştır. Bu nedenle birçok ülkede tarımsal üretimde en sorunlu yabancı otlardan biri olarak kabul edilmektedir. *A. trifida*, kök ürünlerinde, sebze bahçelerinde ve meyve bahçelerinde büyük zararlar vermekte ve yerli ve diğer yabancı türleri baskılayarak biyoçeşitliliğe olumsuz etki oluşturmaktadır. Ayrıca alerji özelliğiyle, insan sağlığına zarar vermektedir (Chauvel ve ark., 2022). Bununla birlikte, son araştırmalar, bitki örtüsü ve iklim değişikliğini göz önünde bulundurarak, *A. trifida*'nın Avrupa'da yüksek yayılma potansiyeline tahmin

edilmektedir. Bu da özellikle tarım ekosistemi açısından ciddi bir risk oluşturabileceği öngörülmektedir. Zira 2019 yılında, karantina zararlıları olarak önerilen EPPO A2 Listesine eklenmiştir (Chauvel ve ark., 2022). *A. trifida*'nın mücadelesinde mekanik, biyolojik ve kimyasal uygulamalar kullanılarak kontrol altına alınabileceği belirtilmiştir (Savić, 2021).

A. trifida Rusya'daki Trans-Volga (Samara Bölgesi ve Tataristan'ın güneyi), Cis-Ural bölgesi (Orenburg Bölgesi, Başkurdistan), Volga Öncesi bölgesi (Saratov Bölgesi'nin batısında), Khopyorsko-Buzulukskaya Ovası (Volgograd Bölgesi'nin kuzeybatısı), Oka-Don üzlüklerinin güneybatısında ve Kalach Yaylası (Voronezh Bölgesi'nin merkezi ve doğusunda) bölgelerinde en yoğun olarak görülmektedir. Enklavlar Bryansk ve Vladimir Bölgelerinin yanı sıra Kazan ve Ufa şehirlerinde de yerleşmiş popülasyonlar tespit edilmiştir. *A. trifida* Rusya'da güney, kuzey ve batıdaki ekolojik dağılım sınırlarına ulaşmamıştır; bu nedenle, türün gelecekte Rusya'nın Avrupa'nın büyük bir kısmına yayılması beklenmektedir (Afonin ve ark., 2022). Bitki, Rusya'da 300 bin hektarın üzerinde ayçiçeği ekim alanlarına sahip Voronezh, Tambov, Volgograd, Rostov, Orenburg, Samara, Saratov, Krasnodar ve Altay Krai bölgelerinde yoğun olarak görülmektedir. *A. trifida* Rusya'da yaygın olarak bulunması ve Türkiye'nin en önemli tohum ithalatı yapan ülke olmasına rağmen ülkemizde kaydedilmemiştir.

Tür dağılım modelleri, hedef türlerin yeni yerleşim yerlerine gelmeden önce giriş riskinin ve yayılmasının tahmin edilmesini sağlamaktadır. Giriş riskinin öngörülmesi, karantina tedbirleri ve mücadele stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. *A. trifida*'nın giriş ve yayılma riski Türkiye için yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışma, değişen iklim koşullarında Türkiye'de *A. trifida*'nın giriş ve yayılma riskini açıklayan ilk çalışmadır.

Türlerin çevresel gereksinimlerinin modellenmesi ve bunların farklı bölgelere zaman içindeki dağılımlarının haritalanması, özellikle karantina önlemleri, koruma ve eradikasyon (yok etme) müdahalelerine yardımcı olmak açısından çeşitli biyolojik analizlerin önemli bileşenleridir (Franklin ve Miller, 2010). TDM'ler, türlerin çevresel nişlerinin, türlerin coğrafi dağılımlarını sınırlayan sınırlı iklim toleransları içerdiği önermesine dayanmaktadır (Guisan ve ark., 2017). Ayrıca TDM'ler, birçok tür

üzerinde beklenen iklim değişikliği etkilerinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanınmaktadır. Ancak, çoğu zaman diğer stres faktörlerinin açık etkilerini veya yerel uyum kapasitesini göz ardı eder. Çünkü mevcut tür dağılımları ile iklim koşulları arasındaki korelasyonların dengede olduğu varsayılmaktadır.

Tür dağılımları dinamik olup habitat ve biyotik etkileşimleri yansıtmaktadırlar. Nitekim, türlerin gelecekteki dağılımları, iklim değişikliğine verdikleri tepkileri yönlendiren mekanizmalara bağlı olacaktır (Evans ve ark., 2015). Günümüzde TDM'ler, küresel iklim değişiminin biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerini tahmin etmek için en yaygın kullanılan modelleme aracını sunmaktadır (Ehrlén ve Morris, 2015). TDM'ler tipik olarak tür dağılımları ve iklime ilişkin mekânsal ve zamansal çözünürlüklerden elde edilen veriler kullanılır (Potter ve ark., 2013). TDM'ler, türlerin popülasyonlarının ve meta popülasyonlarının nerede devam edebileceğine dair yararlı tahminler sunmaktadır (Elith ve Leathwick, 2009). Örneğin tür dağılımlarında gözlemlenen değişiklikler, iklimin bazı türlerin bölgesel yok oluşlarını ve kolonileşmelerini nasıl etkilediğini test etmek için doğal deneyler olarak kullanılabilir. TDM'ler, iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerini değerlendirmek (Araújo ve ark., 2019) ile mevcut ve gelecekteki iklim koşulları altında tür dağılımlarını değerlendirmek (Thomas ve ark., 2004) için en yaygın kullanılan araçlardır.

Birçok TDM çalışması, iklim senaryoları kapsamında tahminlerde bulunmaya çalışmıştır; örneğin, türlerin potansiyel alan kaybı açısından iklim değişikliğine karşı hassasiyetini değerlendirmek (Martín-Vélez ve Abellán, 2022), Farklı IUCN (The International Union for Conservation of Nature - Uluslararası Doğayı Koruma Birliği) Kırmızı Listesindeki türler için mevsimsel menzil kaybındaki farklılıkları analiz etmek (Yates ve ark., 2018) veya iklimle ilişkili olarak yayılmanın veya yerel adaptasyonun yok olma riski üzerindeki zıt etkilerini (Thuiller ve ark., 2006) test etmek TDM'lerin kapsama alanı içerisindedir.

Ma ve ark. (2020) *A. trifida*'nın Xinjiang'daki potansiyel dağılım alanları mevcut iklim ve 2050'ler ile 2070'lerdeki iklim altında iki iklim değişikliği senaryosu (RCP 4.5 ve RCP 8.5) kullanılarak Maxent niş modeli ile tahmin etmişlerdir. Sonuçlar, bitkinin Xinjiang'daki uygun habitat alanının mevcut iklim koşulları altında 24.01×10^4

km²'ye kadar artabileceğini, bu da Xinjiang'ın toplam alanının %14'üne tekabül ettiğini göstermiştir. RCP 4.5 senaryosuna göre, uygun habitat alanının 2050'lerde 37.36×10^4 km² ve 2070'lerde 39.23×10^4 km²'ye kadar artabileceği tahmin edilmiştir. RCP8.5 senaryosuna göre ise, uygun habitat alanının 2050'lerde 39.45×10^4 km² ve 2070'lerde 42.94×10^4 km²'ye kadar artabileceği tahmin edilmiştir. Her iki senaryoya görede türün gelecekte potansiyel dağılım alanının artma eğiliminde olduğu ve kuzeye doğru kayma göstereceği belirlenmiştir. Ayrıca, modellemeye göre, tüm çevresel faktörler arasında yağış ve sıcaklık, dağılıma en büyük katkıyı sağlamış olup, sırasıyla toplam katkı oranları %40.1 ve %56.0 olarak hesaplanmıştır.

Chen ve ark. (2024) *A. trifida*'nın 106 koordinatı ve 14 iklim parametresi kullanarak optimize edilmiş MaxEnt modeli kullanılarak, bitkinin Kuzeydoğu Çin'de gelecekteki üç farklı iklim senaryosu (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5) altında potansiyel dağılım alanları (2050, 2070 yılları için) tahmin etmişlerdir. Genel olarak, Kuzeydoğu Çin'de *A. trifida*'nın uygun alanının gelecekte giderek genişlemesi beklenmektedir; bu genişleme, yüksek derecede uygun alanların emisyon yoğunluğunun artmasıyla birlikte daha da artacaktır. Bu durum, *A. trifida*'nın kontrolü açısından olumsuz bir etki yaratacağı rapor edilmiştir. Xian ve ark. (2023) çevresel ve tür varlık verilerine dayalı ensemble model kullanarak *A. artemisiifolia*, *A. psilostachya* ve *A. trifida*'nın potansiyel coğrafi dağılımını, örtüşen coğrafi dağılım alanlarını ve ekolojik niş dinamiklerini tahmin etmişlerdir. Çalışmaya dahil edilen üç *Ambrosia* türünün potansiyel coğrafi dağılımı ve örtüşen coğrafi dağılım alanları başlıca Asya, Kuzey Amerika ve Avrupa'da olduğunu ve bu alanların 2050'lerde dört temsilci konsantrasyon yolu altında artacağı tahmin edilmiştir. Üç *Ambrosia* türünün potansiyel coğrafi dağılım merkezleri, mevcut zamandan 2050'lere doğru kutuplara doğru bir eğilim göstereceği öngörülmektedir. Bu desenleri şekillendirmede biyoiklimatik değişkenler ve insan etkisi indeksi diğer faktörlere göre daha belirleyici bulunmuştur. Kısacası, iklim değişikliği üç *Ambrosia* türünün coğrafi dağılımının genişlemesini ve örtüşen coğrafi dağılım alanlarını kolaylaştırmıştır. Antropojen çağında, bu türlerin dünya genelindeki genişlemesinin doğal çevre ve halk sağlığı üzerindeki gelecekteki etkilerini hafifletmek için ekolojik dostu yönetim ve uluslararası yönetim stratejileri gerekmektedir.

Qin ve ark. (2014) MaxEnt modeli kullanarak, Kuzey Amerika, Kuzey ve Güneybatı Avrupa'dan elde edilen varlık verileri temelinde *A. artemisiifolia* ve *A. trifida* türleri için modeller geliştirmişlerdir. Bu modeller, Çin'de hedef türlerin potansiyel dağılım alanlarının tahmininde kullanılmıştır. Gelecekteki iklim değişikliği senaryoları altında yapılan potansiyel dağılım projeksiyonları, *A. artemisiifolia* dağılımında uygun alanın ortalama %2.21'i ve habitat kazancının %1.49'u olarak öngörmüştür. Bu genişleme, Çin'in güneydoğu kıyı bölgelerinde, kuzey Tayvan'da ve kuzey Çin'de Beijing–Tianjin–Tangshan bölgesinde çevresel olarak uygun yerlere doğru genişlemeyi içermektedir. *A. trifida* için gelecekte tahmin edilen uygun alan yüzdesi %0.03 ve çok sınırlı bir uygun habitat kazancı <1% olmasına rağmen bu türün kuzey Çin'de yayılma potansiyeli olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, bu türlerin yönetim önceliklerinin *A. artemisiifolia*'ya odaklanması gerektiğini, *A. trifida* için etkili kontrol stratejilerinin, bu türün Çin'deki nispeten az sayıdaki bol bulunduğu bölgelere yönelmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Rasmussen ve ark. (2017) iklim değişikliğinin Avrupa'daki üç alerjen sarmaşık türü (*A. artemisiifolia*, *A. psilostachya* ve *A. trifida*) dağılımı üzerindeki etkilerini tahmin etmişlerdir. MaxEnt modeli kullanarak gelecekteki habitat uygunluğu IPCC iklim değişikliği senaryoları (RCP 6.0 ve RCP 8.5) altında modellenmiştir. Tahminlere göre, 2100 yılına kadar tüm iklim senaryoları altında üç türünün dağılım alanı Kuzey ve Doğu Avrupa'ya doğru genişleyebileceğini öngörmüştür. Model, en uygun alanları çoğunlukla Danimarka, Fransa, Almanya, Rusya ve Baltık ülkelerinde olacağı tahmin edilmiştir. Sonuç olarak, Avrupa'da Ambrosia türlerinden kaynaklanan alerji sorunlarına maruz kalan alanların 2100 yılına kadar önemli ölçüde artması beklemekte ve bu durum milyonlarca insanı etkileyebilir. Bu durum, hedef türlerin yaygınlaşmasıyla tohumlarının yayılmasını sınırlayan ve yeni popülasyonların kurulmasını engelleyen yönetim stratejilerine ihtiyaç duyulduğunu vurgulamaktadır.

Dong ve ark. (2020) Çin'in Xinjiang bölgesinde bulunan Yili Vadisi'nde 2010 ile 2017 yılları arasında *A. artemisiifolia* ve *A. trifida*'nın dağılım ve popülasyon yoğunluğu araştırmışlardır. Çalışmada, her iki türün tarım alanları, yol kenarları ve çayır alanlarındaki biyolojik özellikleri, toprak sıcaklığı, nem, su koşulları ve eşlik eden diğer yabancı türler incelenmiştir. Yili Vadisi'nde *A. artemisiifolia* tarafından işgal edilen alanın, *A. trifida*'dan daha geniş olduğu gözlemlenmiştir; ancak sekiz yıl

sonra yapılan gözlemler, çayırarda *A. artemisiifolia*'nın bolluğunun *A. trifida*'dan daha az olduğunu belirlenmiştir. Ayrıca, *A. trifida* çayırarda diğer bitki türlerine göre daha büyük interspesifik rekabet yeteneğine sahip olduğu tespit edilmiştir. *A. trifida*'nın tohum boyutu ve ağırlığı, *A. artemisiifolia*'nın kininde beş katı veya sekiz katı olarak hesaplanmıştır. Yıllık yağışın 840 mm ve 280 mm olduğu simülasyon altında karşılaştırıldığında, *A. trifida*'nın m² başına tohum verimi 50185'ten 19'a düşerken, *A. artemisiifolia*'nın tohum verimi 15579'dan 530'a düşmüştür.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada, *Ambrosia trifida*'nın mevcut iklim koşulları altında Türkiye'ye taşınma riskini ve farklı CMIP6 iklim değişikliği senaryoları altında potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla yapılmıştır. Ayrıca, türün Avrupa'da mevcut ve gelecekteki iklim koşulları altındaki potansiyel dağılımı da tahmin edilmiştir. Türkiye'ye taşınma ve yayılma riski ile Avrupa'daki potansiyel dağılım alanları MaxEnt modeli kullanılarak tahmin edilmiştir.

3.1. Gereç

3.1.2. Maksimum Entropi Model

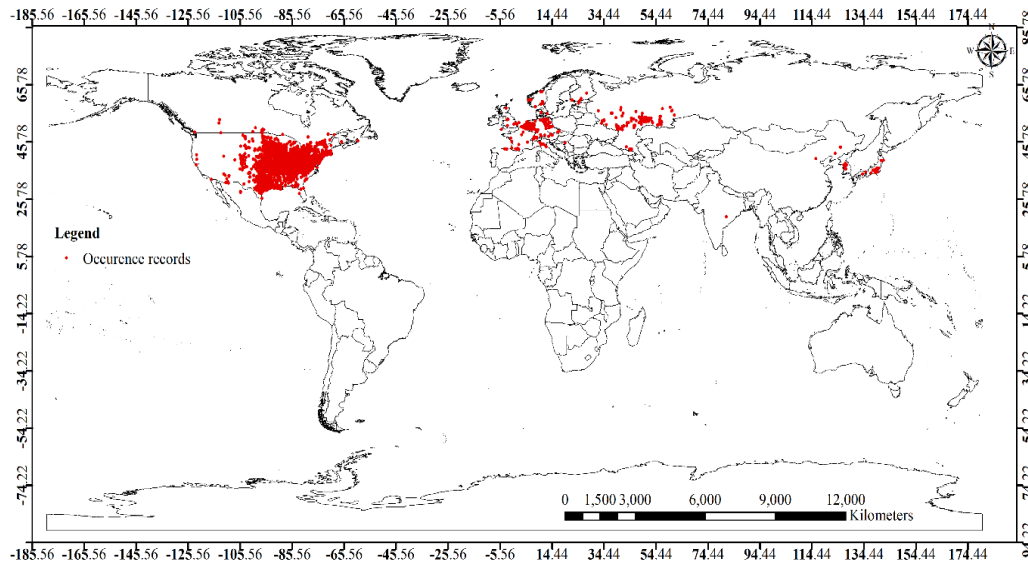
Maksimum Entropy (MaxEnt) modellemesi, dünyada biyoçeşitlilik araştırmalarında öne çıkan modelleme tekniğidir. MaxEnt modeli, hedef türlerin mevcut dağılım alanlarını dikkate alarak gelecekte potansiyel dağılımları konusunda ortalama bir tahmin yapmaktadır (Phillips ve ark., 2006). MaxEnt modeli istilacı türlerin yayılıma potansiyeli belirlemek amacıyla birçok çalışmada başarıyla kullanılmıştır. Diğer mevcut modellere kıyasla MaxEnt modeli yüksek tahmin performansı göstermektedir. Ayrıca, model sadece hedef türlerin varlık kayıtlarını ve iklim verilerini gerektirir. Her iki veri de kolayca toplanabilir ve GBIF gibi birkaç veri tabanından temin edilebilir. Bu nedenle, *A. trifida*'nın Türkiye de giriş ve yayılma riski ile Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin edilmesinde MaxEnt modeli kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. *Ambrosia trifida*'nın Dünyadaki Dağılım Verileri

MaxEnt modellemede hedef türlerin dağılım verilerinin bilinmesi gerekmektedir. Son zamanlarda Küresel Biyoçeşitlilik Bilgi Bankası [Global Biodiversity Information Facility (GBIF; www.gbif.org)] tür verileri internet ortamında paylaşılmaktadır. *Ambrosia trifida*'ya ait dağılım verileri GBIF'den indirilmiştir. Ayrıca veri toplama esnasında Web of Science (WOS) (<https://webofscience.com>), Scienccedirect (<https://www.sciencedirect.com/>), Scopus (<https://www.scopus.com/home.uri>), Google Scholar (https://scholar.google.com/schhp?hl=tr&as_sdt=0,5) ile yerel kaynaklardan

Dergipark Akademik (<https://dergipark.org.tr/tr/>), ULAKBİM Keşif (<https://www.ulakbim.gov.tr/yeniweb/ulakkesif/>), TR Dizin (<https://trdizin.gov.tr/>) ve YÖK Tez Merkezi (<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>) gibi veri tabanlarından yararlanılmıştır. Farklı veri tabanlarında indirilen veriler birleştirilmiş ve modellemede kullanılmadan önce temizlenmiştir. Toplanan tür dağılım verileri, model kalibre edilmeden önce iyice gözden geçirilmiş ve muhtemel hatalar temizlenmiştir (Chapman, 2005). İlk adımda veriler taksonomik seviyede temizlenmiştir. Bu amaçla hedef türlerin dışındaki yanlış kayıtlar veri setinden silinmiştir. İklim tahminleri ince çözünürlükte kullanıldığından 1 km²'lik hücreye tek bir kayıt verisi bırakılarak geri kalanlar silinmiştir. Bu işlemler ise ArcGIS programında mekânsal seyreltme aracı (Spatial Rarefy Tool) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Benzer şekilde, >1 km² hassasiyete sahip koordinatlar da veri setinden çıkarılmıştır. Yinelenen koordinatlar veya mekânsal doğruluk yönüyle yetersiz olan koordinatlar da veri setinden çıkarılmıştır. Temizleme işlemi sonunda elde edilen veriler virgülle ayrılmış değerler (CSV) formatında kaydedilerek modele yüklemeye hazır hale getirilmiştir. Temizleme işleminden sonra nihai veri setinde bitki'ye ait 9253 koordinatlar kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. *Ambrosia trifida*'nın Türkiye giriş ve yayılma riski ile Avrupa'daki potansiyel dağılım analar tahmininde kullanılan varlık verileri (n = 9253)

3.2.2. MaxEnt Modelinde Kullanılacak İklim Verilerinin İndirilmesi

Dünya düzeyinde 1970-2000 yılları için ortalama $\sim 1 \text{ km}^2$ 'lik girdiler (30 ark saniye) halinde mevcut ve gelecekteki (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, ve 2081-2100) iklime ait veriler Worldclim veri tabanından (https://www.worldclim.org/data/cmip6/cmip6_clim30s.html) indirilmiştir. Modellemede türlerin dağılımlarını belirleyici olarak 19 adet iklim parametreleri kullanılmıştır. Bu değişkenlerin kod ve açıklamaları Çizelge 3.1'de verilmiştir. İndirilen verilerde 19 iklim değişkenleri tek bir dosya halinde olduğundan dolayı bunlar ayrı ayrı çekilerek birer raster dosyası oluşturulmuştur. Raster dosyası oluşturmada QGIS desktop program kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Model kalibrasyonunda kullanılmış iklim parametreleri, bunların tam isimleri ve kısaltmaları

Parametre	İklim değişkeni
BIO1	Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)
BIO2	Ortalama Gündüz Sıcaklık Aralığı (max sıcaklık – min sıcaklık) (°C)
BIO3	İzotermal Sıcaklık (°C) (BIO2/BIO7×100)
BIO4	Mevsimsel Sıcaklık Değişikliği
BIO5	En Sıcak Ayın Maksimum Sıcaklığı (°C)
BIO6	En Soğuk Ayın Minimum Sıcaklığı (°C)
BIO7	Yıllık Sıcaklık Aralığı (°C) (BIO5%-BIO6)
BIO8	En Yağışlı Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı (°C)
BIO9	En Kurak Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı (°C)
BIO10	En Sıcak Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı (°C)
BIO11	En Soğuk Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı (°C)
BIO12	Yıllık Yağış Miktarı (mm)
BIO13	En Yağışlı Ayın Yağış Miktarı (mm)
BIO14	En Kurak Ayın Yağış Miktarı (mm)
BIO15	Sezonluk Yağış (mm)
BIO16	En Yağışlı Çeyreğin Yağış Miktarı (mm)
BIO17	En Kurak Çeyreğin Yağış Miktarı (mm)
BIO18	En Sıcak Çeyreğin Yağış Miktarı (mm)
BIO19	En Soğuk Çeyreğin Yağış Miktarı (mm)

3.2.3. İklim Değişiklik Senaryoları

Son birkaç yıl boyunca, uluslararası iklim bilimciler, ekonomistler ve enerji sistemleri modelleyicileri, küresel toplumun, demografik yapının ve ekonominin önümüzdeki yüzyıl boyunca nasıl değişebileceğini inceleyen bir takım yeni ‘senaryolar’ oluşturmuşlardır. Bunlara kolektif olarak ‘Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar’ (SSP’ler) denilmektedir (Çizelge 3.2). SSP’ler 2100’e kadar projeksiyon yapılan sosyoekonomik küresel değişiklik senaryolarıdır. Farklı iklim politikalarıyla sera gazı emisyon senaryoları üretmek için kullanılırlar. Bu senaryolar; SSP1: Sürdürülebilirlik (Yeşil Yolu İzlemek), SSP2: Orta Yol, SSP3: Bölgesel Rekabet (Zorlu Bir Yol), SSP4: Eşitsizlik (Bölünmüş Bir Yol) ve SSP5: Fosil Yakıtlı Kalkınma (Otoyolu İzlemek) olarak adlandırılmıştır. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change - Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) Altıncı Değerlendirme Raporunda SSP’lerin çerçevesine dayanan beş senaryoya dayalı projeksiyon yapılan sıcaklık sonuçlarını değerlendirmiştir. Bu senaryoların isimleri, temel aldıkları SSP (SSP1-SSP5) ile 2100 yılında beklenen ısıtım zorlaması seviyesinin birleşmesinden oluşur (1.9 ile 8.5 W/m² arasında). Farklı senaryolara göre sıcaklık artışı ve sera gazı emisyonu Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. IPCC Altıncı Değerlendirme Raporu’nda Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar iklim değişikliği senaryoları

SSP	Senaryosu	Tahmini ısıtım (2041-2060)	Tahmini ısıtım (2081-2100)	Muhtemel sıcaklık artış aralığı °C (2081-2100)
SSP1-1.9	Çok düşük sera gazı emisyonu, CO ₂ emisyonları 2050 civarında net sıfırlanır.	1.6 °C	1.4 °C	1.0 – 1.8
SSP1-2.6	Düşük sera gazı emisyonu, CO ₂ emisyonları 2075 civarında net sıfırlanır.	1.7 °C	1.8 °C	1.3 – 2.4
SSP2-4.5	Orta düzey sera gazı emisyonu, CO ₂ emisyonları 2050’ye kadar mevcut seviyelerde devam eder, ardından azalmaya başlar ancak 2100’e kadar net sıfıra ulaşmaz.	2.0 °C	2.7 °C	2.1 – 3.5
SSP3-7.0	Yüksek düzeyde sera gazı emisyonu, CO ₂ emisyonları 2100 yılına kadar iki katına çıkar.	2.1 °C	3.6 °C	2.8 – 4.6
SSP5-8.5	Çok yüksek düzeyde sera gazı emisyonu, CO ₂ emisyonları 2075 yılına kadar üç katına çıkar.	2.4 °C	4.4 °C	3.3 – 5.7

Mevcut çalışmada hafif iklim değişikliği (SSP1-2.6) ve şiddetli iklim değişikliği (SSP5-8.5) olmak üzere iki farklı SSP senaryoları esas alınmıştır. *Ambrosia trifida*’nın gelecekteki potansiyel dağılım alanları SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim

değişikliği senaryoları altında modellenmiştir. SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu, düşük sera gazı emisyonu baz alınarak 2075 civarında karbon emisyonunun net sıfıra indirileceğini esas almaktadır. Bu senaryoya göre 2041-2060 yıllarında 1.7 °C ve 2081-2100 yıllarında ise 1.8 °C sıcaklık artış olacağı tahmin etmektedir. Bu senaryo altında olası sıcaklık artışı ise 1.3 ile 2.4 °C arası olacağı tahmin edilmektedir. SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu ise çok yüksek sera gazı emisyonu olacağını ve karbon emisyonunun 2075'e kadar üçe katlanacağını öngörmektedir. Bu senaryo ise 2041-2060 yıllarında ortalama 2.4 °C ve 2081-2100 yıllarında ise ortalama 4.4 °C sıcaklık artışı olacağını tahmin etmektedir. Ayrıca SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosuna göre olası sıcaklık artışının ise 3.3 ile 5.7 °C arasında olacağı tahmin edilmektedir.

