

MAXENT MODELİ KULLANILARAK *Acer campestre L. subsp. campestre* (OVA AKÇAAĞACI)'NIN TAHMİNİ OLARAK GÜNÜMÜZ VE GELECEKTEKİ YAYILIŞ ALANLARININ BELİRLENMESİ

Almira UZUN^{1*}, Büşra AKSU², Tuğçe UZUN³

^{1*} Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Isparta, Türkiye, almirauzun0@gmail.com ORCID: 0000-0002-0863-5399

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Isparta, Türkiye, ORCID aksubusra97@gmail.com ORCID: 0000-0002-3981-236X

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Isparta, Türkiye, ORCID tugceuzunn96@gmail.com ORCID: 0000-0002-2942-2552

Özet

İklim değişikliği birçok türün dağılımı üzerinde olumsuz etkiye ve ekosistemleri değiştirme potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkisini yavaşlatmak için acil adaptasyon ve azaltma önlemleri alınması gerekmektedir. Yapılan birçok çalışma, insan kaynaklı çevresel değişikliklerin türlerin neslinin tükenmesini tetiklediğini göstermiştir. Bununla birlikte, gelecekte iklim değişikliğine cevap veren türlerin doğru tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda, iklim değişikliğinin türlerin dağılımı üzerindeki etkilerini tahmin etmek ve ayrıca farklı iklim değişikliği senaryoları altındaki bir türün olası yayılış alanlarını tahmin etmek için birçok modelleme aracı kullanılmaktadır. Bu çalışmada Maximum Entropi (MaxEnt) modeli kullanılarak Türkiye’de doğal olarak yayılış gösteren özellikle mobilya sektörü ile ağaçlandırma ve bitkisel peyzaj tasarımlarında kullanılan *Acer campestre L. subsp. campestre* (Ova akçaağacı) türünün CCSM4 iklim modeli RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları 2041-2060 ve 2061-2080 yıl periyotlarındaki günümüz ve gelecekteki yayılış alanları tahmin edilmiştir. Türkiye’de esas yayılışını Kuzey Anadolu’da yapan bu türün iklim değişikliği model ve senaryolarına göre uygun ve çok uygun alanlarının günümüzde 45408.07 km² olduğu ve gelecek yıllarda yayılış alanlarının senaryolara göre RCP 4.5 2041-2060 periyodunda %57, RCP 4.5 2061-2080 periyodunda %60, RCP 8.5 2041-2060 periyodunda %35 ve RCP 8.5 2061-2080 periyodunda %32’ine düşeceği ve türün yayılışı için elverişli alanların Kuzeydoğu’ya kayacağı tahmin edilmektedir. Sonuçta kırılğan ekosistemlerde yaşayan bu ve benzeri türler için in-situ ve ex-situ gibi etkili koruma stratejilerinin geliştirilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ova Akçaağacı, *Acer campestre L. subsp. campestre*, MaxEnt, İklim Değişikliği, CCSM4

PREDICTION OF PRESENT AND FUTURE DISTRIBUTION AREAS OF *Acer campestre L. subsp. campestre* (FIELD MAPLE) USING THE MAXENT MODEL

Abstract

Climate change has a negative impact on the distribution of many species and has the potential to change ecosystems. In this context, urgent adaptation and mitigation measures are required to slow the impact of climate change on biological diversity. Many studies have shown that human-induced environmental changes trigger the extinction of the species. However, it is of great importance to correctly identify the species that respond to climate change in the future. However, it is of great importance to correctly identify the species that respond to climate change in the future. In recent years, many modeling tools have been used to estimate the effects of climate change on the distribution of species, as well as to predict the possible spread areas of a species under different climate change scenarios. In this study, Maximum Entropy (MaxEnt) using the model in Turkey, especially representing the natural and herbal plantation landscape design with a spreader used in the furniture industry, *Acer campestre L. subsp. campestre* (Field maple) scenarios. It is estimated that the periods of 2041-2060 and 2061-2080 will be the current and future distribution areas. On the basis of appropriate distribution and very convenient area according to climate change scenarios, the species is today North Anatolian 45408.07 km² in Turkey. These areas will decrease to 57%, 60%, 35% and 32% respectively. It is predicted that the areas suitable for the spread of the species will shift to the Northeast. As a result, it becomes necessary to develop effective conservation strategies such as in-situ and ex-situ for these and similar species living in fragile ecosystems.

Keywords: Field Maple, *Acer campestre L. subsp. campestre*, MaxEnt, Climate Change, CCSM4

GİRİŞ

Yeryüzündeki bitki taksonları ile habitatlarının asıl davranışını ve aynı zamanda yayılış alanlarını değiştiren en önemli ekolojik faktör iklimdir (Günel, 2013). İklimi oluşturan faktörler bitkilerin büyümesine ve

gelişmesine katkıda bulunur, bu yüzden de bitki türlerinin coğrafi dağılımını belirleyen değişkenlerdir (Lenoir vd., 2008; Bertrand vd., 2011). İklim sistemi, dünyanın yaklaşık 4.5 milyar yıllık tarihi boyunca doğal olarak değişme eğilimi göstermiştir (Türkeş, 2008). Günümüzde küresel iklim değişikliği daha önce hiç görülmemiş bir hızda gerçekleşmekte ve geçtiğimiz yüzyılda ortalama sıcaklık 0,85°C artarak 2100 yılına kadar en az 0,3–1,7°C ile en fazla 2,6–4,8°C arasında artmaya devam edeceği düşünülmektedir (IPCC, 2014). Bu durumun bir sonucu olarak en başta sınırlı habitatlarda yaşayan bitki türleri tehdit altına girmektedir (Thuiller vd., 2005; Fitzpatrick vd., 2008; Lawler vd., 2009; Cobben vd., 2015; Ashraf vd., 2016; Yi vd., 2016; Zhang vd., 2018). Bu açıdan bakıldığında nesli tehdit altında olan önemli türlerin neslinin tükenmemesi için söz konusu bitkilerin yayılış alanları değişmeden gerekli tedbirler alınması gerekmektedir. Bu yaklaşımla habitat tahmini ve haritalama tehdit altında ve nesli tükenmekte olan türler ile yayılış alanları ve sayıları azalan yerel popülasyonların gözlemlenmesi için büyük önem arz etmektedir (Gaston ve Blackburn, 1996).

Sayısal biyoiklim verileri ile türlerin bulunduğu noktasal alanlar kullanılarak oluşturulan katmanlar yardımıyla türlerin mevcut potansiyel yayılışları analiz edilerek, farklı iklim senaryolarına göre gelecekteki potansiyel yayılışları, makine öğrenme yöntemleri ile ortaya konulabilmektedir (Sérgio vd., 2007; Wang vd., 2007; Ward, 2007; Phillips ve Dudík, 2008; Wollan vd., 2008; Tittensor vd., 2009; Williams vd., 2009; Yuan vd., 2015; Sarıkaya vd., 2018; Arslan, 2019; Uzun, 2020).

