

GEÇ KUVATERNER İKLİM DEĞİŞİMLERİNİN *Quercus robur* L.'un (SAPLI MEŞE) COĞRAFİ DAĞILIMI ÜZERİNE ETKİSİ

THE EFFECT OF THE LATE QUATERNARY CLIMATE CHANGES ON THE GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF *Quercus robur* L. (PEDUNCULATE OAK)

ELİF DENİZ ÜLKER

DOÇ. DR. ÇAĞATAY TAVŞANOĞLU

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. UTKU PERKTAŞ

Eş Danışman

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Biyoloji Ana Bilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2015

Elif Deniz ÜLKER' in hazırladığı “Geç Kuvaterner İklim Değişimlerinin *Quercus robur* L.'un (Saplı Meşe) Coğrafi Dağılımı Üzerine Etkisi” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI' nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sadık ERİK

Başkan

Doç. Dr. Çağatay TAVŞANOĞLU

Danışman

Prof. Dr. Selim Sualp ÇAĞLAR

Üye

Doç. Dr. Can BİLGİN

Üye

Doç. Dr. Hakan GÜR

Üye

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof.Dr. Fatma SEVİN DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*“...Herkesin bir gideni vardır,
İçinden bir türlü uğurlayamadığı...”*

Anneannem’e...

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili esere bilimsel

normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,

- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

10/06/2015



ELİF DENİZ ÜLKER

ÖZET

GEÇ KUVATERNER İKLİM DEĞİŞİMLERİNİN *Quercus robur* L.'un (Saplı meşe) COĞRAFI DAĞILIMI ÜZERİNE ETKİSİ

ELİF DENİZ ÜLKER

Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanları: Doç. Dr. Çağatay TAVŞANOĞLU, Doç. Dr. Utku PERKTAŞ

Haziran 2015, 79 sayfa

Geç Kuvaterner dönemde gerçekleşen iklim değişimlerinin etkisiyle birbiri ardına gelen çok sayıda buzul ve buzullar arası dönem ortaya çıkmıştır. Bu dönemler, özellikle de son buzullar arası dönem ve son buzul maksimumu günümüz biyotasının şekillenmesinde etkili olmuştur. Kuzey yarımkürede buzul dönemler sırasında ılıman kuşak türleri dağılım alanlarını daraltarak, daha güney enlemlerdeki uygun iklim koşullarına sahip habitatlara - buzul sığınaklarına- çekilerek hayatta kalmaya çalışmışlardır. Türlerin değişen iklimsel koşullarına cevap olarak coğrafi dağılım alanlarını nasıl daraltıp genişlettikleri Ekolojik Niş Modeli yaklaşımıyla öngörülebilmektedir. Bu çalışmada bir ılıman kuşak bitki türü olan *Quercus robur* L.'un (saplı meşe) Geç Kuvaterner'deki son buzullar arası dönem (130.000 - 116.000 yıl önce), son buzul maksimumu (21.000 yıl önce) ve orta Holosen (6.000 yıl önce) dönemlerindeki potansiyel coğrafi dağılım alanları ekolojik niş modeli yaklaşımıyla öngörülmüştür. Hangi iklimsel değişkenlerin türün günümüzdeki ve geçmişteki coğrafi dağılımında daha çok etkili olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde *Q. robur*'un coğrafi dağılımının şekillenmesinde en sıcak çeyreğin ortalama sıcaklığı, mevsimsel sıcaklık, en kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı ve yıllık ortalama sıcaklık aralığı gibi sıcaklıkla ilişkili iklimsel değişkenlerin etkili olduğu tespit edilmiştir. Model çıktılarına göre, Anadolu'nun ılıman kuşak için önerilmiş olan önemli buzul sığınaklarına ek olarak son buzul maksimumunda *Q. robur* için bir buzul sığınağı olabileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Geç Kuvaterner, İklim değişimleri, Ekolojik Niş Modellemesi,
Quercus robur, Coğrafi dağılım

ABSTRACT

EFFECTS OF THE LATE QUATERNARY CLIMATE CHANGES ON THE GEOGRAPHIC DISTRIBUTION IN *Quercus robur* L. (PEDUNCULATE OAK)

Elif Deniz ÜLKER

Master, Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Çağatay TAVŞANOĞLU, Assoc. Prof. Dr. Utku

PERKTAŞ

June 2015, 79 pages

Late Quaternary has undergone several climate changes that caused many consecutive glacial and interglacial periods. The last interglacial period and the last glacial maximum were particularly important in shaping the biota of the present time. The glacial periods have mostly taken effect in the Northern Hemisphere where temperate species contracted their geographic distributions in which were restricted to glacial refugia with suitable climatic conditions. The expansion and contraction of species' distribution can be predicted by using Ecological Niche Modelling (ENM) approach. In this study, potential geographic distributions of *Quercus robur* L. (pedunculate oak), a temperate plant species, were predicted by using ecological niche modelling for the last interglacial period (130.000 - 116.000 years ago), the last glacial maximum (21.000 years ago), and mid-Holocene (6.000 years ago). It was also determined that which climatic variables were responsible for the current and past geographic distribution of the species. According to the results, mean temperature of the warmest quarter, temperature seasonality, mean temperature of the driest quarter and temperature annual range were the main determinants in shaping geographic distribution of *Q. robur*. Anatolia was suggested as a glacial refugium for *Q. robur* during the last glacial maximum, together with other refugia in the Mediterranean Basin for this species.

Key Words: Late Quaternary, Climate change, Ecological Niche Modelling, *Quercus robur*, Geographic distribution, oak

TEŞEKKÜR

Lisans eğitimim boyunca yürüttüğü çalışmalarda yer almama fırsat veren ve bu süre boyunca bana bilimsel anlamda geniş bir perspektif kazandıran, daha sonra yüksek lisans eğitimimde beni cesaretlendirerek bu alana yönlendiren değerli danışmanım Doç. Dr. Çağatay TAVŞANOĞLU'na,

Tez dönemim boyunca tecrübesi, özverisi ve sabrı ile bugün çalıştığım konu hakkında gelişmemi sağlayan ve bana akademik alanda yeni bir pencere açan değerli eş danışmanım Doç. Dr. Utku PERKTAŞ'a,

Modelleme aşamasında ve sonuçların elde edilmesinde dara düştüğüm her an yanına koştuğum, sakinlikle soruna el atan Eren ADA'ya,

Bu süre boyunca her konuda bana destek olan, arazilerde yalnız bırakmayıp tezimin düzenlenmesinde de büyük emeği geçen ve sürekli moralimi yüksek tutmamı sağlayan sevgili Berk BAŞAR'a

Benimle araziye gelmeyi kabul eden, tecrübeleri, hoş sohbetleri ve büyük yardımlarıyla kısa sürede hem verimli, hem de keyifli bir şekilde çalışmayı tamamladığımız sevgili Burak AKBABA, Baran YOĞURTÇUOĞLU, Burcu GÜMÜŞTEKİN ve Tolga SELÇUK'a,

Tüm yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan, tez aşamamda da psikolojik ve manevi desteklerini eksik etmeyen dostlarım Duygu Deniz KAZANCI, Gizem OĞUZ, İsmail BEKAR, Serhat ERTUĞRUL, Fatma Kübra ERBAY ile tüm YETA ve EBAL üyelerine,

Modelleme konusunda kafa karışıklığı yaşadığım anlarda yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Dr. Çağaçan KARACAOĞLU'na,

Sahip olduğu kaynaklardan faydalanmamı sağlayan ve tür hakkındaki bilgilerini paylaşan Uzm. Haşim ALTINÖZLÜ'ye,

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi lisan üstü eğitimimde de beni destekleyip, inandığım yolda ilerlemem için tüm olanaklarını sunan fedakâr ve çok değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel Bilgiler	4
1.1.1. Avrupa’da Son Buzul Maksimumu ve Sonrası	4
1.1.2. Anadolu’nun Yüksek Biyoçeşitliliği ve Geç Kuvaterner’deki Durumu	7
1.2. Kullanılacak yöntemin belirlenmesi.....	10
1.3. Ekolojik niş modeli yaklaşımı nedir?	11
1.3.1. Ekolojik Niş Modeli Yaklaşımı Olarak Maxent.....	14
2. YÖNTEM ve ANALİZLER.....	17
2.1. Tür Hakkında Genel Bilgi.....	17
2.2. Verilerin elde edilmesi ve hazırlanması.....	19
2.2.1. Çalışma alanı ve gözlem verileri	19
2.3. İklim verilerinin elde edilmesi	21
2.3.1. İklim Verilerinin Analizler İçin Hazırlanması.....	22
2.4. Ekolojik Niş Modellerinin oluşturulması	23
2.5. Analizler	24
3. SONUÇLAR.....	26
3.1. Son Buzullar Arası Dönem Dağılım Modeli	31
3.2. Son Buzul Maksimumu Dağılım Modeli.....	31
3.3. Orta Holosen Dönemi Dağılım Modelleri	32
3.4. Günümüz Dağılım Modeli.....	32
4. TARTIŞMA.....	37
KAYNAKÇA	48

EKLER	61
ÖZGEÇMİŞ.....	70

1. GİRİŞ

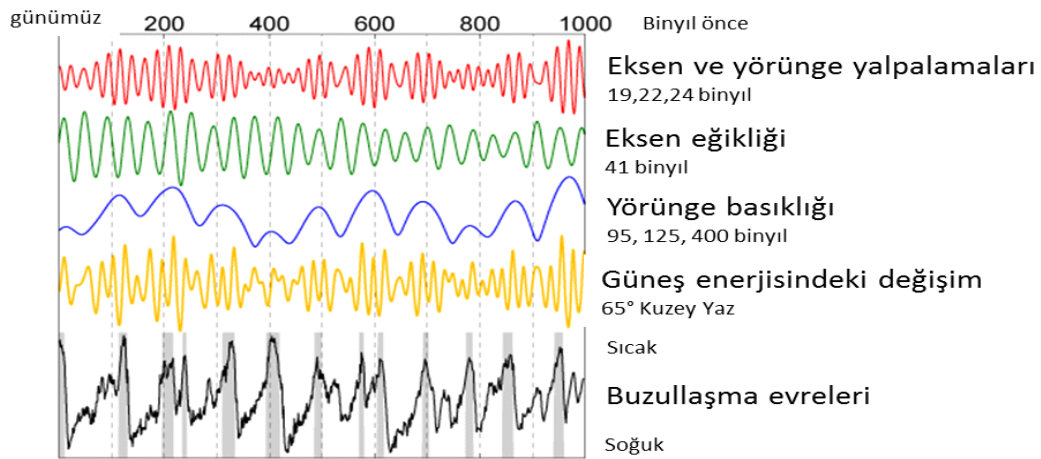
Günümüzde dünya üzerindeki canlı çeşitliliğinin sadece 2 milyonu bilimsel olarak literatüre girmiştir, fakat bu çeşitliliğin çok daha fazla olduğu ve karasal ekosistemlerdeki türlerin %86'sının, denizel ekosistemlerdeki türlerin ise %91'inin hala bilimsel olarak araştırılmayı ve tanımlanmayı beklediği düşünülmektedir (Mora et al., 2011). Türlerin küresel ölçekteki dağılımı çeşitli faktörlerle şekillenmektedir ve buna bağlı olarak her türün coğrafi dağılımı farklılık göstermektedir (Franklin, 2010). Türlerin dünya üzerindeki coğrafi dağılım örüntüleri ve bu örüntüleri etkileyen faktörlerin neler olduğu, hem tarihsel hem de günümüz için yapılan biyocoğrafi çalışmalarla anlaşılmaktadır. Canlıların coğrafi dağılımında gözlenen güncel değişiklikler çoğunlukla ekolojik biyocoğrafya altında incelenirken, canlıların coğrafi dağılım alanlarının tarihsel geçmişi ise evrimsel biyocoğrafya altında incelenmektedir (Efe, 2010). Bu çalışmalar doğrultusunda türlerin genel coğrafi dağılım örüntülerinin şekillenmesinde en önemli etkiye sahip etmenlerin dünya tarihi boyunca süregelen jeolojik olaylar ile iklimsel değişimler olduğu bilinmektedir (Demirsoy, 2008).

Canlılar her zaman bulunduğu habitatla karşılıklı ilişki halindedir (Brown, 1984). Türler kendi ihtiyaçları (hareket, beslenme gibi) doğrultusunda bulunduğu ortamı kullanırken, canlıların bulunduğu ekosistemdeki çeşitli çevresel etmenler de türün habitat içindeki yerini şekillendirmekte, korumakta ve sınırlandırmaktadır. Çevresel etmenler, tür içi ve türler arası rekabet, stres, dispersal kapasitesi ve fizyolojik değişimler gibi biyotik faktörler ile iklim, toprak yapısı ve yüzey örtüsü gibi abiyotik faktörler olarak tanımlanmakta ve türlerin dağılımının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Pearson & Dawson, 2003). Özellikle, uzun süreli atmosfer koşullarındaki değişim ve bu değerlerin ortalaması olarak nitelendirilen ve dönemsel bir olgu olan iklim ve dolayısıyla sıcaklık, yağış, nem, rüzgar ve bulutluluk gibi iklim elemanları çevresel faktörler içinde türlerin habitat özelliklerini belirleyen en önemli faktör olarak bilinmektedir ((Türkeş, 2001; Efe, 2010).

Günümüzde özellikle ormansızlaşma, fosil yakıt kullanımı ve arazi kullanımı değişikliği gibi insan müdahalesiyle artış gösteren iklim değişimi, genel anlamda doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosfer bileşiminin uzun dönemli değişmesi olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 2000). Genel anlamda atmosfere giren kısa dalgalı güneş ışınları ile geri salınan uzun dalgalı yer ışınları denge halindedir (Türkeş, 2001; Demirsoy, 2008). Herhangi bir etmen ile enerjinin atmosferdeki ya da deniz ve karalardaki dağılım dengesinin değişmesi iklimin değişmesine sebep olmaktadır.

Dünya tarihi boyunca her dönem iklimde uzun ya da kısa süreli doğal değişimler görülmüştür. Bu değişimlerin en önemlileri Kuvaterner dönemde buzul ve buzullar arası dönemler olarak görülen iklimsel dalgalanmalar olmuştur. Bu döneme ait jeomorfolojik ve klimatolojik etkiler iyi bilinmektedir (Türkeş, 2000). Bu sebeple modern kömmünitelerin ve taksonların evrimsel sürecini anlamak ve canlıların günümüzdeki coğrafi dağılımlarını anlayabilmek için en çok ilgilenilen dönem geç Kuvaterner olmuştur.

Yaklaşık 40 yıl önce yapılan çalışmalara göre (Cline & Hays, 1976), Kuvaterner dönemdeki iklimsel dalgalanmaların sebebinin Dünya'nın, uydusu ile kendisi arasındaki çekim kuvveti ve Güneş etrafındaki uydu- dış merkezlilik durumu olduğu anlaşılmıştır (Hewitt, 1996). Dünya, günlük ve yıllık hareketlerinin, eksen eğikliğinin ve Güneş'in etrafındaki eliptik yörüngesindeki hareketinin sonucu geniş aralıklı ve daimi olan bu döngülere maruz kalmaktadır. Dünya Güneş'in etrafında dönerken Ay'ın ve diğer gezegenlerin üzerinde yarattığı çekim kuvveti ile meydana gelen uzun dönemli ve geniş aralıklı bu dalgalanmalar Milankovitch döngüleri olarak adlandırılmaktadır (Bennett, 1990) (Şekil 1.1). Milankovitch döngüleri solar radyasyonun mevsimsel ve enlemsel dağılımını değiştirir. Yapılan çalışmalar ile okyanus sedimanlarından alınan oksijen izotop kayıtlarına göre geniş aralıklarla değişen iklimin en az 3 milyon yıldır Milankovitch döngülerinden etkilendiği ortaya konulmuştur, bu da Kuvaterner'deki buzul dönemlerinden öncesine denk gelmektedir (Bennett, 1990; Hewitt, 1996; Hewitt, 1999).



Şekil 1.1. Milankovitch döngüleri ve iklim değişimleri üzerine etkileri (<http://math.ucr.edu> sayfasından Türkçeleştirilmiştir).

Milankovitch döngüleri Kuvaterner dönemin akışını etkilemiştir. Yaklaşık 2,5 milyon yıl önce kuzey yarımkürede Arktik buzullar genişlemeye ve Kuzey Amerika ve Avrasya'da büyük buzul kalıpları oluşmaya başlamıştır (Taberlet, 1998; Hewitt, 1999). Son 700.000

yıldan beri ise 100.000 yıllık periyotlara sahip büyük iklimsel dalgalanmalar ve önemli buzul dönemleri meydana gelmiştir. Buzul dönemin hemen ardından da günümüzde yaşadığımız gibi daha kısa dönemli buzullar arası dönemler hâkim olmuştur.

Biyocoğrafi çalışmaların derinlik kazanmasıyla birlikte buzullaşmanın boyutları ve süreçleri hakkında önemli bilgiler kazanılmıştır. Bu bilgiler ışığında Kuvaterner'in orta ve geç Pleistosen zamanına ait dört önemli buzul dönem ve onları takip eden buzullar arası dönemler saptanmıştır. Bunlar arasından özellikle son buzullar arası dönem (130.000 yıl önce) ve sonrasındaki son buzul maksimumu (21.000 yıl önce), daha çok kuzey yarımkürede etkili olmuştur ve ılıman türler üzerinde önemli habitat parçalanmalarına, coğrafi bariyerlerden dolayı izolasyona ve dolayısı ile türler arası ve tür içi taksonlarda genetik farklılaşmalara ve türlerin coğrafi dağılımlarında değişikliklere yol açmış (Hewitt, 1996; Taberlet, 1998; Hewitt, 1999). Son buzul maksimumu, özellikle Kuzey Amerika ve Avrupa kıtalarında büyük iklimsel değişimlere sebep olmuş, vejetasyon-iklim ilişkisini değiştirerek günümüzdeki birçok bitki ve hayvan türünün bolluğunda ve dağılımda belirleyici rol oynamıştır (Provan & Bennet, 2008). Pleistosen'deki iklimsel dalgalanmaların etkileri üzerine çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Örneğin Avrupa'daki ılıman kuşak bitki, memeli, böcek ve amfibi türlerine ait 10 taksonun son buzul maksimumundaki sığınakları ve buzul dönem sonrası rekolonizasyon yolları Taberlet ve arkadaşları (1998) tarafından, hem Avrupa hem Kuzey Amerika'daki ağaç türlerinin buzul dönemlerden sonraki coğrafi ve tarihsel örüntüsü Svenning & Skov (2007) tarafından, Kuzey Amerika'nın dağlık bölgelerinde bulunan memeli türlerinin son buzul maksimumundaki buzul sığınaklarının tespiti Waltari & Guralnick (2009) tarafından, buzul sığınaklarının günümüz Avrupa ılıman kuşak türlerinin genetik çeşitliliği örüntüsüne etkisi Petit ve arkadaşları (2003) ve Hampe & Petit (2007) tarafından, Akdeniz Havzası'ndaki buzul sığınaklarının o bölgedeki bitki çeşitliliğine etkisi Médail & Diadema (2009) tarafından yapılan çalışmalarla ortaya koyulmuştur.

Radyometrik kayıtlara göre son buzullar arası dönemde, yani günümüzden yaklaşık 130.000 yıl önce, özellikle kuzey yarımkürenin orta ve yüksek enlemlerinde günümüze göre yıllık ortalama sıcaklık 2-3 °C daha yüksektir, vejetasyonun ise günümüzedekine benzediği görülmektedir (Frenzel, 1992). Çeşitli denizel ve palinolojik verilerin yardımı ile son 20.000-18.000 yıllık iklimsel değişimler, Kutzbach ve Guetter (1986) tarafından modellenmiştir. Bu modeller doğrultusunda son buzul maksimumunda kıtasal yüzey sıcaklığının konuma bağlı olarak günümüzden 40-2,5 °C daha soğuk olduğunu ortaya

koymuşlardır. (Hewitt, 1999). Frenzel ve arkadaşlarının (1992) yaptığı çalışmaya göre ise yıllık ortalama sıcaklık günümüze göre 8 °C düşüş göstermiştir. Buzul sonrası dönemde (16.000 yıl önce) iklim tekrar ısınmaya başlamıştır. Bu dönemde meydana gelen ve Genç Dryas olarak adlandırılan küçük bir buzul dönem (12.000 yıl önce) iklimde tekrar soğumaya sebep olmuştur (Hewitt, 1996), fakat sonrasında, yaklaşık 10.000 yıl önce (Holosen'de) iklimde oldukça hızlı bir ısınma görülmüştür ve orta Holosen'de, yaklaşık 7.000 yıl önce optimum koşullarına sahip, nemli-sıcak bir iklim hakim olmuştur (Demirsoy, 2008). O dönemde sıcaklık günümüze göre yaklaşık 1–2 °C daha fazladır (Frenzel et al., 1992). İklimsel dalgalanmaların etkileri Dünya üzerindeki çeşitli bölgelerde (kıtalarda) ekvatora olan mesafeye, okyanuslardaki akıntılara, kıtasal ağırlığa ve topografik özelliklere göre farklı şekillerde yaşanmıştır.

1.1. Genel Bilgiler

1.1.1. Avrupa'da Son Buzul Maksimumu ve Sonrası

Bu bölgede kuzeyde Rusya'ya kadar genişleyen düzlükler bulunmaktadır. Güneyde ise Kafkaslar'a kadar uzanan ve doğu batı yönünde konumlanmış Alpler, Pireneler ve Transilvanya'daki dağlık alanlar Asya ile bağlantılıdır. Daha güneyde ise Akdeniz bulunmaktadır. Bu coğrafyada türlerin iklim değişikliğine cevapları farklı şekillerde olmuştur.

İklimin soğuması ve kuruması ile birlikte kuzeyde genişleyen buzullar, ılıman türler üzerinde etkili olmuştur. Bu dönemde ılıman kuşak türleri yayılış alanlarını daraltarak hayatta kalmak için daha alçak enlemlerdeki uygun habitatlara, yani buzul sığınaklarına, çekilmişlerdir (Hewitt, 1996; Bennett & Provan, 2008; Fløjgaard et al., 2009). Buzul sığınakları, genellikle tür için uygun iklim koşullarına sahip, buzul dönem boyunca birçok taksonun bu alanlarda devamlılık gösterdiği ve genetik çeşitliliğin korunduğu alanlar olarak tanımlanabilir (Bennett et al., 1991; Médail & Diadema, 2009). İklimin ısınmaya başlaması ile şartlar ılıman türler için tekrar normale dönmeye başlamış ve bu türler buzul sığınaklarından çıkarak kuzeye doğru alanlarını genişletmeye başlamışlardır. Bu durum Provan & Bennett (2008) tarafından "genişleme-daralma modeli" olarak tanımlanmıştır.

Son buzul maksimumunda İskandinavya'daki buzul kütleleri 52° kuzey enlemine kadar ilerleyerek Britanya'yı ve Kuzey Avrupa'yı tamamen kaplamıştır, Rusya'nın kuzeyi bu buzullardan çok etkilenmemiştir (Hewitt, 1996; Hewitt, 2004). Güney Avrupa'daki dağlar geniş buz kalıplarıyla örtülmüştür. Kuzey Avrupa'nın düzlükleri ve güneydeki dağlık

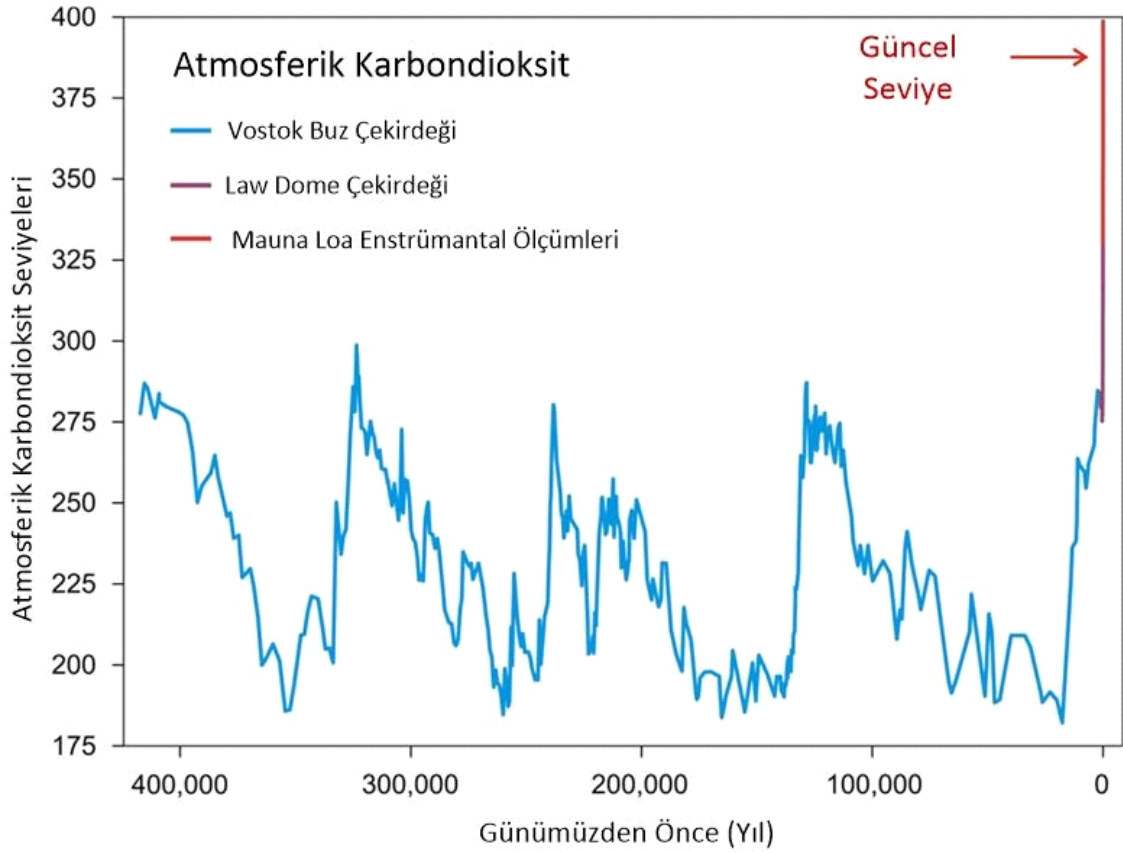
alanların arasında tundra ve soğuk stepler hâkim olmuştur. Küresel ölçekte deniz seviyesinde 100 m. kadar bir çekilme olmuştur, fakat Akdeniz bu durumdan fazla etkilenmemiştir. Genel olarak bakıldığında, Avrupa kıtasındaki türler için güneyde Akdeniz ve çöller, kuzey boyunca uzanan buzullar, batıda Atlantik ve doğuda ise Hazar Denizi bariyer görevi görmüştür. Son buzul dönemi boyunca, biyotanın büyük bir kısmının, özellikle ılıman türlerin, Avrupa'nın güneyine çekildiği bilinmektedir (Hewitt, 1996; Provan & Bennet, 2008). İlıman türler için güney Avrupa'nın uygun alanlar olduğu önerilmiştir (güney sığınak hipotezi, Provan & Bennet, 2008; Fløjgaard et al., 2009; Stewart et al., 2010). Boreal türler için ise Orta Avrupa, Kuzey Balkanlar ve Rusya'nın büyük çoğunluğunun uygun habitatlar içerdiği öngörülmüştür (kuzey sığınak hipotezi, Fløjgaard et al., 2009; Stewart et al., 2010).

Son yıllarda moleküler metodların gelişmesiyle, türlerin buzul döngüleri sırasındaki tarihi ve demografik yapıları moleküler belirteçler kullanılarak ortaya konulmuş ve tür içi coğrafi varyasyon örüntüleri araştırılmıştır (Taberlet, 1998; Galbreath, 2009). Genetik varyasyonların modellenmesiyle birlikte, ılıman kuşak bitki ve hayvan taksonları için son buzul döneminde Akdeniz Havzası'nda üç önemli buzul sığınağı olduğu tespit edilmiştir: (1) İspanya ve Portekiz'in güneyi - (İber Yarımadası), (2) Balkanlar ve (3) İtalya (Provan & Bennet, 2008).

Son buzul maksimumundaki bu iklimsel dalgalanmalar neticesinde, bu tez çalışmasının örnek organizması olan *Quercus robur*'u da içeren orman türleri ve dolayısı ile bu türleri takip eden birçok memeli türü de etkilenmiştir. Bennett ve arkadaşlarının (1991) çalışmasına göre güney Avrupa'nın, son buzul maksimumundaki iklimsel ve topografik yapısı sayesinde Kuzey Avrupa ormanlarındaki ağaç türleri için oldukça uygun bir alan olduğunu ve özellikle Balkanlar ve İtalya'daki dağlık alanların bu ağaç türleri için önemli sığınaklar teşkil ettiğini göstermiştir.

Son buzul maksimumunun sonunda, günümüzden yaklaşık 16.000 yıl önce, atmosferik CO₂ konsantrasyonunun tekrar artmasıyla (Şekil 1.2) buzullar arası döneme girilmiştir. Avrupa'nın günümüz biyocoğrafi örüntüsünün belirlenmesinde buzul sığınaklarının konumu ve büyüklüğü etkili olmuştur (Schmitt, 2007). Buzullar arası dönemdeki rekolonizasyon yolları canlıların dispersal kapasiteleri, göç yolları, birbirleriyle olan etkileşimleri, farklı nişlere sahip olmaları ve coğrafi bariyerlere göre şekillenmiştir (Brewer et al., 2002; Richards et al., 2007; Waltari & Guralnick, 2008; Fløjgaard et al., 2009; Buckley et al. 2010). Buzullar arası döneme girilmesiyle birlikte güney sığınaklarına

çekilmiş olan birçok ılıman tür kuzeye doğru hareket ederek çok hızlı bir şekilde Avrupa'yı yeniden kolonize etmeye başlamıştır. Buzul sonrası kolonizasyon rotaları konusunda çalışılmış olan birçok taksona göre Avrupa kıtasının kuzey bölgeleri, son buzul dönemi sona erdikten sonra İber Yarımadası ve Balkanlar'daki sığınaklardan kolonize edilmiştir (Taberlet, 1998). Bunun yanı sıra kuzeye olan yayılma sırasında doğu-batı yönünde uzanan Alpler ve Pireneler birçok tür için kuzeye olan genişlemeyi sınırlandırmıştır (Hewitt, 1996; Perktaş et al., 2011). Bu sebeple özellikle İber yarımadası ve İtalya'da, haplotipler arası genetik uzaklığın az olduğu türler görülebilmektedir (örneğin, Pellegrino et al., 2015; Perktaş et al., 2011).



Şekil 1.2. 400.000 yıl öncesinden günümüze kadar olan atmosferik CO₂ konsantrasyonu değişimleri (<http://www.skepticalscience.com>'dan Türkçeleştirilmiştir).

İklimin elverişli hale gelmesi ile birlikte güney sığınaklarında bulunan, dispersal kapasitesi yüksek olan türler hızla kuzey bölgeleri kolonize etmişlerdir. Diğer birçok tür de beslenmek için bu ilkin türleri takip etmiştir. Yeniden kolonize edilen alanlardaki bu ilkin türlerde darboğaz etkisi ve homozigotlaşmadan dolayı birçok popülasyon yok olmuştur. Bunun yanı sıra yaklaşık 11.000 yıl önce meydana gelen ve etkisi yaklaşık 1000 yıl süren Genç Dryas dönemi ile de Fransa'nın güneyine kadar gelen buzullar vejetasyonun tekrar

değişmesine sebep olmuştur (Hewitt, 1996). Birçok ağaç türü bu dönemde güneye geri çekilemeyerek ortadan kalkmıştır. Yapılan araştırmalara göre kuzey Avrupa'daki orman komünitelerinin tarihinin 10.000 yıldan fazla olmadığı görülmüştür (Bennett et al., 1991). Dolayısıyla güney sığınaklarından çıkarak Avrupa'yı yeniden kolonize eden birçok türün kuzeye yüksek genetik çeşitlilik taşıyacak kadar yeterli zamanı olmamıştır. Bu sebeple, güney bölgeler genetik açıdan daha zengindir.

1.1.2. Anadolu'nun Yüksek Biyoçeşitliliği ve Geç Kuvaterner'deki Durumu

İber Yarımadası, İtalya ve Balkanlar'ın Avrupa'daki birçok ılıman tür için buzul sığınağı rolü üstlendiği hipotezi yapılan birçok çalışmayla desteklenmiştir (Hewitt, 1996; Taberlet, 1998; Hewitt, 1999; Tzedakis et al, 2002; Schmitt, 2007; Lucchi, 2008). Akdeniz Havzası için tespit edilen bu önemli buzul sığınaklarının arasında yüksek endemizm oranına ve zengin biyoçeşitliliğe sahip Anadolu'nun (Davis, 1971) gösterilmemesi büyük ölçüde veri eksikliğinden ve bu bölgenin flora ve faunasının genetik altyapısının diğer bölgelere göre daha az çalışılmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte son yıllarda yapılmış olan çalışmalar, birçok tür için Anadolu'nun bir buzul sığınağı olduğunu önermektedir (Kaya & Raynal, 2001; Atkinson et al., 2007; Médail & Diadema, 2009; Bilgin, 2011; Perктаş et al., 2011; Gür, 2013; Perктаş et al., 2015; Korkmaz et al., 2014).

