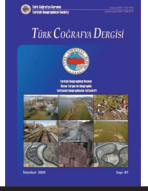




Basılı ISSN 1302-5856

Türk Coğrafya Dergisi
Turkish Geographical Review
 www.tcd.org.tr

Elektronik ISSN 1308-9773



İklim Değişikliğinin Anadolu Kestanesinin (*Castanea sativa* Mill.) Potansiyel Yayılış Alanlarına Olası Etkileri: Bozdağlar ve Aydın Dağları Örneği

*Possible Impacts of Climate Change on Potential Distribution Areas of Anatolian Chestnut (*Castanea sativa* Mill.): The Case of Boz and Aydın Mountains*

Abdullah Soykan^a  Muhammed Mustafa Özdel^b  İsa Cürebal^{c*}  Melike Durak^d 

^aBalıkesir Üniversitesi, Fen – Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Balıkesir, Türkiye.

^bBağımsız Araştırmacı, Kayseri, Türkiye.

^cBalıkesir Üniversitesi, Fen – Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Balıkesir, Türkiye.

^dBalıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Balıkesir, Türkiye.

ORCID: A.S. 0000-0003-4093-9541; M.M.Ö. 0000-0003-0715-4566; İ.C. 0000-0002-3449-1595; M.D. 0000-0003-3102-9132

BİLGİ/INFO

Geliş/Received: 07.04.2025

Kabul/Accepted: 26.05.2025

Anahtar Kelimeler:

Anadolu Kestanesi

Castanea sativa Mill.

İklim Değişimi

Tür Dağılışı Modeli

Ekoloji

Keywords:

Anatolian Chestnut

Castanea sativa Mill.

Climate Change

Species Distribution Model

Ecology

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(i. Cürebal) curebal@balikesir.edu.tr

DOI: 10.17211/tcd.1671105



Atf/Citation:

Soykan, A., Özdel, M. M., Cürebal, İ., & Durak, M. (2025). İklim Değişikliğinin Anadolu Kestanesinin (*Castanea sativa* Mill.) Potansiyel Yayılış Alanlarına Olası Etkileri: Bozdağlar ve Aydın Dağları Örneği. *Türk Coğrafya Dergisi* (87), 125-134.

<https://doi.org/10.17211/tcd.1671105>

ÖZ/ABSTRACT

Bu çalışma, Bozdağlar ve Aydın Dağları'nda *Castanea sativa* yetiştirilmesine uygun alanların iklim değişikliklerinden nasıl ve ne şekilde etkileneceğini tahmin edebilmek amacıyla hazırlanmıştır. İnceleme alanı, Türkiye'nin batısındaki Ege Bölgesi sınırları içinde kalmaktadır. Doğu – Batı yönünde birbirine paralel olarak uzanan bu dağlık sahada, Türkiye kestane üretiminin 2/3'ü karşılanmaktadır. Çalışma literatür taraması ve veri temini ile başlamıştır. Bu kapsamda ilçe bazlı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) bitkisel üretim istatistikleri derlenmiş, böylece kestane üretiminin mekânsal dağılışı belirlenmiştir. Sonrasında kestane yetiştiriciliğinin günümüzdeki potansiyel ve gelecekteki olası dağılımının belirlenmesine çalışılmış, bu amaçla MaxEnt versiyon 3.4.4 yazılımı kullanılmıştır. Günümüzdeki potansiyel yetiştiricilik alanlarını belirlemek amacıyla WorldClim veri tabanındaki 1960-1990 referans dönemine ait 19 biyoiklimsel değişken kullanılmıştır. Gelecekteki olası yayılış alanlarını belirlemek için ise yine WorldClim veri tabanında CCSM4 küresel dolaşım modeli tercih edilmiştir. Bu model kapsamında, iki farklı Temsili Konsantrasyon Rotası (RCP) ve iki ayrı projeksiyon dönemi (RCP4.5 ve RCP8.5) dikkate alınarak modeller oluşturulmuştur. Böylece 2050 ve 2070 yıllarına ait biyoiklim değişkenleri analiz edilmiştir. Günümüz ve gelecekteki projeksiyon modelleri, kestanenin üretim istatistikleri ve arazi gözlemleri dikkate alınarak 4 sınıfa ayrılıp haritalanmıştır. Buna göre günümüzdeki potansiyel uygunluk alanları, mevcut üretim istatistikleri ile de büyük ölçüde örtüşmüştür. Geleceğe yönelik projeksiyonlar, iklim değişikliğinin kestane yetiştiriciliği için uygun alanları önemli ölçüde daraltacağını, hatta gerekli önlemlerin alınmaması durumunda da tamamen ortadan kalkabileceğini göstermiştir.

This study was prepared to predict how and in what ways chestnut production in the Bozdağlar and Aydın Mountains will be affected by climate change. The study area is located within the borders of the Aegean Region in western Turkey. In this mountainous area, where the mountains extend parallel to each other in the east-west direction, two-thirds of Turkey's chestnut production is provided. The study began with a literature review and data collection. In this context, district-based TÜİK agricultural production statistics were compiled, thus determining the spatial distribution of chestnut production. Subsequently, efforts were made to determine the current potential and future possible distribution of chestnut cultivation, using the MaxEnt version 3.4.4 software for this purpose. To determine current potential cultivation areas, 19 bioclimatic variables from the WorldClim database for the reference period of 1960-1990 were used. To identify future possible distribution areas, the CCSM4 global circulation model was preferred from the WorldClim database. Under this model, two different Representative Concentration Pathways (RCPs) and two separate projection periods (RCP 4.5 & RCP 8.5) were considered, resulting in models analyzing bioclimatic variables for 2050 and 2070. Current and future projection models were mapped into four classes, considering chestnut production statistics and field observations. Accordingly, current potential suitability areas largely coincide with existing production statistics. Future projections show that climate change will significantly reduce areas suitable for chestnut cultivation and may completely eliminate them if necessary measures are not taken.

Extended Abstract

Introduction

Chestnut (*Castanea* sp.), one of the significant genera of the *Fagaceae* family, is among humanity's first food sources. While it naturally grows in forest areas, it has also been cultivated by humans for many years. In our country, the chestnut tree is commonly known as the “bread tree,” while in Europe, it is referred to by names meaning “bread of the mountains” (Soylu, 1984; Soyly, 2004; Atasoy & Altıngöz, 2011; Turna et al., 2014).

Chestnut is a tree that thrives in temperate climates of the mid-latitudes. The Anatolian Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) is a natural element of the Euro-Siberian Flora Region and belongs to the Euxine and Colchic sub-regions. *Castanea sativa* is widely observed in Southern Europe, Türkiye, and the Caucasus (Davis, 1965; Atalay, 1994; Günal, 1997; Conedera et al., 2016).

Generally, the natural distribution area of chestnut in Turkey is between 30-1500 meters, within beech-oak or beech-spruce forests. It grows in mixed forests in the Black Sea, Marmara, Aegean, and locally in the Mediterranean regions. Chestnut thrives under optimal climatic conditions in the Black Sea region. However, the highest production occurs in the Aegean region. Here, chestnut has found a suitable habitat in the mountainous zone of the Mediterranean climate and has been cultivated and propagated.

Aydın province ranks first in Turkey in terms of the number of trees and production. It is closely followed by İzmir province. Chestnut cultivation at elevations above 400 meters in Aydın Mountains and Bozdağlar constitutes a significant economic activity.

There are significant studies worldwide and in Turkey regarding the relationship between climate change and *Castanea sativa* Mill. The research most resembling the findings and results of this study is titled “Prediction of the Potential and Future Distribution Areas of Chestnut in Turkey Depending on Climate Change Using the Maximum Entropy Model” (Sarıkaya & Örucü, 2019). Examples include: the spatial-temporal change of Anatolian chestnut forests under climate change in Northeastern Turkey (Usta & Yılmaz, 2020), the impact of climate change on chestnut trees (Freitas et al., 2021), how prepared chestnuts are for the future in the context of global change (Conedera et al., 2021), modeling the current and future distribution of chestnuts in Turkey (Atalay Dutucu, 2023), examining the effects of climate change on the spatial distribution of chestnuts within the boundaries of the Trabzon forestry region (Cedano Giraldo & Küçüker, 2023), the impact of climate change on the potential distribution of Anatolian chestnuts in Turkey over the next century (Çobanoğlu et al., 2023), potential changes in chestnut distribution areas in Kastamonu due to global climate change (Ertürk & Arıcak, 2024), and future suitability of chestnuts limited by drought sensitivity (Weise et al., 2025). Similar studies have also been conducted in countries outside Turkey, such as in the South Caucasus (Beridze et al., 2023) and the Iberian Peninsula, Spain (Álvarez-Álvarez et al., 2025).

Data and Method

In this study, the current potential and future possible distribution of chestnut cultivation was modeled using MaxEnt version 3.4.4 software. MaxEnt, based on the maximum entropy algorithm and working solely with presence records of the related species, is a widely accepted method in species distribution modeling studies (Phillips et al., 2006; Elith et al., 2011; Merow et al., 2013). To determine both the temporal and spatial distribution of cultivation, presence records were obtained from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) database (GBIF, 2025) and GPS records taken during field observations.