Çalışmanın amacı ülkemizin doğal türü olan, mobilya sanayisinde, bitkisel peyzaj tasarımlarında ve ağaçlandırma çalışmalarında yaygın kullanımından dolayı önemli bir tür olan Ova Akçaağacı (*Acer campestre* L. *subsp. campestre*)'nin CCSM4 iklim değişikliği modeli ile RCP 4.5 ve 8.5 senaryolarına göre 2041-2060 ve 2061-2080 periyotlarına ait potansiyel yayılış alanları ile gelecekte iklim değişikliği sebebi ile yayılış alanlarının nasıl etkileneceğinin belirlenmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Aceraceae ailesine ait *Acer* L.'nin bir türü olan Ova Akçaağacı, genellikle 9-25 m boylarında, yuvarlak tepe yapan, yamuk ve bazen düzgün gövdeli olabilen aynı zamanda sık dallanma yapan bir ağaçtır (Şekil 1). Ova Akçaağacı, hemen hemen bütün Güney ve Orta Avrupa, Kuzeybatı Afrika, Kafkasya, Kuzey Anadolu ve Kuzey İran tabii yayılış alanlarını oluşturmaktadır (Browicz, 1982). Ova Akçaağacı (*Acer campestre* L. *subsp. campestre*), Avrupa-Sibirya ögesi bir takson olmasına karşın, Türkiye'de başlıca yayılışını Kuzey Anadolu'da gerçekleştirmekte ve Trakya, Marmara çevresi ve Kuzey Anadolu'da mevcut yayılış göstermektedir (Yaltırık, 1967; Kayacık, 1982; Avsar ve Ok, 2011).

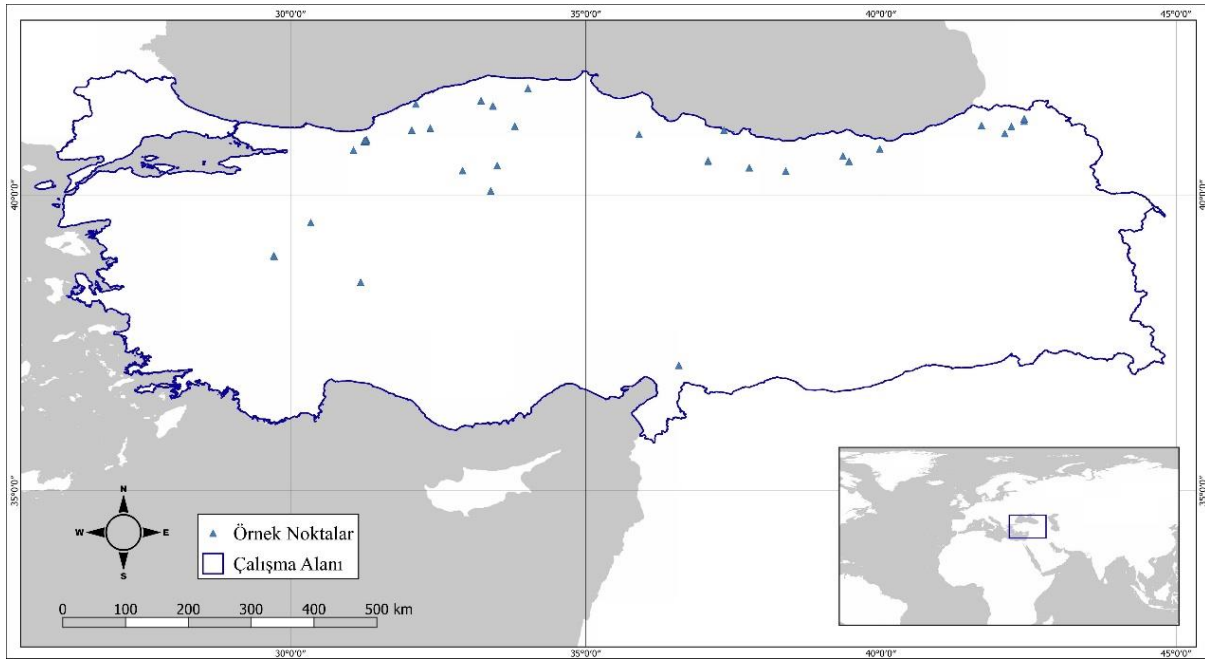


Şekil 1. *Acer campestre* L. *subsp. campestre*'nin genel görünümü

Ova Akçaağacı'nın gelişimi yavaştır (Orçun, 1975; Pamay, 1992). Gölgeye dayanabilen, nem talebi olan, ancak su hareketinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu şartları sevmeyen bir türdür (Yaltrık, 1971). Akçaağaçlardan güzel form ve görünümünden dolayı park bahçe peyzajında, odunlarından şimşir gibi kaşık yapımında, sesi iyi iletmelerinden dolayı da müzik aletleri yapımında yararlanılmaktadır (Yaltrık, 1971).

Çalışma alanı olarak *Acer campestre* L. subsp. *campestre* (Ova Akçaağacı)'nın doğal yayılış gösterdiği Türkiye sınırları belirlenmiştir (Şekil 2).

Çalışmada kullanılan var verileri için türün yayılış gösterdiği alanlarda, mevcut literatür bilgileri temel alınarak (Çizelge 2) (Davis, 1970; Boydak, 1986; Phitos, 1995; Hijmans, 2005; Kougioumoutzis vd., 2012; Niamouris ve Psirofonis, 2012; Boydak, 2019) 38 örnek noktanın koordinatları belirlenmiş ve QGIS 3.14 (QGIS, 2019) programında Google Satellite Hybrid altlık haritaları kullanılarak WGS 84 koordinat sisteminde belirlenen örnek noktalar işaretlenmiştir.



Şekil 2. *Acer campestre* L. subsp. *campestre* için çalışma alanına ait lokasyon haritası

Çizelge 1. Örnek noktalara ait öznitelik bilgileri

Örnek Noktalar	X(Enlem)	Y(Boylam)	İl	İlçe	Sıcaklık Ort.	Yağış Ort.	Eğim	Yükseklik	Yükseklik Snf.	CORINE Snf.
1	35.90383	41.02404	Samsun	Kavak	9.517	44.750	5.806	771.000	800-1000	"243"
2	37.07104	40.57158	Tokat	Başçıftlık	7.750	47.500	22.196	1425.000	1400-1600	"311"
3	38.38907	40.40437	Giresun	Şultan Karahisar	5.875	51.083	17.072	2035.000	2000-2200	"312"
4	39.46011	40.57049	Gümüşhane	Torul	7.583	47.583	24.059	1786.000	1600-1800	"333"
5	41.70492	41.17486	Artvin	Merkez	10.092	84.500	22.843	920.000	800-1000	"313"
6	42.21202	41.15847	Artvin	Ardanuç	5.275	63.167	17.186	1785.000	1800-2000	"243"
7	36.57704	37.12071	Gaziantep	İslahiye	13.892	63.250	9.746	876.000	800-1000	"242"
8	37.07341	40.57812	Tokat	Başçıftlık	8.750	47.750	16.411	1144.000	1000-1200	"242"
9	32.91343	40.41228	Ankara	Çubuk	7.008	47.167	10.474	1546.000	1400-1600	"324"
10	33.39082	40.06925	Ankara	Kalecik	10.758	35.667	10.629	1024.000	1000-1200	"321"
11	33.50084	40.49685	Çankırı	Eldivan	8.308	40.917	11.832	1297.000	1200-1400	"312"
12	42.09982	41.04005	Artvin	Ardanuç	7.283	55.167	14.868	1453.000	1400-1600	"242"
13	42.42629	41.24862	Artvin	Şavşat	7.467	54.833	9.248	1506.000	1400-1600	"324"
14	42.42908	41.29063	Artvin	Şavşat	8.567	58.167	14.953	1604.000	1200-1400	"313"
15	31.24306	40.90222	Düzce	Merkez	12.250	69.167	3.915	257.000	200-400	"243"

