



Türkiye Kayın Ormanları İçin Yeni Bir Tehdit Kızıl Kuyruklu Kayın Tırtılı [*Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758)]'nın Günümüz ve Gelecekteki Potansiyel Yayılış Alanlarının Tahmini

Oğuzhan Sarıkaya^{1*}, Ömer K. Örucü², İsmail Şen³, Özden Açıcı⁴

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5124-6279)

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2162-7553)

³ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9905-3537)

⁴ Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, Bursa, Türkiye

(İlk Geliş Tarihi 17 Eylül 2019 ve Kabul Tarihi 22 Ekim 2019)

(DOI: 10.31590/ejosat.621325)

ATIF/REFERENCE: Sarıkaya, O., Örucü, Ö. K., Şen, İ. & Açıcı, Ö. (2019). Türkiye Kayın Ormanları İçin Yeni Bir Tehdit Kızıl Kuyruklu Kayın Tırtılı [*Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758)]'nın Günümüz ve Gelecekteki Potansiyel Yayılış Alanlarının Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 58-65.

Öz

Ülkemiz kayın ormanlarında ekonomik zarara yada epidemiye yol açan zararlı türlerle sıklıkla rastlanılmamakla birlikte *Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758)'nin 2018 ve 2019 yıllarında İnegöl (Bursa) kayın ormanlarında epidemi yaparak önemli zarara yol açtığı gözlemlenmiştir. Larvaları kayın yapraklarını yemesi sonucunda ağaçlar tamamen yapraksız kalabilmekte ve artım kaybı meydana gelmektedir. Bu tür esas olarak kayın zararlısı olarak bilinmekle birlikte, yapraklı orman ağacı türlerinde polifag olarak beslenmektedir. Çalışmada, *Calliteara pudibunda*'nın Avrupa ve Türkiye'deki mevcut yayılış alanları ve iklim değişimine bağlı olarak geliştirilen senaryolara göre gelecek projeksiyonu MaxEnt 3.4.1 programı kullanılarak modellenmiştir. Modellemede CCSM4 (The Community Climate System Model) 2050 ve 2070 yılı RCP (Representative Concentration Pathway) 4.5 ve RCP 8.5 iklim senaryosu kullanılarak oluşturulmuş 19 biyoklimatik değişken kullanılmıştır. Zararlının günümüzdeki potansiyel yayılış alanının Karadeniz bölgesi başta olmak üzere kayının yayılış yaptığı sahalarla büyük oranda örtüştüğü dikkati çekmektedir. Ayrıca, RCP 4.5 ve RCP 8.5'a göre 2050-2070 projeksiyonlarında türün yayılış alanları modeli incelendiğinde türün gelecek projeksiyonunda da ülkemiz ormanları için bir tehdit olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Bugün itibarıyla, İnegöl-Tahtaköprü mevkide sınırlı bir alanda kayın ormanlarında zararlı olan *Calliteara pudibunda*'nın günümüz ve gelecekteki potansiyel alanlarının giderek daha da artış gösterebileceği tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758), Kayın, MaxEnt, İnegöl, Yayılış.

Prediction to Present and Future Distribution Areas of Pale Tussock Moth [*Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758)] as New Threat for Beech Forests in Turkey

Abstract

Although it is not frequently encountered with pest species that cause economic damage or epidemic in beech forests of our country, it was observed that *Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758) caused major epidemic in İnegöl (Bursa) beech forests in 2018 and 2019. As result of feeding by larvae, trees may become completely leafless and loss of increment occurs. This species is mainly known as beech pest, but is fed as a polyphag on deciduous forest tree species. In this study, future projection of *Calliteara pudibunda* was modeled by using MaxEnt 3.4.1 program based on scenarios developed depending on current distribution areas and climate change in Turkey. In the modeling, 19 bioclimatic variables were created using CCSM4 (The Community Climate System Model) 2050 and

* Sorumlu Yazar: Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5124-6279, oguzhan.sarikaya@btu.edu.tr

2070 RCP (Representive Concentration Pathway) 4.5 and RCP 8.5 climate scenarios. It is observed that the present potential distribution area of the pest coincides largely with the areas where the beech is spread, especially in the Black Sea region. It is seen that the pest appears to be a threat for Turkish forests in 2050 and 2070 projections according to RCP 4.5 and RCP 8.5. It is estimated that the present and future potential areas of *Calliteara pudibunda*, which are harmful to beech forests in a limited area in İnegöl-Tahtaköprü locality for today, may increase gradually.