To determine the current potential cultivation areas, 19 bioclimatic variables from the reference period 1960-1990, published in the WorldClim database and provided under WorldClim version 1.4 with a spatial resolution of 30 seconds (~1 km²), were used (WorldClim, 2025). These variables, derived from temperature and precipitation parameters (Table 1), correspond to climatic factors that can affect the geographical distribution of species (Özdel et al., 2024).

To determine the future possible distribution areas, the CCSM4 (Community Climate System Model 4) global circulation model, also available in the WorldClim database with a spatial resolution of 30 seconds, was utilized (Gent et al., 2011). Within this model, two different Representative Concentration Pathways (RCP) and two separate projection periods were considered for modeling. The RCP4.5 scenario, representing moderate greenhouse gas emissions, was evaluated as the moderate scenario, while the RCP8.5 scenario, predicting high emission levels, was considered the pessimistic scenario. Under these scenarios, bioclimatic variables for the projection periods 2050 (2041-2060) and 2070 (2061-2080) were analyzed (Çoban et al., 2020).

Results and Discussion

As a result of the Pearson Correlation Analysis, the use of Bio1, Bio2, Bio4, Bio6, Bio8, Bio9, Bio12, and Bio13 variables in the modeling process was deemed appropriate, while other variables were excluded (Figure 4). The average test AUC value of the model created with eight bioclimatic variables was determined to be 0.940. This high AUC value indicates that the model performed very well and is significantly better than random predictions (Figure 5a).

The model results indicate that chestnut (*Castanea sativa*) cultivation in the Aegean Region is highly vulnerable to climate change. Although the low emission scenario (RCP4.5) predicts relatively less habitat loss compared to the high emission scenario (RCP8.5), in the long term, both scenarios forecast a significant reduction in suitable cultivation areas. According to current data, the potential distribution of chestnuts in the region is predominantly concentrated at elevations above 1000 meters. However, if the conditions predicted by future climate models are realized, even these high-altitude areas will be at great risk.

The findings of the study reveal that chestnut cultivation areas in the study region will significantly decrease if the climate conditions predicted in future projections materialize and neces-

sary precautions are not taken. Under higher emission scenarios, the species may completely disappear.

In this context, habitat shifts caused by global climate changes and the resulting alterations in the horizontal and vertical distribution areas of crops should be considered a significant issue. It is recommended to provide training for decision-makers and chestnut producers to prepare for and adapt to changes caused by global warming.

1. Giriş

Fagaceae familyasının önemli cinslerinden biri olan kestane (*Castanea* sp.) insanoğlunun ilk besin kaynakları arasında yer alır. Orman alanlarında doğal olarak yetişmesi ile beraber insanlar tarafından uzun yıllardan beri yetiştiriciliği de yapılmaktadır. Ülkemizde halk arasında “ekmek ağacı” olarak da adlandırılan kestane ağacı, Avrupa’da ise “dağların ekmeği” anlamına gelen isimler ile anılır (Soylu, 1984; Soylu, 2004; Atasoy & Altıngöz, 2011; Turna vd., 2014).

Kestanenin kuzey yarımkürenin ılıman iklim kuşağında yayılış gösteren 9 türü mevcuttur. Bu türlerden 4 tanesinin meyveleri ticari amaçlarla kullanılmaktadır. Bunlar: *Castanea crenata* Siebold & Zucc. (Japon Kestanesi), *Castanea dentata* (Marshall) Borkh. (Amerikan Kestanesi), *Castanea mollissima* Blume (Çin Kestanesi) ve *Castanea sativa* Mill. (Avrupa Kestanesi, Anadolu Kestanesi)’dir (Atasoy & Altıngöz, 2011; Yılmaz, 2020).

Castanea sativa, orta kuşakta hâkim olan ılıman iklimlerin bir ağacıdır. Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), Avrupa-Sibirya Flora Bölgesi’nin, Öksin ve Kolşik flora alt bölgelerine ait doğal bir unsurdur. *Castanea sativa*, Güney Avrupa, Türkiye ve Kafkasya’da yayılış gösteren (Şekil 1) türlerden biridir (Davis, 1965; Atalay, 1994; Günel, 1997; Conedera vd., 2016). İnceleme alanı ise Neolitik dönemden itibaren kestane kültürüne alındığı sahalara dahil edilmektedir (Villar-García vd., 2022).

Castanea sativa ağacının ekolojik koşullarını açıklamaya farklı kaynaklarda farklı bilgiler bulunmaktadır. Bu eserlerdeki (Saatçioğlu, 1976; Atalay, 1994; Günel, 1997; Soylu, 2004; Atalay, 2008; Efe vd., 2010; Efe vd., 2013; Macit, 2024) veriler dikkate alındığında Anadolu kestanesi, yıllık ortalama sıcaklıkları 7 °C ile 16 °C arasındaki yerlerde yetişebilir. Eşik sıcaklık değeri ise 6 °C’dır. En soğuk ayın ortalama sıcaklığı 0 °C, en sıcak ayın ortalama sıcaklığı 16 °C’nin üzerindedir (Günel, 1997). Rahat yetişebilmesi için yılda en az 6 ayın sıcaklıklarının 10 °C üzerinde olması gerekir. Kış döneminde -25 °C ile -30 °C arasındaki düşük sıcaklıkları tolere edebilir. *Castanea sativa* meyvelerinin olgunlaşabilmesi için çiçek açma evresinden toplanma zamanına kadar 2700 °C ile 3000 °C arasında toplam sıcaklığa ihtiyaç vardır. Kestanenin yıllık yağış ihtiyacı minimum 600 mm ile 800 mm civarındadır. Yıllık yağış miktarı 700 mm ile 1500 mm arasında değişen ortamlarda iyi gelişir. Çiçeklenme dönemi ile hasat evresinin 1 ay öncesine kadar olan periyotta yaklaşık 200 mm yağış isteği mevcuttur. Yağış rejimi düzensizleştikçe, kurak devre belirginleştikçe ve uzadıkça, istediği nemlilik şartlarını bulamayan kestane sahadan çekilmektedir (Günel, 1997). Kuraklık, meyvelerin gelişmesini engellemekte, yaprak dökümlerine neden olmaktadır.

Castanea sativa, kışın yapraklarını döker ve soğuklama dönemine girer. Mayıs ile haziran ayı içerisinde ise çiçek açar. Geç çiçek açması nedeniyle ilkbahar donlarından genelde etkilen-

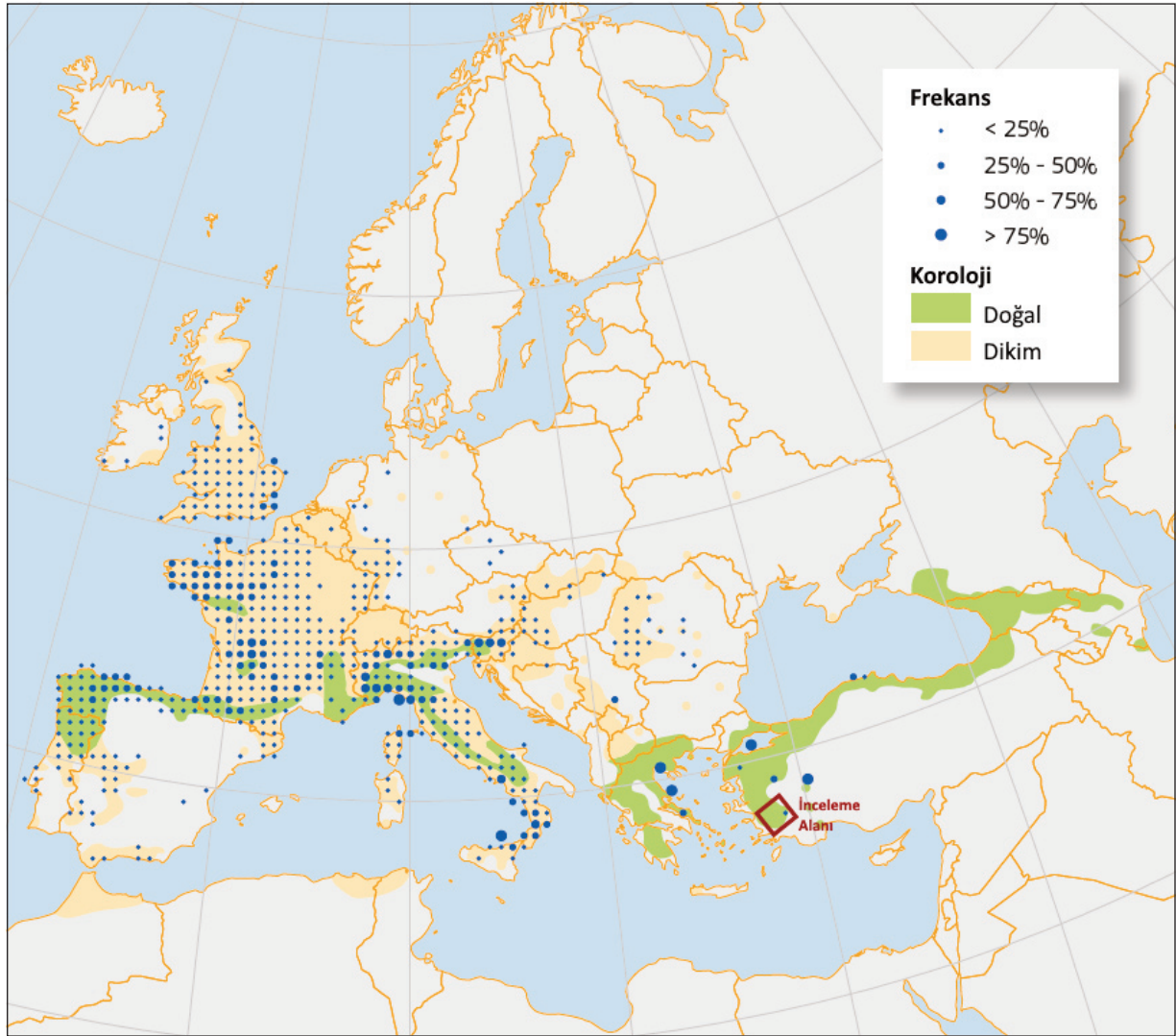
mez. Yaz aylarında yüksek sıcaklıktan ziyade kurak geçen evrelerde zarar görür. Yağış rejimi düzenli olan sahalarda sulama yapılmadan yetişebilir. Yağış miktarı ve zamana dağılışı kestane için doğal yayılışını etkileyen başlıca etkidir. İlkbahar geç ve sonbahar erken donlarına karşı hassastır (Macit, 2024).