16	31.28833	40.92972	Düzce	Merkez	11.917	68.083	7.058	349.000	200-400	"311"
17	31.27583	40.90639	Düzce	Merkez	11.808	65.250	13.727	420.000	200-400	"311"
18	31.27639	40.91750	Düzce	Merkez	11.975	68.417	6.307	282.000	200-400	"242"
19	31.26194	40.92194	Düzce	Merkez	11.800	66.500	5.684	366.000	200-400	"242"
20	31.06556	40.75611	Düzce	Gölyaka	12.700	67.000	12.625	152.000	0-200	"411"
21	31.18669	38.52636	Afyon	Çay	9.633	41.917	17.435	1395.000	1400-1600	"311"
22	30.34111	39.53270	Eskişehir	Merkez	8.742	44.667	11.078	1175.000	1200-1400	"312"
23	37.77149	40.45968	Ordu	Mesudiye	8.733	52.000	3.940	1149.000	1000-1200	"243"
24	37.34206	41.09320	Ordu	Ünye	11.517	69.833	12.798	112.000	200-400	"312"
25	34.02207	41.79833	Kastamonu	Bozkurt	9.408	59.083	17.477	765.000	600-800	"313"
26	33.42859	41.50339	Kastamonu	Daday	8.058	51.917	7.915	1081.000	1000-1200	"312"
27	33.42579	41.50488	Kastamonu	Daday	8.058	51.917	7.915	1081.000	1000-1200	"311"
28	33.42802	41.50345	Kastamonu	Daday	8.058	51.917	7.915	1081.000	1000-1200	"312"
29	33.79839	41.16464	Kastamonu	Merkez	7.575	44.417	5.412	1183.000	1000-1200	"313"
30	33.22628	41.59588	Kastamonu	Azdavay	7.533	56.000	8.006	1127.000	1000-1200	"311"
31	29.72128	38.96556	Kütahya	Altıntaş	8.867	54.917	4.390	1593.000	1200-1400	"312"
32	29.71301	38.97038	Kütahya	Aslanapa	9.383	53.667	9.548	1492.000	1200-1400	"324"
33	39.98152	40.77967	Trabzon	Araklı	13.133	83.167	2.423	289.000	200-400	"313"
34	39.35787	40.65786	Trabzon	Maçka	7.958	48.750	21.441	1763.000	1400-1600	"324"
35	32.05200	41.09518	Zonguldak	Devrek	11.267	53.750	4.765	598.000	400-600	"311"
36	32.05187	41.09524	Zonguldak	Devrek	11.267	53.750	4.765	598.000	400-600	"311"
37	32.36608	41.12885	Karabük	Merkez	11.417	57.667	16.497	622.000	400-600	"311"
38	32.12155	41.53785	Bartın	Merkez	13.592	78.750	2.450	53.000	0-200	"242"

Türün günümüzdeki potansiyel yayılış alanı modellemesi için WorldClim veri tabanından yararlanılmıştır. WorldClim version 1 1960 ile 1990 yılları arasındaki aylık minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri ile aylık ortalama yağış verilerini gösterir. Güncel yayılış belirlemek için kullanılan ve 30 saniye uzamsal çözünürlükteki (800 m) iklimsel parametreler WorldClim version 1'deki öğrenilen bilgilerden üretilmiş veriler (Çizelge 1) (Hijmans, 2005; WorldClim, 2019).

Çizelge 2. Biyoklimatik değişkenler

İklimsel Değişkenlere ait kodlar	Biyoklimatik değişkenler
Bio 1	Yıllık ortalama sıcaklık
Bio 2	Günlük ortalama değişim aralığı (günlük maks. ve min. sıcaklıkların ort.)
Bio 3	İzotermallik (Eş ısı)
Bio 4	Mevsimsel sıcaklık
Bio 5	En sıcak ayın en yüksek sıcaklığı
Bio 6	En soğuk ayın en düşük sıcaklığı
Bio 7	Yıllık sıcaklık değişim aralığı (Bio 5 – Bio 6)
Bio 8	En nemli ilk üç ayın ortalama sıcaklığı
Bio 9	En kurak ilk üç ayın ortalama sıcaklığı
Bio 10	En sıcak ilk üç ayın ortalama sıcaklığı
Bio 11	En soğuk ilk üç ayın ortalama sıcaklığı
Bio 12	Yıllık yağış miktarı
Bio 13	En nemli ayın yağış miktarı
Bio 14	En kurak ayın yağış miktarı
Bio 15	Mevsimsel yağış miktarı
Bio 16	En nemli ilk üç ayın yağış miktarı
Bio 17	En kurak ilk üç ayın yağış miktarı
Bio 18	En sıcak ilk üç ayın yağış miktarı
Bio 19	En soğuk ilk üç ayın yağış miktarı

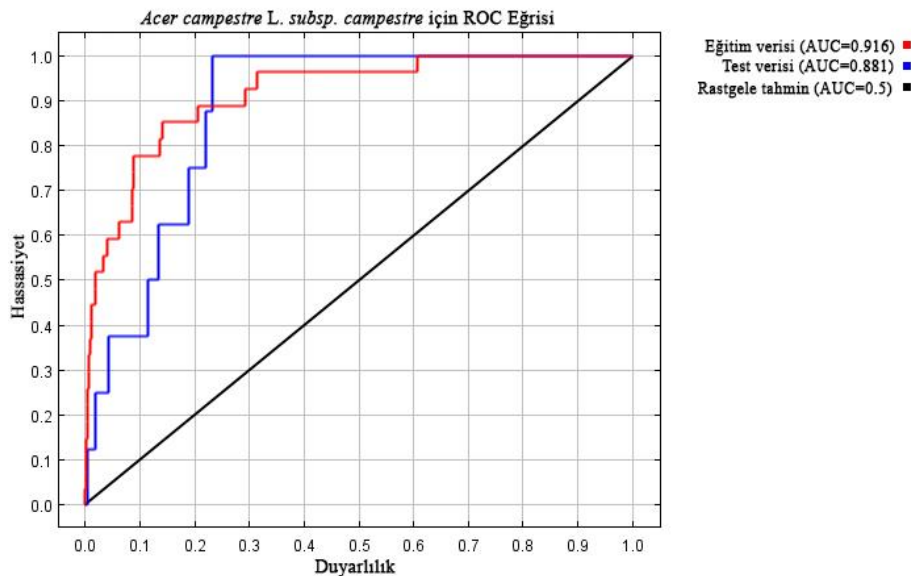
Çalışmada *Acer campestre* L. subsp. *campestre* türünün geleceğe yönelik yayılış alanını tahmin etmek amacıyla günümüz ve gelecekteki iklim durumları üzerine temel araştırmalar yapmayı sağlayan CCSM versiyon 4 (The Community Climate System Model) kullanılmıştır. Bu model için iklim senaryosu olarak da Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin Beşinci Değerlendirme Raporunda (IPCC, 2007) ilan edilen iklim değişikliği senaryolarından (Representative Concentration Pathways RCPs) RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları kullanılmıştır. RCP'ler iklim modelleri ve araştırmalarında, yakın gelecekteki sera gazı salınımı yoğunluklarına bağlı olarak gerçekleşeceği düşünülen iklim senaryolarını tanımlamak için kullanılmaktadır (Hunt, 2007; Moss, 2010; Remya, 2015). Gelecek için yapılan tahminlerde 2050 biyoklimatik verileri 2041 ve 2060 arasındaki ortalamaları, 2070 verileri de 2061 ve 2080 arasındaki ortalamaları ifade etmektedir (CESM, 2019).

Türün mevcut ve gelecekteki dağılımının modellenmesinde korelatif bir model olan maksimum entropi yaklaşımı MaxEnt 3.4.1 sürümü (Phillips vd., 2006; Elith ve Leathwick, 2009) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. MaxEnt modelleme prosedürü 'auto features' özelliği kullanılarak yürütülmüştür.