3.2.4. Modelin Optimize Edilmesi ve Çalıştırılması

MaxEnt modelleme tekniği bölgesel ve global düzeyde tahminlerde sık sık kullanılmaktadır. Ancak modelde bir bölge sınırlandırıldığında, türün gerçek nişi tahmin edilmemektedir. Dolayısıyla mevcut çalışmada Petitpierre ve ark. (2012) tarafından geliştirilen Hierarchical modelleme tekniği kullanılmıştır. Kısaca model dünya verileri kullanılarak kalibre edilmiş ve projeksiyon esnasında sadece Türkiye ve Avrupa'ya yansıtılmıştır. Böylece türün gerçek nişi modellenmiş olup hatalar ortadan kaldırılmıştır.

MaxEnt modelleme tekniği hedef türlerin hem var olan yerler hem de olmayan yerlerin koordinatlarını istemektedir. Ancak global düzeyde de türlerin mevcudiyet verisini sağlayan veritabanları sadece türlerin var olan yerler ile ilgili verileri paylaşmaktadır. Dolayısıyla, olmayan yerlerin koordinatları için tüm dünyada 10 bin adet yalancı noktalar atılmıştır. Ancak, bu noktaları atarken türlerin olduğu yerlerin etrafına 30 km mesafe koyulmuştur. MaxEnt modeli, R istatistiksel ortamında 'ENMeval' program paketi kullanılarak, kalibrasyon ve test öncesi optimize edilmiştir (Muscarella ve ark., 2014). MaxEnt modeli beş farklı teknik kullanır: Doğrusal (Linear-L), kuadratik (Quadratic-Q), menteşe (Hinge-H), çarpım (Product-P) ve eşik (Threshold-T) (Phillips ve ark., 2006). L, LQ, H, LQH, LQHP ve LQHPT olmak üzere altı farklı özellik kombinasyonu modelin optimize edilmesi için kullanılmıştır. Bu kombinasyonların test edilmesi için ENMeval paketi kullanılmıştır. Delta.AICc değeri en küçük olan parametre kombinasyonu modelin oluşturulması için seçilmiştir

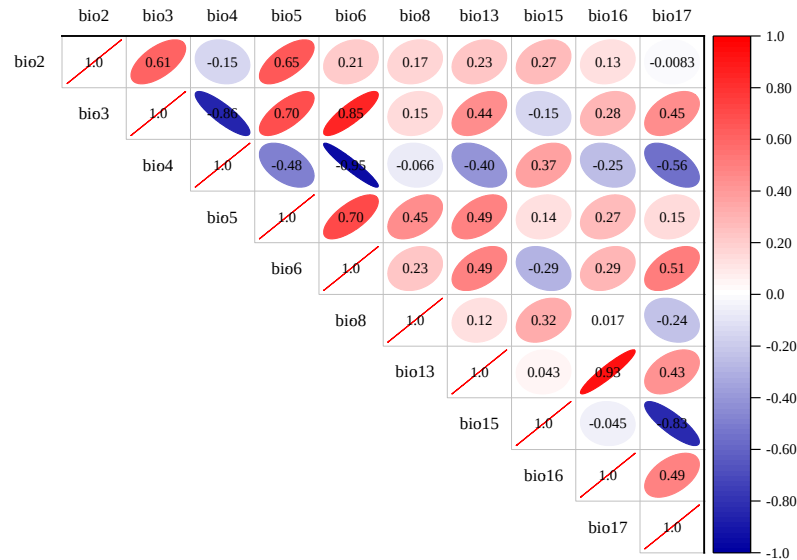
(Çizelge 3.3). Akaike bilgi kriteri düzeltmesi (AICc), modelin uyumunu ve karmaşıklığını değerlendirmek için kullanılmıştır (Akaike, 1973; Burnham ve Anderson, 2004). Eğitim ve test aşamalarının AUC değerleri arasındaki fark (AUC.DIFF) ve modelin eğitimi esnasında %10 atlama oranı (OR10), modelin tahminde uyum derecesini değerlendirmek için kullanılmıştır (Warren ve Seifert, 2011). Hedef türlerin potansiyel dağılımını projelendirmek için MaxEnt 3.4.4 sürümü kullanılmıştır. Model verilerinin %70'i eğitim için kullanılmış ve geriye kalan %30'u test için kullanılmıştır. Her bir hedef türün potansiyel dağılım alanlarının tahmininde model 5 kere çalıştırılmış olup tekerrürlerin ortalaması dikkate alınmıştır. Modelde LQHP kombinasyonu, düzeltme çarpanı 1, 5000 tekrarlamalar (iterations) kullanılmıştır.

Çizelge 3.3. Aşırı uyumu önlemek için MaxEnt modelini optimize etmek amacıyla kullanılan farklı korelasyon sınıfları ve düzeltme çarpan kombinasyonlarının AUC ve delta.AICc değerleri

Model	fc	rm	auc.diff.avg	or.10p.avg	delta.AICc
1	L	1	0.0069	0.1011	5401.14
2	LQ	1	0.0077	0.1027	3341.28
3	H	1	0.0101	0.1022	33.67
4	LQH	1	0.0101	0.1022	33.67
5	LQHP	1	0.0103	0.1025	0.00
6	LQHPT	1	0.0099	0.1064	5131.40
7	L	2	0.0058	0.1008	6602.79
8	LQ	2	0.0068	0.1014	4834.95
9	H	2	0.0090	0.1010	6006.35
10	LQH	2	0.0090	0.1010	6006.35
11	LQHP	2	0.0090	0.1010	6006.65
12	LQHPT	2	0.0090	0.1035	4722.02
13	L	3	0.0046	0.1010	7807.01
14	LQ	3	0.0063	0.1025	6804.63
15	H	3	0.0080	0.1023	6067.71
16	LQH	3	0.0080	0.1023	6067.71
17	LQHP	3	0.0080	0.1023	6067.71
18	LQHPT	3	0.0096	0.1025	4770.73
19	L	4	0.0043	0.0998	8381.13
20	LQ	4	0.0058	0.1009	8096.26
21	H	4	0.0078	0.1010	6125.80
22	LQH	4	0.0078	0.1010	6125.80
23	LQHP	4	0.0078	0.1010	6125.80
24	LQHPT	4	0.0090	0.1011	5149.51
25	L	5	0.0043	0.1009	8535.64
26	LQ	5	0.0052	0.1000	8492.04
27	H	5	0.0073	0.1022	6402.52
28	LQH	5	0.0073	0.1022	6402.52
29	LQHP	5	0.0073	0.1022	6402.52
30	LQHPT	5	0.0085	0.1006	6116.87

3.2.5. Modelin Tahmin Gücü ve *Ambrosia trifida* Dağılımı Üzerine Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi

MaxEnt modelinin tahmin gücü, alıcı çalışma özellikleri eğrisi (Receiver Operating Characteristics Curve -ROC) altındaki alana göre belirlenmiştir. ROC değerlerinin 1'e yaklaşması modelin tahmin gücünün yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Genel olarak ROC değeri $> .70$ olan model yüksek performanslı model olarak kabul edilirken, $< .50$ ROC değeri olan model ise zayıf olarak kabul edilmektedir. MaxEnt modelinin test ve eğitim kazanımları, girdi tahmin edicilerinin model eğitim ve testine katkısını değerlendirmek için kullanılmıştır. En yüksek katkıya sahip değişkenler, hedef türün dağılımını etkilemesi muhtemel en etkili değişkenler olarak kabul edilmiştir. Hedef türlerin dağılımına etki eden yukarıda açıklanan belirleyici parametrelerin modele sağladığı katkı Jackknife Analizi ile belirlenmiştir. Ayrıca türün dağılımını etkileyebilecek değişkenler permütasyon önemine göre belirlenmiştir. Nihai veri sete dahil edilen 9253 koordinatları için 19 iklim parametrelere ait veriler R program kullanılarak çekilmiştir. Bu veriler arasında Pearson korelasyon bakılmış olup $.7$ 'den az korelasyon katsayısını sahip parametreleri modele dahil edilmiştir. Toplamada model 10 iklim faktörleri (bio2, bio3, bio4, bio5, bio6, bio8, bio13, bio15, bio16 ve bio17) dahil edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Türkiye'de *Ambrosia trifida*'nın giriş riski ile Avrupa ve Türkiye'de gelecek iklim koşulları altında potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan farklı biyoklimatik değişkenler arasındaki korelasyon

3.2.6. Modelin Global Tahminlerinin Türkiye ve Avrupa'ya Uyarlaması

MaxEnt modelin çalıştırma sonucunda hedef türlerin dağılımlarına ait elde edilen haritalar ArcGIS'e aktarılarak Türkiye ve Avrupa düzeyine indirilmiştir. Global haritaların Türkiye ve Avrupa düzeyi indirilmesinde ArcGIS'in 'extract' fonksiyonu kullanılmıştır. Bu işlem hem mevcut iklim hem de gelecekteki iklim koşullar altındaki elde edilen haritalar için yapılmıştır.

3.2.7. Tahmin Edilen Alanların Hesaplanması

Potansiyel dağılım haritaları Türkiye ve Avrupa düzeyine indirildikten sonra haritalar sınıflandırılmıştır. Potansiyel dağılım haritalarında model tarafında her 1 km²'lik gride 0 den 1' değişen sayısal değer verilmiştir. Bu değerlerden yola çıkarak 0-0,25 aralığında değer alan gridlerin hedef türe uygun olmadığı, 0,26-0,50 olan değerlerin kısmen uygun, 0,51-0,75 olan değerlerin uygun ve >0,75 olanların ise en uygun oldukları kabul edilmiştir. Bu değerlere bağlı olarak her kategorideki alan, ArcGIS'in alan hesaplama aracı ile hesaplanmış ve km²'ye dönüştürülmüştür. Bu işlemler, hem mevcut iklim hem de gelecekte iklim değişikliğine bağlı olarak potansiyel dağılımların belirlenmesi için gerçekleştirilecektir.

3.2.8. Habitatların Değişimi

Mevcut iklime kıyasla gelecekteki iklim koşulları altında farklı habitat uygunluk kategorilerindeki değişim, karşılaştırma raster aracı kullanılarak ArcGIS'te haritalandırılmıştır. Alanın bir kategoriden diğerine geçişi bu şekilde haritalandırılmış ve toplam alan hesaplanmıştır.

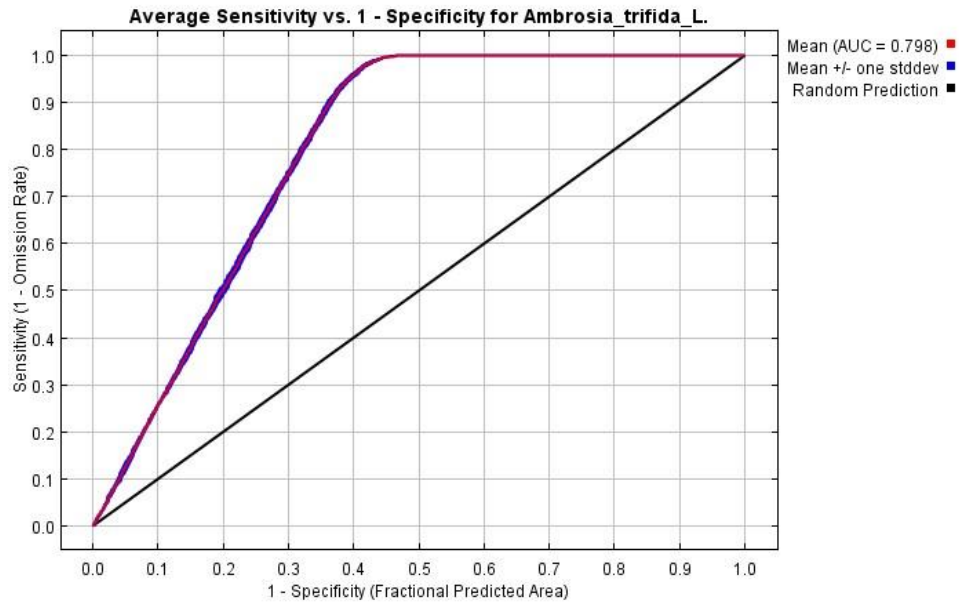
4. BULGULAR

Mevcut çalışma, *Ambrosia trifida*'nın mevcut iklim koşulları altında Türkiye'ye taşınma riskini ve farklı CMIP6 iklim değişikliği senaryoları altında potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla yapılmıştır. Ayrıca, türün Avrupa'da mevcut ve gelecekteki iklim koşulları altındaki potansiyel dağılımı da tahmin edilmiştir. Türkiye'ye taşınma ve yayılma riski ile Avrupa'daki potansiyel dağılım alanları MaxEnt modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Modelleme çalışma sonucunda elde edilen bulgular bu bölümde sunulmuştur.

4.1. Mevcut İklim Koşulları Altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye'ye Taşınma Riski ve Avrupa'daki Potansiyel Dağılımı

4.1.1. Modelin Tahmin Gücü

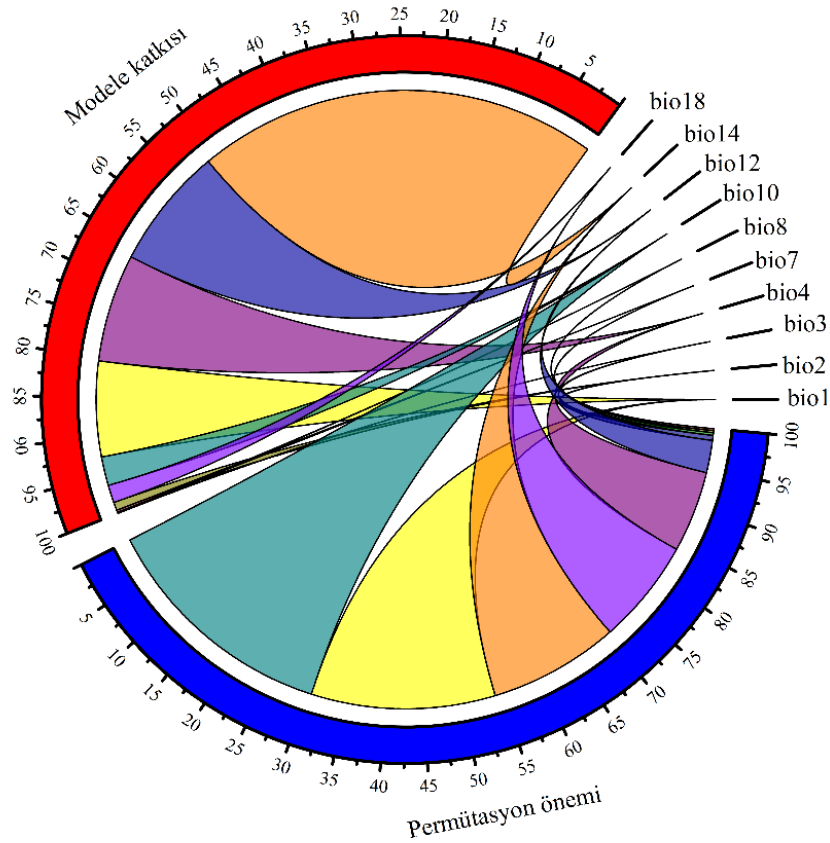
Mevcut iklim koşulları altında *A. trifida*'nın Türkiye'ye taşınma riski ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modelin AUC değeri 0.80 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.1). Bu AUC değeri, modelin taşınma riski ile potansiyel dağılım alanlarının yüksek doğrulukla tahmin ettiğini göstermektedir.



Şekil 4.1. Mevcut iklim koşulları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye'ye taşınma riski ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarını tahmininde kullanılan MaxEnt modelin tahmin gücü

4.1.2. *Ambrosia trifida*'nın Taşınma Riski ile Dağılım Alanlarını Etkileyen İklim Faktörleri

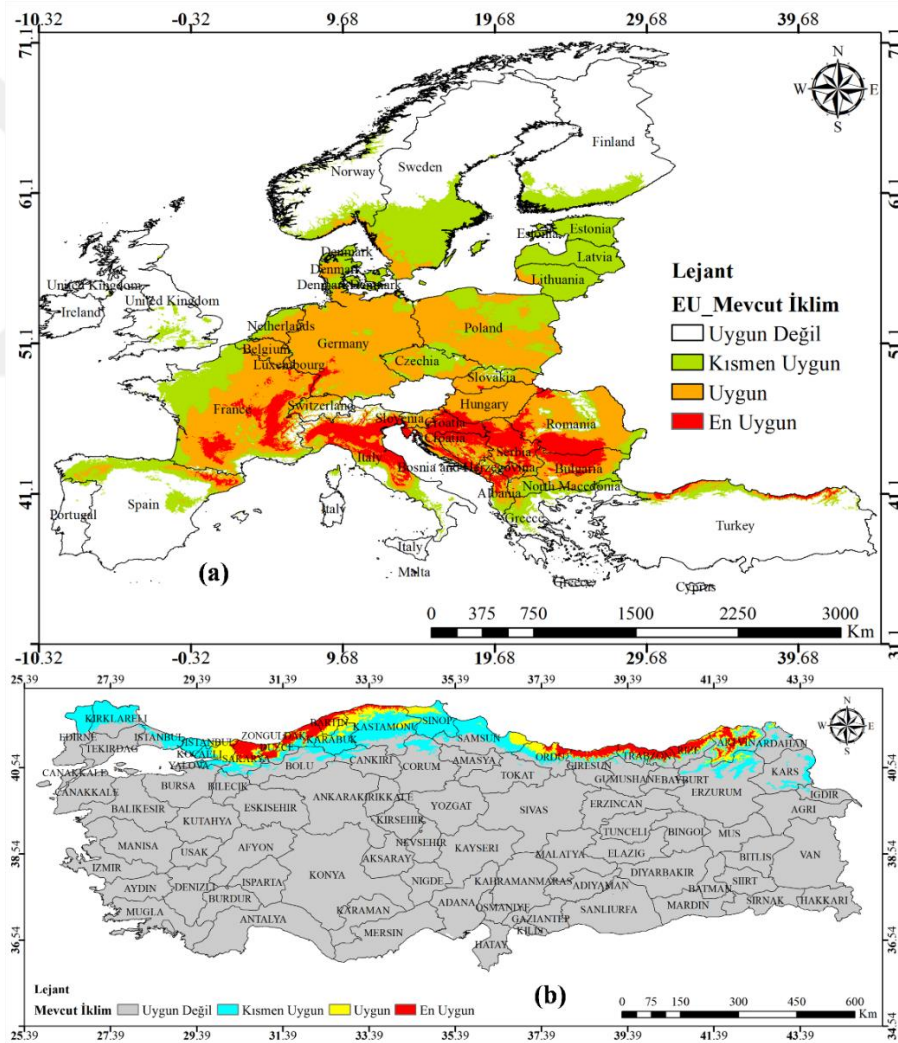
MaxEnt modelindeki biyoklimatik değişkenlerin modele katkısını değerlendirdiğimizde bio14 (en kurak ayın yağışı) tarafından sağlandığı görülmektedir. Bu değişkeni sırasıyla bio12 (yıllık yağış) ve bio4 (sıcaklık mevsimselliği) izlemektedir. . Biyoklimatik değişkenlerin permütasyon önem derecelerini incelediğimizde, en yüksek permütasyon önemine sahip değişkenler sırasıyla bio10 (en sıcak çeyreğin ortalama sıcaklığı), bio1 (yıllık ortalama sıcaklık), bio14 (en kurak ayın yağışı) ve bio18 (en sıcak çeyreğin yağışı) olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerdeki değişiklikler, *A. trifida*'nın farklı peyzaj ölçeklerindeki dağılımını etkileyeceği ortaya konulmuştur (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Mevcut iklim koşulları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye'ye taşınma riski ile Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modele dahil edilen biyoklimatik değişkenlerinin modele katkısı ve permütasyon önemi

4.1.3. Mevcut İklim Koşulları Altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları

Model, *A. trifida* türünün mevcut iklim koşulları altında Avrupa'da en uygun habitatlarının Fransa, İtalya, Slovenya, Romanya, Bulgaristan, Hırvatistan ve İsviçre'nin bazı bölgeleri ile Lüksemburg'da bulunduğunu tahmin etmiştir (Şekil 4.3a). Bununla birlikte, Slovakya, Macaristan, Polonya, Almanya, Belçika ve Hollanda'nın da tür için çok sayıda uygun habitat alanı olduğu öngörülmüştür. Benzer şekilde, Türkiye'de Sakarya, Zonguldak, Düzce, Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin illerinin mevcut iklim koşulları altında *A. trifida*'nın giriş riski için uygun olduğunu tahmin edilmiştir (Şekil 4.3b).



Şekil 4.3. Mevcut iklim koşulları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa (a) ve Türkiye'deki (b) potansiyel dağılım alanları

4.1.4. Mevcut İklim Koşulları Altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de Farklı Habitat Uygunluk Kategorilerindeki Alanları

Türkiye'de mevcut iklim koşulları altında, model *A. trifida*'nın giriş riski için uygun olmayan alanların %89.98'lik bir kısmını (700.69 bin km²) kapsadığını tahmin etmiştir. Ayrıca, ülkenin %5.96'sının (46.83 bin km²) kısmen uygun olduğunu öngörmüştür. Ülkenin %2.27'si (17.65 bin km²) *A. trifida*'nın giriş riski için uygun ve %1.80'i (14.01 bin km²) ise giriş riski için en yüksek uygun habitat alanını olduğunu öngörmüştür (Çizelge 4.1).

Avrupa'da potansiyel dağılım alanlarına baktığımızda, model kıtanın %47.96'sinin (2752.11 bin km²) *A. trifida*'nın potansiyel dağılımı için uygun olmadığını tahmin ederken %7.43'ünün (426.19 bin km²) türün potansiyel dağılımı için en uygun olduğunu öngörmüştür. Ayrıca, kıtanın %19.56'sının (1122.15 bin km²) kısmen uygun ve %25.05'inin (1437.50 bin km²) uygun olabileceğini tahmin edilmiştir (Çizelge 4.1).