Keywords: *Calliteara pudibunda* (Linneaus, 1758), beech, MaxEnt, İnegöl, distribution.

1. Giriş

Türkiye ormanlarında yayılış gösteren kayın türleri buldukları sahalarda baskın tür olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemiz ormanlarının 1.630.196 hektarı normal, 269.733 hektarı ise boşluklu kapalı olmak üzere toplam 1.899.929 hektarını kayın ormanı oluşturmaktadır ve bu rakamda toplam orman alanının %8,5'ine karşılık gelmektedir (Anonim, 2015). Doğu kayınının (*Fagus orientalis*) anavatanı ülkemiz olup, yayılışının büyük bir bölümünü ülkemizde gerçekleştirmektedir. Bulgaristan'dan başlayarak, Türkiye, Kafkasya ve İran'a kadar uzanmakta, ülkemizdeki en geniş yayılışını ise Demirköy'den Hopa'ya kadar Karadeniz sahiline paralel uzanan dağların orta ve yüksek kısımlarında ve özellikle kuzey bakılarda kurduğu saf ve karışık ormanlarda yapmaktadır. Bunun haricinde Doğu Akdeniz'de Adana'nın Pos ormanlarında, Amanos Dağları'nda ve Kahramanmaraş-Andırın yöresinde; Yozgat-Çekerek'te ve Kütahya çevresinde lokal ve relik olarak yayılış göstermektedir (Anşin ve Özkan, 1997; Atalay, 1992; Yılmaz, 2010).

Türkiye ormanlarının sağlığını etkileyen çeşitli faktörler arasında böceklerin en başta geldiği bilinmektedir. Ülkemizde uygun iklim koşullarının ve dolayısıyla çok çeşitli bitki türlerinin bulunması, ormanlarda yıllarca varlığını hissettiren birçok böceğin yaşamlarını elverişli kılmıştır. Entomolojik kaynaklı zararların ortaya çıkmasında etkili olan iklim faktörleri, konukçu bitkileri strese sokarak daha az dayanıklı hale getirmekte yada zararlı böcek türlerinin üreme potansiyelinde ve popülasyonunda artışa neden olabilmektedir. Nitekim, sera gazı emisyonlarının yol açtığı küresel ısınma ve iklim değişikliği Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'ne göre, küresel ortalama sıcaklık 1880-2012 yılları arasında 0,85 °C artmıştır (IPCC, 2014). Bu artışın etkileri böcek türlerinin yatay ve dikey dağılımlarının genişlemesi yada epidemiy yapma kapasitelerinin artması olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ülkemiz kayın ormanlarında ekonomik zarara yol açan yada epidemiyeye yıl açan zararlı türlerle sıklıkla rastlanılmamakla birlikte, Türkiye'de daha önce Göktürk ve Aksu (2005) tarafından Artvin yöresinde kızılbaş ve huş ağaçları üzerinde zararı bildirilen *Calliteara pudibunda* (Linneaus, 1758), 2018 ve 2019 yıllarında İnegöl (Bursa) kayın ormanlarında epidemiy yaparak önemli zarara yol açmıştır. Nitekim böcek, Avrupa'da esas olarak kayın zararlısı olarak bilinmekle beraber, *Quercus Salix*, *Fagus*, *Betula*, *Fraxinus*, *Carpinus*, *Tilia*, *Prunus*, *Crataegus*, *Juglans*, *Acer*, *Castanea*, *Alnus* ve *Populus* gibi diğer yapraklı türlerde de zararlı olabilmektedir (Göktürk ve Aksu, 2005; Mazzaglio vd., 2005; Janben, 1998; Urban, 1994). Larvalarının kayın yapraklarını yemesi sonucunda ağaçlar tamamen yapraksız kalabilmekte ve artım kaybı meydana gelmektedir. Yoğun zarar sonucunda ağaçlarda kurumalar meydana gelmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. *Calliteara pudibunda* larvası

