

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



KASTAMONU VE SİNOP ORMANLARINDA ÇAMKESE
BÖCEĞİ'NİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ TEMELİNDE
HABİTAT UYGUNLUK MODELLEMESİ

NURTEN KARAMEŞE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PROF. DR. EROL AKKUZU

EKİM - 2023
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Nurten KARAMEŞE tarafından hazırlanan “**Kastamonu ve Sinop Ormanlarında Çam kese Böceği’nin İklim Değişikliği Temelinde Habitat Uygunluk Modellemesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **16.10.2023** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. Erol AKKUZZU Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Yafes YILDIZ Bartın Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Mertcan KARADENİZ Kastamonu Üniversitesi	

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

Enstitü Müdürü	Doç. Dr. Selçuk MEMİŞ	
----------------	-----------------------	-------

TAAHHÜTNAME

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

Nurten KARAMEŞE

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KASTAMONU VE SİNOP ORMANLARINDA ÇAMKESE BÖCEĞİ'NİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ TEMELİNDE HABİTAT UYGUNLUK MODELLEMESİ

NURTEN KARAMEŞE

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN:PROF. DR. EROL AKKUZU

Çamkese böceği Lepidoptera takımı Notodontidae familyasına mensup olup özellikle akdeniz ülkeleri ve Türkiye’de İğne yapraklı ormanlara ve plantasyonlara zarar veren önemli bir herbivor türdür. Çamkese böceği diğer birçok zararlı böcek türünde olduğu gibi iklim değişikliğine bağlı olarak yayılış alanını genişletmektedir. Bu çalışmada çamkese böceğinin batı ve orta karadenizin 2 önemli ormanlık alanı Kastamonu ve Sinop’ta küresel iklim değişikliği senaryolarına bağlı olarak yayılış alanlarındaki değişimin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda bu çalışmanın yönteminde; projeden elde edilen verilerin değerlendirmesi ve modellemeler için maksimum entropi yaklaşımının kullanıldığı java tabanlı MaxEnt 3.4.1 adlı program kullanılmıştır. MaxEnt 3.4.1. programının kullanılabilmesi amacıyla alan ile ilgili ekolojik değişkenler tespit edilmiş ve haritalar oluşturulmuştur. Daha sonrasında bu haritalar ve veriler program tarafından analiz edilmiş ve sonuçlara ulaşılmıştır. Verilerin bulunduğu alanların sınırlarını içeren alandaki iklim değişkenlerine ait haritalar coğrafi bilgi sistemleri yazılımları kullanılarak uygun ölçekte kesilerek biyoiklim bantlarına ayrılmıştır. Daha sonrasında oluşturulan bu haritalar uygun projeksiyona dönüştürülüp, bu haritaların modelde kullanılabilmesi için haritalar çıktı olarak ascii formatına dönüştürülmüştür. Sonrasında ise MaxEnt 3.4.1. programı kullanılarak güncel ve gelecekte (2021-40, 2041-60, 2061-80 ve 2081-2100) ılımlı ve kötümser iklim değişikliği senaryoları kapsamında zararının yayılış alanlarındaki (çok uygun, uygun, az uygun, uygun değil) değişim tespit edilmiştir. Araştırma sonunda, kötümser senaryoda ılımlı senaryoya göre zararının yayılışının daha çok arttığı, zararlı için uygun olmayan alanların iklim değişikliği ile birlikte gittikçe azaldığı tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: MaxEnt, iklim değişikliği, *Thaumetopoea pityocampa*
Thaumetopoea wilkinsoni, Türkiye

Ekim 2023, 65 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

HABITAT SUITABILITY MODELING ON THE BASIS OF CLIMATE CHANGE OF THE PINE PURSE BEGLE IN KASTAMONU AND SINOP FORESTS

NURTEN KARAMEŞE

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING

SUPERVISOR:PROF. DR. EROL AKKUZU

The pine processionary moth belongs to the family Notodontidae, order Lepidoptera, and is an important herbivore species that damages coniferous forests and plantations, especially in Mediterranean countries and Turkey. Like many other harmful insect species, the pine processionary moth is expanding its distribution area due to climate change. This study aimed to determine the difference in the distribution areas of the pine loggerhead beetle in Kastamonu and Sinop, two important forest areas of the western and central Black Sea, depending on global climate change scenarios. For this purpose, in the method of this study, a Java-based program called MaxEnt 3.4.1, which uses the maximum entropy approach, was used to model and evaluate the data obtained from the project. MaxEnt 3.4.1. To use the program, ecological variables related to the area were determined, and maps were created. Later, the program analyzed these maps and data and obtained results. Maps of climate variables in the area, which include the boundaries of the regions where the data are available, were divided into BIO_climate bands by cutting them at an appropriate scale using geographic information systems software. These maps were then converted to the correct projection, which was converted to ASCII format as output so that these maps could be used in the model. Afterwards, MaxEnt 3.4.1. using the program, the change in the distribution areas of the pest (very suitable, suitable, less suitable, unsuitable) within the scope of current and future (2021-40, 2041-60, 2061-80, and 2081-2100) moderate and pessimistic climate change scenarios was determined. At the end of the research, it was determined that the spread of the pest increased more in the pessimistic scenario compared to the moderate plan, and the areas unsuitable for the pest gradually decreased with climate change.

KEYWORDS: MaxEnt, Climate change, MaxEnt, *Thaumetopoea pityocampa* *Thaumetopoea wilkinsoni*, Türkiye

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanma sürecinde bilgi ve tecrübesiyle her aşamada bana yardımcı olan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Erol AKKUZU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezimin arazi çalışmalarında katkı sağlayan Kastamonu ve Sinop Orman Bölge Müdürlüklerinde görevli orman işletme şeflerine ve arazi verilerimin değerlendirilmesinde yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Özkan EVCİN, ve Dr. Abdullah UGIŞ hocama teşekkür ederim

Son olarak tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan yeğenim ve aileme teşekkür ederim.

NURTEN KARAMEŞE

Kastamonu, 2023

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
GRAFİKLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	x
HARİTALAR DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL ÇERÇEVE	4
2.1 Çamkese Böceğinin Morfolojisi, Yayılışı, Biyolojisi, Ekolojisi, Zararı ve Mücadele Yöntemleri	4
2.1.1 Çamkese Böceğinin Morfolojisi	4
2.1.2 Çamkese Böceğinin Yayılışı.....	6
2.1.3 Çamkese Böceğinin Biyolojisi, Ekolojisi ve Zararı.....	7
2.1.4 Çamkese Böceği ile Mücadele Yöntemleri	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1 Materyal	16
3.1.1 Çalışma Alanı	16
3.1.1.1 Coğrafi konumu	16
3.1.1.2 İklimi	16
3.1.1.3 Bitki örtüsü.....	17
3.2 Yöntem.....	18
3.2.1 Çevresel Değişkenler	18
3.2.2 Büro Çalışmaları	20
4. BULGULAR	21
4.1 SSP 245, 2021-2040 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli	24
4.2 SSP 245, 2041-2060 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli	27
4.3 SSP 245, 2061-2080 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli	30
4.4 SSP 245, 2081-2100 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli	33
4.5 SSP 585, 2021-2040 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli	36
4.6 SSP 585, 2041-2060 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli	39
4.7 SSP 585, 2061-2080 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli	42
4.8 SSP 585, 2081-2100 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli	45
4.9 Karşılaştırmalı Veriler	49
5. TARTIŞMA	51
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ.....	65

GRAFİKLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Grafik 4.1 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (Güncel).....	22
Grafik 4.2 Jackknife istatistiği sonuçları (Güncel)	24
Grafik 4.3 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 245, 2021-2040)	25
Grafik 4.4 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 245, 2021-2040)	27
Grafik 4.5 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 245, 2041-2060)	28
Grafik 4.6 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 245, 2041-2060)	30
Grafik 4.7 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 245, 2061-2080)	31
Grafik 4.8 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 245, 2061-2080)	33
Grafik 4.9 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 245, 2081-2100)	34
Grafik 4.10 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 245, 2081-2100)	36
Grafik 4.11 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 585, 2021- 2040)	37
Grafik 4.12 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 585, 2021-2040)	39
Grafik 4.13 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 585, 2041- 2060)	40
Grafik 4.14 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 585, 2041-2060)	42
Grafik 4.15 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 585, 2061-80)	43
Grafik 4.16 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 585, 2061-2080)	45
Grafik 4.17 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 585, 2081-2100)	46
Grafik 4.18 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 585, 2081-2100)	48

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 İklim değişkenleri	19
Tablo 4.1 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (güncel)	23
Tablo 4.2 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 245, 2021- 2040).....	26
Tablo 4.3 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 245, 2041- 2060).....	29
Tablo 4.4 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 245, 2061- 2080).....	32
Tablo 4.5 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 245, 2081- 2100).....	35
Tablo 4.6 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 585, 2021- 2040).....	38
Tablo 4.7 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 585, 2041- 2060).....	41
Tablo 4.8 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 585, 2061- 2080).....	44
Tablo 4.9 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 585, 2081- 2100).....	47
Tablo 4.10 Çamkese böceği habitat uygunluk değişimi	50

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Sayfa

Fotoğraf 2.1 Çamkese böceği hayat evreleri	5
Fotoğraf 2.2 Yuvadan çıkan tırtıllar (Sinop saha çalışması).....	8
Fotoğraf 2.3 Çamkese böceği mekanik savaş yöntemi	10
Fotoğraf 2.4 Çamkese böceği ile biyolojik mücadele	13
Fotoğraf 2.5. Çamkese böceği ile biyolojik mücadelede adacık yöntemi.....	13



HARİTALAR DİZİNİ

Sayfa

Harita 4.1 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (güncel)	21
Harita 4.2 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp245_2021_2040).....	25
Harita 4.3 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp245_2041_2060).....	28
Harita 4.4 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp245_2061_2080).....	31
Harita 4.5 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp245_2080_2100).....	34
Harita 4.6 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp585_2021_2040).....	37
Harita 4.7 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp585_2041-2060).....	40
Harita 4.8 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp585_2061-2080).....	43
Harita 4.9 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp585_2081-2100).....	46

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	: Santigrat Derece
km	: Kilometre
km ²	: Kilometre kare
m	: Metre
m ³	: Metreküp
mm	: Mili metre

Kısaltmalar

AUC	: Area Under The Curve
BIO_1-BIO_19	: Biyoiklimsel değişken
CNRMCM6-1	: Climate Model (İklim Modeli)
ÇKB	: Çamkese Böceği
DA	: Diskriminant Analizi
GAM	: Genelleştirilmiş Eklemeli Model
GARP	: Kural Seti Tahmini için Genetik Algoritma
GLM	: Genelleştirilmiş Doğrusal Modeller
MaxEnt	: Maksimum Entropi
SSP2 4.5 ve SSP5 8.5:	İklim Değişikliği Modeli
UTM-WGS84	: Küresel Konumlama Dizgesine Ait Yerlem Yöntemi

1. GİRİŞ

Çamkese böceği *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams, 1924 ve *Thaumetopoea pityocampa* (Den. ve Schiff., 1775) ((Lepidoptera, Notodontidae) Akdeniz ormanlarında çam ağaçlarında ekonomik olarak zarara neden olan önemli bir türdür (Masutti ve Battisti, 1990). Türkiye’de kıyı bölgeleri çam ormanlarında zarar veren çamkese böceği başta çam türleri olmak üzere *sedir* ve *ardıçların* iğne yapraklarında zarara neden olmaktadır. Çamkese böceği fizyolojik ve primer karakterli bir zararlı olup iğne yaprakları yemek suretiyle ağacın artım kaybına, zararın şiddetli olması durumunda ise ölümlere neden olmaktadır (Akkuzu ve Cebeci, 2002).

Thaumetopoea (Lepidoptera: Notodontidae) cinsine ait türler Asya, Avrupa ve Kuzey Afrika'daki çeşitli konukçu bitki türleri üzerinde yaşar, ancak bunlardan yalnızca birkaç tür iğne yapraklı ağaçlarda kolonileşebilir (Çetin vd., 2007).

Ülkemiz ormanlarında yapılan araştırmalara göre *T. pityocampa* (batı çamkese böceği) ve *T. wilkinsoni* (doğu çamkese böceği) iki farklı çamkese böceği türü bulunmaktadır (İpekdal vd., 2015). İpekdal vd. (2015) ve Yüksel (2019)’nin çalışmaları göz önüne alındığında Batı Karadeniz Bölümü’nde yayılım gösteren türün doğu çamkese böceği *T. wilkinsoni* olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Çamkese böceğini çok yömlü olarak etkileyen faktörlerin başında küresel iklim değişikliği gelmektedir. İklim yerkürenin tarihi boyunca doğal olarak değişme eğilimindedir. Ancak, 19. asrın ortalarından itibaren doğal sürece ilaveten ilk kez insan faaliyetlerinin de iklimi etkilediği bir sürece girilmiştir (Türkeş vd., 2000). İklim değişikliğinin canlılar ve yaşadıkları çevre üzerinde çok yönlü etkileri bulunmaktadır. İklim değişikliğinin orman yapısı ve dinamikleri üzerinde de derin bir etkisi olduğu genel olarak kabul edilmektedir (Aber vd., 2001; Ayres ve Lombardero, 2000; Dale vd., 2000, 2001). Ekolojik zincir içerisinde ormanın bir parçası olan böcekler de iklim değişikliğinden yakından etkilenmektedir.

İklim değışikliği; böcek türlerinin dağılımları, yayılış alanları, fenolojileri, göç davranışları, zararlı-konukçu tür, zararlı-doğal düşman senkronizasyonu, türler arası etkileşimleri vb. üzerinde etki yapmaktadır (Root vd., 2003; Sutherst, 1991). İklim değışikliği diğer böcek türlerini olduğu gibi çamkese böceğini de çok yönlü (yayılış alanları, hayatta kalma, popölasyon dinamiği, zarar yoğunluğu, frekansı, doğal düşmanları vb.) olarak etkilemektedir. *T. pityocampa*, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından küresel ısınmanın göstergesi olarak kullanılan birkaç model böcekten biri olarak muhafaza edilmiştir (Rosenzweig vd., 2007).

İklim değışikliğinin böcekler üzerindeki günümüz ve gelecekteki etkilerinin anlaşılması ve tahmin edilmesi sonucunda gerekli tedbirlerin alınmaya başlanması iklim değışikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılmasına imkân sağlayacaktır. İklim değışikliğinin etkilerinin anlaşılması ve geleceğe dönük modellemelerin yapılmasında başvurulacak metotlardan birisi de makine öğrenme tekniğidir. Makine öğrenme tekniği vasıtası ile türün tespit edildiği alanlara ait noktasal veriler ve söz konusu alanlara ait sayısal iklim verileri kullanılmak suretiyle canlılara ait güncel potansiyel ve farklı iklim senaryoları esas alınarak güncel ve gelecekte türlerin potansiyel yayılış alanları modellenmektedir (Arslan, 2019; Çardak, 2022; Örucü, 2019; Phillips ve Dudík, 2008; Sarıkaya vd., 2018; Sérgio vd., 2007; Tittensor vd., 2009; Wang vd., 2007; Ward, 2007; Williams vd., 2009; Wollan vd., 2008; Yuan vd., 2015).

Türlerin korunması ile ilgili yapılan planlama çalışmalarında kullanılmak üzere iklim değışikliği ve buna bağlı olarak iklim senaryoları doğrultusunda türlerin geleceğe dönük yayılış alanlarının modellenmesi ile ilgili çalışmalar son yıllarda artarak devam etmektedir. Yalnızca iklim değışikliğinin türlerin yayılışı üzerine etkisi konusu değil, türlerin dünü, bugünü ve geleceği ile ilgili geliştirilen birçok modelleme tekniği bulunmaktadır (Abrahamyan ve Barsevskis, 2013; Çardak, 2022; Guisan ve Thuiller, 2005; Peterson, 2007).

Yapılacak olan bu çalışmada farklı iklim değışimi senaryolarına göre çamkese *böceğinin* araştırma alanında günümüzdeki potansiyel yayılış alanları ve çeşitli iklim

senaryoları baz alınarak gelecekteki potansiyel yayılış alanlarının tespiti gerçekleştirilecektir.

Bu çalışmada aşağıda belirtilen sorulara yanıt aranmaktadır:

- Modelde kullanılan BIO_iklim verilerinin zararlının yayılışı üzerindeki etkisi nedir?
- Araştırma alanında çamkese böceğinin SSP2 4.5 ve SSP5 8.5 iklim değişikliği senaryolarına göre günümüz ve gelecekteki dağılımının alansal ve konumsal uygunluğunda nasıl bir değişiklik meydana gelecektir?

Tezin amacına ulaşmak ve yukarıda yer alan sorulara cevap bulmak için belirlenen hedefler ise:

- Çeşitli veri tabanları, arazi çalışmaları ve literatür taraması ile zararlı türün araştırma alanındaki yayılış alanlarının belirlenmesi.
- Türlerle ait kayıtların coğrafik koordinatlar (UTM-WGS84 referans sistemi) formunda rapor edilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımları ile farklı iklim senaryolarına göre potansiyel yayılış haritalarının oluşturulması

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

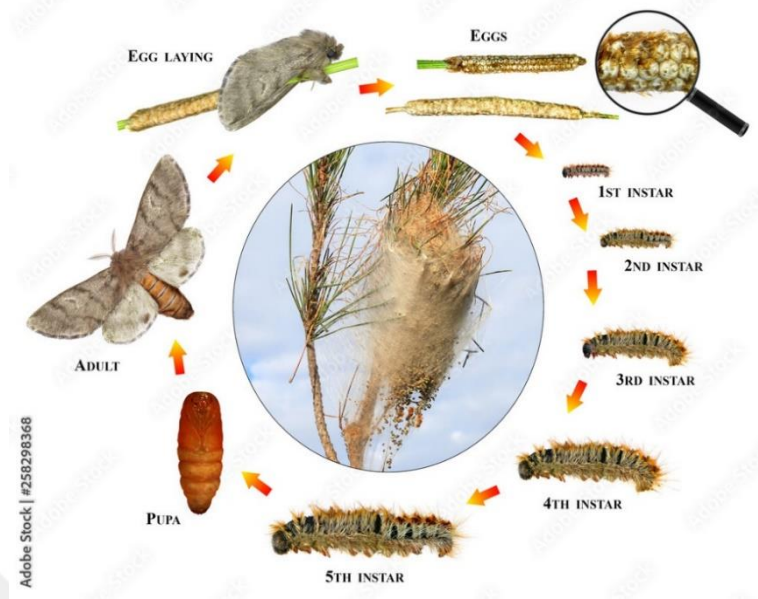
Çamkese böceği iğne yapraklı ağaçlardan özellikle çam türlerinin ibrelerinde zarar veren Akdeniz ülkeleri ve Türkiye'nin önemli herbivor türlerindendir. Türkiye'de uzun yıllar boyunca çamkese böceği türü olarak *T. pityocampa* kabul edilmiştir. Ancak yapılan son çalışmalarda Türkiye'nin büyük bir bölümünde *T. wilkinsoni*'nin yayılış gösterdiği tespit edilmiştir (İpekdağ ve Çağlar, 2011). Yüksel vd. (2019)'un yaptığı araştırma kapsamında Kastamonu'dan almış olduğu örneğin *T. wilkinsoni* olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında söz konusu iki tür birlikte ele alınmıştır.

2.1 Çamkese Böceğinin Morfolojisi, Yayılışı, Biyolojisi, Ekolojisi, Zararı ve Mücadele Yöntemleri

Çamkese böceği Arthropoda şubesi, Insecta sınıfı, Lepidoptera takımı, Notodontidae takımı, *Thaumetopoea* cinsine bağlı olup Türkiye'de *T. pityocampa* ve *T. wilkinsoni* olmak üzere iki türü bulunmaktadır.

2.1.1 Çamkese Böceğinin Morfolojisi

Yumurta Yumurtalar kirli beyaz renkte, 1–1,2 mm çapında ve küre şeklindedir. Toplu halde bırakılan yumurta kümeleri Türkçe'de “yumurta koçanı” olarak bilinir. Silindirik yapıdaki bu koçanlar genellikle 4-5 cm uzunluğundadır. Dişi yumurtaların üzerini abdomenindeki pullarla örter. Yumurtaları parazitoidlerden koruduğu düşünülen bu pullar koçanın çamın doğal bir parçasıymış gibi görünmesini de sağlar (Floater, 1998, Mirchev vd., 2004, Özkazanç, 2002, Schmidt, 1990) (URL-1, 2023).