Anadolu, üç tarafı denizlerle çevrili, Avrupa, Asya, Afrika ve Orta Doğu'nun kesişim noktasında bulunan bir yarımadadır. Bu sayede üç kıta arasında bir köprü görevi görerek bu bölgede birçok türün doğal olarak yayılmasını sağlamıştır. İç kesimlere kadar ulaşan Karadeniz, Akdeniz ve Ege Bölgesindeki dağlık alanlar, derin akarsularla ayrılan derin vadiler, geniş bozkırlar, kayalık ve eğimli yamaçlar ve verimli alüvyonlu topraklar ile yüksek topografik çeşitliliğe ve birçok doğal habitata sahiptir (Kaya & Raynal, 2001). Anadolu'nun sahip olduğu bu topografik çeşitlilik, karasallık derecesi bakımından üç ana iklim tipinin (Akdeniz, Karadeniz ve Karasal iklim) ve yerel ölçekte de çeşitli makro ve mikro iklimlerin oluşmasına, böylece farklı vejetasyon tiplerinin görülmesine olanak sağlamıştır (Atalay et al., 2014). Bunun yanı sıra üç fitocoğrafi bölgeyi (Avrupa - Sibiry, İran - Turan ve Akdeniz) barındırması da çeşitli vejetasyon tiplerinin bir arada bulunmasına olanak sağlamaktadır (Atalay, 1994). Bu iklimsel ve topografik çeşitliliğe bağlı olarak Anadolu, %33'ü endemik olan 10.000 bitki türü, 170 memeli türü, 120 sürüngen türü, 482 kuş türü, yaklaşık 700 denizel ve tatlı su türü, 30'dan fazla amfibi türü ve tanımlanmış 18.000 böcek türünü barındırmaktadır (Şekercioğlu et al., 2011).

Anadolu hala jeolojik açıdan aktif bir coğrafyadır ve günümüzdeki biyoçeşitliliği şekillendiren en önemli faktörlerden biri jeolojik süreçlerdir. Günümüzden 65 milyon yıl öncesine kadar, Anadolu'nun kuzeyi ve güneyi Tetis Denizi'nin altında bulunmaktaydı. Daha sonra, tektonik hareketlerin etkisiyle Afrika plakasının kuzey yarımkürede yarattığı kıtasal çarpışma sonuzu Anadolu bir kara parçası olarak yükselerek günümüzdeki konumuna ulaşmıştır (Demirsoy, 2008; Tavşanoğlu, 2015). Oligosen döneminde (36 milyon yıl önce) ise Alp kıvrılmalarına bağlı olarak Toroslar ve Kuzey Anadolu Dağları oluşmuştur (Demirsoy, 2008). Anadolu, özellikle Tersiyer'de başlayan ve Kuvaterner dönemde de devam eden tektonik ve volkanik faaliyetlerin etkisi sonucu günümüzdeki engebeli ve yüksek topografyaya sahip olmuştur (Atalay et al., 2014). Jeolojik süreçler neticesinde Anadolu'da birçok türün rahatlıkla girebileceği, kıtalar arasında geçiş yapabileceği ve başka türler ile bir arada bulunabileceği yüksek topografik ve habitat çeşitliliği oluşmuştur. Diğer taraftan da geçmiş dönemlerde Anadolu'ya giriş yapmış birçok türün yalıtılmasını sağlayan ve türlerin coğrafi hareketlerini kısıtlandırarak Anadolu içinde daha küçük bölgelerde sınırlı kalmalarına yol açan coğrafi bariyerler meydana gelmiştir. Bunlardan en önemlileri güney boyunca uzanan Toroslar, kuzey boyunca uzanan Kuzey Anadolu Dağları ve Anadolu Çaprazı'dır. Anadolu Çaprazı kuzeydoğu Anadolu'dan Amanoslara kadar devam eden, doğu ve orta-batı Anadolu'yu birbirinden ayıran ve bu bölgede 1000 metrenin altında yaşayan canlıları etkili bir şekilde yalıtın bir bariyerdir (Davis, 1971; Çıplak et al., 1993; Demirsoy, 2008; Uslu et al., 2011). Topografik değişkenlik ve coğrafi bariyerler hareket kabiliyeti sınırlı olan türlerin dar bir coğrafyada genetik olarak farklılaşabilmelerine olanak sağlayarak Anadolu'nun tür çeşitliliğine katkı sağlamaktadır (Çıplak et al., 1993; Sağlam et al., 2014).

Geçmiş dönemlerde yaşanan önemli iklim değişimleri de bu genetik farklılaşmayı ve tür çeşitliliğini arttıran önemli etkenlerdendir. Pleistosen dönemle birlikte (yaklaşık 2,5 milyon yıl önce) başlayan ve buzul ve buzullar arası dönemlerin birbirini takip etmesiyle meydana gelen iklimsel değişiklikler, özellikle son buzul döneminde Avrupa'da olduğu gibi Anadolu'da da türlerin coğrafi dağılımlarını ve genetik altyapılarını şekillendirmiştir (Bilgin, 2011). Anadolu'daki yüksek biyoçeşitliliğe rağmen Batı Palearktik için yapılan biyocoğrafya çalışmalarında Anadolu'nun önemi üzerinde çok fazla durulmamış, bu bölgeden yeterince örneklem alınmamış ve son buzul döneminde Akdeniz Havzası içinde üç ana buzul sığınağı gösterilirken Anadolu dikkate alınmamıştır. Oysa Avrupa'ya göre geçmişteki çevresel ve iklimsel değişimlerden daha az etkilenmiş olduğu bilinen

Anadolu'nun güney kısımlarının uzun dönemli genetik ve tür çeşitliliğini korumada önemli bir alan teşkil ettiği görülmektedir (Médial & Diadema, 2009). Ayrıca Şenkul & Doğan'ın (2013) çalışmasına göre son buzul maksimumunda Anadolu'nun kuzey kıyılarının ormanlarla kaplı olduğu, Marmara, Ege ve Akdeniz'in bozkır-ormanlarla, diğer bölgelerin ise bozkır ve çöl-bozkır formlarıyla örtülü olduğu, böylece birçok ılıman tür için uygun habitatlara sahip olduğu ortaya koyulmuştur. Yüksek bitki çeşitliliği ve endemizme sahip Güney Anadolu'nun Akdeniz için önerilen önemli bitki sığınaklarından birkaçına sahip olduğu bilinmektedir (Davis, 1971; Médail & Diadema, 2009).

Anadolu, genel anlamda veri eksikliğinden kaynaklanan sebeplerden ötürü biyocoğrafi açıdan azımsanmaktadır, ancak son 15 yıldır yapılan filocoğrafya çalışmaları ile Anadolu'nun buzul sığınağı olduğuna dair önemli kanıtlar barındırdığı bilinmektedir (Bilgin, 2011). Ayrıca Perктаş ve arkadaşlarının (2011) çalışmasına göre, bugün orta ve kuzey Avrupa'da yayılış gösteren birçok türün, Anadolu, Kafkaslar ve hatta İran'da da buzul maksimumu sırasında barındıkları bilinmektedir.

Quercus cinsinin genetik çeşitlenme merkezinin Anadolu olduğu birçok coğrafyacı tarafından savunulmasına rağmen, bu cins için yapılan önemli filocoğrafi çalışmalarda Anadolu'dan örneklem yapılmamış olması önemli bir eksiklik. Örneğin Dumolin-Lapegue ve arkadaşlarının (1997), sekiz ak meşe türü üzerinden yaptıkları ve Avrupa genelinde bir örneklem içeren çalışmalarında, *Q. robur*'un da de olası buzul sonrası kolonizasyon rotalarını belirlemişlerdir. Ancak bu çalışmada Anadolu'ya ait hiçbir örneklem kaydı kullanılmayarak Avrupa'nın buzul dönem sonrası rekolonizasyon örüntüsünün oluşturulmasında Anadolu'nun olası rolü görmezden gelinmiştir. Daha sonra Petit ve arkadaşları (2002) yaptıkları bir çalışmayla yine, Avrupa'daki ak meşelerin son buzul maksimumundaki sığınaklarını ve kolonizasyon rotalarını kloroplast DNA'sı ve fosil polen kayıtlarını inceleyerek ortaya çıkarmışlardır. Bu çalışmada Anadolu'da fosil polen kaydının olabileceği düşünülmüş; fakat yine bu bölgeden hiçbir örneklem alınmamıştır.

Bu çalışmalar neticesinde yalnızca Avrupa'daki üç ana buzul sığınağının değil Anadolu'nun da ılıman türler için bir buzul sığınağı olduğu hipotezi ılıman bir bitki türü olan ve kozmopolit bir dağılıma sahip olan *Q. robur* (saplı meşe) üzerinden sınanmak istenmiştir. Daha önce de değinildiği üzere ılıman kuşakta dağılım gösteren bitki türlerinin iklim değişikliklerine cevap verdiği bilinmektedir (Bennett, 1990; Taberlet et al., 1998; Hewitt, 1999; Cotrell et al., 2002; Skov & Svenning, 2004; Lucchi, 2008).

Bu tez çalışması kapsamında *Q. robur*'un batı Palearktik'teki günümüz dağılımının kökeninin, güney enlemlerindeki son buzul maksimumuna ait buzul sığınakları dikkate alınarak ortaya çıkarılması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda ayrıca Anadolu'nun son buzul maksimumu içerisinde *Q. robur* için bir buzul sığınağı rolüne sahip olup olmadığı, son buzul dönemi sırasında değişen iklimsel ve fiziksel koşulların türün dağılımını nasıl etkilediği ekolojik niş modeli yaklaşımı kullanılarak test edilecektir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ile *Q. robur*'un Avrupa ve Anadolu'daki biyocoğrafi örüntüsü konusundaki veri eksikliğini tamamlanması ve Anadolu'nun biyolojik çeşitliliğinin şekillenmesinde geçmişteki iklim değişikliklerinin etkisi konusunda bilimsel literatüre katkı yapması amaçlanmaktadır.

1.2. Kullanılacak Yöntemin Belirlenmesi

Hayvan ve bitki türlerinin dağılımının iklim ile şekillendiği ilk olarak Humboldt & Bonpland (1807) tarafından ileri sürülmüştür. Daha sonra, günümüzde yaşayan canlıların güncel dağılımlarının ekolojik ve çeşitli tarihi parametrelere dayandığı De Candolle (1820) tarafından açıklanmıştır. Günümüz florasının ve faunasının şekillenmesinde ve günümüz türlerinin güncel coğrafi dağılım örüntülerinin belirlenmesinde en önemli etkenin ise Geç Kuvaterner'de meydana gelen son buzul maksimumu olduğu bilinmektedir.

Yapılan araştırmalar ile türlerin coğrafi dağılım değişimlerinin belirlenmesinin özellikle ağaç türleri açısından oldukça önemli olduğu düşünülmektedir (Morin & Thuiller, 2009), çünkü ağaçlar arazi örtüsünün asıl bileşenlerinden biridir ve orman ekosistemlerinin işleyişinde önemli bir yerleri vardır (Begon et al., 2005). Ayrıca ekosistemde bulunan birçok bitki ve hayvan türü için kritik habitatlar oluştururlar. Bu açıdan da değerlendirildiğinde ılıman kuşakta bulunan türlerin iklim değişimlerine verdikleri cevapların bir ağaç türü üzerinden değerlendirilmesinin oldukça avantajlı olduğu görülmektedir.

Günümüzde, özellikle son 15 yıldır, kullanımı giderek yaygınlaşan ekolojik niş modeli uygulamaları ile türlerin değişen iklim koşullarına verdiği olası cevaplar ile coğrafi dağılımlarını ne şekilde değiştirdikleri öngörülebilmektedir. Bunun yanı sıra geçmişten günümüze kadar olan evrimsel süreç ve genetik varyasyonlar da dâhil edilerek günümüz dağılım örüntüleri kesin bir şekilde ortaya çıkartılabilmektedir (Hijmans & Graham, 2006). Bu noktadan hareketle iklim değişimlerine cevap verdiği bilinen *Q. robur*'un, geçmiş

dönemlerdeki iklim değişimleri sırasında coğrafi dağılımını nasıl şekillendirdiğini öngörebilmek için ekolojik niş modeli yaklaşımı tercih edilmiştir.

1.3. Ekolojik Niş Modeli Yaklaşımı Nedir?

Canlılar ve çevre arasındaki ilişkilerin analizi her zaman ekolojinin merkezinde yer almıştır. Ekolojik niş modellemeleri ise biyocoğrafyanın esas ve uygulamalı araştırmalarının temel noktasını oluşturmaktadır (Araújo & Guisan, 2006). Türlerin ekolojilerini ve coğrafi dağılımlarını ayrıntılı olarak bilmek koruma planlamaları ve öngörülerini için temel oluştururken (Ferrier, 2002), biyoçeşitliliğin uzamsal örüntülerini şekillendiren ekolojik ve evrimsel etmenlerin anlaşılmasını sağlar (Elith et al., 2006). Bu bilgiler ayrıca, farklı habitat ihtiyacına sahip birçok tür için günümüz ve geçmiş iklim koşulları altında uygun habitatlar belirlememize ve türlerin iklim değişikliğine olan cevaplarını görselleştirmemize yardımcı olur (Kozak et al., 2008).

Niş modellemeleri temelde Hutchinson'ın (1957) "temel" ve "gerçek" niş kavramına dayanmaktadır (Araújo & Guisan, 2006). Buna göre n- boyutlu bir uzay, türün "temel niş" olarak tanımlanırken, türlerin arasındaki etkileşimlerle sınırlanan niş ise "gerçek niş" olarak tanımlanmıştır. Aslında, gerçek niş temel nişin bir alt kümesini oluşturmaktadır. Günümüzde niş kavramı, türün hayatta kalması için gerekli minimum ihtiyaçları karşılayan çevresel koşullar ile bireylerin bu çevresel koşullara olan etkisi olarak tanımlanır (Chase & Leibold, 2003). Bu doğrultuda niş kavramı türlerin gereksinimleri ve etkileri şeklinde iki bileşenden oluşmaktadır. Türlerin buldukları alanın çevresel özellikleri ile olan ilişkilerini, ekolojik özelliklerini ve coğrafi dağılımlarını ortaya koymayı amaçlayan yaklaşımlar ise ekolojik niş modelleri olarak adlandırılır (Phillips et al., 2006; Merow et al., 2013).

Ekolojik niş modellemeleri (tür dağılım modelleri) nicel, tekrarlanabilir ve pahalı olmayan kolay bir metot olduğundan kullanımı oldukça yaygındır. Son 10 yıldan fazla bir süreden beri ekolojik niş modelleri biyocoğrafyadan koruma biyolojisine, ekolojiden iklim değişikliği araştırmalarına, habitat ve tür yönetiminden yaban hayatı yönetimine kadar birçok alanda kullanılmıştır (Guisan & Zimmermann, 2000). Bunlara örnek olarak; çevresel değişkenler ve tür zenginliği arasındaki ilişki (Mac Nally & Fleishman, 2004), potansiyel istilacı türlerin öngörülmesi (Goolsby, 2004), türlerin geçmiş (Martínez-Meyer et al. 2004) ya da gelecek iklim koşullarındaki dağılımlarının öngörülmesi (Skov &

Svenning 2004; Araújo et al., 2004; Hijmans & Graham, 2006) ve birbirine yakın türlerin yayılışında ekolojik ve coğrafi farklılıkların belirlenmesi (Graham et al., 2004b) gibi çalışmalar gösterilebilir.

Türlerin coğrafi dağılımlarıyla ilgili yapılan bu modellemeler yaygınlaştıkça ortaya tür dağılım modelleri ve ekolojik niş modelleri arasındaki farkın ne olduğu sorusu çıkmaktadır. Soberón & Peterson (2005) yaptıkları bir çalışma ile iki yöntem arasındaki farkı ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada abiyotik (sıcaklık ve nem gibi), biyotik (av-avcı ilişkisi gibi) ve ulaşılabilirlik (günümüz ve geçmişteki dispersal yeteneği) faktörleri bir arada değerlendirilmiştir. Ekolojik niş modelleri daha çok abiyotik faktörler ve ulaşılabilirlik ile ilgilenirken dağılım modelleri ekolojik niş modeline göre ulaşılabilirlik ile daha az ilgilenir, yani daha küçük bir biyocoğrafik alanla ilgilenir (Karacaoğlu, 2013). Modelleme çalışmalarında abiyotik faktörler temel niş ile ilişkilendirilirken, abiyotik ve biyotik faktörler bir arada genel niş ile ilişkilendirilir. Bu durumlarda, ekolojik niş modellerinde bu alanlar türün potansiyel dağılımını verirken türlerin ulaşabileceği alanlar ise türün gerçek dağılımını yansıtır.

Türlerin dağılımını doğru bir şekilde modellemek ekolojik çalışmalar için büyük önem taşımaktadır. Örneğin iklim değişikliğinin etkileri, istilacı türlerin dağılımı ya da tür çeşitliliğinin uzamsal örüntülerini modelleyerek türlerin olası dağılımlarını öngörmekte ve işlevsel bilgiler sağlayarak gelecek için yapılan yönetim planları ve koruma çalışmalarında yardımcı olmaktadır (Martínez-Meyer et al., 2004). Çünkü bu modeller türün ekolojik ihtiyaçlarını tahminleyebildiği gibi tür dağılımı ve onu etkileyen değişkenler arasındaki ilişkiyi kurarak modelin oluşmasında hangi değişkenin ne derece katkısı olduğunu göstermektedir (Guisan & Zimmermann, 2000).

Türlerin coğrafi dağılımlarını modelleyerek öngörmek türün bulunduğu alanın çevresel koşullarına dayanmaktadır ve bu yöntem analitik biyoloji için önemli bir tekniktir (Phillips et al., 2006). Buna göre niş modellerinin çalışma prensibi; türün alandaki kaydı ile çevresel değişkenlerin ve/veya alanın karakteristiğini birleştirerek bir değerlendirme yapmaya (Franklin, 2009) ve türün olası nişini tahmin ederek uygun iklimsel koşullara sahip potansiyel coğrafi dağılımlarını öngörmeye dayanmaktadır.

Ekolojik niş modelleri oluştururken türün güncel dağılım alanları içerisinden elde edilmiş gözlem kayıtları kullanılır; fakat belirli bir alandan gelen çok sayıda örnek modelin yanlı olmasına sebep olur (Araújo, 2006). Bu noktada dikkat edilmesi gereken en önemli

unsurlardan biri, elde edilen verinin kaynağıdır. Günümüzde elektronik ortamlar üzerinden müzelerdeki, herbaryumlardaki ya da biyolojik araştırmalar sonucu elde edilmiş kayıtların yer aldığı çevrimiçi veritabanlarına rahatça ulaşılabilmektedir (Elith et al., 2006), fakat bu örneklerin hangi amaçla ve hangi yaklaşımlar kullanılarak toplandığına dair kesin bilgiler çoğu kez bulunmamaktadır. Bunun yanı sıra bazı alanlar daha ulaşılabilir olduğundan (şehiriçi, yol kenarları, sulak alanlar vb.) o bölgelerde örnek toplamak daha kolaydır ya da yıllarca tekrarlanan gözlem kayıtları ve alanların birbirine olan yakınlığı da verilerde bir yoğunluğa sebep olmaktadır. Bu da aynı şekilde türün çevresel dağılımını yansıtmada sırasında model çıktılarında sapmaya sebep olabilir (Graham et al., 2004; Araújo & Guissan, 2006; Dudik et al., 2006; Elith et al., 2006; Phillips, 2009).

Geleneksel olarak ekolojik niş modelleri var-yok verisine dayalı olarak yapılmaktadır, ancak çoğu zaman yok verisini elde etmek oldukça zordur (Baldwin, 2009). Pozitif varlık verilerine ulaşmak doğa tarihi müzeleri ve herbaryumlar sayesinde oldukça kolay olmasına karşın, tropik bölgeler gibi daha çok korunmaya ihtiyacı olan alanlardan yeterince veri alınamamıştır (Phillips et al., 2006). Daha da önemlisi, türün varlığı ya da yokluğu zamana ve mekâna bağlıdır, örneğin hareketli bir tür için (örneğin kuşlar) düşünöldüğünde, bir dönem alanda bulunurken başka bir dönem alanda görölmeyebilir, benzer şekilde habitat tahribatına bağlı olarak bir bölgede bulunan türlerin varlıkları ya da yoklukları o dönem için etkilenebilir. Buna ek olarak, bir bitki türü için; verilen çevresel koşullar altında geniş ölçekte bakıldığında var olarak görölebilirken küçük ölçekte bakıldığında görölmeyebilir (Hirzel et al., 2002; Elith et al., 2011). Tüm bu sebeplerden dolayı oluşturulan yeni metodolojik yaklaşımlar sayesinde (BIOCLIM, DOMAIN, GARP, MaxEnt gibi) yok verisi ihtiyacı ortadan kaldırılarak yalnızca pozitif varlık verisine dayalı modeller geliştirilmiştir (Baldwin, 2009).

Elith ve arkadaşları (2006) yayınladıkları bir çalışma ile yalnız var verisine dayalı 16 modelleme yöntemini kullanarak, var verisi ile yapılan tür dağılım modellemelerinin birçoğ tür ve alan için çok daha etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Aynı çalışmada farklı yöntemlerin oldukça farklı model sonuçları verdiği görölmüştür. Bu yüzden yapılacak çalışmanın niteliği doğrultusunda uygun algoritmaya sahip bir model seçmek oldukça önemlidir. Yapılan birçoğ çalışmayla (Elith. et al., 2006; Hernandez, 2006; Pearson et al., 2007; Wisz et al., 2008) var verisine dayalı çeşitli modelleme yöntemleri arasından MaxEnt'in (maksimum entropi yaklaşımı) birçoğ avantaja sahip olduğu görölmüştür.

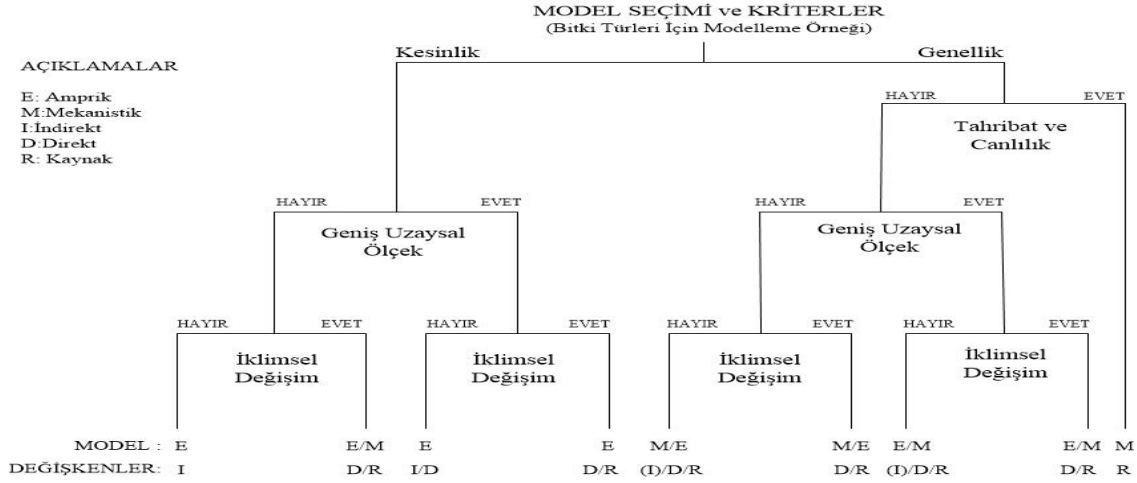
1.3.1. Ekolojik Niş Modeli Yaklaşımı Olarak MaxEnt

Olası yoğunluk değerlendirmesi için maksimum entropi yaklaşımı ilk olarak Jaynes (1957) tarafından önerilmiştir ve daha sonra istatistik çalışmaları ile bilim ve doğayı yorumlamak gibi birçok alanda kullanılmıştır. Daha sonra bu doğrultuda yapılan çalışmalarla birçok dağılım modeli geliştirilmiştir ve bunlardan biri olan ve yalnızca varlık verisi kullanan maksimum entropi yaklaşımı (MaxEnt) ise Phillips ve arkadaşları tarafından (2006) geliştirilmiştir. MaxEnt'in genel amacı tamamlanmamış/eksik bilgilerle çıkarımlar yapmaktır (Phillips et al., 2006).

Birçok sebepten dolayı MaxEnt tür dağılımında ve ekolojik niş modellemesinde kullanılan en popüler yöntemlerden biridir: 1) kullanımı oldukça kolaydır, 2) sadece var verisine dayanarak analiz yapar ve var verisi ile analiz yapan diğer modellere göre tür dağılımı ve habitat uygunluğunu belirlemede daha yüksek performansa sahiptir (Phillips, 2006; Elith et al., 2006; Hernandez, 2006; Wisz et al., 2008; Baldwin, 2009; Merow et al., 2013) 3) var-yok verileri arasında oluşabilecek karışık analizlerden muafır (Phillips et al., 2006; Baldwin, 2009) 4) diğer yaklaşımlara göre veri sayısına karşı daha az hassastır, yani az sayıda veri ile yüksek performanslı sonuçlar elde edebilir (Pearson et al., 2007; Wisz et al., 2008; Baldwin, 2009) 5) son yapılan çalışmalara göre lokasyon verisine bağlı gözlenen çevresel hatalara karşı daha duyarsızdır (Wisz et al., 2008).

Maksimum entropi yaklaşımının girdileri diğer niş modellemesi yöntemleriyle temel olarak aynıdır. Çalışılan alan içerisinde türün dağıldığını kesin olarak bildiğimiz bölgelerden elde edilen gözlem verileri ile seçilen alana ait çevresel değişkenler birlikte irdelenerek tüm lokasyonlar için uygunluk yüzeyi yaratılır (Phillips et al., 2006; Baldwin, 2009). Dolayısıyla, potansiyel habitat uygunluğu ortaya koyularak türün potansiyel dağılım alanı harita üzerinde belirtilir. Her bir gözlem verisi enlem ve boylamdan oluşan gözlem noktalarına dayanmaktadır (Phillips et al., 2006). Yükseklik ve bakı gibi topografik katmanlar, yıllık yağış ve ortalama sıcaklık gibi iklimsel katmanlar 'sürekli sayısal' katmanlar olarak, toprak yapısı ve vejetasyon ise kategorik katmanlar olarak çevresel değişkenlerin iki alt grubunu oluşturur (Dudík et al., 2004). Hangi katmanın ya da katmanların kullanılacağı, çalışılan alanın özelliğine bağlıdır. Dağlık alanlar gibi görece küçük ölçekli alanların vejetasyon modelleri yapılırken ya da karmaşık topografiye sahip alanlar modellenirken indirekt (yükseklik gibi) değişkenler daha iyi öngörü sağlarken, bunun aksine geniş ölçekte yapılan modeller genellikle sadece biyofiziksel parametrelere dayanmaktadır, çünkü topografyanın bu tarz kaba çözünürlüğe sahip alanları tahmin etme

gücü azdır. Bu sebeple geniş ölçekli alanlarla çalışılırken direkt (sıcaklık, pH gibi) değişkenler ilk tercih olmalıdır (Guissan & Zimmermann, 2000) (Şekil 1.3 ve Tablo 1.1).



Şekil 1.3. Yapılacak çalışmanın niteliği doğrultusunda uygun bir modelin nasıl seçilmesi gerektiğini gösteren bir şema. Guisan and Zimmermann (2000)'den Türkçeleştirilmiştir.

Tablo 1.1 Modelleme yaklaşımlarının seçiminde çevresel değişkenler ve alansal ölçeğin etkisini gösteren tablo. Pearson & Dawson (2003)'den Türkçeleştirilmiştir

ALANSAL ÖLÇEK

	KÜRESEL 10000 KM	KITASAL 2000-10000 KM	BÖLGESEL 200-2000 KM	YÜZEYSEL 10-200 KM	YEREL 1-10 KM	ALAN 10-1000 M	MİCRO < 10 M
İKLİM	←————→						
TOPOGRAFYA			←————→				
ALAN KULLANIMI				←————→			
TOPRAK TİPİ					←————→		
BİYOTİK ETKİLEŞİM					←————→		

ÇEVRESEL DEĞİŞKENLER

MaxEnt'in çalışma prensibine göre, modellenmek istenilen alanda, her birine belli sayıda örneklem denk gelecek şekilde alan, eşit boyutlarda ızgara hücrelerine ayrılır. Bu alan içerisinde de dağılımı etkilediği bilinen çevresel faktörler örneklem kayıtlarıyla birlikte

değerlendirilir. Bu faktörler içinden de en iyi cevabı veren, yani maksimum entropiye göre olan dağılımı değerlendirilir (Phillips & Dudík, 2008). Burada entropiden kasıt; bir olayın seçimine olağan "seçeneklerden" ne kadarının katıldığına ölçütüdür (Shannon, 1948). Bu durumda yüksek entropiye sahip bir dağılım daha çok seçenek barındırır, yani daha az kısıtlanmıştır. Sonuç olarak model çıktısı o tür için her bir hücre başına düşen bulunma olasılığının hangi çevresel etmenlerle etkilendiği ve bunun çalışma alanı boyunca olan dağılımını verir.

Tüm yaklaşımlarda olduğu gibi model çıktılarının kesinliğinin test edilmesi yani sonucun gerçeği ne kadar yansıttığının belirlenmesi gerekmektedir. Böylece modelin uyumluluğu ve performansı da değerlendirilmiş olur. Bunlardan ilki AUC değerinin hesaplanmasına dayanır. AUC değeri eşik değerinden bağımsız olarak istatistikleri doğrulamak için kullanılan bir ölçüttür ve alanların sıralamasının niteliğini ölçer. Başka bir deyişle rastgele seçilen var verilerinin rastgele seçilen yok verilerine göre yüksek değerde olma olasılığıdır (Phillips & Dudík, 2008; Merow et al., 2013). Ancak MaxEnt yalnız varlık verisine dayalı bir yaklaşım olduğundan AUC değerini hesaplarırken arkaplan verileri (yalancı yok verisi) kullanılır (Phillips et al., 2006). Bu durumda MaxEnt için AUC değeri rastgele seçilen var verilerinin rastgele seçilen arkaplan verileri üzerinden değerlendirilmesi olarak yorumlanabilir. AUC değeri ROC eğrisi altındaki alanı temsil eder ve 0,5 ile 1 arasında değerler alır. Eğer sonuç 0,5 olursa gelişigüzel bir tahmin yürütüldüğü, 1 olursa mükemmel yakın bir başarısı olduğu şeklinde yorumlanır.

Modelin performansını değerlendirmenin diğer bir yolu ise eşik değerinin hesaplanmasıdır. Vejetasyona dayalı model çıktıları bu değere göre yeniden yorumlanır. Buna göre belirlenen eşik değerinin üzerinde kalan noktalarda türün var olduğu kabul edilir. Ancak eşik değeri türün alandaki varlığı ya da yokluğuna üzerinden değerlendirilir ve bu durumda alandaki varlığından kesin olarak emin olamadığımız türler için doğru eşik değerini hesaplamak zor olacağından kullanımı her zaman önerilmemektedir (Baldwin, 2009).

Model çıktıları değerlendirilirken kullanılan bir diğer yöntem de jack-knife "birini dışarda bırak" analizidir. Bu yöntemde göre modele dahil edilen değişkenlerden her biri tek tek dışarda bırakılarak kalan değişkenler kendi aralarında değerlendirilir ve daha sonra tüm değişkenlerin bir arada bulunduğu bir değerlendirme yapılarak bu sonuçlara göre her bir değişkenin modele ne ölçüde katkı yaptığı hesaplanır.

Tüm bu analizler göz önünde bulundurularak yapılan pek çok çalışma değerlendirildiğinde MaxEnt'in diğer var verisi kullanan yaklaşımlara göre model çıktılarının daha anlamlı olduğu ve daha yüksek bir performans sergilediği kanıtlanmıştır (Elith. et al., 2006; Pearson et al., 2007).

2. YÖNTEM ve ANALİZLER

2.1. Tür Hakkında Genel Bilgi

Fagaceae familyasına ait *Quercus* cinsi dünya üzerinde 531 tür ile temsil edilmektedir ve ülkemizde 18 türü bulunmaktadır (Uslu et al., 2011). Axelrod (1983), Fagaceae familyasının geç Kretase'de evrimleşerek cinslere ayrıldığını ve tüm meşe gruplarının Senozoik'te dominant hale geçtiğini ortaya koymuştur. Kaul (1985) ise Güneydoğu Asya'nın Fagaceae familyası için atasal ve morfolojik çeşitlenmenin merkezi olduğunu belirtmiştir.

Kuvaterner dönemde meşeler, iklim değişikliğine bağlı olarak önemli ölçüde göç etmişlerdir (Provan & Bennet, 2008) ve son buzul dönemi boyunca İber yarımadasının güneyi, orta İtalya ve Balkan yarımadasının güneyiyle sınırlı kalmışlardır (Ducouso & Bordacs, 2004). Günümüz dağılımına ulaşmaları ise 7000 yıldan az sürmüştür. Türlerarası hibritleşme, göç mekanizmasında önemli bir faktördür ve buzullararası dönemde, günümüz dağılımına ulaşmaları sırasında yayılımı kolaylaştırmıştır (Ducouso & Bordacs, 2004).

Yaşam öyküsü özellikleri meşelerde türe özgüdür (Zanetto, Roussel & Kremer, 1994) Rüzgârla tozlaşma görülür ve tohum dispersalinde küçük memeliler ve alakarga oldukça etkilidir. Yüksek genetik çeşitliliğe sahiptirler ve oldukça geniş dağılım gösterirler. Bu yüksek genetik çeşitlilik, geniş popülasyon büyüklüğü, gen akışının uzun mesafeli olması ve melezeleşebilirliğe bağlıdır. Ayrıca, aralarındaki üreme bariyerinin zayıf olmasından dolayı türler arasında yüksek oranda hibritleşme söz konusudur (Bacilieri et al., 1993). Örneğin, *Q. petraea*'nın tercihen *Q. robur*'u döylediği bilinmektedir, nadir de olsa ters çaprazlanmalar görülür ve oluşan bireyin yaprak yapısı dişi bireye benzer (Steinhoff, 1993). Meşelerde sınıflandırma ve hibridleşmeyi göstermede en önemli belirteç yaprak karakterleridir (Kelleher et al., 2005). Bu sebeple *Quercus* cinsi taksonomik açıdan oldukça problemlili bir gruptur ve bu cinse ait türlerde tür içi varyasyon oldukça yüksektir.

