

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GARP MODELİNE GÖRE *Crataegus microphylla* C. KOCH  
(KOCAKARI ARMUDU) VE  
*Crataegus monogyna* JACQ. (ADI ALIÇ)  
TÜRLERİNİN GÜNÜMÜZ VE GELECEKTEKİ  
YAYILIŞ ALANLARININ TAHMİNİ**

**Büşra AKSU**

**Danışman  
Doç. Dr. Ömer Kâmil ÖRÜCÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI  
ISPARTA – 2022**

© 2022 [Büşra AKSU]

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                                                 | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| İÇİNDEKİLER.....                                                                                                                                | i     |
| ÖZET .....                                                                                                                                      | ii    |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                  | iii   |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                                                                   | iv    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                                                                                           | v     |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                                                                                         | vii   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                                                                                                             | viii  |
| 1. GİRİŞ.....                                                                                                                                   | 1     |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ.....                                                                                                                         | 6     |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                                                                                                                     | 14    |
| 3.1. Adi Alıç ( <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.).....                                                                                           | 14    |
| 3.2. Kocakarı Armudu ( <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch).....                                                                               | 15    |
| 3.3. Yöntem.....                                                                                                                                | 16    |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....                                                                                                         | 22    |
| 4.1. Adi Alıç ( <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.) için Günümüz ve Gelecekteki<br>Tahmini Potansiyel Yayılışı ve Değişim Analizi .....            | 22    |
| 4.2. Kocakarı Armudu ( <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch) için Günümüz<br>ve Gelecekteki Tahmini Potansiyel Yayılışı ve Değişim Analizi..... | 35    |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....                                                                                                                       | 56    |
| KAYNAKÇA .....                                                                                                                                  | 58    |
| EKLER.....                                                                                                                                      | 67    |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                                                                   | 70    |

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

#### **GARP MODELİNE GÖRE *Crataegus microphylla* C. KOCH (KOCAKARI ARMUDU) VE *Crataegus monogyna* JACQ. (ADİ ALIÇ) TÜRLERİNİN GÜNÜMÜZ VE GELECEKTEKİ YAYILIŞ ALANLARININ TAHMİNİ**

**Büşra AKSU**

**Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Ömer Kâmil ÖRÜCÜ**

Makine öğrenme tekniği kullanılarak türlerin güncel ve gelecekteki yayılış alanlarını modellemek günümüzde bitkilerin yayılış alanlarının iklim değişikliğinden ne derecede etkileneceğini ortaya koymak açısından önemli çalışmalardan biri haline gelmiştir. Ülkemizin zengin bitkisel materyalinin iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğinin analiz edilmesi gelecek kullanımlarının planlanabilmesi için büyük önem taşımaktadır. Türlerin var olduğu alanları ifade eden noktasal veriler ve bu alanlara ait biyoiklim verileri kullanılarak oluşturulmuş katmanlar sayesinde farklı iklim senaryolarına göre türlerin günümüz ve gelecekteki potansiyel yayılış alanları GARP programı ile belirlenebilmektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilen tez çalışmasında *Rosaceae* (Gülgiller) Familyasından *Crataegus microphylla* C. Koch ve *Crataegus monogyna* Jacq. türleri seçilerek bu türlere ait var verileri ve Worldclim 2.1 versiyonu 2.5 dakika konumsal çözünürlükteki 13 adet biyoiklimsel değişken kullanılarak türlerin günümüz koşullarındaki potansiyel yayılış alanları tahmin edilmiştir. Sonrasında ise türlerin yayılış alanlarının iklim değişiminden nasıl etkileneceklerini belirlemek için 6. IPCC raporu temel alınarak oluşturulmuş ve CMIP6 modellerinden olan MIROC-ES2L kullanılarak türlerin SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5'e senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 periyodlarına ait potansiyel yayılış alanları modellenmiş, türlere ait üretilen günümüz ve gelecekteki yayılış alanları arasındaki alansal ve konumsal farklar değişim analizi ile ortaya konulmuştur. Günümüz ve gelecek yayılış alanlarının modellenmesinde GARP 1.1.6 versiyonu kullanılmıştır. *Rosaceae* familyasına ait bu türlerin günümüz potansiyel yayılış alanları ile gelecekte iklim değişikliğinden nasıl etkileneceklerinin belirlendiği bu tez çalışmasında *C. microphylla*'nın SSP2 4.5 senaryosunun iki periyodunda da türün yayılış alanında azalma olacağı, *C. monogyna*'nın ise SSP3 7.0 senaryosunun 2041-2060 periyodunda ve SSP5 8.5 senaryosunun 2081-2100 periyodunda bir azalma olacağı tahmin edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İklim Değişikliği, Tür Dağılım Modeli, *Rosaceae*, Garp, CMIP6, MIROC-ES2L