Fotoğraf 2.1 Çamkese böceği hayat evreleri (URL-1, 2023)

Larva: Beş larval evresi vardır. Evreleri birbirinden ayırmanın en iyi yolu baş kapsülü büyüklüklerini karşılaştırmaktır. Yumurtadan çıkan yeşil renkli ve 1–2 mm uzunluğundaki larvalar son evrelerde 35–40 mm’ye kadar uzar ve renkleri koyulaşır. Vücutları, kenarları boyunca beyaz ve ince kıllarla kaplıdır. Posteriorde, kırmızımsı kahverengi siğillerden çıkan kırmızımsı sarı kıl öbekleri bulunur. İntegümentin ve bu kılların rengi soğuk bölgelerde daha koyudur. Spirakulum çizgisinin üzeri mavi- siyah ve altı ise gri-beyaz renktedir. Gövdeye oranla daha kalın olan baş kapsülü siyahtır. Güçlü mandibüllere sahip olan tırtılın, altısı torasik olmak üzere toplam 16 ayağı bulunur ve kıvrılmalarla hareket eder (Gomboc ve Germain, 2004). Aynı evredeki erkek tırtılla dişi tırtılı vücut büyüklüklerini karşılaştırarak ayırmak mümkündür, zira dişi tırtıllar daha iri vücutlu olmaktadır (Fitzgerald, 2003) (URL-1, 2023).

Pupa: Pupa dönemi toprak altında gerçekleşir. Nadiren de olsa pupasyonun kese içerisinde gerçekleştiği görülmüştür; ancak buna neden olan koşulların anormal koşullar olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Wilkinson, 1926). Sıcak yaz aylarını toprak altında geçiren, kestane rengindeki, boyu 20–25 mm olan, eni 8–10 mm genişliğinde olan oval kozaların içinde ve pupa evresinde geçirir. Dişi pupalar genelde erkek pupalardan 4 mm daha uzun ve eni 1,5–2 mm daha geniştir (Aytar, 2002; Özkazanç, 2002) (URL-1, 2023).

Ergin dişi kelebeğin boyu 34–45 mm arasında değişmektedir. Anten yapıları filiform gibi görünen ama bipektinat antenlerdir. Toraksı, gri kıllarla kaplı ince bir pektinat şeklinde oluşmuştur. Silindirik olan abdomeninde altın sarısı pullar bulunur. Grimsi beyaz renkte olan ön kanatlar üç adet siyah banda sahiptir. Kanat kenarları ve sinirlerinin rengi daha koyu, arka kanatlar beyaz ve arka kanadın köşeleri gridir. Koyu bir nokta rektal bölgede yer almaktadır. Dişilerde anal bölgede kıllanma yoğundur. Erkek kelebek dişi kelebeklere nazaran daha küçüktür. Boyu 30–35 mm arasında değişmektedir. Antenleri kalın bipektinat olup, abdomeni konik yapıdadır. Abdomenin arkasında plakalar yer almamakta olup abdomende çok sayıda sivri kıl yer alır. Ön kanatlar dişi bireyin sahip olduğu bant sayısından daha fazladır (Blas, 2000; Gomboc and Germain, 2004) (URL-1, 2023).

2.1.2 Çamkese Böceğinin Yayılışı

Dünyadaki yayılışı: Çamkese böceği, Avrupa'nın güneyinde ve Afrika'nın kuzeyinde yayılış göstermektedir. (Battisti vd., 2000; Breuer vd., 1989; Devkota ve Schmidt, 1990; Huchon ve Démolin, 1970; Kerdelhue vd., 2009). Çamkese böceğinin yayılış yaptığı ölkeler arasında Almanya, Arnavutluk, Avusturya, Bosna Hersek, Bulgaristan, Cezayir, Danimarka, Fas, Filistin, Fransa, Hırvatistan, İspanya, İsrail, İsviçre, İtalya, KKTC, Libya, Lübnan, Macaristan, Makedonya, Mısır, Portekiz, Romanya, Suriye, Tunus, Türkiye, Yunanistan bulunmaktadır (Battisti vd., 2005; Blas, 2000; Öymen ve Küçükosmanoğlu, 2002). Çamkese böceğinin Akdeniz'in doğusundaki varlığına ilişkin ilk kayıtlar Suriye, Lübnan ve Kıbrıs'dan elde edilmiştir (Staudinger, 1894).

Türkiye'deki Yayılışı: Çamkese böceği Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz Bölgesi'nde Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü alanlarda yoğun olarak yayılış göstermektedir. Karadeniz sahili boyunca daha çok güney sıcak yamaçları tercih eder ve 600 m rakıma kadar çıkar (Kanat ve Türk, 2002). İpekdal vd. (2015) Türkiye'de *T. pityocampa*'nın Kuzey Ege ve Trakya'da, *T. wilkinsoni*'nin ise Akdeniz, Ege ve Karadeniz bölgelerinde yayılış gösterdiğini belirtmiştir.

2.1.3 amkese Böceğinin Biyolojisi, Ekolojisi ve Zararı

amkese böceği, hızlı uçuş yeteneğine sahip olduğu için rzgarlada yayılan yaygın bir zararlı türüdür ve özellikle am ağaçlarının yapraklarında önemli zararlar oluşturur. Bu böcek, Lepidoptera takımına ait bir güve türüdür ve genellikle ormanlık alanlarda ve am türleri üzerinde bulunur. Yayılış süreci, bir dizi biyolojik ve ekolojik faktörün etkileşimine dayanır (Battisti vd., 2000).

Dişi erginler yumurtalarını çoğunlukla iki iğne yaprağı birleştirerek koyarlar. Tırtıllar yumurtadan sonbahar başında çıkarlar ve beslenme faaliyetine başlarlar. Larvalar, büyüdükçe am ağacının iğne yapraklarını yiyerek korunmak için ipekten bir kese oluştururlar. Bu kese, larvanın içinde büyümesi için gerekli olan uygun bir mikro iklimi sağlar ve ayrıca böceğin kendini doğal düşmanlardan korumasına yardımcı olur. Kese içerisinden larva, besin arayışı için am ağacının dallarına ve yapraklarına çıkar. Yemek için seçtikleri alanlarda büyük zararlar oluştururlar ve am ağacının yapraklarını tamamen tüketebilirler (Hodar vd., 2002).

Böcekler, uçuşları sırasında rüzgârın yönündeki hareketine bağlı olarak yeni alanlara ulaşabilirler. Bu da yayılışlarının hızlanmasına ve daha geniş bir coğrafi alana yayılmasına katkıda bulunur (Erinç, 1965; Türkeş, 1990).



Fotoğraf 2.2 Yuvadan çıkan tırtıllar (Sinop saha çalışması)

Zararı: Çamkese böceği, larva döneminde çam ağaçlarının ibrelerini yiyerek zarar verir. Sayısı az olduğunda, yalnızca keselerin civarında bulunan ibreler zarar görür. Fakat epidemi yapması halinde, çamları çıplak hale getirir. İleri larval evrelerde beslenme miktarı arttıkça ve dolayısıyla böceğin zararı da artar; verdiği zarar son larval evresinde en büyük değerine ulaşır (Devkota ve Schmidt, 1990). Bu açıdan baktığımızda Çamkese böceği yaprak zararlısı bir böcek türüdür. İbreleri yenen çamların fotosentez fizyolojisinde aksamalar meydana gelir. Çünkü ibresizleşme doğrudan fotosentez dokusu kaybıdır. Bu nedenle ağacın büyümesi yavaşlar ve artım kaybına neden olur. Örneğin Hódar vd. (2003) Çamkese böceği etkisiyle ibresizleşmiş genç sarıçamların zarara uğramayanlara göre yarı yarıya daha az büyüdüğünü ve zarara uğramış olan ergin fertlerin zarara uğramayanlara oranla % 50 daha az sayıda ve buna mukabil % 40 daha hafif tohum ürettiğini bulmuşlardır.

Çamkese böceği esas zararı çam ve sedir türlerinde yapar. Türkiye genelinde, bugüne kadar *Pinus brutia*, *P. halepensis*, , *P. radiata*, *P. strobus*, *P. sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinea*, *Cedrus atlantica*, *C. libani* *C. deodara* türlerinde tespit edilmiştir. Ağacın ibrelerini yemek suretiyle tükenmesi halinde civardaki ardıçlarla veya *Arbutus*, *Cistus*, *Olea*, *Phillyrea*, gibi maki elemanlarıyla ile de beslenebilmekte, ama besin tipindeki

bu değişiklik, Çamkese beği tırtıllarının hayatta kalma başarısını azaltmaktadır (anakıoğlu ve Mol, 1998).

amkese beği yalnızca ekonomik ve estetik açıdan değerli orman ağaçlarının refahını etkilemekle kalmamakta, aynı zamanda bu ağaçlarda artım kaybına da neden olmaktadır. Bir diğer zararı da tırtıllar, insanlarda ve diğer homoiterm hayvanların çoğunda (Triggiani ve Tarasco, 2002) değişik derecelerde alerjik reaksiyonlara da sebep olmaktadır.

2.1.4 amkese Beği ile Mücadele Yöntemleri

1) Mekanik savaş: Mekanik savaş yöntemi, Çamkese beği zararlısının fiziksel olarak toplanması veya tahrip edilmesini içermektedir. Bu yöntemde, Çamkese beği yumurtaları, larvaları veya pupaları manuel olarak toplanmakta veya zararlı beklere ait barınaklar, yuvalar ve kokonlar tahrip edilmektedir. Bu işlem, Çamkese beği popülasyonunun kontrol altına alınmasına ve zararlı beğin yayılmasının engellenmesine yardımcı olmaktadır (Carus, 2004).

Bu savaş yöntemi genellikle Çamkese beğinin yumurtlama dönemi olan ilkbahar ve yaz aylarında etkili olmaktadır. Yumurtalar, yapışkan bantlar veya yapışkanlı ağlar gibi malzemelerle toplanabilmektedir. Larvalar, elle toplanabilmekte veya am ağaçlarının dallarında gezinirken fırça veya süpürge yardımıyla temizlenebilmektedir. Pupalara ise kabuklarının veya koçanlarının fiziksel olarak tahrip edilmesiyle kontrol altına alınabilmektedir (Battisti vd., 2015).

Yumurta koçanlarının toplanması: Kelebeklerin ibrelere bıraktıkları yumurta koanları toplandıktan sonra yakılmamalı, ormana en az 50 m uzaklığa bırakılmalı, dere veya su kaynaklarına dökülmemelidir. Yumurta parazitoidlerinin gelişimlerini tamamlamaları sağlanarak bu parazitoidlerin sistem içerisinde bulunmaları teşvik edilmelidir. Yeterince uzak mesafeye bırakılan yumurta koanlarından çıkan tırtıllar çok küçük oldukları için ağaçlara ulaşamayıp lrleri (zdal, 2002).

Kese toplama: amkese beğine ait keseler dal makası yardımıyla kesilerek çıkartılır. Tepe srgnndeki keseler alınırken çok dikkatli olunmalı, tepe sürgünü ağacın

hayatının devamlılığı için asla kesilmemelidir. Toplanan keseler yakılmadan toplu bir şekilde, ormandan en az 50 m uzaklıktaki bir mesafeye taşınmalıdır. Bu sayede tırtılların ormana ulaşması engellenir ve tırtılların ölmesi sağlanır (Özdal, 2002). Bu yöntem, avcı ve parazitler açısından faydalı olmasına rağmen; yöntemin uygulanmasında aşırı zaman kaybı ve fazla iş gücü ihtiyacı gibi problemlerle karşılaşmaktadır. Toplanan keseler yakılmamalı, toplu halde, ormandan en az 50 m uzağa koyulmalıdır. Kese sayısının 100'e yaklaştığı dönemler olmaktadır (Mol ve Küçükosmanoğlu, 2002). Epidemik dönemlerinde ulaşılan böylesi rakamlar kese toplama işini zorlaştırmaktadır. Ayrıca tırtılların bir kısmına, sayıca fazla oldukları takdirde, dal ve sürgünlerin üzerinde, dal çatalları; hatta aralık ayından sonra, toprak üstünde ve maki elemanlarının dal ve yaprak direği, kapı, duvar, tahta perdeler üzerinde ya hareket halinde ya da dinlenme durumunda rastlamak mümkündür. Bazı tırtıllar civardaki evlerin içine kadar girer. Bu anormal durumlar keseleri kesip toplamak suretiyle yapılan mekanik mücadelenin başarısını olumsuz yönde etkiler.



Fotoğraf 2.3 Çamkese böceği mekanik savaş yöntemi

2) Kimyasal savaş: Kimyasal savaş, böceğin popülasyonunu kontrol etmek veya azaltmak için kimyasal pestisitlerin kullanılması anlamına gelmektedir. Kimyasal

savaş yöntemi, çamkese böceği larvaları veya yetişkinleriyle mücadele etmek için pestisitlerin doğrudan uygulanmasını içermektedir. Pestisitler, böceğin öldürülmesi veya üreme döngüsünün bozulması yoluyla etki göstermektedir. Genellikle aerosol spreyler, tozlar, sıvı formlar veya granüller şeklinde kullanılmaktadır. Bu kimyasal maddeler, çam kese böceği popülasyonunu kontrol altına almak için etkili bir yöntem olabilmektedir (Mirchev vd., 2004).

Kimyasal savaş yöntemi, genellikle büyük ölçekli orman alanlarında kullanılmaktadır. Pestisitler uçaklar veya helikopterler aracılığıyla havadan püskürtülerek veya zemin tabanlı pülverizatörler kullanılarak uygulanabilmektedir. Bu şekilde, çamkese böceği popülasyonu kontrol altına alınabilmekte ve ağaçların zarar görmesi önlenmektedir. Kimyasal savaş yönteminin avantajları arasında hızlı etki gösterme kapasitesi, büyük alanlarda uygulanabilme yeteneği ve etkinliğinin yüksek olmasıdır. Ayrıca, uygulama süreci genellikle kolay olmakta ve hedeflenen böceklere odaklanılmaktadır. Bununla birlikte, kimyasal savaşın bazı dezavantajları da vardır. Pestisitlerin çevre üzerinde olumsuz etkileri olabilmekte ve diğer böcek türleri ve doğal düşmanlar da zarar görebilmektedir. Ayrıca, pestisitlere karşı böceklerin direnç geliştirmesi de bir sorun oluşturabilmektedir (Lewis vd., 1997; Stiling ve Cornelissen 2005).

Kimyasal savaş yöntemi, diğer mücadele yöntemleriyle birlikte kullanıldığında daha etkili sonuçlar verebilmektedir. Özellikle büyük ölçekli çam kese böceği salgınlarında veya zararın hızla kontrol altına alınması gereken durumlarda tercih edilebilmektedir. Ancak, pestisitlerin kullanımı dikkatlice planlanmalı, doğru dozajlar uygulanmalı ve çevresel etkiler göz önünde bulundurulmalıdır. Sonuç olarak, kimyasal savaş yöntemi çamkese böceği ile mücadelede hızlı ve etkili bir yöntemdir. Ancak, doğal dengeyi korumak ve çevresel etkileri minimize etmek için dikkatli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Uygulama süreci yetkilendirilmiş profesyoneller tarafından gerçekleştirilmeli ve yönergeler ve güvenlik önlemleri dikkate alınmalıdır.

3) Biyolojik savaş: Biyolojik mücadele, zararlı türlerin popülasyonunu baskı altına almak suretiyle , söz konusu zararlının popülasyon yoğunluğunu azaltarak daha az zararlı hale gelmesini sağlamak maksadıyla özellikle bu türe özgü parazitoid, patojen avcı ve antagonistlerin veya rakip popülasyonların kullanılmasıdır (Van Driesche ve

Bellows, 1996). Biyolojik kontrol insan eliyle bilinçli olarak planlanarak da yapılır, ya da doğal sistem içerisinde kendiliğinden de gerçekleşebilir. (Masutti ve Battisti, 1990). Biyolojik kontrol ajanı türlere zararlı türün doğal düşmanı denmektedir.

Biyolojik mücadele ajanları şöyle sıralanabilir:

1.Parazitoitler: Parazitoit böcekler, çam kese böceği yumurtalarını veya larvalarını parazitize eden organizmalardır. Örnek olarak, çam kese böceği popülasyonunu kontrol etmek için kullanılan *Braconideler*, *Ichneumonidler* ve *Eulophidler* gibi parazitoitler gösterilebilir.

2.Predatörler: Predatör böcekler, çam kese böceği larvalarını avlayarak popülasyonlarını kontrol altına almaktadır. Örnek olarak, yaban arıları, karasinekler ve bazı böcek yiyen kuşlar çam kese böceği ile mücadelede etkili predatörlerdir.

3.Patojenler: Çam kese böceği popülasyonunu kontrol etmek için bazı bakteri, virüs ve fungus türleri kullanılabilir. Bu patojenler, zararlı böceklerin hastalanmasına ve ölmesine neden olmaktadır (Carus, 2004; Kanat vd., 2005).

Biyolojik savaş yöntemi, çevre dostu olduğu için tercih edilen bir yöntemdir. Doğal düşmanlar çevrede bulunan doğal dengeyi koruyarak ve hedefli bir mücadele sağlamaktadır. Ayrıca, biyolojik savaş yöntemi uzun vadeli bir çözüm sunmaktadır, çünkü doğal düşmanlar çamkese böceği popülasyonunu sürekli olarak kontrol altında tutabilmektedir. Bu yöntemin avantajları arasında çevreye zararlı kimyasalların kullanımının azalması, doğal denge ve ekosistemin korunması ve kalıcı bir kontrol sağlama potansiyeli bulunmaktadır. Ancak, biyolojik savaş yöntemi etkinliği, hedef zararlı böceğin popülasyon yoğunluğuna, doğal düşmanların mevcudiyetine ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Mirchev vd., 2004).



Fotoğraf 2.4 Çamkese böceği ile biyolojik mücadele



Fotoğraf 2.5. Çamkese böceği ile biyolojik mücadelede adacık yöntemi

2.1.5 İklim Değişikliği-Zararlı Böcek İlişkisi

İklim değişikliği kısaca ortalama hava sıcaklığı, yağış düzeni ve doğal afet gibi en önemli alanlarda etkisini göstermektedir. Belirgin olarak 1980’li yıllardan itibaren etkisini göstermeye başlayan iklim değişikliği politik, sosyal ve ekonomik etki çerçevesinde kıtlık, enerji problemleri, suyun azalması gibi çeşitli sonuçlara neden

olurken diğerk yandan biyolojik açıdan bitki örtüsü ve hayvan türlerinin çeşitliliğı üzerine de olumsuz etkiler yapmaktadır (Demir, 2009).

İklim değışikliğinin türe, biyotik ve abiyotik faktörlere bağılı olmak üzere böcekler üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. İklim değışikliğı genel olarak böceklerin generasyon sayısının artmasına, kışlama sonrası hayatta kalma oranlarının artmasına, ağaçlarının böceklerle karşı dayanıklılığının azalmasına, böcekler için üreme alanlarının artmasına, substrat kalitesinde değışimlere, böcek ölümlerinin artmasına, yayılış alanlarının artmasına, böceklerin taşıyıcısı olduğı bitki hastalıklarının artmasına, zararlı-doğal düşman ve zararlı-konukçu bitki senkronizasyonunun bozulmasına, vb. neden olmaktadır (Jactel vd., 2019; Seidl vd., 2017; Ungerer vd., 1999).

İklimsel anomaliler, sıcaklık veya diğerk iklimsel değışkenler tarafından sınırlandırılan türlerin coğrafi menzile genişlemelerine neden olabilir veya bunları hızlandırabilir (Carroll vd., 2003). Böcekler üzerinde en fazla etkiye sahip olan iklim parametreleri arasında sıcaklık ve yağış yer almaktadır. Sıcaklık diğerk böcek türlerinde olduğı gibi çamkese böceğinin de yayılış alanının değışimine neden olmaktadır. Battisti vd. (2005) çamkese böceğı *T. pityocampa* yakın zamanda enlemsel ve rakımsal olarak genişlediğı rapor etmiştir. Kış sıcaklığı, beslenme aktivitesi ve *T. pityocampa* larvalarının hayatta kalmasını deneysel olarak ilişkilendiren bu yazarlar, genişlemeleri son otuz yıldaki ısınma eğilimi nedeniyle artan kış hayatta kalma oranlarına bağlamışlardır (Toffolo vd., 2006).

İklim değışikliğı sonucunda sıcaklıklarda görülen artışlar, kabuk böceğı salgınlarının önceki dönemlere kıyasla daha yüksek enlemlere ve yüksekliklere yayılmasına olanak sağlamıştır. Bununla birlikte, Lepidoptera takımına mensup türlerdeki eğilimler daha az nettir ve tanımlanması daha zordur (Bebber, 2015).

İklim değışikliğı sonucu sıcaklıkların artması ve yağış rejimlerindeki değışimler sonucu geniş coğrafyalarda kuraklıkların yaşanmasında muhtemeldir. Kuraklık sonucunda; kurak bölgeler otçul türlerin gelişimi için elverişli çevresel koşulları oluşturabilir, su stresi altındaki bitkiler, ksilemdeki su çekilmesinin bir sonucu olarak

böcekler tarafından algılanan ultrasonik akustik sinyaller nedeniyle kabuk böcekleri gibi böcekleri çekmeye daha yatkın olurlar ve su stresi altındaki bitkiler, organik bileşik ikincil metabolitlerde azalma ile karakterize edilen savunma mekanizmalarının tehlikeye girmesi nedeniyle böcek hasarına karşı daha büyük bir duyarlılık sergilerler (Yihdego, 2019). Kabuk böcekleri (Col.: Curculionidae) de sıcaklık ve kuraklık değişimlerinden ağaçlar üzerindeki zararı itibariyle derinlemesine etkilenen gruplar arasında yer almaktadır. Zira, kabuk böceklerinin özellikle şiddetli kuraklık ve sıcaklık koşullarında ağaç ölümlerine neden olma potansiyeli çok yüksektir (Raffa vd., 2008; Raffa vd., 2015).