Quercus cinsi, *Quercus* ve *Cyclobalanopsis* olmak üzere 2 alt cinsi içerisinde barındırır. Bu çalışmanın konusu olan *Quercus robur* ise *Quercus* alt cinsinde bulunan ve Asya,

Kuzey Amerika ve Avrupa’da yayılış gösteren ve ak meşeler, *Quercus*, olarak bilinen gruba dahildir (Ducouso & Bordacs, 2004).

Quercus robur L. (Saplı meşe), yaprak döken, 25-30 metreye kadar uzayabilen, yaşam süresi yaklaşık 800 yıl ve üzerinde olan, tek evcikli, çapraz döllenebilen ve anemogam bir türdür (Şekil 2.1). Yaklaşık 40 yaşlarında tohum vermeye başlar ve meyvenin olgunlaşması 1 yıl kadar sürer. Yapraklar genelde uçlarda yoğun ve ters yumurtamsı şekilde, 20 x 9 cm’e kadar uzayan, sapsız ya da kısa saplı ve kulakçıklıdır, derin lobludur, bazen ikincil loblar görülür (Şekil 2.2). Yapraktaki ana damarda dendroit - yıldız biçiminde tüyler bulunur, alt kısımda tüyler görece daha yoğun ya da seyrekler. Yaprak grimsi ya da sarı-yeşil renktedir. Yaprığın üst yüzeyi pürüzsüzdür ya da kısmen mızrağımsı tüyler bulunur, nadiren her iki yüzey de tüsüzdür. Çiçek sapı 2 cm’den 12 cm’ye kadar uzayabilir (Şekil 2.2). Meşe palamudunun kapçığı yarıküre biçimindedir, yarıçapı 15-20 mm ve grimsi kahverengidir. Palamut ise dışarıya doğru 1/2 - 2/3 oranında uzamıştır (Davis, 1982). Meşe palamutlarının yapısı popülasyona, bireye, bölgeye ve yaşa göre değişiklik gösterebilir (Ducouso & Bordacs, 2004).



Şekil 2.1. *Quercus robur*



Şekil 2.1. *Q. robur*’un yaprak ve palamut yapısı

Q. robur Avrupa, Kafkaslar ve Anadolu’da oldukça geniş ve doğal bir yayılış gösterir (Şekil 2.1). Ekonomik ve ekolojik açıdan Avrupa’daki yaprak döken en önemli ağaç türlerindedir. Ak meşelerin ekolojik nişleri oldukça geniştir ve çoğu zaman ekstrem habitatlarda (kayalık yamaçlar, kum tepeleri, tuzlu topraklar, turba bataklıkları) görülebilirler. Bu popülasyonlarda birey sayısının az olması, habitatın sabit olmaması ve insan müdahalesine açık olmasından dolayı yok olma riski oldukça yüksektir (Ducouso & Bordacs, 2004).

Q. robur ak meşeler arasında Avrupa'da en geniş yayılışa sahip türlerden biridir (Ducousso & Bordacs, 2004). Toprak yapısı ve kıtasal iklim değişikliklerine karşı toleranslıdır, zengin ve nemli toprakları tercih etmektedir. Düzlükler, platolar ve yamaçlarda birincil meşe türü olarak *Q. robur* bulunmaktadır. Doğal yayılış alanını aşan çok sayıda küçük meşcereler halinde bulunabilir. Karışık meşcerelerde türler arası gen akışının var olduğu belirtilmiştir (Bacilieri et al., 1993).

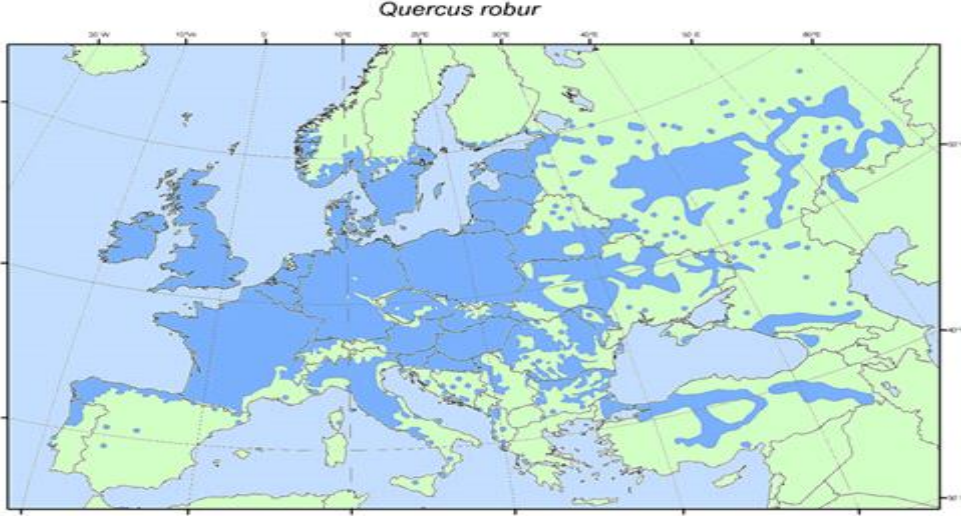
Anadolu'da iki alt türü bulunan *Q. robur*; Trakya, Marmara ve Orta Anadolu bölgesinde *Q. robur ssp. robur* ve Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde *Q. robur ssp. pedunculiflora* ile temsil edilir. *Q. robur ssp. robur*' un yaprakları kısa saplı ya da sapsızdır (subsesil), geniş lobludur, çiçek sapı (2-)-4-10(-12) cm ve görece ince uzun bir dal gibidir. *Q. r. pedunculiflora*'nın yaprak sapı ise belirgin şekilde uzundur (2 cm'e kadar), dar lobludur, çiçek sapı 2-6 cm'dir ve görece daha iridir (Davis, 1982).

2.2. Verilerin Elde Edilmesi ve Hazırlanması

2.2.1. Çalışma Alanı ve Gözlem Verileri

Kozmopolit dağılıma sahip türlerin güncel dağılım alanlarını nasıl oluşturduğu tarihsel biyocoğrafya kapsamında sıklıkla tartışılan konulardan biridir. *Quercus robur* dünya üzerinde kozmopolit dağılıma sahip ılıman kuşak türlerinden biridir. Yapılan bu tez çalışması ile *Q. robur* türünün Avrupa ölçeğindeki dağılımının kökenini araştırılmış ve Anadolu'nun geç Kuvaterner buzul dönemlerinden son buzul maksimumu süresince sığınak alanlardan biri olup olmadığı bir bitki türü açısından test edilmiştir.

Q. robur'un Batı Palearktik bölgedeki güncel dağılımı (bkz. Şekil 2.1) dikkate alınarak çalışılacak örneklem alanı belirlenmiştir (Ducousso & Bordacs, 2003). Bu doğrultuda seçilen çalışma alanı 12° - 57° doğu boylamları ile 33° - 75° kuzey enlemleri arasında kapsamaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. *Q. robur*'a ait güncel dağılım haritası (<http://www.euforgen.org/distribution-maps>)

Q. robur'a ait gözlem kayıtlarının tümü, tür dağılım haritaları ve taksonomik verilerin kolay kullanımını hedefleyen bir yazılım aracı olan ModestR sürüm 3 (García-Roselló et al., 2014) yardımıyla, ücretsiz ve açık bir biyoçeşitlilik veritabanı olan Küresel Biyoçeşitlilik Bilgi Servisinden (GBIF: *Global Biodiversity Information Facility*, <http://www.gbif.org/>) elde edilmiştir. Bu veritabanından *Q. robur*'a ait toplam 305.104 veri kaydı elde edilmiştir.

Ekolojik niş modeli çıktılarının yanlı istatistiksel sonuçlar vermemesi ve seçilen noktaların türün potansiyel dağılımını en doğru şekilde öngörmesi açısından gözlem verilerinin çalışılan alan içinde homojen olarak dağılması gerekmektedir (Phillips et al., 2006; Elith et al., 2011; Merow et al., 2013). Bu öngörüü sağlamak için seçilen çalışma alanı içinden 100 km aralıklarla rastgele örneklem kayıtları seçilerek kullanılmıştır. Tez kapsamına dâhil edilen tüm gözlem kayıtları ModestR ile dünya haritası üzerinde görselleştirildikten sonra tür için uygun olmayan habitatlarda yer alan örneklemelerin tamamı (örneğin okyanus üzerinde yer alan gözlem noktaları) analizlerde kullanılacak veri setinden elenmiştir. Gerek Küresel Biyoçeşitlilik Bilgi Servisinde yer alan gözlem kayıtları, gerekse bilimsel literatür içerisinde yer alan gözlem kayıtları Anadolu'ya ait çok fazla veri içermediği için bu bölgeye ait gözlem kayıtlarına, Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü Herbaryumu'ndan (HUB) ve P. H. Davis'in 'Türkiye ve Doğu Ege Adaları'nın Florası' isimli kitap serisinin 7. cildinde yer alan *Q. robur* ile ilgili kısımdan (Karavin & Yaltırık, 1982) ulaşılmıştır. Anadolu için Avrupa'nın diğer bölgelerine benzer standartta bir veri seti bulunmadığından ve türün bu bölgedeki varlığının kesinliği Trakya, Batı, İç ve Doğu Anadolu'da

gerçekleştirilen arazi çalışmaları ile doğrulandığından, bu bölge için elde edilen 40 gözlem kaydının tamamı analizlerde kullanılacak olan veri setine eklenmiştir.

Arazi çalışmaları Anadolu'daki beş coğrafi bölgeyi kapsayacak şekilde ve *Q. robur*'un iki alt türünün populasyonları ve hibrit zonları göz önünde bulundurularak yürütülmüştür. Arazi çalışmaları kapsamında 2014 yılının Ağustos - Eylül ayları arasında Ankara, Çankırı, Kastamonu, Sinop, Tokat, Amasya, Trabzon, Rize, Artvin, Erzurum, Tunceli, Erzincan, Muş, Bingöl, Bitlis, Antakya, Adana, Aksaray, Sivas, Konya, Eskişehir, Bilecik, Bursa, Balıkesir, Tekirdağ, İstanbul, Sakarya ve Bolu illerinden toplam 40 farklı popülasyondan örneklem alınmıştır. Bu örneklemeler sırasında her popülasyondan 5 bireye ait yaprak ve meyve örnekleri elde edilmiştir ve arazide elde edilen bu örnekler teşhisleri herbaryumda yapılan karşılaştırmalarla doğrulanmıştır.

Çevrim içi veri tabanları ve literatür çalışmalarından elde edilen gözlem kayıtları ile arazi çalışmasından elde edilen kayıtlar bir ofis yazılımı (Excel 2011 sürüm 14.4.8) yardımıyla birleştirildikten sonra virgülle ayrılmış değerler formatında (csv) kaydedilmiştir. Hazırlanan veri setine ait .csv uzantılı dosya toplam üç farklı alana ait bilgiler içermektedir. Bunlar tür bilgisi, enlem ve boylam bilgilerini içermektedir. Bu dosya daha sonra 'MaxEnt (Maximum Entropy Modelling) sürüm 3.3.3 yazılımı ile analiz sürecine dâhil edilmiştir.

Hazırlanan veri dosyasının analiz öncesi son kontrolleri konumsal çeşitlilik analizlerini gerçekleştirmek için tasarlanmış bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) aracı olan Diva-GIS yazılımı ile yapılmıştır. Kullanımı kolay ve ücretsiz bir yazılım olan Diva-GIS, biyocoğrafya ile ilgilenen araştırmacıların rahatlıkla erişebilecekleri bir yazılımdır (Hijmans et al., 2012). Bu tez çalışmasında Diva-GIS sürüm 7.5 kullanılmış (<http://www.diva-gis.org>) ve hazırlanan veri dosyası bu yazılıma aktararak gözlem verilerine ait coğrafi koordinatlar kontrol edilmiştir. Bu kontroller sırasında Diva-GIS yazılımının sunduğu bir diğer olanak da kullanılarak, veri seti Google Earth (sürüm 7.1.2.2041) yazılımına aktarılmış ve gözlem kayıtlarına ait habitatlar da kontrol edilmiştir. Tüm kontroller ve veri elemesi sonucunda toplam 255 pozitif gözlem verisi analizlere dahil edilmek üzere hazırlanmıştır (Ek 1).

2.3. İklim Verilerinin Elde Edilmesi

Ekolojik niş modellerinin oluşturulması sırasında kullanılacak olan biyoiklimsel değişkenlerin tamamı WorldClim veri tabanından (<http://www.worldclim.org>) elde edilmiştir. WorldClim veritabanı, 1950-2000 yılları arasında küresel, bölgesel, ulusal ve

yerel meteoroloji istasyonlarındaki kaynaklardan toplanan iklim verilerinin interpolasyonu ile oluşturulan küresel iklim yüzeylerini içermektedir (Hijmans et al., 2005). Bu yüzeyler, elde edildikleri kaynakların aylık sıcaklık ve yağış ortalamaları ile varyasyonlarından üretilen 19 biyoiklimsel değişkeni içermektedir. Oluşturulan 19 biyoiklimsel değişken; yıllık ortalama sıcaklık ve yağış gibi yıllık eğilimleri, mevsimselliği ve en soğuk ve en sıcak ayın sıcaklığı, en kurak ve en yağışlı çeyreğin yağış miktarı gibi sınırlayıcı çevresel faktörleri temsil etmektedir (Tablo 2.1).

Tez çalışmasında seçilen çalışma alanının oldukça geniş olması, pozitif gözlem verilerinin 100 km'lik aralıklarla seçilmesi ve çalışılan model organizmanın bir ağaç türü olması nedeni ile günümüz, son buzul maksimumu ve Orta Holosen dönemleri için 2,5 dakikalık çözünürlüğe sahip iklimsel değişkenler kullanılmıştır.

Tablo 2.1. Biyoiklimsel değişkenler ve tanımları

BİYOİKLİMSEL DEĞİŞKENLER	AÇIKLAMALAR
BIO1	Yıllık ortalama sıcaklık
BIO2	Ortalama diurnal aralık [Aylık ortalama (maks sic.- min. sic.)]
BIO3	İzotermalite (BIO2/ BIO7) (*100)
BIO4	Mevsimsel sıcaklık (Standart sapma*100)
BIO5	En sıcak ayın maksimum sıcaklığı
BIO6	En soğuk ayın minimum sıcaklığı
BIO7	Yıllık ortalama sıcaklık aralığı
BIO8	En yağışlı çeyreğin ortalama sıcaklığı
BIO9	En kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı
BIO10	En sıcak çeyreğin ortalama sıcaklığı
BIO11	En soğuk çeyreğin ortalama sıcaklığı
BIO12	Yıllık ortalama yağış miktarı
BIO13	En yağışlı ayın yağış miktarı
BIO14	En kurak ayın yağış miktarı
BIO15	Yağış mevsimselliği
BIO16	En yağışlı çeyreğin yağış miktarı
BIO17	En kurak çeyreğin yağış miktarı
BIO18	En sıcak çeyreğin yağış miktarı
BIO19	En soğuk çeyreğin yağış miktarı

2.3.1. İklim Verilerinin Analizler İçin Hazırlanması

WorldClim veri tabanından alınan 19 iklim değişkeni alansal olarak tüm dünyayı temsil etmektedir. Bu sebeple ele alınan iklimsel değişkenler MaxEnt analizlerine aktarılmadan önce *Q. robur* için kısım 2.2.1. altında verilmiş olan dağılım alanı sınırlarına göre

kesilmiştir. Bu kesme işlemi Diva-GIS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir (Hijmans et al., 2012).

Coğrafi bilgi sistemleri ile ilgili çevrimiçi ve çevrimdışı çalışan bilgisayar yazılımları farklı dosya formatlarını kullanmaktadırlar. Bu dosyaların uzantıları .grd, .asc, .bil, .hdr ve .kmz şeklindedir. MaxEnt, ESRI ASCII raster formatındaki (.asc uzantılı dosyalar) verileri kullanmaktadır. Bu formattaki veriler ESRI firması tarafından ArcGIS programı için tasarlanmıştır (<http://www.esri.com/software/arcgis>). MaxEnt yaklaşımı için dışarı aktarılarak ASCII formatında kullanılabilir. Bu format ile tüm dünya eşit hücrelere bölünmüştür ve MaxEnt ile yapılan analizlerde her hücre için verilen uygun özellik sayısallaştırılarak sonuca yansıtılır. WorldClim veri tabanından alınan ham dosyalar ‘.bil’ uzantılı dosya formatında oldukları için ‘.asc’ uzantılı dosya formatına dönüştürülmeleri gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak aşağıdaki aşamalar .bil uzantılı dosyalara uygulanmıştır.

Diva-GIS ile gerçekleştirilen ilk basamak “çoklu dosyaları grid dosyalarına dönüştür” komutu ile .grd uzantılı dosyalar elde edilmiştir. Bu basamağı takiben .grd uzantılı 19 iklimsel değişkene ilişkin dosyalar yine aynı yazılım ile küme haline getirilmiştir. Bu aşamadan sonra küme halinde bulunan 19 iklim değişkeni Diva-GIS bilgisayar yazılımının kesme seçeneği kullanılarak *Q. robur*’un ilgilendiğimiz dağılım alanı sınırlarına göre kesilmiştir. Uygun çalışma alanının seçilmesi yani türün güncel dağılımını doğru bir şekilde yansıtan alanın belirlenmesi ekolojik niş modeli oluştururken oldukça önemlidir, çünkü çalışma alanının olağandan dar ya da geniş seçilmesi halinde MaxEnt’in kullandığı arkaplan verileri bu alanla örtüşme göstermeyip sonuçlarda hata oranının artmasına sebep olabilir (Araújo & Guisan, 2006; Phillips et al., 2006). Bu basamaklardan sonra *Q. robur*’un tez kapsamında ilgililenen dağılım alanına göre kesilmiş iklim verileri Diva-GIS yazılımının çoklu .grd uzantılı dosyaları dışarı aktarma özelliği ile ASCII (.asc) formatına dönüştürülmüştür.

2.4. Ekolojik Niş Modellerinin Oluşturulması

Q. robur’ un dağılım alanını yansıtan iklim verileri ile pozitif gözlem verileri MaxEnt sürüm 3.3.3k ile analiz edilmiştir (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>). Örnekler kısmına .csv formatında kaydedilmiş türe ait veriseti seçilerek yüklenmiştir. Çevresel katmanlar kısmına ise Diva-GIS yazılımında kesilen günümüze ait iklimsel veriler yüklenmiştir.

Model varsayılan ayarlar üzerinden yürütülmüştür (Phillips, 2010). Buna göre, doğrusal, kuadratik, eşik değeri, bağlantı ve ürün özelliklerini bir arada kullanan otomatik özellikler tercih edilmiştir. Bu “özellikler” çevresel değişkenlerin gerçek değerli fonksiyonlarından türetilmiş kümelerdir (Phillips & Dudík, 2008). “Düzenleme çarpanı” 1 olarak alınmıştır. Pozitif gözlem verileri doğrultusunda alandan rastgele olarak seçilen maksimum arkaplan verisi 10.000’dir. Tekrarlanan çalıştırma şekli “çapraz sağlama” olarak seçilmiş ve her model için 10 tekrar yapılmıştır. Maksimum yineleme sayısı 500, kapanma sınırı 0,0001 olarak alınmıştır.

Her değişkenin model çıktılarını nasıl etkilediğini değerlendirmek için “cevap eğrileri oluştur” seçeneği kullanılmıştır. Ardından her iklimsel değişkenin modele göreli katkısını hesaplayabilmek için jackknife analizi uygulaması seçilmiştir. Maxent yaklaşımı ham, logaritmik ve lojistik olmak üzere üç farklı model çıktısı üretebilmektedir. Bu çıktılar monoton olarak birbirleri ile ilişkilidir yani alan sıralamalarını aynı şekilde yaparlar, böylece AUC (eğri altında kalan alan) değeri hesaplamalarında aynı istatistiği kullanırlar. Bu çalışmada görece doğruluk payı daha yüksek olan ve türün pozitif varlık verilerine göre 0 ile 1 arasında bir olasılık skalası oluşturan lojistik format kullanılmıştır. Tüm ayarlar seçildikten sonra öngörü veri dosyası son buzullar arası dönem (120.000 yıl önce), son buzul maksimumu (21 bin yıl öncesi) ve orta Holosen’e (yaklaşık 6 bin yıl öncesi) ait iklimsel veriler seçilerek her dönem için model uygulamaları aynı ayarlar ve tekrarlar ile gerçekleştirilmiştir.

2.5. Analizler

Ekolojik niş modeli uygulaması WoldClim veritabanından alınan son buzul dönemine ait üç ve orta Holosen dönemine ait dokuz farklı iklimsel veriseti üzerinden yapılmıştır. Son buzul dönemi için CCSM sürüm 4 (*Community Climate System Model*), MIROC-ESM (*Earth System Model for Model for Interdisciplinary Research on Climate*) ve MPI-ESM-P (*Earth System Model of Max Planck Institute of Meteorology*) verisetleri, Orta Holosen dönemi için BCC-CSM1.1 (*Beijing Climate Center - Climate System Models*), CCSM4, CNRM-CM5 (*Coupled Models of National Centre for Meteorological Research*), HadGEM2-CC (*Hadley Global Environment Model 2- Carbon Cycle*), HadGEM2-ES (*Hadley Global Environment Model 2- Earth System*), IPLS-CM5A-LR (*Institute Pierre Simon Laplace Earth System Models for the 5th IPCC Report- Low Resolution*), MIROC-ESM, MPI-ESM-P ve MRI-CGCM3 verisetleri kullanılmıştır.

Her bir veriseti için ekolojik niş modeli uygulaması yapılmış ve model sonuçları ilgili dosyalara kaydedilmiştir. Her döneme ait birden fazla veriseti ve buna bağlı model çıktısı olduğu için bu çıktıların ortalaması alınarak birleştirilmiş ve ortak bir sonuç elde edilmiştir. Bunun için Diva-GIS yazılımının “üst üste bindirme” özelliği kullanılmıştır. Bu işlem şu şekilde yürütülmüştür: Sırası ile her bir verisetine ait model çıktısı ilk girdi olarak, bir sonraki model çıktısı ikinci girdi olarak seçilmiş ve “üst üste birleştirme (grid overlay)” seçeneği ile birleştirilerek ortak bir model elde edilmiştir. Her dönem için olan verisetlerine ait modeller bu şekilde birleştirilerek sonuçta tek bir model sonucu oluşturulmuştur.

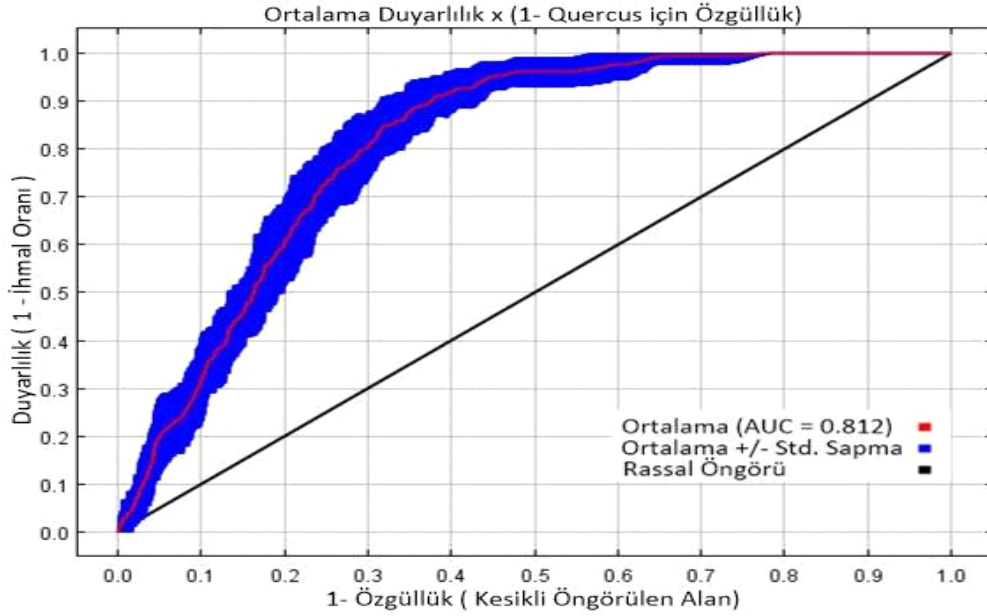
Her döneme ait son model çıktıları habitat uygunluğuna göre değerlendirilmiştir. Diva-GIS yazılımında bu değerlendirme 0 ile 1 arasında değişen beş değer olarak ve her değer için farklı bir renk kullanılarak görselleştirilmiştir. Renkler koyu yeşilden kırmızıya doğru artar ve koyu yeşil tür için en az uygun olan habitatları belirtirken, kırmızı tür için en uygun habitatları belirtir. Son buzul dönemi için üç verisetine ait model çıktısı birleştirilmiştir bu nedenle son model çıktısı 0 ile 3 arasında değerler almaktadır. Bu değerleri 0 ile 1 arasında bir ortalama ile göstermek için son toplam (3,0) 5'e bölünmüş ve sonuç olarak her aralık 0,6'lık bir değer olarak hesaplanmıştır.

Orta Holosen için birleştirilen 9 veriseti sonucu için de aynı işlem yapılmıştır ve her aralık için 1,8'lik bir değer hesaplanmıştır. Sonuç olarak renk aralıklarının artışı 0,2 olarak belirtilmiştir, koyu yeşil alanlar 0 ile 0,2 arasında iken kırmızılar 0,8 ile 1 arasında değer alan noktaları belirtmektedir.

3. SONUÇLAR

MaxEnt'te oluşturulan model çıktıları için lojistik format kullanılmıştır. Seçilen maske içindeki yazılım tarafından oluşturulmuş her bir hücre 0 ile 1 arasında değişen değerlere göre, yani türün söz konusu hücre içinde bulunma olasılığına göre renklenme göstermektedir. En düşük olasılık 0 ile, en yüksek olasılık ise 1 ile gösterilmektedir. Model çıktılarının olasılık değerleri her renk grubu için değer aralığı 0,2 olacak şekilde gösterilmiştir.

ROC eğrileri ile ortaya konan AUC değerleri, modelin başarısının istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir. Ortalama AUC değeri 0,812 ve standart sapması ise 0,028 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen ortalama AUC değerine göre, oluşturulan modellerin sonuçlarının tahmin başarıları yüksektir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Günümüz MaxEnt modeli ROC eğrisi ve ortalama AUC değeri

Çevresel değişkenler bazında modele dahil edilen 19 biyoiklimsel değişkenin türün dağılım örüntüsünü hangi oranlarda etkilediği hesaplanmıştır. Kullanılan "percent contribution" değerlerinin her tekrarda aldığı % etki değerleri ile standart sapmaları Tablo 3.1 ile gösterilmiştir.

Tablo 3.1. 19 biyoiklimsel değişkenin her bir tekrarda aldığı değerler, standart sapmaları ve türün dağılım örüntüsüne etkisini gösteren katkı değerleri.

	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5	Rep 6	Rep 7	Rep 8	Rep 9	Rep 10	ORT	STD. SAP.
BIO1	6,3	4,9	5,3	7,3	2,9	8,1	8,5	4,8	5,8	4,5	5,8	1,7
BIO2	0,6	0,7	1,1	0,9	0,4	0,5	0,6	0,8	0,7	0,7	0,7	0,2
BIO3	1	0,1	0,1	0,2	0,8	0,1	0,8	0,2	0,2	0,1	0,4	0,4
BIO4	11,9	10,9	16,2	20,5	24,8	23,2	15,7	21,4	18,9	23,4	18,7	4,9
BIO5	1,4	1,1	1,9	4,2	1,2	7,3	1,1	2,8	1,2	3,2	2,5	2
BIO6	0,3	0	0,3	2,2	4,9	1,7	0,2	0,2	0,1	0,4	1	1,5
BIO7	21,1	22	11,3	8,3	9,8	9,5	12,5	5,4	9,6	9	11,9	5,4
BIO8	1,2	4	4	2,2	1	1,5	1,8	2,6	2,2	2,2	2,3	1
BIO9	15,5	14,6	18,1	12,9	9	14	16,7	18,2	12,6	14,8	14,6	2,8
BIO10	25,9	24,9	23,4	25,7	27,1	21,4	26,3	27,2	28,5	25,6	25,6	2
BIO11	4,6	6,5	3,3	4,7	10,4	5,6	5,6	3,5	11,1	4,7	6	2,7
BIO12	0	0	6,2	0,1	0	0,1	1	0	0	0	0,7	1,9
BIO13	1,1	1,1	0	1,5	0,2	0,9	0,3	0,6	0,8	0,4	0,7	0,5
BIO14	0,9	0,7	1,2	1,2	1,1	1,1	0,7	1,4	1	1,1	1	0,2
BIO15	0,1	0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	0,5	0,5	0,1	0,1	0,3	0,2
BIO16	0,1	0,3	0,2	0	1,8	0,5	0,1	0	0	0,3	0,3	0,5
BIO17	1,1	1,1	1,1	1,1	2	0,8	1,2	1,4	1,5	1,2	1,3	0,3
BIO18	1,2	1,1	1,1	0,6	1,1	1,2	1	1,6	0,7	1,5	1,1	0,3
BIO19	5,8	5,8	4,9	6,1	0,9	2,2	5,3	7	5	6,8	5	2

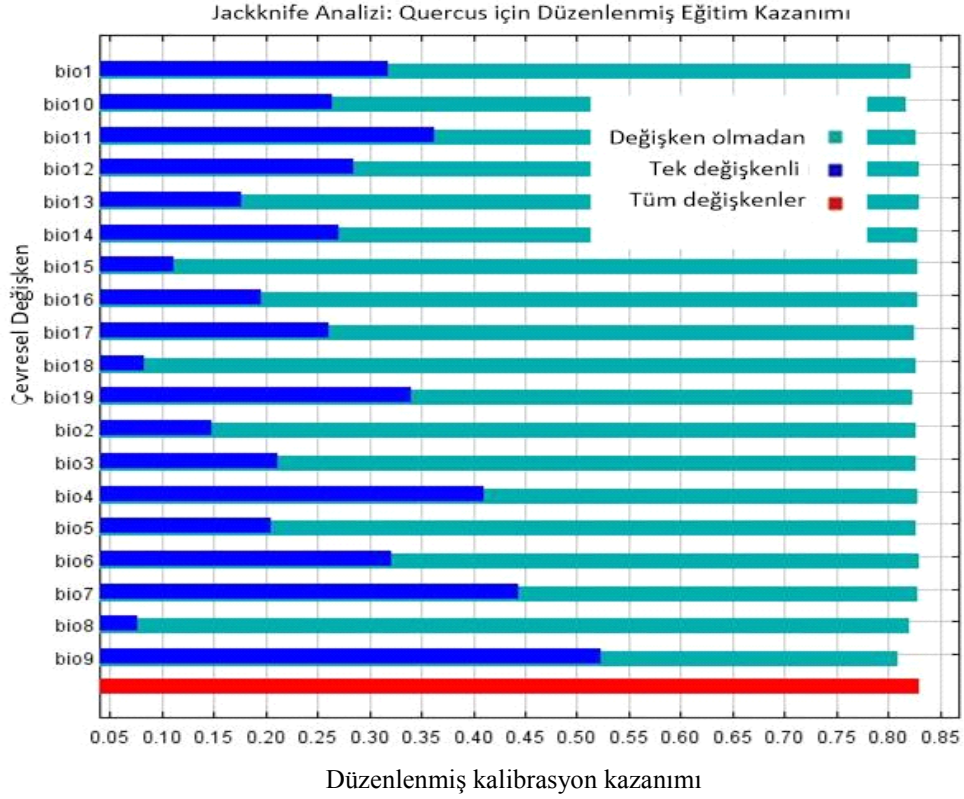
Elde edilen değerlere göre türün dağılımına en yüksek katkı sağlayan değişkenler sırasıyla, %25,6 oranı ile BIO 10 (en sıcak çeyreğın ortalama sıcaklığı), %18,7 oranı ile BIO 4 (sıcaklığın mevsimselliği), %14,6 oranı ile BIO 9 (en kurak çeyreğın ortalama sıcaklığı) ve

%11,9 oranı ile BIO 7 (yıllık ortalama sıcaklık aralığı) şeklindedir (Tablo 3.1 ve 3.2). Kullanılan 19 biyoiklimsel değişkenin MaxEnt tahminine anlamlı bir katkı yapıp yapmadığı ise oluşturulan cevap eğrileri ile değerlendirilerek model çıktısında elde edilmiştir.

Tablo 3.2. 19 biyoiklimsel değişken ve model çıktısına katkıları.