**2022, 69 sayfa**

## ABSTRACT

### M.Sc. Thesis

#### **PREDICTION OF PRESENT AND FUTURE DISTRIBUTIONS OF *Crataegus microphylla* C. KOCH (BORNE PEAR) AND *Crataegus monogyna* JACQ. (COMPLEAN HAWKER) SPECIES ACCORDING TO THE GARP MODEL**

**Büşra AKSU**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Landscape Architecture**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ömer Kâmil ÖRÜCÜ**

Modeling the current and future distribution areas of species using machine learning technique has become one of the important studies in terms of revealing how much the distribution areas of plants will be affected by climate change. It is very important to analyze how the rich plant materials of our country will be affected by climate change in order to plan their future use. By using point data showing the areas where the species exist and the layers created by using the bioclimatic data of these areas, the current and future potential distribution areas of the species can be determined with the GARP program according to different climate scenarios. In the thesis study carried out in this context, *Crataegus microphylla* C. Koch and *Crataegus monogyna* Jacq. species from the *Rosaceae* Family were selected and the potential distribution areas of the species in today's conditions were estimated using the var data of these species and 13 bioclimatic variables with a spatial resolution of 2.5 minutes in the WorldClim 2.1 version. Afterwards, in order to determine how the distribution areas of the species will be affected by climate change, based on 6th IPCC reports and using MIROC-ES2L, one of the CMIP6 models, the potential distribution areas of the species for the 2041-2060 and 2081-2100 periods were modeled according to the scenarios of SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 and SSP5 8.5. The spatial and positional differences between the present and future distribution areas of the species were revealed by the change analysis. GARP version 1.1.6 was used to model present and future distribution areas. In this thesis study, the potential distribution areas of these species belonging to the *Rosaceae* family are determined and how they will be affected by climate change in the future, it has been estimated that there will be a decrease in the distribution area of the species in both periods of the SSP2 4.5 scenario of *C. microphylla*, and a decrease in the distribution area of the *C. monogyna* in the 2041-2060 period of the SSP3 7.0 scenario and in the 2081-2100 period of the SSP5 8.5 scenario.

**Keywords:** Climate Change, Species Disturbition Modelling, *Rosaceae*, Garp, CMIP6, MIROC-ES2L

**2022, 69 pages**

## **TEŞEKKÜR**

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sürecinde her türlü bilgisini, deneyimini, desteğini ve emeğini esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Ömer Kamil ÖRÜCÜ'ye teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her türlü maddi manevi istek ve ihtiyaçlarımı karşılayarak, beni bu günlere getiren annem Hülya KAYA'ya ve her zaman yanımda olan kardeşim Meryem Zülal AKSU'ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Büşra AKSU  
ISPARTA, 2022

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                                                                                     | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 3.1. Küçük ağaç formunda <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. bireyi (a),<br>çalı formu (b) ve meyvesi (c).....                                                                                                                                    | 15    |
| Şekil 3.2. Çalı formunda <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch meyvesi (a), çiçeği (b)<br>ve genel görünüşü (c).....                                                                                                                                 | 16    |
| Şekil 4.1. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. örnek noktaları .....                                                                                                                                                                                    | 22    |
| Şekil 4.2. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.'in tahmini güncel yayılış alanı .....                                                                                                                                                                    | 23    |
| Şekil 4.3. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.'in MIROC-ES2L modeli SSP1 2.6<br>senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100<br>periyoduna göre tahmini yayılış alanları.....                                                                         | 25    |
| Şekil 4.4. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.'in MIROC-ES2L modeli SSP2 4.5<br>senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna<br>göre tahmini yayılış alanları.....                                                                         | 26    |
| Şekil 4.5. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.'in MIROC-ES2L modeli SSP3 7.0<br>senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100<br>periyoduna göre tahmini yayılış alanları.....                                                                         | 27    |
| Şekil 4.6. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.'nin MIROC-ES2L modeli SSP5 8.5<br>senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100<br>periyoduna göre tahmini yayılış alanları.....                                                                        | 29    |
| Şekil 4.7. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. tahmini güncel yayılış alanı ile<br>SSP1 2.6 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini<br>yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100<br>periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim ..... | 31    |
| Şekil 4.8. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. tahmini güncel yayılış alanı ile<br>SSP2 4.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini<br>yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda<br>tahmini yayılış alanı arasındaki değişim ..... | 32    |
| Şekil 4.9. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. tahmini güncel yayılış alanı ile<br>SSP3 7.0 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini<br>yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda<br>tahmini yayılış alanı arasındaki değişim ..... | 33    |
| Şekil 4.10. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. tahmini güncel yayılış alanı ile<br>SSP5 8.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini<br>yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda<br>tahmini yayılış alanı arasındaki değişim..... | 34    |
| Şekil 4.11. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch örnek noktaları .....                                                                                                                                                                              | 36    |
| Şekil 4.12. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch'un tahmini güncel yayılış alanı .....                                                                                                                                                              | 37    |
| Şekil 4.13. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch'un MIROC-ES2L modeli<br>SSP1 2.6 senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100<br>periyoduna göre tahmini yayılış alanları.....                                                                   | 39    |
| Şekil 4.14. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch'un MIROC-ES2L modeli<br>SSP2 4.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100<br>periyoduna göre tahmini yayılış alanları.....                                                                   | 40    |
| Şekil 4.15. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch'un MIROC-ES2L modeli SSP3 7.0<br>senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna<br>göre tahmini yayılış alanları .....                                                                  | 41    |