Türkiye’de kestane genel olarak doğal yayılış alanı 30 m ile 1500 m’ler arasında değişmektedir. Karadeniz, Marmara, Ege ve lokal olarak Akdeniz bölgelerinde çoğu zaman karışık ormanlar (kayın-meşe, kayın-ladin) halinde yetişir. Bazen saf kestane topluluklarına da rastlanır. Kestane, Karadeniz bölgesinde optimum iklim şartlarında yaşar. Son buzul çağında (Würm) kestane de dahil olduğu geniş yapraklı ormanlar, alçak sahalara takip ederek Anadolu’nun güney ve güneybatısına kadar yayılmıştır (Atalay, 1994).

Bozdağlar ve Aydın Dağları’nda *Castanea sativa* türünün dağılış özellikleri Günel tarafından detaylı bir şekilde çalışılmıştır (Günel, 1986; 1987; 1991). Buna göre Anadolu Kestanesi, inceleme alanında yarı nemli ormanlar içinde yayılış göstermektedir. Yarı nemli ormanların yayılış alanları ise çoğunlukla doğu batı doğrultusunda uzanan dağlık kütlelerin kuzey yamaçlarıdır. Sahanın kuzeyinde yer alan Manisa kütlesi üzerinde *Castanea sativa* toplulukları, kütlenin en yüksek noktalarını oluşturan Leplep tepe (1070 m) ile Çam tepe (1114 m) nin kuzey ve kuzeybatı yamaçlarında ortaya çıkar. Bu yamaçlarda 850 m ile 1000 m arasındaki seviyelerde topluluklar oluşturan kestaneler ayrıca yer yer çevrede hâkim durumda olan karaçam (*Pinus nigra*) ormanları içinde de serpintili bir şekilde dağılmıştır. Bu kütlenin güneyinde, doğu batı doğrultulu uzanan Bozdağlar üzerinde kestane topluluklarına kütlenin kuzey yamaçlarında 800 m ile 1300 m arasındaki yükseltilerde rastlanır. Kestane toplulukları inceleme sahasında en geniş yayılış alanını daha güneyde yer alan Aydın dağlarının Küçükmen deres ovasına bakan, çok dik eğimlerde yükselen kuzey yamaçlarında bulunur. Bu kesimde 400 metreden itibaren başlayan, en fazla 1000 ile 1100 metreye kadar yükselebilen kestane toplulukları güney yamaçlarda da bazı kabul havzalarında orman parçaları halinde görülürler. Günel (1987), Zohary (1973)’ye atfen kestane Türkiye’deki en güney yetişme sınırında bulunduğunu vurgulamıştır.

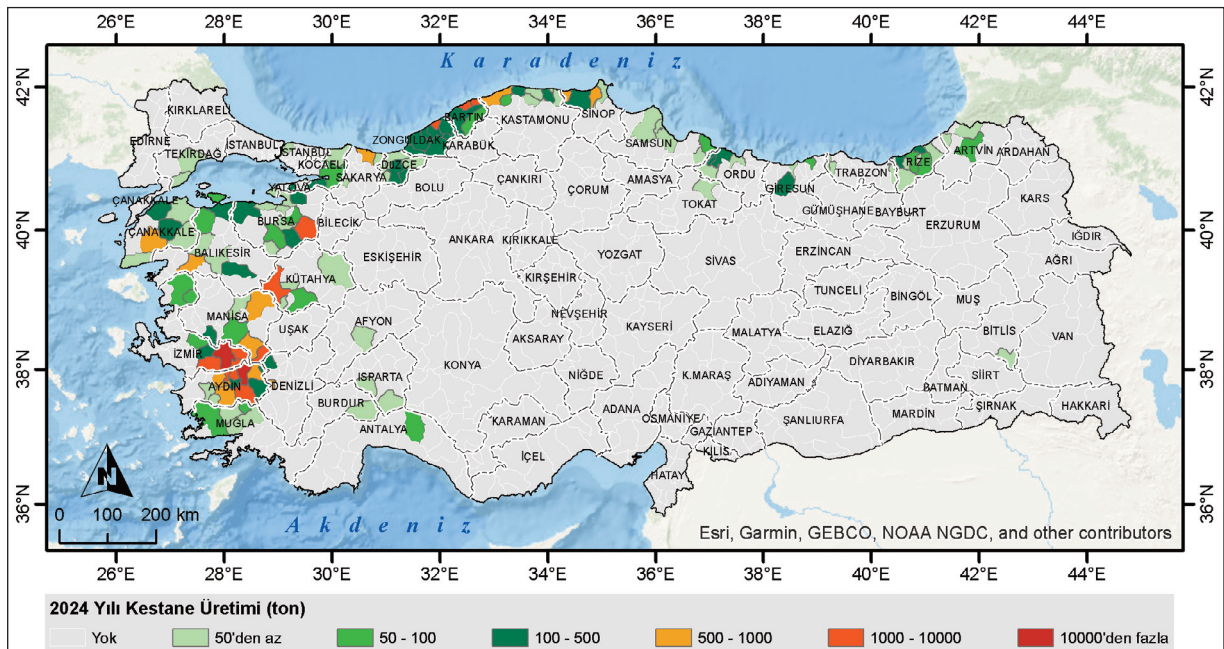
Karadeniz Bölgesi, Anadolu kestanesi için optimum iklim şartlarına sahip iken en fazla üretim Ege Bölgesi’nde gerçekleşir. Burada *Castanea sativa*, Akdeniz ikliminin dağ katında kendine uygun yaşam ortamları edinmiş ve kültüre alınarak çoğaltılmıştır.

Aydın ili, Türkiye’de ağaç sayısı ve üretim bakımından ilk sırada yer almaktadır. Aydın ilini çok az bir farkla İzmir ili takip etmektedir. Bozdağlar ile Aydın Dağları’nın yüksek kesimlerinde kestane yetiştiriciliği önemli bir ekonomik aktivitedir. 2024 yılı verilerine göre Aydın (24315 ton) ilinde Nazilli (10460 ton), Sultanhisar (5731 ton), Köşk (4141 ton), Efeler (805 ton), Kuyucak (668 ton) ve Buharkent (124 ton) kestane yetiştirilen başlıca ilçelerdir. İzmir (23318 ton) ilinde ise Ödemiş (15501 ton), Beydağ (3396 ton), Tire (2221 ton), Kiraz (1606 ton) ve Bayındır (391 ton) ilçeleri ön sıralarda gelmektedir. Ödemiş ve Kiraz ilçeleri hem Bozdağlar hem de Aydın Dağları’ndaki arazileri ile dikkat çekmektedir. Manisa (2825 ton) iline bağlı Sarıgöl (1105 ton), Alaşehir (510 ton), Turgutlu (270 ton) ve Salihli (84 ton) ilçeleri de bu dağlık sahadaki diğer kestane üreten yerlerdir. Sahanın doğusunda Denizli iline bağlı Buldan (385 ton) bulunmaktadır (TÜİK, 2024; Şekil 2 ve 3).