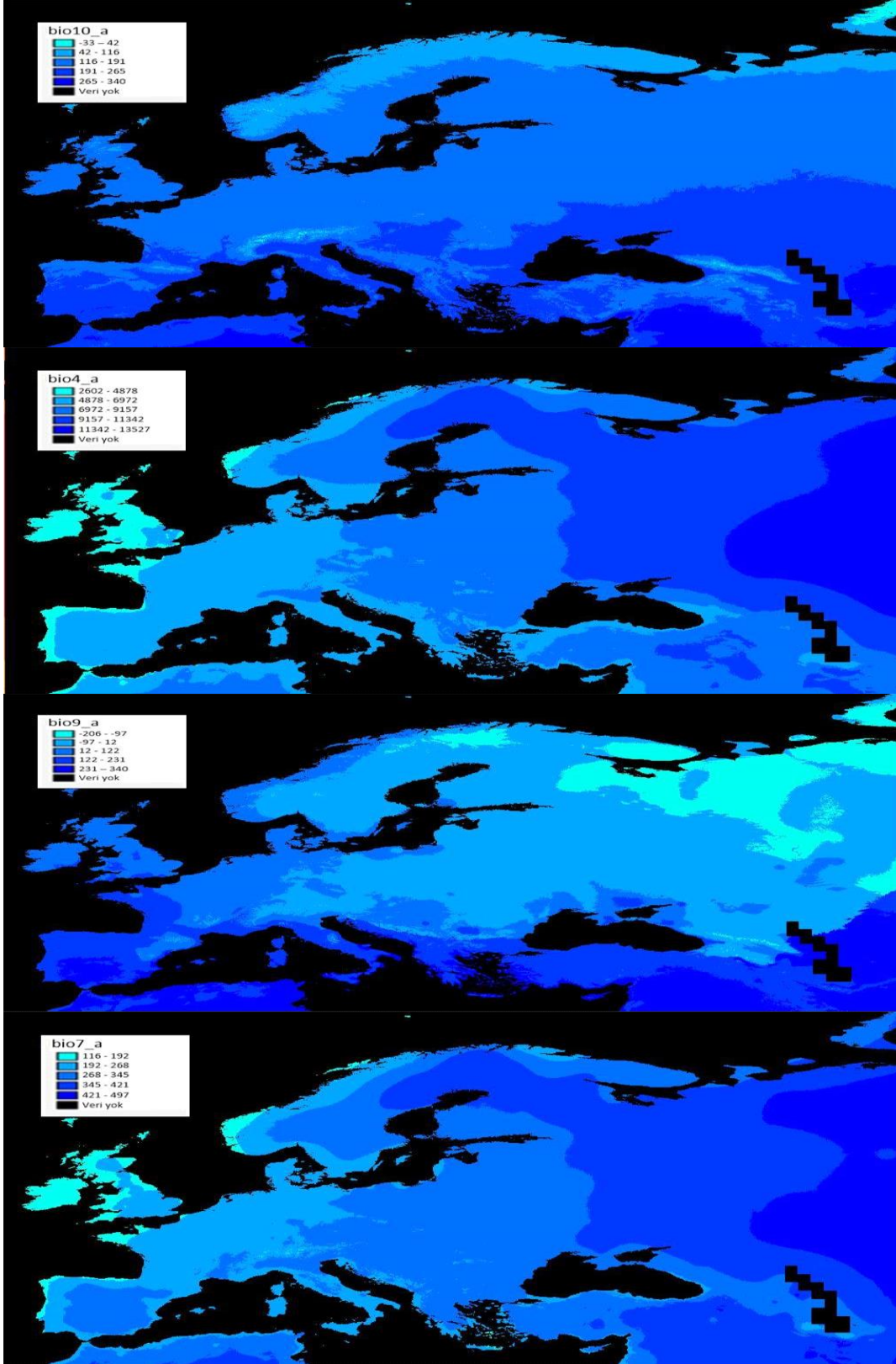
NO	DEĞİŞKEN	% ETKİ DEĞERİ	NO	DEĞİŞKEN	% ETKİ DEĞERİ
1	BIO10	25.6	5	BIO11	6
2	BIO4	18.7	6	BIO1	5.8
3	BIO9	14.6	7	BIO19	5
4	BIO7	11.9	8	BIO5	2.6
TOPLAM		70.8	9	BIO8	2.3
			10	BIO17	1.2
			11	BIO18	1.1
			12	BIO14	1
			13	BIO6	1
			14	BIO12	0.7
			15	BIO13	0.7
			16	BIO2	0.7
			17	BIO3	0.4
			18	BIO16	0.3
			19	BIO15	0.3
			TOPLAM		29.1
			GENEL TOPLAM		99.9

Bunun yanı sıra yapılan jackknife analizi ile her bir değişkenin model çıktısına olan bağımsız etkileri elde edilmiştir Jackknife analizine göre, model çıktısına en çok etki eden değişkenler arasında BIO9'un (en kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı), diğer değişkenlerden ayrı olarak değerlendirildiğinde en çok kazanımı yapan değişken olduğu görülmüştür. Yine aynı şekilde biyoiklimsel değişkenler içinden BIO9 çıkarılıp diğer değişkenler tekrar kendi içinde değerlendirildiğinde kazanımın düştüğü görülmüştür (Şekil 3.2). Bununla beraber, modele en çok katkı yapan diğer üç değişkenin de jackknife analizi sonuçları incelendiğinde, tek başına değerlendirildikleri zaman kazanımı arttırdığı görülmektedir. Her bir değişkenin tek başına model çıktısına olan katkısı oluşturulmuş cevap eğrileriyle gösterilmiştir (Ek 5).



Şekil 3.2. *Q. robur* için oluşturulan düzenlenmiş eğitim verisi kazanımı

Modelde kullanılan iklimsel değişkenler, güncel dağılıma uygun olarak seçtiğimiz çalışma alanı içindeki pozitif varlık verileri ile birlikte değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede günümüz dağılım öngörüsünün güncel dağılım ile ne kadar örtüştüğü değerlendirilmiştir. Ayrıca modele katılan pozitif varlık verileri doğrultusunda, hangi iklimsel değişkenlerin türün dağılımına en çok katkı yaptığı tespit edilmiştir. Böylece seçilen maske içerisindeki herhangi bir noktada türün bulunma olasılığının en çok hangi değişkenlere bağlı olduğu ortaya koyulmuştur. Daha sonraki model öngörülleri (son buzullar arası, son buzul maksimumu ve orta Holosen döneme ait) yapılırken, günümüz model çıktısı temel alınarak bu değişkenlerin etki alanları doğrultusunda model sonuçlarını oluşturmuştur. Modele en çok katkı yapan ilk dört iklimsel değişkenin etki alanları Şekil 3.3 ile gösterilmektedir.



Şekil 3.3. *Q. robur*'un coğrafi dağılımını en çok etkileyen dört iklimsel değişkenin coğrafi olarak dağılım alanları.

3.1. Son Buzullar Arası Dönem Dağılım Modeli

Türün bilinen pozitif varlık verilerine göre oluşturulan dağılım modellerinde uygun alanlar 0 ile 1 arasında değişen değerlere göre yeşilden kırmızıya doğru renklenme göstermektedir. Sarı, turuncu ve kırmızı ile renklenme gösteren alanlar tür için uygun iklimsel koşulları barındıran habitatları belirtmektedir.

Q. robur için oluşturulan son buzullar arası döneme ait model çıktısı Şekil 3.4 ile gösterilmektedir. Genel anlamda bu dönemdeki türün potansiyel dağılım alanı ile günümüz dağılım alanı karşılaştırıldığı zaman, türün dar bir dağılıma sahip olduğu, orta ve doğu Avrupa'da iklimsel uygunluğa sahip potansiyel alanların olmadığı görülmektedir. Fransa'nın güneyi, İtalya, Balkanlar ve Anadolu için bu dönemde uygun alanlar öngörülmüş olsa da günümüze göre çok daha parçalı bir dağılım söz konudur.

3.2. Son Buzul Maksimumu Dağılım Modeli

Q. robur için oluşturulan son buzul maksimumu model çıktısı Şekil 3.5 ile gösterilmektedir. Burada verilen model çıktısı son buzul maksimumuna ait üç verisetinin birleştirilip olasılık değerlerinin yeniden sınıflandırılarak elde edilmesiyle oluşturulmuştur. Bu döneme ait birleştirilmemiş ve sınıflandırılmamış her bir verisetinin çıktısı EK 3'te verilmiştir.

Son buzul maksimumuna ait dağılım çıktısı günümüz dağılımı ile karşılaştırıldığında türün kuzey enlemlerdeki dağılımının potansiyel olarak ortadan kalktığı görülmektedir. Bu dönem için türe ait en kuzeydeki olası dağılım alanı için potansiyeli en yüksek bölge günümüzde Britanya'nın güneyi ile batı Avrupa kıyılarının en kuzey ucu, en güneydeki olası dağılım alanı için potansiyeli en yüksek bölge ise Kuzey Afrika kıyıları olarak öngörülmektedir. Özellikle Biskay Körfezi'nden başlayıp tüm Fransa'yı içine alarak devam eden ve İber Yarımadası dahil tüm güney Avrupa boyunca kesintisiz olarak devam eden tür için öngörülen uygun iklim koşulları dikkat çekmektedir.

Anadolu incelendiği zaman ise güneyde Torosların kuzey kısımları boyunca, kuzeyde Karadeniz kıyı şeridi boyunca, ayrıca Marmara bölgesinin tamamı, kısmen İç Anadolu ile Güneydoğu Anadolu'da tür için iklimsel uygunluğa sahip potansiyel alanlar bulunmaktadır. Anadolu dışında ise Karadeniz'in kuzey ve doğu kıyısı boyunca, yani Kırım, Rusya, Gürcistan ve güneyde kısmen İran'a doğru uzanan bölgelerde de tür için iklimsel uygunluğa sahip potansiyel alanlar bulunmaktadır.

3.4. Orta Holosen Dönemi Dağılım Modelleri

Q. robur için oluşturulan orta Holosen dönemi MaxEnt model çıktıları Şekil 3.6 ile gösterilmektedir. Burada verilen model çıktısı orta Holosene ait dokuz verisetinin birleştirilip olasılık değerlerinin yeniden sınıflandırılarak elde edilmesiyle oluşturulan sonuçtur. Bu döneme ait birleştirilmemiş her bir verisetinin çıktısı EK 4'te verilmiştir.

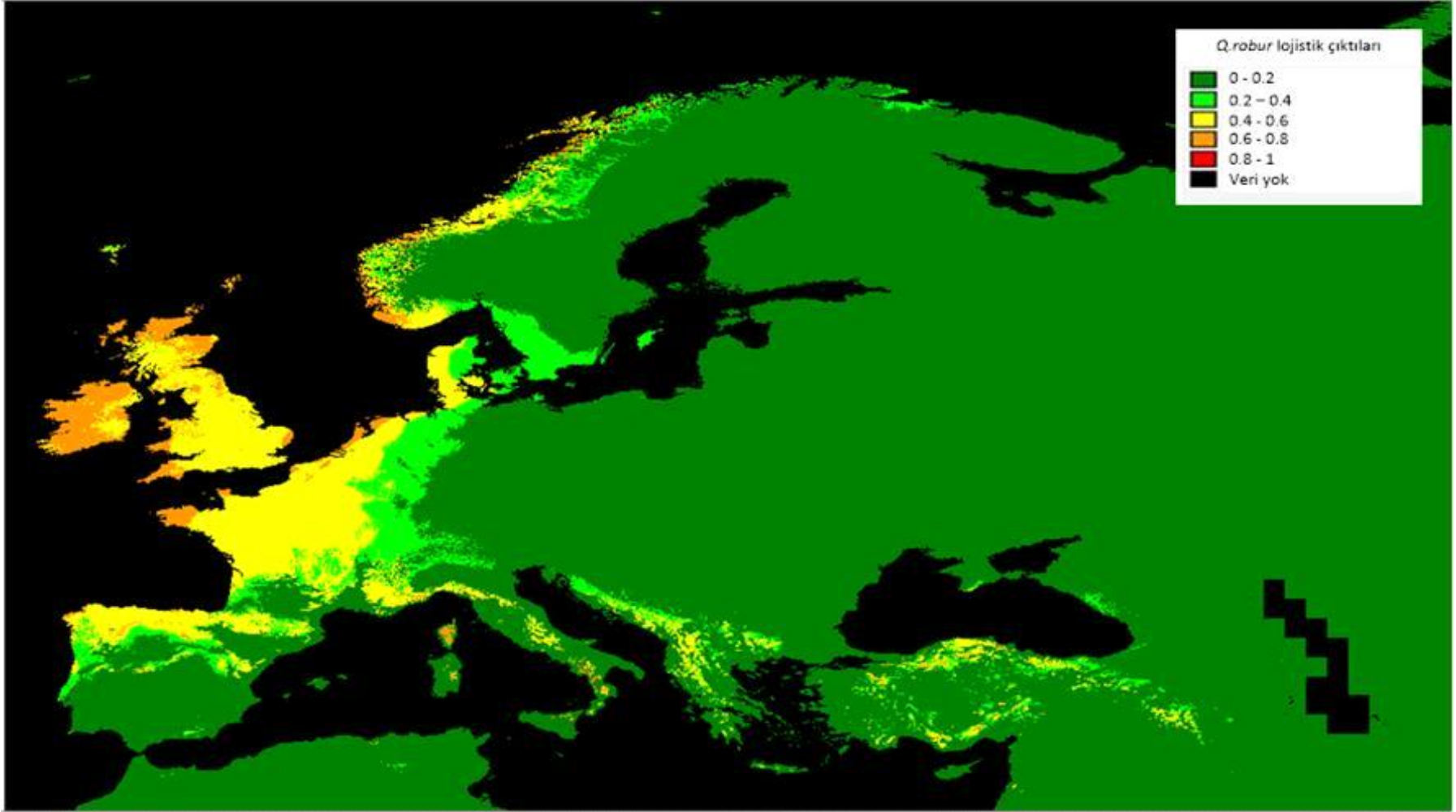
Bu döneme ait türün potansiyel dağılım alanı ile günümüz dağılım alanı karşılaştırıldığı zaman dağılım alanlarının oldukça benzer olduğu, ancak bu dönemde türün kısmen daha dar bir dağılıma sahip olduğu görülmektedir. İklimsel şartlara uygun olarak, son buzul maksimumundan sonra tekrar orta ve kuzey enlemlere doğru bir genişleme söz konusudur. Son buzullar arası dönemin aksine orta ve doğu Avrupa'ya doğru bir genişleme görülmektedir. Ayrıca güneyde belirlenen dağılım alanlarının da yine son buzullar arası döneme göre daha uygun ve geniş habitatlar içerdiği görülmektedir.

Anadolu'ya bakıldığında Marmara bölgesi dışında diğer bölgelerin günümüz dağılım alanı ile oldukça benzer oranlarda örtüştüğü görülmektedir. Karadeniz'in kuzey kıyılarında özellikle Kırım için uygun dağılım alanı öngörülmemiştir.

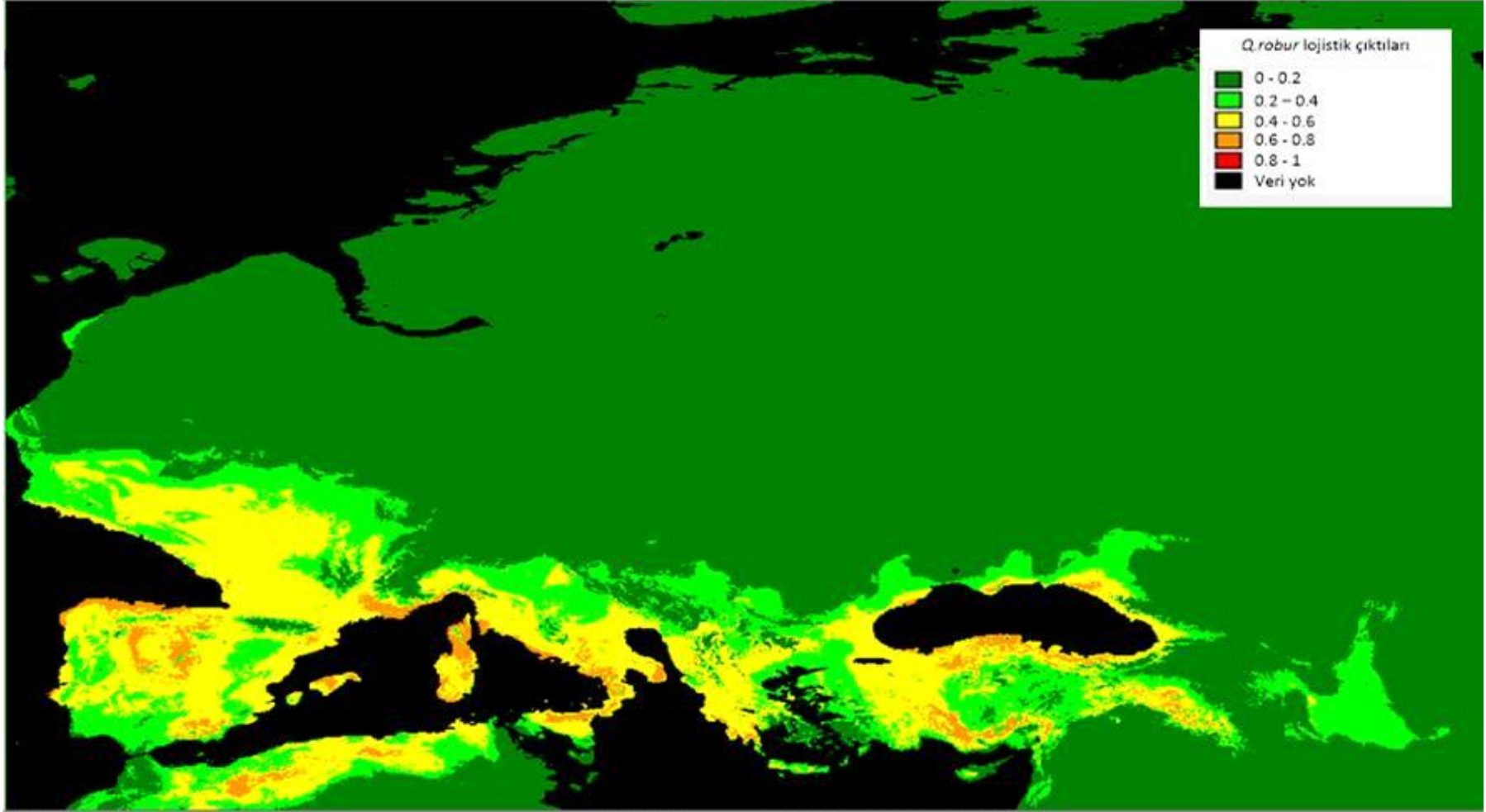
3.3. Günümüz Dağılım Modeli

Q. robur için oluşturulan günümüz model çıktısı Şekil 3.7 ile gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre *Q. robur*'un literatürden elde ettiğimiz Avrupa ve Orta Doğu'yu kapsayan güncel dağılım bilgisi ile model çıktısı büyük ölçüde uyumludur (Şekil 2.1).

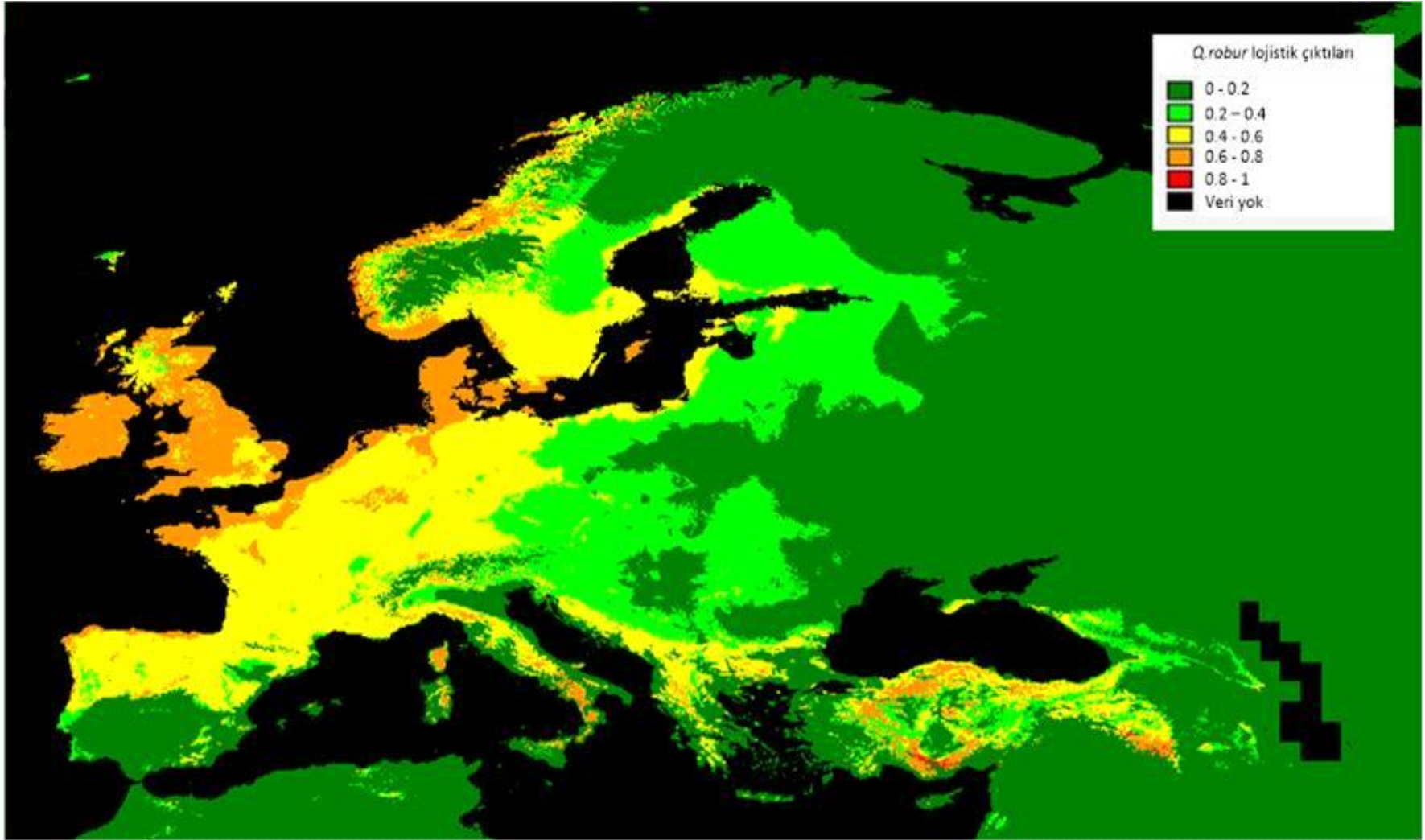
Son buzullar arası, son buzul maksimumu ve orta Holosen dönemleri için oluşturulan diğer model tahminleri güncel dağılım model sonuçları ve günümüze ait biyoiklimsel değişkenler üzerinden değerlendirilmiştir.



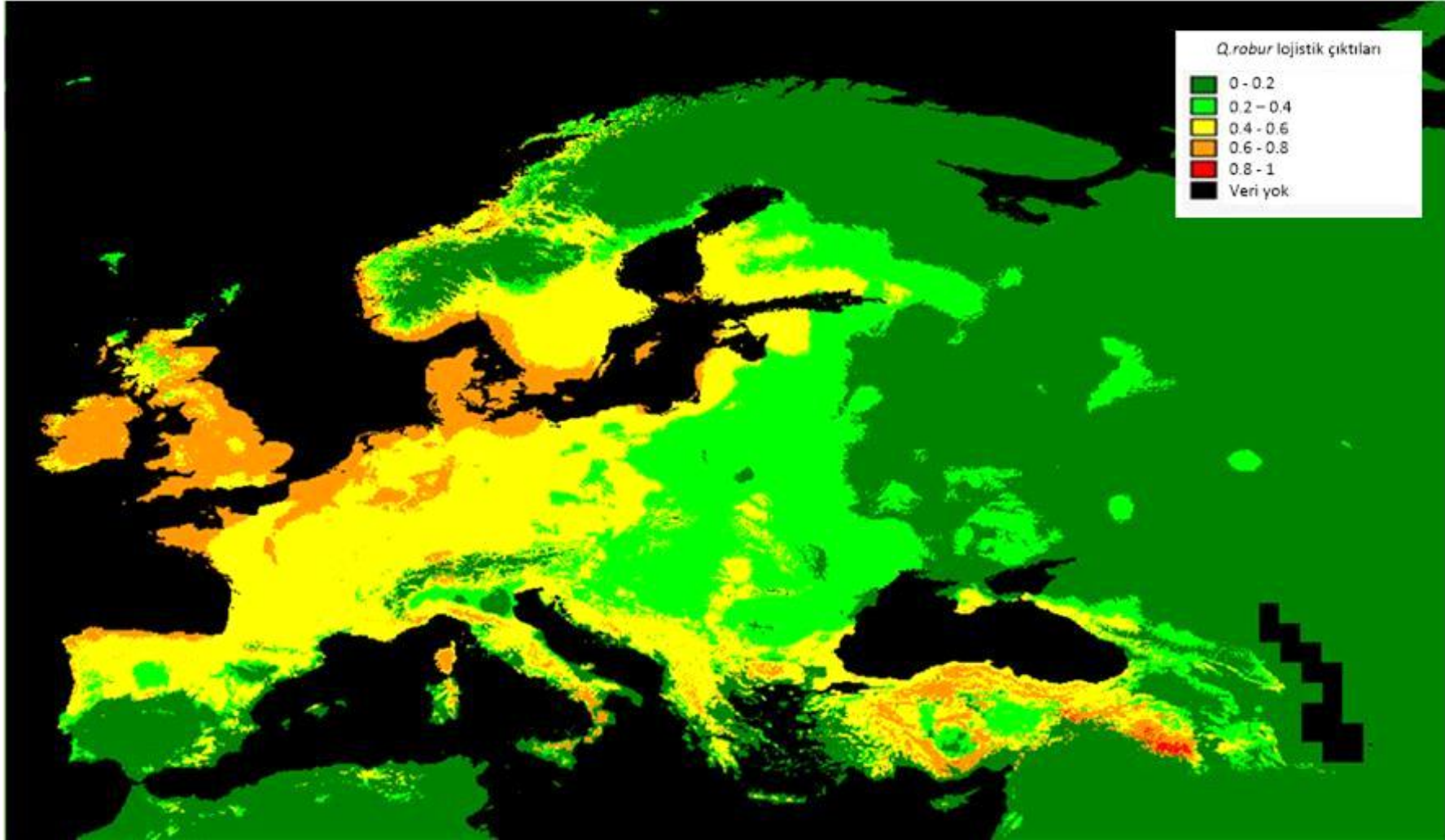
Şekil 3.4. *Q. robur*'a ait son buzullar arası dönem MaxEnt model çıktısı



Şekil 3.5. *Q. robur*'a ait son buzul maksimumu MaxEnt model çıktısı



Şekil 3.6. *Q. robur*'a ait orta-Holosen dönemi MaxEnt model çıktısı



Şekil 3.7. *Q. robur*'a ait günümüz MaxEnt model ıktısı.

4. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında *Quercus robur*'un dağılım örüntüsünün geç Kuvaterner dönemde meydana gelen iklimsel değişimlerden nasıl etkilendiği test edilmiş ve iklim değişimi ile *Q. robur*'un coğrafi dağılımı arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur. Bu amaç doğrultusunda canlıların coğrafi dağılımlarını iklimsel değişkenlerle ilişkilendirerek tahminleyen ekolojik niş modeli yaklaşımından faydalanılmıştır (Pearson & Dawson, 2003; Phillips et al., 2006; Elith et al., 2006; Merow et al., 2013). Bitki türlerinin coğrafi dağılımları, modelleme mantığının yanı sıra, polen analizleri (palinolojik çalışmalar) ve moleküler filocoğrafi çalışmalar yardımıyla farklı şekillerde de çalışılmaktadır (Örn; Bennett et al., 1991; Petit et al., 1993; Cottrell et al., 2002; Magri et al., 2007; Tsai & Carstens, 2013). Polen analizleri geçmiş hakkında kesinliği yüksek çok fazla bilgi verme potansiyeline sahip olsa da *Quercus* türlerini bu yöntemle ayırt ederek analizini yapmak zordur. Moleküler filocoğrafi analizler ise türlerin iklim değişimleri ile şekillenen dağılımlarının belirlenmesinin yanı sıra türlerin demografik yapıları hakkında da çıkarımlar yapılmasına olanak sağlar. Gerek polen analizleri gerekse de moleküler filocoğrafya teknikleri modelleme yaklaşımına göre daha güvenilir sonuçlar verse de, ekolojik niş modelinin tek başına türlerin coğrafi dağılım alanını yüksek güvenilirlikle belirleme potansiyeli olduğunun da altı çizilmiştir (Pearson & Dawson, 2003; Phillips et al., 2006; Elith et al., 2006; Elith et al., 2011; Merow et al., 2013). Ekolojik niş modeli iklimin türlerin coğrafi dağılım alanlarını nasıl şekillendirdiğini ortaya çıkarırken, bir yandan da, belki de en önemli olarak, türlerin ekolojik nişlerindeki kararlılığı ortaya koyar (Austin, 2002; Phillips et al., 2006; Stigall, 2012). Polen analizleri, moleküler filocoğrafya ve ekolojik niş modeli yaklaşımları ayrı ayrı ya da birlikte bitki türlerinin tarihsel biyocoğrafyaları hakkında çıkarımlar yapmamıza yardımcı olmaktadır. Bu tez çalışmasında ise ortaya konan hipotezi test etmek için yukarıda değinilen bu üç yaklaşımdan birisi olan ekolojik niş modeli üzerine odaklanılmıştır.

Ilıman kuşakta, geç Kuvaterner dönemde birbirini ardına gerçekleşen kuru ve soğuk buzul dönemler ile sıcak ve yağışlı buzullar arası dönemlerin oluşturduğu iklimsel dalgalanmalar sonucu vejetasyon yapısında değişiklikler meydana gelmiştir (Bennett, 1990; Médial & Diadema, 2009; Şenkul & Doğan, 2013). Son buzul maksimumunda kıtasal iklim farklılıklarının oluşması ve okyanus yüzeyindeki sıcaklığın azalmasıyla buharlaşmanın düşmesi, Akdeniz üzerinde sirkülasyon yapan hava akımlarındaki nemin azalmasına ve dolayısıyla bu bölgede kurak hava koşullarının oluşmasına neden olmuştur (Lucchi, 2008; Şenkul & Doğan, 2013). Bu durum ise, bu coğrafyada yaprak döken meşeler gibi kurakçıl

bitkilerin dağılımını pozitif olarak etkilemiştir. Örneğin, son buzullar arası döneme geçiş sırasında *Quercus* ve *Pinus* gibi odunsu taksonların coğrafi dağılım alanlarında güney Avrupa boyunca genişleme görülmektedir (Lucchi, 2008). Son buzullar arası dönemin ilerleyen zamanlarında ise sıcaklığın daha çok artmasıyla bu ormanlar yerini sert yapraklı türlere bırakmışlar ve doğu Anadolu ile orta İtalya gibi yüksek rakımlı dağlık alanlara, Balkan Yarımadası gibi kuzey enlemlere ve İber Yarımadası ile Anadolu'nun kuzey kıyılarına çekilmişlerdir (Atkinson et al., 2007). Yapılan çalışmalar, son buzullar arası dönemde (130.000 ilâ 116.000 yıl önce) küresel ortalama yıllık sıcaklığın günümüze göre 2°C daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (Cowie; 2007, Qu et al., 2011). Dolayısıyla bu dönemdeki vejetasyon ve fauna yapısının günümüzdekiyle örtüşmesi beklenen bir durumdur.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen ekolojik niş modeli analizleri, *Q. robur*'un coğrafi dağılımına en çok katkısı olan iklimsel değişkenlerin sıcaklık (en sıcak çeyreğin ortalama sıcaklığı, sıcaklık mevsimselliği, en kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı, yıllık ortalama sıcaklık aralığı) ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Son buzullar arası döneme ait model çıktısı incelendiğinde, *Q. robur*'un bu dönemdeki potansiyel coğrafi dağılım alanlarının günümüzden daha farklı olduğu görülmektedir. Özellikle bu dönemde türün doğu Avrupa boyunca görülmemesi dikkat çekmektedir. Çünkü uzun süren buzul dönemden sonra yaşanan kısa süreli bu buzullar arası dönemde, özellikle doğu Avrupa ve kuzey Avrasya'da kıtasal iklimin hakim olması ve çok düşük kış sıcaklıkları ile yüksek yaz sıcaklıklarının etkisiyle meydana gelen aşırı mevsimsellik söz konusudur (Binney et al., 2009). Bununla beraber buzullar arası dönemin kısa sürmesiyle de kuzeyde bulunan buzulların etkisinin bu dönemde henüz kaybolmamış olması muhtemeldir. Dolayısıyla son buzullar arası döneme ait model çıktısı incelendiğinde neredeyse batı Avrupa'ya kadar girmiş olan mevsimsellik ve ani sıcaklık değişimlerinin etkisi türün orta ve doğu Avrupa'da son buzullar arası dönemde neden daha geniş bir yayılışa sahip olmadığını açıklamaktadır. İklimsel şartların yanı sıra dönemin vejetasyonu göz önünde bulundurulduğunda, bu dönemde kutup çöllerinin bulunmaması ve tundraların yayılışının sınırlı olması (Birks & Willis, 2008), *Q. robur*'un daha çok batı Avrupa'da dağılmasına olanak sağlamıştır diyebiliriz. Bunun yanı sıra Akdeniz bölgesinin de konumu dolayısıyla kısa dönemli iklim değişimlerine hassas olduğu ve yüksek mevsimselliğe sahip olduğu bilinmektedir (Dormay et al., 2009). Ayrıca güney Avrupa'da, Akdeniz yarımadalarında hâkim olan kuru iklimin de etkisiyle, türün bu dönemde daha çok dağlık bölgelerin

etrafında ve yüksek rakımlı alanlardaki mikrohabitatlara çekilmiş olmaları bu şekilde açıklanabilmektedir. İber Yarımadası'ndaki kuraklık doğu Akdeniz'deki diğer bölgelere göre daha fazla olduğundan tür burada sadece yarımada'nın kuzeyinde ve Pireneler'in eteklerinde dağılım göstermektedir. Bu dönemde Orta İtalya, Balkanlar'ın kuzeyi ve Karadeniz etrafında dağılım gösteren yaprak döken ve konifer ormanların bu bölgede kalıcı oldukları düşünülmektedir (Atkinson et al., 2007). Alpinik ve artık sınırında bulunan birçok orman türünün son buzullar arası dönemde bu bölgeleri sığınak olarak kullandıkları da bilinmektedir (Birks & Willis, 2010).

Son buzullar arası dönemin sonuna doğru atmosferik CO₂ konsantrasyonu düşmüş ve beraberinde iklimsel soğumayı getirmiştir (Şenkul & Doğan, 2013). Son buzul maksimumunda atmosferdeki ortalama CO₂ konsantrasyonu günümüze oranla % 35 daha düşüktür (Frenzel et al., 1992). Yüksek enlemlerde sıcaklıktaki düşüş 10–25 °C, düşük enlemlerde ise 2–5 °C civarındadır. Fizyolojik değerlendirmelere göre bitkilerde su alımı ve karbon değişim süreci yüksek oranda atmosferik CO₂ konsantrasyonuna bağlıdır (Cowling & Sykes, 1999). Dolayısıyla düşük CO₂ konsantrasyonu sıcaklık ve yağışta azalmaya sebep olmuştur, bu da bitkilerin büyüme ve gelişme hızını değiştirerek vejetasyon dinamiklerini ve dağılımlarını değiştirmiştir.