|                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.16. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch'un MIROC-ES2L modeli SSP5 8.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna göre tahmini yayılış alanları .....                                                                    | 43 |
| Şekil 4.17. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch tahmini güncel yayılış alanı ile SSP1 2.6 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim..... | 45 |
| Şekil 4.18. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch tahmini güncel yayılış alanı ile SSP2 4.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim..... | 46 |
| Şekil 4.19. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch tahmini güncel yayılış alanı ile SSP3 7.0 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim..... | 47 |
| Şekil 4.20. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch tahmini güncel yayılış alanı ile SSP5 8.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim..... | 48 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                                                        | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 3.1. Üç aşamalı yöntem şeması.....                                                                                                                                                                             | 17    |
| Çizelge 3.2. Biyoklimatik değişkenler.....                                                                                                                                                                             | 18    |
| Çizelge 4.1. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.'in günümüz, SSP1 2.6 ve SSP2 4.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki potansiyel coğrafi yayılışının alansal dağılımı (km <sup>2</sup> ).....     | 24    |
| Çizelge 4.2. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.'in günümüz, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki potansiyel coğrafi yayılışının alansal dağılımı (km <sup>2</sup> ).....     | 24    |
| Çizelge 4.3. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.'in SSP1 2.6 ve SSP2 4.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki değişim analizi (km <sup>2</sup> ).....                                              | 35    |
| Çizelge 4.4. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.'in SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki değişim analizi (km <sup>2</sup> ).....                                              | 35    |
| Çizelge 4.5. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch'un günümüz, SSP1 2.6 ve SSP2 4.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki potansiyel coğrafi yayılışının alansal dağılımı (km <sup>2</sup> ).... | 37    |
| Çizelge 4.6. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch'un günümüz, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki potansiyel coğrafi yayılışının alansal dağılımı (km <sup>2</sup> ).... | 38    |
| Çizelge 4.7. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch'un SSP1 2.6 ve SSP2 4.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki değişim analizi (km <sup>2</sup> ).....                                         | 49    |
| Çizelge 4.8. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch'un SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki değişim analizi (km <sup>2</sup> ).....                                         | 49    |
| Çizelge 4.9. GARP ve MAXENT programlarının karşılaştırılması.....                                                                                                                                                      | 52    |
| Çizelge 5.1. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.'e ait öznitelik verileri.....                                                                                                                                             | 67    |
| Çizelge 5.2. <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch'a ait öznitelik ve var verileri.....                                                                                                                                 | 69    |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                 |                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| °C              | Santigrat derece                                                                                                                                                                                                 |
| AR5             | 5. Değerlendirme Raporu                                                                                                                                                                                          |
| AR6             | 6. Değerlendirme Raporu                                                                                                                                                                                          |
| AUC             | Roc Eğrisinin Altındaki Alan                                                                                                                                                                                     |
| CanESM5         | Kanada Dünya Sistem Modeli 5. Sürüm                                                                                                                                                                              |
| CART            | Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı Tekniği                                                                                                                                                                         |
| CCSM            | Topluluk İklim Sistemi Modeli                                                                                                                                                                                    |
| CESM2           | Topluluk Dünya Sistemi Modeli                                                                                                                                                                                    |
| CliMAF          | İklim Modeli Değerlendirme Çerçevesi                                                                                                                                                                             |
| cm              | Santimetre                                                                                                                                                                                                       |