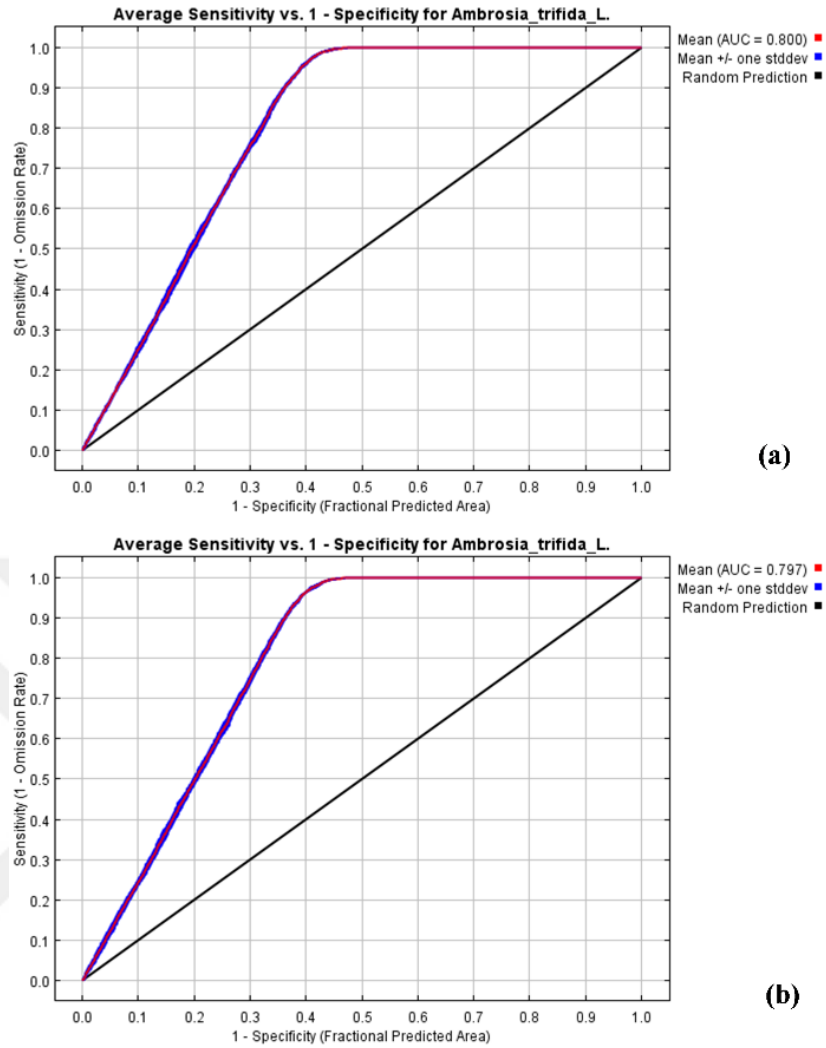
Çizelge 4.1. Mevcut iklim koşulları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki hesaplanan dağılım alanları

Habitat Uygunluk Kategorisi	Türkiye		Avrupa	
	Alan (bin km ²)	Alan (%)	Alan (bin km ²)	Alan (%)
Uygun Değil	700.69	89.98	2752.11	47.96
Kısmen Uygun	46.38	5.96	1122.15	19.56
Uygun	17.65	2.27	1437.50	25.05
En Uygun	14.01	1.80	426.19	7.43

4.2. 2021-2040 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 CMIP6 İklim Değişikliği Senaryoları Altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları

4.2.1. Modelin Tahmin Gücü

2021-2040 iklim koşulları ve SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *A. trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modelin AUC değerleri 0.79 ile 0.80 arası olduğu hesaplanmıştır (Şekil 4.4a, 4.4b). Bu AUC değeri, modelin potansiyel dağılım alanlarının yüksek doğrulukla tahmin ettiğini göstermektedir.

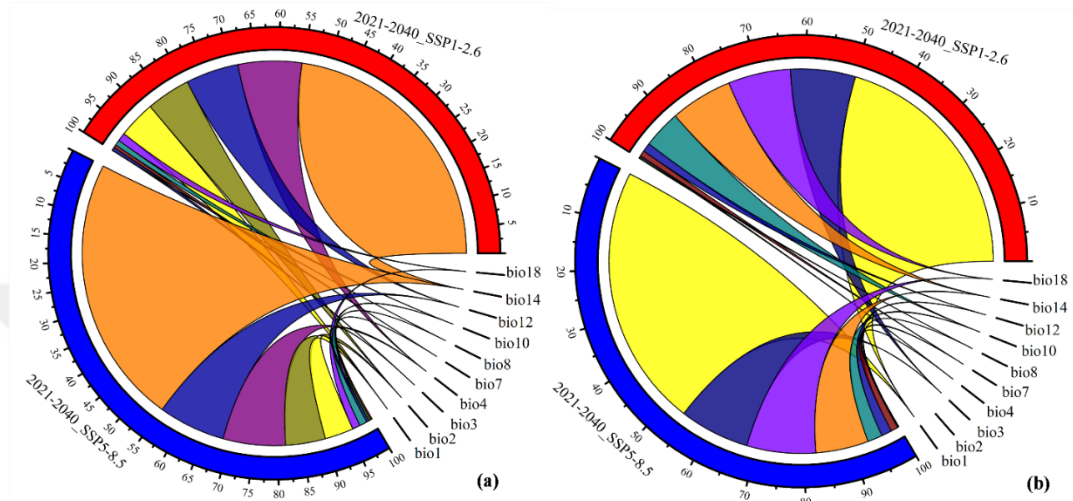


Şekil 4.4. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarını tahmininde kullanılan MaxEnt modelin tahmin gücü

4.2.2. *Ambrosia trifida*'nın Potansiyel Dağılım Alanlarını Etkileyen İklim Faktörleri

2021-2040 iklim koşulları ve SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *A. trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki potansiyel dağılım alanlarının belirlemeye amacıyla kullanılan MaxEnt modelinde yer alan biyoklimatik değişkenlerin modele katkısını baktığımızda her iklim değişikliği senaryoları altında bio14 (en kurak ayın yağışı) model üzerinde en yüksek katkıyı sağladığını, bunu sırasıyla bio4 (sıcaklık mevsimselliği) ve bio12 (yıllık yağış) takip ettiğini görülmüştür. Bu biyoklimatik değişkenlerin permütasyon önemi baktığımızda her iklim değişikliği senaryoları altında en fazla permütasyon önemini sahip değişkenleri

bio1 (yıllık ortalama sıcaklık), bio3 (izotermalite), bio18 (en sıcak çeyreğin yağışı) ve bio14 (en kurak ayın yağışı) olarak belirtilmiştir. Bu parametrelerdeki değişiklikler, *A. trifida*'nın gelecekte farklı iklim değişikliği senaryoları altında bitkinin dağılımını etkileyeceği öngörülmektedir (Şekil 4.5a, 4.5b).



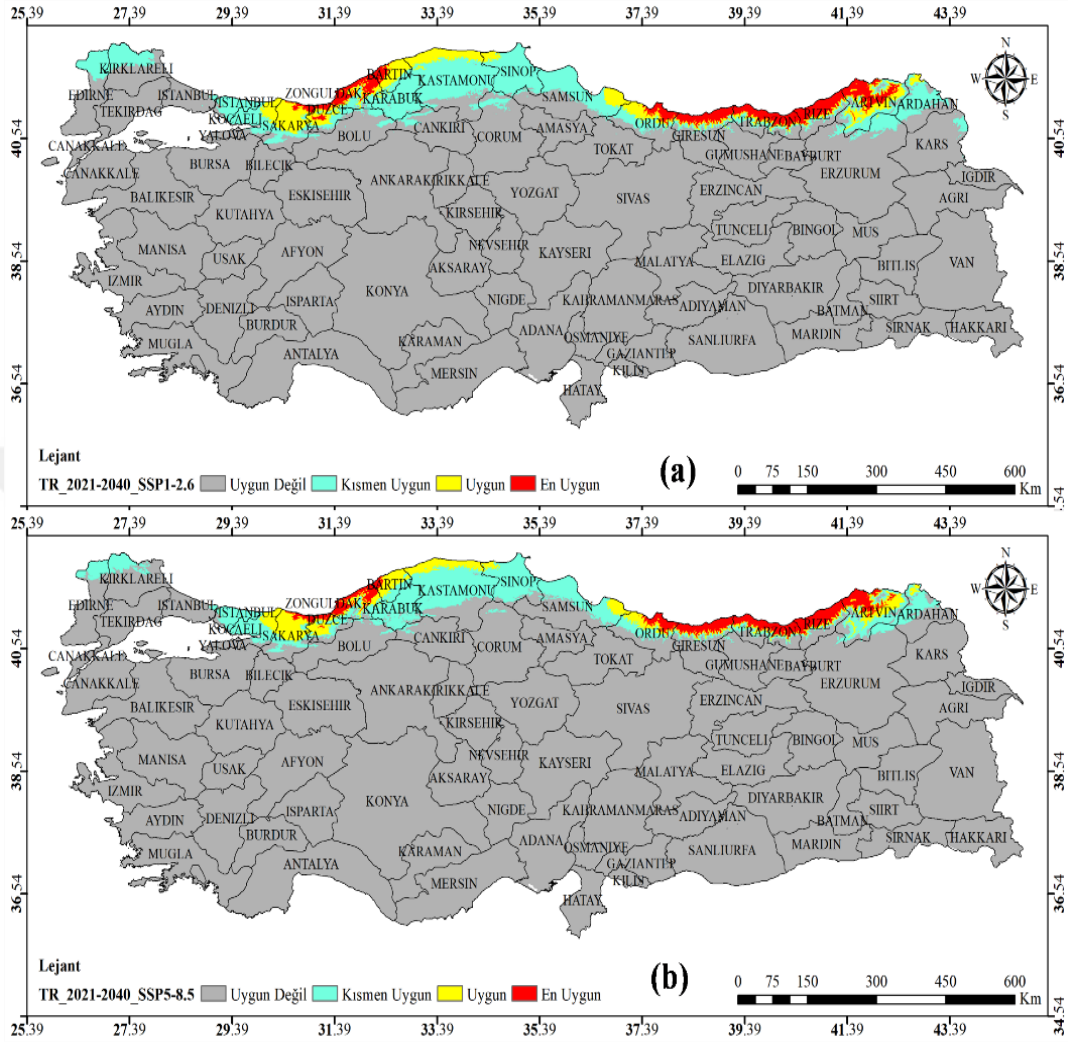
Şekil 4.5. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modele dahil edilen biyoklimatik değişkenlerinin modele katkısı (a) ve permütasyon önemi (b)

4.2.3. 2021-2040 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları Altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları

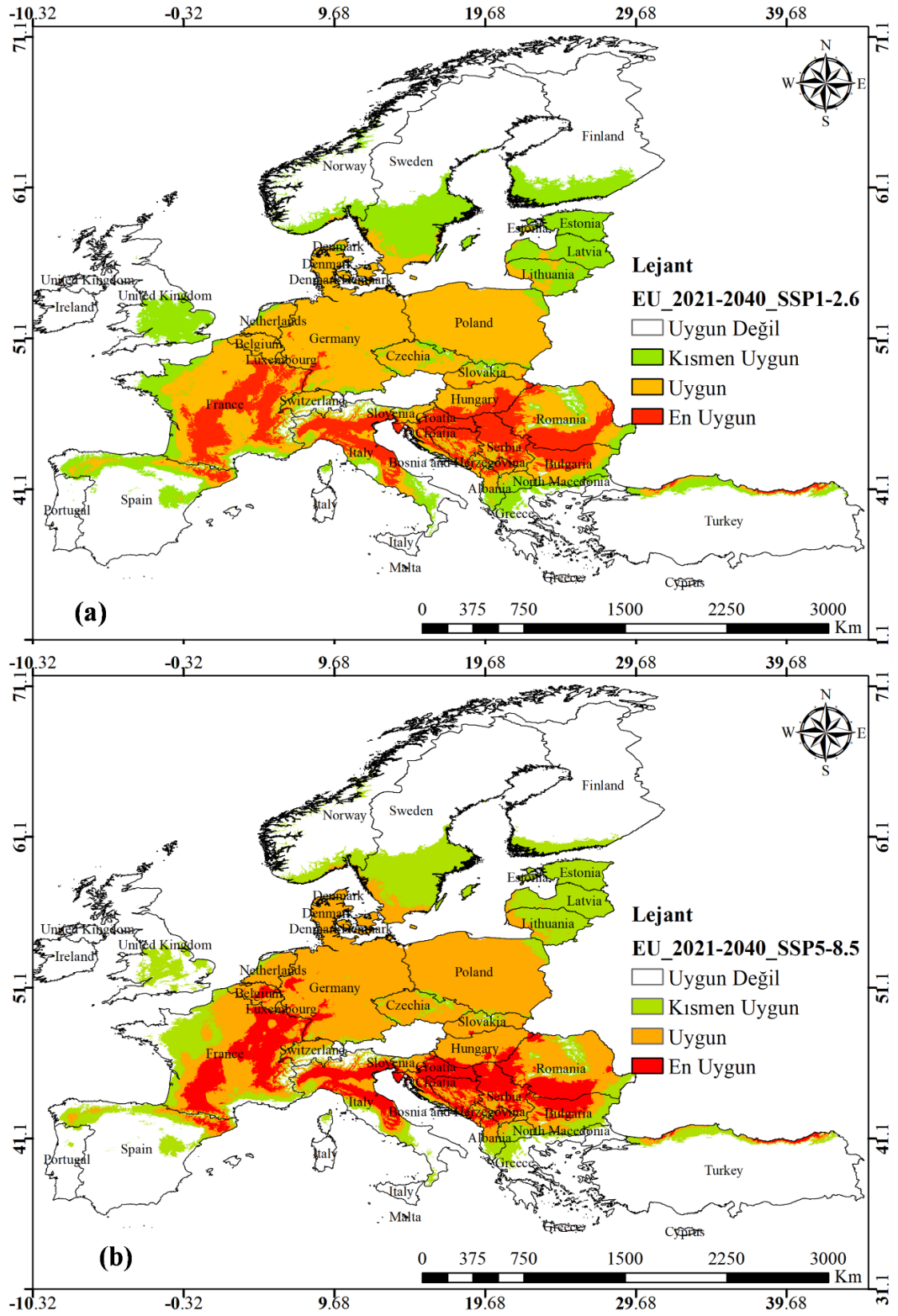
2021-2040 iklim koşulları ve SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında model *A. trifida*'nın Türkiye'de dağılabileceği en uygun alanları Sakarya, Zonguldak, Düzce, Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin illerinde olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.6a, 4.6b). Mevcut iklim koşulları altında tahmin edilen alanlarla kıyasladığımızda bitkinin en uygun alanlarında daralma olacağı tahmin edilmiştir. Fakat en uygun alanlar Karadeniz'in kıyı kısımlarında olacağını tahmin etmiştir.

Avrupa'da 2021-2040 iklim koşulları ve SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında model *A. trifida*'nın dağılabileceği en uygun alanlarının Fransa, İtalya, Slovenya, Romanya, Bulgaristan, Hırvatistan ve İsviçre'nin bazı bölgeleri ile Lüksemburg'da olacağı tahmin etmiş ve en uygun alanlarında artış yaşanacağı sonucuna varılmıştır (Şekil 4.7a, 4.7b). En uygun alanlarındaki artış ise SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryo da SSP5-8.5 senaryo 'ya göre daha fazla olacağı

öngörülmüştür. Bununla birlikte, Slovakya, Macaristan, Polonya, Almanya, Belçika ve Hollanda'nın da tür için çok sayıda uygun alanı olacağı tahmin edilmiştir.



Şekil 4.6. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye'deki potansiyel dağılım alanları



Şekil 4.7. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa'daki potansiyel dağılım alanları

4.2.4. 2021-2040 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları Altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de Farklı Habitat Uygunluk Kategorilerindeki Alanları

2021-2040 iklim koşulları ve SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryoları altında Avrupa'nın %45.61, %16.32, %27.61 ve %10.46 kısmı *A. trifida*'nın için sırasıyla uygun olmadığı, kısmen uygun, uygun ve en uygun olduğu hesaplanmıştır. Avrupa'da SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryo altında bitki için uygun olmayan, kısmen uygun, uygun ve en uygun habitat kategorilerdeki alanı ise sırasıyla 2616, 936, 1584 ve 600 bin km² olmuştur. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryo altında ise kıtanın %48.93, %15.10, %26.23 ve %9.74 alan ise bitkini dağılım için sırasıyla uygun olmadığı, kısmen uygun, uygun ve en uygun olduğu tahmin edilmiştir. Uygun olmayan, kısmen uygun, uygun ve en uygun olan habitat kategorideki alanı ise SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryo altında sırasıyla 2807, 866, 1504 ve 558 bin km² olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Türkiye'de 2021-2040 iklim koşulları ve SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryo altında ülkenin %92.70, %5.97, %1.91 ve %1.41 kısmı bitki için sırasıyla uygun olmadığı, kısmen uygun, uygun ve en uygun olduğu hesaplanmıştır. Bu habitat kategorilerindeki alanı ise sırasıyla 706, 46, 14 ve 11 bin km² olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryo altında bitki için uygun olmayan, kısmen uygun, uygun ve en uygun habitat kategorilerdeki alanı sırasıyla %92.08, %5.00, %1.66 ve %1.26 olmuştur. Bu habitat kategorilerindeki alanı ise 717, 38, 12 ve 10 bin km² olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki hesaplanan dağılım alanları

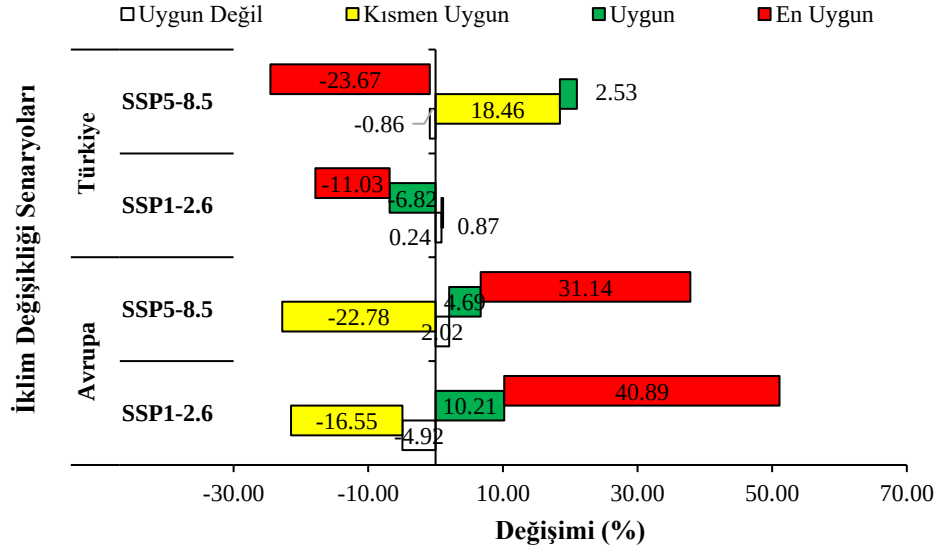
Türkiye				
	SSP1-2.6		SSP5-8.5	
	Alan (bin km ²)	Alan (%)	Alan (bin km ²)	Alan (%)
Uygun Değil	706.34	90.70	717.02	92.08
Kısmen Uygun	46.53	5.97	38.93	5.00
Uygun	14.88	1.91	12.95	1.66
En Uygun	10.99	1.41	9.83	1.26
Avrupa				
Uygun Değil	2616.81	45.61	2807.59	48.93
Kısmen Uygun	936.43	16.32	866.49	15.10
Uygun	1584.25	27.61	1504.97	26.23
En Uygun	600.46	10.46	558.92	9.74

4.2.5. Avrupa ve Türkiye’de Tahmin Edilen Habitat Değişikliği

2021-2040 dönemi için iklim koşulları ve SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryoları altında, Avrupa’daki habitat kategorilerindeki alanların değişimini incelediğimizde her iki iklim değişikliğe senaryosunda da uygun ve en uygun alanların artış yaşanacağı tahmin edilmiştir. Öte yandan uygun olmayan ve kısmen uygun alanlarında ise her iki iklim değişikliği senaryosu altında düşüş olacağını öngörülmüştür. Avrupa’da uygun ve en uygun alanlardaki artışın, SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında SSP5-8.5 senaryosuna kıyasla daha fazla olacağı tahmin edilmiştir. 2021-2040 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altındaki alanlarında mevcut iklim altında tahmin edilen en uygun alanlarına göre %40.89 oranında bir artış olacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında ise bu artış %31.14 olacağı tahmin edilmiştir. Diğer yandan, SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında, mevcut iklim koşullarında tahmin edilen uygun alanlara göre sırasıyla %10.21 ve %4.69’luk artış olacağı beklenmektedir (Şekil 4.8). Mevcut iklim koşulları altında Avrupa’da uygun olmayan alanlarıyla kıyasladığımızda 2021-2040 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %4.92 ve %2.02’lik bir düşüş olacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde 2021-2040 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında kısmen uygun alanları ise sırasıyla %16.55 ve %22.78 oranında daralacağı öngörülmüştür. Bu durum Avrupa’da hafif iklim değişikliği (SSP1-2.6 senaryo) bitkinin en uygun dağılım alanlarında ciddi artışa sebep olacağını göstermiştir.

2021-2040 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryoları altında habitat kategorilerindeki alanların değişimini baktığımızda Türkiye’de her iki iklim değişikliğe senaryolar altında en uygun alanlarında daralma yaşanacağı tahmin edilmiştir. Öte yandan uygun alanlarında ise SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryo altında düşüş olacağı tahmin edilirken SSP5-8.5 senaryolar altında ise artış olacağı öngörülmüştür. Türkiye’de en uygun alanlarındaki düşüşün SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryo altında SSP1-2.6 senaryoya göre daha fazla olacağı tahmin edilmiştir. 2021-2040 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altındaki en uygun alanların mevcut iklim altında tahmin edilen en uygun alanlarına kıyasla %11.03 oranında bir düşüş olacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu

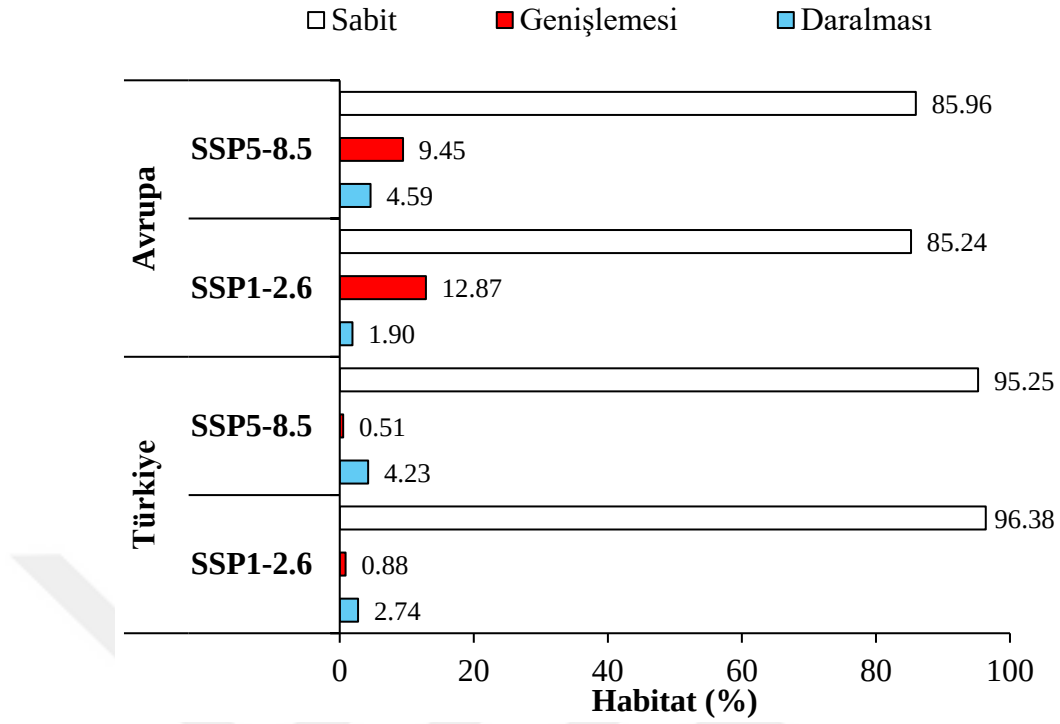
altında da bu düşüşün %23.67 olacağı tahmin edilmiştir. Diğer yandan SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryo altında uygun alanlarda %6.82 daralma olacağı tahmin edilirken SSP5-8.5 senaryo altında %2.53 oranında artış olacağı öngörülmüştür (Şekil 4.8). Bu durum Türkiye’de şiddetli iklim değişikliği (SSP5-8.5 senaryo) bitkinin en uygun dağılım alanlarında daralmaya yol açacağı şeklinde öngörülmektedir.