Geç Kuvaterner yaşanan buzul dönemlerin başında Avrupa florasında önemli yok oluşlar meydana gelmiştir ve görece soğuğa ve kuraklığa daha toleranslı taksonlar hayatta kalabilmiştir (Svenning, 2003). Buzul dönemlerin başında türlerin iklim değişimlerine uyarlanmadan önce verdikleri ilk cevabın göç etmek ya da yok olmak olduğu bilinmektedir (Svenning, 2003). Son buzul dönemine girildiğinde de türler aynı şekilde cevap vermişler daha sonra, son buzul maksimumuna (21.000 yıl önce) geldiğinde değişen iklim koşullarına verilen cevaplar çoğunlukla göç şeklinde olmuştur ve yok olmalar azalmıştır (Svenning et al., 2008). Dolayısıyla son buzul maksimumunda azalan yıllık yağış miktarları ve kış sıcaklıkları ile kısa süreli büyüme döneminin etkisiyle ağaç popülasyonlarının coğrafi dağılımlarında daralmalar meydana gelmiştir (Tzedakis et al., 2002).

Son buzul maksimumunda ılıman kuşak türleri güney Avrupa'da İber Yarımadası, İtalya ve Balkan Yarımadası'nda uygun buzul sığınaklara çekilmişlerdir (Bennett et al., 1991; Taberlet, 1998; Hewitt, 1999, Tzedakis et al., 2002). Genel olarak son buzul maksimumunda ılıman kuşak türlerinin güneydeki bu üç ana buzul sığınağına çekildikleri, buzul sonrası dönemde de orta ve doğu Avrupa'yı bu sığınaklardan köken alan ılıman

kuşak türlerinin coğrafi dağılım alanlarını genişleterek yeniden kolonize ettikleri görüşü hâkimdir (Hewitt, 1996). Son buzul dönemi sonrası Avrupa'nın bu sığınaklardan yeniden kolonize edilmesi birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Hatta Clement Reid meşeler üzerine çalışırken kabul gören bu görüş doğrultusunda sonuçları değerlendirdiğinde şaşkınlığını “meşe günümüzdeki en kuzey dağılımını kuzey Britanya'da buzul sonrası dönemde gerçekleştirmiştir, bu da yaklaşık 600 mil mesafeye denk gelmektedir, dışardan bir etki olmadan bu durumun gerçekleşmesi normalde bir milyon yıl alır” şeklinde ifade etmiştir (Clark et al., 1998). Meşeler ve benzer ılıman türlerin dispersal kapasiteleri ve yaşam öyküleri göz önünde bulundurulduğunda, bu hızlı yer değiştirme ve uzak mesafelere disperse olma durumu “Reid Paradoksu” olarak adlandırılmaktadır (Clark et al., 1998; Provan & Bennett, 2008). Türden türe farklılık gösteren niş yapısı, dispersal kapasitesi, buldukları alanın konumu ve komünitedeki diğer türlerle olan ilişkileri, iklimsel şartlar dışında canlıların buzul sonrası dönemdeki kolonizasyon rotalarını ve sınırlarını da belirlemektedir (Skov & Svenning, 2004; Provan & Bennet, 2008). Avrupa için buzul sonrası kolonizasyon rotaları incelendiğinde (Taberlet, 1998), bugün orta ve kuzey Avrupa'da bulunan birçok ılıman türün bilinen kolonizasyon kaynaklarında tutarsızlık olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak, paleontolojik ve genetik araştırmalar neticesinde son buzul maksimumunda ılıman bitki türlerinin sadece güney Avrupa ve Akdeniz'deki yarımadalarda sınırlı kalmadıkları orta ve doğu Avrupa'da soğuk ve kuru bozkır-tundra güney sınırında da hayatta kalmayı başardıkları öne sürülmüştür (Willis et al., 2000; Stewart & Lister, 2001; Birks & Willis, 2008; Varga, 2010; Schmitt & Varga, 2012). Küçük memeliler üzerine yapılan araştırmalarda Akdeniz'deki buzul sığınakları dışında buzul sonrası dönemdeki genetik çeşitliliği sağlayan başka kaynaklar da olduğu görülmüştür (Varga, 2010). Ayrıca, Bilton ve arkadaşları (1998), Akdeniz sığınaklarının yüksek endemize sahip olduğu ve önemli sıcak noktalar barındırdığı, ancak orta ve kuzey Avrupa'nın buzul sonrası yeniden kolonizasyonunda esas rolün, Karpatların güney yamaçları, Kırım'ın tepeleri, Ural dağlarının güneybatısı ve Altay dağlarının kuzey yamaçları gibi Akdeniz'den daha kuzey enlemlerde yer alan alanlara ait olduğunu öne sürmüşlerdir. “Akdeniz dışı sığınaklar” olarak adlandırılan bu bölgeler, son buzul maksimumunda Asya ve orta ve kuzey Avrupa kadar kuru ve soğuk olmayan, daha ılıman bir iklimin hâkim olduğu ve fakat coğrafi olarak sınırlandırılmış bölgeler olarak nitelendirilmektedir (Schmitt & Varga, 2012). Fosil kayıtlara göre son buzul dönemde birçok memeli ve bitki türünün orta Avrupa'da dağınık bir şekilde bulunan bu sığınaklarda barınmış oldukları tespit edilmiştir (Willis et al., 2000; Stewart & Lister, 2001). Ayrıca, bu

alanların Akdeniz sığınaklarına göre bazı türler açısından daha yüksek genetik çeşitlilik barındırdığı görülmüştür (Provan & Bennett, 2008). Bununla ilgili olarak ılıman türlerin, buzul dönemlerde bozkır-tundra vejetasyonunun güney sınırında ve uç noktalarında yer alan bu sığınaklarda hayatta kaldıkları, buzullar arası dönemde ise parçalar halinde bulunan bu sığınakların birleşerek popülasyonlar arası melezleri oluşturdukları ve kuzeye doğru genişledikleri görüşü ileri sürülmüştür (Hampl & Petit, 2005). Örneğin genişleme-daralma modelinin bozayı (*Ursus arctos*) türünün Avrupa'daki genetik örüntüsünü açıklamadığı görülmüş, buna dayanarak bu türün son buzul maksimumunda sadece Akdeniz'deki buzul sığınaklarını değil Akdeniz dışı sığınakları da kullandığı gösterilmiştir (Valdiosera et al., 2007)

Genetik analizlere göre, bunun dışında yine birçok ılıman türün son buzul maksimumunda Akdeniz'deki sığınaklar dışında daha kuzey enlemlerde ya da güney Avrupa dağlarının eteklerinde iklimsel olarak uygun mikrohabitatların bulunduğu "gizli sığınaklar"da (Karpatlar'ın etrafı ve Alpler'in kuzeyi gibi) barındıkları tespit edilmiştir (Willis et al., 2000; Provan & Bennett, 2008; Birks & Willis, 2010; Schmitt & Varga, 2012). Karpatlar'ın etrafında bu sığınakların varlığı ikiyaşamlılar (Babik et al., 2004), sürüngenler (Ursenbacher, 2007) ve memeliler (Deffontaine et al., 2005) gibi farklı hayvan grupları konusunda yapılan filocoğrafi çalışmalar sonucu ortaya koyulmuştur. Ayrıca, Karpatların güneye bakan yamaçlarının konifer ve yaprak döken ağaç türleri için de sığınak teşkil ettiği tespit edilmiştir (Willis & Van Andel, 2004). Willis ve arkadaşlarının (2000) Macaristan'da yaptıkları bir çalışmada, orta Avrupa'da bulunan bu bölgede son buzul maksimumunda koniferler dışında meşe türlerinin de küçük gruplar halinde bulduklarını tespit etmişlerdir.

Son buzul maksimumunda ılıman ağaç türleri açısından iklimin kurak olması, bu türlerin (konifer ve yaprak döken türler gibi) Akdeniz'deki üç yarımadaya çekilerek dağılım alanlarını daraltmalarına yol açmıştır (Bennett et al., 1991; Birks & Line, 1993; Dumolin-Lapégue et al., 1997; Hewitt, 1999; Tzedakis et al., 2002; Garzón et al., 2007; Bhagwat & Willis, 2008; Lucchi, 2008). Bu dönemde yaprak döken ormanların çoğu (*Q. robur* gibi) Balkanların batısı, İtalya ve güney İber Yarımadası'ndaki güvenli dağlık bölgelere sığınmışlardır (Van Andel & Tzedakis, 1996). Ayrıca bu dönemi içerecek şekilde yapılan modelleme çalışmaları ile Akdeniz ve Karadeniz civarının genel olarak çoğu tür için, güneybatı Fransa, Balkanlar'ın kuzeyi ve güney Rusya düzlüklerinin ise diğer birçok tür için uygun iklimsel koşullara sahip habitatlar barındırdıkları belirlenmiştir (Svenning et al.,

2008). İngiltere’de *Q. robur* ve *Q. petraea* üzerine yapılan filocoğrafya çalışmasında, bu bölgede çalışılan bireylerin sahip olduğu haplotiplerin % 98’inin İspanya ve Fransa’nın batı bölgelerinde de bulunduğu, %2’sinin İtalya ve Balkanlar gibi daha doğudaki sığınaklardan köken aldığı ve bu haplotiplerin Britanya’da bulunmalarının daha çok antropojenik etkilerle olduğu tespit edilmiştir (Cotrell et al., 2002).

Son buzul maksimumuna ait model çıktısı değerlendirildiğinde *Q. robur*’un güney Avrupa için önerilen buzul sığınak hipotezini desteklediği görülmektedir. Ayrıca model sonuçlarına göre bu sığınaklar dışında, Fransa’nın güneybatısı ve İngiltere’de *Q. robur* için uygun alanlar tespit edilmesi, bu bölgelerin tür için uygun iklimsel koşullar barındıran Akdeniz dışı sığınakların mevcut olduğunu düşündürmektedir. Anadolu’ya bakıldığında ise kıyı kuşağının dikkat çektiği söylenebilir. Bununla beraber Marmara ve iç Ege’nin de daha az olasılıkla da olsa bu tür için uygun iklimsel koşullara sahip olduğu model sonucunda görülmektedir. Ayrıca, Karadeniz’in civarı ve güneydoğu Anadolu’dan batı İran’a kadar olan bölgenin de ılıman kuşakta *Q. robur* için buzul dönem sığınağı olarak önerilebileceği model sonuçlarında tespit edilmiştir. Her ne kadar bu alanlar az bilinen sığınaklar olarak karşımıza çıksa da, yapılan çalışmalarda bu alanların birçok farklı tür için sığınak görevi gördüğü ve hatta birkaçının da Balkanlar’dan ayrı bir genetik çeşitliliğe sahip olduğu bilinmektedir (Bilgin, 2011; Perктаş et al., 2015). Akdeniz bölgesi ile Kafkaslar’dan İran’a uzanan bölgelerin ise muhtemel buzul sığınakları olduğu düşünülmektedir (Kaya & Raynal, 2001). Bunun dışında Karadeniz’in kuzeyinin de son buzul maksimumunda uygun iklimsel koşullara sahip, çok sayıda gizli sığınağa sahip olduğu da bilinmektedir (Birks & Willis, 2010; Schmitt & Varga, 2012). Gözlenen bu bilgilere ek olarak, Akdeniz dışı sığınakların içerisinde de uygun mikroiklimsel koşullar barındıran gizli sığınakların da bulunma olasılığı vardır. Çünkü son buzullar arası döneme ait model çıktıları göz önünde bulundurulduğunda, o dönemde güney Avrupa’daki dağlık alanların etrafına ve yüksek rakımlı bölgelere çekilmiş olan *Q. robur* popülasyonlarının, son buzul maksimumunda, güney Avrupa’nın vejetasyon ve iklim açısından uygun hale gelmesiyle birlikte bu bölgelerde dağılımını genişlettiği görülmektedir. Bu genişlemenin kaynağının gizli sığınaklar olması ise muhtemeldir. Ayrıca türün kuzey Avrupa’da bulunan popülasyonları ise olabildiğince güneye çekilerek dağılım alanlarını daraltmışlardır. Bu popülasyonlar için Pireneler, Alpler ve Balkanlar muhtemel bariyer görevi görmüş olabilirler. Böylece bu bariyerlerin kuzey Avrupa’daki popülasyonların daha güneye çekilmelerini engellemesiyle, bu popülasyonların son buzul maksimumu sırasında, orta

Avrupa’da tespit edilen Akdeniz dışı sığınaklarında barınmış olabilecekleri şeklinde bir yorum yapılabilir. Bu durum için son buzul maksimumu model çıktısında İngiltere ve Fransa’nın bir sığınak görevi görüyor olması kanıt olarak gösterilebilir. Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda *Q. robur*’un coğrafi dağılımının iklimle ve özellikle sıcaklıkla şekillendiği ortaya çıkmaktadır.

Pleistosen’in sonunda Holosen’e geçişte (12.000 yıl önce) atmosferik CO₂ konsantrasyonunun artmasıyla birlikte iklim tekrar ısınmıştır (Demirsoy, 2008). Bu dönem içerisinde yaşanan kısa süreli iklimsel dalgalanmalar ve insan müdahalesinin artması vejetasyonun şekillenmesinde büyük rol oynamıştır (Roberts et al., 2010). Ayrıca orta Holosen’deki (6.000 yıl önce) sıcaklık ve yağışın artışı da Avrupa vejetasyonu üzerinde etkili olmuştur (Garzón et al., 2007).

Buzul sığınaklara çekilmiş olan türler geç buzul dönem ve erken buzul sonrası dönemde (15.000-12.000 yıl önce) iklimin ısınmasıyla birlikte coğrafi dağılımlarını kuzeye doğru genişletmeye başlamışlardır (Hewitt, 1996). Avrupa’nın yeniden kolonize edilmesinde etkili olan faunal bileşenler için Akdeniz, Sibirya ve Arktik/Alpinik olmak üzere üç alan önerilmiş ve bu alanların Avrupa’nın yeniden kolonizasyonundaki önemi yapılan moleküler filocoğrafi çalışmalar ile de doğrulanmıştır (Schmitt & Varga, 2012). Son buzul maksimumunda güneye çekilen ılıman türler, buzul sonrası dönemde Akdeniz’deki sığınaklardan çıkarak Avrupa’nın çeşitli bölgelerini (birçoğu genelde güney Avrupa ile sınırlı kalmıştır) yeniden kolonize etmiştir (Örn: Hewitt, 1996, 1999; Taberlet, 1998; Schmitt, 2007). Orta ve kuzey Avrupa’nın yeniden kolonizasyonunda ise Akdeniz popülasyonları dışında, genelde Sibirya bölgesinden gelen ve bir ya da daha fazla sığınaktan genişlemiş olan, özellikle hareketli grupların (memeliler ve kuşlar gibi) temsil ettiği taksonlar hâkimdir (Stewart & Lister, 2001; Provan & Bennett, 2008). “Sibirya’ya özgü” olarak adlandırılan bu fauna tipi günümüzde genelde orta Avrupa, Alpler’in kuzeyi ve dağlık bölgelerde en çok hakim olan fauna tipidir (Varga, 2010).

Orta Holosen’de iklim son buzullar arası dönem ve günümüz ile benzerlik göstermektedir, ancak bu dönemde iklimin optimum olduğu zamanda yıllık ortalama sıcaklık son buzullar arası döneme göre yaklaşık 2°C günümüze göre ise yaklaşık 1°C daha yüksektir (Frenzel et al., 1992; Demirsoy, 2008). Dumolin-Lapégue ve arkadaşlarına (1997) göre sıcaklığın artmasıyla birlikte buzul sonrası dönemde Avrupa’nın büyük çoğunluğu ilk olarak yaprak döken ve güneydeki sığınaklardan genişleyen meşeler tarafından kolonize edilmiştir, ancak bugün kuzey Avrupa’da bulunan ve son buzul maksimumunda orta ve doğu Avrupa’da

gizli sığınaklara çekilmiş ağaç popülasyonlarının olduğu ve bu bölgelerden çıkarak kuzey Avrupa'yı kolonize ettikleri gözardı edilmemelidir. Hatta son buzul döneminde güneydeki buzul sığınaklarında hayatta kalan birçok tür bu bölgelerin iklimine adapte olarak farklılaşmışlardır ve buzul sonrası genişleme sırasında doğudaki gizli sığınaklardan ve dağlık bölgelerden genişleyen popülasyonların engellemesiyle orta Avrupa'ya doğru genişleme ve orayı kolonize etme şansları olmamıştır (Randi, 2007). Orman ağaç türlerinin iklimsel değişikliklere bireysel olarak cevap verdiği bu sebeple buzul sonrası kolonizasyon rotaları elde edilirken diğer ağaç türleri üzerinden anlam çıkartılmaması gerektiği, ancak meşe ormanlarının bu durum için bir istisna oluşturduğu ve birçok bitki ve hayvan için barınak teşkil ettiği için bu türlerin meşelerle benzer kolonizasyon rotasına sahip olduğu bilinmektedir (Dumolin-Lapégue et al., 1997).

Bunların yanı sıra buzul sonrası yeniden kolonizasyonda dispersal kapasiteleri, potansiyel göç yolları üzerindeki uygun habitatların bulunması, var olan vejetasyon ile rekabet, yangınlar ve coğrafi bariyerler de kolonizasyon başarısını etkileyen faktörlerdir (Skov & Svenning, 2004; Normand et al., 2011; Vanni re et al., 2011). Yapılan alışmalarda Avrupa'da dağılım gösteren ılıman ağaç türlerinin, buzul sonrası genişlemelerinde farklı iklim şartlarına olan toleransları ve coğrafi bariyerlerin varlığının dağılımlarını en çok şekillendiren faktörler olduğu g r lm şt r (Brewer et al., 2002; Clark et al., 1998; Svenning & Skov, 2004). Ayrıca, özellikle meşe türlerinin kuzey enlemlere doğru olan yayılımında tohumlarının besin kaynağı olarak kullanılmasından dolayı insanların, memelilerin ve kuşların, genişlemelerinde katkıları olduğu bilinmektedir (Clark et al., 1998)

Son buzul maksimumunda Akdeniz'deki sığınaklara çekilen ağaç popülasyonlarının indirgenerek bu bölgelerde izole oldukları ve genetik olarak farklılaştıkları, diğer sığınaklardan farklı haplotipler barındırdıkları yapılan filocoğrafi çalışmalarla ortaya konmuştur (Stewart & Lister, 2001; Tzedakis et al., 2002; Petit et al., 2002; Randi, 2007). Bunun yanı sıra meşelerin güney ve kuzey Avrupa'daki haplotip farklılığında da kuzeye olan genişleme sırasında yaşanan dar boğaz etkilerinden kaynaklandığı bilinmektedir (Dumolin-Lapégue et al., 1997). Oluşan bu genetik farklılaşmalarda ise, orta Avrupa'nın yeniden kolonizasyonunda güney sığınaklarından genişleyen bu popülasyonların katkısı olmadığı görüşü de mevcuttur (Randi, 2007). Akdeniz'deki sığınaklar kendi ilerinde değerlendirildiğinde İber Yarımadası gibi endemizm oranı yüksek bir bölgede uzun süreli izole olan popülasyonlarda genetik çeşitlilik örüntüsü farklılık göstermektedir (Petit et al.,

2002). Bu sebeple buradaki popülasyonlar geleneksel olarak tanımlanmış ılıman kuşaktaki diğer sığınaklardan farklı haplotip özelliklerine sahiptir. Bununla beraber İtalya ve Balkanlar'da birçok popülasyon açısından flora ve fauna benzer genetik çeşitlilik örüntüsü göstermektedir, bu durumun da iki bölge arasında devam eden ya da buzul sonrası kolonizasyon sırasında meydana gelen göçlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Atkinson et al., 2007).

Quercus cinsinin gen merkezinin Anadolu civarı olduğu ve buzul sonrası dönemde meydana gelen bir genişleme ile buradan Batı Palearktik'e dağıldığı düşünülmektedir. (Manos et al., 1999; Rokas et al, 2003). Anadolu meşeler için yüksek tür zenginliğine sahiptir, ayrıca birçok taksonun çeşitlenme merkezinin İran ve Türkiye olduğu bilinmektedir (Moghaddam et al., 2000). *Q. robur*'un da dâhil olduğu bu çalışmalarda Anadolu'daki haplotip çeşitliliğinin Balkanlar, İtalya ve İber Yarımadası'na göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Orta Holosen dönemine ait model çıktısı incelendiğinde *Q. robur* için elde edilen potansiyel dağılım örüntüsünün günümüzdekine oldukça yakın olduğu görülmektedir. İklimin ısınmasıyla birlikte, türün Akdeniz'deki buzul sığınaklarındaki dağılımını anlamlı bir şekilde daraltmış olduğu ve kuzey Avrupa'da dağılımını genişletmiş olduğu görülmektedir. Mevsimselliğin etkisinin bu dönemde yavaş yavaş kaybolduğu görülmektedir, böylece doğu Avrupa'ya doğru dağılımın biraz daha genişlemiş olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra bu dönemde enlemsel güneşlenmenin de etkisiyle kuzey Avrupa'da sıcaklığın arttığı bilinmektedir (Dormay et al., 2009), bu bölgede türün genişlemesinde bu durumda etkili olmuştur diyebiliriz.

Türün bu döneme ait Akdeniz'deki coğrafi dağılımı son buzullar arası dönemdekine benzer görünse de, daha dar ve iç kesimlere doğru çekilmiştir. Alpler'in yarattığı bir coğrafi bariyer etkisiyle İber Yarımadası ile İtalya'nın, Balkanlar ve Türkiye'den genetik olarak ayrılmış olması dikkat çekmektedir (Brewer et al., 2002; Atkinson et al., 2007). Her ne kadar orta ve kuzey Avrupa'nın kolonizasyonu İber Yarımadası ve Fransa kaynaklı gözükse de son buzul maksimumunda orta Avrupa'daki gizli sığınakların olası varlığı göz ardı edilmemelidir. Ayrıca son buzul maksimumuna ait model çıktısı da göz önünde bulundurulacak olursa bu bölgelerin bu gizli sığınaklardan kolonize edilmiş olması daha muhtemeldir ve bu yorum değerlendirilirken türün dispersal kapasitesi de dikkate alınmalıdır. Türün Anadolu'daki orta Holosen'deki coğrafi dağılımına bakıldığı zaman ise, son buzul maksimumundaki dağılımını yine daraltmış olduğunu, artık Akdeniz

kıyılarından ve Doğu Karadeniz'den kısmen çekilmiş olduğunu, kuzey Karadeniz kıyılarındaki dağılımının daraldığını fakat İç Anadolu bölgesindeki potansiyel dağılımının genişleyerek günümüzdekine benzer bir dağılım sergilediğini görülmektedir.

Orta Holosen'in sonuna doğru yıllık ortalama sıcaklık kısmen azalmıştır ve günümüz iklim koşulları şekillenmiştir. Günümüzde yıllık ortalama sıcaklık orta Holosen'e göre 1°C daha düşüktür (Demirsoy, 2008). *Q. robur*'un günümüze ait model çıktısı incelendiğinde, türün bilinen güncel dağılımıyla oldukça örtüştüğü görülmektedir. *Q. robur*'un güney Avrupa'daki coğrafi dağılımı incelendiğinde, türün İber Yarımadası'nın güneyinde net bir şekilde bulunmayışı da dikkat çekmektedir. Endemizm oranı yüksek olan İber Yarımadası için bu durum akla ilk olarak rekabet olasılığını getirmektedir. Bu bölge içinde *Q. robur*'un bulunmadığı alandaki meşe türleri incelendiğinde *Q. ilex* ve *Q. suber*'in bulunduğu görülmektedir (Jalas & Suominen, 1988). *Q. robur*'un Ak Meşeler, *Q. suber* ve *Q. ilex*'in ise Cerris tipi meşeler grubunda olmalarına rağmen yapılan araştırmalarda meşelerin rekabet kabiliyetlerinin yüksek olduğundan bahsedilmektedir (Lucchi, 2008), ancak gruplar arası bir rekabetten söz edilmemektedir. Bu doğrultuda İber Yarımadası'ndaki bu farklılığı açıklamak için iklimi dikkate almamız gerekebilir. Günümüzde bu bölgenin Akdeniz'in diğer bölgelerine göre daha sıcak ve kurak olduğu bilinmektedir (Garzón et al., 2007) ve günümüzde *Q. robur*'un yayılış gösterdiği İber yarımadasının kuzeyi ile belirgin iklimsel farklılıkları olduğu bir gerçektir. Bu bölge için yapılan modelleme çalışmalarında da, son buzul maksimumunda İber Yarımadası'nın *Quercus* türleri için uygun bir buzul sığınağı olduğu, orta Holosen'de yaprak döken meşelerin yarımadanın güneybatısı, kuzeydoğusu ve Pireneler'in eteklerinde buldukları, herdem yeşil olanların ise adanın hem kuzey hem güneyinde buldukları tespit edilmiştir (Garzón et al., 2007). Dolayısıyla bu bölge için de *Q. robur*'un rekabetten çok iklime dayalı bir dağılım sergilediği görülmektedir. Yapılan bu analiz *Q. robur*'un model sonuçlarıyla da örtüşmektedir ve türün sıcaklığa bağlı olarak dağılımını şekillendirdiğini tekrardan onaylamaktadır.

Aynı şekilde Anadolu değerlendirilecek olursa, günümüzde bu bölgenin sahip olduğu topografik çeşitlilik (Kaya & Raynal, 2001), üç farklı iklim tipinin oluşmasına (Atalay et al., 1994) ve İber Yarımadası'na göre daha yüksek bir endemizme sahip olmasına (Davis, 1971; Şekercioğlu et al., 2011, Uslu et al., 2011) izin vermiştir. Anadolu'da, Toroslar, Anadolu Çaprazı ve Marmara Denizi gibi önemli coğrafi bariyerlerin olması genetik çeşitliliğin artmasını, birçok türün gen merkezinin burası olmasını, hatta Avrupa'da bulunan birçok popülasyonun kökeninin de Anadolu olmasını sağlamıştır (Kosswig, 1955;

Rokas et al., 2003; Uslu et al., 2011; Korkmaz et al., 2014). Sahip olduğu bu çeşitlilik doğrultusunda Anadolu *Q. robur* bazında değerlendirildiğinde, günümüzde Akdeniz'de hâkim olan iklim şartlarının etkisiyle oluşan sert mevsimselliğin (Dormay et al., 2009) türün Torosların kuzeyinde dağılmasına yol açtığı şeklinde yorumlanabilir. Dolayısıyla yine bu bölgede bulunan diğer meşe türleriyle (*Q. cerris*, *Q. ilex*) olan rekabetten çok iklim *Q. robur*'un coğrafi dağılımında etkili olmuş olabilir.

Yapılan bu tez çalışması ile, geç Kuvaterner dönemde meydana gelen iklimsel değişimlerin Avrupa ve Anadolu biyoçeşitliliğini nasıl etkilediği bir bitki türü üzerinden ekolojik analizler yardımıyla test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, *Q. robur*'un son buzul maksimumu süresince Avrupa'da ılıman kuşak türleri için iyi çalışılmış Akdeniz civarında bulunduğu kabul edilen üç ana buzul sığınağın dışında, görece daha az çalışılmış Anadolu'nun da ılıman kuşak türleri için dağılım potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, *Q. robur*'un son buzul maksimumu süresince İngiltere ve Fransa gibi Akdeniz dışı sığınaklarından da dağılım potansiyeline sahip olduğu ortaya konmuştur. Avrupa geneli için sığınak rolü bakımından çok fazla bilgiye sahip olmadığımız Anadolu'nun (bkz. Korkmaz et al. 2014), bu çalışmanın sonuçları neticesince kozmopolit dağılıma sahip bir bitki türü açısından tartışılması literatüre pozitif katkı sağlamıştır. Gelecekte yapılabilecek olan genetik araştırmalar ile, bu tez çalışması sonucunda varılan yargıların filocoğrafi bir perspektif ile desteklenmesi açısından önemlidir.

KAYNAKÇA

1. Abolafya M., Onmuş O., Şekercioğlu Ç., Bilgin R., (2013), Using Citizen Science Data to Model the Distributions of Common Songbirds of Turkey Under Different Global Climatic Change Scenarios, *PLoS ONE*, 8.
2. Araújo M. and Guisan A., (2006), Five (or so), challenges for species distribution modelling, *Journal of Biogeography*.
3. Araújo M., Pearson R., Thuiller W., Erhard M., (2005), Validation of species–climate impact models under climate change, *Global Change Biology*.
4. Atalay İ. and Efe R., (2010), Structural and distributional evaluation of forest ecosystems in Turkey., *Journal of Environmental Biology*, 31, 61–70.
5. Atalay İ., Efe R., Öztürk M., (2014), Ecology and Classification of Forests in Turkey, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*.
6. Atkinson R. J., Rokas A., Stone G. N., (2007), Longitudinal patterns in species richness and genetic diversity in European oaks and oak gallwasps,
7. Austin MP., (2002), Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling, *Ecological modelling*, 157, 101–118.
8. Axelrod, D.L., (1983), Biogeography of oaks in the Arcto-Tertiary province. *Ann Mo Bot Gard* 70:629–657
9. Babik W., Branicki W., Sandera M., Litvinchuk S., Borkin L. J., Irwin J. T., Rafinski J., (2004), Mitochondrial phylogeography of the moor frog, *Rana arvalis*. *Molecular Ecology* 13:1469–1480
10. Bacilieri R., Roussel G., Ducouso A., (1993), Hybridization and mating system in a mixed stand of sessile and pedunculate oak, *Annales des Sciences Forestières*, 50, 122-127.
11. Baldwin R., (2009), Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Research, *Entropy*, 11.
12. Begon M., Townsend C. R., and Harper J. L., (2005), *Ecology: from individuals to ecosystems*, 4. Baskı, Blackwell, Oxford, UK.

13. Bennett K. D., (1990), Milankovitch Cycles and Their Effects on Species in Ecological and Evolutionary Time, *Paleontological Society*, 16, 11-21.
14. Bennett K. D., Tzedakis P. C., Willis K. J., (1991), Quaternary Refugia of North European Trees, *Journal of Biogeography*, 18, 103-115.
15. Bennett K. D. and Provan J., (2008), What do we mean by 'refugia'?, *Quaternary Science Reviews*, 27, 2449-2455.
16. Bilgin R., (2011), Back to the Suture: The Distribution of Intraspecific Genetic Diversity in and Around Anatolia, *International Journal of Molecular Science*, 12.
17. Binney H., Willis K., Edwards M., Bhagwat S., Anderson P., Andreev A., Blaauw M., Damblon F., Haesaerts P., Kienast F., Kremenetski K., Krivonogov S., Lozhkin A., MacDonal, G., Novenko E., Oksanen P., Sapelko T., Väliranta M., and Vazhenina L., (2009), The distribution of late-Quaternary woody taxa in northern Eurasia: evidence from a new macrofossil database. *Quaternary Science Reviews*, 28, 2445-2464.
18. Birks J. and Willis K., (2008), Alpines, trees, and refugia in Europe, *Plant Ecology & Diversity*.
19. Brewer, S., Cheddadi, R., De Beaulieu, J. L., & Reille, M. (2002). The spread of deciduous *Quercus* throughout Europe since the last glacial period, *Forest Ecology and Management*, 156, 27-48.
20. Brown J. H., (1984), On the relationship between abundance and distribution of species. *American naturalist*, 255-279.
21. Buckley L. B., Urban M. C., Angilletta M. J., Crozier L. G., Rissler L. J., Sears M. W., (2010), Can mechanism inform species' distribution models?, *Ecology Letters*, 13, 1041-1054.
22. Clark JS., Fastie C., Hurtt G., Jackson ST., (1998), Reid's Paradox of Rapid Plant Migration Dispersal theory and interpretation of paleoecological records.
23. Cline R. M., and Hays J. D. (Eds.). (1976). *Investigation of late Quaternary paleoceanography and paleoclimatology*, (Vol. 145). Geological Society of America.