Calliteara pudibunda'nın Avrupa'da 37. ve 60. enlem dereceleri arasında yayılış yaptığı ancak; 48.- 57. enlemlerde epidemilere yol açtığı bildirilmektedir (Wellenstein, 1978; Klimitzek, 1972; Mazzoglio, 2005; Heqvist, 1949; Nilsson, 1978). En geniş yayılışını ülkemizde gerçekleştiren Doğu kayınında İnegöl-Tahtaköprü mevkiinde 2018 ve 2019 yıllarında görülen ve özellikle de bu sahada bir önceki yıla göre zarar alanını artıran *C. pudibunda*'nın başka sahalara yayılış yapması ihtimali büyük önem taşımaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. İnegöl-Tahtaköprü Kayın sahalarında *Calliteara pudibunda* zararı

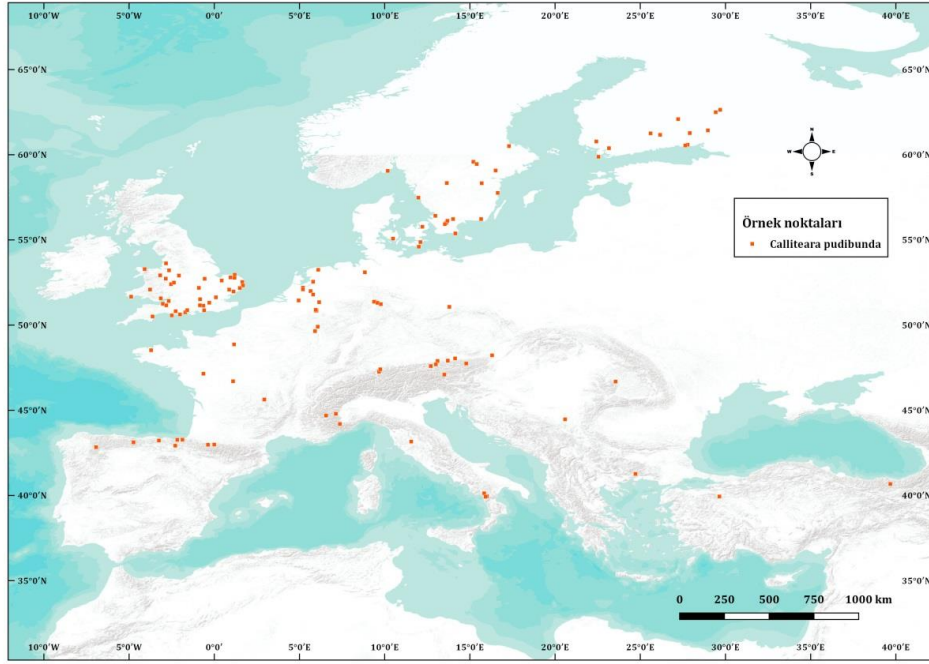
Günümüzde türlerin mevcut potansiyel yayılışları ve farklı iklim senaryolarına göre gelecekteki potansiyel yayılışları makine öğrenme yöntemleri ile ortaya konulabilmektedir. Bu hususta, türlerin var olduğu noktasal alan kayıtları ile bu alanlara ait sayısal biyoiklim verileri kullanılarak oluşturulmuş katmanlar kullanılmaktadır (Wang vd., 2007; Ward, 2007; Phillips vd., 2004; Wollan vd., 2008; Williams vd., 2009).

Bu çalışmada, *C.pudibunda*'nın yayılışını etkileyen önemli çevresel faktörleri belirlemek ve zararının farklı iklim senaryolarına bağlı olarak gelecekteki potansiyel dağılımını tahmin etmek ve türün kayın sahaları başta olmak üzere, yapraklı ormanlarımızdaki potansiyel tehditi ortaya koymak amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Calliteara pudibunda'nın iklim değişikliğine bağlı olarak günümüzdeki ve gelecekteki potansiyel yayılışının belirlenmesi amacıyla tür dağılım modeli kullanılmış, MaxEnt (Maximum Entropy Modeling) 3.4.1 versiyonu (Phillips vd., 2004; Elith vd., 2011) ile küresel iklim değişikliğine bağlı olarak *C. pudibunda*'nın dağılım alanları için 2050 (2041-2060 ortalaması) ve 2070 (2061-2080 ortalaması) yılları periyodu maksimum entropi modelleri üretilmiştir.