Şekil 4.8. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*’nın Avrupa ve Türkiye’deki farklı habitat kategorilerindeki değişimi

Genel habitat değişimini baktığımızda Avrupa’da %85.24 ve %85.96 habitatın sırasıyla SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sabit kalacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %12.87 ve %9.45’lik habitatında genişleme yaşanacağı beklenirken %1.90 ve %4.59 kısmında daralma olacağı tahmin edilmiştir (Şekil 4.9).

Türkiye’deki genel habitat değişimini baktığımızda %96.38 ve %95.25 habitatın sırasıyla SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sabit kalacağı öngörülmüştür. Benzer şekilde SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %2.74 ve %4.23’lük habitatında daralma yaşanacağı beklenirken %0.88 ile %0.51 habitatı genişleyeceği tahmin edilmiştir (Şekil 4.9). Farklı habitat kategorilerindeki detaylı değişimi ise Çizelge 4.3’te verilmiştir.



Şekil 4.9. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki genel habitat değişimi

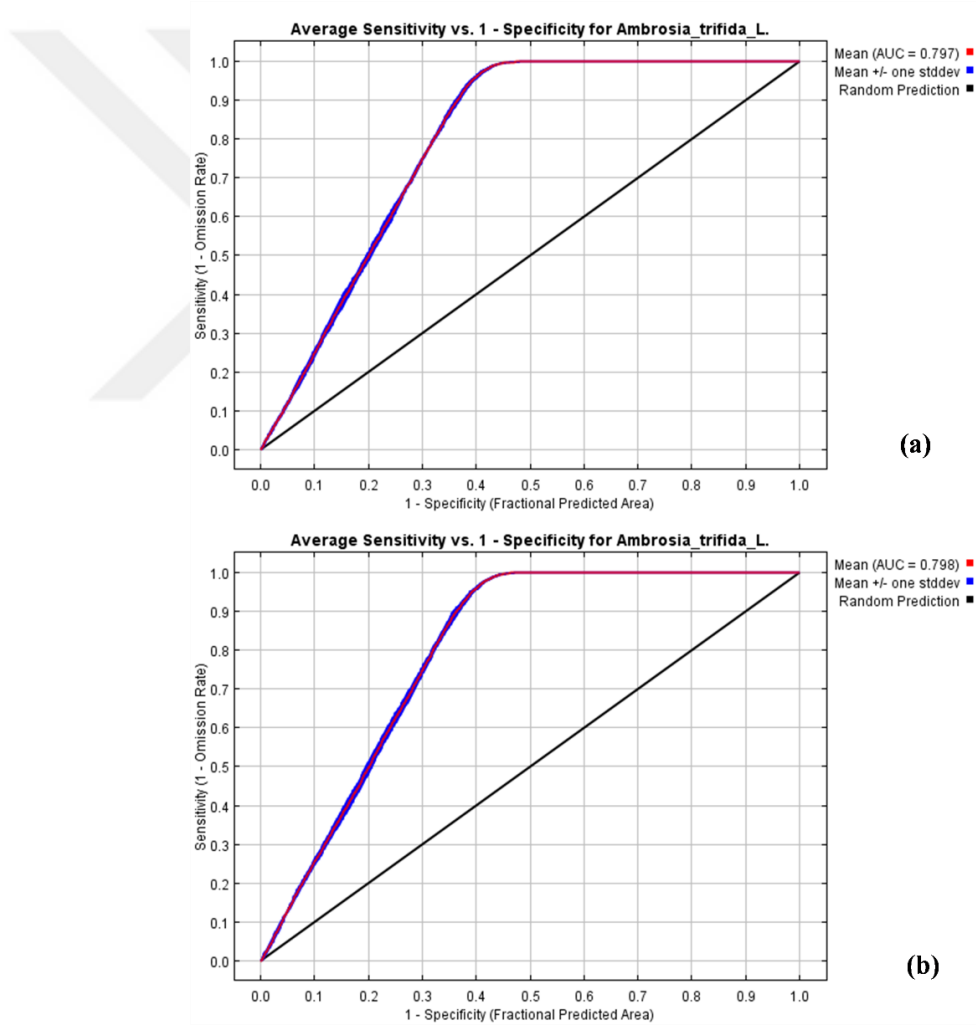
Çizelge 4.3. 2021-2040 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki değişimi

Habitat Değişimi	Türkiye				Avrupa			
	SSP1-2.6		SP5-8.5		SSP1-2.6		SSP5-8.5	
Uygun Değil - Uygun Değil	696219	89.40	698666	89.72	2575321	44.88	2673180	46.59
Uygun Değil - Kısmen Uygun	4468	0.57	2021	0.26	175840	3.06	78914	1.38
Uygun Değil - Uygun	-	-	-	-	949	0.02	15	0.00
Uygun Değil - En Uygun	-	-	-	-	-	-	-	-
Kısmen Uygun - Uygun Değil	10116	1.30	18051	2.32	41491	0.72	133263	2.32
Kısmen Uygun - Kısmen Uygun	35566	4.57	27917	3.58	725491	12.64	708278	12.34
Kısmen Uygun - Uygun	703	0.09	417	0.05	354987	6.19	280611	4.89
Kısmen Uygun - En Uygun	-	-	-	-	184	0.001	-	-
Uygun - Uygun Değil	-	-	302	0.04	-	-	1142	0.02
Uygun - Kısmen Uygun	6492	0.83	8848	1.14	35101	0.61	79148	1.38
Uygun - Uygun	9453	1.21	6926	0.89	1196170	20.85	1174644	20.47
Uygun - En Uygun	1701	0.22	1570	0.20	206230	3.59	182567	3.18
En Uygun - Uygun Değil	-	-	-	-	-	0.00	-	-
En Uygun - Kısmen Uygun	-	-	138	0.02	-	-	145	0.001
En Uygun - Uygun	4721	0.61	5611	0.72	32145	0.56	49698	0.87
En Uygun - En Uygun	9292	1.19	8264	1.06	394046	6.87	376348	6.56

4.3. 2041-2060 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 CMIP6 İklim Değişikliği Senaryoları Altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları

4.3.1. Modelin Tahmin Gücü

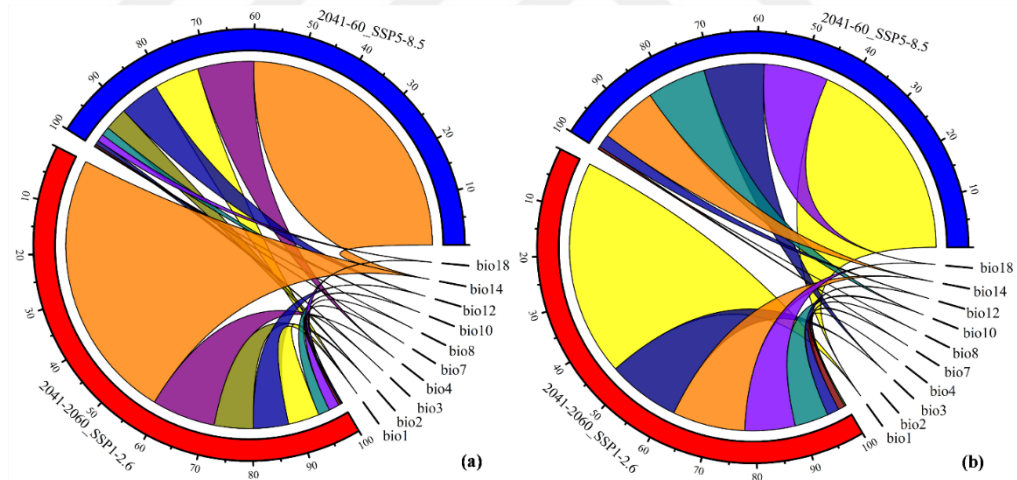
2041-2060 dönem için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *A. trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modelin AUC değerleri 0.79 olduğu hesaplanmıştır (Şekil 4.10a, 4.10b). Bu AUC değeri, modelin potansiyel dağılım alanlarının yüksek doğrulukla tahmin ettiğini göstermektedir.



Şekil 4.10. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarını tahmininde kullanılan MaxEnt modelin tahmin gücü

4.3.2. *Ambrosia trifida*'nın Potansiyel Dağılım Alanlarını Etkileyen İklim Faktörleri

2041-2060 dönem için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *A. trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki potansiyel dağılım alanlarının belirlemeye amacıyla kullanılan MaxEnt modelindeki biyoklimatik değişkenlerin modele katkısına baktığımızda her iki iklim değişikliği senaryoları altında modele en yüksek katkıyı sağlayan bio14 (en kurak ayın yağışı) olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla bio4 (sıcaklık mevsimselliği) ve bio12 (yıllık yağış) takip ettiğini görülmüştür. Bu biyoklimatik değişkenlerin permütasyon önemi baktığımızda her iki iklim değişikliği senaryoları altında en fazla permütasyon önemini sahip değişkenler bio1 (yıllık ortalama sıcaklık), bio3 (izotermalite), bio18 (en sıcak çeyreğin yağışı) ve bio14 (en kurak ayın yağışı) olarak belirtilmiştir. Bu parametrelerdeki değişiklikler, *A. trifida*'nın gelecekte farklı iklim değişikliği senaryoları altında bitkinin dağılımını etkileyeceği öngörülmektedir (Şekil 4.11a, 4.11b).

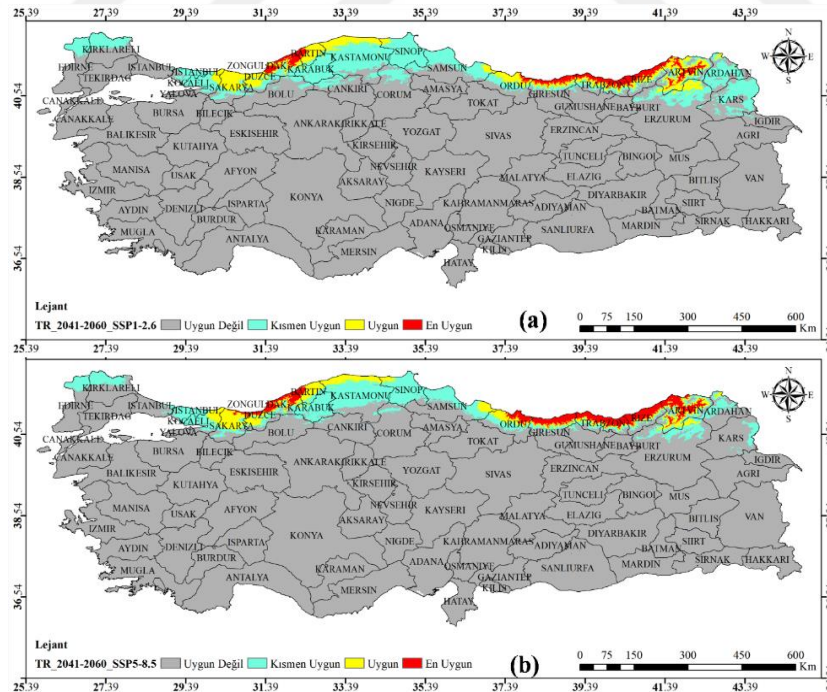


Şekil 4.11. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modele dahil edilen biyoklimatik değişkenlerinin modele katkısı (a) ve permütasyon önemi (b)

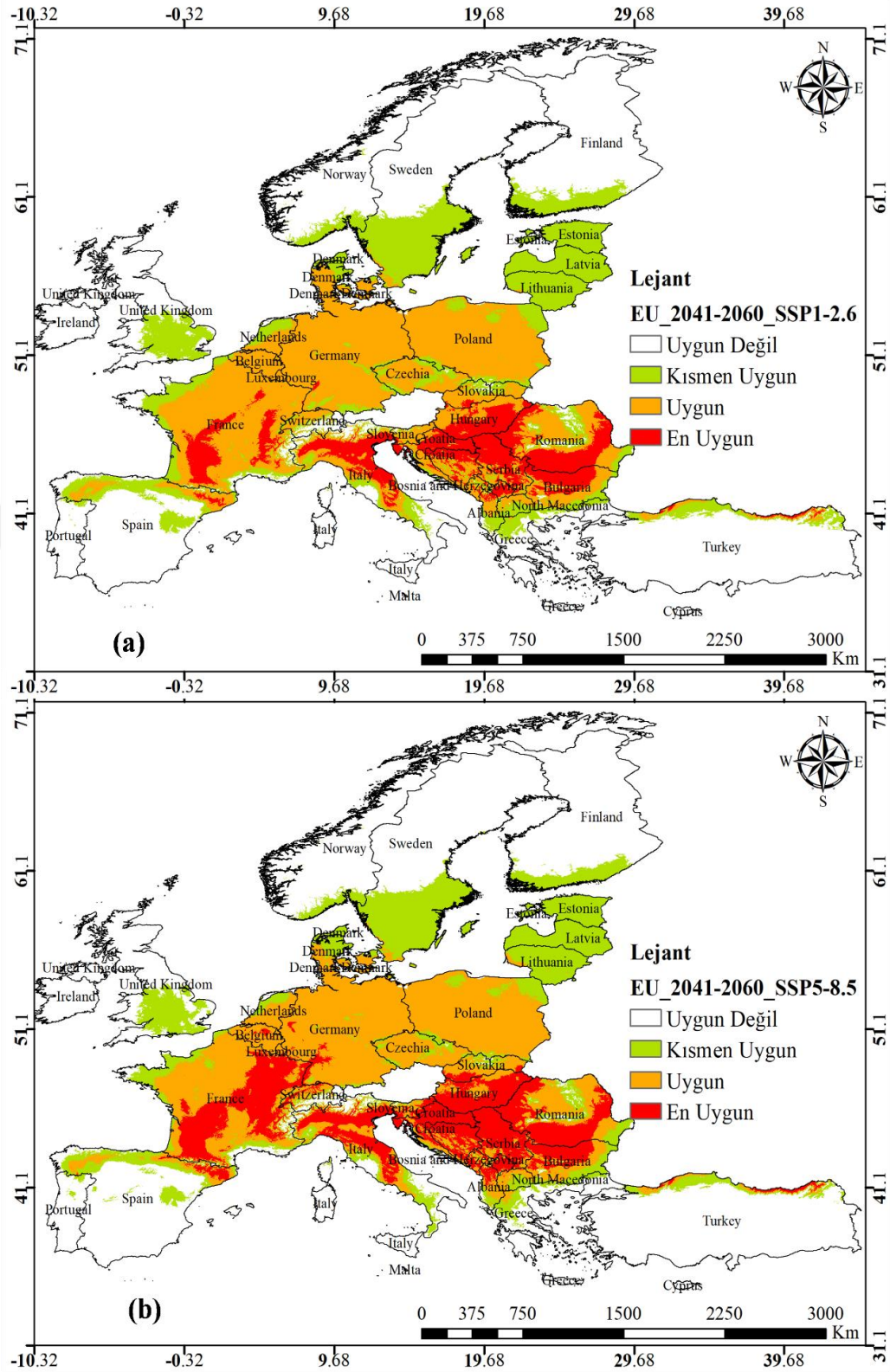
4.3.3. 2041-2060 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları Altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları

2041-2060 dönem için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında, model *A. trifida*'nın Türkiye'de dağılabileceği en uygun alanları Sakarya, Zonguldak, Düzce, Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin illerinde olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.12a, 4.12b). Mevcut iklim koşulları altında tahmin edilen alanlarla kıyasladığımızda bitkinin en uygun alanlarında daralma olacağı tahmin edilmiştir. Fakat en uygun alanlar Karadeniz'in kıyı kısımlarında olacağını tahmin etmiştir.

Avrupa'da 2041-2060 dönem için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında, model *A. trifida*'nın dağılabileceği en uygun alanlarının Fransa, İtalya, Slovenya, Romanya, Bulgaristan, Hırvatistan ve İsviçre'nin bazı bölgeleri ile Lüksemburg'da olacağı tahmin etmiş ve en uygun alanlarında artış yaşanacağı sonucuna varılmıştır (Şekil 4.13a, 4.13b). En uygun alanlarındaki artış ise SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu, SSP5-8.5 senaryosuna kıyasla daha fazla olacağı öngörülmüştür. Bununla birlikte, Slovakya, Macaristan, Polonya, Almanya, Belçika ve Hollanda'nın da tür için çok sayıda uygun habitat alanının olacağı öngörülmüştür.



Şekil 4.12. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye'deki potansiyel dağılım alanları



Şekil 4.13. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa'daki potansiyel dağılım alanları

4.3.4. 2041-2060 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları Altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de Farklı Habitat Uygunluk Kategorilerindeki Alanları

2041-2060 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryoları altında Avrupa'nın %47.18, %15.91, %24.01 ve %12.90 kısmı *A. trifida*'nın için sırasıyla uygun olmadığı, kısmen uygun, uygun ve en uygun olduğu hesaplanmıştır. Avrupa'da SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryo altında bitki için uygun olmayan, kısmen uygun, uygun ve en uygun habitat kategorilerdeki alanı ise sırasıyla 2807, 866, 1504 ve 558 bin km² olmuştur. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryo altında ise kıtanın %46.83, %17.62, %26.80 ve %8.74 alan ise bitkini dağılım için sırasıyla uygun olmadığı, kısmen uygun, uygun ve en uygun olduğu tahmin edilmiştir. Uygun olmayan, kısmen uygun, uygun ve en uygun olan habitat kategorideki alanı ise SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryo altında sırasıyla 2687, 1010, 1538 ve 501 bin km² olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Türkiye'de 2041-2060 iklim koşulları ve SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryo altında ülkenin %89.26, %7.37, %2.40 ve %0.97 kısmı bitki için sırasıyla uygun olmadığı, kısmen uygun, uygun ve uygun olduğu hesaplanmıştır. Bu habitat kategorilerindeki alanı ise sırasıyla 695, 57, 18 ve 7 bin km² olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryo altında bitki için uygun olmayan, kısmen uygun, uygun ve en uygun habitat kategorilerdeki alanı sırasıyla %90.99, %5.64, %1.95 ve %1.42 olmuştur. Bu habitat kategorilerindeki alanı ise 708, 43, 15 ve 11 bin km² olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki hesaplanan dağılım alanları

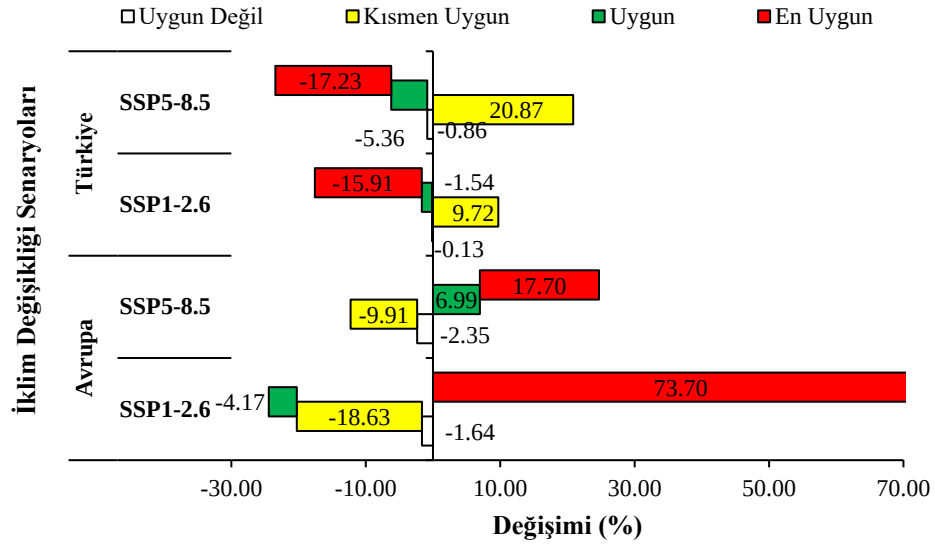
Türkiye				
	SSP1-2.6		SSP5-8.5	
	Alan (bin km ²)	Alan (%)	Alan (bin km ²)	Alan (%)
Uygun Değil	695.65	89.26	708.56	90.99
Kısmen Uygun	57.47	7.37	43.90	5.64
Uygun	18.69	2.40	15.19	1.95
En Uygun	7.54	0.97	11.08	1.42
Avrupa				
Uygun Değil	2706.99	47.18	2687.33	46.83
Kısmen Uygun	913.14	15.91	1010.98	17.62
Uygun	1377.54	24.01	1538.00	26.80
En Uygun	740.28	12.90	501.64	8.74

4.3.5. Avrupa ve Türkiye’de Tahmin Edilen Habitat Değişikliği

2041-2060 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryoları altında habitat kategorideki alanlarındaki değişimini baktığımızda Avrupa’da her iki iklim değişikliği senaryoları altında uygun alanların artış yaşanacağı tahmin edilmiştir. Öte yandan, uygun olmayan ve kısmen uygun olan alanlarda ise her iki iklim değişikliği senaryosu altında bir düşüş olacağı öngörülmüştür. Uygun habitat alanlarında ise SSP1-2.6 senaryosu altında bir düşüş olacağı tahmin edilirken SSP5-8.5 senaryosu altında ise artış olacağı ortaya konulmuştur. Avrupa’da uygun alanlarındaki artışı SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryo altında SSP5-8.5 senaryoya göre daha fazla olacağı tahmin edilmiştir. 2041-2060 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altındaki alanların mevcut iklim altında tahmin edilen en uygun alanlarına kıyasla %73.70 oranında bir artış olacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında ise bu artış %17.70 olacağı tahmin edilmiştir. Diğer yandan SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında mevcut iklim altında tahmin edilen uygun alanlara kıyasla %4.17’lik bir düşüş öngörüldürken, SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında %6.99’luk bir artış olacağı beklenmektedir (Şekil 4.14). Mevcut iklim koşulları altında Avrupa’da uygun olmayan alanlarla kıyasladığımızda 2041-2060 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %1.64 ve %2.35’lik bir düşüş olacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde 2041-2060 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında kısmen uygun alanların sırasıyla %18.63 ve %9.91 oranında bir daralmanın olacağını öngörülmüştür. Bu durum Avrupa’da hafif iklim değişikliği senaryosu altında bitkinin en uygun dağılım alanlarında ciddi bir artışa sebep olacağını öngörmüştür.