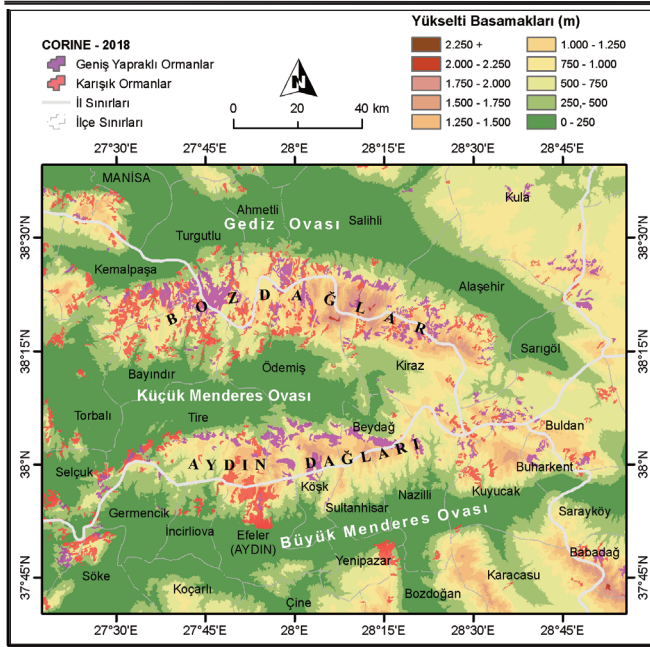
Şekil 1. *Castanea sativa* ağacının dağılışı ve basitleştirilmiş koroloji haritası (Conedera vd., 2016'dan değiştirilerek alınmıştır.).

Figure 1. Plot distribution and simplified chorology map for *Castanea sativa* (Modified after Conedera et al., 2016).



Şekil 2. Türkiye'de ilçelere göre kestane üretiminin (2024) dağılışı (orijinal). Türkiye'de 31 il ve 150 ilçede kestane üretimi yapılmaktadır. Üretimler ilçelere göre 1 ton ile 15501 ton arasında değişmektedir.

Figure 2. Distribution of chestnut production by districts in Türkiye (2024) (original). Chestnut production is carried out in 31 provinces and 150 districts in Türkiye. Production by districts ranges between 1 ton and 15501 tons.



Şekil 3. Bozdağlar ve Aydın Dağları'nda kestane içermesi muhtemel ormanların dağılışı [EEA (European Environment Agency) tarafından üretilen CORINE (Coordination of Information on the Environment) 2018 verileri kullanılarak üretilmiştir (Orijinal)].

Figure 3. Distribution of forests likely to contain chestnuts in the Bozdağlar and Aydın Mountains [Produced using CORINE (Coordination of Information on the Environment) 2018 data generated by EEA (European Environment Agency), (Original)].

Türkiye'de kestane ile ilgili farklı bilimsel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları kestanenin dağılışını ve ekolojik koşullarını ele almıştır: Anadolu kestanesi yayılışı, silvikültürel özellikleri ve ekolojik istekleri (Tosun vd., 1999), Afyonkarahisar'da kestanenin dağılışı (Yılmaz, 2011), Bartın ve Sinop illerinde kestane ormanlarının dağılışı (Duran, 2016), Aydın ili Nazilli ilçesi, Aksu köyü ve yakın çevresindeki kestane toplulukları (Sönmez vd., 2016; Aktaş, 2019), Afyonkarahisar ili Sandıklı ili Karacaören köyündeki kestane topluluklarının ekolojisi (Öztek, 2021) bu çalışmalara örnek verilebilir.

İklim değişikliği ve *Castanea sativa* ilişkisi üzerine de dünyada ve Türkiye'de ciddi çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmanın bulguları ve sonuçları ile en çok benzeşen araştırma "Türkiye'de iklim değişikliğine bağlı olarak kestanenin potansiyel ve gelecekteki yayılış alanlarının maksimum entropi modeli kullanılarak tahmini" başlıklı çalışmadır (Sarıkaya & Örcü, 2019). Usta ve Yılmaz, iklim değişikliği altında Anadolu kestane ormanlarının mekânsal-zamansal değişimi, Kuzeydoğu Türkiye (Usta & Yılmaz, 2020) başlıklı bir çalışma yayınlamıştır. Ayrıca iklim değişikliğinin kestane ağaçları üzerindeki etkisi (Freitas vd., 2021), kestane küresel değişim bağlamında geleceğe ne kadar hazır? (Conedera vd., 2021), Türkiye'de kestanenin güncel ve gelecekteki dağılışının modellenmesi (Atalay Dutucu, 2023), iklim değişiminin kestanenin konumsal dağılımı üzerindeki etkilerinin Trabzon orman bölge müdürlüğü sınırları dikkate alınarak incelenmesi (Cedano Giraldo & Küçüker, 2023), iklim değişikliğinin Anadolu kestanesinin önümüzdeki yüzyılda Türkiye'deki potansiyel dağılımına etkisi (Çobanoğlu vd., 2023), küresel iklim değişikliği nedeniyle Kastamonu'daki kestane yayılış alanlarının potansiyel değişimi (Ertürk & Arıca, 2024), kestanenin gelecekteki uygunluğu kuraklığa duyarlılıkla sınırlıdır (Weise vd., 2025) gibi farklı çalışmalar mevcuttur. Türkiye dışındaki ülkelerde de Güney Kafkasya (Beridze vd., 2023) ve İber Yarımadası,

İspanya (Álvarez-Álvarez vd., 2025) da olduğu gibi benzer çalışmalar yayınlanmıştır.

Bu çalışmada maksimum entropi algoritmasına dayanan ve yalnızca ilgili türün varlık (mevcudiyet) kayıtları ile çalışan MaxEnt yazılımı tercih edilmiştir. Bu yazılım tür dağılımı modelleme çalışmalarında yaygın olarak kabul gören bir yöntemdir. Orta düzeyde sera gazı emisyonlarını temsil eden RCP4.5 senaryosu ılımlı, yüksek emisyon seviyelerini öngören RCP8.5 senaryosu ise kötümser senaryo olarak değerlendirilmiştir. Bu senaryolar çerçevesinde, 2050 ve 2070 projeksiyon dönemlerine ait biyoiklim değişkenleri analiz edilmiştir. Tüm haritalamalar ArcMap programında yapılmıştır. Literatürde Anadolu Kestanesi türünün daha çok Türkiye ölçeğinde incelendiği ve yapılan modelleme çalışmalarında genellikle geniş bir perspektifle ele alındığı görülmüştür (Sarıkaya ve Örcü, 2019; Çobanoğlu vd., 2023). Hatta bazı çalışmalarda ise türün Batı Anadolu'daki önemli yayılış alanlarından biri olan Bozdağlar ve Aydın Dağları'na ilişkin herhangi bir dağılım bilgisine yer verilmediği dikkat çekmektedir (Atalay Dutucu, 2023). Oysa araştırmaya konu olan saha Türkiye'deki kestane üretiminin kabaca 2/3'ünü karşılamaktadır. Ayrıca inceleme alanı kestanenin Türkiye'deki en güney yetiştirme sınırında bulunmaktadır. Bu vesile ile araştırma sahası, küresel ısınma kaynaklı iklim değişimlerinden en önce etkilenecek sahalardan birine karşılık gelmektedir. Bu çalışma, Türkiye'de en çok kestane üretiminin yapıldığı, kırılğan bir ekosisteme sahip olduğu düşünülen sahayı ele alması açısından önem taşımakta ve mevcut çalışmalardan ayrılmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, kestane yetiştiriciliğinin günümüzdeki potansiyel ve gelecekteki olası dağılımı MaxEnt versiyon 3.4.4 yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Maksimum entropi algoritmasına dayanan ve yalnızca ilgili türün varlık (mevcudiyet) kayıtları ile çalışan MaxEnt (Phillips vd., 2006), tür dağılımı modelleme çalışmalarında yaygın olarak kabul gören bir yöntemdir (Elith vd., 2011; Merow vd., 2013). Yetiştiriciliğin hem zamansal hem de mekânsal dağılımını belirlemek amacıyla kullanılan 146 varlık kaydı, Küresel Biyoçeşitlilik Bilgi Tesisi (Global Biodiversity Information Facility, GBIF) veri tabanından (GBIF, 2025) ve arazi gözlemleri sırasında alınan GPS kayıtlarından elde edilmiştir.