Modelin başarısının belirlenmesinde ROC (Receiver Operating Characteristic) analizinden çıkarılan AUC (Area Under the ROC Curve) değerinden yararlanılmıştır (Wang vd., 2007; Phillips ve Dudík, 2008). Elde edilen AUC değeri, düzgün ayarlanmış bir modelde gelişigüzel belirlenen grid hücrelerinin varlığının tahmini ihtimali olarak yorumlanabilir. AUC değeri olası muhtemel eşiklerle modelin başarısını belirtmektedir. Eğer bu değer $AUC > 0.5$ ise modelin gelişigüzel bir tahminden daha iyi başarı ortaya koyduğunu ifade eder (Phillips ve Elith, 2010; Arslan vd., 2020). AUC test değeri 1'e ne derece yakınsa ayırım o derece iyi, model duyarlı ve tanımlayıcıdır (Phillips vd., 2006; Gassó vd., 2012; Hosmer vd., 2013; Örcü, 2019; Akyol vd., 2020). Son olarak biyoiklimsel parametrelerin etki düzeyini belirlemek üzere MaxEnt modelinde Jackknife testi yönteminden yararlanılmıştır (Pearson vd., 2007; Shcheglovitova ve Anderson, 2013). Bu yöntem her bir bağımsız niceliğin modelin oluşturulmasındaki önem düzeylerini belirli kılmaya imkan tanımaktadır. Potansiyel dağılım haritaları oluşturulurken yayılış alanı için dört eşik değeri kullanılmıştır. Buna göre 0 uygun değil, 0-0.25 çok az uygun, 0.25-0.50 az uygun, 0.50-0.75 uygun ve 0.75-1.0 çok uygun alanlar anlamına gelmektedir (Çoban vd., 2020).

BULGULAR

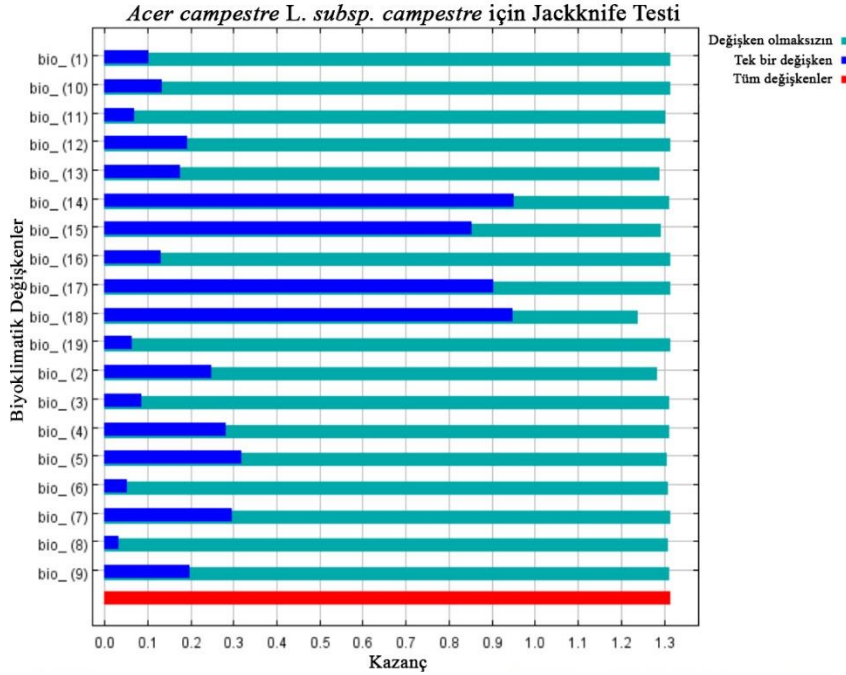
Çalışmanın sonunda elde edilen modelin sonuçlarına göre, $AUC > 0.5$ olması nedeniyle model rastgele bir tahminden daha iyi bir performans göstermiştir. Elde edilen ROC eğrisindeki 0,916 AUC eğitim verisi değeri modelin hassaslığını kanıtlar niteliktedir. Bu sonuçlar, model performansının çok iyi olduğunu yani modelin yüksek bir tahmin gücü olduğunu göstermektedir (Gassó vd., 2012).



Şekil 3. *Acer campestre* L. subsp. *campestre* için ROC eğrisi

Jackknife MaxEnt modelleme programında çevresel değişkenlerin etkilerini ölçmeyi sağlayan bir seçenektir. Jackknife (Çek-Çıkar) testi her bir değişkenin modele olan katkısını ölçmeye yaramaktadır. Buna göre *Acer*

campestre L. subsp. *campestre* için Jackknife testi kazanım tablosu (Jackknife of regularized training gain) Şekil 4'te görülmektedir. En yüksek kazancı olan biyoklimsel değişken en kurak ayın yağış miktarını gösteren Bio 14'tür, bu nedenle Bio 14 değişkeni en faydalı bilgiye sahiptir. Bu değişkeni en sıcak dönemin yağış miktarını gösteren Bio 18 ve en kurak dönemin yağış miktarını gösteren Bio 17 takip etmektedir. İhmal edildiğinde kazancı en çok azaltan çevresel parametre ise en sıcak dönemin yağış miktarını gösteren Bio 18'dir ve bu sebeple diğer parametrelerde olmayan en çok bilgiye sahip olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 4. *Acer campestre* L. subsp. *campestre* için Jackknife testi

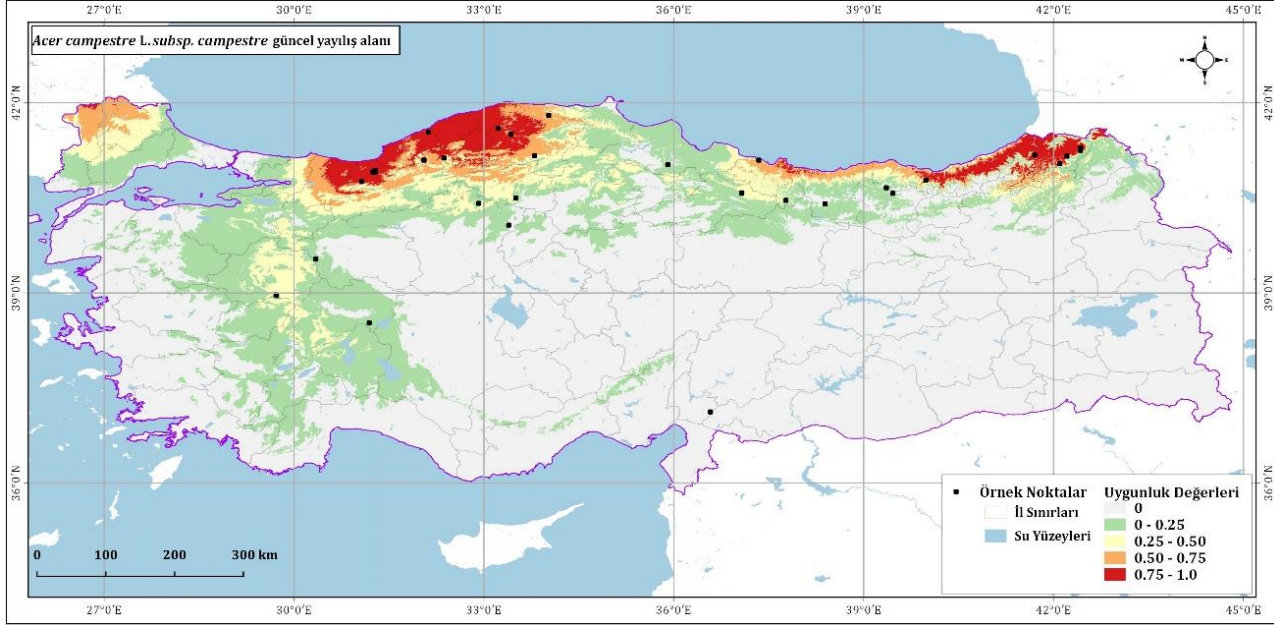
QGIS 3.14 versiyonu kullanılarak MaxEnt modeli tarafından yansıtılan *Acer campestre* L. subsp. *campestre*'nin günümüz potansiyel dağılımına ait tahmin haritası Şekil 5'te verilmiştir. MaxEnt modelinde bir türün alanda var olma oranı 0-1 arasında bir değer ile tanımlanmaktadır. Değerler 1'e yaklaştıkça türün potansiyel olarak o alanda var olma oranı yükselmektedir. Çalışmada, *Acer campestre* L. subsp. *campestre*'ye ait mevcut ve potansiyel dağılımın belirlenmesinde habitat uygunluğu için eşik değerleri 0 uygun değil (beyaz), 0-0.25 çok az uygun (yeşil), 0.25-0.50 az uygun (sarı), 0.50-0.75 uygun (turuncu) ve 0.75-1.0 çok uygun (kırmızı) olan alanlar şeklinde belirlenmiştir. Siyah kareler ise türe ilişkin var verilerini (örnek alım noktalarını) tanımlamaktadır. *Acer campestre* L. subsp. *campestre* için oluşturulan modeller QGIS programında poligonize komutu ile vektör veriye dönüştürülmüş ve alanları hesaplatılmıştır. Hesaplatılan alanlara ait detaylı sayısal veriler Çizelge 3'te verilmiştir. Sayısal sonuçlara baktığımızda türün yayılış alanlarında azalmaların olduğu görülmüştür. Ayrıca model sonuçlarında türün yayılışı için çok uygun alanların RCP 4.5 ve RCP 8.5 2061-2080 yıl aralığının 2041-2060 yıl aralığına göre daha elverişli olacağı ve yayılışının az da olsa ivme kazandığı tahmin edilmektedir.