24. Cottrell J., Munro R., Tabbener H., Gillies A., (2002), Forrest G., Deans J., Lowe A., Distribution of chloroplast DNA variation in British oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*),: the influence of postglacial colonisation and human management, *Forest Ecology and Management*, 156, 181-195.
25. Cowie J., (2007), *Climate Change: Biological and Human Aspects*. Cambridge University Press, Cambridge.
26. Cowling S. and Sykes M., (1999), Physiological Significance of Low Atmospheric CO₂ for Plant–Climate Interactions, *Quaternary Research*, 52, 237–242.
27. Çıplak B., Demirsoy A., and Bozcuk A. N., (1993), Distribution of Orthoptera in relation to the Anatolian Diagonal in Turkey, *Articulata*, 8, 1-20.
28. Davis P. H., (1971), *Distribution Patterns in Anatolia with Particular Reference to Endemism*, Edinburgh.
29. Davis P. H., (1982), *Flora of Turkey and The East Aegen Islands*, Volume 7, Edinburgh.
30. De Candolle A. P., (1820), *Essai élémentaire de géographie botanique*, Levrault.
31. Defontaine V., Libois R., Kotlík P., Sommer R., (2005), Beyond the Mediterranean peninsulas: evidence of central European glacial refugia for a temperate forest mammal species, the bank vole (*Clethrionomys glareolus*), *Molecular Ecology*, 14, 1727-1739.
32. Demirsoy A., Genel ve Türkiye Zoocoğrafyası “Hayvan Coğrafyası”, (2008), Meteksan A.Ş., Ankara.
33. Ducouso A. and Bordacs S., (2004), Pediculate and sessile oaks, *Quercus robur/Quercus petraea*, *Euforgen*.
34. Dudík M., Phillips S.J., Schapire R.E., (2004), Performance Guarantees for Regularized Maximum Entropy Density Estimation, Proceedings of the 17th Annual Conference on Computational Learning Theory
35. Dudík M., Schapire R.E., Phillips S.J., (2006), Correcting sample selection bias in maximum entropy density estimation. Advances in neural information processing systems 18: proceedings of the 2005 conference, 323–330. MIT Press, Cambridge

36. Dumolin-Lapègue, S., Demesure, B., Fineschi, S., Le Come, V., & Petit, R. J. (1997). Phylogeographic structure of white oaks throughout the European continent. *Genetics*, *146*, 1475-1487.
37. Elith J., Graham C., Anderson R., Dudík M., Ferrier S., Guisan A., Hijmans R., Huettmann F., Leathwick J., Lehmann A., Li J., Lohmann L., Loiselle B., Manion G., Moritz C., Nakamura M., Nakazawa Y., Overton J., Peterson A., Phillips S., Richardson K., Scachetti-Pereira R., Schapire R., Soberón J., Williams S., Wisz M., Zimmermann N., (2006), Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data, *Ecography*, *29*, 129–151.
38. Elith J., Phillips S., Hastie T., Dudík M., Chee Y., Yates C., (2006), A statistical explanation of MaxEnt for ecologists, *Diversity and Distributions*, *17*.
39. Ferrier S.,(2002), Mapping Spatial Pattern in Biodiversity for Regional Conservation Planning: Where to from Here?, *Systematic biology*, *2*, 331-363.
40. Fløjgaard C., Normand S., Skov F., Svenning J., (2009), Ice age distributions of European small mammals: insights from species distribution modelling, *Journal of Biogeography*, *36*, 1152–1163.
41. Franklin J., (2010), *Moving Beyond Static Species Distribution Models in Support of Conservation Biogeography*, Arizona.
42. Frenzel B., Pécsi M., Velichko A. A., (1992), *Atlas of Paleoclimates and Paleoenvironments of the Northern Hemisphere, Late-Pleistocene- Holocene*, Geographical Research Institute, Hungarian Academy of Sciences, Budapest Gustav Fischer Verlag.
43. Galbreath K., Hafner D., Zamudio K., (2009), When cold is better: Climate-driven elevation shifts yield complex patterns of diversification and demography in an Alpine specialist (American Pika, *Ochotona Princeps*), *Evolution*, *63*, 2848–2863.
44. Garzón M., Dios R., Ollero H., (2007), Predictive modelling of tree species distributions on the Iberian Peninsula during the Last Glacial Maximum and Mid-Holocene, *Ecography*, *30*, 120134.

45. Goolsby J. A., (2004), Potential distribution of the invasive Old World climbing fern, *Lygodium microphyllum* in North and South America, *Natural Areas Journal*, 24, 351-353.
46. Graham C. H., Ferrier S., Huettman F., Moritz C., Peterson A. T., (2004), New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis., *Trends in Ecology & Evolutions(Amst.)*, 19, 497–503.
47. Guisan A. and Zimmermann N., (2000), Predictive habitat distribution models in ecology, *Ecological Modelling*, 135.
48. Gür H., (2013), The effects of the Late Quaternary glacial–interglacial cycles on Anatolian ground squirrels: range expansion during the glacial periods?, *Biological Journal of Linnean Society London*, 109, 19–32.
49. Hampe A. and Petit R., (2005), Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters, *Ecology Letters*, 8, 461–467.
50. Hernandez PA., Graham C., Master L., Albert D., (2006), The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods, *Ecography*, 29, 773–785.
51. Hewitt G. M., (2004), Genetic consequences of climatic oscillations in the Quaternary, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 359, 183–195.
52. Hewitt G. M., (1996), Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation, *Biological Journal of the Linnean Society*, 58, 247–276.
53. Hewitt G. M., (1999), Post-glacial re-colonization of European biota, *Biological Journal of the Linnean Society*, 68, 87–112.
54. Hijmans R. and Graham C., (2006), The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions, *Global Change Biology*, 12, 2272–2281.
55. Hijmans R., Cameron S., Parra J., Jones PG., Jarvis A., (2005), Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas, *International Journal of Climatology*.

56. Hijmans, R. J., Guarino, L., Mathur, P., (2012). DIVA-GIS, version 7.5. *A geographic information system for the analysis of species distribution data. Manual available at <http://www.diva-gis.org>.*
57. Hirzel AH., Hausser J., Chessel D., Perrin N., (2002), Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data?, *Ecology*.
58. www.aphotoflora.com (Haziran, 2015)
59. <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/> (Kasım, 2014)
60. <http://www.esri.com/software/arcgis> (Mart, 2015)
61. <http://www.euforgen.org/distribution-maps> (Eylül, 2014)
62. <http://www.gbif.org/> (Eylül, 2014)
63. www.gobotany.newenglandwild.org (Haziran 2015)
64. <http://www.skepticalscience.com/news>. (Nisan, 2015)
65. <http://www.worldclim.org> (Kasım, 2014)
66. Jaynes E. T., (1957), Information theory and statistical mechanics. *Physical review*, 106, 620.
67. Karacaoğlu Ç., (2013), *Isophya rizeensis (Orthoptera: Tettigoniidae) Türünün Ekolojik Niş Modellemesi*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
68. Kaul, R. B. (1985). Reproductive morphology of *Quercus* (Fagaceae). *American Journal of Botany*, 1962-1977.
69. Kaya Z. and Raynal D., (2001), Biodiversity and conservation of Turkish forests, *Biological Conservation*, 97, 131141.
70. Kelleher C., Hodkinson T., Douglas G., Kelly D., (2005), Species Distinction in Irish Populations of *Quercus petraea* and *Q. robur*: Morphological versus Molecular Analyses, *Annals of Botany*, 96, 1237–1246.
71. Kosswig K., (1955), Zoogeograph of the Near East, Sussex.
72. Kozak, K. H., Graham, C.H., Wiens, J.J., (2008), Integrating GIS-based environmental data into evolutionary biology, *Trends in Ecology and Evolution*, 23, 141-148.

73. Kutzbach, J. E., and Guetter, P. J., (1986), The influence of changing orbital parameters and surface boundary conditions on climate simulations for the past 18 000 years, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 43, 1726-1759.
74. Lucchi, M., (2008), Vegetation dynamics during the Last Interglacial–Glacial cycle in the Arno coastal plain (Tuscany, western Italy),: location of a new tree refuge, *Quaternary Science Reviews*, 27, 2456-2466.
75. Mac Nelly, R. and Fleishman, E., (2004), A Successful Model of Species Richness Based on Indicator Species, *Conservation Biology*, 18, 646-654
76. MAGRI, D., FINESCHI, S., BELLAROSA, R., BUONAMICI, A., SEBASTIANI, F., SCHIRONE, B., SIMEONE, M. C. and VENDRAMIN, G. G., (2007), The distribution of *Quercus suber* chloroplast haplotypes matches the palaeogeographical history of the western Mediterranean. *Molecular Ecology*, 16: 5259–5266
77. Martínez-Meyer, E., Peterson, T., Hargrove, W., (2004), Ecological niches as stable distributional constraints on mammal species, with implications for Pleistocene extinctions and climate change projections for biodiversity, *Global Ecology of Biogeography*, 13, 305–314.
78. Médail, F. and Diadema, K., (2009), Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin, *Journal of Biogeography*, 36, 1333–1345.
79. Merow, C., Smith, M., Silander, J., (2013), A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter, *Ecography*, 36, 1058–1069.
80. Mora C., Tittensor D. P., Adl S., Simpson A. G., Worm B. (2011). How many species are there on Earth and in the ocean?, *PLoS biology*, 9, e1001127.
81. Morin, X. and Thuiller, W., (2009), Comparing niche- and process-based models to reduce prediction uncertainty in species range shifts under climate change, *Ecology*, 90.
82. Normand, S., Ricklefs, R. E., Skov, F., Bladt, J., Tackenberg, O., Svenning, J-C. C., (2011), Postglacial migration supplements climate in determining plant species ranges in Europe., *Proc. Biol. Sci.*, 278, 3644–53, *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences*.

83. Pearson, R. and Dawson, T., (2003), Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?, *Global Ecology and Biogeography*, 12, 361–371.
84. Pearson, R., Raxworthy, C., Nakamura, M., Peterson, T., (2007), ORIGINAL ARTICLE: Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar, *Journal of Biogeography*, 34, 102–117.
85. Pellegrino, I., Negri, A., Boano, G., Cucco, M., Kristensen, T. N., Pertoldi, C., Randi, E., Šálek, M., Mucci, N., (2015), Evidence for strong genetic structure in European populations of the little owl *Athene noctua*. *Journal of Avian Biology*, doi:10.1111/jav.00679
86. Perktaş, U., Barrowclough, G. F., & Groth, J. G. (2011). Phylogeography and species limits in the green woodpecker complex (Aves: Picidae): multiple Pleistocene refugia and range expansion across Europe and the Near East. *Biological Journal of the Linnean Society*, 104, 710-723.
87. Perktaş, U., and Quintero, E., (2013), A wide geographical survey of mitochondrial DNA variation in the great spotted woodpecker complex, *Dendrocopos major* (Aves: Picidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 108, 173-188.
88. Perktaş, U., Gür, H., Sağlam, İ., Quintero, E., (2014), Climate-driven range shifts and demographic events over the history of Kruper's Nuthatch *Sitta krueperi*, *Bird Study*, 62, 14–28.
89. Petit, R., Aguinagalde, I., Beaulieu, J-L., Bittkau, C., Brewer, S, Cheddadi, R., Ennos, R, Fineschi, S., Grivet, D., Lascoux, M., Mohanty, A., Müller-Starck, G., Demesure-Musch, B., Palmé, A., Martín, J., Rendell, S., and Vendramin, G., (2003), Glacial Refugia: Hotspots But Not Melting Pots of Genetic Diversity, *Science*, 300, 1563–1565.
90. Petit, R., Brewer, S., Bordács, S., Burg, K., Cheddadi, R., Coart, E., Cottrell, J., Csaikl, U., Dam, B., Deans, J., Espinel, S., Fineschi, S., Finkeldey, R., Glaz, I., Goicoechea, P., Jensen, J., König, A., Lowe, A., Madsen, S., Mátyás, G., Munro, R., Popescu, F., Slade, D., Tabbener, H., Vries, S., Ziegenhagen, B., Beaulieu, J.-L., and Kremer, A. (2002) Identification of refugia and post-glacial colonisation

- routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. *Forest Ecology and Management*, 156, 4974.
91. Petit, R., Kremer, A., Wagner, D., (1993), Geographic structure of chloroplast DNA polymorphisms in European oaks, *Theoretical and Applied Genetics*, 87.
 92. Phillips, S. and Dudík, M., (2008), Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation, *Ecography*, 31, 161–175.
 93. Phillips, S., Anderson, R., Schapire, R., (2006), Maximum entropy modeling of species geographic distributions, *Ecological Modelling*, 190.
 94. Provan, J. and Bennett, K. D., (2008), Phylogeographic insights into cryptic glacial refugia, *Trends in Ecology & Evolution(Amst.)*, 23.
 95. Qu, Y., Luo, X., Zhang, R., Song, G., Zou, F. and Lei, F., (2011). Lineage diversification and historical demography of a montane bird *Garrulax elliotii* – implications for the Pleistocene evolutionary history of the eastern Himalayas. *BMC Evolutionary Biology*, 11: 174.
 96. Randi, E., (2007), *Phylogeography of southern European mammals*, Springer, Netherlands, 101-126
 97. Richards, C., Carstens, B., Knowles, L., (2007), Distribution modelling and statistical phylogeography: an integrative framework for generating and testing alternative biogeographical hypotheses, *Journal of Biogeography*, 34, 1833–1845.
 98. Roberts, N., Brayshaw, D., Kuzucuoglu, C., Perez, R., Sadori, L., (2011), The mid-Holocene climatic transition in the Mediterranean: Causes and consequences, *The Holocene*, 21, 313.
 99. Sağlam, İ. K., Küçükyıldırım, S. and Çağlar, S. S. (2014), Diversification of montane species via elevation shifts: the case of the Kaçkar cricket *Phonochorion* (Orthoptera). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 52: 177–189.
 100. Schmitt, T. and Varga, Z., (2012), Extra-Mediterranean refugia: The rule and not the exception?, *Frontiers in Zoology*, 9, 22.
 101. Schmitt, T., (2007), Molecular biogeography of Europe: Pleistocene cycles and postglacial trends, *Frontiers in Zoology*, 4, 11.

102. Skov, F. and Svenning, J., (2004), Potential impact of climatic change on the distribution of forest herbs in Europe, *Ecography*
103. Soberón, J. and Peterson, A. T., (2005), Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas, *Biodiversity Informatics*, 2, 1-10
104. Steinhoff, S., (1993), Results of species hybridization with *Quercus robur* L and *Quercus petraea* (Matt), Liebl. *Annales des Sciences Forestières*, 50, 137-143
105. Sterling, E., Bynum, N., (2010), *Lessons in Conservation*, Network of Conservation Educators and Practitioners Center for Biodiversity and Conservation, New York
106. Stewart, J. and Lister, A., (2001), Cryptic northern refugia and the origins of the modern biota, *Trends in Ecology & Evolution*.
107. Stigall, A. L., (2012), Using ecological niche modelling to evaluate niche stability in deep time, *Journal of Biogeography*, 39, 772-781.
108. Svenning, J.-C., (2003), Deterministic Plio-Pleistocene extinctions in the European cool-temperate tree flora. *Ecology Letters*, 6: 646–653
109. Svenning, j. and Skov, F., (2004), Limited filling of the potential range in European tree species, *Ecology Letters*, 7, 565–573.
110. Svenning, J. C., and Skov F., (2007), Could the tree diversity pattern in Europe be generated by postglacial dispersal limitation?, *Ecology Letters*, 10, 453-460.
111. Svenning, J., Normand, S., Kageyama, M., (2009), Glacial refugia of temperate trees in Europe: insights from species distribution modelling, *Journal of Ecology*, 96, 1117–1127.
112. Sykes, M. T., Prentice, I. C., Cramer, W., (1996), A Bioclimatic Model for the Potential Distributions of North European Tree Species Under Present and Future Climates, *Journal of Biogeography*, 23, 203-233.
113. Syphard, A. D. and Franklin, J., (2009), Differences in spatial predictions among species distribution modeling methods vary with species traits and environmental predictors, *Ecography*, 32, 907-918.

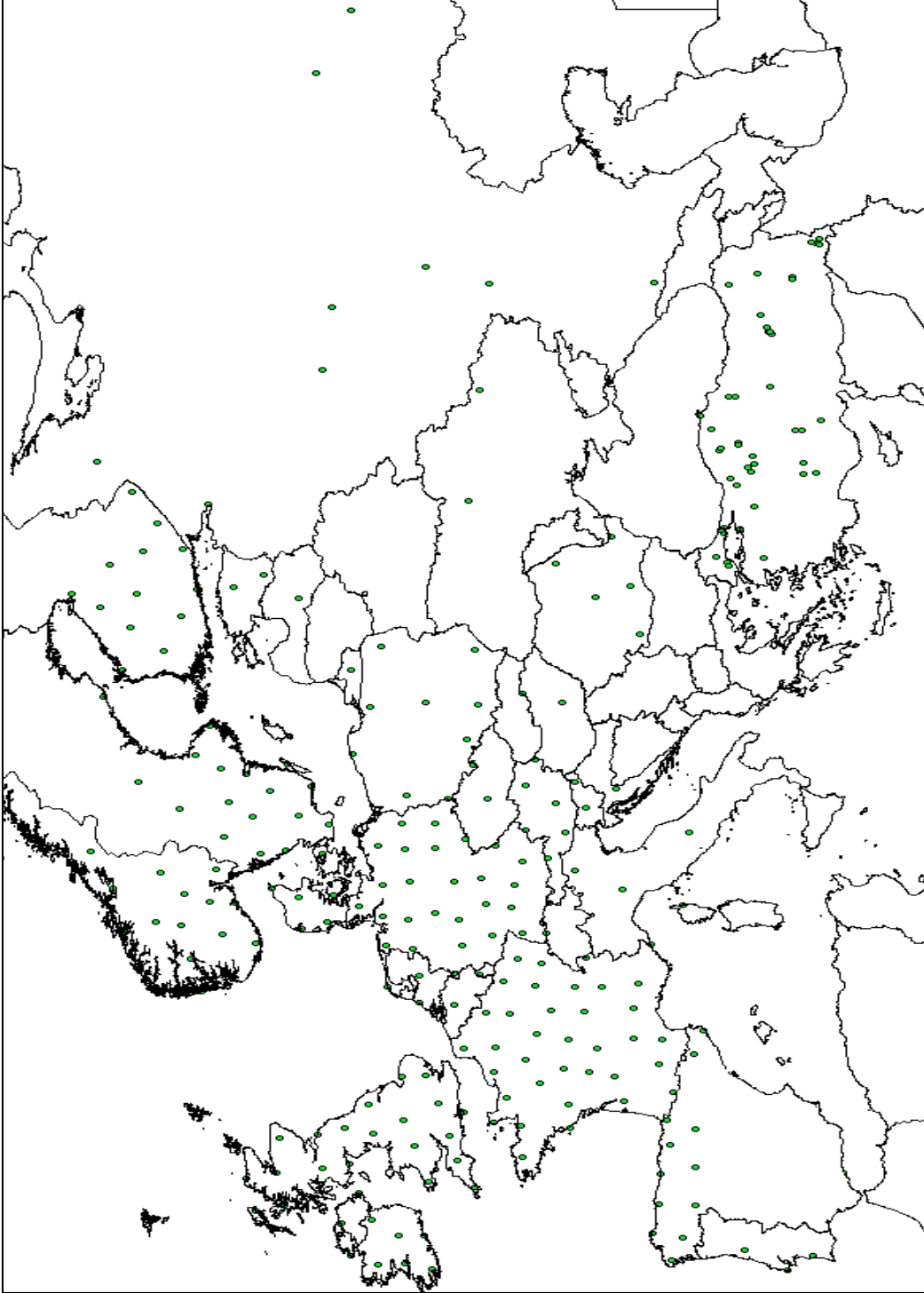
114. Şekercioğlu, Ç., Anderson, S., Akçay E., Bilgin, R., Can, Ö., Semiz, G., Tavşanoğlu, Ç., Yokeş, M., Soyumert A., İpekdal, K., Sağlam, İ., Yücel, M., Dalfes, H., (2011), Turkey's globally important biodiversity in crisis, *Biological Conservation*, 144, 2752-2769.
115. Şenkul, Ç. and Doğan, U., (2012), Vegetation and climate of Anatolia and adjacent regions during the Last Glacial period, *Quaternary International*.
116. Taberlet, P., Fumagalli, L., Wust-Saucy, A., Cosson, J., (1998), Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe, *Molecular Ecology*, 7, 453–464.
117. Tarıkahya-Hacıoğlu, B., Karacaoğlu, Ç., Özüdoğru, B., (2014), The speciation history and systematics of *Carthamus* (Asteraceae) with special emphasis on Turkish species by integrating phylogenetic and Ecological Niche Modelling data, *Plant systematics and evolution*, 300, 1349-1359.
118. Tavşanoğlu, Ç., (2015), Anadolu'nun yüksek biyoçeşitliliği: Evrim bunun neresinde? In: IV. Evrim, Bilim ve Eğitim Sempozyumu Bildirileri, 21-22 Aralık 2013, İstanbul, 15 sf. (yayımlanmamış tam metin)
119. Türkeş, M. and Tatlı, H., (2001), Use of the standardized precipitation index (SPI), and a modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey, *International Journal of Climatology*, 29, 2270–2282
120. Türkeş, M., (2000), Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi: 1: 187-205, Ankara
121. Türkeş, M., Sümer, U. Kiliç, G., (1995), Variations and trends in annual mean air temperatures in Turkey with respect to climatic variability, *International Journal of Climatology*, 15, 557–569.
122. Tzedakis, C., Lawson, I. T., Frogley, M. R., Hewitt, G. M., Preece R. C., (2002), Buffered tree population changes in a quaternary refugium: evolutionary implications, *Science*, 297, 2044–7.

123. Ursenbacher, S., Carlsson, M., Helfer, V., (2006), Phylogeography and Pleistocene refugia of the adder (*Vipera berus*), as inferred from mitochondrial DNA sequence data, *Molecular Ecology*, 15, 3425-3437
124. Uslu, E., Bakiş, Y., Babaç, M., (2011), A study on biogeographical distribution of Turkish oak species and their relations with the Anatolian diagonal, *Acta Botanica Hungarica*, 53, 423-440.
125. Vanni re, B, Power, MJ, Roberts, N, Tinner, W, Carri n, J, Magny, M, Bartlein, P, Colombaroli, D, Daniau, AL, Finsinger, W, Gil-Romera, G, Kaltenrieder, P, Pini, R, Sadori, L, Turner, R, Valsecchi, V, Vescovi, E., (2011), Circum-Mediterranean fire activity and climate changes during the mid-Holocene environmental transition (8500–2500 cal. BP). *The Holocene*. 21: 53–73
126. Varga, Z., (2010), Extra-Mediterranean Refugia, Post-Glacial Vegetation History and Area Dynamics in Eastern Central Europe, *Phylogeography and Conservation Biology*, DOI 10.1007/978-3-540-92160-8_3.
127. Von Humboldt, A., and Bonpland, A., (1807), *Essai sur la g ographie des plantes*.
128. Waltari, E. and Guralnick, R., (2009), Ecological niche modelling of montane mammals in the Great Basin, North America: examining past and present connectivity of species across basins and ranges, *Journal of Biogeography*, 36, 148–161.
129. Waltari, E., Hijmans, R., Peterson, A., Ny ri, A., Perkins, S., Guralnick, R., (2007), Locating Pleistocene Refugia: Comparing Phylogeographic and Ecological Niche Model Predictions, *PLoS ONE*, 2.
130. Weiss, S. and Ferrand, N., (2007), *Phylogeography of Southern European Refugia*, Springer, The Netherlands.
131. Whittemore, A. and Schaal, B., (1991), Interspecific gene flow in sympatric oaks., *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 88, 2540–2544.
132. Willis, K. and Vanandel, T., (2004), Trees or no trees? The environments of central and eastern Europe during the Last Glaciation, *Quaternary Science Reviews*.

133. Willis, K., Rudner, E., Sümege, P., (2000), The Full-Glacial Forests of Central and Southeastern Europe, *Quaternary Research*.
134. Wisz, M., Hijmans, R., Li, J., Peterson, A., Graham, C., Guisan, A., Group, N.†, (2008), Effects of sample size on the performance of species distribution models, *Diversity and Distributions*, 14, 763–773.
135. Zanetto, A., Roussel, G., Kremer, A., (1994), Geographic variation of inter-specific differentiation between *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Forest Genetics*, 1, 111-123

EKLER

Ek 1. Analizlerde kullanılan *Q. robur*'a ait pozitif gözlem verilerinin harita üzerindeki dağılımı.



Ek 2. Modelde kullanılan gözlem kayıtları

TÜR	ENLEM	BOYLAM	TÜR	ENLEM	BOYLAM	TÜR	ENLEM	BOYLAM
quercus	51.5466	-0.769	quercus	43.7030	-7.5480	quercus	46.7708	2.5086
quercus	54.07528	-0.85362	quercus	42.5798	-7.7449	quercus	47.9147	2.7981
quercus	59.96105	23.50556	quercus	43.1283	-1.6723	quercus	47.8277	0.2876
quercus	60.9673	24.5317	quercus	43.4393	-6.0222	quercus	46.9263	0.9977
quercus	48.51235	-1.94512	quercus	43.3608	-4.4562	quercus	46.5051	5.2852
quercus	49.78057	3.9019	quercus	43.0009	-8.9141	quercus	47.3773	4.0514
quercus	49.12807	5.53498	quercus	50.9628	5.9803	quercus	48.3400	1.4939
quercus	46.75011	-0.86594	quercus	42.1700	1.7800	quercus	47.4855	9.6467
quercus	49.01422	-0.48704	quercus	42.9500	-0.1800	quercus	42.1000	-2.1000
quercus	49.49546	0.86104	quercus	52.5600	10.7500	quercus	50.2433	16.7504
quercus	48.43374	-3.56435	quercus	52.4600	7.2500	quercus	58.5738	16.3104
quercus	51.98218	0.69424	quercus	51.6600	9.0800	quercus	57.1186	12.3403
quercus	50.83046	-3.77516	quercus	51.6600	13.7500	quercus	52.2285	4.4532
quercus	55.76949	-4.15218	quercus	50.9600	10.7500	quercus	52.2455	5.8708
quercus	51.11269	-2.50005	quercus	50.6600	7.4200	quercus	53.3881	5.2516
quercus	52.82162	-1.62897	quercus	49.9600	10.9200	quercus	58.3235	14.0978
quercus	52.40404	-2.98863	quercus	49.7600	9.5800	quercus	58.0313	12.1592
quercus	57.31443	-2.58112	quercus	49.5600	7.9200	quercus	60.4009	17.3148
quercus	52.88362	0.60115	quercus	49.4600	12.5800	quercus	59.1868	14.8386
quercus	52.0755	-7.67257	quercus	48.4600	11.7500	quercus	56.1783	15.6778
quercus	55.37144	10.01249	quercus	53.7600	12.5800	quercus	59.4796	16.6163
quercus	55.75149	12.16267	quercus	48.4600	8.0800	quercus	57.0311	16.8527
quercus	56.67041	9.93978	quercus	53.5600	8.9200	quercus	53.9004	-2.3805
quercus	56.49819	8.29079	quercus	50.9280	4.3290	quercus	50.5600	12.9200
quercus	55.5766	8.6099	quercus	60.7760	21.4407	quercus	48.7600	10.5800
quercus	54.69682	11.82552	quercus	57.4723	-4.4182	quercus	53.7600	14.2500
quercus	49.42114	2.1044	quercus	50.1716	-5.1513	quercus	53.5600	10.5800
quercus	50.5887	2.08361	quercus	48.3536	13.4072	quercus	57.6403	10.4034
quercus	48.88173	3.88632	quercus	53.9888	-6.8565	quercus	60.9057	27.9643
quercus	49.51063	-1.76463	quercus	53.7193	-9.1362	quercus	59.0000	26.0000
quercus	61.80917	29.32	quercus	54.9795	-2.0781	quercus	47.5378	11.9490
quercus	43.0099	-2.9141	quercus	47.9890	5.2928	quercus	51.7395	-9.3755

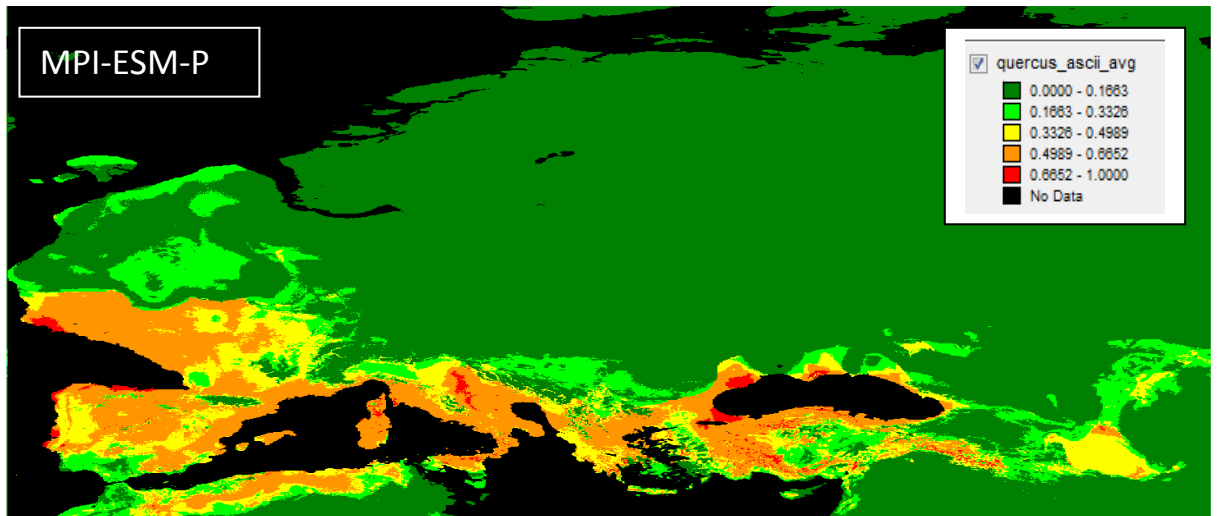
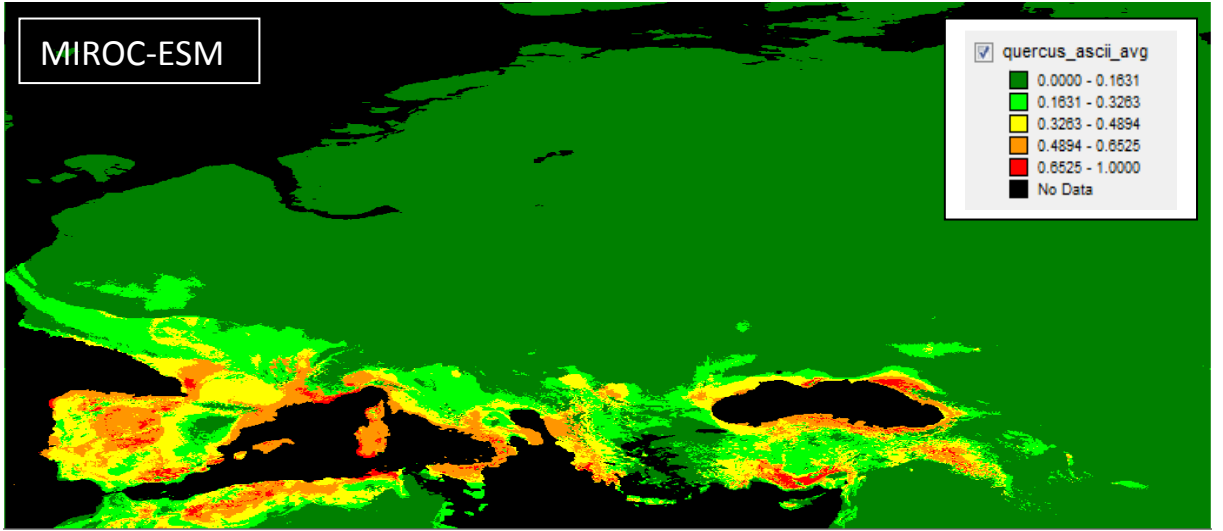
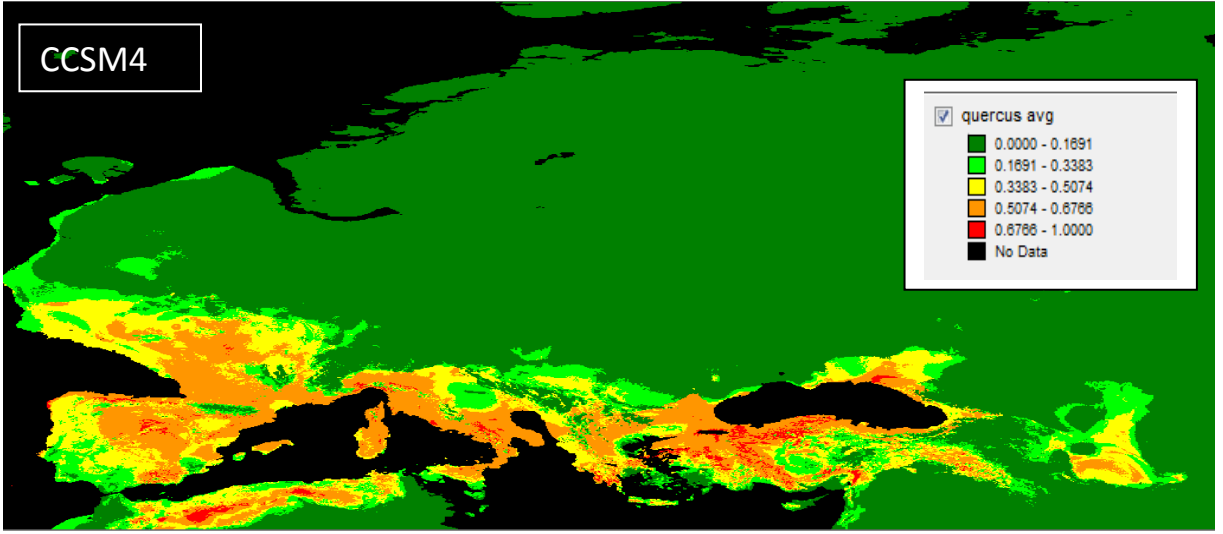
Ek 2. Devam