Çalışmada kullanılan var verileri için türün yayılış gösterdiği alanlarda, mevcut literatür kullanılarak (Peter, 1986; Arzone vd., 1994; Göktürk ve Aksu, 2005; GBIF, 2019) 118 noktanın koordinatları belirlenmiş ve QGis 3.8.1 (QGis, 2019) programında Google Satellite Hybrid altlık haritaları kullanılarak WGS 84 koordinat sisteminde belirlenen örnek noktalar işaretlenmiştir. Şekil 3'te kullanılan yayılış noktaları görülmektedir.



Şekil 3. Modellemede kullanılan yayılış noktaları

Çalışmada mevcut durum ve öngörülen gelecek için biyoklimatik değişkenler WorldClim veri tabanından elde edilmiştir (Hijmans vd., 2005; WorldClim, 2019). Tablo 1’de IPCC 2014 raporu temel alınarak hazırlanmış CCSM4 (The Community Climate System Model) 2050 ve 2070 yılı RCP (Representative Concentration Pathway) 4.5 ve RCP 8.5 iklim senaryosu kullanılarak oluşturulmuş 19 biyoklimatik değişken gösterilmektedir.

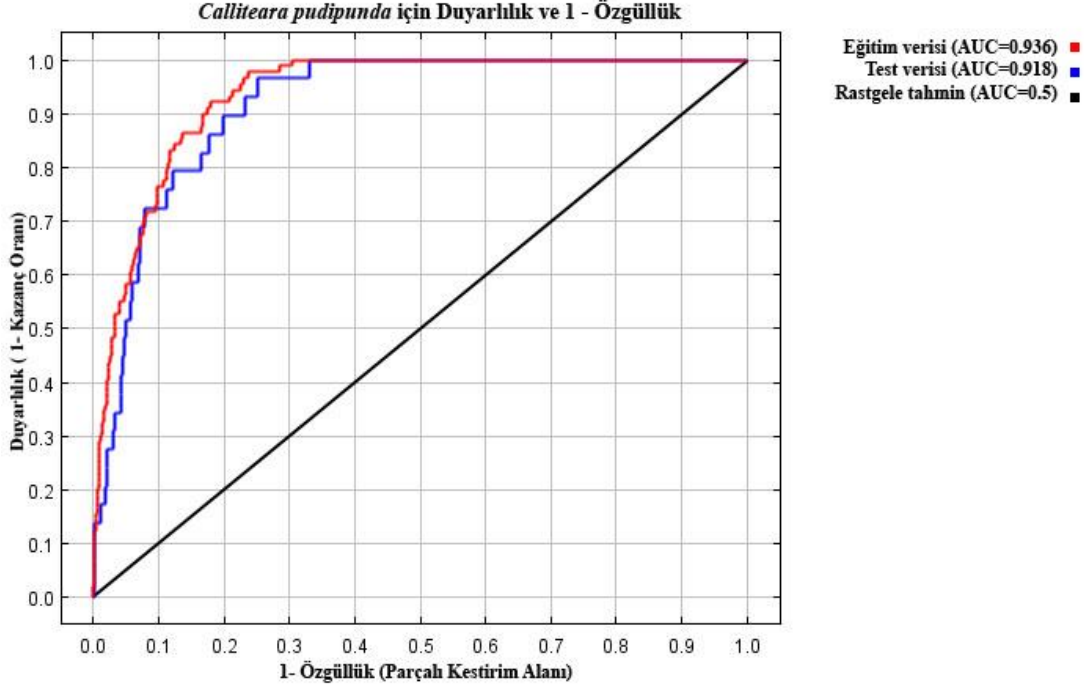
Tablo 1. Biyoklimatik Değişkenler

Kodlar	Tanımlar
bio_01	Yıllık ortalama sıcaklık
bio_02	Sıcaklık değişim aralığı (aylık ortalama (max sıcaklık–min sıcaklık))
bio_03	İzotermalite (Bio2/Bio7) (*100)
bio_04	Mevsimsel sıcaklık (standard sapma *100)
bio_05	En sıcak ayın maksimum sıcaklığı
bio_06	En soğuk ayın minimum sıcaklığı
bio_07	Yıllık sıcaklık oranı (Bio5-Bio6)
bio_08	En nemli çeyreğin ortalama sıcaklığı
bio_09	En kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı
bio_10	En sıcak çeyreğin ortalama sıcaklığı
bio_11	En soğuk çeyreğin ortalama sıcaklığı
bio_12	Yıllık yağış
bio_13	En nemli aydaki yağış miktarı
bio_14	En kurak aydaki yağış miktarı
bio_15	Mevsimsel yağış miktarı (Değişim katsayısı)
bio_16	En nemli çeyreğin yağış miktarı
bio_17	En kurak çeyreğin yağış miktarı
bio_18	En sıcak çeyreğin yağış miktarı
bio_19	En soğuk çeyreğin yağış miktarı