Çizelge 3. *Acer campestre* L. subsp. *campestre*'nin günümüz, RCP 4.5 ve RCP 8.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2061-280 yıllarındaki potansiyel coğrafi yayılışının alansal dağılımı (km²)

<i>Acer campestre</i> L. subsp. <i>campestre</i>		RCP 4.5		RCP 8.5	
Uyg. Değerleri	Günümüz	2041-2060	2061-2080	2041-2060	2061-2080
Uygun Değil	528217.86	575737.47	566797.13	577305.32	604784.20
Çok Az Uygun	156973.70	137183.32	137459.37	148947.57	125771.37
Az Uygun	48695.37	40158.07	47713.47	37430.75	34470.32
Uygun	24117.31	19272.50	19162.39	8822.62	7249.58
Çok Uygun	21290.76	7170.57	8389.57	7015.67	7246.46

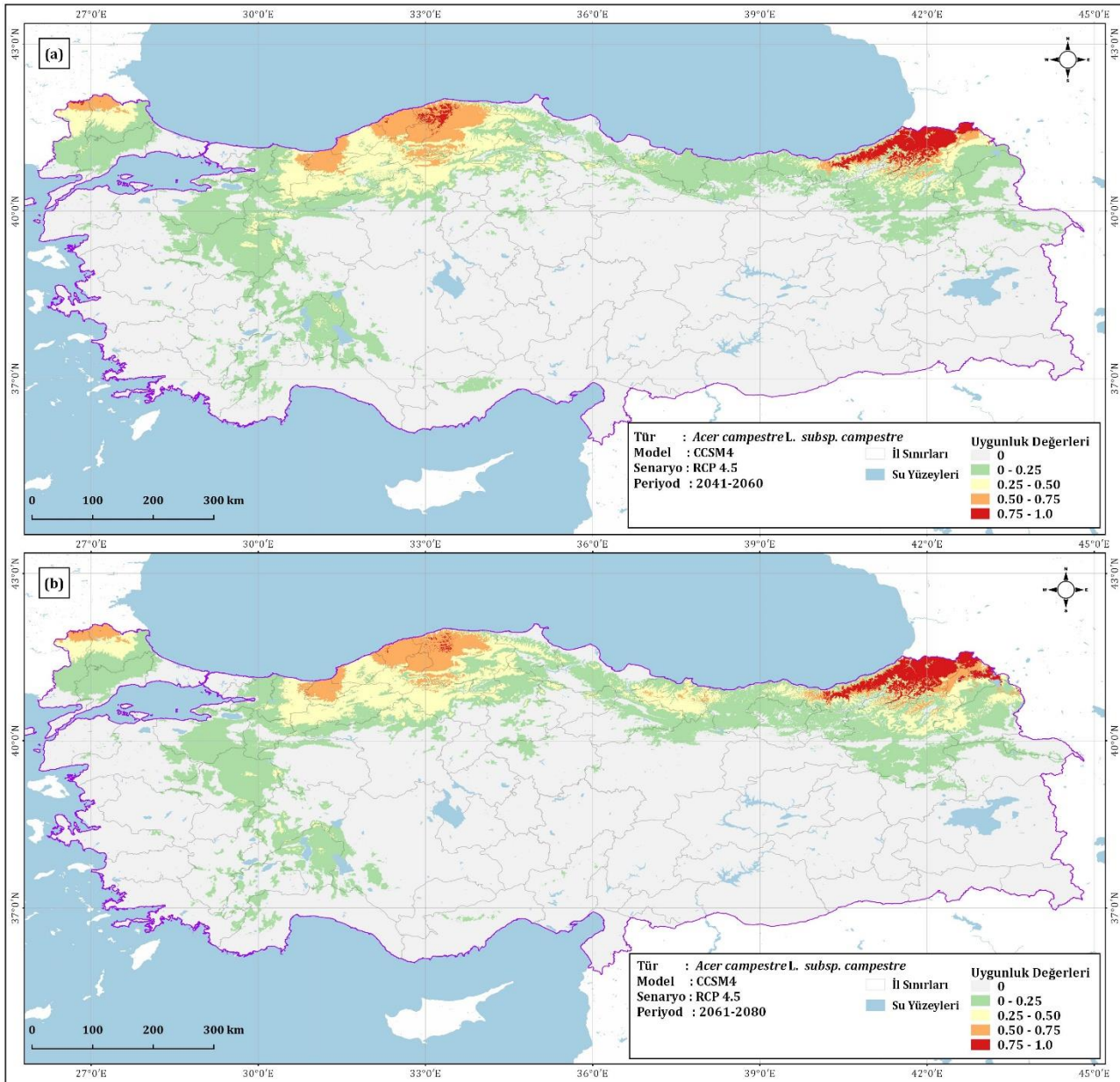
Var verileri ve günümüz için oluşturulan model göz önüne alındığında *Acer campestre* L. subsp. *campestre*'nin mevcutta Karadeniz bölgesinde yoğunlukla bulunduğu, Kütahya-Afyon dolaylarında az uygun alanlar

bulunduğu, Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu ve Ege bölgesinde türün hiç bulunmadığı görülmüştür (Şekil 5). Çizelge 3' e bakıldığında *Acer campestre* L. subsp. *campestre* için 528217.86 km² uygun olmayan alan, 156973.70 km² çok az uygun alan, 48695.37 km² az uygun alan, 24117.31 km² uygun alan ve son olarak da 21290.76 km² çok uygun alan olduğu görülmüştür.