TÜR	ENLEM	BOYLAM	TÜR	ENLEM	BOYLAM	TÜR	ENLEM	BOYLAM
quercus	55.0681	-6.9824	quercus	53.4600	7.4200	quercus	44.5000	26.0833
quercus	46.2029	4.0106	quercus	57.9158	26.6464	quercus	54.4600	9.4200
quercus	63.7903	20.3313	quercus	49.7500	15.0000	quercus	62.7467	30.9604
quercus	59.6807	11.3684	quercus	55.5603	13.7171	quercus	62.5514	6.2810
quercus	52.7600	12.4200	quercus	50.0000	36.2500	quercus	58.1849	7.5179
quercus	54.6700	17.3600	quercus	42.1000	-6.1000	quercus	62.9513	8.1313
quercus	59.8728	18.8318	quercus	58.9828	9.6040	quercus	60.8402	10.1130
quercus	62.6497	17.9213	quercus	44.8000	10.3167	quercus	60.9244	8.4374
quercus	57.8508	19.0668	quercus	52.7000	15.2000	quercus	59.0832	5.7167
quercus	48.6466	6.7343	quercus	40.2800	-8.4100	quercus	61.1254	5.0152
quercus	52.7310	-9.1104	quercus	50.7600	8.7500	quercus	59.4430	8.0199
quercus	55.9674	-2.4006	quercus	44.9999	15.5786	quercus	67.8578	14.9571
quercus	54.7110	-8.6983	quercus	46.0997	14.5786	quercus	60.5720	6.7128
quercus	46.4997	15.9117	quercus	61.5867	22.7108	quercus	63.4214	10.3907
quercus	51.1653	15.0236	quercus	49.6500	41.7500	quercus	61.7159	11.2041
quercus	48.3333	15.7500	quercus	54.0328	19.7863	quercus	43.3249	2.5272
quercus	56.6638	14.1809	quercus	63.0690	21.7255	quercus	45.1893	28.6173
quercus	62.5626	25.6452	quercus	64.9546	25.6938	quercus	44.4011	4.1832
quercus	51.8890	-4.8340	quercus	53.6273	22.9187	quercus	48.8553	9.3790
quercus	52.8600	13.7500	quercus	47.5600	8.0800	quercus	56.0023	52.7044
quercus	50.0200	5.9200	quercus	44.1667	23.5833	quercus	47.7433	6.5043
quercus	59.3976	13.0754	quercus	50.4824	18.1241	quercus	55.7859	37.2831
quercus	44.7333	-0.6833	quercus	50.2017	22.7521	quercus	59.9272	9.6887
quercus	63.9362	24.9470	quercus	62.5401	15.9119	quercus	69.6461	18.9452
quercus	61.0149	14.5064	quercus	42.3333	13.2667	quercus	66.4213	12.8602
quercus	60.3393	25.9196	quercus	47.0000	20.0000	quercus	45.0844	0.6081
quercus	41.8200	3.0000	quercus	50.0500	19.9167	quercus	52.0000	20.0000
quercus	53.0052	-7.6276	quercus	50.4333	30.5167	quercus	38.5667	42.1000
quercus	51.6535	12.4775	quercus	43.7656	7.4589	quercus	43.5947	41.8572
quercus	52.6600	8.7500	quercus	54.7500	55.9667	quercus	55.4400	40.5400
quercus	43.4200	1.2700	quercus	52.0000	42.6667	quercus	44.3877	2.5669
quercus	63.5649	27.1877	quercus	64.0000	32.5000	quercus	44.1813	5.4456

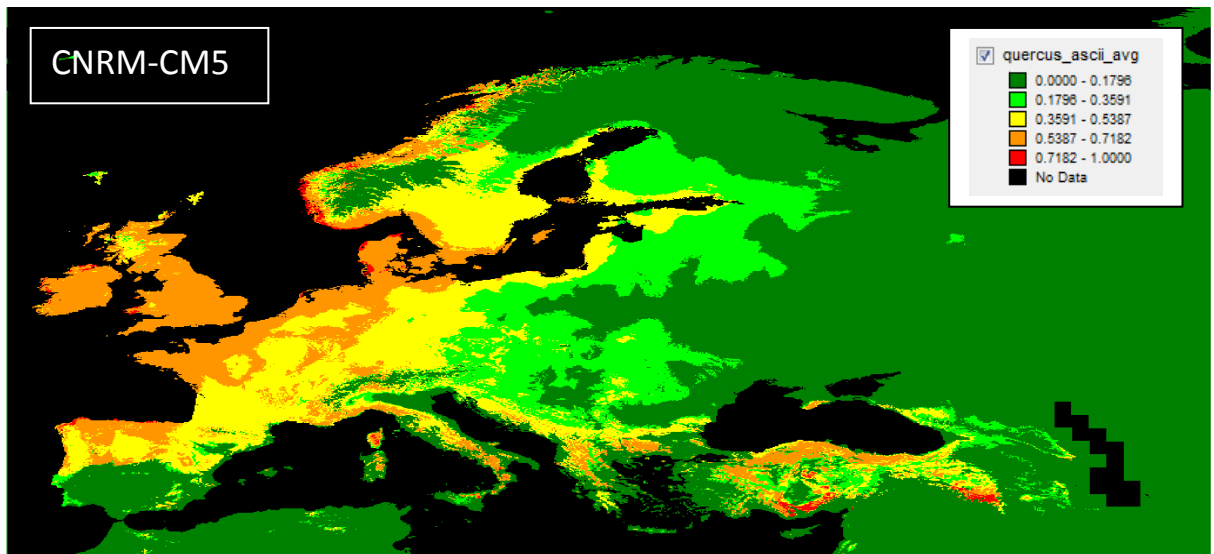
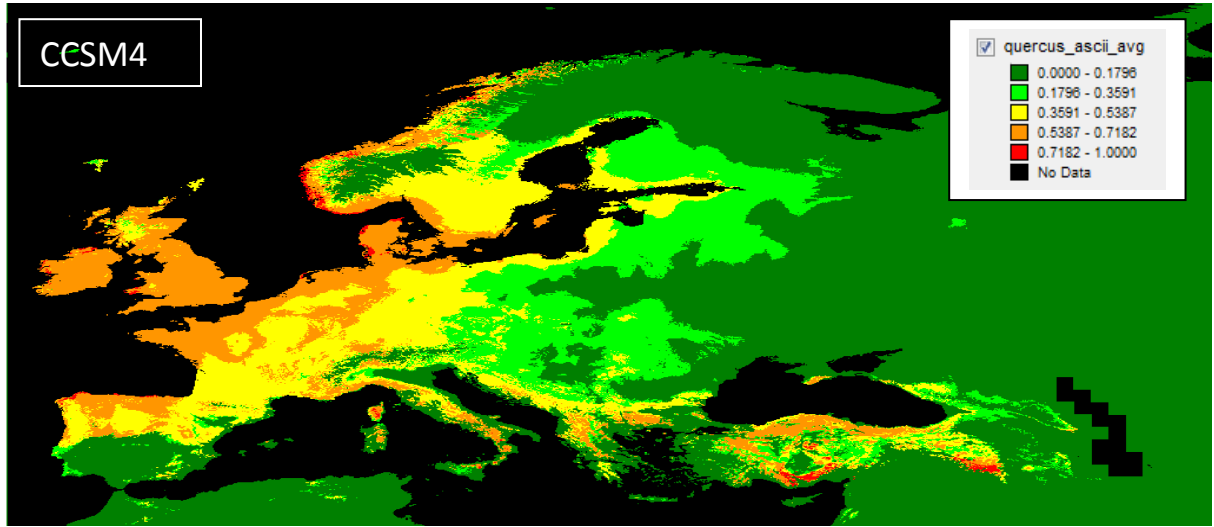
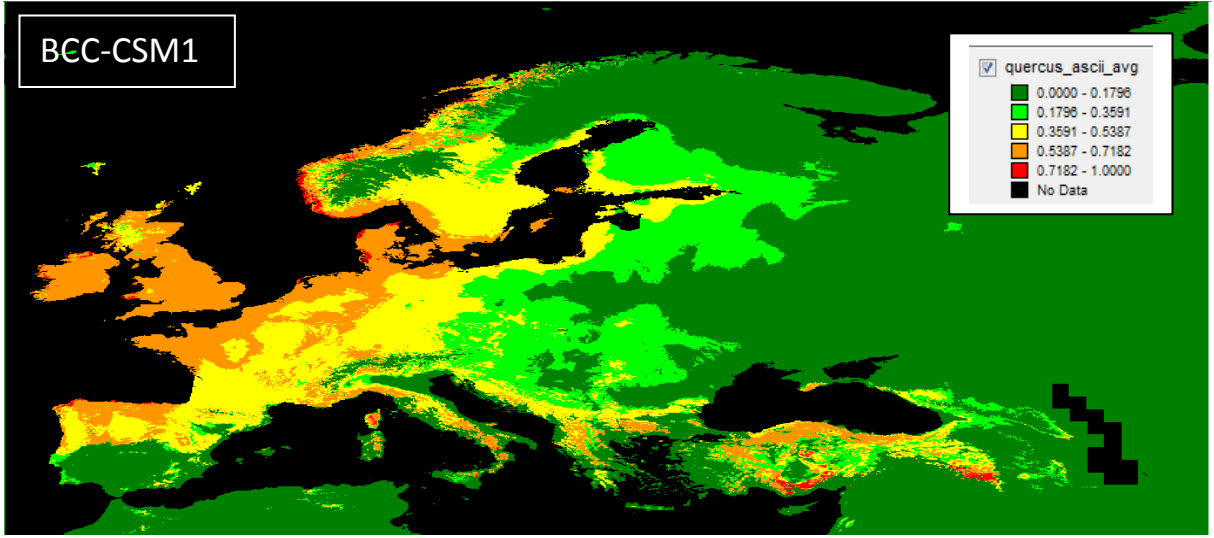
Ek 2. Devam

TÜR	ENLEM	BOYLAM		TÜR	ENLEM	BOYLAM
quercus	38.5729	42.0171		quercus	45.7350	2.0420
quercus	39.5115	39.5039		quercus	45.5365	5.2490
quercus	40.9370	27.2807		quercus	46.1034	6.7593
quercus	40.4789	29.0664		quercus	45.9847	0.8684
quercus	40.6036	31.2788		quercus	59.9694	30.3200
quercus	41.2277	33.1374		quercus	47.9897	17.0467
quercus	40.6702	35.8782		quercus	46.8750	13.2917
quercus	38.1639	31.8956		quercus	47.2250	14.7917
quercus	41.1869	28.9592		quercus	62.3378	27.8652
quercus	40.0572	32.0037		quercus	62.8142	23.9465
quercus	39.3504	36.3998		quercus	56.6500	25.4333
quercus	38.4462	34.1410		quercus	46.5028	11.3036
quercus	39.7155	40.1145		quercus	57.7152	15.4317
quercus	39.8265	42.3049		quercus	41.0333	29.1000
quercus	37.8792	43.9504		quercus	48.4700	20.4700
quercus	37.5952	43.8134		quercus	47.2500	27.2500
quercus	37.5620	44.0767		quercus	45.8000	25.5000
quercus	40.9129	41.7417		quercus	56.9757	18.2910
quercus	41.1750	33.2525		quercus	37.7000	43.8500
quercus	41.9472	34.9035		quercus	60.1711	5.0537
quercus	40.5102	33.4251		quercus	54.7400	21.7400
quercus	41.5061	34.2161		quercus	61.8524	8.6184
quercus	39.3526	39.2736		quercus	64.2314	12.3099
quercus	37.5245	34.6706		quercus	40.5349	33.4999
quercus	38.1937	34.1513		quercus	39.9592	32.3931
quercus	38.1443	32.4694		quercus	40.2114	32.2420
quercus	39.6180	27.5556		quercus	40.0446	32.8422
quercus	39.9374	30.2291		quercus	37.6992	31.9434
quercus	41.3625	27.5601		quercus	41.0607	28.8348
quercus	40.9118	27.1397		quercus	39.3060	39.1834
quercus	40.8166	31.6564		quercus	40.9133	35.8944
				quercus	39.4086	39.2910

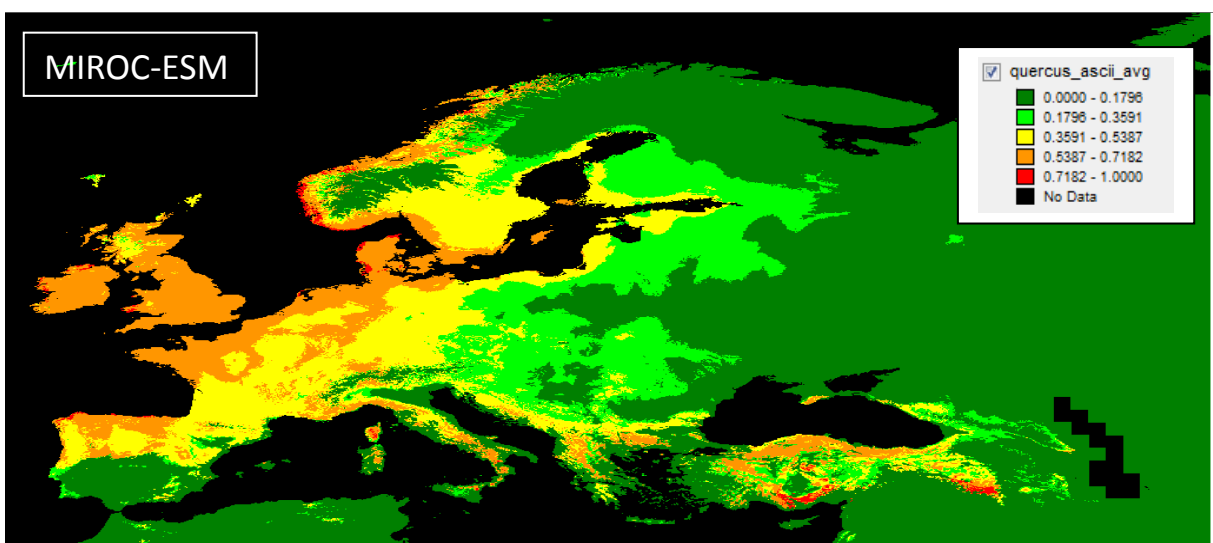
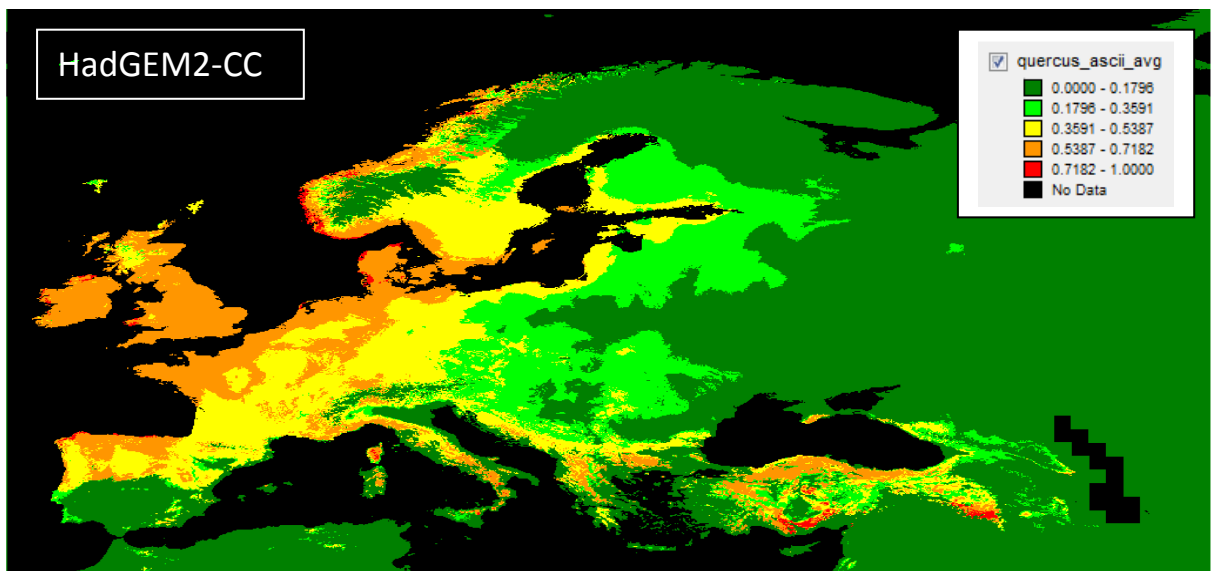
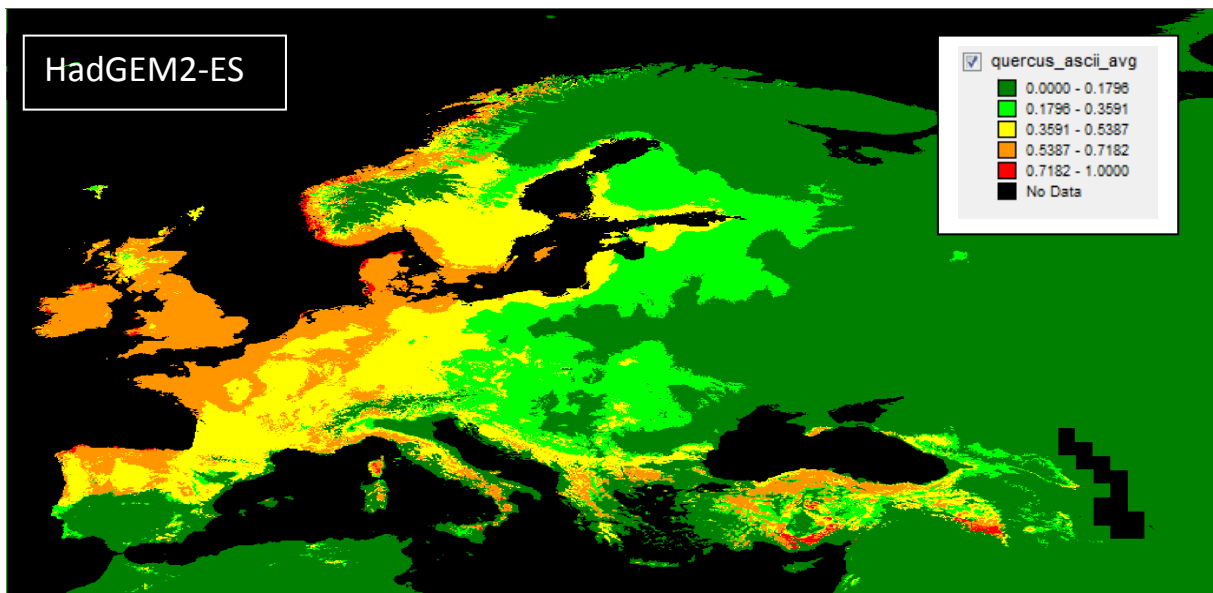
Ek 3. Son buzul maksimumuna ait birleştirilmemiş ve sınıflandırılmamış model çıktıları.



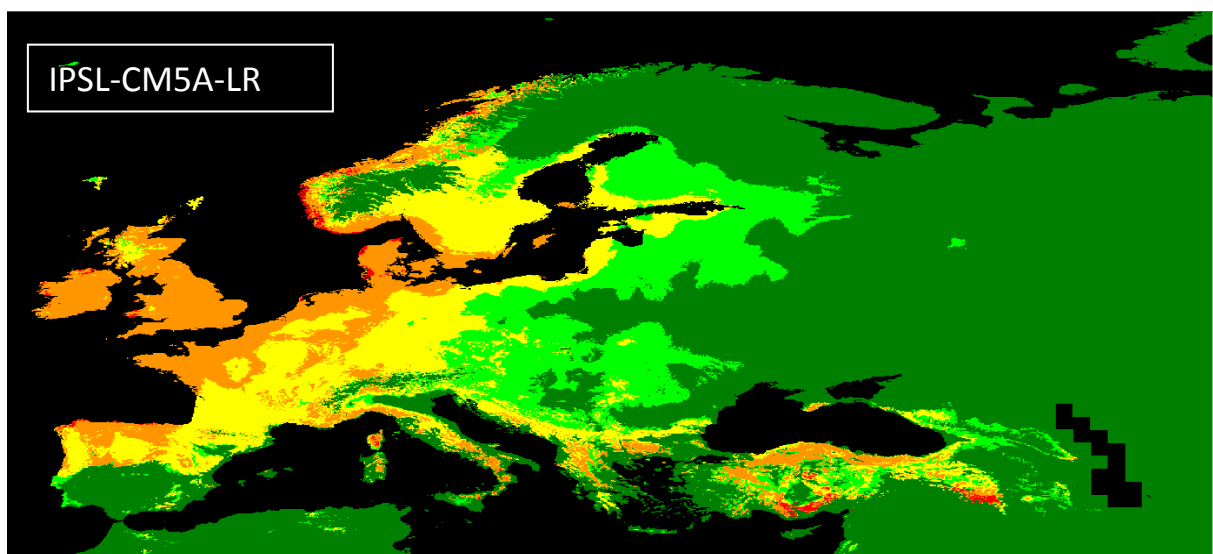
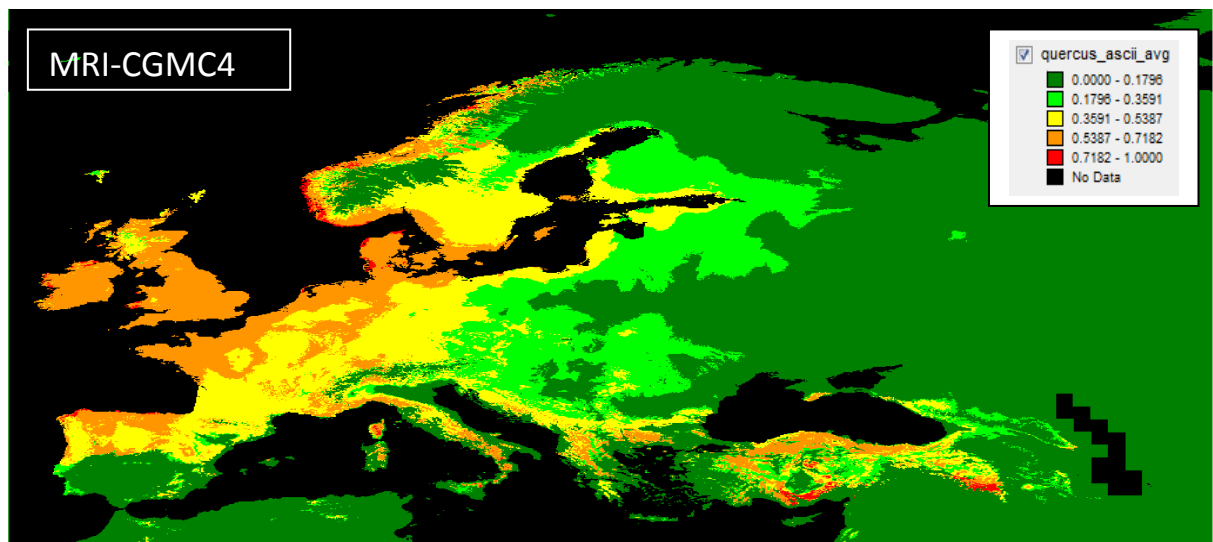
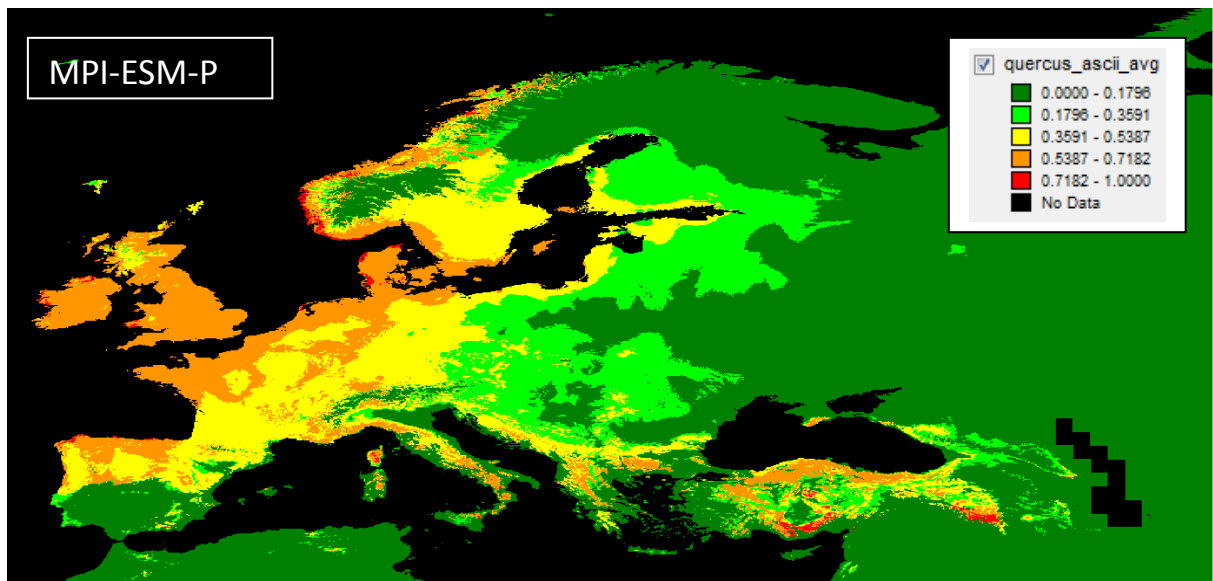
Ek 4. Orta- Holosen'e ait birleştirilmemiş ve sınıflandırılmamış model çıktıları



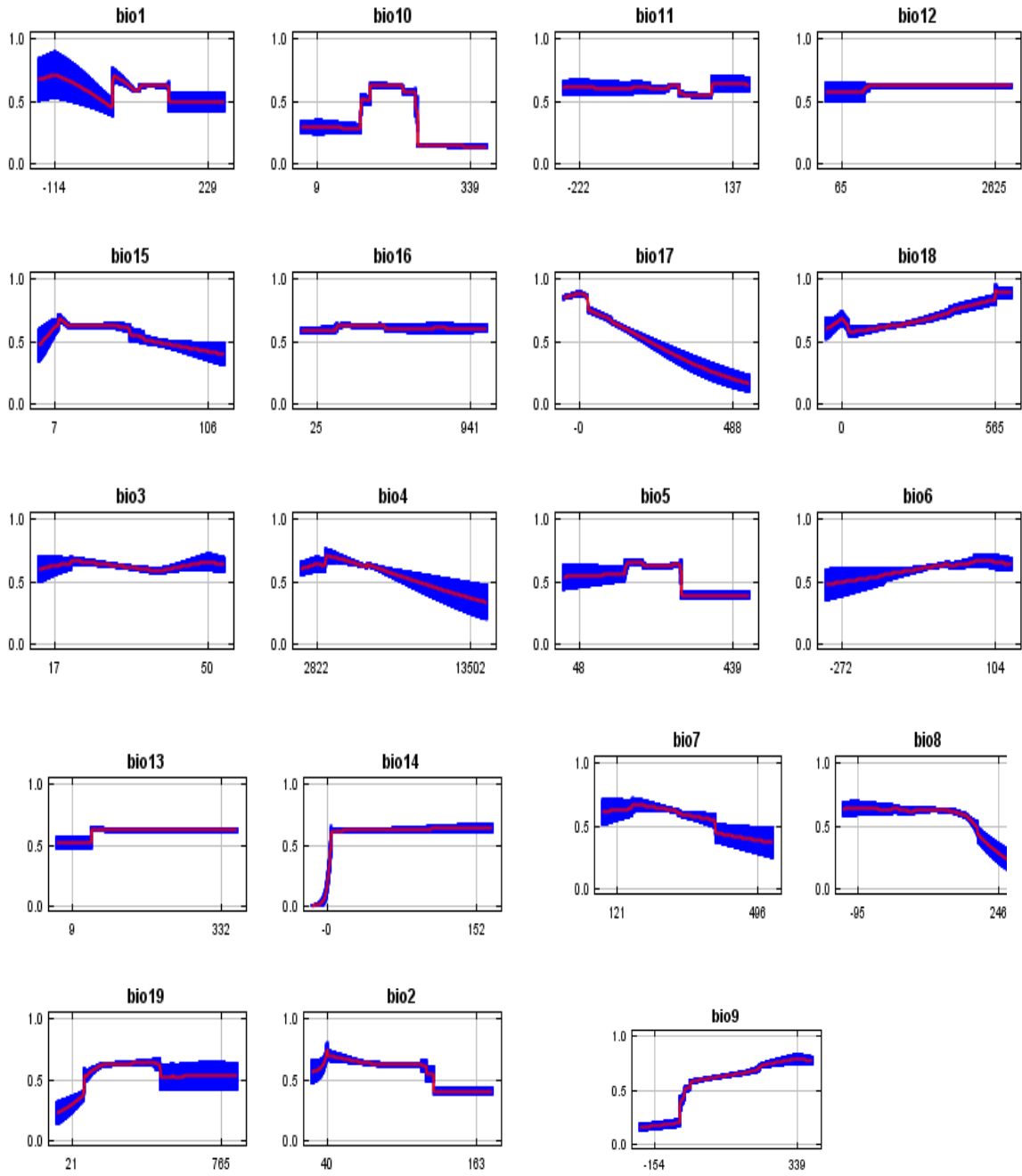
Ek 4. Devam



Ek 4. Devam



Ek 5.19 biyoiklimsel değişkene ait cevap eğrileri



ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Elif Deniz ÜLKER
Doğum Yeri : Çankaya - ANKARA
Medeni Hali : Bekâr
E-posta : elifdenizulker@gmail.com
Adresi : Refik Belendir Sk. 67B/8 Yukari Ayrancı-ANKARA

Eğitim

Lise : TED Ankara Koleji (2004-2007)
Lisans : Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü (2008-2012)
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Ekoloji Ana Bilim Dalı (2012-)

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce, YDS 65,0

İş Deneyimi

2013: Çevre Bakanlığı, CITES Raporu (Aves) tercümesi

Deneyim Alanları

Deniz kaplumbağaları yuvalama alanları ve koruma çalışmaları, sıcaklık şokları ve soğuk katlama çalışmaları, tohum çimlenmesi üzerine çalışmalar, *Rumex crispus*, Ekolojik niş modellemesi, *Quercus robur* üzerine sistematik ve ekolojik çalışmalar,

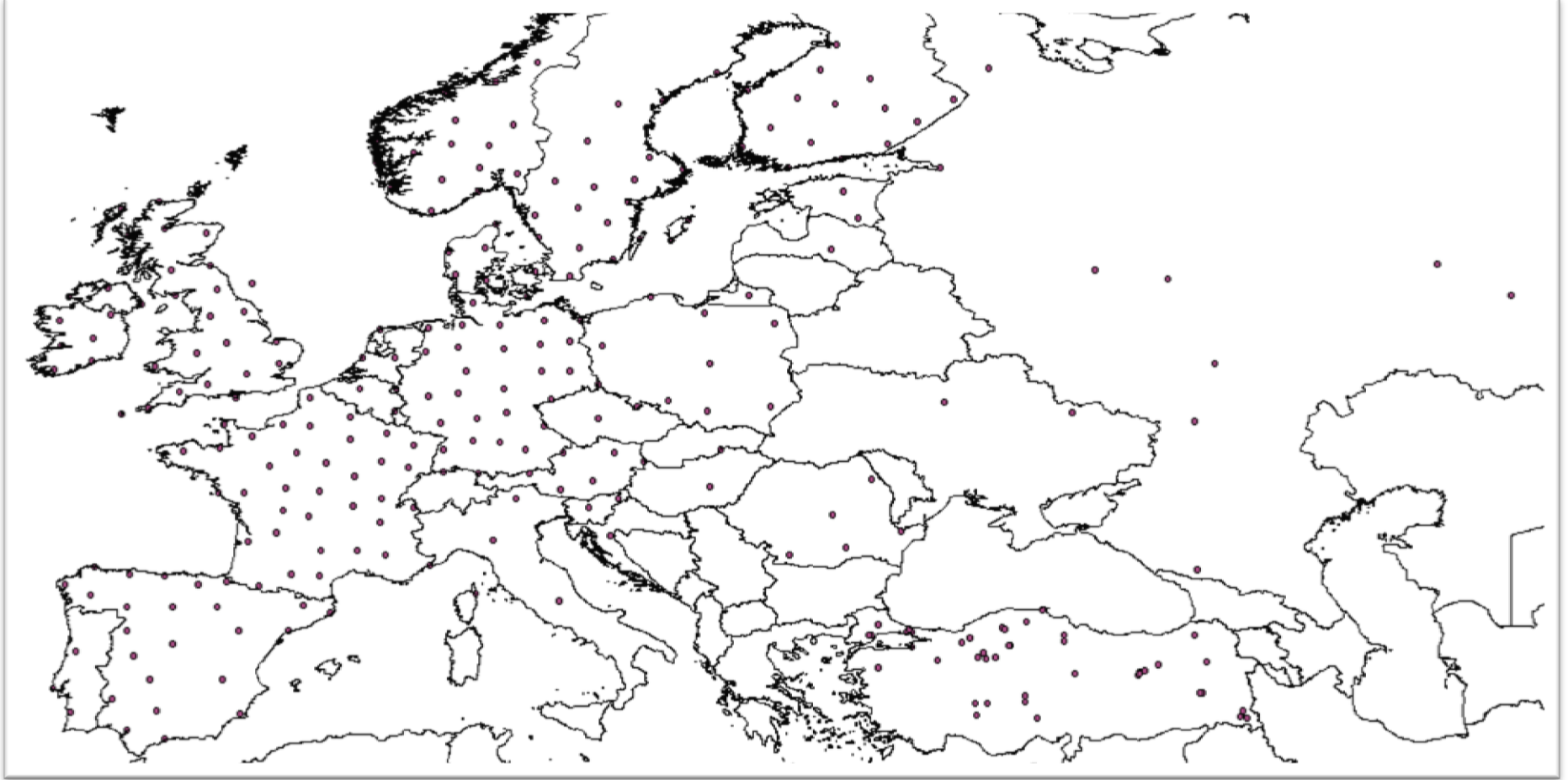
Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

Tezden Üretilmiş Yayınlar

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

- Ülker, E.D., Perктаş, U., Tavşanoğlu, Ç. 2014. Effects of past climate changes on the geographic distribution of *Quercus robur*. Proceedings of the Ecology and Evolutionary Biology Symposium, **12-13 July 2014, İstanbul, Turkey** (Poster sunumu).
- Ülker, E.D., Perктаş, U., Tavşanoğlu, Ç. 2013. Küresel iklim değişimlerinin saplı meşenin coğrafi dağılımına etkisi XI.Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, **1-4 Ekim 2013, Samsun** (sözlü sunum).

EKLER



Ek.1. Analizlerde kullanılan *Q. robur*'a ait pozitif gözlem verilerinin harita üzerindeki dağılımı.