| CMIP            | Eşleştirilmiş Model Karşılaştırma Projeleri                                                                                                                                                                      |
| CO <sub>2</sub> | Karbondioksit                                                                                                                                                                                                    |
| DA              | Ayrım Analizi                                                                                                                                                                                                    |
| ECS             | Denge İklim Duyarlılığı                                                                                                                                                                                          |
| ES-DOC          | Dünya Sistemi Belgeleri                                                                                                                                                                                          |
| ESM             | Dünya Sistemi Modeli                                                                                                                                                                                             |
| GAM             | Genelleştirilmiş Eklemeli Model                                                                                                                                                                                  |
| GARP            | Kural Seti Tahmini İçin Genetik Algoritmalar                                                                                                                                                                     |
| IPCC            | Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli                                                                                                                                                                        |
| MIROC-ES2L      | Uzun Vadeli Simülasyonlar İçin Dünya Sistemi 2. Sürüm                                                                                                                                                            |
| km <sup>2</sup> | Kilometre Kare                                                                                                                                                                                                   |
| KMO             | Kaiser Meyer Olkin                                                                                                                                                                                               |
| LIM             | (Louvain)la-neuve Buz Modeli                                                                                                                                                                                     |
| LMDz            | Laboratoire de Météorologie Dynamique                                                                                                                                                                            |
| LR              | Lojistik Regresyon Analizi                                                                                                                                                                                       |
| m               | Metre                                                                                                                                                                                                            |
| MaxEnt          | Maksimum Entropi Yaklaşımı                                                                                                                                                                                       |
| MIROC           | İklim Üzerine Disiplinlerarası Araştırma Modeli                                                                                                                                                                  |
| NEMO            | Avrupa İçin Çekirdek Okyanusunun Belirlenmesi                                                                                                                                                                    |
| ORCHIDEE        | Dinamik Ekosistemlerde Karbon ve Hidrolojinin Düzenlenmesi                                                                                                                                                       |
| PCA             | Temel Bileşen Analizi                                                                                                                                                                                            |
| PISCES          | Deniz ekosisteminin alt trofik seviyelerini (fitoplankton, mikrozooplankton ve mesozooplankton) ve karbonun ve ana besinlerin (P, N, Fe ve Si) biyojeokimyasal döngülerini simüle eden bir biyojeokimyasal model |
| RCP             | Temsilci Konsantrasyon Yolu                                                                                                                                                                                      |
| RF              | Rastgele Orman                                                                                                                                                                                                   |
| ROC             | Alıcı İşletim Karakteristiği                                                                                                                                                                                     |
| SSP             | Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar                                                                                                                                                                                  |
| TDM             | Tür Dağılım Modeli                                                                                                                                                                                               |
| vd.             | Ve diğerleri                                                                                                                                                                                                     |
| XIOS            | XML-10-SERVE                                                                                                                                                                                                     |