Küresel iklim değişikliği sonucu görülen yağış rejimlerindeki değişimler böcekleri, doğal düşmanlarını ve konukçuları etkilemektedir. Yağıştaki değişiklikler, böceklerin zamanlamasını ve genel performansını etkileyebilen diğer abiyotik çevresel faktörlerdeki değişikliklerle bağlantılıdır (Guo vd., 2009; Morecroft vd., 2002) Bu durum böcek topluluklarının dinamikleri üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Örneğin, yağış miktarındaki değişiklikler böceklerin yaşam alanlarındaki sıcaklık ve nemi etkileyebilir, bu da birçok böceğin vücut sıcaklığını düzenlemesini engeller ve sonuçta yaşam döngülerini tamamlamalarını önler (Battisti vd., 2005).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanını batı ve orta karadenizde yer alan Kastamonu ve Sinop illeri oluşturmaktadır.

3.1.1.1 Coğrafi konumu

Kastamonu 32° 44' 59" - 34° 36' 14" doğu boylamları ile 40° 50' 4" - 42° 1' 12" kuzey enlemleri arasında yer almakta olup kuzeyinde Karadeniz, kuzeydoğusunda Sinop, güneydoğusunda Çorum, güneyinde Çankırı, batısında Bartın ve Karabük bulunmaktadır (Torun, 2018). İlin geneline bakıldığında zaman yüksekliğinin 0 – 2578 m arasında değişmekte olduğu, Batı Karadeniz'in en yüksek zirvesinin 2578 m ile Büyük Hacet Tepesi olduğu görülmektedir (Torun, 2018).

Karadeniz kıyısında Boztepe Burnu ve Yarımadası üzerine kurulmuş olan Sinop yaklaşık olarak 41, 2-43, 5 enlem ve 34, 5-35, 3 boylamları arasında yer alır (Yılmaz, 2019). Türkiye'nin en kuzeyinde bulunan Sinop'un yüzölçümü 5791 km² dir. Rakımı 50 m olan ilin Karadeniz sahil uzunluğu 175 km dir. (URL-2, 2023).

3.1.1.2 İklimi

Kastamonu "Karadeniz İklim Bölgesi" sınırları içerisinde yer almakta olup (Atalay, 2014) ilin kuzey kesimlerinde Karadeniz iklimi görülürken, güney kesimlerinde ise Karasal iklim hakimdir. Küre Dağları, kıyıya paralel bir şekilde uzandığından Karadeniz ikliminin iç kısımlara ilerlemesini engeller. Kastamonu'da yağış dağılımı aylara göre düzenlidir. Kış aylarında yağışlar yıllık yağışın %18'ini oluştururken, yaz aylarında ise %27'sini oluşturur. Özellikle bahar aylarında yoğun yağışlar görülmektedir. Kıyıya yakın bölgelerde sık sık yağış görülmektedir. En az yağış

Aralık-Şubat döneminde kaydedilirken, en fazla yağışlar Nisan-Mayıs ayları arasında gerçekleşir. Kastamonu merkezde yıllık sıcaklık ortalaması 9,8 °C'dir (URL-3, 2023).

Orta Karadenizde yer alan Sinop yarı kurak-az nemli bir iklime sahip olup kışları serin yazları ılık, deniz tesirine yakın bir iklime sahiptir. Ortalama sıcaklığı 14,1°C olan Sinop'un ortalama sıcaklıklarda 2,7°C/100 yıl olmak üzere artış trendi bulunmaktadır. Ortalama yıllık toplam yağış ise 674,7mm'dir (URL-4, 2023). Sıcaklıkta görülen artış trendine göre Sinop'ta küresel ısınmanın etkisinin ciddi boyutlarda olacağı tahmin edilebilmektedir.

3.1.1.3 Bitki örtüsü

Kastamonu ilinin yüzölçümünün %74,6'sı dağlık ve ormanlık alanlardan oluşurken, %21,6'sı plato ve %3,8'i ovalardan meydana gelmektedir (URL-5, 2023). Yapılan araştırmalar sonucu Kastamonu'da 1350 bitki türü bulunduğu, bunların 212 adedinin Ülkemizin endemik türü olduğu tespit edilmiştir (Torun, 2018). Türkiye orman varlığı 22 milyon hektarın üzerinde olup Kastamonu'nun yaklaşık %66,2 si ormanlar ile kaplıdır (URL-6, 2023). İlin kuzeyinde karadenize paralel dağlar bulunmakta olup sık ormanlar ile kaplıdır (Torun, 2018). İlin güneyinde yer alan Ilgaz Dağları'nın kuzey yamaçlarında doğu kayını (*Fagus orientalis*), Uludağ göknarı (*A. nordmanniana*), sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve sapsız meşe (*Q. Petraea*) yayılış gösterirken güney yamaçlarda ise kızılçam (*Pinus brutia*), saçlı meşe (*Q. cerris*), tüylü meşe (*Q. pubescens*), mazi meşesi (*Quercus infectoria*) ve ardıç türleri (*Juniperus excelsa*, *J. foetidissima*) bulunmakta, 1000–1250 m'den yüksek kesimlerde ise karaçamlar kendini göstermektedir (Günel, 2013; Torun 2018).

Sinop bitki örtüsü ve ormanlık alan itibariyle oldukça zengin bir ildir. Ağaç türleri itibariyle; *Pinus nigra* (Çk), *Pinus sylvestris* (Çs), *Abies nordmanniana* (G), *Fagus orientalis* (Kn), *Carpinus betulus* (Gn), *Quercus* (*Quercus cerris*, *Quercus infectoria*, *Quercus frainetto*, *Quercus robur*, *Quercus petraea*) (M), *Juniperus sp.* (Ar), *Fraxinus excelsior* (Dş), *Ulmus L.*, Sp. (Ka), *Populus tremula* (Kv) Sinop Orman Bölge Müdürlüğü içinde doğal olarak yayılış gösteren türlerdir (Anonim, 2022).

3.2 Yöntem

Çalışmada Batı ve Orta Karadeniz bölümlerinde yayılış gösteren Çamkese böceğine ait var verileri kullanılmıştır. Veriler Orman Genel Müdürlüğü tarafından yapılan arazi çalışmalarından, çeşitli veri tabanlarından (GBIF vb.) ve geçmişte yapılmış olan literatür verilerinden elde edilmiştir. Arazi çalışmalarından elde edilen verilerin koordinatları UTM-WGS84 Koordinat sistemine göre kaydedilmiş ve model için uygun formata getirilmiştir. Modellerdeki “overfitting” verilerin fazla uyumlu olması hatası olmaması için R programı “enmtools” paketi ile 500 metrelik veri sadeleştirme yapılmıştır.

Hedef türün potansiyel dağılımlarını belirlemek için var verilerine dayalı olarak çalışan Maksimum Entropi (MaxEnt) yöntemi kullanılmıştır. Bu metot, mevcut verilerin temelinde çalışmakta ve ekolojik gereksinimleri belirleyerek belirli bir hedef tür için uygun veya uygun olmayan bölgeleri tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Maksimum Entropi (MaxEnt) yöntemi, tür dağılım modellemesi için sıkça tercih edilmektedir. MaxEnt yönteminin avantajları arasında, diğer metotlara kıyasla daha küçük örnekleme boyutları ile çalışabilmesi, daha az mevcut veri ile daha iyi sonuçlar elde edebilmesi ve tahmin doğruluğunun yüksek olması yer almaktadır (Philips vd., 2006).

3.2.1 Çevresel Değişkenler

Çalışma kapsamında gelecek senaryolarına bağlı olarak habitat uygunluk haritalarının oluşturulabilmesi için 19 BIO_iklim verisi (BIO_1-BIO_19) kullanılmıştır (Tablo 3.1). Programa dahil edilen bütün katmanlar en yüksek uzamsal çözünürlüğe sahiptir ((30 arc-saniye (~1 km)). İklimsel değişkenler için WorldClim (v2.1) sitesinden HadGEM3-GC31-LL meteoroloji istasyonunun oluşturduğu 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100 yıllarına ait SSP 2.45 ve SSP 5.85 senaryolarının bulunduğu dosya indirilmiş ve dosyadaki 19 değişkene ait haritalar ArcMap programı aracılığıyla üretilmiştir (Tablo 1) (URL-7, 2023). Daha sonrasında ilgili raster dosyalar çalışma alanı ölçeğinde kesilerek, modele uygun hale getirilmiştir.

Tablo 3.1 İklim değişkenleri

Kodlar	İklim değişkenleri
BIO_ 1	Yıllık Ortalama Sıcaklık
BIO_ 2	Aylık Ortalama Sıcaklık
BIO_ 3	Isotermallik
BIO_ 4	Mevsimsel Sıcaklık
BIO_ 5	En Sıcak Ayın Maksimum Sıcaklığı
BIO_ 6	En Soğuk Ayın Maksimum Sıcaklığı
BIO_ 7	Yıllık Sıcaklık Aralığı
BIO_ 8	En Yağışlı Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
BIO_ 9	En Kurak Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
BIO_ 10	En Sıcak Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
BIO_ 11	En Soğuk Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
BIO_ 12	Yıllık Yağış Miktarı
BIO_ 13	En Yağışlı Ayın Yağış Oranı
BIO_ 14	En Kurak Ayın Yağış Oranı
BIO_ 15	Mevsimsel Yağış Miktarı
BIO_ 16	En Yağışlı Çeyreğin Yağış Oranı
BIO_ 17	En Kurak Çeyreğin Yağış Oranı
BIO_ 18	En Sıcak Çeyreğin Yağış Oranı
BIO_ 19	En Soğuk Çeyreğin Yağış Oranı

Gelecek iklim senaryolarına göre zararlının yayılışını belirlemek için SSP245 (ılımlı) ve SSP585 (kötümser) olmak üzere orta ve yüksek emisyon senaryolarına sahip ortak sosyo-ekonomik yollar (SSP'ler) seçilmiştir.

Maxent modeli oluşturulurken öncelikle veriler csv formatına dönüştürülmüş ve bu veriler "Örnekler (Samples)" bölümüne, 19 biyoiklimi içeren değişken haritaları "Çevresel Katmanlar (Environmental Layers)" kısmına girilmiştir. Maxent modelinde lojistik format çıktı formatı olarak tercih edilmiş, rastgele test verilerinin yüzdesi %25 olarak belirlenmiş ve Regularization çarpanı 1 olarak belirlenmiştir. Modelleme doğruluğunu değerlendirmek için Jackknife analizi ve AUC değeri sonuçları incelenmiştir. AUC değeri 0,5 ila 1 arasında değişir ve 1'e yakın bir AUC değeri, oluşturulan modelin başarılı olduğunu gösterir. Başka bir değerlendirme ölçütü ise Uygulama ve Test çizgilerinin değerlendirilmesidir. Bu çizgilerin ortadaki doğrusal çizgilere yakın olması istenir (Baldwin, 2009; Elith vd., 2011, Philips vd., 2006).

Model sonucunda oluşan habitat uygunluk haritalarının oluşturulmasında senaryolar doğrultusunda zararlının yayılış alanlarındaki değişimi nicelik olarak tespit edebilmek amacıyla habitat uygunluğu 4 sınıfa (uygun değil, az uygun, uygun, çok uygun) ayrılmıştır.

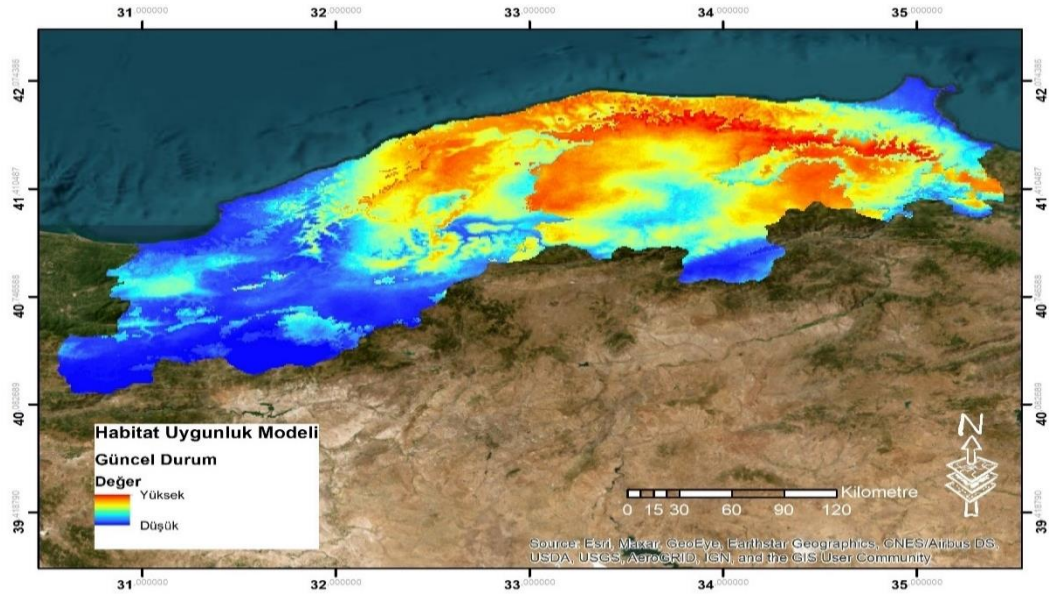
3.2.2 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları kapsamında literatür taraması yapılmış, tezin yazımı gerçekleştirilmiş, ArcGIS ve Maxent programı kullanılarak var verileri işlenmiş, habitat uygunluk haritaları, modeli ve Jackknife grafikleri ve ilgili tablolar oluşturulmuştur.



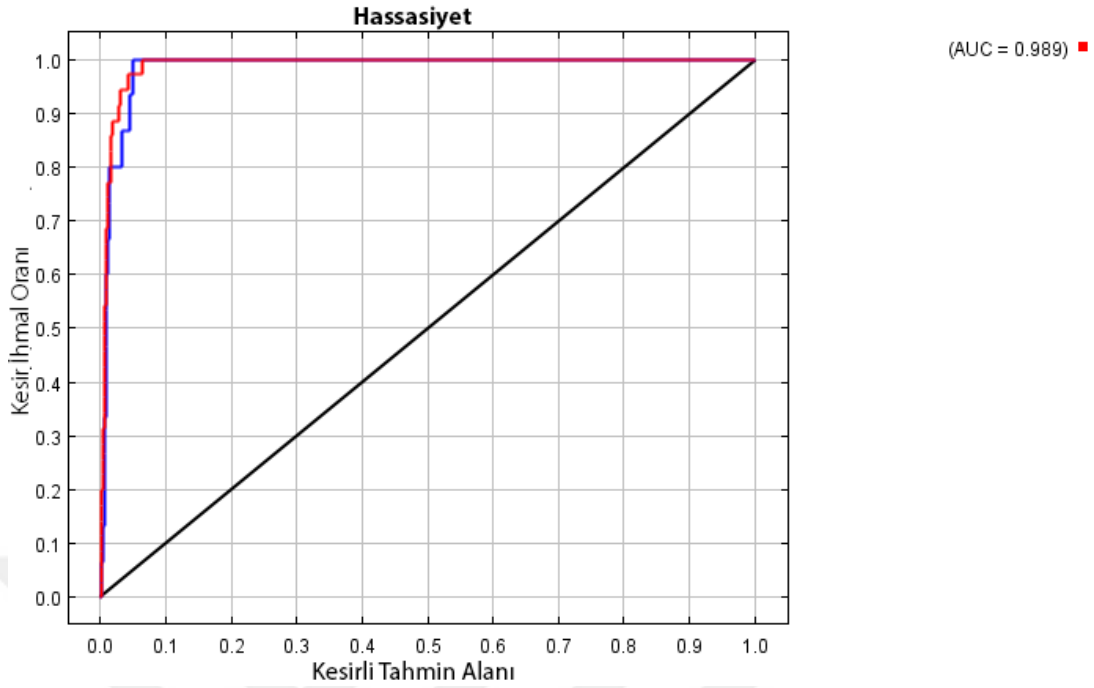
4. BULGULAR

Yapılan habitat uygunluk modeli sonucu güncel durumu gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.1)



Harita 4.1 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (güncel)

Çamkese böceğinin güncel/potansiyel yayılış alanı içi geliştirilen modelde 19 iklim verisi kullanılmıştır. Modelin doğrulamasını yapabilmek amacıyla kullanılan verilerin %10'u test verisi olarak kullanılmıştır. Yapılan modelde eğitim verisinin 0,989 ve test verisinin 0,985 olduğu tespit edilmiştir (Grafik 4.1). Bu değerlere göre modelin performansının mükemmel olduğu görülmektedir.



Grafik 4.1 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (Güncel)

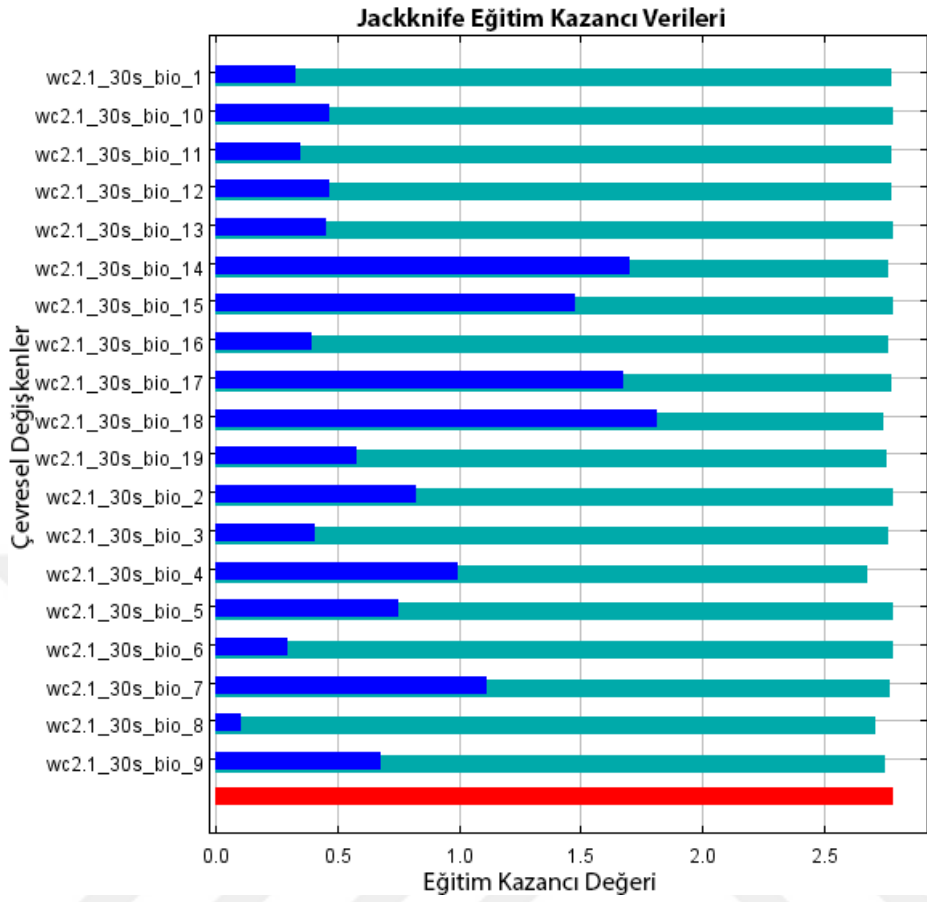
Güncel potansiyel yayılış haritası incelendiğinde Sinop ili sınırlarındaki potansiyel yayılış alanlarının çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle Kurt dağı sıradağlarının kuzey yamaçları en uygun yayılış alanları olarak dikkat çekmektedir. Bununla birlikte batıya doğru uygun yayılış alanları oldukça azalmaktadır.

Oluşturulan modelde değişkenlerin katkısını gösteren Tablo 4.2 aşağıda verilmiştir. Tabloda modele en çok katkı gösteren ilk 3 değişkenin, BIO_ 14, BIO_ 9 ve BIO_ 4 olduğu, en az katkının ise BIO_ 3 ve BIO_ 7 olduğu görülmektedir (Tablo 4.2). Permutasyon önem derecesi incelendiğinde ise diğer değişkenler sabit olmak şartı ile en yüksek önem derecelerinin BIO_ 14 ve BIO_ 18 olduğu görülmüştür.