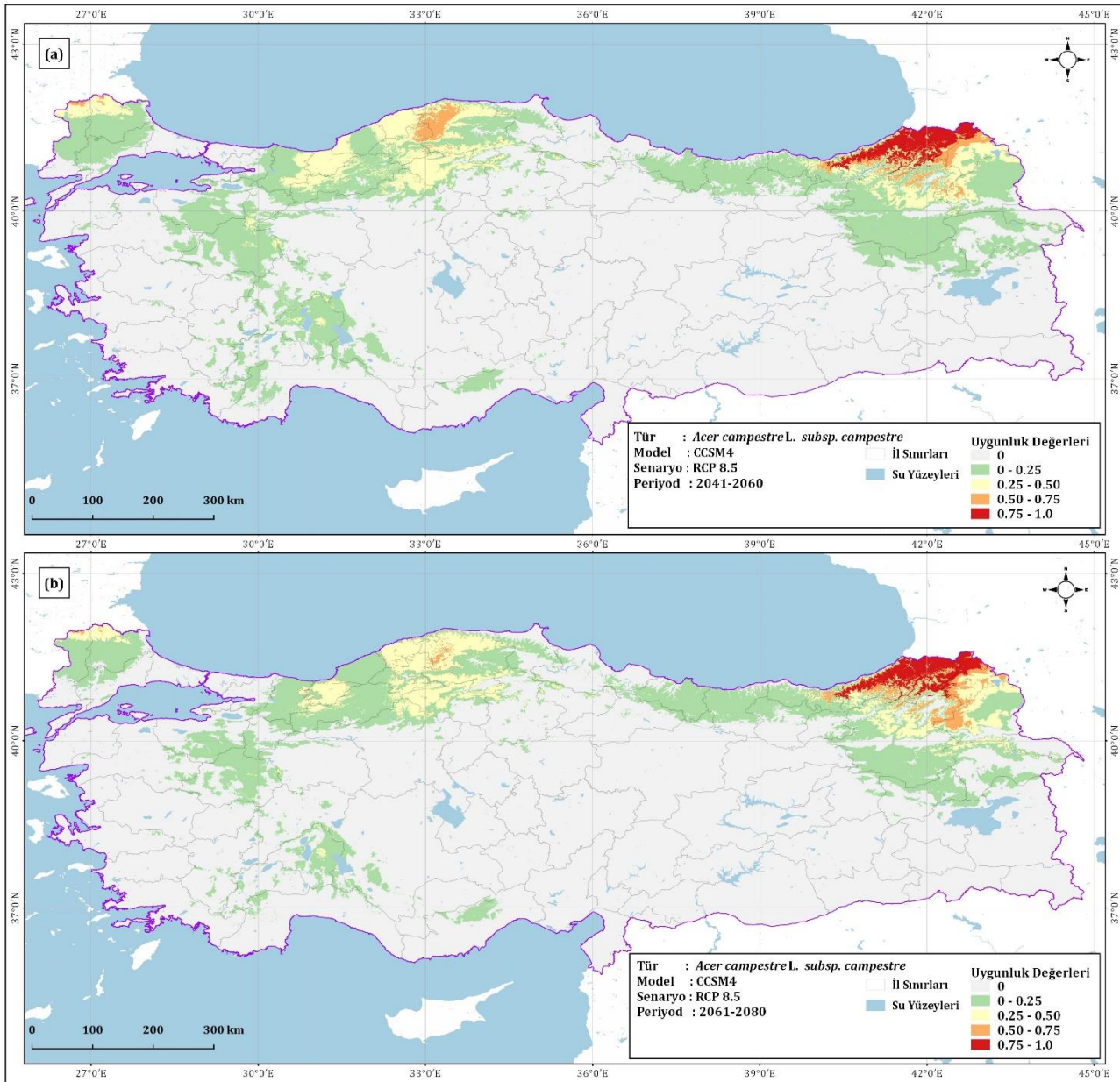


Şekil 5. *Acer campestre* L. subsp. *campestre* güncel yayılış alanı tahmini

Var verilerine ve RCP 4.5'e göre 2041-2060 ve 2061-2080 yıllarına ait yayılış alanı için oluşturulan modele bakıldığında *Acer campestre* L. subsp. *campestre*'nin Karadeniz bölgesindeki yoğunluğunu kısmen korumaya devam ettiği görülmüştür. Ancak günümüz için oluşturulan modelden farklı olarak Kütahya-Afyon dolaylarındaki az uygun alanlarda değerini kaybetmeye başlamıştır. Günümüz modeline bakıldığında Kocaeli ve Kastamonu şehirleri arasında ki alanlar tür için çok uygun halde iken 2041-2060 yılına gelindiğinde bu çok uygun alanların sadece Bartın ve Kastamonu şehirleri dolaylarında varlığını sürdürebildiği görülmüştür. 2061-2080 yıl aralığına gelindiğinde ise türün bu şehirlerdeki varlığının da yok olmaya başladığını, bunların yanı sıra Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu ve Ege bölgesinde iklimsel açıdan uygun olmama halinin devam ettiği görülmüştür (Şekil 6). Çizelge 3'e bakıldığında *Acer campestre* L. subsp. *campestre* için RCP 4.5 2041-2060 yılı modelinde 575737.47 km² uygun olmayan alan, 137183.32 km² çok az uygun alan, 40158.07 km² az uygun alan, 19272.50 km² uygun alan ve son olarak da 7170.57 km² çok uygun alan olduğu görülmüştür. Aynı şekilde RCP 4.5 2061-2080 modeline bakıldığında ise bu değerlerin 566797.13 km² uygun olmayan alan, 137459.37 km² çok az uygun alan, 47713.47 km² az uygun alan, 19162.39 km² uygun alan ve son olarak da 8389.57 km² çok uygun alan olarak değiştiği görülmüştür.



Şekil 6. *Acer campestre* L. subsp. *campestre* RCP 4.5'e göre 2050 ve 2070 yıllarına ait yayılış alanı tahmini RCP 4.5 senaryosuna göre daha katı bir senaryoya sahip olan RCP 8.5'e göre tür için 2041-2060 ve 2061-2080 yıllarında Karadeniz'in doğusu için çok uygun alanların neredeyse az uyguna dönüştüğü, çok uygun alanların ise Artvin yöresine doğru kaydığı, Bartın-Zonguldak sınırlarındaki alanın uygunluğunun da azaldığı gözlemlenmektedir (Şekil 7). Çizelge 3'e bakıldığında *Acer campestre* L. subsp. *campestre* için RCP 8.5 2041-2060 yılı modelinde 577305.32 km² uygun olmayan alan, 148947.57 km² çok az uygun alan, 37430.75 km² az uygun alan, 8822.62 km² uygun alan ve 7015.67 km²'nin çok uygun alan olduğu görülmüştür. Aynı çizelgede RCP 8.5 2061-2080 modeline baktığımız zaman da bu değerlerin 604784.20 km² uygun olmayan alan, 125771.37 km² çok az uygun alan, 34470.32 km² az uygun alan, 7249.58 km² uygun alan ve son olarak da 7246.46 km² çok uygun alan olarak değiştiği görülmüştür.



Şekil 7. *Acer campestre* L. subsp. *campestre* RCP 8.5'e göre 2050 ve 2070 yıllarına ait yayılış alanı tahmini

TARTIŞMA VE SONUÇ

Avrupa – Sibiryaya elamanı olan ve Türkiye’de esas yayılışını Kuzey Anadolu’da yapan bu türün iklim değişikliği model ve senaryolarına göre yayılış alanlarının giderek daraldığı görülmektedir. Model çıktılarında uygun ve çok uygun alanların günümüzün RCP4.5 2041-2060 yılı için %57’sine, RCP4.5 2061-2080 yılı için %60’ına, RCP8.5 2041-2060 yılı için %35’ine ve RCP8.5 2061-2080 yılı için %32’sine düşeceği tahmin edilmektedir. Bu daralmalar neticesinde birçok sektörde kullanımı bulunan Ova Akçağacı’nın ekolojik ve ekonomik anlamda Türkiye’yi etkileyeceği tahmin edilmektedir.