2041-2060 dönem için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında habitat kategorilerindeki alanlarındaki değişimine baktığımızda Türkiye’de her iki iklim değişikliği senaryosu altında en uygun ve uygun alanlarında daralma yaşanacağı tahmin edilmiştir. Türkiye’de en uygun alanlardaki düşüşün SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında SSP1-2.6 senaryosuna kıyasla daha fazla olacağı tahmin edilmiştir. 2041-2060 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altındaki en uygun alanların, mevcut iklim altında tahmin edilen en uygun alanlara kıyasla %15.91 oranında bir düşüş olacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında ise bu düşüş %17.23 olacağını tahmin edilmiştir. Diğer yandan

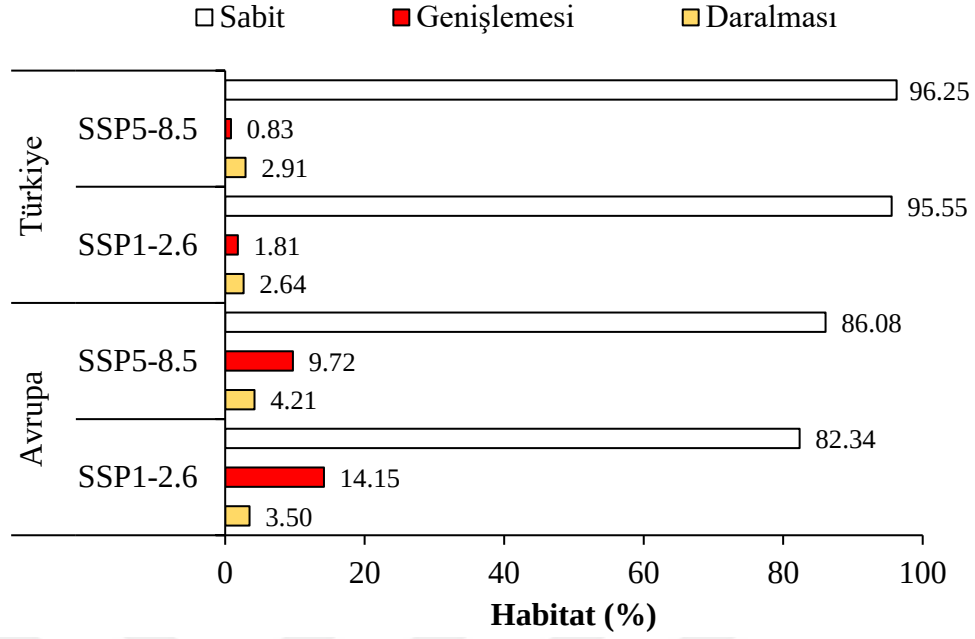
SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryolar altında uygun alanlardaki düşüşün sırasıyla %0.13 ve 0.86 olacağı tahmin edilmiştir (Şekil 4.14). Kısmen uygun alanların ise SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryolar altında sırasıyla %9.72 ve %20.87 oranında artacağı öngörülmüştür. Bu durum Türkiye’de şiddetli iklim değişikliğinin (SSP5-8.5 senaryo) bitkinin en uygun dağılım alanlarında daralma yaşayacağını tahmin edilmiştir.



Şekil 4.14. 2041-2060 dönem için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki farklı habitat kategorilerindeki değişimi

Genel habitat değişimini incelediğimizde, Avrupa'daki habitatın %82.34 ve %86.08 oranında, sırasıyla SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sabit kalacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %14.15 ve %9.72'lik habitatında genişleme yaşanacağı beklenirken %3.50 ve %4.21'lik kısmında ise daralma olacağı tahmin edilmiştir (Şekil 4.15).

Türkiye'deki genel habitat değişimini baktığımızda %95.55 ve %96.25 habitatın sırasıyla SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sabit kalacağı öngörülmüştür. Benzer şekilde SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %2.64 ve %2.91'lik habitatında daralama yaşanacağı beklenirken %1.81 ile %0.83 habitatı genişleyeceği tahmin edilmiştir (Şekil 4.15). Farklı habitat kategorilerindeki detaylı değişimi ise Çizelge 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.15. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki genel habitat değişimi

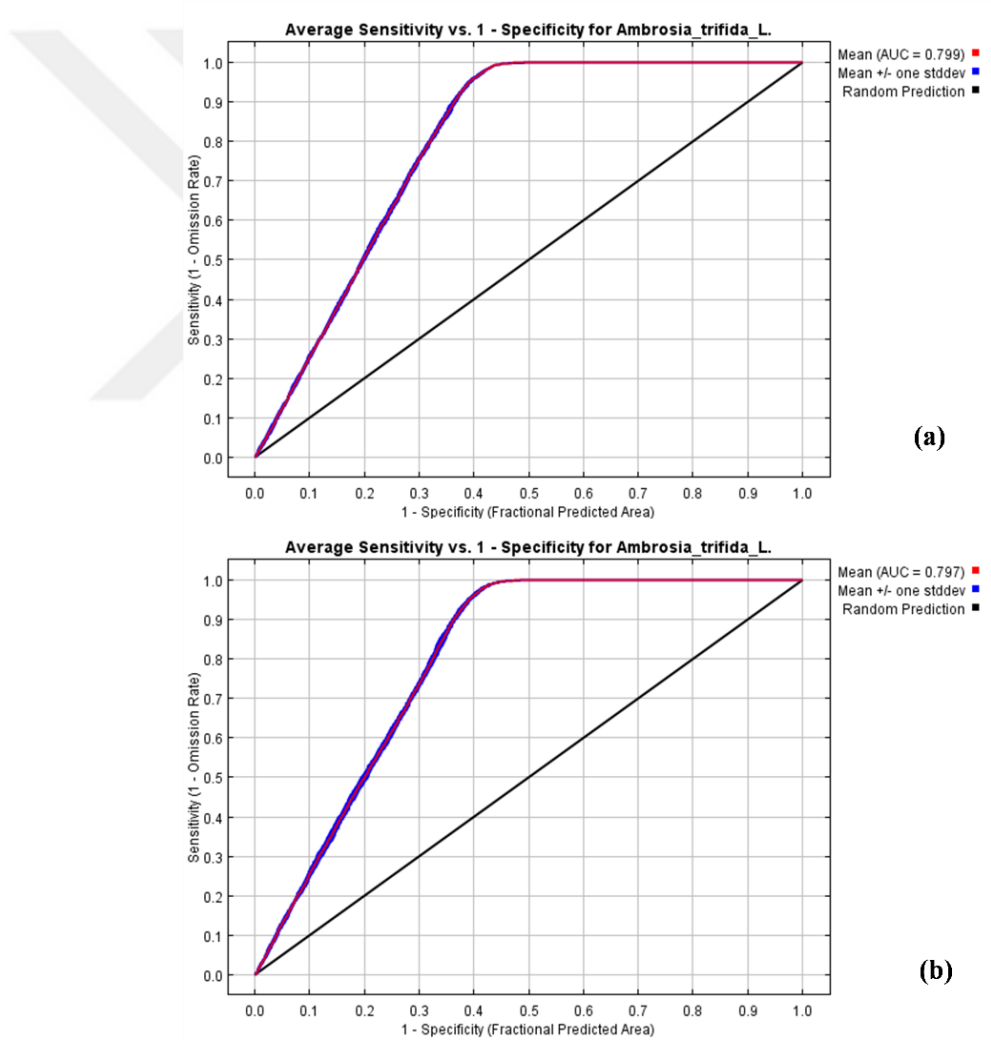
Çizelge 4.5. 2041-2060 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki değişimi

Değişimi	Türkiye				Avrupa			
	SSP1-2.6		SP5-8.5		SSP1-2.6		SSP5-8.5	
Uygun Değil - Uygun Değil	688261	88.38	696689	89.46	2615377	45.58	2615331	45.58
Uygun Değil - Kısmen Uygun	12390	1.59	3997	0.51	136637	2.38	135923	2.37
Uygun Değil - Uygun	37	0.00	-	0.00	97	0.00	855	0.01
Uygun Değil - En Uygun	-	-	-	-	-	-	-	-
Kısmen Uygun - Uygun Değil	6855	0.88	11871	1.52	71952	1.25	91661	1.60
Kısmen Uygun - Kısmen Uygun	38388	4.93	33588	4.31	794413	13.84	710134	12.38
Kısmen Uygun - Uygun	1141	0.15	925	0.12	255788	4.46	319173	5.56
Kısmen Uygun - En Uygun	-	-	-	-	-	-	1185	0.02
Uygun - Uygun Değil	-	-	-	-	-	-	-	-
Uygun - Kısmen Uygun	6651	0.85	6316	0.81	79934	1.39	67083	1.17
Uygun - Uygun	10449	1.34	9757	1.25	1192598	20.78	1015383	17.70
Uygun - En Uygun	547	0.07	1574	0.20	164970	2.88	355036	6.19
En Uygun - Uygun Değil	-	-	-	-	-	-	-	-
En Uygun - Kısmen Uygun	-	-	-	-	-	-	-	-
En Uygun - Uygun	7039	0.90	4508	0.58	89522	1.56	42132	0.73
En Uygun - En Uygun	6974	0.90	9505	1.22	336669	5.87	384059	6.69

4.4. 2061-2080 Dönemi için ve SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 CMIP6 İklim Değişikliği Senaryoları Altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları

4.4.1. Modelin Tahmin Gücü

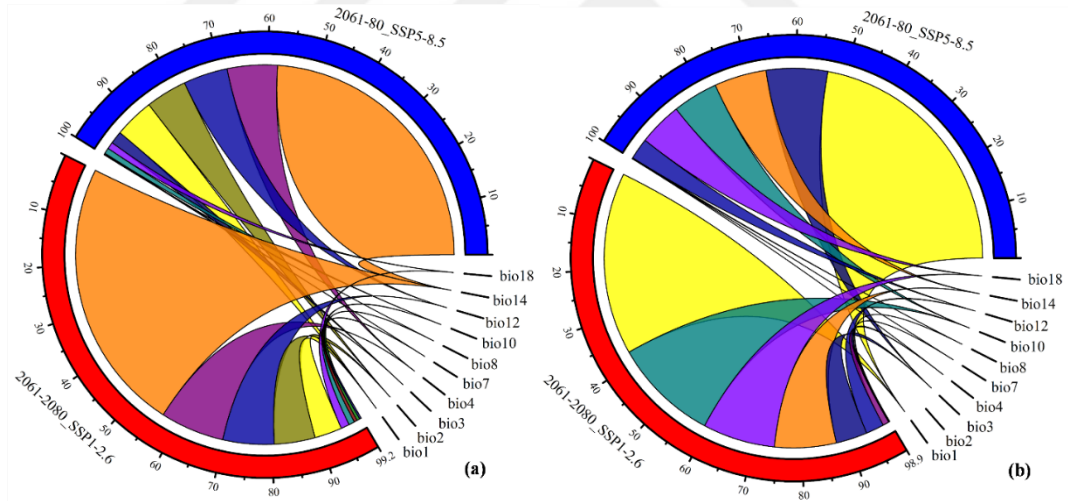
2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *A. trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modelin AUC değerleri 0.79 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.16a, 4.16b). Bu AUC değeri, modelin potansiyel dağılım alanlarının yüksek doğrulukla tahmin ettiğini göstermektedir.



Şekil 4.16. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 (a) ile SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarını tahmininde kullanılan MaxEnt modelin tahmin gücü

4.4.2. *Ambrosia trifida*'nın Potansiyel Dağılım Alanlarını Etkileyen İklim Faktörleri

2061-2080 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *A. trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki potansiyel dağılım alanlarının belirlemek amacıyla kullanılan MaxEnt modelindeki biyoklimatik değişkenlerin modele katkısına baktığımızda her iki iklim değişikliği senaryosu altında, modelle en yüksek katkıyı bio14 (en kurak ayın yağışı) sağladığını, bunu sırasıyla bio4 (sıcaklık mevsimselliği) ve bio12 (yıllık yağış) takip ettiğini görülmüştür. Bu biyoklimatik değişkenlerin permütasyon önemine baktığımızda her iki iklim değişikliği senaryoları altında en fazla permütasyon önemine sahip değişkenlerin bio1 (yıllık ortalama sıcaklık), bio3 (izotermalite), bio18 (en sıcak çeyreğin yağışı) ve bio14 (en kurak ayın yağışı) olduğu belirlenmiştir. Bu parametrelerdeki değişiklikler, *A. trifida*'nın gelecekte farklı iklim değişikliği senaryoları altında bitkinin dağılımını etkileyeceği öngörülmektedir (Şekil 4.17a, 4.17b).

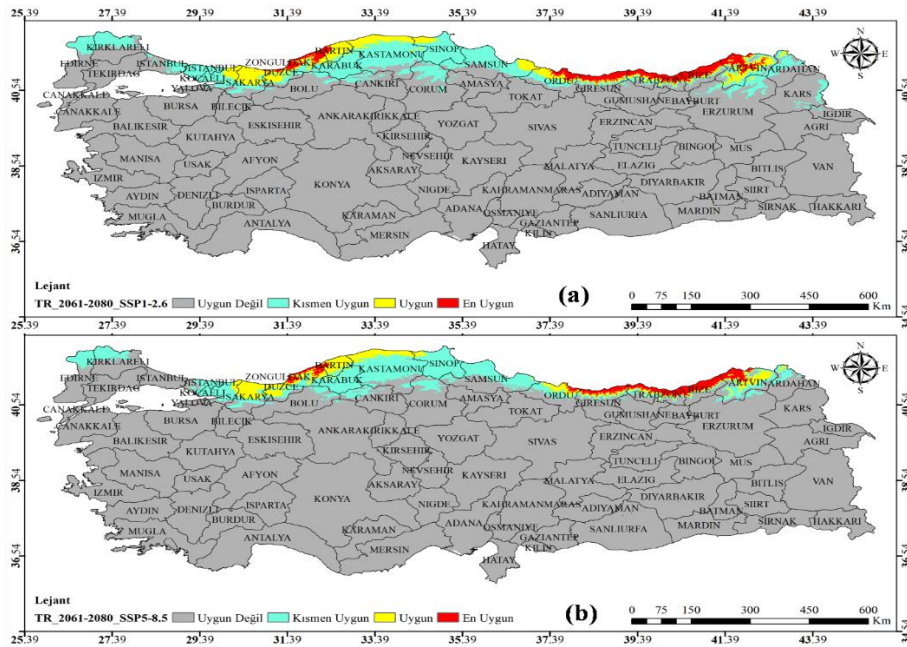


Şekil 4.17. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modele dahil edilen biyoklimatik değişkenlerinin modele katkısı (a) ve permütasyon önemi (b)

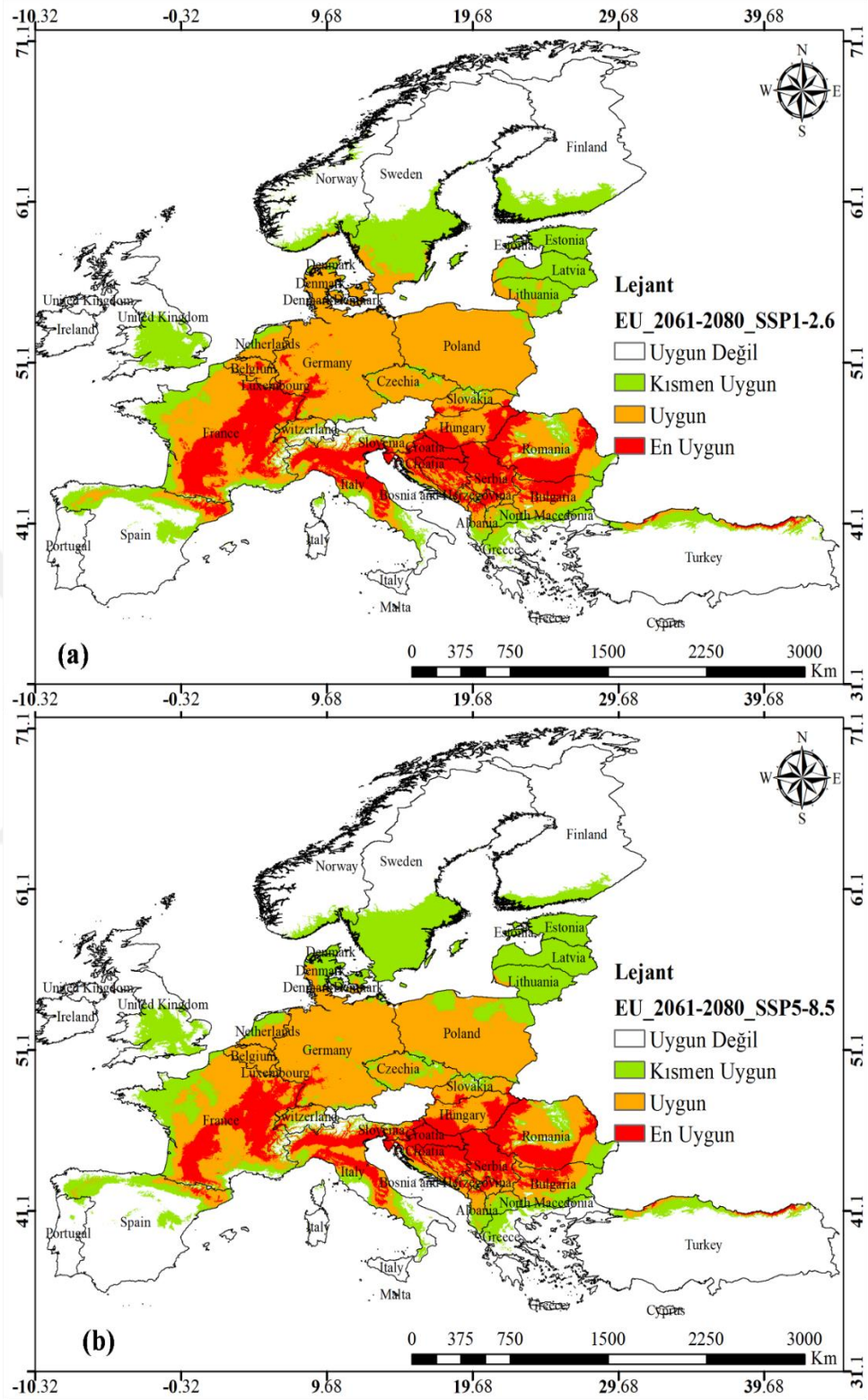
4.4.3. 2061-2080 Dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları Altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları

2061-2080 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında model *A. trifida*'nın Türkiye'de dağılabileceği en uygun alanları Sakarya, Zonguldak, Düzce, Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin illerinde olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.18a, 4.18b). Mevcut iklim koşulları altında tahmin edilen alanlarla kıyasladığımızda bitkinin en uygun alanlarında daralma olacağı tahmin edilmiştir. Fakaten uygun alanlar Karadeniz'in kıyı kısımlarında olacağını tahmin etmiştir.

Avrupa'da 2061-2080 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında model *A. trifida*'nın dağılabileceği en uygun alanlarının Fransa, İtalya, Slovenya, Romanya, Bulgaristan, Hırvatistan ve İsviçre'nin bazı bölgeleri ile Lüksemburg'da olacağı tahmin etmiştir. Ayrıca en uygun alanlarından da artış yaşanacağı sonucuna varılmıştır (Şekil 4.19a, 4.19b). En uygun alanlarındaki artış SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu da SSP5-8.5 senaryosuna kıyasla daha fazla olacağı öngörülmüştür. Bununla birlikte, Slovakya, Macaristan, Polonya, Almanya, Belçika ve Hollanda'nın da tür için çok sayıda uygun habitat alanı olacağı tahmin edilmiştir.



Şekil 4.18. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 (a) ve SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye'deki potansiyel dağılım alanları



Şekil 4.19. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 (a) ve SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa'daki potansiyel dağılım alanları

4.4.4. 2061-2080 Dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de Farklı Habitat Uygunluk Kategorilerindeki Alanları

2061-2080 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında Avrupa'nın %45.73, %16.11, %26.14, ve %12.02 kısmı *A. trifida*'nın için sırasıyla uygun olmadığı, kısmen uygun, uygun ve en uygun olduğu hesaplanmıştır. Avrupa'da SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında bitki için uygun olmayan, kısmen uygun, uygun ve en uygun habitat kategorilerdeki alanı ise sırasıyla 2624, 924, 1500, ve 689 bin km² olmuştur. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında kıtanın %48.05, %17.91, %23.90, ve %10.15 alanı bitkini dağılım için sırasıyla uygun olmadığı, kısmen uygun, uygun ve en uygun olduğu tahmin edilmiştir. Uygun olmayan, kısmen uygun, uygun ve en uygun olan habitat kategorilerindeki alanı SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında sırasıyla 2757, 1027, 1371, ve 582 bin km² olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Türkiye'de 2061-2080 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryo altında ülkenin %89.87, %6.70, %2.19 ve %1.24 kısmı bitki için sırasıyla uygun olmadığı, kısmen uygun, uygun ve en uygun olduğu hesaplanmıştır. Bu habitat kategorilerindeki alanı ise sırasıyla 699, 52, 17 ve 9.66 bin km² olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında bitki için uygun olmayan, kısmen uygun, uygun ve en uygun habitat kategorilerdeki alanı sırasıyla %91.51, %5.80, %1.79, ve %0.90 bulunmuştur. Bu habitat kategorilerindeki alanı ise 712, 45, 13 ve 7.03 bin km² olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki hesaplanan dağılım alanları

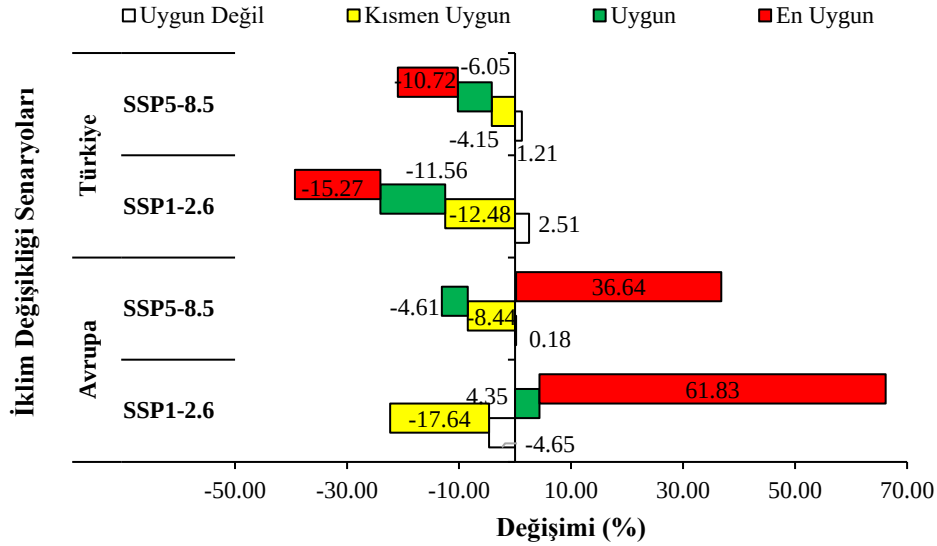
Türkiye				
	SSP1-2.6		SSP5-8.5	
	Alan (bin km ²)	Alan (%)	Alan (bin km ²)	Alan (%)
Uygun Değil	699.86	89.87	712.64	91.51
Kısmen Uygun	52.19	6.70	45.14	5.80
Uygun	17.02	2.19	13.92	1.79
En Uygun	9.66	1.24	7.03	0.90
Avrupa				
Uygun Değil	2624.02	45.73	2757.03	48.05
Kısmen Uygun	924.19	16.11	1027.39	17.91
Uygun	1500.03	26.14	1371.19	23.90
En Uygun	689.72	12.02	582.34	10.15

4.4.5. Avrupa ve Türkiye’de Tahmin Edilen Habitat Değişikliği

2061-2080 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında habitat kategorideki alanlarındaki değişimini baktığımızda Avrupa’da her iki iklim değişikliğe senaryolar altında en uygun alanlarında artış yaşanacağı tahmin edilmiştir. Öte yandan uygun alanlarında ise SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryo altında artış tahmin edilirken SSP5-8.5 senaryo altında düşüş olacağı öngörülmüştür. Nitekim uygun olmayan ve kısmen uygun olan alanlarda ise her iki iklim değişikliği senaryosu altında düşüş olacağı öngörülmüştür. Avrupa’da en uygun alanlarındaki artışın SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında SSP5-8.5 senaryosuna kıyasla daha fazla olacağı tahmin edilmiştir. 2061-2080 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altındaki alanların mevcut iklim altında tahmin edilen en uygun alanlara kıyasla %61.83 oranında bir artış olacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında ise bu artış %36.64 olacağı tahmin edilmiştir. Diğer yandan SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında, mevcut iklim altında tahmin edilen uygun alanlara kıyasla %4.35 artış olacağı beklenirken, SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında ise %4.61’lik bir düşüş olacağı tahmin edilmiştir (Şekil 4.20). Mevcut iklim koşulları altında Avrupa’da uygun olmayan alanlarıyla kıyasladığımızda 2061-2080 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %4.65 ve %0.18’lik düşüş olacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde 2061-2080 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında kısmen uygun alanları ise sırasıyla %17.64 ve %8.44 oranında daralacağı öngörülmüştür. Bu durum Avrupa’da hafif iklim değişikliği (SSP1-2.6 senaryo) bitkinin en uygun habitat dağılım alanlarında ciddi artışa sebep olacağını öngörmüştür.