Tablo 4.1 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (güncel)

Değişken	Modele Katkı	Permütasyon Önem Derecesi
BIO_ 14	58,7	28,5
BIO_ 9	11,8	2,9
BIO_ 4	11,2	8,4
BIO_ 18	9,9	19,2
BIO_ 19	2,4	3,6
BIO_ 8	1,7	2,9
BIO_ 11	1,1	1,6
BIO_ 1	0,8	10,6
BIO_ 13	0,7	0
BIO_ 15	0,6	0,2
BIO_ 7	0,5	13,3
BIO_ 3	0,3	3,7
BIO_ 16	0,2	5,2
BIO_ 5	0	0
BIO_ 2	0	0
BIO_ 17	0	0
BIO_ 12	0	0
BIO_ 10	0	0
BIO_ 6	0	0

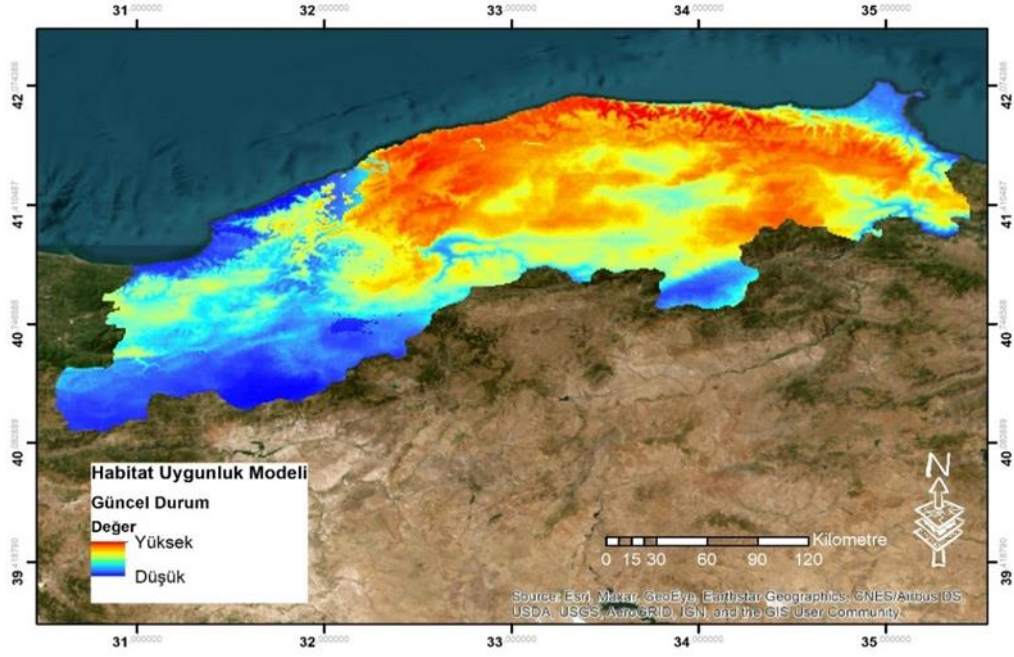
Yapılan model sonucu program tarafından oluşturulan jackknife grafiği aşağıda belirtilmiştir. Jackknife grafiğinde modele katkı sağlayan değişkenlerin kendi başlarına ve tüm değişkenlerle ile beraber modele nasıl bir katkı yaptığı değerlendirilmektedir (Grafik 4.2). Grafiği incelediğimizde, kırmızı bar toplam model kazancı, yeşil bar ilgili değişken hariç tutulduğunda oluşacak toplam model kazancını ve lacivert bar ise ilgili değişkenin tek başına kendi katkısını temsil etmektedir. Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz modele en fazla katkının sırası ile BIO_ 18, 14 ve 17 tarafından yapıldığı, en az katkının ise BIO_ 8, 6 ve 1 tarafından yapıldığı tespit edilmiştir.



Grafik 4.2 Jackknife istatistiği sonuçları (Güncel)

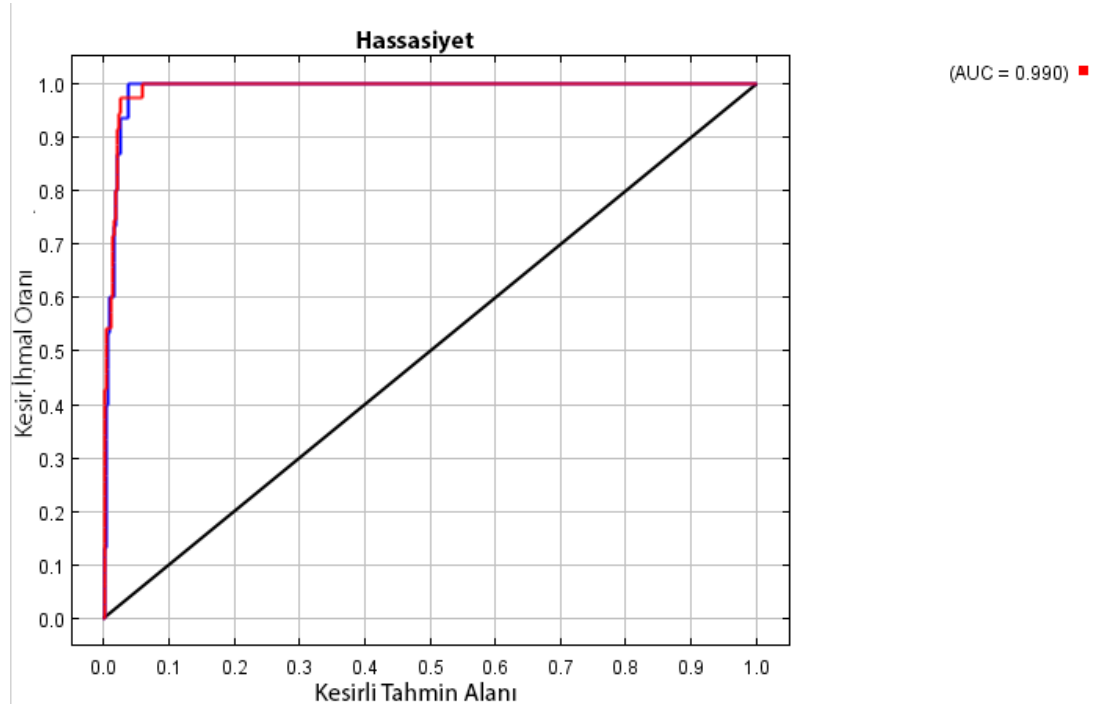
4.1 SSP 245, 2021-2040 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli

Yapılan habitat uygunluk modeli sonucu güncel durumu gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.2)



Harita 4.2 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp245_2021_2040)

Yapılan modelde eğitim verisinin 0,990 ve test verisinin 0,988 olduğu tespit edilmiştir (Grafik 4.3). Bu değerlere göre modelin performansının mükemmel olduğu görülmektedir.



Grafik 4.3 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 245, 2021-2040)

Haritada görüldüğü üzere 2040 yılına kadar türün uygun yayılış alanının önemli miktarda artacağı öngörülmektedir. Sinop ilinin kuzeydoğusunda ve en güzeyindeki bazı alanlar hariç ilin tamamı türün yayılışı için uygun hale gelecektir. Bununla birlikte Kastamonu'da özellikle Daday, Azdavay, Şenpazar, Küre ormanları bu günküne nazaran çok daha uygun yayılış alanları olacaktır.

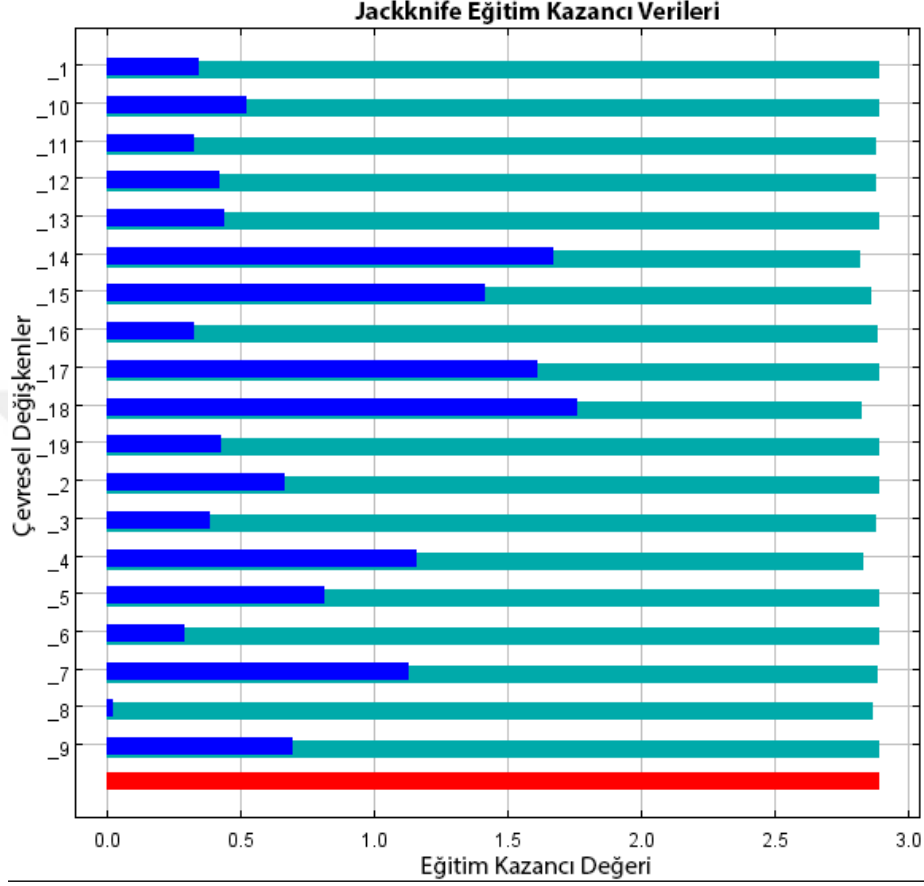
Oluşturulan modelde değişkenlerin katkısını gösteren Tablo 4.3 aşağıda verilmiştir. Tabloda modele en çok katkı gösteren ilk 3 değişkenin, BIO_ 14, BIO_ 4 ve BIO_ 18 olduğu, en az katkının ise BIO_ 19, 1, 2 ve 10 olduğu görülmektedir (Tablo 4.2). Permutasyon önem derecesi incelendiğinde ise diğer değişkenler sabit olmak şartı ile en yüksek önem derecesinin BIO_ 14 e ait olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 245, 2021-2040)

Değişken	Modele Katkı	Permütasyon Önemi
BIO_ 14	60,3	72,6
BIO_ 4	13,5	3,1
BIO_ 18	8,9	8,4
BIO_ 15	3,9	0,6
BIO_ 11	3,3	8,3
BIO_ 9	2,7	0
BIO_ 8	2,4	0,3
BIO_ 13	2,1	1,2
BIO_ 3	1,9	0,7
BIO_ 6	0,5	0
BIO_ 12	0,2	2,4
BIO_ 16	0,1	1,5
BIO_ 17	0,1	0,3
BIO_ 7	0,1	0,6
BIO_ 5	0,1	0
BIO_ 19	0	0
BIO_ 1	0	0
BIO_ 2	0	0
BIO_ 10	0	0

Yapılan model sonucu program tarafından oluşturulan jackknife grafiği aşağıda belirtilmiştir. Jackknife grafiğinde modele katkı sağlayan değişkenlerin kendi başlarına ve tüm değişkenlerle ile beraber modele nasıl bir katkı yaptığı değerlendirilmiştir (Grafik 4.4). Çalışma sonucunda elde ettiğimiz modele en fazla

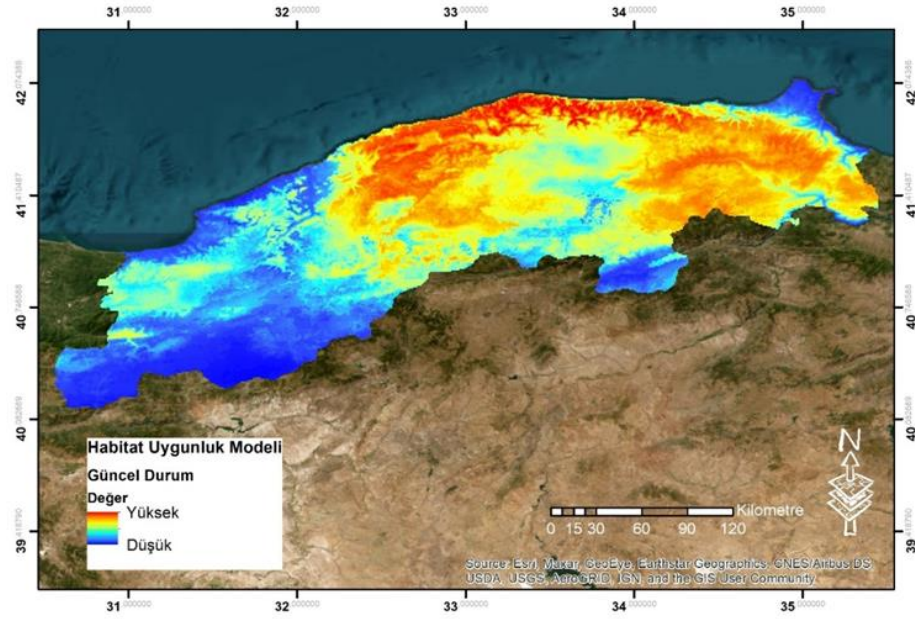
katkının sırası ile BIO__18, 14 ve 17 tarafından yapıldığı, en az katkının ise BIO__8, 6 ve 1 tarafından yapıldığı tespit edilmiştir.



Grafik 4.4 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 245, 2021-2040)

4.2 SSP 245, 2041-2060 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli

Yapılan habitat uygunluk modeli sonucu güncel durumu gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.3)



Harita 4.3 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp245_2041_2060)

Yapılan modelde eğitim verisinin 0,989 ve test verisinin 0,986 olduğu tespit edilmiştir (Grafik 4.5). Bu değerlere göre modelin performansının mükemmel olduğu görülmektedir.



Grafik 4.5 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 245, 2041-2060)

2060 yılı uygunluk haritasına göre ise 2040 yılına nazaran uygun yayılış alanları bir miktar azalacaktır. Ancak günümüzdekine kıyasla uygun yayılış alanlarının çok daha yüksek seviyede olacağı, özellikle Sinop'un kuzey şeridinin çok uygun yayılış alanları olacağı öngörülmektedir.

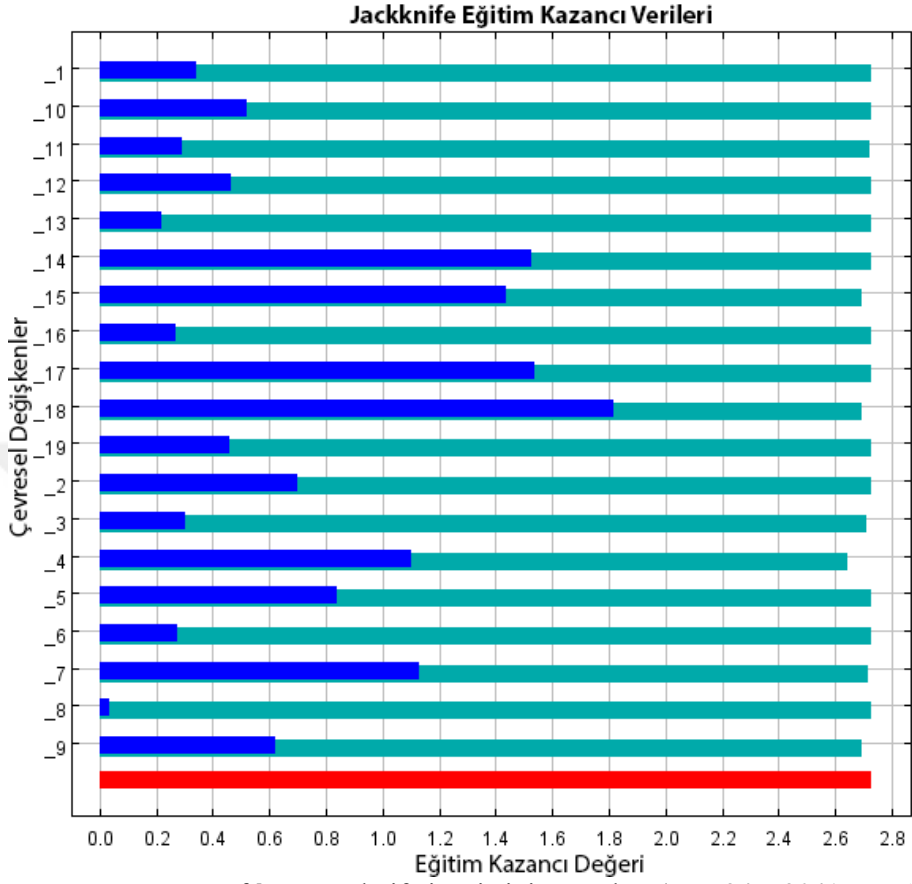
Oluşturulan modelde değişkenlerin katkısını gösteren Tablo 4.3 aşağıda verilmiştir. Tabloda modele en çok katkı gösteren ilk 3 değişkenin, BIO__18, BIO_ 14 ve BIO_ 4 olduğu, en az katkının ise BIO_1, 12, 2 ve 10 olduğu görülmektedir. Permutasyon önem derecesi incelendiğinde ise diğer değişkenler sabit olmak şartı ile en yüksek önem derecesinin BIO_18 e ait olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 245, 2041-2060)

Değişken	Modele Katkı	Permütasyon Önemi
BIO_ 18	38,4	29,8
BIO_ 14	26,9	2,4
BIO_ 4	15,5	8
BIO_ 15	7,9	1,4
BIO_ 9	4,4	6,3
BIO_ 19	3,3	0
BIO_ 6	0,9	0
BIO_ 7	0,7	25
BIO_ 3	0,6	6,4
BIO_ 17	0,6	6,2
BIO_ 11	0,5	11,4
BIO_ 16	0,2	0
BIO_ 8	0,1	0,1
BIO_ 13	0,1	0,5
BIO_ 5	0,1	0
BIO_ 1	0	2,5
BIO_ 12	0	0
BIO_ 2	0	0
BIO_ 10	0	0

Yapılan model sonucu program tarafından oluşturulan jackknife grafiği aşağıda belirtilmiştir. Jackknife grafiğinde modele katkı sağlayan değişkenlerin kendi

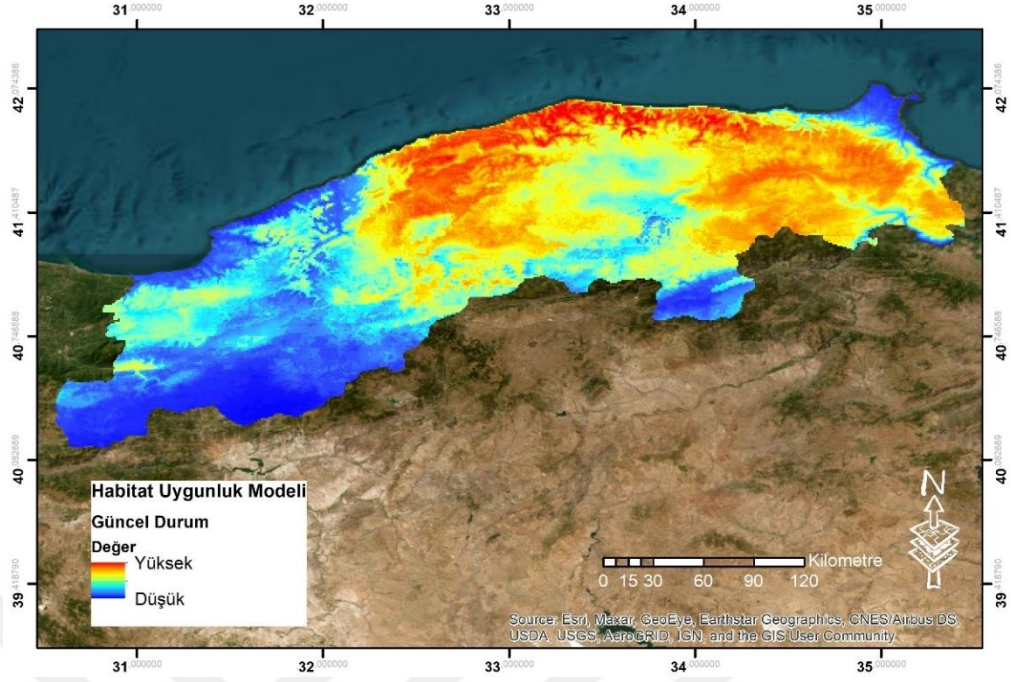
başlarına ve tüm değişkenlerle ile beraber modele nasıl bir katkı yaptığı değerlendirilebilir (Grafik 4.6).