Günümüzdeki potansiyel yetiştiricilik alanlarını belirlemek amacıyla, WorldClim veri tabanında yayımlanan ve WorldClim versiyon 1.4 kapsamında sunulan 30 saniye mekânsal çözünürlüğe sahip (~1 km²) 1960-1990 referans periyotuna ait 19 biyoiklimsel değişken kullanılmıştır (WorldClim, 2025). Sıcaklık ve yağış parametrelerinden türetilen bu değişkenler (Tablo 1), türlerin coğrafi yayılışlarını etkileyebilecek iklimsel faktörlere karşılık gelmektedir (Özdel vd., 2024). Gelecekteki olası yayılış alanlarını belirlemek için ise yine WorldClim veri tabanında yer alan ve 30 saniye mekânsal çözünürlüğe sahip CCSM4 (Community Climate System Model 4) küresel dolaşım modeli (Gent vd., 2011) kullanılmıştır. Bu model kapsamında, iki farklı Temsili Konsantrasyon Rotası (RCP) ve iki ayrı projeksiyon dönemi dikkate alınarak modeller oluşturulmuştur. Orta düzeyde sera gazı emisyonlarını temsil eden RCP4.5 senaryosu ılımlı, yüksek emisyon seviyelerini öngören RCP8.5 senaryosu ise kötümser senaryo olarak değerlendirilmiştir. Bu senaryolar çerçevesinde, 2050 (2041-2060) ve 2070 (2061-2080) projeksiyon dönemlerine ait biyoiklim değişkenleri analiz edilmiştir.

Tablo 1. Biyoiklimsel değişkenler.***Table 1.** Bioclimatic variables.

Değişken Kodu	Açıklama	Değişken Kodu	Açıklama
Bio1	Yıllık ortalama sıcaklık	Bio11	En soğuk 3 ayın* ortalama sıcaklığı
Bio2	Günlük ortalama değişim aralığı	Bio12	Yıllık yağış miktarı
Bio3	İsotermallik	Bio13	En nemli ayın yağış miktarı
Bio4	Sıcaklığın mevsimselliği	Bio14	En kurak ayın yağış miktarı
Bio5	En sıcak ayın en yüksek sıcaklığı	Bio15	Yağışın mevsimselliği
Bio6	En soğuk ayın en düşük sıcaklığı	Bio16	En nemli 3 ayın* yağış miktarı
Bio7	Yıllık sıcaklık değişim aralığı	Bio17	En kurak 3 ayın* yağış miktarı
Bio8	En nemli 3 ayın* ortalama sıcaklığı	Bio18	En sıcak ayın* yağış miktarı
Bio9	En kurak 3 ayın* ortalama sıcaklığı	Bio19	En soğuk 3 ayın* yağış miktarı
Bio10	En sıcak 3 ayın* ortalama sıcaklığı * Birbirini takip eden 3 ay		

*Kaynak: <https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>

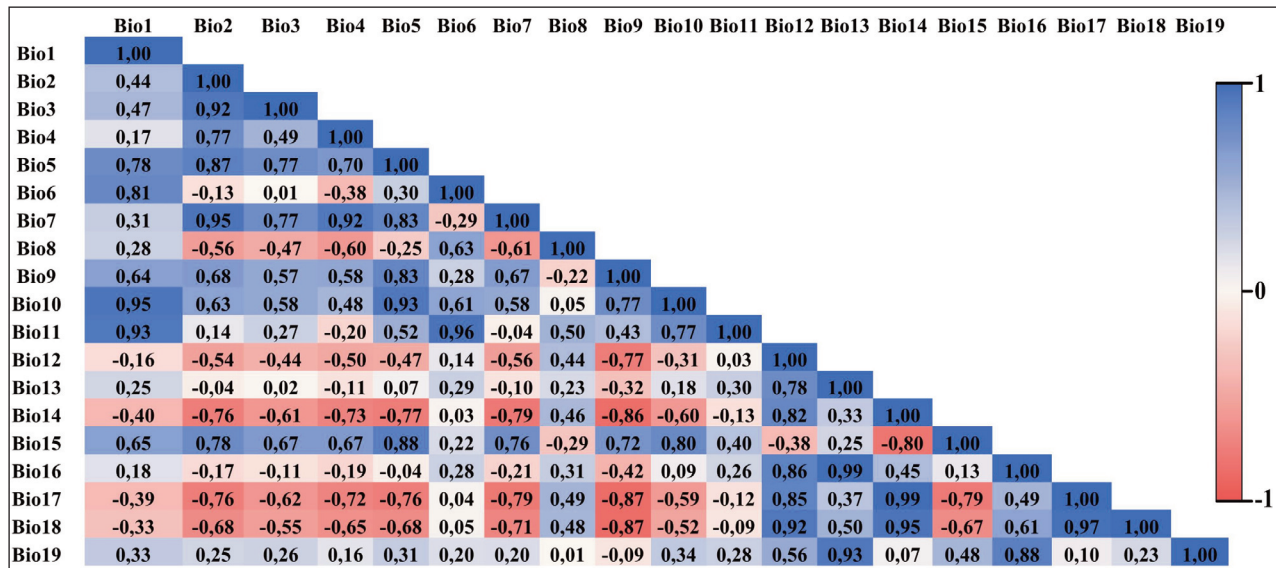
Modelleme aşamasına geçmeden önce, biyoiklim değişkenleri arasındaki çoklu bağlantı (multicollinearity) sorununu önlemek ve modelin öngörü gücünü artırmak amacıyla değişkenlere Pearson Korelasyon analizi uygulanmıştır (Zhao vd., 2021). Bu analiz sonucunda, korelasyon katsayısı $\pm 0,85$ veya daha yüksek olan değişkenler modelleme sürecinden çıkarılmıştır (Koç vd., 2021). Günümüz koşullarına yönelik oluşturulan model, %90 eğitim ve %10 test verisi kullanılarak, 10 tekrarlı Cross-Validation yöntemi ve Cloglog dönüşümü ile oluşturulmuştur (Phillips vd., 2017). Elde edilen modellerin ortalama modeli çalışmada kullanılmıştır. Modelin performansı, ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrisi altında kalan AUC (Area Under the Curve) değeri ile ölçülmüştür. AUC, 1 ile 0 arasında değişmektedir ve değerin 1'e yaklaşması modelin yüksek performanslı ve tanımlayıcı olduğunu göstermektedir (Phillips vd., 2008). Kullanılan değişkenlerin modele sağladıkları katkıların belirlenmesi amacıyla çalışmada Jackknife Testi kullanılmıştır (Yang vd., 2013; Ali vd., 2023). Oluşturulan günümüz ve projeksiyon modelleri ArcMap kullanılarak, kestanenin üretim istatistikleri ve arazi gözlemleri dikkate alınarak 4 sınıfa ayrılarak (0-0,25; Uygun Değil, 0,25-0,50; Çok Az Uygun, 0,50-0,75; Uygun, 0,75-1; Çok Uygun) haritalanmıştır.

Verilerin güvenilirliğini arttırmak ve sağlıklı sonuçlar elde etmek adına haritalama işlemleri tüm Türkiye için yapılmış, sonrasında inceleme alanına indirgenmiştir. Yani modelleme Türkiye ölçeğinde gerçekleştirilmiş ve ardından çalışma alanı ve çevresine uyarlanarak haritalanmıştır. Dolayısıyla, çalışma alanı özelinde elde edilen potansiyel dağılım haritaları, Türkiye genelindeki benzer iklimsel koşulları da hesaba katan bir model çıktısıdır.

3. Bulgular

Pearson Korelasyon Analizi sonucunda, modelleme sürecinde Bio1, Bio2, Bio4, Bio6, Bio8, Bio9, Bio12 ve Bio13 değişkenlerinin kullanılması uygun bulunmuş, diğer değişkenler ise süreçten çıkarılmıştır (Şekil 4).

Sekiz biyoiklim değişkeniyle oluşturulan modelin ortalama test AUC değerinin 0,940 olduğu belirlenmiştir. Bu yüksek AUC değeri, modelin oldukça başarılı bir performans sergilediğini ve rastgele tahminden daha iyi olduğunu göstermiştir (Şekil 5a). 10 tekrarlı olarak uygulanan Jackknife testi sonucuna göre, tek başına kullanıldığı zaman biyoiklim değişkenleri arasında en