2061-2080 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryoları altında habitat kategorilerindeki alanların değişimine baktığımızda Türkiye’de her iki iklim değişikliği senaryosu altında en uygun, uygun ve kısmen uygun alanlarında daralma yaşanacağı tahmin edilmiştir. Öte yandan uygun olmayan alanlarında ise her iki iklim değişikliği senaryosu altında hafif artış olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye’de en uygun alanlarındaki düşüş SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında SSP1-2.6 senaryoya kıyasla daha az olacağı tahmin edilmiştir. 2061-2080 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altındaki en uygun alanların, mevcut iklim altında tahmin edilen

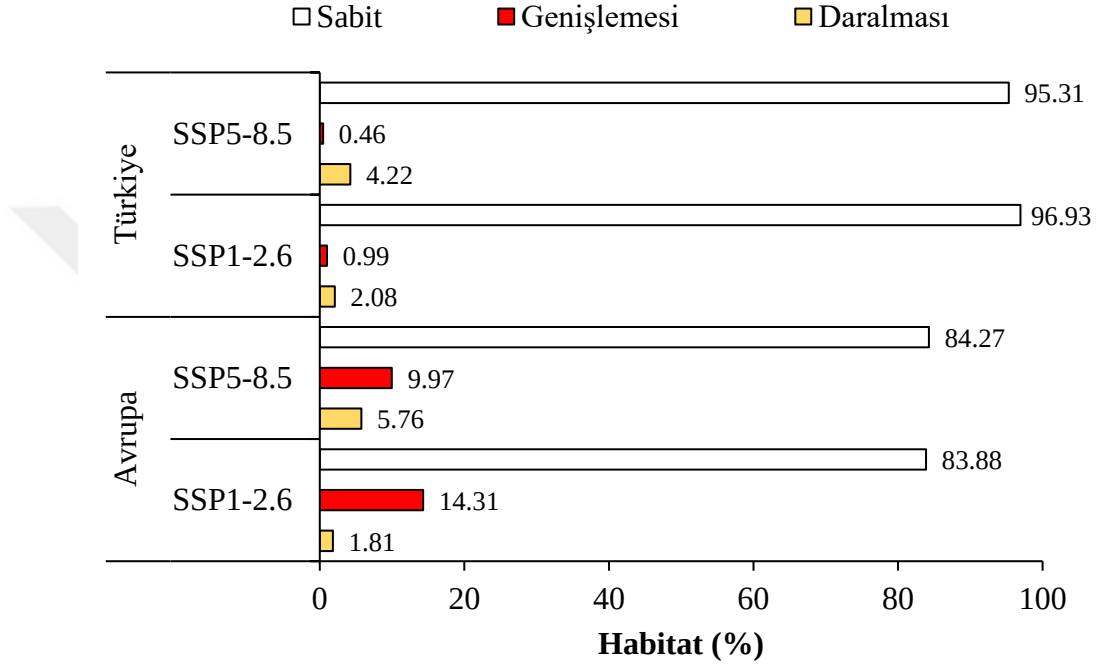
en uygun alanlara kıyasla %15.27 oranında bir düşüş olacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında ise bu düşüşün %10.72 olacağı tahmin edilmiştir. Diğer yandan SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında uygun alanlarda sırasıyla %11.65 ve %6.05 oranında daralma olacağı tahmin edilmiştir (Şekil 4.20). Benzer şekilde SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında kısmen uygun alanlarda sırasıyla %12.48 ve %4.15 oranında daralma olacağı tahmin edilmiştir. Uygun olmayan alanlarında ise SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %2.51 ve %1.21 oranında bir artış söz konusu olacağı tahmin edilmiştir. Bu durum Türkiye’de hafif ve şiddetli iklim değişikliği bitkinin uygun dağılım alanlarında daralma meydana getireceği tahmin edilmiştir.



Şekil 4.20. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*’nın Avrupa ve Türkiye’deki farklı habitat kategorilerindeki değişimi

Genel habitat değişimine baktığımızda Avrupa’daki habitatın %83.88 ve %84.27 oranında, sırasıyla SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sabit kalacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %14.31 ve %9.97’lik habitatında genişleme yaşanacağı beklenirken %1.81 ve %5.76’lık kısmında daralma olacağı tahmin edilmiştir (Şekil 4.21).

Türkiye’deki genel habitat değişimini baktığımızda habitatın %96.93 ve %95.31 oranında, sırasıyla SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sabit kalacağı öngörülmüştür. Benzer şekilde SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %2.08 ve %4.22’lik habitatında daralama yaşanacağı beklenirken, habitatın %0.99 ve %0.46 oranında genişleyeceği tahmin edilmiştir (Şekil 4.21). Farklı habitat kategorilerindeki detaylı değişimi ise Çizelge 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.21. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*’nın Avrupa ve Türkiye’deki genel habitat değişimi

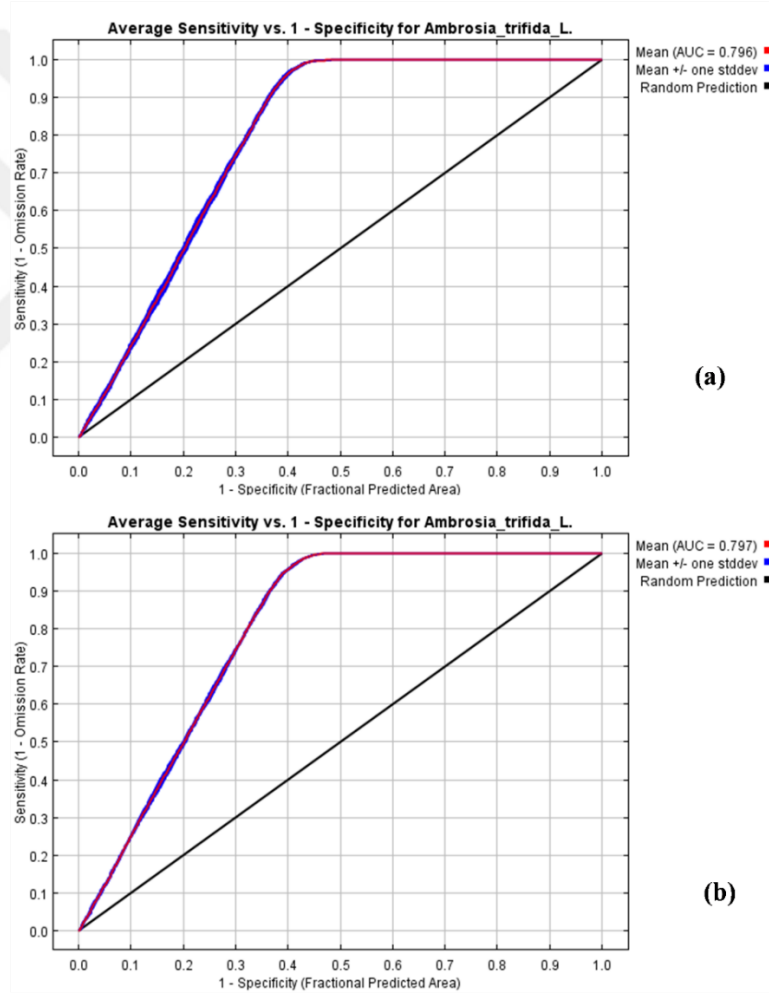
Çizelge 4.7. 2061-2080 dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*’nın Avrupa ve Türkiye’de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki değişimi

Değişimi	Türkiye				Avrupa			
	SSP1-2.6		SP5-8.5		SSP1-2.6		SSP5-8.5	
Uygun Değil - Uygun Değil	694739	89.21	698233	89.66	2586998	45.09	2637394	45.96
Uygun Değil - Kısmen Uygun	5948	0.76	2454	0.32	164919	2.87	114623	2.00
Uygun Değil - Uygun	-	-	-	-	194	-	93	0.00
Uygun Değil - En Uygun	-	-	-	-	-	-	-	-
Kısmen Uygun - Uygun Değil	5119	0.66	14198	1.82	37022	0.65	119424	2.08
Kısmen Uygun - Kısmen Uygun	40809	5.24	32022	4.11	727019	12.67	794731	13.85
Kısmen Uygun - Uygun	457	0.06	165	0.02	358042	6.24	207996	3.62
Kısmen Uygun - En Uygun	-	-	-	-	69	0.00	1	0.00
Uygun - Uygun Değil	2	0.00	212	0.03	2	0.00	212	0.00
Uygun - Kısmen Uygun	5437	0.70	10497	1.35	32256	0.56	117870	2.05
Uygun - Uygun	10916	1.40	5949	0.76	1107357	19.30	1070206	18.65
Uygun - En Uygun	1293	0.17	989	0.13	297888	5.19	249215	4.34
En Uygun - Uygun Değil	-	-	-	-	-	-	-	-
En Uygun - Kısmen Uygun	-	-	166	0.02	-	-	166	0.00
En Uygun - Uygun	5648	0.73	7807	1.00	34432	0.60	92898	1.62
En Uygun - En Uygun	8365	1.07	6041	0.78	391759	6.83	333127	5.81

4.5. 2081-2100 Dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 CMIP6 İklim Değişikliği Senaryoları Altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki Potansiyel Dağılım Alanları

4.5.1. Modelin Tahmin Gücü

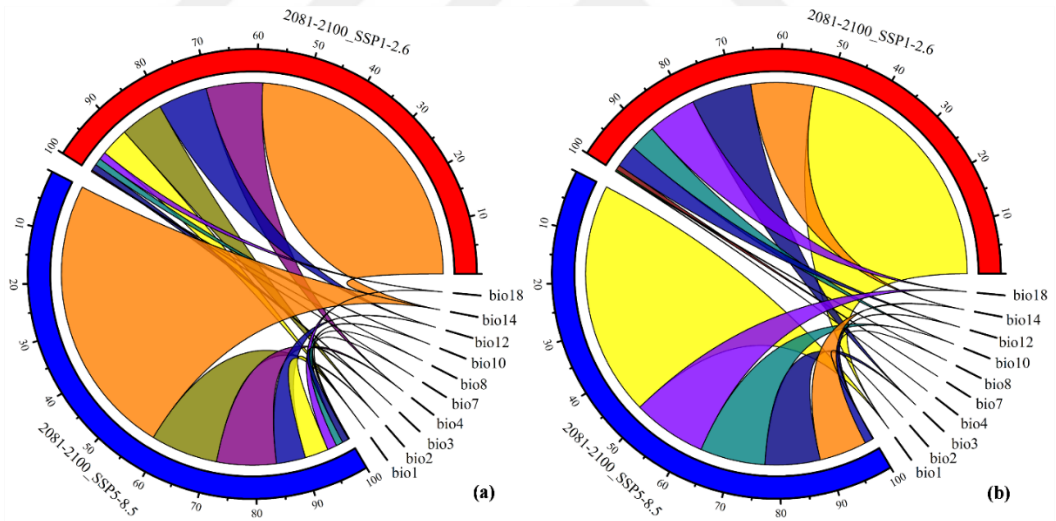
2081-2100 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *A. trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modelin AUC değerleri 0.79 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.22a, 4.22b). Bu AUC değeri, modelin potansiyel dağılım alanlarının yüksek doğrulukla tahmin ettiğini göstermektedir.



Şekil 4.22. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 (a) ve SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarını tahmininde kullanılan MaxEnt modelin tahmin gücü

4.5.2. *Ambrosia trifida*'nın Potansiyel Dağılım Alanlarını Etkileyen İklim Faktörleri

2081-2100 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *A. trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki potansiyel dağılım alanlarının belirlemek amacıyla kullanılan MaxEnt modelindeki biyoklimatik değişkenlerin modele katkısına baktığımızda her iki iklim değişikliği senaryosu altında, modelle en yüksek katkıyı bio14 (en kurak ayın yağışı) sağladığını, bunu sırasıyla bio4 (sıcaklık mevsimselliği) ve bio12 (yıllık yağış) takip ettiğini görülmüştür. Bu biyoklimatik değişkenlerin permütasyon önemine baktığımızda her iki iklim değişikliği senaryosu altında en fazla permütasyon önemine sahip değişkenlerin bio1 (yıllık ortalama sıcaklık), bio3 (izotermalite), bio18 (en sıcak çeyreğin yağışı) ve bio14 (en kurak ayın yağışı) olduğu belirtilmiştir. Bu parametrelerdeki değişiklikler, *A. trifida*'nın gelecekte farklı iklim değişikliği senaryoları altında bitkinin dağılımını etkileyeceği öngörülmektedir (Şekil 4.23a, 4.23b).



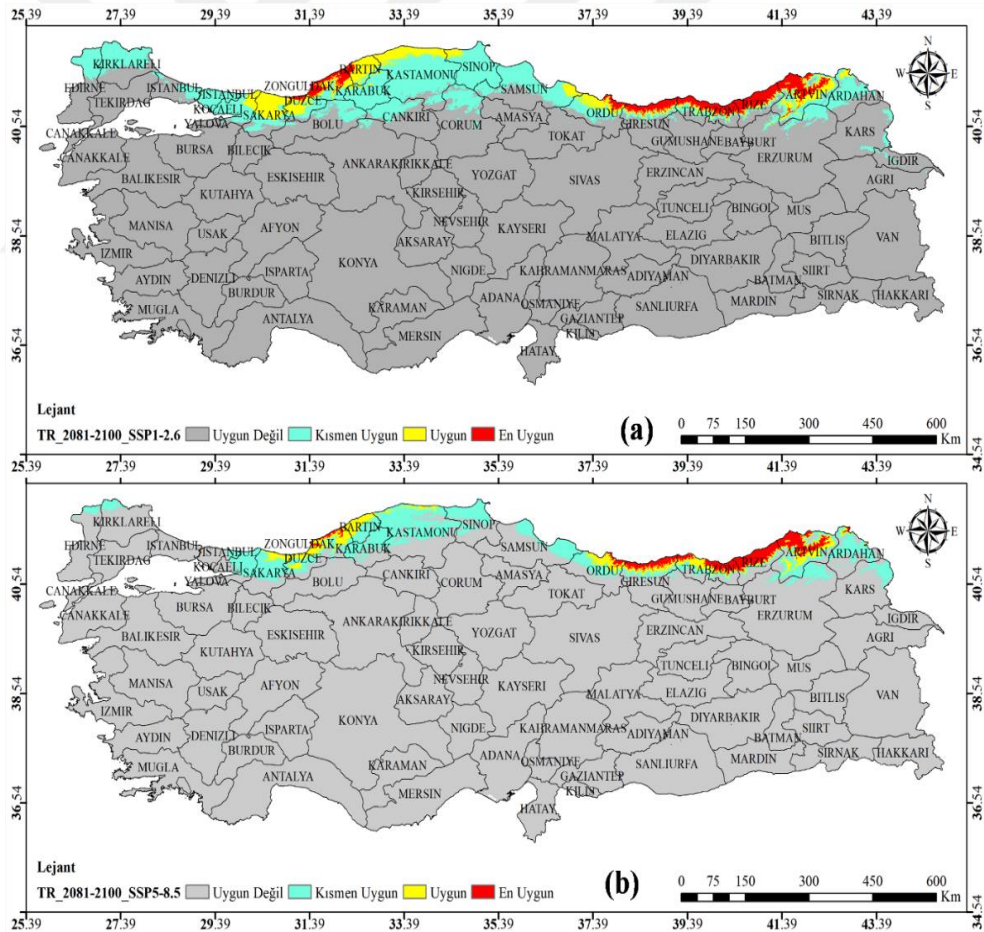
Şekil 4.23. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye ve Avrupa'daki potansiyel dağılım alanlarının tahmin etmek amacıyla kullanılan MaxEnt modele dahil edilen biyoklimatik değişkenlerinin modele katkısı (a) ve permütasyon önemi (b)

4.5.3. 2081-2100 Dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları Altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki Potansiyel Dağılım Alanları

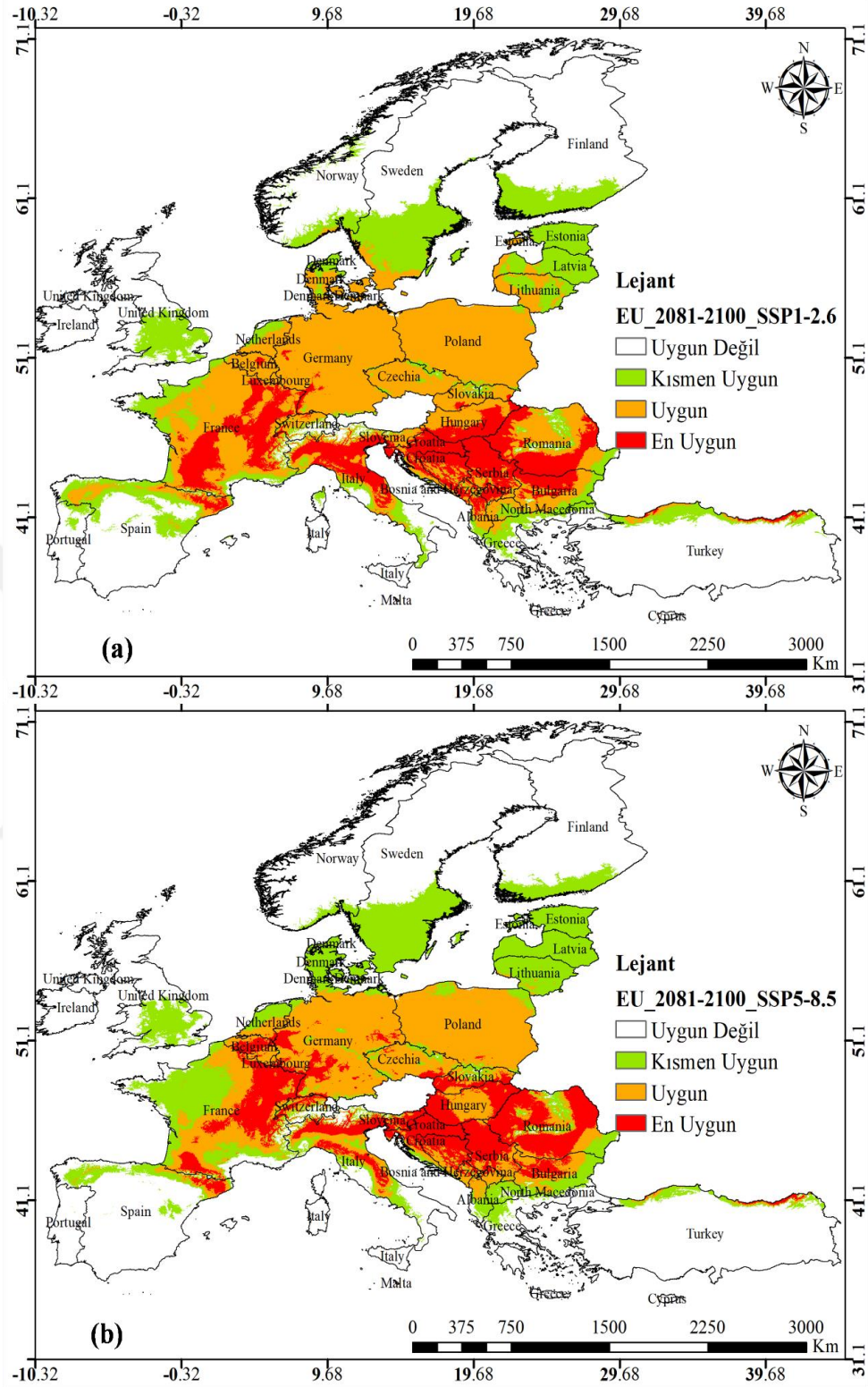
2081-2100 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında model *A. trifida*'nın Türkiye'de dağılabileceği en uygun alanları Sakarya,

Zonguldak, Düzce, Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin illerinde olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.24a, 4.24b). Mevcut iklim koşulları altında tahmin edilen alanlarla kıyasladığımızda bitkinin en uygun alanlarında daralma olacağı tahmin edilmiştir. Fakat en uygun alanlar Karadeniz'in kıyı kısımlarında olacağını tahmin etmiştir.

Avrupa'da 2081-2100 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında model *A. trifida*'nın dağılabileceği en uygun alanlarının Fransa, İtalya, Slovenya, Romanya, Bulgaristan, Hırvatistan ve İsviçre'nin bazı bölgeleri ile Lüksemburg'da olacağı tahmin etmiş ve en uygun alanlarında artış yaşanacağı sonucuna varılmıştır (Şekil 4.25a, 4.25b). En uygun alanlarındaki artışın SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında SSP5-8.5 senaryosuna kıyasla daha fazla olacağı öngörülmüştür. Bununla birlikte, Slovakya, Macaristan, Polonya, Almanya, Belçika ve Hollanda'nın da tür için çok sayıda uygun alanı olacağı tahmin edilmiştir.



Şekil 4.24. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 (a) ve SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Türkiye'deki potansiyel dağılım alanları



Şekil 4.25. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 (a) ve SSP5-8.5 (b) iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa'daki potansiyel dağılım alanları

4.5.4. 2081-2100 Dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 İklim Değişikliği Senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de Farklı Habitat Uygunluk Kategorilerindeki Alanları

2081-2100 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında Avrupa'nın %44.46, %16.46, %27.81 ve %11.28 kısmının *A. trifida* için sırasıyla uygun olmadığı, kısmen uygun, uygun ve en uygun olduğu hesaplanmıştır. Avrupa'da SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında bitki için uygun olmayan, kısmen uygun, uygun ve en uygun habitat kategorilerindeki alanın sırasıyla 2550, 944, 1595 ve 647 bin km² olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında ise kıtanın %49.80, %18.17, %20.23 ve % 11.81'lik alanı bitkini dağılım için sırasıyla uygun olmadığı, kısmen uygun, uygun ve en uygun olduğu tahmin edilmiştir. Uygun olmayan, kısmen uygun, uygun ve en uygun olan habitat kategorilerindeki alanların SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında sırasıyla 2587, 1042, 1160 ve 677 bin km² olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Türkiye'de 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında, ülkenin %89.26'sının bitki için uygun olmadığı, %7.56'sının kısmen uygun, %1.99'unun uygun ve %1.19'unun ise en uygun alan olarak belirlendiği hesaplanmıştır. Bu habitat kategorilerindeki alanı ise sırasıyla 695, 58, 15 ve 9.30 bin km² olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında bitki için uygun olmayan, kısmen uygun, uygun ve en uygun habitat kategorilerindeki alanı sırasıyla %93.45, %4.51, %1.18 ve %0.86 olmuştur. Bu habitat kategorilerindeki alanı ise 727, 35, 9, ve 6.67 bin km² olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki hesaplanan dağılım alanları

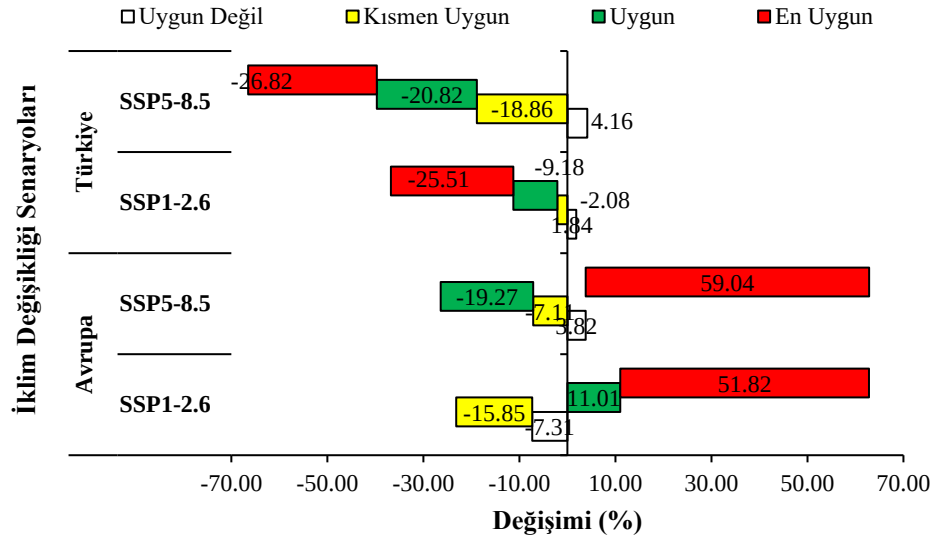
Türkiye				
	SSP1-2.6		SSP5-8.5	
	Alan (bin km ²)	Alan (%)	Alan (bin km ²)	Alan (%)
Uygun Değil	695.10	89.26	727.76	93.45
Kısmen Uygun	58.87	7.56	35.11	4.51
Uygun	15.47	1.99	9.19	1.18
En Uygun	9.30	1.19	6.67	0.86
Avrupa				
Uygun Değil	2550.82	44.46	2857.28	49.80
Kısmen Uygun	944.30	16.46	1042.36	18.17
Uygun	1595.80	27.81	1160.50	20.23
En Uygun	647.03	11.28	677.81	11.81

4.5.5. Avrupa ve Türkiye'de Tahmin Edilen Habitat Değişikliği

2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında, Avrupa'da habitat kategorilerindeki alanların değişim incelendiğinde, her iki iklim değişikliği senaryosunda da en uygun alanlarda artış yaşanacağı tahmin edilmiştir. Öte yandan uygun alanlarda ise SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında artış tahmin edilirken SSP5-8.5 senaryosu altında düşüş olacağı öngörülmüştür. Nitekim, kısmen uygun olan alanlarında ise her iki iklim değişikliği senaryosu altında bir düşüş yaşanacağı öngörülmüştür. Avrupa'da en uygun alanlarındaki artışın SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında SSP5-8.5 senaryosuna kıyasla daha az olacağı tahmin edilmiştir. 2081-2100 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altındaki alanların mevcut iklim altında tahmin edilen en uygun alanlarına kıyasla %51.82 oranında bir artış olacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında ise bu artış %59.04 olacağı tahmin edilmiştir. Diğer yandan SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında, mevcut iklim altında tahmin edilen uygun alanlara kıyasla %11.01 artış olacağı beklenirken SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında ise %19.27'lik bir düşüş olacağı tahmin edilmiştir (Şekil 4.26). Mevcut iklim koşulları altında Avrupa'da uygun olmayan alanlarıyla kıyasladığımızda 2081-2100 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında %7.31'lik düşüş olacağı tahmin edilirken SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında ise %3.82 oranında bir artış olacağı öngörülmektedir. Nitekim 2081-2100 dönem için SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında kısmen uygun alanların ise sırasıyla %15.85 ve %7.11 oranında daralacağı öngörülmüştür. Bu durum

Avrupa’da hafif ve şiddetli iklim değişikliğinin bitkinin en uygun habitat dağılım alanlarında ciddi artışa sebep olacağını öngörmüştür.