Örücü (2019) de aynı senaryo ve yıl aralıklarını kullanarak yaptığı çalışmasında *Phoenix theophrasti* Gr. (Datça Hurması) türünün potansiyel yayılış alanının iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğini MaxEnt’te modellenmiştir. Çalışma sonucunda *Phoenix theophrasti* Gr.’nin günümüz için uygun yayılış alanları 8.248 km², çok uygun alanları 23.330 km², toplamında ise 31.578 km² olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte oluşturulan senaryolara göre gelecekte türün potansiyel yayılış alanlarında ciddi kayıplar yaşanabileceğini ifade etmiştir. Çoban vd. (2020) ise yaptıkları benzer bir çalışmada MaxEnt’te aynı senaryo ve yıl aralıklarında *Quercus libani* Olivier (Lübnan Meşesi)’in değişim hareketlerini tahmin ederek, gelecekteki mekansal farklılıkları belirlemek için değişim analizi yapmışlardır. Çalışma sonucunda CCSM4 iklim modeline bağlı

olarak *Quercus libani* Olivier için günümüz uygun alanların toplam dağılımı 72.819 km² olarak hesaplanmıştır. RCP 4.5 senaryosuna göre uygun alanlar 2070'e kadar 67.580 km²'ye, RCP 8.5 senaryosu içinse 63.390 km²'ye düşeceği öngörülmüştür. Bu sonuç türün gelecekteki popülasyonunda bir azalma olabileceğini ortaya koymaktadır. Akyol ve Örüçü (2019) yine aynı senaryo üzerinden Kızılcık (*Cornus mas* L.) türünün potansiyel yayılış alanının iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğini MaxEnt'te modellemiştir. Çalışma sonucunda Türkiye'de *C. mas*'ın diğer pek çok türe ve Ova Akçaağacı'na kıyasla habitat kaybına uğramayacağını ancak coğrafi dağılımını Türkiye'nin kuzey bölgelerine doğru değiştireceğini ve kuzeydeki yayılışını genişleteceğini ortaya koymuştur. Uzun (2020) yaptığı tez çalışmasında *Fabaceae* familyasına ait bazı odunsu türlerin yayılış alanlarını CCSM4'den farklı olarak IPSL-CM6A-LR iklim modeline göre modellemiş ve model sonuçlarında *Cercis siliquastrum* L. için uygun alanların sadece Güneydoğu Anadolu'da olacağını ve günümüzdeki bu alanların tahmini olarak 111409 km² iken, SSP2 2041-2060 yılında %50'den fazla azalarak 53610 km²'ye SSP5 2041-2060'de ise 46132 km²'ye düşebileceğini belirtmiştir. Peyzaj materyali olarak da sıkça kullanılan türün gelecekte yaşamına ülkemiz koşullarında devam edebilmesi için ise koruma altına alınması önerilmektedir. Örüçü ve Akyol (2019) *Myrtus communis subsp. communis* L. türünün Türkiye'deki iklim değişikliğinin gelecekteki dağılımını modellemek için yine MaxEnt programı kullanarak 2041-2060 ve 2061-2080 yılları RCP 4.5 ve RCP 8.5 iklim değişikliği senaryoları altında tahmin edilen potansiyel dağılımlarının diğer tür çalışmalarının aksine gelecek 50 yıl içerisinde *M. communis subsp. communis* L.'nin yayılış alanının yaklaşık 1.6 kat artabileceğini ve türün istilacı bir tür haline gelebileceği sonucunu çıkarmışlardır. Akyol vd. (2020) de *Pinus pinea* L. (Fıstık Çamı) türünü HadGEM2-ES iklim değişikliği senaryosuna göre MaxEnt'te modellemiş, günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarını tahmin etmişlerdir. Bulguları neticesinde türün yayılışının aynı çalışmamızdaki türde olduğu gibi azalacağını ve kuzeye kayacağını belirtmişlerdir.

Sonuç olarak hassas ekosistemlerde devamlılığını sağlayan bu tür için in-situ ve ex-situ gibi koruma stratejilerinin geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Önerilen in-situ ex-situ çalışmaları için güncel yayılış alanları üzerinden seçilebilecek en uygun alanlar Zonguldak-Çaycuma, Kastamonu-Daday, Düzce-Yığılca, Trabzon-Araklı ve Eskişehir-Odunpazarı çevreleridir.

KAYNAKÇA

- Akyol, A., ve Örüçü, Ö. K., 2019. İklim Değişimi Senaryoları ve Tür Dağılım Modeline Göre Kızılcık Türünün (*Cornus mas* L.) Odun Dışı Orman Ürünleri Kapsamında Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 224-233.
- Akyol, A., Örüçü, Ö. K., ve Arslan, E. S., 2020. Habitat suitability mapping of stone pine (*Pinus pinea* L.) under the effects of climate change. *Biologia* 75, 2175-2187.
- 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.
- Arslan, E. S., Akyol, A., Örüçü, Ö. K., ve Sarıkaya, A. G., 2020. Distribution of rose hip (*Rosa canina* L.) under current and future climate conditions. *Regional Environmental Change* 20, 1-13.
- Ashraf, U., Ali, H., Chaudry, M., Ashraf, I., Batool, A., ve Saqib, Z., 2016. Predicting The Potential Distribution Of *Olea Ferruginea* In Pakistan Incorporating Climate Change By Using Maxent Model. *Sustainability* 8, 722.
- Avsar, M., ve Ok, T., 2011. New Determinations On The Natural Distribution Of Field Maple (*Acer Campestre Subsp. Campestre*) In The Amanos Mountains, Turkey. *Biological Diversity and Conservation* 4, 15-18.
- Bertrand, R., Lenoir, J., Piedallu, C., Riofrío-Dillon, G., de Ruffray, P., Vidal, C., Pierrat, J.-C., ve Gégout, J.-C., 2011. Changes In Plant Community Composition Lag Behind Climate Warming In Lowland Forests. *Nature* 479, 517.
- Boydak, M., 1986. Lübnan (Toros) Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) Yayılışı, Ekolojik ve Silvikültürel Nitelikleri, Doğal ve Yapay Gençleştirme Sorunları (Occurrence, Ecological and Silvicultural Characteristics of *Cedrus libani* A. Rich., and Its Natural and Artificial Re. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi* 32.
- Boydak, M., 2019. A new subspecies of *Phoenix theophrasti* Greuter (*Phoenix theophrasti* Greuter subsp. *golkoyana* Boydak) from Turkey. *Forestist* 69, 133-144.