Çalışmada MaxEnt modelleme programında çevresel değişkenlerin etkilerini ölçmeye sağlayan Jackknife seçeneği kullanılmıştır. Bu seçenek her bir bağımsız değişkenin modelin oluşturulmasındaki önem derecelerini belirlemeye olanak tanımaktadır. Potansiyel dağılım haritaları oluşturulurken 0 ve 1 değerleri kullanılmış olup, buna göre 1 türün bulunabileceği en uygun alanı gösterirken, 0 bulunma olasılığı olmadığı anlamına gelmektedir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

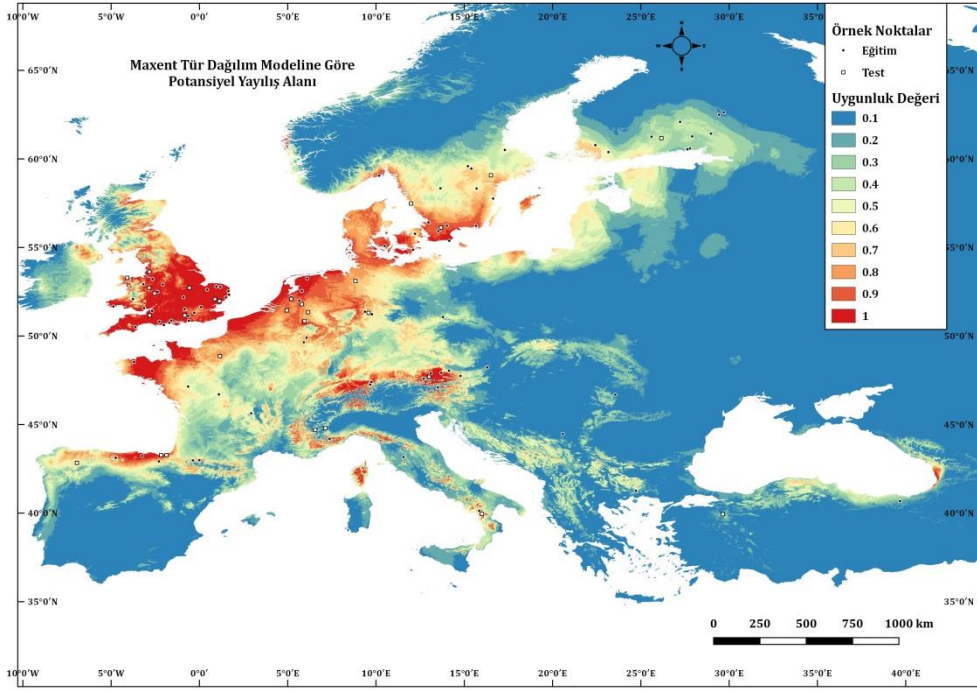
Modelin çıktıklarına göre, $AUC > 0.5$ olması nedeniyle model rastgele bir tahminden daha iyi bir performans göstermiştir. Elde edilen ROC eğrisindeki 0,936 AUC değeri (Şekil 4) modelin hassaslığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, model performansının çok iyi olduğunu yani modelin yüksek bir tahmin gücü olduğunu göstermektedir (Gasso vd., 2012).