**Şekil 4.** Pearson korelasyon analizi sonuçları.**Figure 4.** Pearson correlation analysis results.

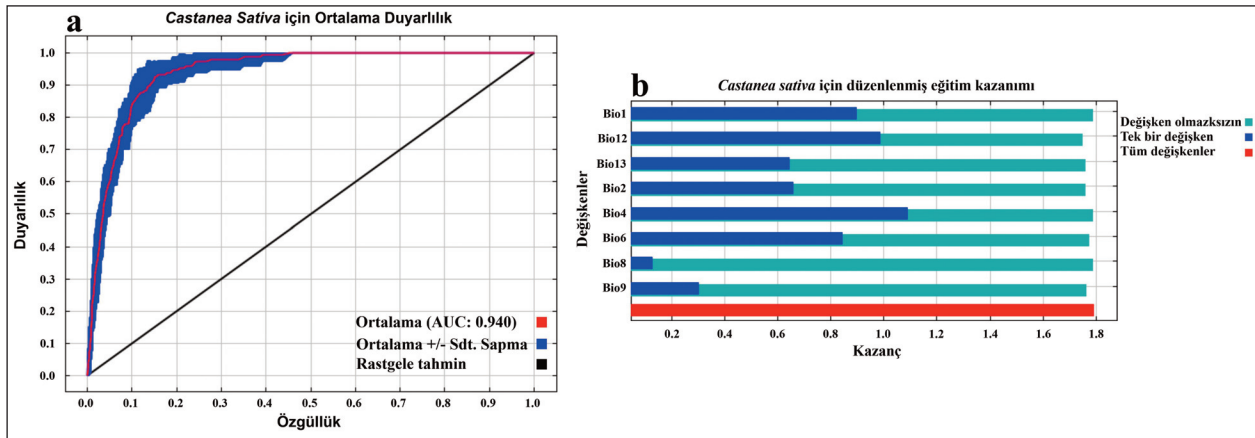
yüksek kazanımı sağlayan değişkenin Bio4 olduğu belirlenmiştir. Bu durum, Bio4 değişkeninin tek başına en fazla bilgi içeren değişken olduğunu göstermektedir. Öte yandan, modelden çıkarıldığında kazanımda en büyük azalmaya neden olan değişkenin Bio12 olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, Bio12'nin diğer değişkenler tarafından açıklanmayan en fazla bilgiye sahip olduğunu ve modelin açıklayıcılığı açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 5b). Diğer yandan tüm değişkenlerin aynı anda kullanılması durumunda oluşturulan modele en fazla katkırı sağlayan değişkenlerin sırasıyla; Bio4 (%44,5), Bio12 (%18,8), Bio1 (%11,6), Bio6 (%11), Bio13 (%10,1), Bio9 (%1,8), Bio2 (%1,6) ve Bio8 (%0,6) olduğu belirlenmiştir.

Yüksek tahmin gücüne sahip olan MaxEnt modeline göre, günümüzde özellikle Aydın, İzmir, Manisa ve Muğla illerini kapsayan alanların yüksek uygunluk gösteren alanlar olduğu belirlenmiştir (Şekil 6). Çok az uygun sınıflı alanlar ise daha çok Batı Anadolu'nun iç kesimlerinde yayılış göstermektedir. Günümüzde potansiyel olarak tahmin edilen uygunluk sınıfları mevcut üretim istatistikleri ile de büyük ölçüde örtüşmektedir. Ege Bölgesi'nde üretimin yoğun bir şekilde yapıldığı alanlara odaklanarak oluşturulan inceleme alanın yaklaşık %8'inin çok uygun, %14'ünün uygun, %15'inin çok az uygun ve %63'ünün ise

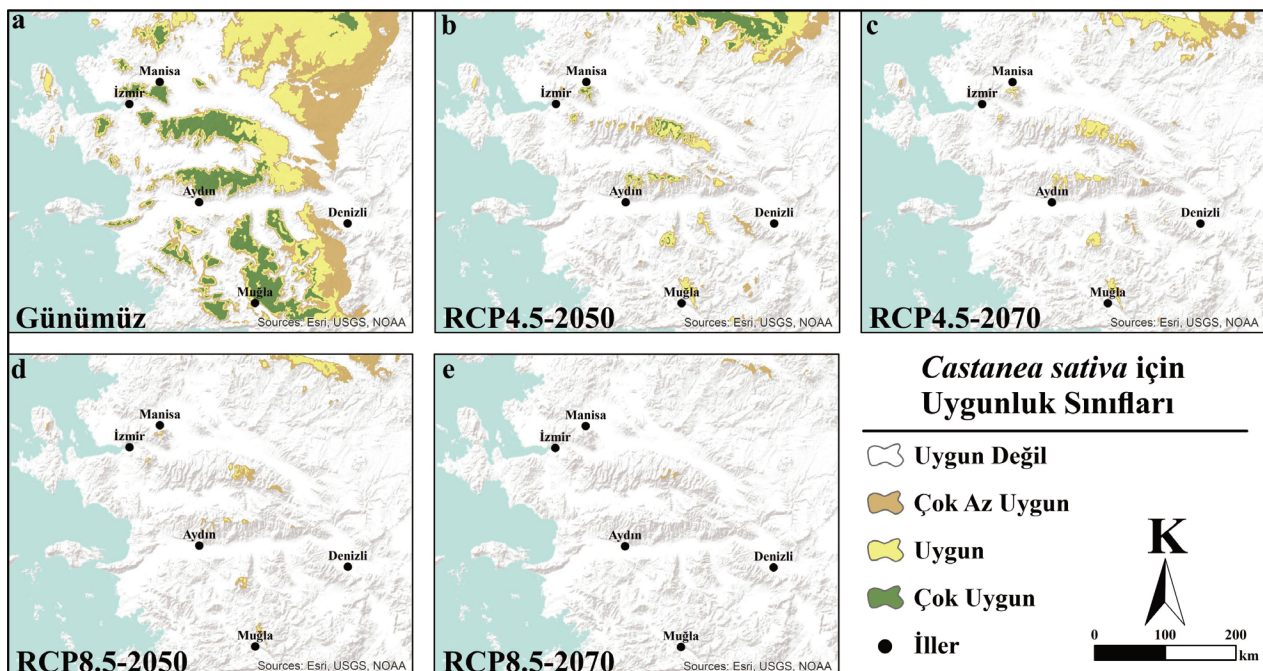
uygun olmadığı belirlenmiştir (Tablo 2).

Geleceğe yönelik projeksiyonlar, iklim değişikliğinin kestane yetiştiriciliği için uygun alanları önemli ölçüde daraltacağını, hatta gerekli önlemlerin alınmaması veya uyum stratejilerinin yetersiz kalması durumunda da tamamen ortadan kaldırılabileceğini göstermektedir. Orta-iyimser senaryo (RCP4.5) kapsamında 2050 ve 2070 projeksiyonları, yüksek uygunluk gösteren sahaların büyük ölçüde ortadan kalkacağını ve yalnızca bazı alanlarda parçalı olarak varlığını sürdürebileceğini tahmin etmektedir (Şekil 6b, 6c). 2050 yılı itibarıyla, uygun olmayan alanların oranının %92'ye çıkacağı, çok az uygun ve uygun alanların %3'e, çok uygun alanların ise %2'ye gerileyebileceği öngörülmektedir. 2070 yılı için uygun olmayan alanların %95, çok az uygun ve uygun alanların %2 seviyelerinde olabileceği tahmin edilmektedir (Tablo 2).

Kötümser senaryo (RCP8.5) projeksiyonları, kestane için uygun alanların 2050 ve 2070 dönemlerinde neredeyse tamamen yok olacağını ortaya koymaktadır (Şekil 6d, 6e). Bu senaryoya göre, 2050 ve 2070 yıllarında uygun olmayan alanların %97'nin üzerine çıkabileceği öngörülmektedir (Tablo 2).



Şekil 5a/5b. Oluşturulan modelin ortalama test AUC değeri (a) ve Jackknife Testi (b) sonuçları.
Figure 5a/5b. Average test AUC value (a) and Jackknife Test (b) results of the created model.



Şekil 6a/6b/6c/6d/6e. Kestane tarımı yapılan alanlar için günümüzdeki potansiyel (a) ve gelecekteki olası (b, c, d, e) uygunluk sınıfları.
Figure 6a/6b/6c/6d/6e. Current potential (a) and possible future (b, c, d, e) suitability classes for chestnut farming areas.

Tablo 2. İnceleme alanında kestane tarımı için günümüzdeki ve gelecekteki potansiyel dağılış alanları.**Table 2.** Current and future potential distribution areas for chestnut cultivation in study area.

Uygunluk Sınıfları	Günümüz		RCP4.5-2050		RCP4.5-2070		RCP8.5-2050		RCP8.5-2070	
	Alan (km ²)	%	Alan (km ²)	%	Alan (km ²)	%	Alan (km ²)	%	Alan (km ²)	%
Uygun Değil	31.331	62.9	45.771	91.9	47.514	95.4	48.709	97.8	49.676	99.7
Çok Az Uygun	7.455	15	1.525	3.1	1.080	2.2	800	1.6	150	0.3
Uygun	6.791	13.6	1.508	3	1.200	2.4	320	0.6	3	0
Çok Uygun	4.252	8.5	1.025	2.1	35	0.1	0	0	0	0
Toplam	49.829	100	49.829	100	49.829	100	49.829	100	49.829	100

4. Sonuç ve Tartışma

Model sonuçları, Ege Bölgesi'nde kestane (*Castanea sativa*) yetiştiriciliğinin iklim değişikliğine karşı son derece kırılgan olduğunu göstermektedir. Düşük emisyon senaryosu (RCP4.5), yüksek emisyon senaryosuna (RCP8.5) kıyasla nispeten daha az habitat kaybı öngörse de uzun vadede her iki senaryoda da uygun yetiştirme alanlarının büyük ölçüde azalacağı öngörülmektedir. Günümüz verilerine göre, kestanenin bölgedeki potansiyel dağılışı ağırlıklı olarak 1000 m'nin üzerindeki rakımlarda yoğunlaşmaktadır. Ancak, gelecek iklim modellerinin öngördüğü koşulların gerçekleşmesi durumunda, bu yüksek rakımlı alanlar dahi büyük bir risk altına girecektir. Ege Bölgesi'nde 1000 m'yi aşan geniş alanların sınırlı olması, kestanenin artan sıcaklıklardan ve azalan yağış rejimlerinden kaçış kapasitesini önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Bu nedenle yüksek rakımlı alanlara kaydırılamayan plantasyon sahaları bölge için sürdürülebilir olmayabilir. Kısa vadede (2050), kestane daha yüksek rakımlara doğru göç edebilir ve bu alanlarda hayatta kalabilir. Ancak uzun vadede (2070) yüksek rakımlardaki sınırlı alanlar bile uygunluklarını kaybedebilir ve kestanenin bölgedeki varlığı büyük ölçüde sona erebilir. Her ne kadar kestane bölgede doğal yayılış gösterme de kültürel işlemlerle oluşturulan plantasyon alanlarında üretimin devamlılığı, uygulanacak adaptasyon ve yönetim stratejilerine bağlı olacaktır. Su yönetimi, hastalık ve zararlılarla mücadele, gölge sağlayıcı ağaçlarla yapılan uygulamalar, daha sıcak ve kurak koşullara dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi gibi stratejiler, bölgedeki kestane üretiminin geleceğini belirlemede kritik bir rol oynayacaktır.