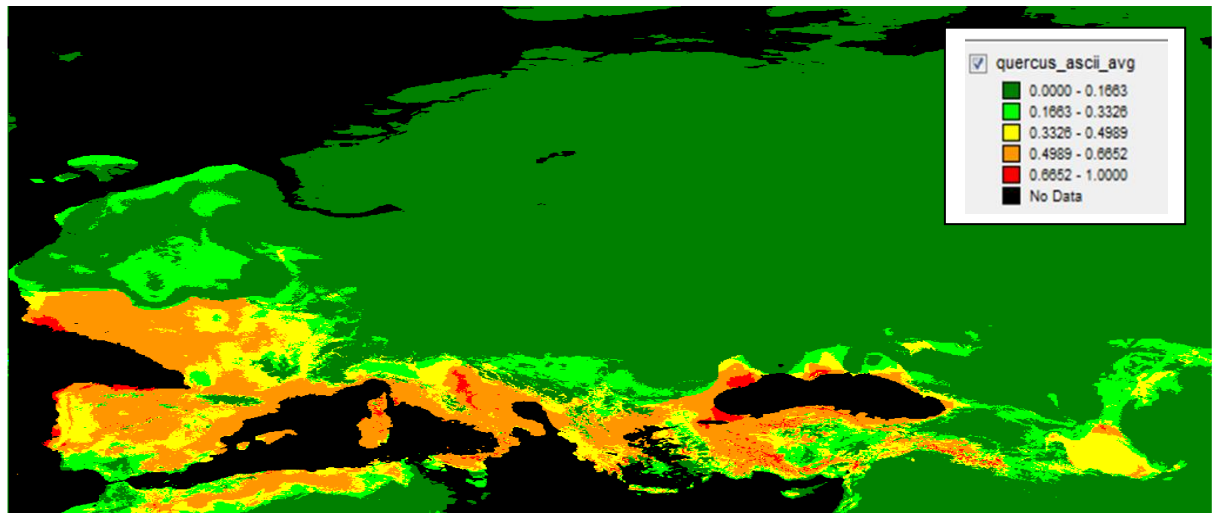
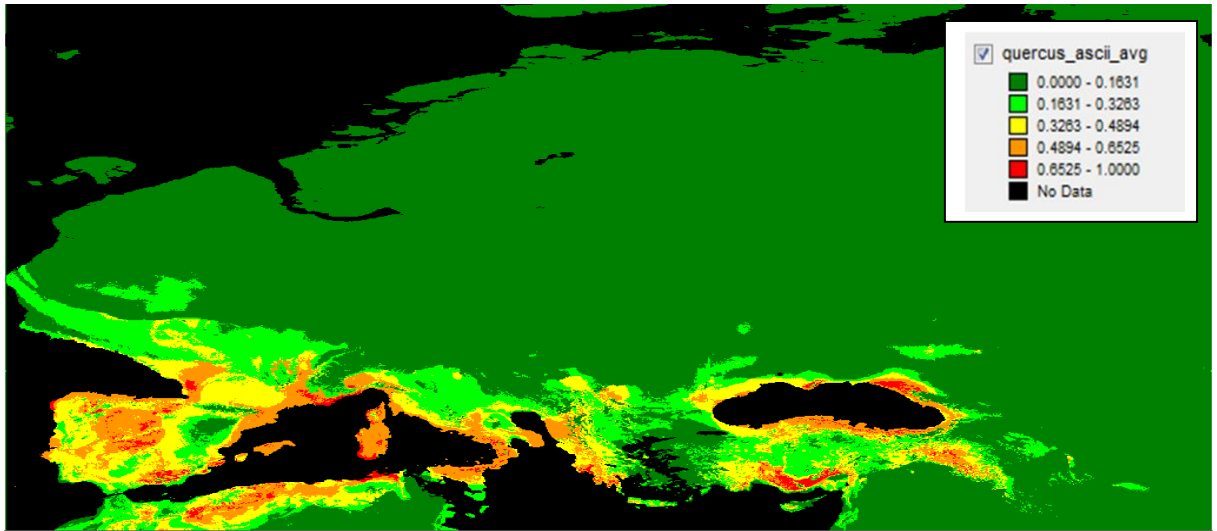
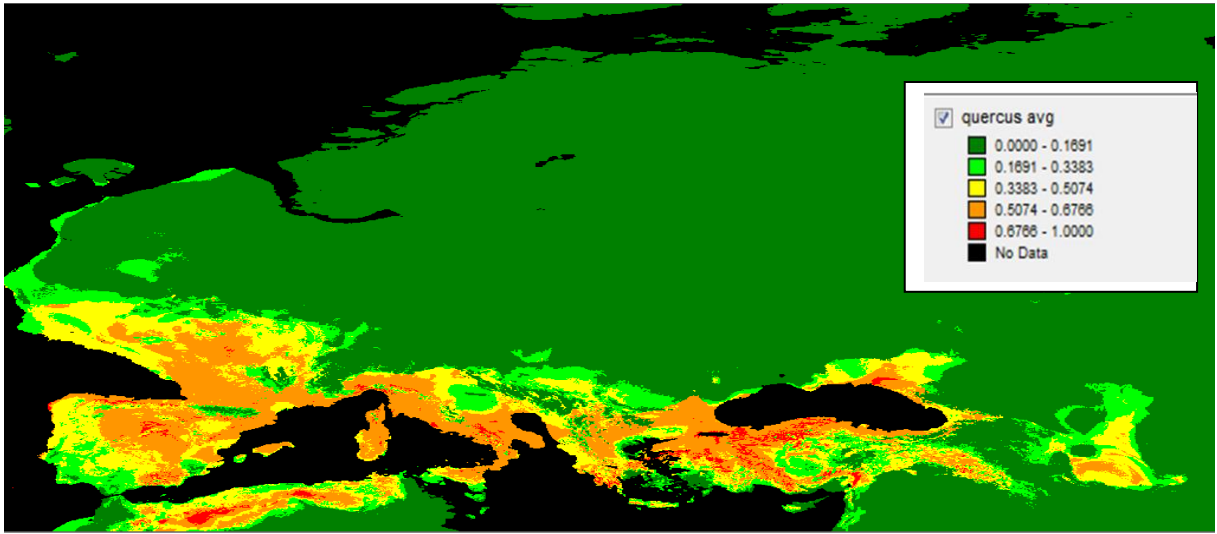
Ek 2. Modelde kullanılan gözlem kayıtları

TÜR	ENLEM	BOYLAM	TÜR	ENLEM	BOYLAM	TÜR	ENLEM	BOYLAM
quercus	55.06807	-6.98244	quercus	53.46	7.42	quercus	44.5	26.08333
quercus	46.2029	4.01059	quercus	57.91578	26.64639	quercus	54.46	9.42
quercus	63.7903	20.3313	quercus	49.75	15	quercus	62.74668	30.96039
quercus	59.68073	11.36838	quercus	55.5603	13.7171	quercus	62.55141	6.28096
quercus	52.76	12.42	quercus	50	36.25	quercus	58.18487	7.51789
quercus	54.67	17.36	quercus	42.1	-6.1	quercus	62.95126	8.13133
quercus	59.8728	18.8318	quercus	58.98279	9.60399	quercus	60.84019	10.11304
quercus	62.6497	17.9213	quercus	44.8	10.31667	quercus	60.92442	8.43741
quercus	57.8508	19.0668	quercus	52.7	15.2	quercus	59.08319	5.71667
quercus	48.64664	6.73429	quercus	40.28	-8.41	quercus	61.12539	5.01516
quercus	52.73095	-9.11035	quercus	50.76	8.75	quercus	59.44301	8.01993
quercus	55.9674	-2.40055	quercus	44.99986	15.57856	quercus	67.85777	14.95711
quercus	54.71096	-8.69825	quercus	46.09969	14.5786	quercus	60.57204	6.71278
quercus	46.4997	15.91172	quercus	61.58665	22.7108	quercus	63.42137	10.39066
quercus	51.16528	15.02361	quercus	49.65	41.75	quercus	61.71585	11.20405
quercus	48.33333	15.75	quercus	54.03275	19.78628	quercus	43.32493	2.5272
quercus	56.6638	14.1809	quercus	63.06897	21.72551	quercus	45.1893	28.61732
quercus	62.5626	25.6452	quercus	64.95462	25.69379	quercus	44.4011	4.18322
quercus	51.88895	-4.83401	quercus	53.62728	22.91871	quercus	48.85527	9.37896
quercus	52.86	13.75	quercus	47.56	8.08	quercus	56.00232	52.70442
quercus	50.02	5.92	quercus	44.16667	23.58333	quercus	47.74331	6.50434
quercus	59.3976	13.0754	quercus	50.48242	18.12412	quercus	55.78594	37.28313
quercus	44.7333	-0.6833	quercus	50.20173	22.75211	quercus	59.92716	9.68873
quercus	63.93624	24.94702	quercus	62.5401	15.9119	quercus	69.64611	18.94519
quercus	61.0149	14.5064	quercus	42.3333	13.2667	quercus	66.42125	12.86017
quercus	60.33933	25.91955	quercus	47	20	quercus	45.0844	0.60806
quercus	41.82	3	quercus	50.05	19.91667	quercus	52	20
quercus	53.00517	-7.62755	quercus	50.43333	30.51667	quercus	38.56667	42.1
quercus	51.65348	12.47746	quercus	43.7656	7.4589	quercus	43.59472	41.85722
quercus	52.66	8.75	quercus	54.75	55.96667	quercus	55.44	40.54
quercus	43.42	1.27	quercus	52	42.66667	quercus	44.38769	2.56691
quercus	63.56492	27.18772	quercus	64	32.5	quercus	44.18126	5.44563

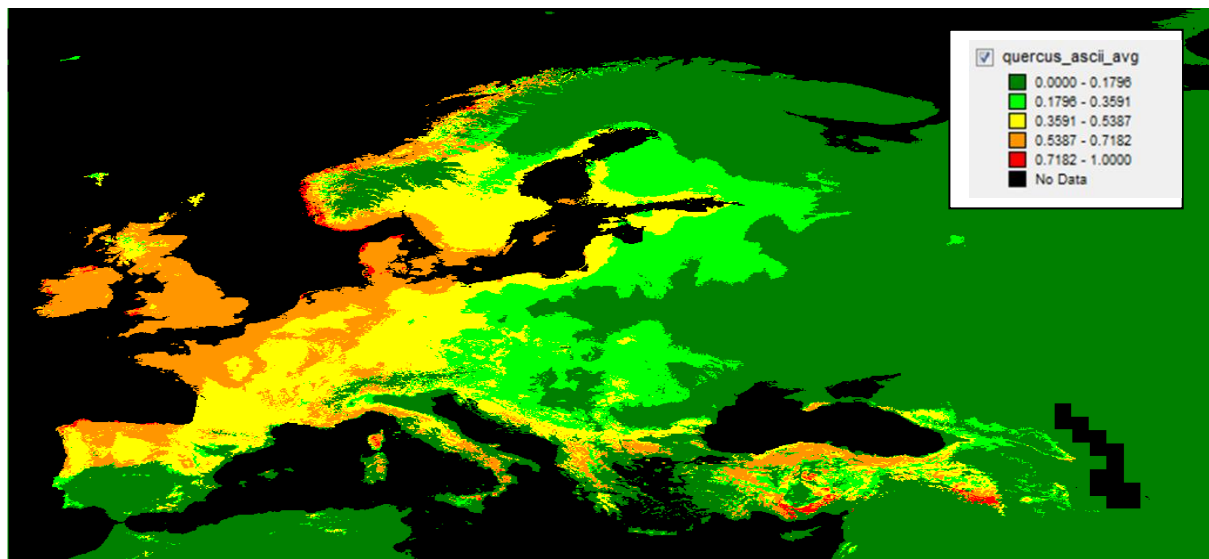
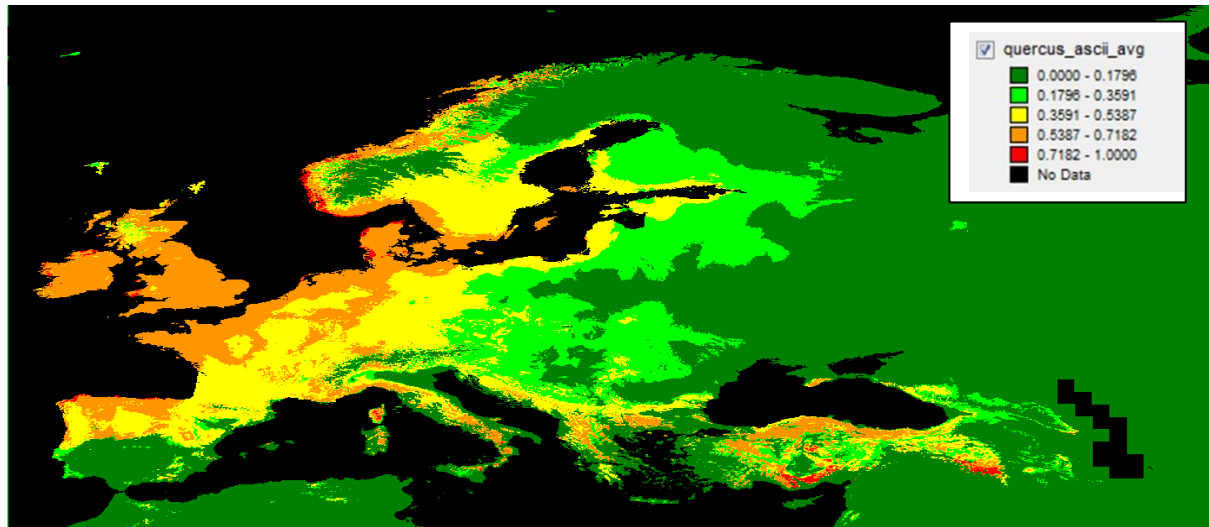
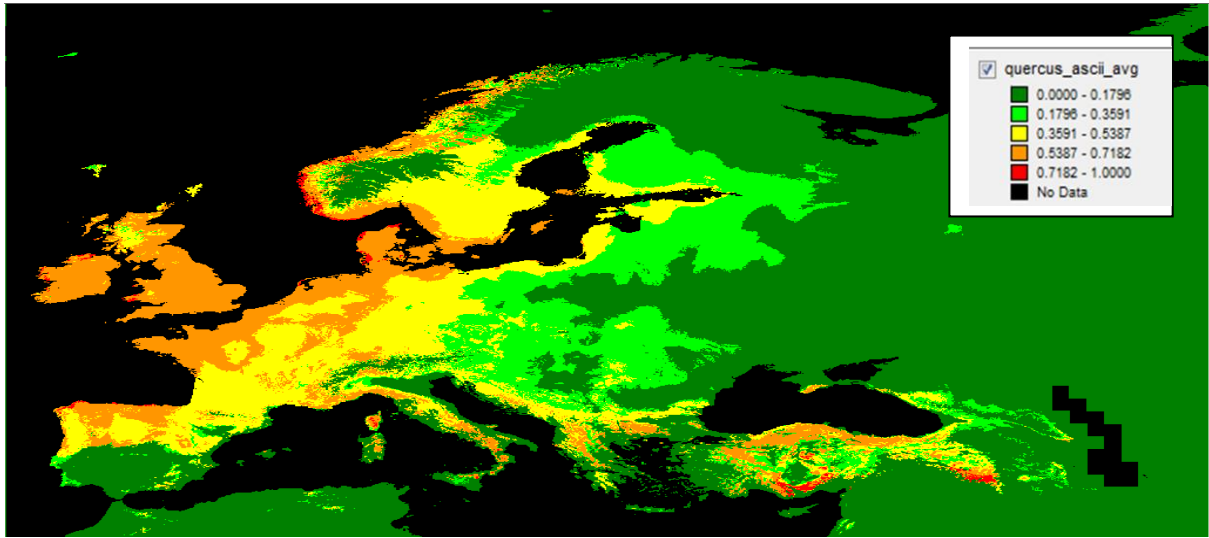
TÜR	ENLEM	BOYLAM		TÜR	ENLEM	BOYLAM		TÜR	ENLEM	BOYLAM
quercus	55.06807	-6.98244		quercus	53.46	7.42		quercus	44.5	26.08333
quercus	46.2029	4.01059		quercus	57.91578	26.64639		quercus	54.46	9.42
quercus	63.7903	20.3313		quercus	49.75	15		quercus	62.74668	30.96039
quercus	59.68073	11.36838		quercus	55.5603	13.7171		quercus	62.55141	6.28096
quercus	52.76	12.42		quercus	50	36.25		quercus	58.18487	7.51789
quercus	54.67	17.36		quercus	42.1	-6.1		quercus	62.95126	8.13133
quercus	59.8728	18.8318		quercus	58.98279	9.60399		quercus	60.84019	10.11304
quercus	62.6497	17.9213		quercus	44.8	10.31667		quercus	60.92442	8.43741
quercus	57.8508	19.0668		quercus	52.7	15.2		quercus	59.08319	5.71667
quercus	48.64664	6.73429		quercus	40.28	-8.41		quercus	61.12539	5.01516
quercus	52.73095	-9.11035		quercus	50.76	8.75		quercus	59.44301	8.01993
quercus	55.9674	-2.40055		quercus	44.99986	15.57856		quercus	67.85777	14.95711
quercus	54.71096	-8.69825		quercus	46.09969	14.5786		quercus	60.57204	6.71278
quercus	46.4997	15.91172		quercus	61.58665	22.7108		quercus	63.42137	10.39066
quercus	51.16528	15.02361		quercus	49.65	41.75		quercus	61.71585	11.20405
quercus	48.33333	15.75		quercus	54.03275	19.78628		quercus	43.32493	2.5272
quercus	56.6638	14.1809		quercus	63.06897	21.72551		quercus	45.1893	28.61732
quercus	62.5626	25.6452		quercus	64.95462	25.69379		quercus	44.4011	4.18322
quercus	51.88895	-4.83401		quercus	53.62728	22.91871		quercus	48.85527	9.37896
quercus	52.86	13.75		quercus	47.56	8.08		quercus	56.00232	52.70442
quercus	50.02	5.92		quercus	44.16667	23.58333		quercus	47.74331	6.50434
quercus	59.3976	13.0754		quercus	50.48242	18.12412		quercus	55.78594	37.28313
quercus	44.7333	-0.6833		quercus	50.20173	22.75211		quercus	59.92716	9.68873
quercus	63.93624	24.94702		quercus	62.5401	15.9119		quercus	69.64611	18.94519
quercus	61.0149	14.5064		quercus	42.3333	13.2667		quercus	66.42125	12.86017
quercus	60.33933	25.91955		quercus	47	20		quercus	45.0844	0.60806
quercus	41.82	3		quercus	50.05	19.91667		quercus	52	20
quercus	53.00517	-7.62755		quercus	50.43333	30.51667		quercus	38.56667	42.1
quercus	51.65348	12.47746		quercus	43.7656	7.4589		quercus	43.59472	41.85722
quercus	52.66	8.75		quercus	54.75	55.96667		quercus	55.44	40.54
quercus	43.42	1.27		quercus	52	42.66667		quercus	44.38769	2.56691
quercus	63.56492	27.18772		quercus	64	32.5		quercus	44.18126	5.44563

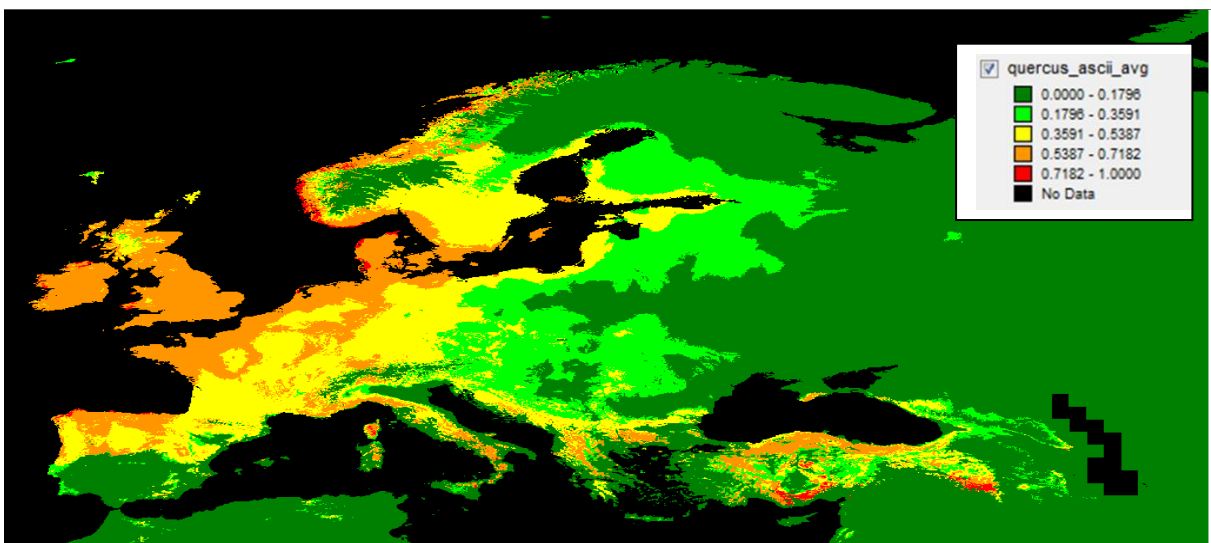
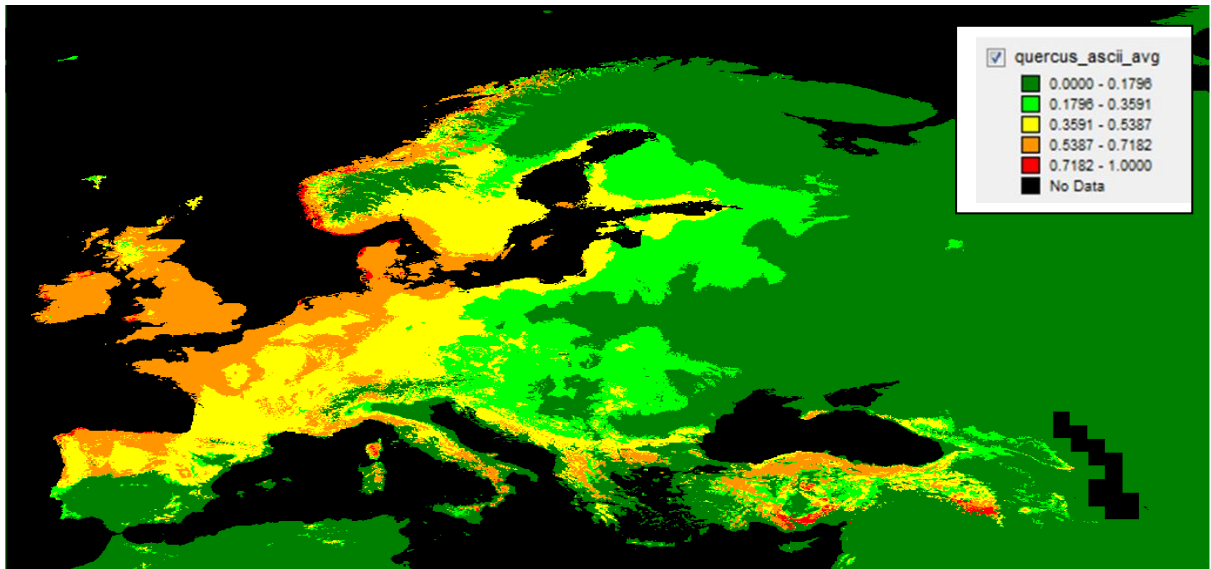
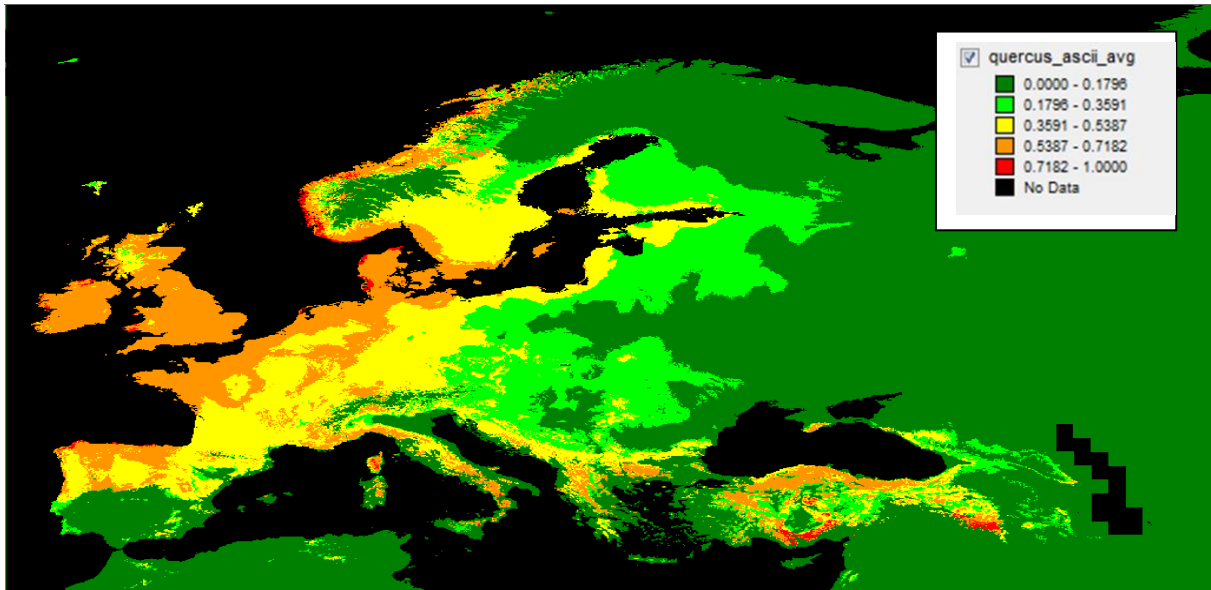
TÜR	ENLEM	BOYLAM	TÜR	ENLEM	BOYLAM
quercus	38.5729	42.0171	quercus	45.7350	2.0420
quercus	39.5115	39.5039	quercus	45.5365	5.2490
quercus	40.9370	27.2807	quercus	46.1034	6.7593
quercus	40.4789	29.0664	quercus	45.9847	0.8684
quercus	40.6036	31.2788	quercus	59.9694	30.3200
quercus	41.2277	33.1374	quercus	47.9897	17.0467
quercus	40.6702	35.8782	quercus	46.8750	13.2917
quercus	38.1639	31.8956	quercus	47.2250	14.7917
quercus	41.1869	28.9592	quercus	62.3378	27.8652
quercus	40.0572	32.0037	quercus	62.8142	23.9465
quercus	39.3504	36.3998	quercus	56.6500	25.4333
quercus	38.4462	34.1410	quercus	46.5028	11.3036
quercus	39.7155	40.1145	quercus	57.7152	15.4317
quercus	39.8265	42.3049	quercus	41.0333	29.1000
quercus	37.8792	43.9504	quercus	48.4700	20.4700
quercus	37.5952	43.8134	quercus	47.2500	27.2500
quercus	37.5620	44.0767	quercus	45.8000	25.5000
quercus	40.9129	41.7417	quercus	56.9757	18.2910
quercus	41.1750	33.2525	quercus	37.7000	43.8500
quercus	41.9472	34.9035	quercus	60.1711	5.0537
quercus	40.5102	33.4251	quercus	54.7400	21.7400
quercus	41.5061	34.2161	quercus	61.8524	8.6184
quercus	39.3526	39.2736	quercus	64.2314	12.3099
quercus	37.5245	34.6706	quercus	40.5349	33.4999
quercus	38.1937	34.1513	quercus	39.9592	32.3931
quercus	38.1443	32.4694	quercus	40.2114	32.2420
quercus	39.6180	27.5556	quercus	40.0446	32.8422
quercus	39.9374	30.2291	quercus	37.6992	31.9434
quercus	41.3625	27.5601	quercus	41.0607	28.8348
quercus	40.9118	27.1397	quercus	39.3060	39.1834
quercus	40.8166	31.6564	quercus	40.9133	35.8944
			quercus	39.4086	39.2910

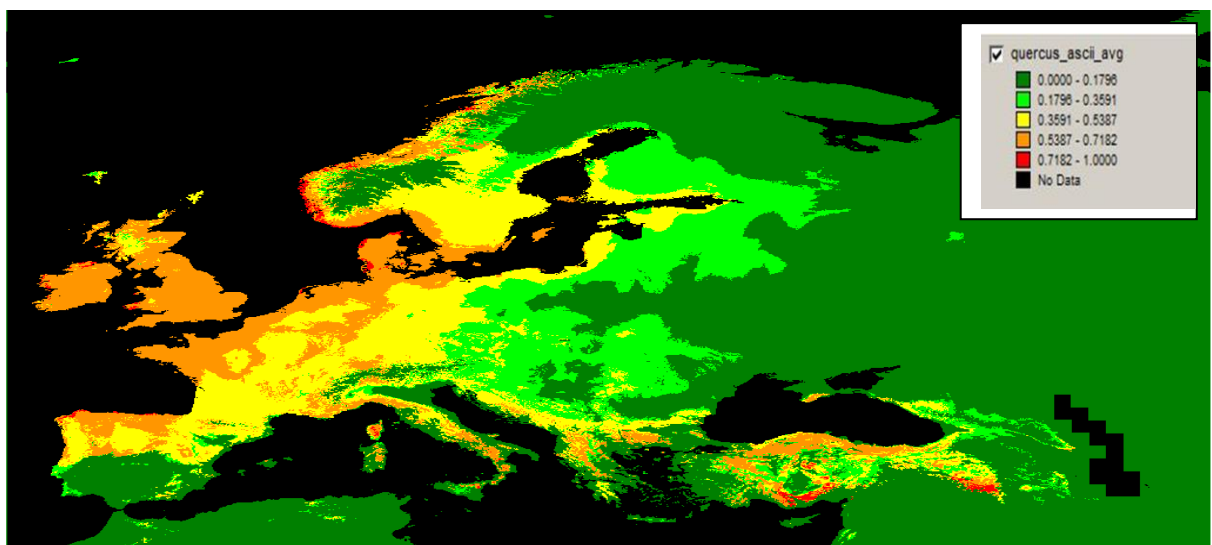
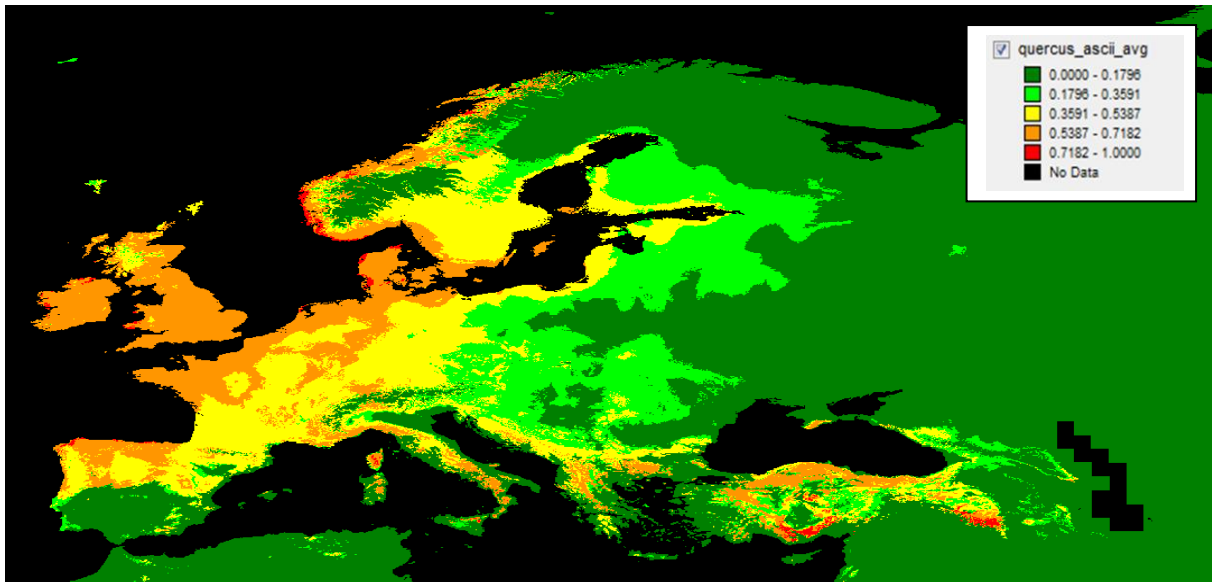
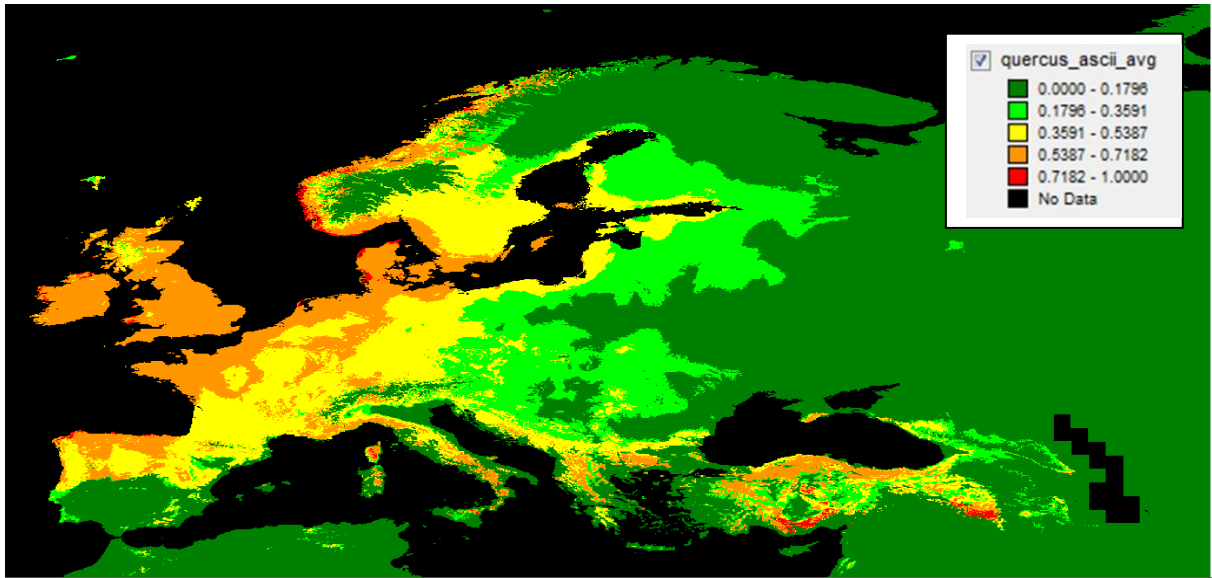
Ek 3. Son buzul maksimumuna ait birleştirilmemiş ve sınıflandırılmamış model çıktıları



Ek 4. Orta- Holosen'e ait birleştirilmemiş ve sınıflandırılmamış model çıktıları







Ek 5.19 biyoiklimsel değişkene ait cevap eğrileri