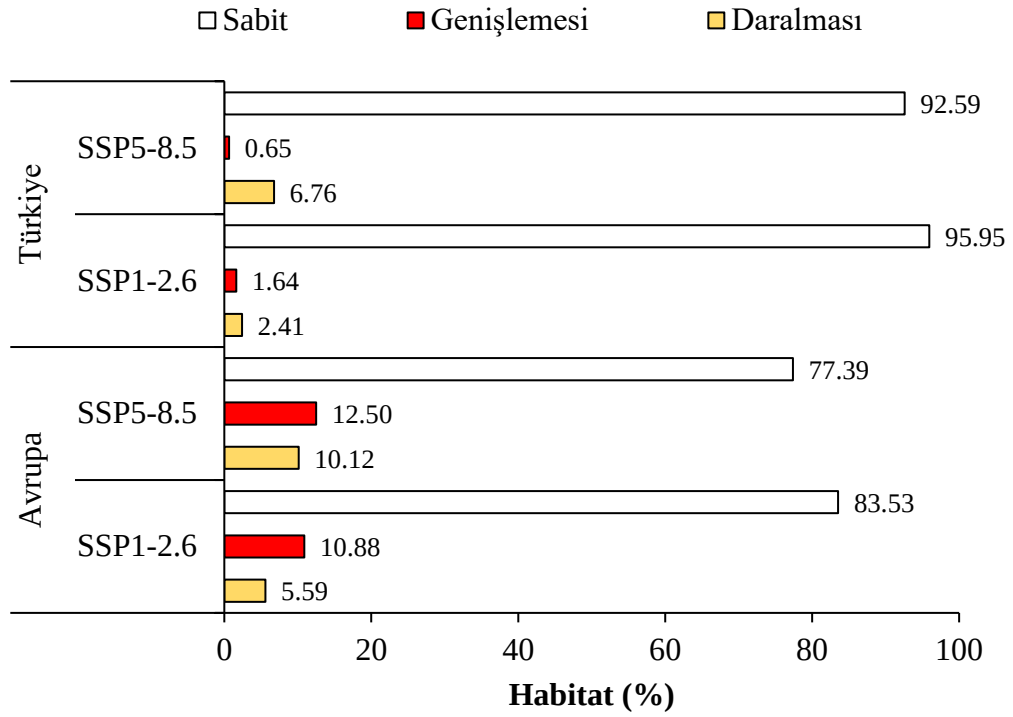
2081-2100 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altında habitat kategorilerindeki alanların değişimine baktığımızda Türkiye’de her iki iklim değişikliğe senaryosu altında en uygun, uygun ve kısmen uygun alanlarında daralma yaşanacağı tahmin edilmiştir. Öte yandan uygun olmayan alanlarında ise her iki iklim değişikliği senaryosu altında hafif bir artışın olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye’de en uygun alanlarındaki düşüşün SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında, SSP1-2.6 senaryosuna kıyasla daha fazla olacağı tahmin edilmiştir. 2081-2100 dönem için SSP1-2.6 iklim değişikliği senaryosu altındaki en uygun alanların mevcut iklim altında tahmin edilen en uygun alanlara kıyasla %25.51 oranında bir düşüş olacağını tahmin edilmiştir. Benzer şekilde SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryosu altında ise bu düşüşün %26.82 olacağı tahmin edilmiştir. Diğer yandan SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryolar altında uygun alanlarda sırasıyla %9.18 ve %20.82 oranında daralma olacağı tahmin edilmiştir (Şekil 4.26). Benzer şekilde SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında da kısmen uygun alanların sırasıyla %1.84 ve %18.86 oranında daralma olacağı tahmin edilmiştir. Uygun olmayan alanlarda ise SSP1-2.6 ve SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %1.84 ve %4.16 oranında bir artış söz konusu olacağı tahmin edilmiştir. Bu durum Türkiye’de hafif ve şiddetli iklim değişikliği senaryoların bitkinin uygun habitat dağılım alanlarında daralma meydana getireceği tahmin edilmiştir.



Şekil 4.26. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki farklı habitat kategorilerindeki değişimi

Genel habitat değişimini baktığımızda Avrupa'da %83.53 ve %77.39 habitatın sırasıyla SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sabit kalacağı tahmin edilmiştir. Benzer şekilde SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %10.88 ve %12.50'lik habitatında genişleme yaşanacağı beklenirken %5.59 ve %10.12'lik kısmında daralma olacağı tahmin edilmiştir (Şekil 4.27).

Türkiye'deki genel habitat değişimini baktığımızda %95.95 ve %92.59 habitatın sırasıyla SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sabit kalacağı öngörülmüştür. Benzer şekilde SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında sırasıyla %2.41 ve %6.76'lık habitatında daralama yaşanacağı beklenirken %1.64 ile %0.65 habitatı genişleyeceği tahmin edilmiştir (Şekil 4.27). Farklı habitat kategorilerindeki detaylı değişimi ise Çizelge 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.27. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'deki genel habitat değişimi

Çizelge 4.9. 2081-2100 dönemi için SSP1-2.6 ile SSP5-8.5 iklim değişikliği senaryoları altında *Ambrosia trifida*'nın Avrupa ve Türkiye'de farklı habitat uygunluk kategorilerindeki değişimi

Değişimi	Türkiye				Avrupa			
	SSP1-2.6		SP5-8.5		SSP1-2.6		SSP5-8.5	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Uygun Değil - Uygun Değil	690235	88.64	697220	89.53	2531824	44.12	2657140	46.31
Uygun Değil - Kısmen Uygun	10452	1.34	3467	0.45	219174	3.82	94924	1.65
Uygun Değil - Uygun	-	-	-	-	1112	0.02	45	0.00
Uygun Değil - En Uygun	-	-	-	-	-	-	-	-
Kısmen Uygun - Uygun Değil	4866	0.62	30524	3.92	18998	0.33	198890	3.47
Kısmen Uygun - Kısmen Uygun	40869	5.25	15613	2.00	699277	12.19	706176	12.31
Kısmen Uygun - Uygun	649	0.08	248	0.03	403657	7.03	216909	3.78
Kısmen Uygun - En Uygun	-	-	-	-	221	0.00	178	0.00
Uygun - Uygun Değil	-	-	18	0.00	-	-	1250	0.02
Uygun - Kısmen Uygun	7544	0.97	13471	1.73	25850	0.45	226903	3.95
Uygun - Uygun	8444	1.08	2839	0.36	1163343	20.27	804361	14.02
Uygun - En Uygun	1659	0.21	1318	0.17	248309	4.33	404988	7.06
En Uygun - Uygun Değil	-	-	-	-	-	-	-	-
En Uygun - Kısmen Uygun	-	-	2555	0.33	-	-	14360	0.25
En Uygun - Uygun	6376	0.82	6105	0.78	27687	0.48	139188	2.43
En Uygun - En Uygun	7637	0.98	5353	0.69	398504	6.95	272643	4.75

5. TARTIŞMA

Tür dağılım modelleri, hedef türlerin yeni yerleşim yerlerine gelmeden önce giriş riskini ve yayılmasını tahmin etmesine olanak tanır. Giriş riskinin öngörülmesi, etkili mücadele stratejilerinin geliştirilmesine ve türlerin yayılmasını kontrol altına almaya yardımcı olur. *Ambrosia trifida*'nın Türkiye'deki giriş ve yayılma riski için şu ana kadar herhangi bir kayıt öngörülmemiştir. Bu nedenle, çalışma, değişen iklim koşullarında Türkiye'de *A. trifida*'nın giriş ve yayılma riskini açıklayan ilk örnek olarak değerlendirilmektedir. Türlerin çevresel gereksinimlerinin modellenmesi ve bunların farklı bölgelere zaman içindeki dağılımlarının haritalanması, özellikle önleme, koruma ve eradike etme müdahalelerine yönelik çeşitli biyolojik analizlerin önemli bileşenleridir (Franklin ve Miller, 2010). TDM'ler, türlerin çevresel nişlerinin, türlerin coğrafi dağılımlarını sınırlayan sınırlı iklim toleransları içerdiği önermesine dayanmaktadır (Guisan ve ark., 2017). TDM'ler, birçok tür üzerinde beklenen iklim değişikliği etkilerinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır. Ancak, çoğu zaman diğer stres faktörlerinin doğrudan etkileri veya yerel uyum kapasitesi göz ardı edilebilir, çünkü mevcut tür dağılımları ile iklim koşulları arasındaki kullanılan korelasyonların dengede olduğu varsayılmaktadır. Tür dağılımları dinamik olup, habitat ve biyotik etkileşimleri yansıtmaktadırlar. Türlerin gelecekteki dağılımların, iklim değişikliğine tepkilerini yönlendiren mekanizmalara bağlı olacaktır (Evans ve ark., 2015). Günümüzde TDM'ler küresel iklim değişiminin biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerini tahmin etmek için en yaygın kullanılan modelleme aracı olarak kabul edilmektedir (Ehrlén ve Morris, 2015). TDM'ler tipik olarak tür dağılımları ve iklime ilişkin mekânsal ve zamansal çözünürlüklerden elde edilen verileri kullanılmaktadır (Potter ve ark., 2013). TDM'ler, türlerin popülasyonlarının ve meta-popülasyonlarının nerelerde devam edebileceğine dair yararlı tahminler sağlayabilir (Elith ve Leathwick, 2009). Örneğin tür dağılımlarında gözlemlenen değişiklikler, iklimin bazı türlerin bölgesel yok oluşlarını ve kolonileşmelerini nasıl etkilediğini test etmek için doğal deneyler olarak kullanılabilir. TDM'ler, iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerini değerlendirmek (Araújo ve ark., 2019) ile mevcut ve gelecekteki iklim koşulları altında tür dağılımlarını değerlendirmek (Thomas ve ark., 2004) için en yaygın kullanılan araçlardır. Birçok TDM çalışması, iklim senaryoları kapsamında tahminlerde bulunmaya çalışmıştır; örneğin, türlerin potansiyel alan kaybı

açısından iklim değişikliğine karşı hassasiyetini değerlendirmek (Martín-Vélez ve Abellán, 2022), farklı IUCN (The International Union for Conservation of Nature - Uluslararası Doğayı Koruma Birliği) Kırmızı Listesindeki türler için mevsimsel menzil kaybındaki farklılıkları analiz etmek (Yates ve ark., 2018) veya iklimle ilişkili olarak yayılmanın veya yerel adaptasyonun yok olma riski üzerindeki zıt etkilerini (Thuiller ve ark., 2006) test etmek TDM'lerin kapsama alanı içerisindedir.

Ma ve ark. (2020) *A. trifida*'nın Xinjiang'daki potansiyel dağılım alanları mevcut iklim ve 2050'ler ile 2070'lerdeki iklim altında iki iklim değişikliği senaryosu (RCP 4.5 ve RCP 8.5) kullanılarak Maxent niş modeli ile tahmin etmişlerdir. Sonuçlar, bitkinin Xinjiang'daki uygun habitat alanının mevcut iklim koşulları altında 24.01×10^4 km²'ye kadar artabileceğini, bu da Xinjiang'ın toplam alanının %14'üne tekabül ettiğini göstermiştir. RCP4.5 senaryosuna göre, uygun habitat alanının 2050'lerde 37.36×10^4 km² ve 2070'lerde 39.23×10^4 km²'ye kadar artabileceği tahmin edilmiştir. RCP 8.5 senaryosuna göre ise, uygun habitat alanının 2050'lerde 39.45×10^4 km² ve 2070'lerde 42.94×10^4 km²'ye kadar artabileceği tahmin edilmiştir. İki gelecek iklim senaryosu altında, potansiyel dağılım alanının artma eğiliminde olduğu ve kuzeye doğru kayma göstereceği belirlenmiştir. Tüm çevresel faktörler arasında, yağış ve sıcaklık dağılıma en büyük katkıyı sağlamış olup sırasıyla toplam katkı oranları %40.1 ve %56.0 olarak hesaplanmıştır.

Chen ve ark. (2024) *A. trifida*'nın 106 koordinatı ve 14 iklim parametreleri kullanarak optimize edilmiş MaxEnt modeli kullanılarak bitkinin Kuzeydoğu Çin'de gelecekteki üç farklı iklim senaryosu (RCP 2.6, RCP4.5, RCP 8.5) altında potansiyel dağılım alanları (2050, 2070 yılları için) tahmin etmişlerdir. Genel olarak, Kuzeydoğu Çin'de *A. trifida*'nın uygun alanı gelecekte giderek genişleyecektir ve yüksek derecede uygun alanı da emisyon yoğunluğunun artmasıyla birlikte artacaktır, bu da *A. trifida*'nın kontrolü açısından olumsuz bir durum olduğu rapor edilmiştir.

Xian ve ark. (2023) çevresel ve tür varlık verilerine dayalı ensemble model kullanarak *A. artemisiifolia*, *A. psilostachya* ve *A. trifida*'nın potansiyel coğrafi dağılımını, örtüşen coğrafi dağılım alanlarını ve ekolojik niş dinamiklerini tahmin etmişlerdir. Çalışmaya dahil edilen üç *Ambrosia* türünün potansiyel coğrafi dağılımı ve örtüşen coğrafi dağılım alanları başlıca Asya, Kuzey Amerika ve Avrupa'da

olduğunu ve bu alanların 2050’lerde dört temsilci konsantrasyon yolu altında artacağı tahmin edilmiştir. Üç Ambrosia türünün potansiyel coğrafi dağılım merkezleri, mevcut zamandan 2050’lere doğru kutuplara doğru bir eğilim göstereceği öngörülmektedir. Bu desenleri şekillendirmede biyoiklimatik değişkenler ve insan etkisi indeksi diğer faktörlere göre daha belirleyicidir. Kısacası, iklim değişikliği üç Ambrosia türünün coğrafi dağılımının genişlemesini ve örtüşen coğrafi dağılım alanlarını kolaylaştırmıştır. Antropojen çağında bu türlerinin dünya genelindeki genişlemesinin doğal çevre ve halk sağlığı üzerindeki gelecekteki etkilerini hafifletmek için ekolojik dostu yönetim ve uluslararası yönetim stratejileri gerekmektedir.

Dong ve ark. (2020) Çin’in Xinjiang bölgesinde bulunan Yili Vadisi’nde 2010 ile 2017 yılları arasında *A. artemisiifolia* ve *A. trifida*’nın dağılımını ve bolluğunu araştırmışlardır. Ayrıca, 2017 ile 2018 yılları arasında bu iki türün tarım alanlarında, yerleşim alanlarında, yol kenarlarında ve çayırarda toprak sıcaklığı ve nemini, ana eşlik eden türleri, biyolojik özellikleri ve su taleplerini incelenmiştir. Yili Vadisi’nde *A. artemisiifolia* tarafından işgal edilen alan, *A. trifida*’dan daha geniş olduğu, ancak işgalin ardından sekiz yıl sonra çayırarda *A. artemisiifolia*’nın bolluğu *A. trifida*’dan daha az olarak belirlenmiştir. Ayrıca, *A. trifida* çayırarda diğer bitki türlerine göre daha büyük interspesifik rekabet yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir. *A. trifida*’nın tohum boyutu ve ağırlığı, *A. artemisiifolia*’nın kinin beş katı veya sekiz katı olduğu hesaplanmıştır.

6. SONUÇLAR

Mevut çalışma, tarım ve tarım dışı alanlarda ciddi sorunlara neden olan *Ambrosia trifida*'nın Türkiye'ye giriş riski ve iklim değişikliğine bağlı Avrupa ile Türkiye'deki potansiyel dağılım alanlarını tahmin etmek amacıyla yapılmıştır. *A. trifida*'nın dağılım alanları mevcut ve gelecekteki (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 ve 2081-2100) yıllar için iki iklim değişikliği senaryosu (SSP1-2.6 ve SSP5-8.5) altında Maksimum Entropi (MaxEnt) modeli kullanarak tahmin edilmiştir. Modelde, 9253 varlık koordinatları ile 10 iklim parametresi (bio2, bio3, bio4, bio5, bio6, bio8, bio13, bio15, bio16 ve bio17) kullanılmıştır. Model yüksek tahmin gücü ile (ROC = 0.80) giriş riski ve potansiyel dağılım alanları tahmin etmiştir. Her iki iklim değişikliği senaryosu altında en fazla permütasyon önemini sahip değişkenleri bio1 (yıllık ortalama sıcaklık), bio3 (izotermalite), bio18 (en sıcak çeyreğin yağışı) ve bio14 (en kurak ayın yağışı) olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerdeki değişiklikler, *A. trifida*'nın gelecekte farklı iklim değişikliği senaryoları altında bitkinin dağılımını etkileyeceği öngörülmektedir. Model mevcut iklim koşulları altında Türkiye'de 14 bin km² alanı bitki için en uygun olduğu ve giriş risk altındaki bölgeler Karadeniz'in kıyı kısımlarında yer aldığı tahmin etmiştir. Her iki iklim değişikliği senaryosu, Türkiye'de bitkinin en uygun habitatlarında daralma yaşatabileceği öngörse de ülkenin 6-11 bin km² arasındaki alanının bitkinin yaşamı için optimum olduğu göstermiştir. Avrupa'da ise mevcut iklim koşulları altında bitki için uygun alanın 426 bin km² olarak hesaplandığını, gelecekte ise bu alanların her iki iklim değişikliği senaryosu altında ciddi bir şekilde artacağını tahmin edilmiştir. Avrupa' da en uygun alanlarındaki artışın %17.70 ile %73.70 arasında olacağı tahmin edilmiştir. Bu nedenle, Avrupa'da bitkinin ciddi sağlık ve tarımsal sorunlarını yol açacağı öngörülmektedir. Türkiye' de ise uygun olarak tahmin edilen alanlarda hızlı saha incelemeleri yapılması gerektiği ve bu bölgelerde sıkı karantina tedbirlerinin uygulanmasını gerekli olduğu kanısına varılmıştır.

7. ÖNERİLER

Ambrosia trifida, küresel ölçekte biyolojik çeşitliliği tehdit etmenin yanı sıra insan sağlığı ve tarım ekosisteminde ciddi sorunlara yol açmaktadır. Bu istilacı yabancı otun, ekosistemler açısından önemli bir risk oluşturmakta olup, ülkemizde henüz kayıtlı olmamasına rağmen Avrupa'daki yayılımı, ülkemize taşınma ve giriş olasılığını artırmaktadır. Bu nedenle;

- 1) Model tahminlerine göre ülkemizde *Ambrosia trifida*'nın yerleşme olasılığının yüksek olduğu (yani uygun habitat alanların) Karadeniz Bölgesi'nin kıyı şeridindeki bölgelerde hızlı saha çalışmaları yürütülerek bitkinin varlığı araştırılmalıdır.
- 2) İstilacı yabancı otun varlığı tespit edilirse, derhal eradikasyon (yok etme) çalışmaları başlatılmalı.
- 3) İstilacı türün ülkeye girişi gerçekleşmemiş olarak değerlendirildiğinde, Karadeniz Bölgesi'nde yurtdışı giriş çıkış kapılarında karantina tedbirlerinin artırılması.
- 4) Bitkinin yayılmasının çoğunlukla tohumlarla gerçekleştiği göz önünde bulundurulduğunda, ithalat ürünlerinde, özellikle Rusya'dan gelen tohum ithalatında, kontrollerin artırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abul-Fatih, H. A. & Bazzaz, F. A. (1979). The biology of *Ambroisa trifida* L. *New Phytologist*, 83(3), 817–827. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1979.tb02313.x>
- Afonin, A. N., Baranova, O. G., Fedorova, Yu. A., Abramova, L. M., Boshko, T. F., Kotsareva, N. V., Li, Yu. S., Milyutina, E. A., Pikalova, N. A., Prokhorov, V. E. & Senator, S. A. (2022). Ecogeographical potential of the *Ambrosia artemisiifolia* L. northward expansion in European Russia Estimated on the basis of a comparison of the northern limits of its primary and secondary ranges. *Russian Journal of Biological Invasions*, 13(2), 159–166. <https://doi.org/10.1134/S2075111722020023>
- Akaike, H. (1973). Maximum likelihood identification of Gaussian autoregressive moving average models. *Biometrika*, 60(2), 255–265. <https://doi.org/10.1093/biomet/60.2.255>
- Anibaba, Q. A., Dyderski, M. K. & Jagodziński, A. M. (2022). Predicted range shifts of invasive giant hogweed (*Heracleum mantegazzianum*) in Europe. *Science of The Total Environment*, 825, 154053. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154053>
- Araújo, M. B., Anderson, R. P., Márcia Barbosa, A., Beale, C. M., Dormann, C. F., Early, R., Garcia, R. A., Guisan, A., Maiorano, L., Naimi, B., O'Hara, R. B., Zimmermann, N. E. & Rahbek, C. (2019). Standards for distribution models in biodiversity assessments. *Science Advances*, 5(1). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat4858>
- Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quental, T. B., Marshall, C., McGuire, J. L., Lindsey, E. L., Maguire, K. C., Mersey, B. & Ferrer, E. A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471(7336), 51–57. <https://doi.org/10.1038/nature09678>
- Bartz, R. & Kowarik, I. (2019). Assessing the environmental impacts of invasive alien plants: a review of assessment approaches. *NeoBiota*, 43, 69–99. <https://doi.org/10.3897/neobiota.43.30122>
- Blackburn, T. M., Bellard, C. & Ricciardi, A. (2019). Alien versus native species as drivers of recent extinctions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(4), 203–207. <https://doi.org/10.1002/fee.2020>
- Bongaarts, J. (2019). IPBES, 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *Population and Development Review*, 45(3). <https://doi.org/10.1111/padr.12283>
- Bradshaw, C. J. A., Leroy, B., Bellard, C., Roiz, D., Albert, C., Fournier, A., Barbet-Massin, M., Salles, J.-M., Simard, F. & Courchamp, F. (2016). Massive yet

- grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nature Communications*, 7(1), 12986. <https://doi.org/10.1038/ncomms12986>
- Brook, B., Sodhi, N. & Bradshaw, C. (2008). Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(8), 453–460. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.03.011>
- Burnham, K. P. & Anderson, D. R. (2004). Multimodel inference. *Sociological Methods & Research*, 33(2), 261–304. <https://doi.org/10.1177/0049124104268644>
- Butchart, S. H. M., Walpole, M., Collen, B., Van Strien, A., Scharlemann, J. P. W., Almond, R. E. A., Baillie, J. E. M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K. E., Carr, G. M., Chanson, J., Chenery, A. M., Csirke, J., Davidson, N. C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., ... Watson, R. (2010). Global biodiversity: Indicators of recent declines. *Science*, 328(5982). <https://doi.org/10.1126/science.1187512>
- Case, M. J. & Stinson, K. A. (2018). Climate change impacts on the distribution of the allergenic plant, common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) in the eastern United States. *PLoS ONE*, 13(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205677>
- CBD. (2010a). *The Convention on Biological Diversity Year in Review 2010*. <https://www.cbd.int/doc/reports/cbd-report-2010-en.pdf>
- CBD. (2010b). *What are Invasive Alien Species?* <https://www.cbd.int/invasive/whatareias.shtml>
- Chapman, Arthur D. (2005). Principles and methods of data cleaning - primary species and species-occurrence data. In A.D. Chapman (Ed.), *Report for the Global Biodiversity Information Facility* (Issue version 1.0). Global Biodiversity Information Facility.
- Chapman, D., Purse, B. V., Roy, H. E. & Bullock, J. M. (2017). Global trade networks determine the distribution of invasive non-native species. *Global Ecology and Biogeography*, 26(8), 907–917. <https://doi.org/10.1111/geb.12599>
- Chauvel, B., Fried, G., Follak, S., Chapman, D., Kulakova, Y., Le Bourgeois, T., Marisavljevic, D., Monty, A., Rossi, J.-P., Starfinger, U., Tanner, R., Tassus, X., Van Valkenburg, J. & Regnier, E. (2021). Monographs on invasive plants in Europe N° 5: *Ambrosia trifida* L. *Botany Letters*, 168(2), 167–190. <https://doi.org/10.1080/23818107.2021.1879674>
- Chauvel, B., Rodriguez, A., Moreau, C., Martinez, Q., Bilon, R. & Fried, G. (2015). Développement d'*Ambrosia trifida* L. en France: connaissances historiques et écologiques en vue d'une éradication de l'espèce. *Le Journal de Botanique*, 71(1), 25–38.
- Chen, S., Bai, X., Ye, J., Chen, W. & Xu, G. (2024). Prediction of suitable habitat of alien invasive plant *Ambrosia trifida* in Northeast China under various climatic scenarios. *Diversity*, 16(6), 322. <https://doi.org/10.3390/d16060322>

- Courchamp, F., Fournier, A., Bellard, C., Bertelsmeier, C., Bonnaud, E., Jeschke, J. M. & Russell, J. C. (2017). Invasion Biology: Specific problems and possible solutions. *Trends in Ecology & Evolution*, 32(1), 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.11.001>
- Cvitanović, S., Znaor, L., Kanceljak-Macan, B., Macan, J., Gudelj, I. & Grbić, D. (2007). Allergic rhinitis and asthma in southern Croatia: Impact of sensitization to ambrosia elatior. *Croatian Medical Journal*, 48(1), 68–75.
- Diagne, C., Leroy, B., Vaissière, A.-C., Gozlan, R. E., Roiz, D., Jarić, I., Salles, J.-M., Bradshaw, C. J. A. & Courchamp, F. (2021). High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature*, 592(7855), 571–576. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03405-6>
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E. S., Ngo, H. T., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K. A., Butchart, S. H. M., Chan, K. M. A., Garibaldi, L. A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S. M., Midgley, G. F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., ... Zayas, C. N. (2019). Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science*, 366(6471). <https://doi.org/10.1126/science.aax3100>
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J. B. & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), 401–406. <https://doi.org/10.1126/science.1251817>
- Dong, H., Song, Z., Liu, T., Liu, Z., Liu, Y., Chen, B., Ma, Q. & Li, Z. (2020). Causes of differences in the distribution of the invasive plants *Ambrosia artemisiifolia* and *Ambrosia trifida* in the Yili Valley, China. *Ecology and Evolution*, 10(23), 13122–13133. <https://doi.org/10.1002/ece3.6902>
- Dorcas, M. E., Willson, J. D., Reed, R. N., Snow, R. W., Rochford, M. R., Miller, M. A., Meshaka, W. E., Andreadis, P. T., Mazzotti, F. J., Romagosa, C. M. & Hart, K. M. (2012). Severe mammal declines coincide with proliferation of invasive Burmese pythons in Everglades National Park. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(7), 2418–2422. <https://doi.org/10.1073/pnas.1115226109>
- Downey, P. O. & Richardson, D. M. (2016). Alien plant invasions and native plant extinctions: a six-threshold framework. *AoB PLANTS*, 8. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw047>
- Early, R., Bradley, B. A., Dukes, J. S., Lawler, J. J., Olden, J. D., Blumenthal, D. M., Gonzalez, P., Grosholz, E. D., Ibañez, I., Miller, L. P., Sorte, C. J. B. & Tatem, A. J. (2016). Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nature Communications*, 7(1), 12485. <https://doi.org/10.1038/ncomms12485>
- Ehrlén, J. & Morris, W. F. (2015). Predicting changes in the distribution and abundance of species under environmental change. *Ecology Letters*, 18(3), 303–314. <https://doi.org/10.1111/ele.12410>

- Elith, J. & Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40(1), 677–697. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E. & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43–57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Evans, T. G., Diamond, S. E. & Kelly, M. W. (2015). Mechanistic species distribution modelling as a link between physiology and conservation. *Conservation Physiology*, 3(1), cov056. <https://doi.org/10.1093/conphys/cov056>
- Flory, S. L., Dillon, W. & Hiatt, D. (2022). Interacting global change drivers suppress a foundation tree species. *Ecology Letters*, 25(4), 971–980. <https://doi.org/10.1111/ele.13974>
- Follak, S., Dullinger, S., Kleinbauer, I., Moser, D. & Essl, F. (2013). Invasion dynamics of three allergenic invasive asteraceae (*Ambrosia trifida*, *Artemisia annua*, *Iva xanthiifolia*) in central and eastern Europe. *Preslia*, 85(1), 41–46.
- Franklin, J. & Miller, J. A. (2010). Mapping species distributions: Spatial inference and prediction. In *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511810602>
- Gentili, R., Gilardelli, F., Ciappetta, S., Ghiani, A. & Citterio, S. (2015). Inducing competition: intensive grassland seeding to control *Ambrosia artemisiifolia*. *Weed Research*, 55(3), 278–288. <https://doi.org/10.1111/wre.12143>
- Golovanov, Ya M, Abramova, L. M. & Petrov, S. S. (2018). Invasive species in phytocenosis of Sterlitamak town (Republic of Bashkortostan, Russia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 107(1), 012085. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/107/1/012085>
- Gudzinskas, Z. (1993). Genus *Ambrosia* L. (Asteraceae) in Lithuania. *Thaiszia*, 3(1), 89–96.
- Guisan, A., Thuiller, W. & Zimmermann, N. E. (2017). Habitat suitability and distribution models: With applications in R. In *Habitat Suitability and Distribution Models: With Applications in R*. <https://doi.org/10.1017/9781139028271>
- Hao, T., Elith, J., Lahoz-Monfort, J. J. & Guillerá-Arroita, G. (2020). Testing whether ensemble modelling is advantageous for maximising predictive performance of species distribution models. *Ecography*, 43(4), 549–558. <https://doi.org/10.1111/ecog.04890>
- Haubrock, P. J., Turbelin, A. J., Cuthbert, R. N., Novoa, A., Taylor, N. G., Angulo, E., Ballesteros-Mejia, L., Bodey, T. W., Capinha, C., Diagne, C., Essl, F., Golivets, M., Kirichenko, N., Kourantidou, M., Leroy, B., Renault, D., Verbrugge, L. & Courchamp, F. (2021). Economic costs of invasive alien species across Europe. *NeoBiota*, 67, 153–190. <https://doi.org/10.3897/neobiota.67.58196>

- Hulme, P. E. (2017). Climate change and biological invasions: evidence, expectations, and response options. *Biological Reviews*, 92(3), 1297–1313. <https://doi.org/10.1111/brv.12282>
- Hulme, P. E. (2021). Unwelcome exchange: International trade as a direct and indirect driver of biological invasions worldwide. *One Earth*, 4(5), 666–679. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.04.015>
- Jones, B. A. (2019). Tree Shade, Temperature, and Human Health: Evidence from Invasive Species-induced Deforestation. *Ecological Economics*, 156, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.09.006>
- Kueffer, C. (2017). Plant invasions in the Anthropocene. *Science*, 358(6364), 724–725. <https://doi.org/10.1126/science.aao6371>
- Kumar Rai, P. & Singh, J. S. (2020). Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecological Indicators*, 111, 106020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106020>
- Liu, C., Wolter, C., Courchamp, F., Roura-Pascual, N. & Jeschke, J. M. (2022). Biological invasions reveal how niche change affects the transferability of species distribution models. *Ecology*, 103(8). <https://doi.org/10.1002/ecy.3719>
- Lu, X., Siemann, E., Shao, X., Wei, H. & Ding, J. (2013). Climate warming affects biological invasions by shifting interactions of plants and herbivores. *Global Change Biology*, 19(8), 2339–2347. <https://doi.org/10.1111/gcb.12244>
- Ma, Q. Q., Liu, T., Dong, H. G., Wang, H. Y., Zhao, W. X., Wang, R. L., Liu, Y. & Chen, L. (2020). Potential geographical distribution of *Ambrosia trifida* in Xinjiang under climate change. *Acta Prataculturae Sinica*, 29(12). <https://doi.org/10.11686/cyxb2020040>
- Mainka, S. A. & Howard, G. W. (2010). Climate change and invasive species: double jeopardy. *Integrative Zoology*, 5(2), 102–111. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2010.00193.x>
- Makra, L., Matyasovszky, I., Hufnagel, L. & Tusnády, G. (2015). The history of Ragweed in the World. *Applied Ecology and Environmental Research*, 13(2), 489–512. https://doi.org/10.15666/aeer/1302_489512
- Martín-Vélez, V. & Abellán, P. (2022). Effects of climate change on the distribution of threatened invertebrates in a Mediterranean hotspot. *Insect Conservation and Diversity*, 15(3), 370–379. <https://doi.org/10.1111/icad.12563>
- McNeely, J. A. (2009). Global Strategy on Invasive Alien Species. In *planetuwcacza*.
- Megyeri, K. (2011). *The Impact of Ambrosia trifida (giant ragweed) on Native Prairie Species in an Early Prairie Restoration Project*. University of New Orleans.
- Michalová, M., Hrabovský, M., Kubalová, S. & Miháliková, T. (2024). Modelling the *Symphytotrichum lanceolatum* invasion in Slovakia, Central Europe. *Modeling Earth Systems and Environment*, 10(2), 2749–2759. <https://doi.org/10.1007/s40808-023-01945-6>
- Montagnani, C., Gentili, R., Smith, M., Guarino, M. F. & Citterio, S. (2017). The worldwide spread, success, and impact of Ragweed (*Ambrosia* spp.). *Critical*

- Reviews in Plant Sciences*, 36(3), 139–178.
<https://doi.org/10.1080/07352689.2017.1360112>
- Muscarella, R., Galante, P. J., Soley-Guardia, M., Boria, R. A., Kass, J. M., Uriarte, M. & Anderson, R. P. (2014). ENMeval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for <scp>Maxent</scp> ecological niche models. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(11), 1198–1205. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12261>
- Page, E. R. & Nurse, R. E. (2015). Cropping systems and the prevalence of giant ragweed (*Ambrosia trifida*): From the 1950's to present. *Field Crops Research*, 184, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.09.013>
- Petitpierre, B., Kueffer, C., Broennimann, O., Randin, C., Daehler, C. & Guisan, A. (2012). Climatic niche shifts are rare among terrestrial plant invaders. *Science*, 335(6074), 1344–1348. <https://doi.org/10.1126/science.1215933>
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3–4), 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Pimentel, D., Zuniga, R. & Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, 52(3), 273–288. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.002>
- Plaza, P. I., Speziale, K. L. & Lambertucci, S. A. (2018). Rubbish dumps as invasive plant epicentres. *Biological Invasions*, 20(9), 2277–2283. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1708-1>
- Potter, K. A., Arthur Woods, H. & Pincebourde, S. (2013). Microclimatic challenges in global change biology. *Global Change Biology*, 19(10), 2932–2939. <https://doi.org/10.1111/gcb.12257>
- Pyšek, P., Hulme, P. E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T. M., Carlton, J. T., Dawson, W., Essl, F., Foxcroft, L. C., Genovesi, P., Jeschke, J. M., Kühn, I., Liebhold, A. M., Mandrak, N. E., Meyerson, L. A., Pauchard, A., Pergl, J., Roy, H. E., Seebens, H., ... Richardson, D. M. (2020). Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*, 95(6), 1511–1534. <https://doi.org/10.1111/brv.12627>
- Qin, X. & Li, M. (2023). Predicting the Potential Distribution of *Oxalis debilis* Kunth, an Invasive Species in China with a Maximum Entropy Model. *Plants*, 12(23), 3999. <https://doi.org/10.3390/plants12233999>
- Qin, Z., DiTommaso, A., Wu, R. S. & Huang, H. Y. (2014). Potential distribution of two *Ambrosia* species in China under projected climate change. *Weed Research*, 54(5), 520–531. <https://doi.org/10.1111/wre.12100>
- Rasmussen, K., Thyrring, J., Muscarella, R. & Borchsenius, F. (2017). Climate-change-induced range shifts of three allergenic ragweeds (*Ambrosia* L.) in Europe and their potential impact on human health. *PeerJ*, 5, e3104. <https://doi.org/10.7717/peerj.3104>

- Regnier, E. E., Harrison, S. K., Loux, M. M., Holloman, C., Venkatesh, R., Diekmann, F., Taylor, R., Ford, R. A., Stoltenberg, D. E., Hartzler, R. G., Davis, A. S., Schutte, B. J., Cardina, J., Mahoney, K. J. & Johnson, W. G. (2016). Certified Crop Advisors' Perceptions of Giant Ragweed (*Ambrosia trifida*) Distribution, Herbicide Resistance, and Management in the Corn Belt. *Weed Science*, 64(2), 361–377. <https://doi.org/10.1614/WS-D-15-00116.1>
- Ricciardi, A., Palmer, M. E. & Yan, N. D. (2011). Should Biological Invasions Be Managed as Natural Disasters? *BioScience*, 61(4), 312–317. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.4.11>
- Richardson, D. M. & Pyšek, P. (2008). Fifty years of invasion ecology – the legacy of Charles Elton. *Diversity and Distributions*, 14(2), 161–168. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00464.x>
- Riera, M., Pino, J. & Melero, Y. (2021). Impact of introduction pathways on the spread and geographical distribution of alien species: Implications for preventive management in mediterranean ecosystems. *Diversity and Distributions*, 27(6), 1019–1034. <https://doi.org/10.1111/ddi.13251>
- Roy, Helen E, Pauchard, A., Stoett, P., Truong, T. R., Bacher, S., Galil, B. S., Hulme, P. E., Ikeda, T., Sankaran, K. & McGeoch, M. A. (2023). IPBES Invasive Alien Species Assessment: Summary for Policymakers. *IPBES*.
- Roy, Helen E, Pauchard, A., Stoett, P., Truong, T. R., Lipinskaya, T., Vincete, J. R., Bacher, S., Bliss, C., Bullock, J. M. & Camacho-Cervantes, M. (2023). *IPBES Invasive Alien Species Assessment: Chapter 1. Introducing biological invasions and the IPBES thematic assessment of invasive alien species and their control* (H.E. Roy, A. Pauchard, P. Stoett, & T. Renard Truong, Eds.; 1st ed.).
- Saccaggi, D. L., Karsten, M., Robertson, M. P., Kumschick, S., Somers, M. J., Wilson, J. R. U. & Terblanche, J. S. (2016). Methods and approaches for the management of arthropod border incursions. *Biological Invasions*, 18(4), 1057–1075. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1085-6>
- Sage, R. F. (2020). Global change biology: A primer. *Global Change Biology*, 26(1), 3–30. <https://doi.org/10.1111/gcb.14893>
- Sankaran, K. V., Schwindt, E., Sheppard, A. W., Foxcroft, L. C., Vanderhoeven, S., Egawa, C., Peacock, L., Castillo, M. L., Zenni, R. D., Müllerová, J., González-Martínez, A. I., Bukombe, J. K., Wanzala, W. & Mangwa, D. C. (2023). IPBES Invasive Alien Species Assessment: Chapter 5. Management; challenges, opportunities and lessons learned. In H.E. Roy, A. Pauchard, P. Stoett & Renard Truong T. (Eds.), *Thematic Assessment Report on Invasive Alien Species and their Control of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (1st ed., Vol. 1, pp. 1–158). IPBES secretariat.
- Savić, A. M. (2021). *Ambrosia trifida* L. (Giant ragweed). *Zbornik Matice Srpske Za Prirodne Nauke*, 141, 35–47.

- Schaffner, U., Steinbach, S., Sun, Y., Skjøth, C. A., de Weger, L. A., Lommen, S. T., Augustinus, B. A., Bonini, M., Karrer, G., Šikoparija, B., Thibaudon, M. & Müller-Schärer, H. (2020). Biological weed control to relieve millions from Ambrosia allergies in Europe. *Nature Communications*, 11(1), 1745. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15586-1>
- Seebens, H., Meyerson, L. A., Rahlao, S. J., Lenzner, B., Tricarico, E., Aleksanyan, A., Courchamp, F., Keskin, E., Saeedi, H. & Tawake, A. (2023). *IPBES Invasive Alien Species Assessment: Chapter 2. Trends and status of alien and invasive alien species*.
- Strona, G. & Bradshaw, C. J. A. (2022). Coextinctions dominate future vertebrate losses from climate and land use change. *Science Advances*, 8(50). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abn4345>
- Tarkan, A. S., Bayçelebi, E., Giannetto, D., Özden, E. D., Yazlık, A., Emiroğlu, Ö., Aksu, S., Uludağ, A., Aksoy, N., Baytaşoğlu, H., Kaya, C., Mutlu, T., Kırankaya, Ş. G., Ergüden, D., Per, E., Üremiş, İ., Candan, O., Kekillioğlu, A., Yoğurtçuoğlu, B., ... Haubrock, P. J. (2024). Economic costs of non-native species in Türkiye: A first national synthesis. *Journal of Environmental Management*, 358, 120779. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120779>
- Thakur, S., Rai, I. D., Singh, B., Dutt, H. C. & Musarella, C. M. (2023). Predicting the suitable habitats of *Elwendia persica* in the Indian Himalayan Region (IHR). *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 157(4), 769–778. <https://doi.org/10.1080/11263504.2023.2204090>
- Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F. N., Ferreira De Siqueira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Van Jaarsveld, A. S., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T., Phillips, O. L. & Williams, S. E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427(6970), 145–148. <https://doi.org/10.1038/nature02121>
- Thuiller, W., Broennimann, O., Hughes, G., Alkemade, J. R. M., Midgley, Guy. F. & Corsi, F. (2006). Vulnerability of African mammals to anthropogenic climate change under conservative land transformation assumptions. *Global Change Biology*, 12(3), 424–440. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01115.x>
- Tsirintanis, K., Azzurro, E., Crocetta, F., Dimiza, M., Frogia, C., Gerovasileiou, V., Langeneck, J., Mancinelli, G., Rosso, A., Stern, N., Triantaphyllou, M., Tsiamis, K., Turon, X., Verlaque, M., Zenetos, A. & Katsanevakis, S. (2022). Bioinvasion impacts on biodiversity, ecosystem services, and human health in the Mediterranean Sea. *Aquatic Invasions*, 17(3), 308–352. <https://doi.org/10.3391/ai.2022.17.3.01>
- Tu, Z., Gou, X. & Zou, S. (2022). Potential distributions of *Picea crassifolia* on the north slope of Qilian Mountains. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 46(2). <https://doi.org/10.12302/j.issn.1000-2006.202012011>

- Turbelin, A. & Catford, J. A. (2021). Invasive plants and climate change. In *Climate Change* (pp. 515–539). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821575-3.00025-6>
- Turbelin, A. J., Cuthbert, R. N., Essl, F., Haubrock, P. J., Ricciardi, A. & Courchamp, F. (2023). Biological invasions are as costly as natural hazards. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 21(2), 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2023.03.002>
- Uva, R. H., Neal, J. C. & DiTomaso, J. M. (1997). Weeds of the Northeast. Cornell University Press.
- Václavík, T. & Meentemeyer, R. K. (2009). Invasive species distribution modeling (iSDM): Are absence data and dispersal constraints needed to predict actual distributions? *Ecological Modelling*, 220(23), 3248–3258. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.08.013>
- Venette, R. C. & Hutchison, W. D. (2021). Invasive Insect Species: Global Challenges, Strategies & Opportunities. *Frontiers in Insect Science*, 1. <https://doi.org/10.3389/finsc.2021.650520>
- Venette, R. C., Kriticos, D. J., Magarey, R. D., Koch, F. H., Baker, R. H. A., Worner, S. P., Gómez Raboteaux, N. N., McKenney, D. W., Dobesberger, E. J., Yemshanov, D., De Barro, P. J., Hutchison, W. D., Fowler, G., Kalaris, T. M. & Pedlar, J. (2010). Pest Risk Maps for Invasive Alien Species: A Roadmap for Improvement. *BioScience*, 60(5), 349–362. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.5.5>
- Venette, R. & Morey, A. (2019). *Advances in understanding the ecology of invasive crop insect pests and their impact on IPM*. <https://doi.org/10.19103/as.2019.0047.06>
- Vermeire, L. T., Gillen, R. L. & Bidwell, T. G. (2005). *Ecology and management of western ragweed on rangeland*. Oklahoma Cooperative Extension Service.
- Vitt, P., Havens, K. & Hoegh-Guldberg, O. (2009). Assisted migration: part of an integrated conservation strategy. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(9), 473–474; author reply 476–7. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.05.007>
- Walsh, J. R., Carpenter, S. R. & Vander Zanden, M. J. (2016). Invasive species triggers a massive loss of ecosystem services through a trophic cascade. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(15), 4081–4085. <https://doi.org/10.1073/pnas.1600366113>
- Warren, D. L. & Seifert, S. N. (2011). Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications*, 21(2), 335–342. <https://doi.org/10.1890/10-1171.1>
- Xian, X., Zhao, H., Wang, R., Huang, H., Chen, B., Zhang, G., Liu, W. & Wan, F. (2023). Climate change has increased the global threats posed by three ragweeds (*Ambrosia* L.) in the Anthropocene. *Science of The Total Environment*, 859, 160252. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160252>

- Xu, Z. L., Peng, H. H. & Peng, S. H. (2015). The development and evaluation of species distribution models. *Shengtai Xuebao*, 35(2). <https://doi.org/10.5846/stxb201304030600>
- Yates, K. L., Bouchet, P. J., Caley, M. J., Mengersen, K., Randin, C. F., Parnell, S., Fielding, A. H., Bamford, A. J., Ban, S., Barbosa, A. M., Dormann, C. F., Elith, J., Embling, C. B., Ervin, G. N., Fisher, R., Gould, S., Graf, R. F., Gregr, E. J., Halpin, P. N., ... Sequeira, A. M. M. (2018). Outstanding Challenges in the Transferability of Ecological Models. *Trends in Ecology & Evolution*, 33(10), 790–802. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.08.001>
- Zurell, D., Franklin, J., König, C., Bouchet, P. J., Dormann, C. F., Elith, J., Fandos, G., Feng, X., Guillera-Arroita, G., Guisan, A., Lahoz-Monfort, J. J., Leitão, P. J., Park, D. S., Peterson, A. T., Rapacciuolo, G., Schmatz, D. R., Schröder, B., Serra-Diaz, J. M., Thuiller, W., ... Merow, C. (2020). A standard protocol for reporting species distribution models. *Ecography*, 43(9), 1261–1277. <https://doi.org/10.1111/ecog.04960>