Bio4 ve Bio12, Türkiye'de kestane yetiştiriciliğinin yapıldığı alanların dağılımında en etkili değişkenlerdir. Bio4'ün yüksek katkı sağlaması, kestanenin sıcaklık dalgalanmalarına karşı duyarlı olduğunu göstermektedir. Aşırı sıcaklık değişimleri, don olayları ve yaz aylarındaki aşırı sıcaklıklar, genellikle nemli ve ılıman iklimlerde iyi gelişim gösteren kestanenin yayılımını sınırlandırmaktadır. Öte yandan, kestane yıllık 700-1500 mm arası yağış alan bölgelerde sağlıklı gelişim gösterirken kurak koşullara karşı oldukça hassastır. Bu nedenle, Bio12'nin yüksek katkı göstermesi, yağış miktarının kestanenin yetiştirme alanlarını belirlemede kritik bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Yıllık yağış miktarı Ege Bölgesi'nin kıyı ovaları ve alçak kesimleri için genellikle yetersiz kalmaktadır. Buna karşılık, bölgenin iç ve yüksek kesimleri gibi orografik yağışların etkisinde kalan alanları, daha yüksek yağış miktarına sahip olduğu için kestane yetiştiriciliği için daha optimal ekolojik koşullar sunmaktadır. Kestane yayılışıyla ilgili yapılan modelleme çalışmaları da benzer sonuçlar ortaya koymaktadır. Örneğin, Sarıkaya ve Örcü (2019), Türkiye'de kestanenin dağılımında en yüksek katkıyı sağlayan değişkenlerin Bio4 ve Bio12 olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde,

Atalay Dutucu (2023), Bio4'ün oluşturulan modelde en yüksek katkı sağlayan değişkenlerden biri olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, kestanenin sıcaklık dalgalanmalarına duyarlılığı ve yıllık yağış miktarına bağımlılığı nedeniyle belirli ekolojik bölgelerle sınırlı dağılım gösterdiğini desteklemektedir.

Çalışmanın bulguları, inceleme alanındaki kestane yetiştiriciliği yapılan alanların, gelecek projeksiyonlarında öngörülen iklim koşullarının gerçekleşmesi ve gerekli önlemlerin alınmaması durumunda önemli ölçüde azalacağını, daha yüksek emisyon senaryolarında ise türün tamamen ortadan kaybolabileceğini ortaya koymaktadır. Türkiye ölçeğinde yapılan çalışmalarda da bu bulgulara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, Sarıkaya ve Örcü (2019), RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre 2050 ve 2070 yıllarında Ege Bölgesi'nde kestanenin neredeyse tamamen ortadan kalkabileceğini öngörmüştür. Çobanoğlu vd. (2023), SSP senaryolarına dayanarak Türkiye'deki kestane yayılımının giderek azalacağını ve yüzyılın sonuna doğru türün tamamen ortadan kalkabileceğini belirtmiştir. Atalay Dutucu (2023) ise kestane için Türkiye'de uygun yayılış alanlarının zamanla azalabileceğine dikkat çekmiştir. Cedano Giraldo ve Mumcu Küçüker (2023), Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarında kestane yayılışı için uygun alanların, en düşük emisyon senaryosunda (SSP1-2.6) dahi azalabileceğini, yüksek emisyon senaryolarında ise kayıpların oldukça yüksek olabileceğini vurgulamıştır. Ertürk ve Arıcak (2024), Kastamonu'daki kestane alanlarının SSP senaryolarına göre azalabileceğini ifade etmiştir. Bu bulgular, iklim değişikliği ve yüksek emisyon senaryolarının kestane yayılışı üzerinde olumsuz etkiler bırakabileceğini ve türün gelecekteki dağılımını tehdit edebileceğini göstermektedir.

Bu kapsamda küresel iklim değişikliklerinden kaynaklanan habitat kaymaları ve buna bağlı olarak ürünlerin yatay ve dikey dağılış alanlarının değişmesi önemli bir sorun olarak dikkate alınmalıdır. Karar makamlarının ve kestane üreticilerinin küresel ısınma kaynaklı değişikliklere hazırlıklı olması ve adaptasyon sağlaması amacıyla eğitimler verilmesi önerilmektedir.

Çıkar Çatışması/Conflict of interest: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder. *The authors declare that there is no conflict of interest.*

Yazar Katkıları/ Author contributions: AS; çalışmayı tasarladı, son kontrolü yaptı. MMÖ; model verilerini elde etti, modelleri oluşturdu ve ilgili taslak metni yazdı. İC; çalışmayı tasarladı, haritaları oluşturdu, taslak metni yazdı ve son kontrolü yaptı. MD; verileri elde etti, literatür taramasını ve son kontrolü yaptı. Ça-

İşmanın tüm yazarları sonuçları tartışmış ve makale hakkında yorumlarda bulunmuştur. AS; designed the study and did the final check. MMÖ; obtained the model data, created the models, and wrote the relevant draft text. İC; designed the study, created the maps, wrote the draft text, and did the final check. MD; obtained the data, did the literature search, and did the final check. All authors discussed the results and commented on the manuscript.

Etik Kurulu Onayı/ Ethics Committee Approval: Bu çalışma için Etik Kurul Onay Belgesi gerekmemektedir. *Ethics Committee Approval is not required for this study.*

Katkı Belirtme ve Teşekkür/Acknowledgements: Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen 2017 / 037 numaralı projenin çıktılarından faydalanılarak üretilmiştir. *This study was produced by utilizing the outputs of the project numbered 2017 / 037 supported by Balıkesir University, Scientific Research Projects Unit.*