- Browicz, K., 1982. Chorology Of Trees And Shrubs In South-West Asia And Adjacent Regions. Vol. 1. Chorology of trees and shrubs in South-West Asia and adjacent regions. Vol. 1.
- CESM, 2019. Community Earth System Model (CESM)/CCSM4.0 Public Release.
- Cobben, M., Van Treuren, R., Castañeda-Álvarez, N. P., Khoury, C. K., Kik, C., ve van Hintum, T. J., 2015. Robustness and Accuracy of Maxent Niche Modelling for *Lactuca* Species Distributions in Light of Collecting Expeditions. *Plant Genetic Resources* 13, 153-161.
- Çoban, H. O., Örucü, Ö. K., ve Arslan, E. S., 2020. MaxEnt Modeling for Predicting the Current and Future Potential Geographical Distribution of *Quercus libani* Olivier. *Sustainability* 12, 2671.
- Davis, P. H., 1970. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 3. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 3.
- Elith, J., ve Leathwick, J. R., 2009. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, Systematics*, 40: 677-697. .
- Fitzpatrick, M. C., Gove, A. D., Sanders, N. J., ve Dunn, R. R., 2008. Climate Change, Plant Migration, and Range Collapse in a Global Biodiversity Hotspot: The *Banksia* (*Proteaceae*) of Western Australia. *Global Change Biology* 14, 1337-1352.
- Gassó, N., Thuiller, W., Pino, J., ve Vilà, M., 2012. Potential distribution range of invasive plant species in Spain. *NeoBiota*, 12, 25. .
- Gaston, K. J., ve Blackburn, T. M., 1996. The Spatial Distribution Of Threatened Species: Macro-Scales And New World Birds. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 263, 235-240.
- Günel, N., 2013. Türkiye’de İklimin Doğal Bitki Örtüsü Üzerindeki Etkileri. *Acta Turcica Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi, Online Thematic Journal of Turkic Studies, Yıl V 1*, 1-22.
- Hijmans, R. J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A., ,2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25.
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., ve Sturdivant, R. X., 2013. *Applied logistic regression*, Vol. 398, John Wiley & Sons. .
- Hunt, L. P., Petty, S., Cowley, R., Fisher, A., Ash, A.J., MacDonald, N., 2007. Factors affecting the management of cattle grazing distribution in northern Australia: preliminary observations on the effect of paddock size and water points1. *The Rangeland Journal*, 29: 169-179. .
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* P. R.K.veM. A.L., Geneva, Switzerland,151 p. .
- IPCC, A., 2007. *IPCC fourth assessment report (AR4)*. IPCC 1, 976.
- Kayacık, H., 1982. *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği*, III Cilt. Angiospermae, İÜ Yayın.
- Kougioumoutzis, K., Tiniakou, A., Georgiou, O., ve Georgiadis, T., 2012. Contribution to the flora of the South Aegean volcanic arc: Anafi island (Kiklades, Greece). *Willdenowia* 42, 127-141.
- Lawler, J. J., Shafer, S. L., White, D., Kareiva, P., Maurer, E. P., Blaustein, A. R., ve Bartlein, P. J., 2009. Projected Climate-Induced Faunal Change In The Western Hemisphere. *Ecology* 90, 588-597.
- Lenoir, J., Gégout, J.-C., Marquet, P., De Ruffray, P., ve Brisse, H., 2008. A Significant Upward Shift In Plant Species Optimum Elevation During The 20th Century. *science* 320, 1768-1771.
- Moss, R. H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., Van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., 2010., 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment.
- Niamouris, K., ve Pirofonia, P., 2012. First report of *Paysandisia archon* on *Phoenix theophrasti*. *Entomologia Hellenica* 21, 74-76.
- Orçun, E., 1975. *Peyzaj Mimarisi Dendroloji*. Cilt II, Yapraklı Ağaç-Ağaççıkların Özellikleri ve Peyzaj Mimarisinde Kullanılışları, EÜ Ziraat Fakültesi yayınları, Yayın.
- Örucü, Ö. K., 2019. *Phoenix theophrasti* Gr.’nin İklim Değişimine Bağlı Günümüz ve Gelecekteki Yayılış Alanlarının Maxent Modeli İle Tahmini ve Bitkisel Tasarımda Kullanımı. *Türkiye Ormanlık Dergisi* 20, 274-283.
- Örucü, Ö. K., ve Akyol, A., 2019. İklim Değişikliğinin Türkiye’de *Myrtus Communis Subsp. Communis* L.’nin Potansiyel Dağılımına Etkilerinin Maxent ile Araştırılması. *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri*, 29.
- Pamay, B., 1992. *Bitki Materyali I, Ağaç ve Ağaççıklar*. Uycan Basımevi, İstanbul.

- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M., ve Townsend Peterson, A., 2007. Predicting Species Distributions From Small Numbers Of Occurrence Records: A Test Case Using Cryptic Geckos In Madagascar. *Journal of biogeography* 34, 102-117.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., ve Schapire, R. E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231-259. .
- Phillips, S. J., ve Dudík, M., 2008. Modeling Of Species Distributions With Maxent: New Extensions And A Comprehensive Evaluation. *Ecography* 31, 161-175.
- Phillips, S. J., ve Elith, J., 2010. POC Plots: Calibrating Species Distribution Models With Presence-Only Data. *Ecology* 91, 2476-2484.
- Phitos, D., 1995. "The Red Data Book of rare and threatened plants of Greece," World Wide Fund for Nature.
- QGIS,2019. QGIS 3.8 Zanzibar - A Free and Open GIS. 20.08.2019.
<https://qgis.org/tr/site/forusers/download.html>
- Remya, v., 2015. Predicting the current and future suitable habitat distribution of *Myristica dactyloides* Gaertn. Using MaxEnt model in the Eastern Ghats, India. *Ecological Engineering*, 82: 184-188. .
- Sarikaya, O., Karaceylan, I., ve Sen, I., 2018. Maximum Entropy Modeling (Maxent) Of Current And Future Distributions Of *Ips Mannsfeldi* (Wachtl, 1879) (*Curculionidae: Scolytinae*) In Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research* 16, 2527-2535.
- Sérgio, C., Figueira, R., Draper, D., Menezes, R., ve Sousa, A. J., 2007. Modelling *bryophyte* distribution based on ecological information for extent of occurrence assessment. *Biological conservation* 135, 341-351.
- Shcheglovitova, M., ve Anderson, R. P., 2013. Estimating optimal complexity for ecological niche models: A jackknife approach for species with small sample sizes. *Ecological Modelling*, 269: 9-17. .
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M. B., Sykes, M. T., ve Prentice, I. C., 2005. Climate Change Threats to Plant Diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102, 8245-8250.
- Tittensor, D. P., Baco, A. R., Brewin, P. E., Clark, M. R., Consalvey, M., Hall-Spencer, J., Rowden, A. A., Schlacher, T., Stocks, K. I., ve Rogers, A. D., 2009. Predicting Global Habitat Suitability For Stony Corals On Seamounts. *Journal of Biogeography* 36, 1111-1128.
- Türkeş, M., 2008. Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre* 1, 26-37.
- Uzun, A., 2020. İklim değişimi senaryolarına göre peyzaj tasarımında kullanılan *Fabaceae* familyasına ait bazı odunsu türlerin günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Wang, Y.-S., Xie, B.-Y., Wan, F.-H., Xiao, Q.-M., ve Dai, L.-Y., 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.
- Williams, J. N., Seo, C., Thorne, J., Nelson, J. K., Erwin, S., O'Brien, J. M., ve Schwartz, M. W., 2009. Using Species Distribution Models to Predict New Occurrences for Rare Plants. *Diversity and Distributions* 15, 565-576.
- Wollan, A. K., Bakkestuen, V., Kausrud, H., Gulden, G., ve Halvorsen, R., 2008. Modelling And Predicting Fungal Distribution Patterns Using Herbarium Data. *Journal of Biogeography* 35, 2298-2310.
- WorldClim, 2019. Global Climate Data, <https://worldclim.org/data/index.html>.
- Yaltrık, F., 1967. *Aceraceae*. *Flora of Turkey* 2, 509-519.
- Yaltrık, F., 1971. Yerli Akçaağaç (*Acer L.*) Türleri Üzerinde Morfolojik Ve Anatomik Araştırmalar.
- Yi, Y.-j., Cheng, X., Yang, Z.-F., ve Zhang, S.-H., 2016. Maxent Modeling for Predicting The Potential Distribution of Endangered Medicinal Plant (*H. riparia* Lour) in Yunnan, China. *Ecological Engineering* 92, 260-269.
- Yuan, H.-S., Wei, Y.-L., ve 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.
- Zhang, K., Yao, L., Meng, J., ve Tao, J., 2018. Maxent Modeling for Predicting The Potential Geographical Distribution of Two Peony Species Under Climate Change. *Science of the Total Environment* 634, 1326-1334.