Grafik 4.6 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 245, 2041-2060)

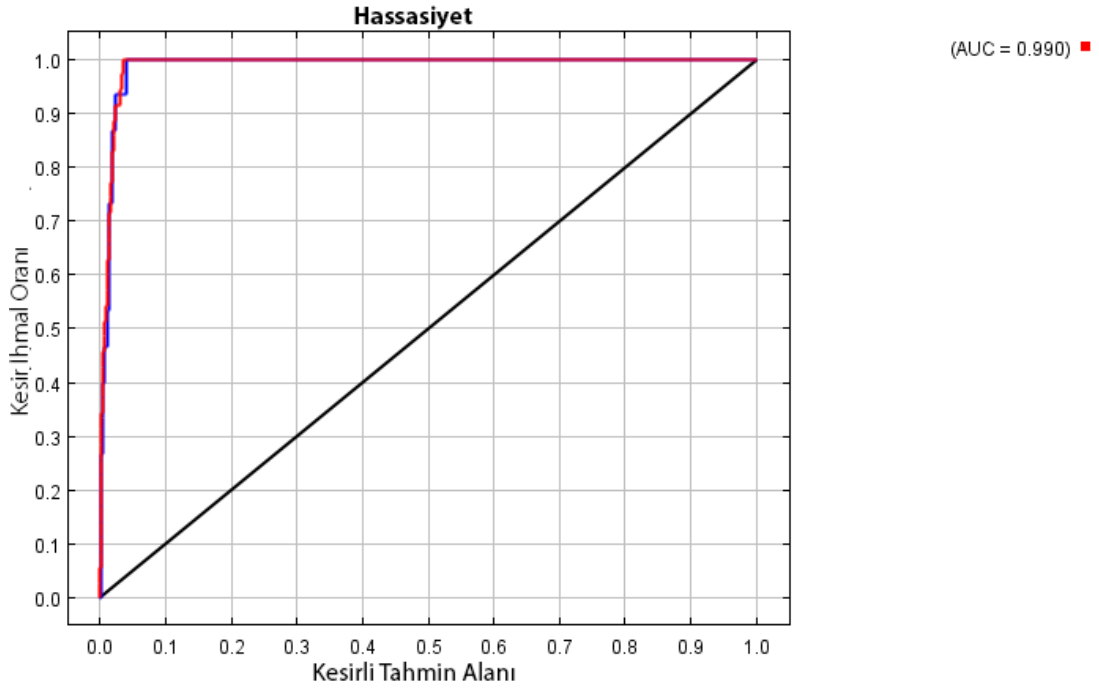
4.3 SSP 245, 2061-2080 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli

Yapılan habitat uygunluk modeli sonucu güncel durumu gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.4).



Harita 4.4 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp245_2061_2080)

Yapılan modelde eğitim verisinin 0,990 ve test verisinin 0,988 olduğu tespit edilmiştir (Grafik 4.7). Bu değerlere göre modelin performansının mükemmel olduğu görülmektedir.



Grafik 4.7 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 245, 2061-2080)

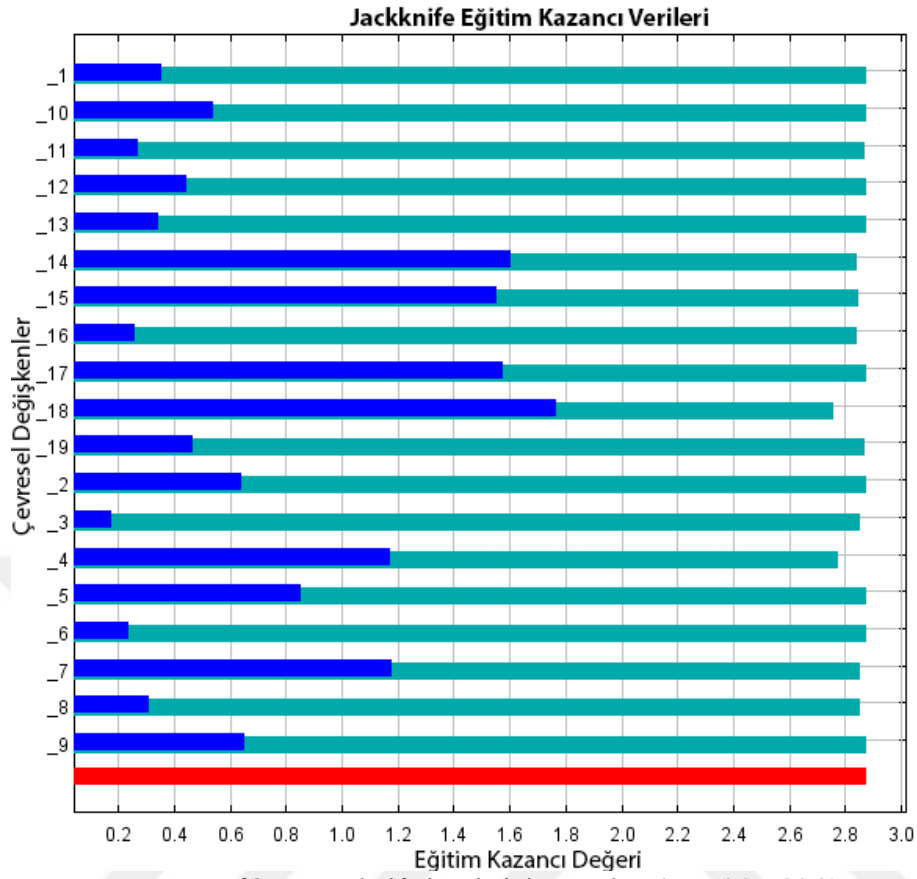
2080 yılına kadar olan süreçteki değişim incelendiğinde 2060 yılındaki uygunluk durumunun büyük ölçüde korunacağı, önemli bir değişiklik görülmeyeceği söylenebilir. Yine Sinop ilinin kuzey bölümü en uygun yayılım alanları olarak göze çarpmaktadır.

Oluşturulan modelde değişkenlerin katkısını gösteren Tablo 4.4 aşağıda verilmiştir. Tabloda modele en çok katkı gösteren ilk 3 değişkenin, BIO_ 14, BIO_ 4 ve BIO_ 18 olduğu, en az katkının ise BIO_5, 12, 9, 10 ve 2 olduğu görülmektedir. Permutasyon önem derecesi incelendiğinde ise diğer değişkenler sabit olmak şartı ile en yüksek önem derecesinin BIO_14 e ait olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 245, 2061-2080)

Değişken	Modele Katkı	Permütasyon Önemi
BIO_ 14	57,3	50,7
BIO_ 4	13,4	3,5
BIO_ 18	10,9	11
BIO_ 8	9	0,5
BIO_ 7	3,6	10,4
BIO_ 6	3,4	0,2
BIO_ 15	0,8	9,3
BIO_ 16	0,6	7,1
BIO_ 13	0,3	0,2
BIO_ 3	0,3	3,4
BIO_ 11	0,2	2,4
BIO_ 17	0,1	0
BIO_ 19	0,1	1,2
BIO_ 1	0,1	0,1
BIO_ 5	0	0
BIO_ 12	0	0
BIO_ 9	0	0
BIO_ 10	0	0
BIO_ 2	0	0

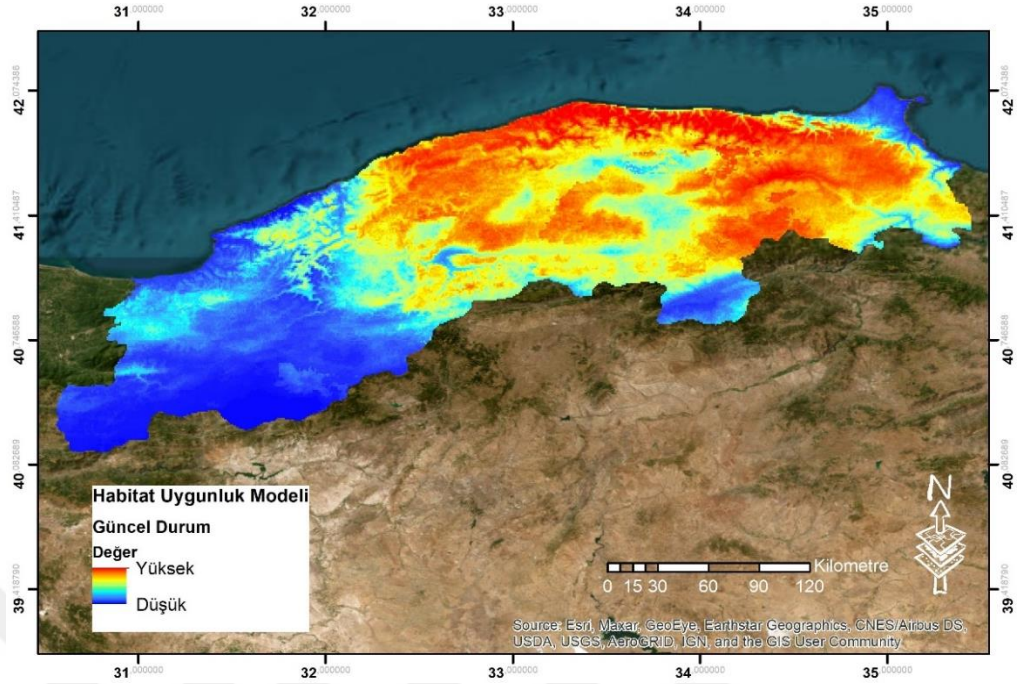
Yapılan model sonucu program tarafından oluşturulan jackknife grafiği aşağıda belirtilmiştir. Jackknife grafiğinde modele katkı sağlayan değişkenlerin kendi başlarına ve tüm değişkenlerle ile beraber modele nasıl bir katkı yaptığı değerlendirilebilir (Grafik 4.8).



Grafik 4.8 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 245, 2061-2080)

4.4 SSP 245, 2081-2100 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli

Yapılan habitat uygunluk modeli sonucu güncel durumu gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.5).



Harita 4.5 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp245_2080_2100)

Yapılan modelde eğitim verisinin 0,990 ve test verisinin 0,987 olduğu tespit edilmiştir (Grafik 4.9). Bu değerlere göre modelin performansının mükemmel olduğu görülmektedir.



Grafik 4.9 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 245, 2081-2100)

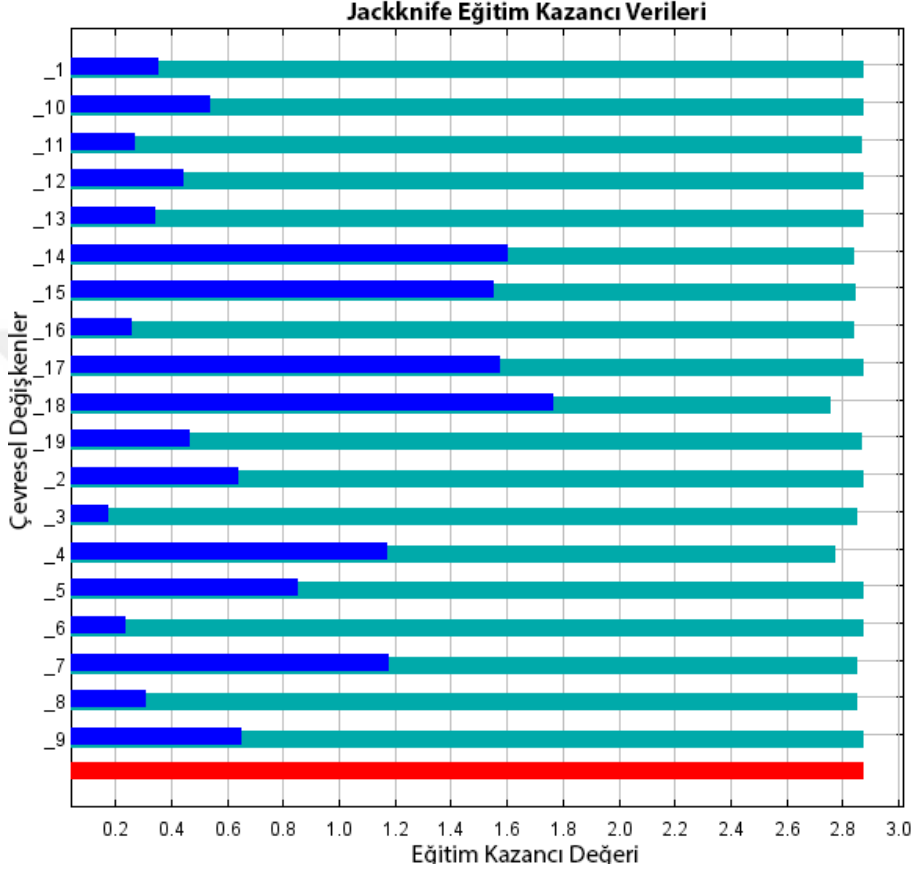
SSP 245 senaryosuna göre 2100 yılında uygun yayılış alanları önemli ölçüde değişecek, Sinop ilinin kuzeydoğu ve en güney bölgeleri dışında ilin büyük bölümünün uygun ve çok uygun yayılış alanı haline geleceği öngörülmektedir. Bununla birlikte Kastamonu'nun büyük bölümünün uygun yayılış alanı olmaktan çıkacağı, ilin sadece doğu bölümlerinde lokal bölgelerin kısmen uygun yayılış alanı olacağı tahmin edilmektedir. Hatta 2100 yılında Kastamonu genelindeki uygun yayılış alanlarının günümüzdekinden daha düşük alanlarda olacağı söylenebilir.

Oluşturulan modelde değişkenlerin katkısını gösteren Tablo 4.5 aşağıda verilmiştir. Tabloda modele en çok katkı gösteren ilk 3 değişkenin, BIO_ 14, BIO_ 4 ve BIO_ 18 olduğu, en az katkının ise BIO_ 16, BIO_ 10, BIO_ 2, BIO_ 12, BIO_ 5 ve BIO_ 1 olduğu görülmektedir (Tablo 4.5). Permutasyon önem derecesi incelendiğinde ise diğer değişkenler sabit olmak şartı ile en yüksek önem derecesinin BIO_17 e ait olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 245, 2081-2100)

Değişken	Modele Katkı	Permütasyon Önemi
BIO_ 14	55,5	6,6
BIO_ 4	17,9	4,2
BIO_ 18	11,8	9,8
BIO_ 19	6	0,4
BIO_ 6	2,4	0
BIO_ 15	2,3	0,5
BIO_ 11	1,2	11,3
BIO_ 17	0,9	38,1
BIO_ 7	0,9	23,4
BIO_ 3	0,4	4,5
BIO_ 13	0,3	0,5
BIO_ 8	0,3	0,2
BIO_ 9	0,1	0,1
BIO_ 16	0	0,4
BIO_ 10	0	0
BIO_ 2	0	0
BIO_ 12	0	0
BIO_ 5	0	0
BIO_ 1	0	0

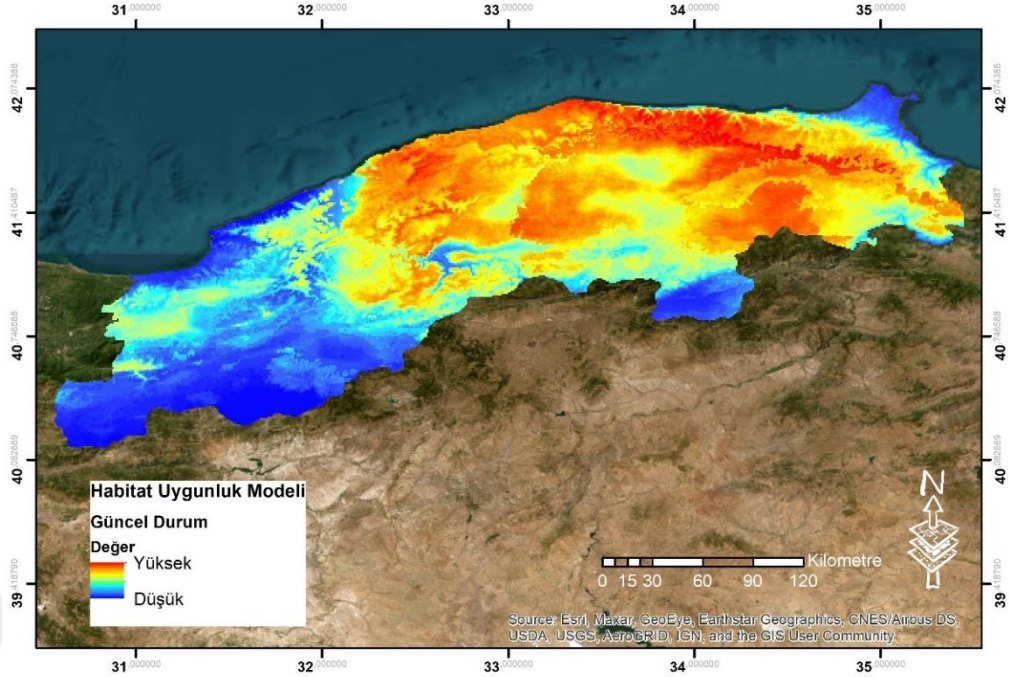
Yapılan model sonucu program tarafından oluşturulan jackknife grafiği aşağıda belirtilmiştir. Jackknife grafiğinde modele katkı sağlayan değişkenlerin kendi başlarına ve tüm değişkenlerle ile beraber modele nasıl bir katkı yaptığı değerlendirilebilir (Grafik 4.10).



Grafik 4.10 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 245, 2081-2100)

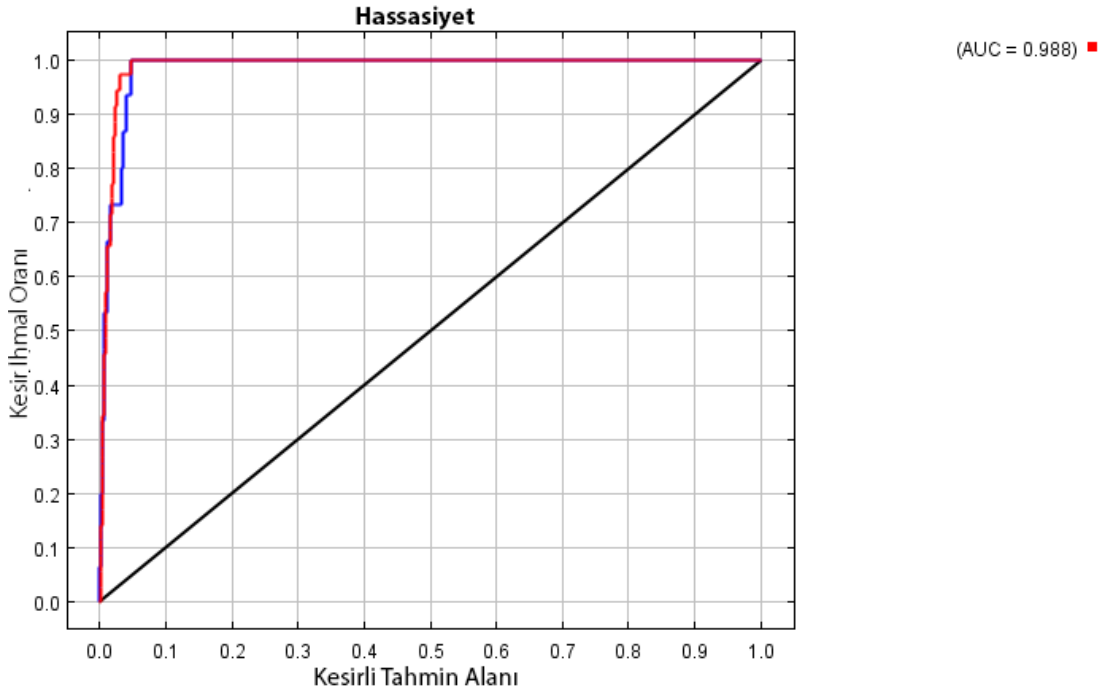
4.5 SSP 585, 2021-2040 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli

Yapılan habitat uygunluk modeli sonucu güncel durumu gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.6).



Harita 4.6 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp585 2021_2040)

Yapılan modelde eğitim verisinin 0,988 ve test verisinin 0,985 olduğu tespit edilmiştir (Grafik 4.11). Bu değerlere göre modelin performansının mükemmel olduğu görülmektedir.



Grafik 4.11 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 585, 2021-2040)

SSP 585 senaryosuna göre uygunluk haritası incelendiğinde, günümüzdekine kıyasla önemli miktarda artış olacağı söylenebilir. Sinop ili genelinde artış miktarı çok daha yüksek seviyede olup, günümüzdeki uygun yayılış alanlarının uygunluk seviyesinin artacağı ve bu alanların genişleyeceği, uygun yayılış alanlarının batıya doğru da önemli ölçüde ilerleyeceği öngörülmektedir. Kastamonu ili genelinde ise özellikle batı bölümlerdeki bölgelerin uygunluk seviyelerinin artacağı, buna karşın ilin güney bölümlerdeki bazı bölgelerin daha az uygun hale geleceği tahmin edilmektedir.