Kaynakça

- Aktaş, G. (2019). *Aydın ili Nazilli ilçesi Oyukbaba Dağı'ndaki kestane (castanea sativa) topluluklarının ekolojisi ve ekonomik önemi* (Tez No. 545273) [Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Ali, S., Makanda, T. A., Umair, M., & Ni, J. (2023). MaxEnt model strategies to studying current and future potential land suitability dynamics of wheat, soybean and rice cultivation under climatic change scenarios in East Asia. *Plos one*, 18(12), 1-24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296182>
- Álvarez-Álvarez, P., Aviñoa-Arias, A., Díaz-Varela, E., López-Bao, J. V. & Pérez-Girón, J. C. (2025). Impact of climate change over distribution and potential range of chestnut in the Iberian Peninsula. *Front. For. Glob. Change*, 8, 1-14. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2025.1561027>
- Atalay, Dutucu, A. (2023). Anadolu Kestanesi'nin (*Castanea sativa*) Anadolu'daki günümüz ve gelecek (2100) olası dağılışının modellenmesi. *Journal of Human Sciences*, 20(4), 446-460. <https://doi.org/10.14687/jhs.v20i4.6405>
- Atalay, İ. (1994). *Türkiye vejetasyon coğrafyası*, Ege Üniversitesi Basımevi.
- Atalay, İ. (2008). *Ekosistem ekolojisi ve coğrafyası*, Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Atasoy, E. & Altıngöz, Y. (2011). Dünya ve Türkiye'de kestanenin önemi ve üretimi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, 1(22), 1-13.
- Beridze, B., Sekiewicz, K., Walas, L., Thomas, P. A., Danelia, I., Fazaliyev, V., Kvartskhava, G., Sos, J., & Dering, M. (2023). Biodiversity protection against anthropogenic climate change: Conservation prioritization of *Castanea sativa* in the South Caucasus based on genetic and ecological metrics. *Ecology and Evolution*, 13(5), 1-19. <https://doi.org/10.1002/ece3.10068>
- Cedano Giraldo, D., & Mumcu Küçükler, D. (2023). Assessing climate change impacts on the spatial distribution of *Castanea sativa* Mill. using ecological niche modeling. *Anatolian Journal of Forest Research*, 9(2), 170-177. <https://doi.org/10.53516/ajfr.1374398>
- Conedera, M., Tinner, W., Krebs, P., de Rigo, D., & Caudullo, G. (2016). *Castanea sativa* in Europe: Distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species* (pp. 78-79). Publication Office of the European Union.
- Conedera, M., Krebs, P., Gehring, E., Wunder, J., Hülsmann, L., Abegg, M., & Maringer, J. (2021). How future-proof is Sweet chestnut (*Castanea sativa*) in a global change context? *Forest Ecology and Management*, 494, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.11932>
- Çoban, H. O., Özücü, K., & Arslan, S. (2020). MaxEnt modeling for predicting the current and future potential geographical distribution of *Quercus libani* Olivier. *Sustainability*, 12(7), 1-17. <https://doi.org/10.3390/su12072671>
- Çobanoğlu, H., Cantürk, U., Koç, I., Kulaç, S., & Sevik, H. (2023). Climate change effect on potential distribution of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in the upcoming century in Türkiye. *Forestist*, 73(3), 247-256. <https://doi.org/10.5152/forestist.2023.22065>
- Davis, P. H. (1965). *Flora of Turkey and East Aegean Islands*, Vol I, Edinburg.
- Duran, C. (2016). Bartın-Sinop illeri Arası (Türkiye'nin Kuzeyi) alandaki kestane (*Castanea sativa* Mill.) ormanlarının dağılışı, İçinde A. Özçağlar, N. Türkoğlu, R. Bayar, E. Yılmaz, O. Aydın, & K. Karabacak (Eds.) *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (ss.70-78). Ankara Üniversitesi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi.
- Efe, R., Soykan, A., Sönmez, S., & Cürebal, İ., (2010). *Edremit'in anıtsal ve korumaya değer ağaçları*. Edremit Belediyesi Kültür Yayınları.
- Efe, R., Soykan, A. Sönmez, S. & Cürebal, İ.; (2013). *Balıkesir'in ağaçları ve çalıları*. Balıkesir Belediyesi Kent Arşivi Yayınları No: 7, Akmat Akınoğlu Matbaacılık A.Ş.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43-57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Ertürk, N. & Arıcak, B. (2024). Potential change of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) distribution areas in Kastamonu due to global climate change, *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 22(01), 1180-1189. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.22.1.1216>
- European Environment Agency (2018). CORINE Land Cover 2018. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/corine-land-cover-2018>
- Freitas, T. R. Santos, J. A.; Silva, A. P., & Fraga, H. (2021) Influence of climate change on chestnut trees: A review. *Plants*, 10(7), 1-17. <https://doi.org/10.3390/plants10071463>
- GBIF (2025). GBIF occurrence download. <https://doi.org/10.15468/dl.44ky6a>
- Gent, P. R., Danabaşoğlu, G., Donner, L. J., Holland, M. M., Hunke, E. C., Jayne, S. R., Lawrence, D. M., Neale, R. B., Rasch, P. J., Vertenstein, M., Worley, P. H, Yang, Z. L., & Zhang, M. (2011). The community climate system model version 4. *Journal of climate*, 24(19), 4973-4991. <https://doi.org/10.1175/2011JCLI4083.1>
- Günal, N. (1986). *Gediz-Büyükmenderes arasındaki sahanın bitki coğrafyası* [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. İstanbul Üniversitesi.
- Günal, N. (1987). Gediz-Büyükmenderes arasındaki sahanın bitki örtüsü özellikleri, *Bülten, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü*, (4), 93-104.

- Günel, N. (1991). Aydın dağlarında bitki örtüsü gözlemleri ve iki profil, *Bülten, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, (8), 85-93.
- Günel, N. (1997). Türkiye’de başlıca ağaç türlerinin coğrafi yayılışları, ekolojik ve floristik özellikleri, Çantay Kitabevi.
- Koç, D. E., Biltekin, D., & Ustaoglu, B. (2021). Modelling potential distribution of *Carpinus betulus* in Anatolia and its surroundings from the Last Glacial Maximum to the future. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(12), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07444-1>
- Macit, İ. (2024). *Kestane Yetiştiriciliği*, TAGEM - Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Bölümü, BÜBS Bölge Grup Toplantısı, 29/05/2024, Sinop.
- Merow, C., Smith, M. J., & Silander Jr, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species’ distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058-1069. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- Özdel, M. M., Ustaoglu, B., & Cürebal, İ. (2024). İklim değişikliğine bağlı olarak zeytinin (*Olea europaea* L.) Türkiye’de gelecekteki dağılımının modellenmesi ve uyum stratejileri üzerine bir inceleme. *Türk Coğrafya Dergisi*, (86), 105-120. <https://doi.org/10.17211/tcd.1524269>
- Öztekin, Y. (2021). *Karacaören köyü (Afyonkarahisar-Sandıklı) ve yakın çevresinde yetişen kestane (Castanea sativa) topluluklarının ekolojisi* (Tez No. 690024) [Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. (2017). Opening the black box: An open-source release of Maxent. *Ecography*, 40(7), 887-893. <https://doi.org/10.1111/ecog.03049>
- Saatçioğlu, F. (1976). *Silvikültür I. Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları.
- Sarıkaya, A. G., & Örucü, Ö. K. (2019). Prediction of potential and future distribution areas of Anatolian chesnut (*Castanea sativa* Mill.) by using maximum entropy (Maxent) modeling depending on climate change in Turkey. *International Journal of Ecosystems & Ecology Sciences*, 9(4), 699-708. <https://doi.org/10.31407/ijeec94>
- Soylu, A. (1984). *Kestane Yetiştiriciliği ve Özellikleri*. Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü.
- Soylu, A. (2004). *Kestane Yetiştiriciliği ve Özellikleri* (Genişletilmiş II. Baskı). HASAD Yayıncılık Ltd. Şti.
- Sönmez, S., Soykan A., & Aktaş G. (2016). The Ecology and Economic Value of Chestnut (*Castanea sativa* Miller) Communities in Aksu Village (Aydın – Nazilli) / Aydın-Nazilli Aksu Köyü Yakınlarındaki Kestane (*Castanea sativa* Miller) Topluluklarının Ekolojisi ve Ekonomik Değeri. In R. Efe, İ. Cürebal, & L. Lévai (Eds.), *GEOMED 2016 4th International Geography Symposium* (pp.200-2016). Geomed.
- Tosun, S., Karadağ, M., Özpaz, Z., & Coşgun, S. (1999). *Anadolu kestanesi (Castanea sativa Mill.) yayılışı, silvikültürel özellikleri ve ekolojik istekleri, botanik özellikleri ve ıslah çalışmaları*. T.C. Orman Bakanlığı Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Araştırma Dergisi, (Orman Bakanlığı Yayın No: 069, Müdürlük Yayın No: 09), 43-64.
- Turna, İ., Atar, F., & Atar, E. (2014). Important of chesnut (*Castanea sativa* Mill.) as non-wood forest products in forestry of Turkey. *3rd International Non-wood Forest Products Symposium* (ss. 958-967), Kahramanmaraş Üniversitesi.
- TÜİK (2024, Mart 22). Kestane Üretim istatistikleri. <https://bi-runi.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Usta, A. & Yılmaz, M. (2020). Spatio-temporal change of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) forests under climate change, Northeastern Turkey. *Environmental Engineering and Management Journal*, 19 (7), 1167-1179.
- Villar-García, J. R., Vidal-López, P., Rodríguez-Robles, D., & Moya Ignacio, M. (2022). Friction coefficients of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) sawn timber for numerical simulation of timber joints. *Forests*, 13(7), 1-17. <https://doi.org/10.3390/f13071078>
- Weise, K., Maaten-Theunissen, M., Seitz, G., Keller, T., & Maaten, E. (2025). Future suitability of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) is limited by susceptibility to drought. *Dendrochronologia*, 90, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2025.126299>
- WorldClim (2025, Haziran 28). WorldClim 1.4. <https://www.worldclim.org/data/v1.4/worldclim14.html>
- Yang, X. Q., Kushwaha, S. P., Saran, S., Xu, J., & Roy, P. S. (2013). Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. *Ecological engineering*, 51, 83-87. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.004>
- Yılmaz, F. K. (2011). *Castanea sativa*’nın (Kestane) Afyon’da yayılışı. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 145-150.
- Yılmaz, H. (2020). Fagaceae. İçinde Ü. Akkemik (Ed.) *Türkiye’nin Bütün Ağaçları ve Çalıları* (ss. 627-659). Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Zhao, Y., Deng, X., Xiang, W., Chen, L., & Ouyang, S. (2021). Predicting potential suitable habitats of Chinese fir under current and future climatic scenarios based on Maxent model. *Ecological Informatics*, 64, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101393>
- Zohary, M. (1973). *Geobotanical foundations of the Middle East* (Vols. 1-2). Gustav Fischer Verlag.