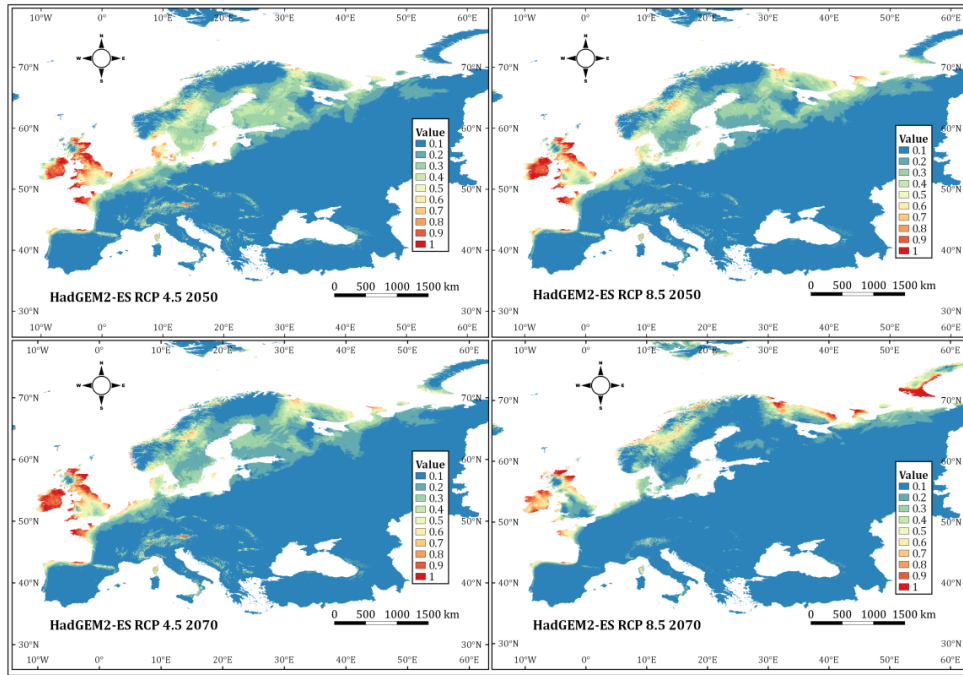
Şekil 4. Eğitim Verisi AUC Değeri

QGIS 3.8.2 versiyonu kullanılarak MaxEnt modeli tarafından yansıtılan *Calliteara pudibunda* için günümüz ve gelecekteki potansiyel dağılımlarına ait tahmin haritaları Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir. MaxEnt modelinde bir türün alanda bulunma oranı 0-1 arasında bir değer ile belirlenmektedir. Değerler 1'e yaklaştıkça türün potansiyel olarak o alanda bulunma oranı artmaktadır.

Çalışmada, *Calliteara pudibunda*'nın türe ait mevcut ve potansiyel dağılımın belirlenmesinde bulunma oranı 0,5'in üzerinde olan alanlar değerlendirmeye alınmıştır. Buna göre, zararlının günümüzdeki potansiyel yayılış alanının Karadeniz bölgesi başta olmak üzere kayının yayılış yaptığı sahalarla büyük oranda örtüştüğü dikkati çekmektedir. Ayrıca, RCP 4.5 ve RCP 8.5'a göre 2050-2070 projeksiyonlarında türün yayılış alanları modeli incelendiğinde türün gelecek projeksiyonunda da bir tehdit olarak ortaya çıktığı görülmektedir (Şekil 6).