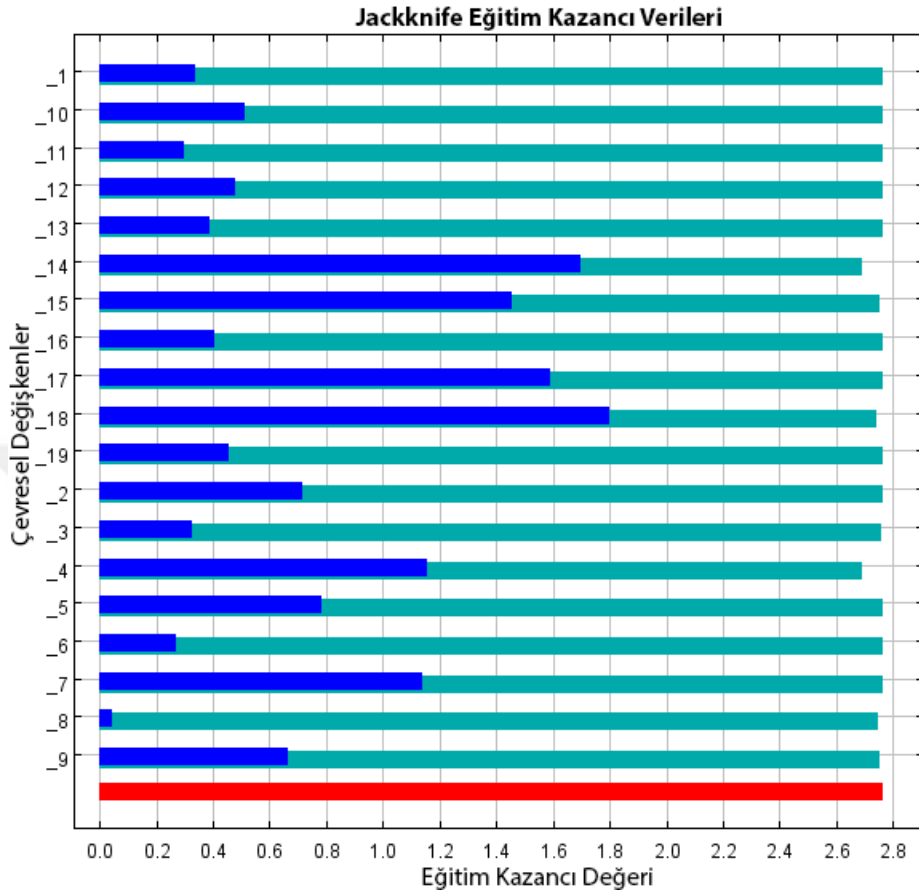
Oluşturulan modelde değişkenlerin katkısını gösteren Tablo 4.6 aşağıda verilmiştir. Tabloda modele en çok katkı gösteren ilk 3 değişkenin, BIO_ 14, BIO_ 4 ve BIO_ 18 olduğu, en az katkının ise BIO_ 13, BIO_ 16, BIO_ 17, BIO_ 2, BIO_ 10, BIO_ 5 olduğu görülmektedir (Tablo 4.6). Permutasyon önem derecesi incelendiğinde ise diğer değişkenler sabit olmak şartı ile en yüksek önem derecesinin BIO_14 e ait olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 585, 2021- 2040)

Değişken	Modele Katkı	Permütasyon Önemi
BIO_ 14	59,6	68,1
BIO_ 4	19,4	11,8
BIO_ 18	8,9	4,7
BIO_ 9	5,1	0,9
BIO_ 15	3	0,3
BIO_ 11	1,8	7,6
BIO_ 19	0,9	1
BIO_ 3	0,4	1,7
BIO_ 8	0,3	0,4
BIO_ 6	0,2	0
BIO_ 7	0,2	3
BIO_ 12	0,1	0
BIO_ 1	0,1	0,4
BIO_ 13	0	0
BIO_ 16	0	0
BIO_ 17	0	0
BIO_ 2	0	0
BIO_ 10	0	0
BIO_ 5	0	0

Yapılan model sonucu program tarafından oluşturulan jackknife grafiği aşağıda belirtilmiştir. Jackknife grafiğinde modele katkı sağlayan değişkenlerin kendi

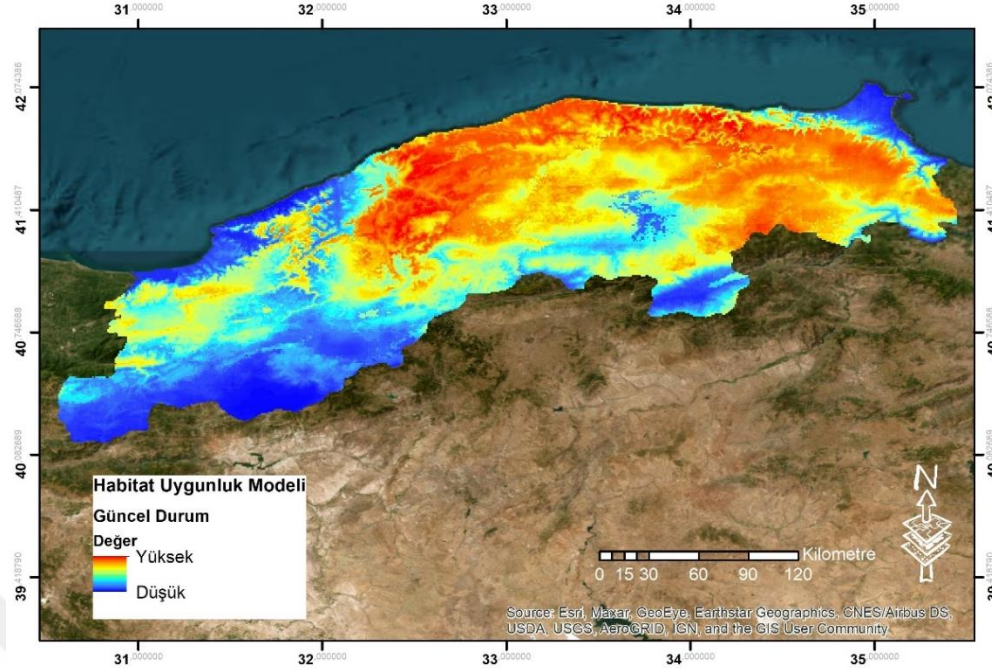
başlarına ve tüm değişkenlerle ile beraber modele nasıl bir katkı yaptığı değerlendirilebilir (Grafik 4.12).



Grafik 4.12 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 585, 2021-2040)

4.6 SSP 585, 2041-2060 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli

Yapılan habitat uygunluk modeli sonucu güncel durumu gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.7).



Harita 4.7 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp585_2041-2060)

Yapılan modelde eğitim verisinin 0,988 ve test verisinin 0,985 olduğu tespit edilmiştir (Grafik 4.13). Bu değerlere göre modelin performansının mükemmel olduğu görülmektedir.



Grafik 4.13 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 585, 2041-2060)

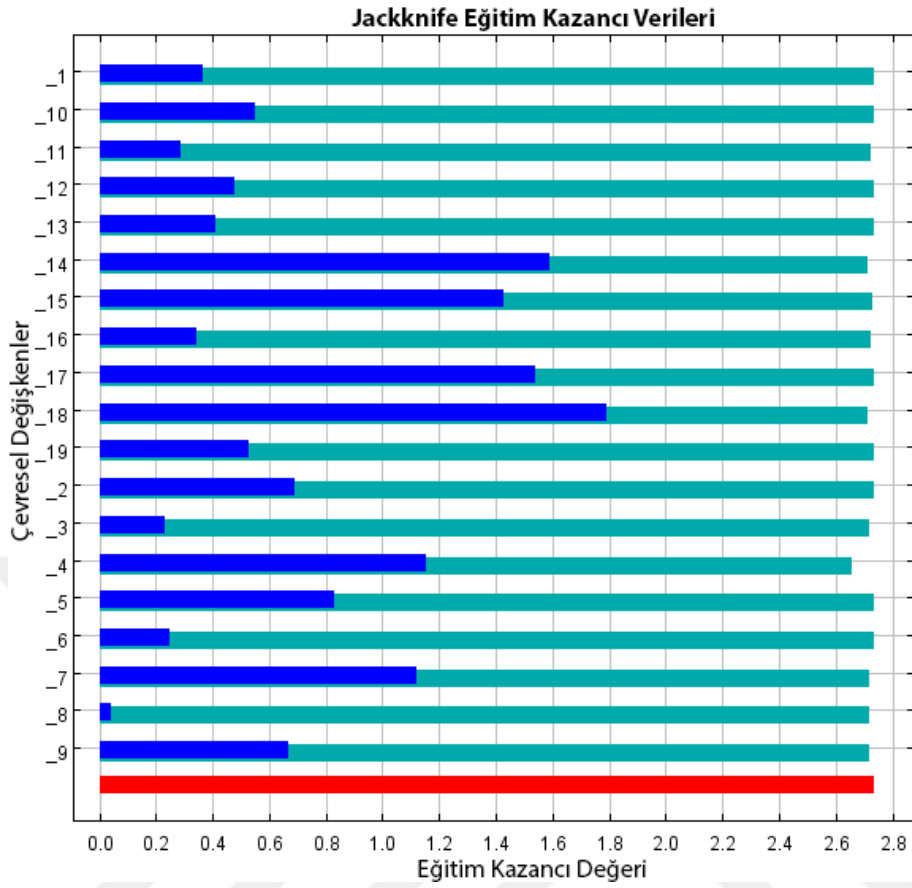
2060 yılı uygunluk haritası incelendiğinde uygun yayılış alanlarında çok büyük bir artış olacağı öngörülmektedir. Sinop ilinin kuzeydoğu, güney ve güneybatı bölümlerindeki bazı alanlar hariç, ilin büyük bölümü çok uygun yayılış alanları haline dönüşecektir. Kastamonu’da ise özellikle Küre sıradağları ve çevresinin uygun yayılış alanları haline geleceği düşünülmektedir.

Oluşturulan modelde değişkenlerin katkısını gösteren Tablo 4.7 aşağıda verilmiştir. Tabloda modele en çok katkı gösteren ilk 3 değişkenin, BIO_ 14, BIO_ 4 ve BIO_ 18 olduğu, en az katkının ise BIO_ 13, BIO_ 12, BIO_ 5, BIO_ 10, BIO_ 2 olduğu görülmektedir (Tablo 4.7). Permutasyon önem derecesi incelendiğinde ise diğer değişkenler sabit olmak şartı ile en yüksek önem derecesinin BIO_14 e ait olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 585, 2041- 2060)

Değişken	Modele Katkı	Permütasyon Önemi
BIO_ 14	51,3	48
BIO_ 4	20,7	7,1
BIO_ 18	17,2	6,1
BIO_ 9	2,8	1,7
BIO_ 15	1,9	0,4
BIO_ 19	1,4	0,4
BIO_ 6	1,3	0
BIO_ 8	1,1	0,8
BIO_ 11	0,7	14,9
BIO_ 3	0,7	4,8
BIO_ 7	0,5	12,9
BIO_ 17	0,3	0,4
BIO_ 16	0,2	2,5
BIO_ 1	0,1	0
BIO_ 13	0	0,1
BIO_ 12	0	0
BIO_ 5	0	0
BIO_ 10	0	0
BIO_ 2	0	0

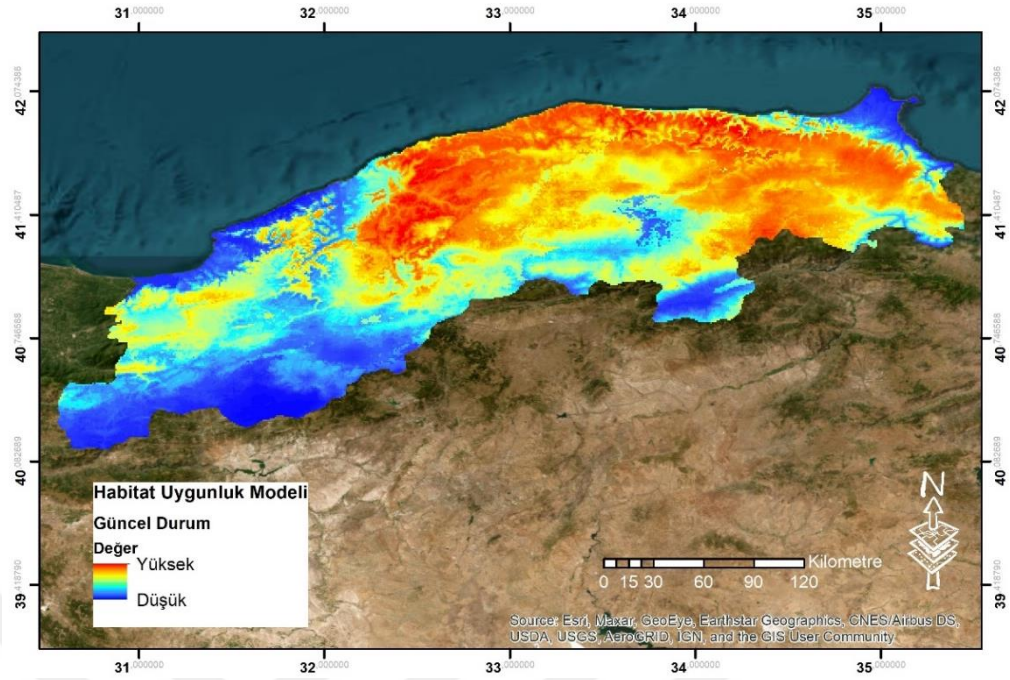
Yapılan model sonucu program tarafından oluşturulan jackknife grafiği aşağıda belirtilmiştir. Jackknife grafiğinde modele katkı sağlayan değişkenlerin kendi başlarına ve tüm değişkenlerle ile beraber modele nasıl bir katkı yaptığı değerlendirilebilir (Grafik 4.14).



Grafik 4.14 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 585, 2041-2060)

4.7 SSP 585, 2061-2080 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli

Yapılan habitat uygunluk modeli sonucu güncel durumu gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.8).



Harita 4.8 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp585_2061-2080)

Yapılan modelde eğitim verisinin 0,987 ve test verisinin 0,987 olduğu tespit edilmiştir (Grafik 4.15). Bu değerlere göre modelin performansının mükemmel olduğu görülmektedir.



Grafik 4.15 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 585, 2061-80)

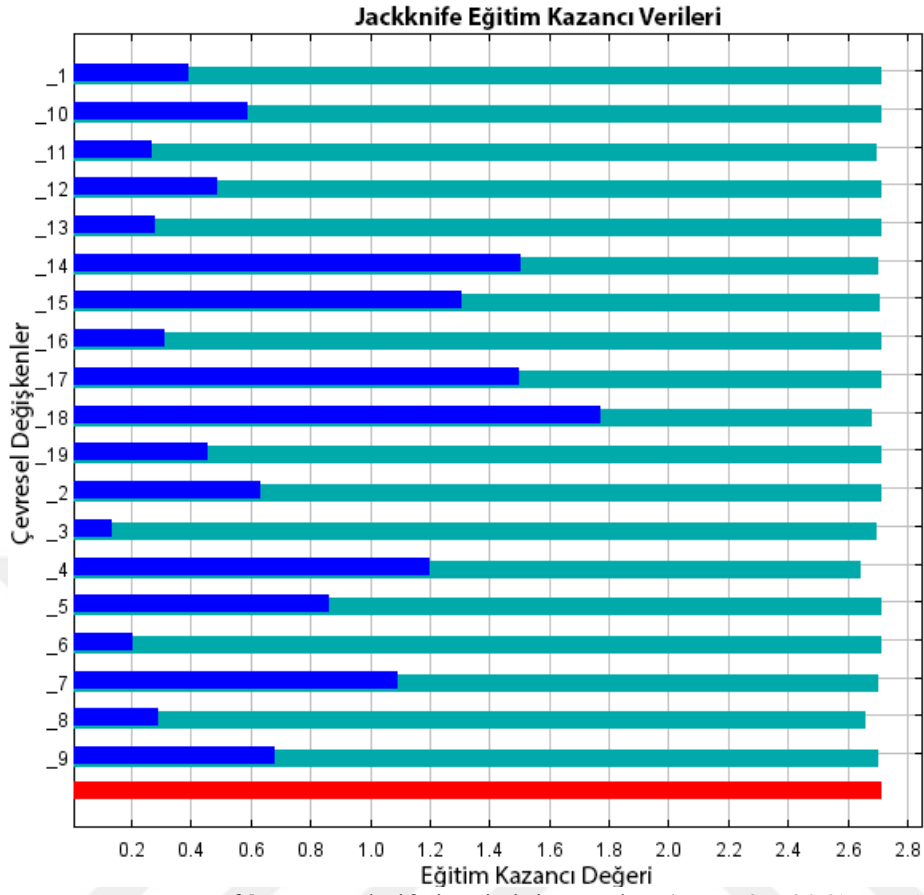
2080 yılına kadar olan süreçte ise uygun yayılış alanlarında alansal olarak önemli bir artış olmayacağı ancak bazı bölgelerdeki uygunluk seviyesinin artacağı öngörülmektedir.

Oluşturulan modelde değişkenlerin katkısını gösteren Tablo 4.8 aşağıda verilmiştir. Tabloda modele en çok katkı gösteren ilk 3 değişkenin, BIO_ 18, BIO_ 14 ve BIO_ 4 olduğu, en az katkının ise BIO_ 16, BIO_ 2, BIO_ 12, BIO_ 5, BIO_ 10, BIO_ 1 olduğu görülmektedir (Tablo 4.8). Permutasyon önem derecesi incelendiğinde ise diğer değişkenler sabit olmak şartı ile en yüksek önem derecesinin BIO_7 e ait olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 585, 2061- 2080)

Değişken	Modele Katkı	Permutasyon Önemi
BIO_ 18	34	6,9
BIO_ 14	32,2	36
BIO_ 4	18	12,4
BIO_ 8	9,3	2
BIO_ 15	2,2	0,3
BIO_ 19	1,4	0
BIO_ 6	1	0,2
BIO_ 3	0,6	7
BIO_ 7	0,4	14,8
BIO_ 11	0,4	16
BIO_ 9	0,3	1,4
BIO_ 17	0,1	2,3
BIO_ 13	0,1	0,4
BIO_ 16	0	0,2
BIO_ 2	0	0
BIO_ 12	0	0
BIO_ 5	0	0
BIO_ 10	0	0
BIO_ 1	0	0

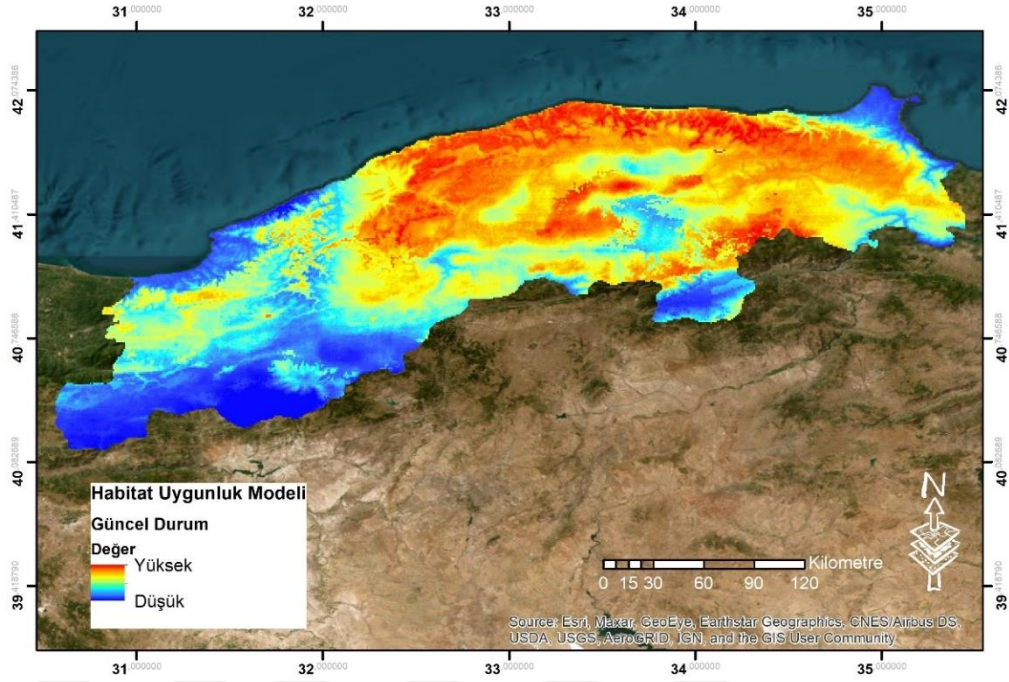
Yapılan model sonucu program tarafından oluşturulan jackknife grafiği aşağıda belirtilmiştir. Jackknife grafiğinde modele katkı sağlayan değişkenlerin kendi başlarına ve tüm değişkenlerle ile beraber modele nasıl bir katkı yaptığı değerlendirilebilir (Grafik 4.16).



Grafik 4.16 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 585, 2061-2080)

4.8 SSP 585, 2081-2100 Yıllarına Ait Habitat Uygunluk Modeli

Yapılan habitat uygunluk modeli sonucu güncel durumu gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.9).



Harita 4.9 Çamkese böceği habitat uygunluk haritası (ssp585_2081-2100)

Yapılan modelde eğitim verisinin 0,989 ve test verisinin 0,985 olduğu tespit edilmiştir (Grafik 4.17). Bu değerlere göre modelin performansının mükemmel olduğu görülmektedir.



Grafik 4.17 Çamkese böceği habitat uygunluk modeli ROC eğrisi grafiği (SSP 585, 2081-2100)

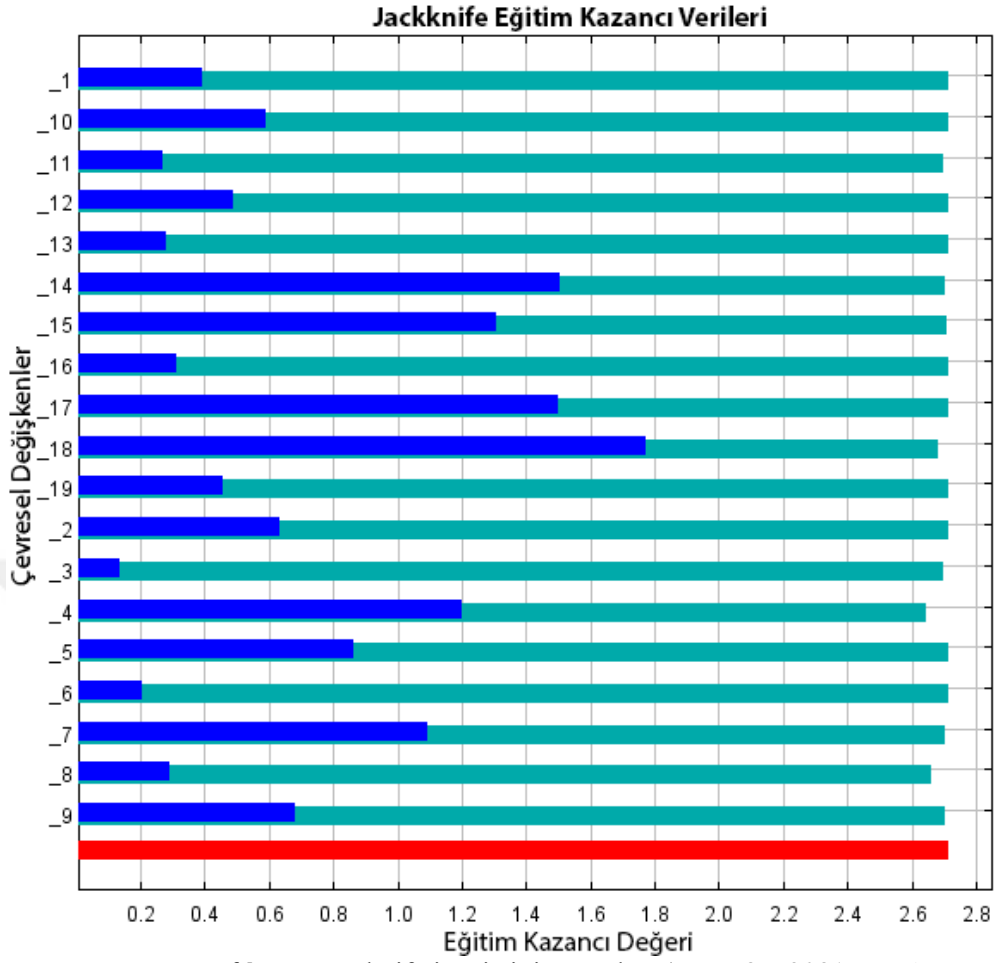
SSP 585 senaryosuna göre 2100 yılına gelindiğinde uygun yayılış alanlarında sınırlı bir gerileme olacağı, Sinop, un orta batı bölgelerindeki bazı alanların uygun yayılış alanı olmaktan çıkacağı, buna karşın Kastamonu'nun güney bölümlerinde bazı alanların uygunluk seviyelerinin artacağı tahmin edilmektedir.

Oluşturulan modelde değişkenlerin katkı ve önem yüzdelerini gösteren Tablo 4.9 aşağıda verilmiştir. Tabloda modele en çok katkı gösteren ilk 3 değişkenin, BIO_ 18, BIO_ 14 ve BIO_ 7 olduğu, en az katkının ise BIO_ 19, BIO_ 9, BIO_ 5, BIO_ 2, BIO_ 12, BIO_ 10, BIO_ 1 olduğu görülmektedir. Permutasyon önem derecesi incelendiğinde ise diğer değişkenler sabit olmak şartı ile en yüksek önem derecesinin BIO_7 e ait olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.9 Değişkenlerin katkı ve önem yüzdeleri (SSP 585, 2081- 2100)

Değişken	Modele Katkı	Permütasyon Önemi
BIO_ 18	44,8	14,3
BIO_ 14	19,2	0,6
BIO_ 7	16,7	36,8
BIO_ 4	10	8,9
BIO_ 8	4,8	0,8
BIO_ 17	2	20,7
BIO_ 3	0,7	7,2
BIO_ 15	0,6	2,3
BIO_ 13	0,4	1,5
BIO_ 6	0,4	0,1
BIO_ 16	0,3	3,8
BIO_ 11	0,1	3,1
BIO_ 19	0	0
BIO_ 9	0	0
BIO_ 5	0	0
BIO_ 2	0	0
BIO_ 12	0	0
BIO_ 10	0	0
BIO_ 1	0	0

Yapılan model sonucu program tarafından oluşturulan jackknife grafiği aşağıda belirtilmiştir. Jackknife grafiğinde modele katkı sağlayan değişkenlerin kendi başlarına ve tüm değişkenlerle ile beraber modele nasıl bir katkı yaptığı değerlendirilebilir (Grafik 4.18).



Grafik 4.18 Jackknife istatistiği sonuçları (SSP 585, 2081-2100)

Çamkese böceği bölgemizin önemli bir zararlısı olup, böceklerle ilgili birçok çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada 2021-2100 yılları arasındaki iklim verilerinin çamkese böceği üzerinde yayılım bakımından nasıl seyredeceği ve bölgemizde nasıl bir zarar potansiyeline sahip olacağı varsayımı üzerine ışık tutacak verilere ulaşılmıştır.

Çamkese böceği iklime bağlı olarak ağaçlarda tahribat yapmakta ve ağaçta artım kaybına neden olmaktadır. Primer zararlı olan bu böcek sağlam ağaçlarda zarar yapıp kitlesel ürettiğinde meşçereyi çıplak hale getirebilmektedir. Mücadele şekli olarak biyolojik mücadele ön plandadır.

4.9 Karşılaştırmalı Veriler

Yapılan çalışmada iklim değişikliğine bağlı olarak güncel, iyimser ve kötümser senaryoya göre çamkese böceğinin habitat uygunluk alanlarının tespiti yapılmıştır (Tablo 4.8).

“Çok uygun alan” sınıfında yapılan modellemede ılımlı senaryoda güncel potansiyel yayılış alanı (9450,22 km²) ile kıyaslandığında çamkese böceğinin 2021-2040, 2021-2060, 2061-2080, 2081-2100 yıl senaryolarında düzenli olmamakla birlikte yayılış alanını bir miktar genişlettiği görülmektedir. Kötümser senaryoda ise güncel potansiyel yayılış alanı (9450,22 km²) ile kıyaslandığında çamkese böceğinin 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100 yıl senaryolarında yayılış alanını genişlettiği görülmektedir. ılımlı ve kötümser senaryo birlikte değerlendirildiğinde çamkese böceğinin kötümser senaryoda yayılış alanını daha fazla genişlettiği görülmüştür (Tablo 4.10).

“Uygun alan” sınıfında yapılan çalışmada modelleme ılımlı senaryoda güncel potansiyel yayılış alanı (9047,71 km²) ile kıyasladığımızda çamkese böceğinin 2021-2040, 2021-2060, 2061-2080, 2081-2100 yıl senaryolarında yayılış alanını bir miktar genişlettiği görülmektedir. Kötümser senaryoda güncel potansiyel yayılış alanı (9047,71 km²) ile kıyasladığımızda çamkese böceğinin 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100 yıl senaryolarında yine yayılış alanı genişlemiştir. ılımlı ve kötümser senaryo değerlendirmesinde çamkese böceğinin kötümser senaryoda biraz daha fazla uygun yayılış alanını genişlettiği belirlenmiştir.

“Az uygun alan” sınıfında yapılan modellemede ılımlı senaryoya göre güncel potansiyel yayılış alanı (8356,37 km²) ile kıyasladığımızda çamkese böceğinin 2021-2040, 2021-2060, 2061-2080, 2081-2100 yıl senaryolarında düzenli olmamakla beraber azalış-artışlar olduğu, 2081-2100 yılını azalış ile kapattığı görülmektedir. Kötümser senaryoda güncel potansiyel yayılış alanı (8356,37 km²) ile kıyasladığımızda çamkese böceğinin 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100 yıl senaryolarında yayılış alanını (az uygun) 2100 sonunda bir miktar genişlettiği görülmektedir.

“Uygun değil” sınıfı için yapılan çalışma sonucu ılımlı senaryoya göre güncel potansiyel yayılış alanı (12465,70 km²) ile kıyaslandığında çamkese böceğin yayılışı için uygun olmayan alanların önce sert olarak azaldığı, sonrasında ise bu azalışın daha mutedil olduğu görülmüştür. Kötümser senaryoya göre güncel potansiyel yayılış alanı (12465,70 km²) baz alındığında yayılış için uygun olmayan alanların 2100 yılına doğru kademeli olarak azalarak devam ettiği tespit edilmiştir. ılımlı ve kötümser senaryo karşılaştırıldığında zararlı için uygun olmayan alanların kötümser senaryoda çok daha fazla azaldığı belirlenmiştir.

Tablo 4.9 Çamkese böceği habitat uygunluk değişimi

İklim senaryoları	Habitat Uygunluğu		
	Sınıf	Yüzde (%)	Alan (km ²)
Güncel Senaryo	Uygun Değil	31,70	12465,70
	Az Uygun	21,25	8356,37
	Uygun	23,01	9047,71
	Çok Uygun	24,03	9450,22
SSP 245 2021 – 2040	Uygun Değil	22,59	8882,75
	Az Uygun	19,13	7522,65
	Uygun	24,56	9657,20
	Çok Uygun	33,72	13257,40
SSP 245 2041 – 2060	Uygun Değil	25,13	9882,60
	Az Uygun	22,75	8945,05
	Uygun	25,29	9945,05
	Çok Uygun	26,82	10547,30
SSP 245 2061 – 2080	Uygun Değil	27,05	10637,60
	Az Uygun	22,15	8707,83
	Uygun	24,26	9538,27
	Çok Uygun	26,54	10436,30
SSP 245 2081 – 2100	Uygun Değil	30,99	12186,20
	Az Uygun	17,45	6862,20
	Uygun	23,72	9325,40
	Çok Uygun	27,84	10946,20
SSP 585 2021 – 2040	Uygun Değil	25,87	10171,90
	Az Uygun	17,89	7035,20
	Uygun	24,11	9478,20
	Çok Uygun	32,13	12634,70
SSP 585 2041 – 2060	Uygun Değil	24,18	9506,51
	Az Uygun	21,10	8294,99
	Uygun	25,37	9974,50
	Çok Uygun	29,36	11544,00
SSP 585 2061 – 2080	Uygun Değil	24,39	9591,87
	Az Uygun	21,16	8321,52
	Uygun	24,33	9568,41
	Çok Uygun	30,11	11838,20
SSP 585 2081 – 2100	Uygun Değil	21,85	8589,69
	Az Uygun	22,21	8734,31
	Uygun	26,31	10344,70
	Çok Uygun	29,63	11651,30

5. TARTIŞMA

Türkiye ve Akdeniz havzası çam ormanlarının önemli bir iğne yaprak zararlısı olan çamkese böceğinin küresel iklim değişikliği tehdidi altında Sinop ve Kastamonu ormanlarında yayılış alanlarında görülebilecek muhtemel değişim çalışmanın konusunu oluşturmuştur. Çalışmada arazi verilerinden elde edilen güncel durum esas alınarak ılımlı ve kötümser senaryoya göre zararlının yayılış alanlarındaki değişim ortaya konulmuştur.

Çamkese böceği, yayılış alanlarının genişlemesiyle birlikte doğal ekosistemlere ciddi zararlar verme potansiyeline sahip bir türdür. Özellikle çam türleri üzerindeki olumsuz etkileriyle bilinen bu zararlı, ekosistem dengesini ciddi şekilde bozabilmektedir. Yapılan araştırmalar, çamkese böceğinin popülasyonunun iklim değişikliğiyle birlikte enlem ve rakım olarak yayılış alanlarını genişlettiğini göstermektedir (Battisti vd. (2005). Özellikle sıcaklık değişimlerinin etkisiyle, böceğin daha önce var olmadığı alanlarda da görülmesi beklenmektedir. Bu yeni yayılış alanlarında, çamkese böceği popülasyonunun hızla artması ve bu böceklerin doğal döngüleri içinde daha kolay yayılması mümkündür.

Yapılan modelleme sonucu elde edilen sonuçlardaki AUC değerlerinin tüm senaryolarda 0,9'un üzerinde olduğu, yani modelin mükemmel yakın performans gösterdiği tespit edilmiştir. AUC değerlerinin 0,5 olması en düşük tahmin yeteneğini veya rastgele seçilmiş bir tahmin dağılımından farklı olmadığını gösterir, 1,0 değeri ise mükemmel model performansını göstermektedir (Gilfillan vd., 2018; Phillips vd., 2006; Wan vd., 2019; Zou vd., 2007). Bu bağlamda modelleme sonucu elde edilen dağılım haritalarının güvenilir olduğu görülmektedir. Ayrıca modelleme oluşturulurken aşırı uyum (overfitting) durumuna dikkat edilmiş ve özellikle ekolojik modellerde güvenilirliği ve tür dağılım modellerini olumsuz olarak etkileyen faktörler en aza indirilmeye çalışılmıştır.

Çamkese böceği Türkiye'de özellikle kızılçam ve karaçam ormanlarında önemli zararlar yapan bir türdür (Emin, 2012; Karabörklü, 2012; Köse, 2007; Onaran ve Katı, 2010; Yüksel, 2019). Yapılan araştırmada Kastamonu ve Sinop olmak üzere iki

araştırma alanından alınan var verileri karaçam ve kızılçam türlerinin yayılış gösterdiği meşcereler üzerinden alınmıştır. Konuk ve konukçu ilişkisi ele alındığında hali hazırda bu alanlarda kızılçam ve karaçam ağaç türünün yayılış gösterdiği alanlardan alınan var verilerinin de oluşturulan modellerle tamamının örtüştüğü gözlenmiştir.

Güncel durum göz önüne alındığında araştırma alanının %31,7 sinin çamkese böceğinin yayılışı açısından uygun olmadığı görülmektedir. Böcek ekolojisi ele alındığında türlerin yayılış alanlarına özellikle antropojenik faktörlerin de etki ettiği bilinmektedir (Colacci vd., 2018). Araştırma alanı sınırları içerisinde var verilerinin alındığı bazı noktalarda potansiyel dağılımın çok yüksek olmadığı gözlemlenmiştir. İklim değişikliği, süksesyon ve nüfus hareketleri nedeniyle bazı alanlara çam türlerinin ve türün zararlısı olan çamkese böceğinin gelmesi beklenen bir durumdur. Örneğin 2020 yılı Türkiye Orman Varlığı (URL 4, 2020) verilerine göre 2002 yılında araştırma alanı toplam ormanlık alanı 1094206 ha iken bu rakam 2020 yılında 1240747 ha'a çıkmıştır. Bu bağlamda artan orman varlığı ile çam kese böceğinin de dağılım alanlarının artması beklenmektedir.

Araştırma alanında çamkese böceği için çok uygun olan alan toplamı güncelde 9450,22 ha olduğu, ılımlı senaryoda 10946,20 ha (2081-2100) ve kötümser senaryoda ise 11651,30 ha olduğu görülmektedir. Bu rakamlara göre, iklim değişikliği ve diğer etkenlere (ağaçlandırma çalışmaları, göç hareketleri vb.) bağlı olarak çamkese böceği yayılış alanlarının kademeli olarak arttığı görülmektedir. İklim değişiminin sonuçlarından biri olan küresel ısınmanın, coğrafi yayılışları sıcaklığa bağlı olarak değişen organizmalarda yayılışlarda değişikliklere neden olacağı tahmin edilmektedir (Ungerer vd., 1999). Sıcaklık böceklerinde yayılış alanlarını yakından etkileyen en önemli abiyotik faktörlerden birisidir. Yapılan araştırmalarda da iklim değişikliğine bağlı olarak çamkese böceğinin hem enlem olarak hemde yükselti olarak yayılış alanlarının arttığı tespit edilmiştir (Battisti vd., 2005).

Çamkese böceği daha önce bahsedildiği üzere başta çam türleri olmak üzere diğer bazı iğne yapraklı türler üzerinde zarar yapmaktadır. Özellikle Akdeniz ikliminin tipik bir türü olan kızılçamın Kastamonu ve Sinop olmak üzere her iki çalışma alanında iklim değişikliğine bağlı olarak yayılış alanını artırması beklenmektedir. Bu duruma bağlı

olarak çamkese böceğinin de yayılış alanını artırması mümkün görünmektedir. Araştırma sonuçlarımıza göre de çamkese böceğinin yayılış alanı ılımlı ve özellikle kötümser senaryoya göre artış göstermektedir.

Çamkese böceğinin Akdeniz havzasındaki yayılışı incelendiğinde güneyde Afrika'nın kuzeyinden kuzeyde Fransa'nın kuzeyine kadar bir alanda yayılış gösterdiği görülmektedir. Türkiye'de baskın tür olan *T. wilkinsoni*'in ise güney sınırını Ürdün ve Sina yarımadası kuzey sınırını ise Türkiye'nin Orta ve Batı Karadeniz Bölgesi oluşturmaktadır. Özellikle *T. wilkinsoni*'nin kuzey sınırını oluşturan Orta ve Batı Karadeniz Bölgelerinde bu türün zararını artırması ve yayılış alanını genişletmesi beklenmektedir. Yapılan çalışmada da bu yönde bulgulara ulaşılmıştır. Çamkese böceği Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından küresel ısınma ve yayılış arasındaki nedensel ilişkinin kanıtlandığı birkaç türden biri olarak kabul edilen, üzerinde çalışılmış bir böcek türüdür (Battisti vd., 2005; Rosenzweig vd., 2007). Yapılan çalışmalara göre çamkese böceği farklı yönleri itibariyle iklim değişikliğinden güney yayılış sınırlarında olumsuz yönde etkilenirken kuzey yayılış sınırlarında ise olumlu yönde etkilenmektedir (Bourougaaoui vd., 2021).

Bourougaaoui ve ark. (2021) çamkese böceğinin 1900 lü yılların sonuna kadar yayılış alanının sabit kaldığı, sonrasında ise yayılışını daha kuzeye ve daha üst rakımlara kaydırıldığını belirtmektedir. Küresel ısınma neticesinde, artan kış sıcaklıkları kışın gelişen zararlının beslenmesini kolaylaştırdığı görülmekte olup yeni yayılış gösterilen alanlarda hayatta kalma oranının ve büyüme hızının artmasına indirek yoldan katkıda bulunmaktadır (Battisti vd., 2005; Bourougaaoui vd., 2021; Robinet vd., 2007).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel iklim değışikliği birçok canlıda olduğu gibi çamkese böceğinin yayılışını ve zararının boyutunu etkileme potansiyeli yüksek olan önemli bir risk faktörüdür. Araştırma alanında var olan ormanlık alanlar çeşitli nedenlerden dolayı (tarım alanlarının terk edilmesi, kırsal kesimde nüfusun azalması, ormanlar üzerindeki baskının azalması vb.) kademeli olarak artış göstermektedir. Ormanlık alanlardaki artış ve iklim değışikliğinin genellikle böceklerin yayılışı üzerindeki etkileri nedeniyle araştırma alanında gelecek yıllarda çamkese böceğinin zararı ve yayılış alanlarını artırması beklenmektedir.

Araştırma alanında özellikle Akdeniz ikliminin asli orman ağacı türü olan kızılçamın ve buna bağlı olarak çamkese böceğinin yayılış alanını genişletmesi beklenmektedir. Kuzey kesimlerde de küresel ısınma kendini yüksek bir şekilde hissettirmekte ve buna mukabil çamkese böceği yayılımını güneyden kuzeye doğru ilerletmektedir.

İklim değışikliğine bağlı gelecek senaryoları dikkate alınmak suretiyle çamkese böceğinin zararını azaltmak üzere örneğin mono kültürden kaçınma gibi gerekli silvikültürel tedbirlerin alınması kaçınılmaz görünmektedir. Çam ve sedir türlerinde bu böceğin zararını minimuma indirmek için mono kültür ormanlar yerine karışık türlerle yapılacak orman tesisleri böcek popölasyonunu bölecektir.

Çamkese böceğinin çamlarda bulunan kese sayısına ve bu sayıya istinaden yapmış olduğu yiyimler sonucu kese sayısı fazlaştıkça ağaca verdiği zarar artmakta ve ağaçta artım kaybına neden olmaktadır. Ayrıca vücutlarındaki zehirli kıllar nedeniyle mücadele yöntemlerinde aksaklıklara neden olmaktadır. Uygulamalarda gerekli tedbirler alınmalıdır.

Çamkese böceği meşcere kenarındaki ağaçları daha çok tercih etmektedir. Bununda sebebi güneş ışınlarından daha iyi yararlanması ve toprak neminin az olması sebebiyle pupalara mantar zararı arız olmamaktadır.