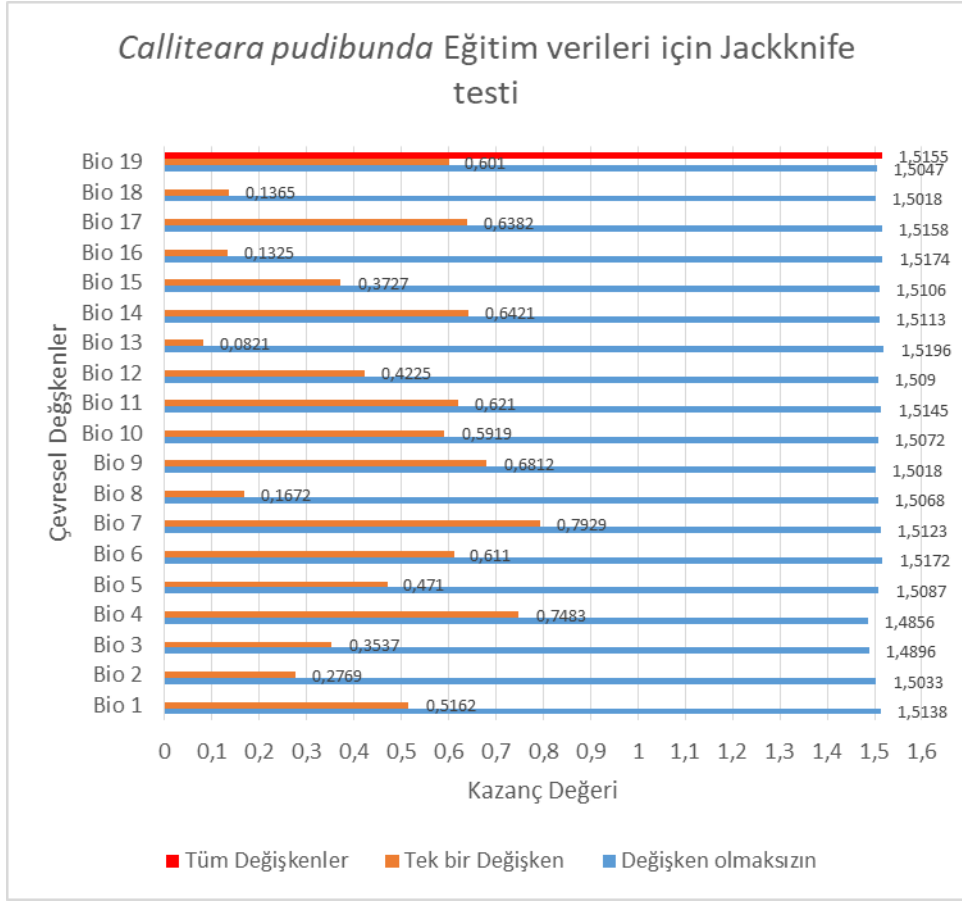


Şekil 5. *Calliteara pudibunda*'nın MaxEnt Tür Dağılım Modeline Göre Potansiyel Yayılış Alanı



Şekil 6. RCP 4.5 ve RCP 8.5'e Göre 2050-2070 Projeksiyonlarında Yayılış Alanları Modeli

Jackknife MaxEnt modelleme programında çevresel değişkenlerin etkilerini ölçmeye sağlayan bir seçenektir. Bu seçenek her bir bağımsız değişkenin modelin oluşturulmasındaki önem derecelerini belirlemeye olanak tanımaktadır. *Calliteara pudibunda* için oluşturulan jackknife testi kazanım tablosu Şekil 7'de görülmektedir. En yüksek kazancı olan çevresel değişken yıllık sıcaklık oranını gösteren Bio 7'dir. Bu değişkeni mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio 4 ve en kurak çeyreğin yağış miktarı gösteren Bio 17 takip etmektedir. Bu bulgular türün dağılımını etkileyen en önemli çevresel değişkenlerin sıcaklık ile ilgili değişkenler olduğunu göstermektedir.

Şekil 7. *Calliteara pudibunda* için jackknife testi sonuçları

Güncel yayılış alanı ile gelecekte tahmin edilen yayılış alanları bir bütün olarak incelendiğinde *Calliteara pudibunda*'nın Avrupa'daki yayılış alanını korumakla birlikte, ülkemizde de özellikle Marmara ve Karadeniz Bölgesi geneline yayılışının genişleme ihtimalinin bulunduğu görülmektedir. Türün güncel ve gelecekteki potansiyel yayılış alanları kayın ormanlarının dağılımı ile örtüşmektedir. Bunun yanısıra, zararlının yapraklı diğer orman ağaçlarında da polifag olarak besleniyor olması yayılış alanlarında yapraklı ormanların geneli için önemli bir potansiyel tehdit olarak karşımıza çıkmaktadır.

4. Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, İnegöl-Tahtaköprü mevkiinde sınırlı bir alanda kayın ormanlarında zararlı olan *Calliteara pudibunda*'nın günümüz ve gelecekteki potansiyel alanlarının giderek daha da artış gösterebileceği tahmin edilmektedir. Bu bağlamda başta kayın sahaları olmak üzere, yapraklı orman alanlarında İnegöl yöresinden başlamak üzere böceğin epidemisine karşı koruyucu önlemlerin alınması, mevcut yayılış sahasında biyolojik savaş başta olmak üzere mücadele yöntemlerinin ortaya konulması önemlidir. *Calliteara pudibunda* örneğinde olduğu gibi zararlı böcek türlerinin gelecekte sebep olabileceği potansiyel zararın tahmininde iklim değişikliği ve türlerin etkileşimine yönelik daha kapsamlı çalışmaların yapılmasının gerekliliği görülmektedir.