Çamkese böceğinde de olduğu gibi habitat parçalanmaları böcek zararını tetikleyen faktörler arasında yer almaktadır. Örneğin çamkese böceğinin habitat parçalanması gibi farklı nedenlerle oluşan meşcere kenarlarında zararının daha yoğun olduğu bilinmektedir. Gelecekte çamkese böceği zararının azaltılması için habitat parçalanmalarına karşı gerekli tedbirler alınmalıdır.

Batı ve Orta Karadeniz *T. wilsoni*'nin dünyadaki kuzey sınırını oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalara göre çamkese böceğinin kuzeye doğru yayılış alanlarını genişletmesi, zararını artırması beklenmektedir. Bu nedenle, çalışma alanı olan Kastamonu ve Sinop gelecek senaryolarına göre ciddi anlamda tehdit altında bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır:

Araştırma alanında çamkese böceği yayılış alanları ve çam türlerinin bulunduğu alanlar örtüşmektedir. Çam türlerinin bulunduğu alanların çoğunda aynı zamanda çamkese böceğide yayılış göstermektedir.

Çamkese böceği yayılışı her iki senaryoya göre araştırma alanında yayılışını genişletmektedir.

KAYNAKLAR

- Aber, J., Neilson, R. P., McNulty, S., Lenihan, J. M., Bachelet, D., & Drapek, R. J. (2001). Forest processes and global environmental change: predicting the effects of individual and multiple stressors: we review the effects of several rapidly changing environmental drivers on ecosystem function, discuss interactions among them, and summarize predicted changes in productivity, carbon storage, and water balance. *BIO_Science*, 51(9), 735-751.
- Abrahamyan, A., & Barsevskis, A. (2013). Environmental niche modelling with desktop garp for wild *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae) in Armenia. In environment. technologies. resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, 3,7-10.
- Akkuzu, E. & Cebeci H. H. (2002). Çamkese böceğine karşı kullanılan önemli bir kitin inhibitörü. Diflubenzuron. Ülkemiz Ormanlarında ÇamKeseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu Bildiri Kitabı, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Anonim, (2022). Sinop Orman Bölge Müdürlüğü, Orman İşletme Şeflikleri, Orman Amenajman Planları. T.C. Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi, Ankara.
- Arslan, E. S., (2019). İklim değişimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre kentsel yol ağaçlarının ekosistem hizmetleri bağlamında değerlendirilmesi: *Robinia pseudoacacia* L. örneği. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20, 142-148.
- Atalay, İ. (2014). Türkiye'nin ekolojik bölgeleri. Genişletilmiş 2. Baskı, İzmir: Meta Basım Matbaacılık.
- Ayres, M. P., & Lombardero, M. J. (2000). Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *Science of the Total Environment*, 262(3), 263-286.
- Aytar, S. (2002). Optimal External Configuration Design of Missiles. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Battisti, A., Avci, M., Avtzis, D.N., Ben Jamaa, M.L., Berardi, L., Berretima, W., Branco, M., Chakali, G., El Fels, M.A.A., Frérot, B., Hodar, J.A., IonescuMalancuș, I.I., İpekdağ, K., Larsson, S., Manole, T., Mendel, Z., Meurisse, N., Mirchev, P., Nemer, N., Paiva, M.R., Pino, J., Protasov, A., Rahim, N., Rousselet, J., Santos, H., Sauvard, D., Schopf, A., Simonato, M., Yart, A., Zamoum, M., (2015). *Natural History of the Processionary Moths (Thaumetopea spp.): New Insights in Relation to Climate Change*. Roques A. (Ed.), Processionary Moths and Climate Change: An Update İçinde (15- 79). Editions Quæ, 427p. Versailles, France.

- Battisti, A., Bernardi, M. & Ghirardo, C. (2000). Predation by the hoopoe on pupae of *Thaumetopoea pityocampa* and the likely influence on other natural enemies. *BIO_control*, 45, 311–323..
- Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A. & Larsson, S. (2005). Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecological Applications*, 15, 2084–2096.
- Bebber, D. P. (2015). Range-expanding pests and pathogens in a warming world. *Annu. Rev. Phytopathol.* 53, 335–356.
- Blas, X.P., (2000). An initial study of the building of the *Thaumetopoea pityocampa* communal nest. Web page: http://www.acs.bolton.ac.uk/~xp1pls/T_PITYO_CAMPAPANADES2000.PDF
- Bourougaaoui, A., Jamâa, M. L. B., & Robinet, C. (2021). Has North Africa turned too warm for a Mediterranean forest pest because of climate change? *Climatic Change*, 165(3-4), 46.
- Bourougaaoui, A., Robinet, C., Ben Jamaa, M. L., & Laparie, M. (2021). Effects of climate warming on the pine processionary moth at the southern edge of its range: a retrospective analysis on egg survival in Tunisia. *BIO_Rxiv*, 2021-08.
- Breuer, M., Devkota, B., Douma-Petridou, E., Koutsaftikis, A., & Schmidt, G. H. (1989). Studies on the exposition and temperature of nests of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.)(Lep., *Thaumetopoeidae*) in Greece. *Journal of Applied Entomology*, 107(1-5), 370-375.
- Carrol L.C., Taylor S. T., Regniere J., Safranyin L. (2003): *Effects of climate change on range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia*, Pp 223-232. in T.L. Shore, J.E. Brooks, and J.E. Stone (ed): *Mountain Pine Beetle Symposium: Challenges and Solutions*. Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Information Report BC-X399, Victoria, BC. 298 p.
- Carus, S. (2004). impact of defoliation by the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) on radial, height and volume growth of *calabrian Pine (Pinus brutia)* Trees in Turkey. *Phytoparasitica*, 32(5), 459-469.
- Colacci, M., Kavallieratos, N. G., Athanassiou, C. G., Boukouvala, M. C., Rumbos, C. I., Kontodimas, D. C., & Trematerra, P. (2018). Management of the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), in urban and suburban areas: trials with trunk barrier and adhesive barrier trap devices. *Journal of economic entomology*, 111(1), 227-238.
- Çanakçıoğlu, H. ve Mol, T. (1998). Orman entomolojisi zararlı ve yararlı böcekler. İstanbul: İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları.

- Çardak, Ç. 2022. *Juniperus excelsa* Bieb. (boylu ardıç) Türünün Coğrafi Dağılımının Modellenmesinde Garp ve Maxent Programlarının Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta.
- Çetin, H., Erler, F., & Yanikoglu, A. (2007). A comparative evaluation of origanum onites essential oil and its four major components as larvicides against the pine processionary moth, *Thaumetopoea wilkinsoni* tams. *Pest Management Science*, 63(8), 830-833.
- Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty S., Neilson R.P. (2000). The inter play between climate change, forests, and disturbance. *Science of the Total Environment* 262(3), 201–204
- Dale, V.H., Joyce L.A., McNulty S., Neilson R.P., Ayres M.P., Flannigan M.D., Hanson P.J., Irland L.C., Lugo A.E., Peterson C.J., Simberloff D., Swanson F.J., Stocks B.J., Wotton B. (2001). Climate change and forest disturbance. *BIO_Science*, 51(9), 723–734.
- Demir, A. (2009). Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1 (2) , 37-54.
- Devkota, B. and Schmidt, G.H., (1990). Larval Development of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae) from Greece As Influenced by Different Host Plants Under Laboratory Conditions. *J. Appl. Ent.*, 109(4), 321-330.
- 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.
- Emin, A. (2012). *Orman zararlıları ile mücadele sunusu* URL: <http://ormuh.org.tr/arsiv/files/Orman%20zararlıları%20ve%20mucadelesi.pdf> sf.(12-20).
- Erinç, S. (1965). Yağış müessiriyeti üzerine bir deneme ve yeni bir indis. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları No:41.
- Fitzgerald, T.D. (2003). Role of trail pheromone in foraging and processionary behaviour of pine processionary caterpillars *Thaumetopoea pityocampa*. *Journal of Chemical Ecology*, 29(3), 513-532.
- Floater, M. S. (1998). Parametric tilings and scattered data approximation. *International Journal of Shape Modeling*, 4(3-4), 165-182.
- Gilfillan, D., Joyner, T. A., & Scheuerman, P. (2018). Maxent estimation of aquatic *Escherichia coli* stream impairment. *Peer J*, 6, p.e5610.
- Gomboc, S. and J. F. Germain. (2004). Diagnostic protocols for regulated pests. *Thaumetopoea pityocampa*. *Eppo Bulletin* 34, 295-297.

- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9), 993-1009.
- Guo, K., Hao, S.G., Sun, O.J. & Kang, L. (2009). Differential responses to warming and increased precipitation among three contrasting grasshopper species. *Global Change BIO_logy*, 15, 2539–2548.
- Günel, N. (2013). Türkiye’de iklimin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkileri. *Tematik Türk Dergisi*, 1,1-22.
- Hódar, J. A., Castro, J., & Zamora, R. (2003). Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots Pine Forests under climatic warming. *BIO_logical Conservation*, 110(1), 123-129.
- Hodar, J.A., Zamora, R., & Castro, J. (2002). Host utilisataion by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in relation to food quality in three pinus species. *Ecological Entomology*, 27, 292-301.
- Huchon, H., Démolin, G. (1970). La BIO_écologie de la processionnaire du pin. Dispersion potentielle – Dispersion actuelle. *Revue Forestière Francaise*, 22, 220–234.
- İpekdal, K., Burban, C., Kerdelhué, C., & Çağlar, S.S. (2015). Distribution of two pine processionary moth species in Turkey evidences a contact zone. *Turk. J. Zool*, 39, 868-876.
- İpekdal K., & Çağlar S., (2011). *Thaumetopoea pityocampa* ve *Th. wilkinsoni*’nin Türkiye’deki yayılışının ve melezleşmesinin moleküler yöntemlerle araştırılması. Türkiye I. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu, Antalya.
- Jactel, H., Koricheva, J., Castagneyrol, B. (2019) Responses of forest insect pests to climate change not so simple. *Current Opinion in Insect Science*, 35,103–108.
- Kanat, M., Alma, M.H., & Sivrikaya, F. (2005). Effect of defoliation by *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) on annual diameter increment of *pinus brutia* ten. in Turkey. *Annals of Forest Science*, 62, 91–94.
- Kanat, M. & Türk, M., (2002). Çamkeseböceği (*Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.)) ile mücadelede yeni bir kafes yöntemi. Ülkemiz Ormanlarında Çamkeseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, 109–113, Kahramanmaraş.

- Karabörklü, S. (2012). Bazı Bölgelerden İzole Edilen Entomopatojenik Nematodların Teşhisi ve Çamkese Böceği'ne (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams) Karşı Biyolojik Mücadelede Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kayseri.
- Kerdellhué, C., Zane, L., Simonato, M., Salvato, P., Rousselet, J., Roques, A., & Battisti, A. (2009). Quaternary history and contemporary patterns in a currently expanding species. *BMC Evolutionary BIO_logy*, 9(1), 1-14.
- Köse, M. (2007). Çamkese Böceği (*Thaumetopoea pityocampa*)'nin Farklı Bonitet ve Yaşlardaki Kızılçamların (*Pinus brutia*) Çap ve Boy Artımlarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Lewis, W.J., Van Lenteren, J.C., Phatak, S.C., & Tumlinson, J.H. (1997). A total system approach to sustainable pest management. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94, 12243–12248.
- Masutti, L., & Battisti, A. (1990). *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) in Italy. BIO_nomics and perspectives of integrated control. *J. Appl. Entomol.* 110(3), 229-234.
- Mirchev, P., Schmidt, G.H., Tsankov, G., & Avci, M. (2004). Egg parasitoids of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae) and their impact in SW Turkey. *Journal of Applied Entomology*, 128(8), 533- 542.
- Mol, T. & Küçükosmanoğlu, A., (2002). Ülkemizde *Thaumetopoea pityocampa* (Den. and Schiff.)'ya karşı kullanılan savaş metodları. Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu Ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, 135–147, Kahramanmaraş.
- Morecroft, M.D., Bealey, C.E., Howells, O., Rennie, S., & Woiwod, I.P. (2002). Effects of drought on contrasting insect and plant species in the UK in themid-1990s. *Global Ecology and BIO_geography*, 11, 7–22.
- Onaran, M. A., & Katı, M. (2010). Çam kese böceği (*Thaumetopoeo pityocampa* Schiff) ile biyolojik mücadele. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 21-27.
- Örücü, Ö. K. (2019). *Phoenix theophrasti* Gr.'nin iklim değişimine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının MaxEnt Modeli ile tahmini ve bitkisel tasarımda kullanımı. *Turkish Journal of Forestry*, 20(3), 274-283.
- Öymen, T. & Küçükosmanoğlu, A., (2002). *Thaumetopoea pityocampa* (Den. and Schiff.) ile biyolojik, kimyasal ve fiziksel savaşın populasyon üzerindeki etkileri. Ülkemiz Ormanlarında Çamkeseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, 152-157, Kahramanmaraş.
- Özdal, M.H., (2002). Çamkese böceği ile adacıklarla mücadele yöntemi. Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, 101–108, Kahramanmaraş.

- Özkazanç, O. (2002). Çamkese böceğini Akdeniz bölgesindeki biyoeкологи. Ülkemiz ormanlarında çamkese böceği sorunun ve çözüm önerileri sempozyumu, Kahramanmaraş.
- Peterson, A. T. (2007). Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models. *BIO_diversity Informatics*, 3, 59-72.
- Phillips, J.S., Anderson, R.P., & Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.*, 190(3-4), 231–259.
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175.
- Raffa, K. F., Aukema, B. H., Bentz, B. J., Carroll, A. L., Hicke, J. A., & Kolb, T. E. (2015). Responses of tree-killing bark beetles to a changing climate. *Climate Change and Insect Pests*, 173–201.
- Raffa, K. F., Aukema, B. H., Bentz, B. J., Carroll, A. L., Hicke, J. A., Turner, M. G., & Romme, W. H. (2008). Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: The dynamics of bark beetle eruptions. *BIO_Science*, 58(6), 501–517.
- Robinet, C., Baier, P., Pennerstorfer, J., Schopf, A., & Roques, A. (2007). Modelling the effects of climate change on the potential feeding activity of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Notodontidae) in France. *Global Ecology and BIO_geography*, 16(4), 460-471.
- Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C. and Pounds, J. A. (2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421, 57-60.
- Rosenzweig, C., Casassa, G., Karoly, D., Imeson, A., Liu, C., Menzel, A., Rawlins, S., Root, T., Seguin, B., & Tryjanowski, P. (2007). Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. . In O. F. C. M.L. Parry, J.P. Palutikof, and P.J. van der Linden (Ed.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 79-131). Cambridge University Press.
- Sarikaya, A., Correll, M., Bartram, L., Tory, M., & Fisher, D. (2018). What do we talk about when we talk about dashboards? *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 25(1), 682-692.
- Schmidt, G., H., (1990). The egg-batch of *Thaumetopoea pityocampa* (Den.&Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae): Structure, hatching of larvae¶sitism in Southern Greece. *Journal of Applied Entomology*, 110, 217-228.

- Sérgio, C., Figueira, R., Draper, D., Menezes, R., & Sousa, A. J. (2007). Modelling bryophyte distribution based on ecological information for extent of occurrence assessment. *BIO_logical conservation*, 135(3), 341-351.
- Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., Honkaniemi, J., Lexer, M. J., Trotsiuk, V., Mairota, P., Svoboda, M., Fabrika, M., Nagel, T. A., & Reyer, C. P. O. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nat Clim Chang.*, 76, 395–402.
- Staudinger, O., (1894). Neue lepidopteren-arten aus dem palaearktischen faunengebiet. *Dt. ent. Z. Iris.* 7, 269–271.
- Stiling, P., Cornelissen, T. (2005). What makes a successful BIO_control agent? A metaanalysis of BIO_logical control agent performance. *BIO_logical Control*, 34, 236–246.
- Sutherst, R. W. (1991). Pest risk analysis and the green house effect. *Rev. Agric. Entomol.* 79, 1177-1187.
- Tittensor, D. P., Baco, A. R., Brewin, P. E., Clark, M. R., Consalvey, M., Hall-Spencer, J., ... & Rogers, A. D. (2009). Predicting global habitat suitability for stony corals on seamounts. *Journal of BIO_geography*, 36(6), 1111-1128.
- Triggiani, O. and Tarasco, E., (2002). Efficacy and persistence of enthomopathogenic nematodes in controlling larval populations of *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), *BIO_control Science and Technology*, 12, 747–752.
- Toffolo, E., Bernardinelli, I., Stergulc, F., Battisti, A. (2006). Climate change and expansion of the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa*, in Northern Italy. IUFRO Working party 7.03.10 proceedings of the workshop 2006, *Gmunden/Austria*, 331–340.
- Torun, P. (2018). Kastamonu Ormanlarında R zg r Zararlarının Maksimum Entropi Yöntemi ile Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- T rke , M. (1990). Türkiye’de Kurak Bölgeler ve önemli Kurak Yıllar. Doktora Tezi,  stanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü,  stanbul.
- T rke , M., Sümer, U. M. &  etiner, G. (2000). Küresel  klim Değişikliği ve Olası Etkileri,  evre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler  klim Değişikliği  er eve Sözleşmesi Seminer Notları,  stanbul Sanayi Odası.
- Ungerer, M. J., Ayres, M. P., & Lombardero, M. J. (1999). Climate and the northern distribution limits of *Dendroctonus frontalis zimmermann* (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of BIO_geography*, 26(6), 1133-1145.

- URL-1. <https://stock.adobe.com/tr/images/pine-processionary-moth-thaumetopoea-wilkinsoni-lepidoptera-thaumetopoeidae-life-cycle-isolated-on-a-white-background/258298368-2023>
- URL-2. https://www.kuzka.gov.tr/Icerik/Dosya/www.kuzka.gov.tr_18_XN5K77RN_2014-2023
- URL-3. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Kastamonu_\(il\)-2023](https://tr.wikipedia.org/wiki/Kastamonu_(il)-2023)
- URL-4. <https://samsun.mgm.gov.tr/FILES/iklim/sinop.pdf>. 2023-2023
- URL-5. <https://kastamonu.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Stratejik%20Faaliyet%20Plan%C4%B1/Kastamonu%20Tar%C4%B1m%20Strateji%20Belgesi%202013-2017.pdf>-2023
- URL-6. <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz/Turkiye-Orman-Varligi.2020-2023>
- URL-7. WorldClim, 2023. WorldClim - Global Climate Data. www.WorldClim.org, Erişim: 20.05.2023
- Van Driesche, R.G. & Bellows, Jr. T.S., (1996). BIO_logical control, New York: Chapman&Hall.
- Wan, J. Z., Wang, C. J., & Yu, F. H. (2019). Effects of occurrence record number, environmental variable number, and spatial scales on MaxEnt distribution modelling for invasive plants. *BIO_logia*, 74, 757-766.
- Wang, X. L., Wen, Q. H., & Wu, Y. (2007). Penalized maximal t-test for detecting undocumented mean change in climate data series. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46(6), 916-931.
- Ward, T., Mann, R. E., & Gannon, T. A. (2007). The good lives model of offender rehabilitation: Clinical implications. *Aggression and violent behavior*, 12(1), 87-107.
- Wilkinson, D. S. (1926). The Cyprus processionary caterpillar (*Thaumetopoea wilkinsoni*, Tams). *Bulletin of Entomological Research*, 17(2), 163-182.
- Williams, J. N., Seo, C., Thorne, J., Nelson, J. K., Erwin, S., O'Brien, J. M., & Schwartz, M. W. (2009). Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. *Diversity and Distributions*, 15(4), 565-576.
- Wollan, A. K., & Bakkestuen, V., Kauserud, H., Gulden, G., & Halvorsen, R. (2008). Modelling and predicting fungal distribution patterns using herbarium data. *Journal of BIO_geography*, 35(12), 2298-2310
- Yılmaz, B. (2019). 1/25000 Ölçekli Topografik Haritalara Göre Sinop Merkez, Erfelek, Gerze, Dikmen İlçeleri Yer Adları. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.

- Yihdego, Y., Salem, H. S., & Muhammed, H. H. (2019). Agricultural pest management policies during drought: Case studies in Australia and the state of Palestine. *Natural Hazards Review*, 20(1), 05018010.
- Yuan, H.S., Wei, Y.L., & Wang, X.G. (2015). MaxEnt modeling for predicting the potential distribution of Sanghuang, an important group of medicinal fungi in China. *Fungal Ecology*, 17, 140- 145.
- Yüksel, H., (2019). *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams, 1924 ve *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff., 1775) (Lepidoptera: Notodontidae) Populasyonlarında Yumurta ve Yumurta Koçanı Biyolojik ve Ekolojik Özelliklerinin Yükseklik İle İlişkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Yüksel H., İpekdağ K., & Toper Kaygın, A. 2019. Comparison between egg batch and egg characteristics of the two pine processionary moth species, *Thaumetopoea wilkinsoni* and *T. pityocampa* in Turkey. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2): 534-542.
- Zou, K. H., O'Malley, A. J., & Mauri, L. (2007). Receiver-operating characteristic analysis for evaluating diagnostic tests and predictive models. *Circulation*, 115(5), 654-657.