Kaynakça

- Anonim (2015). Türkiye Orman Varlığı. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Anşin, R. & Özkan, Z. C. (1997). Tohumlu Bitkiler. Odunsu Taksonlar. KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon.
- Arzone, A., Currado, I., Mazzoglio, P.J. & Patetta, A. (1994). Outbreak of *Calliteara pudibunda* in NW Italy (Lepidoptera: Lymantriidae). Atti XVII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Udine, Italy, 13-18 Giugno 1994, 747-750.
- Atalay, İ. (1992). Kayın Ormanlarının Ekolojisi Ve Tohum Transfer Yönünden Bölgelere Ayrılması. Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü yayınları, Ankara.
- 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.
- Gassó, N., Thuiller, W., Pino, J. & Vilà, M. (2012). Potential Distribution Range of Invasive Plant Species in Spain. NeoBiota 12, 25.
- GBIF, (2019). Global Biodiversity Information Facility: Free and open access to biodiversity data.

- Göktürk, T. & Aksu, Y. (2005). Artvin İli Ormanlık Alanlarında Tespit Edilen *Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758)'nin (Lepidoptera; Lymantriidae) Morfolojisi, Biyolojisi ve Beslenme Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Orman Mühendisliği, Yıl:43, Sayı:Temmuz-Ağustos-Eylül, 34-35.
- Heqvist, K.J. (1949). Om bokspinnarens (*Dasychira pudibunda* L.) uppträädande i Halland år 1946.- Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift, 4: 219-227.
- IPCC, (2014). Impacts, Adaptation and Vulnerability: Summary for Policymakers. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- Janben, J.H. (1998). Freilandstudien über den Buchenrotschwanz (*Dasychira pudibunda* L.) im Forstamt Podanin bei Budzyn unter Berücksichtigung einer dortigen Gradation in den Jahren 1992-1994.
- Klinitzek D. (1972). Das Vorkommen des Buchenrotschwanzes (*Dasychira pudibunda* L.) in der Pfalz.- Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung, 143 (9): 192-195.
- Mazzoglio, P.J., Paoletta, M., Patetta, A. & Currado, I. (2005). *Calliteara pudibunda* (Lepidoptera Lymentriidae) in Northwest Italy. Bulletin of Insectology, 58(1): 25-34.
- Nilsson, I. (1978). The influence of *Dasychira pudibunda* (Lepidoptera) on plant nutrient transports and tree growth in a beech *Fagus sylvatica* forest in southern Sweden.- Oikos, 30: 133-148.
- Peter, M. (1986). An outbreak of *Dasychira pudibunda* L. (Lep., Lymantriidae). Entomologische Nachrichten und Berichte, 30(3): 125-16.
- Phillips, S.J., Dudík, M. & Schapire, R.E. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. In Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, 655-662. ACM Press, Newyork.
- Urban, J. (1994). Biology of the red tail moth (*Calliteara pudibunda* L.): Part I. Moths, their occurrence and egg laying. Lesnictvi Prague 40 (7-8): 284-297.
- Wang, Y., Xie, B., Wan, F., Xiao, Q., & Dai, L. (2007). The potential geographic distribution of *Radopholus similis* in China. Agricultural Sciences in China 6, 1444-1449.
- Ward, D.F. (2007)=. Modelling the potential geographic distribution of invasive ant species in New Zealand. Biological Invasions 9, 723-735.
- Wellenstein G. (1978). Lymantriidae, Traegspinner, pp. 316-334. In: Die Forstschaedlinge Europas. 3. Schmetterlinge SCHWENKE W., Ed.)- Verlag P. Parey, Berlin und Hamburg.
- Williams, J. N., Seo, C., Thorne, J., Nelson, J. K., Erwin, S., O'Brien, J. M. & Schwartz, M.W.J.D. Distributions, 2009. Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. 15, 565-576.
- Wollan, A. K., Bakkestuen, V., Kauserud, H., Gulden, G. &ve Halvorsen, R.J.J.o.B., 2008. Modelling and predicting fungal distribution patterns using herbarium data. 35, 2298-2310.
- Yılmaz, M. (2010). Is there a Future for the Isolated Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Forests in Southern Turkey. Acta Silvatica & Lignaria Hungarica 6: 111-114.