## 1. GİRİŞ

İklim, bitki ve bitki topluluklarının yaşam alanları ve dağılımı konusunda ekolojik olarak en önemli değere sahip etkindir (Günel, 2013). İklimi oluşturan parametreler (sıcaklık, basınç, yağış, rüzgar yönü-hızı, nem, buharlaşma ve terleme vd.) önemli ölçüde bitkilerin fiziksel gelişimini etkilemekte ve coğrafi yayılış alanlarını belirlemektedir (Bertrand vd., 2011; Lenoir, Gégout, Marquet, De Ruffray, & Brisse, 2008). Dört buçuk milyar yıllık dünya tarihi boyunca iklim sistemi sürekli olarak bir değişim sürecine tabi olmuştur (Türkeş, 2008).

Bitki türlerini yok olma tehlikesi ile karşı karşıya bırakan, türlerin coğrafi dağılımı ve biyolojik çeşitliliği olumsuz yönde etkileyen faktör iklim değişikliğidir (Chakraborty vd., 2016; Zhao vd., 2020; Arslan vd., 2021). Bitkilerin bu değişiklik sebebi ile yüksek rakımlara doğru göç ettiği ve gelecek 100 yıl içerisinde de bu durumun daha da artarak süreceği evrensel boyuttaki çalışma ve gözlemler ile saptanmıştır (Abdelaal vd., 2019; Arslan vd., 2020; Li vd., 2020). Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından ortaya konulan raporlar sonucunda, küresel çapta sıcaklıklar her geçen yıl yükselmektedir (IPCC, 2014). 21. yüzyılın sonuna gelirken, küresel sıcaklıkların mevcut sıcaklıklara göre en az 0,3-1,7 °C ile en çok 2,6-4,8 °C daha artması öngörülmektedir (Stocker, 2014). Sıcaklık artışı ile beraber, atmosferik karbondioksit (CO<sub>2</sub>) seviyesi ve diğer sera gazlarının artacağı tahmin edilmekte ve bu durumun önemli derecede bireysel anlamda türlerin yok olmasına sebep olacağı beklenen sonuçlar arasında yer almaktadır (Friend vd., 2014). Bu doğrultuda, iklim değişikliği kapsamında biyolojik çeşitliliği koruma planlarının yapılması için ekolojik bakımdan değerli türlerin coğrafi dağılımındaki olası değişimlerin ayrıntılı olarak ve titizlikle analiz edilmesi gereklidir (Manish vd., 2016; Ncube vd., 2020; Prevéy vd., 2020; Naudiyal vd., 2021; Arslan vd., 2021).

Türler üç farklı durum ile iklim değişikliğine biyolojik tepkiler göstermektedir (Chakraborty vd., 2016; Dyderski vd., 2018). Bunlarda ilki; ekolojik nişleri takip eden hedef türün başka bir bölgeye göç edebilmesidir (Zhang vd., 2018; Abdelaal vd., 2019). İkincisi; tür, mevcut konumda farklı iklimsel şartlar ile uyum içinde

yaşamına devam edebilir (Yi vd., 2016; Du vd., 2021; Rana vd., 2021). Son olarak ise; türde, lokal ölçekte kaybolma durumu meydana gelebilir (Wiens, 2016). Özellikle iklimsel şartlara adapte olamayan ve uyum gösteremeyen dolayısıyla da nesli tükenme tehlikesi ile karşı karşıya gelen endemik türler iklim değişikliğinde etkilenmektedir (Damschen vd., 2010; Silva vd., 2019). IUCN kırmızı listesinde küresel anlamda yok olma tehdidi ile karşı karşıya olan dar habitat yayılışları ve kısıtlı coğrafi dağılıma sahip olan çok fazla endemik takson yer almaktadır (Kaky ve Gilbert, 2019; Le Breton vd., 2019). Bahsi geçen türlerin korunması, habitat şartlarını göz ardı etmeden, günümüz ve gelecekteki koşullar çerçevesinde tür varlığını ve kalıcılığını sağlayan çevresel faktörlerin saptanması ile mümkün olabilir (Mod vd., 2016; Wilson vd., 2020). Mevcut coğrafi dağılımı, habitat şartlarını ve yok oluş tehlikesi ile karşı karşıya bırakan tehditleri belirlemek bu türleri korumak adına atılacak ilk adımdır (Wan vd., 2017; Akyol ve Örücu, 2019).

Bir türün yaşayabilmesi ve varlığını sürdürebilmesi için popülasyon içerisindeki üreme kabiliyetini devam ettirdiği alan ve şartların birbiriyle ilişkisini tanımlayan kavrama Ekolojik Niş denir (Choudhary vd., 2019; Arslan vd., 2021). Ekolojik nişler; türlerin dağılımını, rekabet yeteneğini, kökenini ve kalıcılığının tanımlanmasında etkin rol oynamaktadır (Chase ve Leibold, 2003; Peterson vd., 2011). Türlerin çeşitli coğrafi dağılımlarının belirlenmesini, ekolojik niş potansiyellerinin ortaya konmasını sağlayan temel etkenler toprak özellikleri, arazi kullanımı, iklim, biyolojik etkileşimler ve topoğrafyadır (Regos vd., 2019; Scherrer ve Guisan, 2019).

Son yıllarda yaygın bir kullanıma sahip olan ve dünya üstündeki biyolojik çeşitliliğin nasıl bir dağılım gösterdiğini ortaya koyan araç Tür Dağılım Modelleme (TDM)'dir (Peterson vd., 2002; VanDerWal vd., 2009). Kullanıldığı çalışmalar ise biyocoğrafya, istilacı tür kontrolü, ekoloji, yaban hayatı yönetimi, koruma ve evrim şeklinde sıralanabilmektedir (Elith vd., 2006; Miller, 2010; Barve vd., 2011; Kariyawasam vd., 2019). TDM'nin amacı, iklim, toprak ve vejetasyon gibi çevresel faktörler ile yerellik bilgisini de kullanarak bir türün coğrafi bir alan üzerinde bulunabilme ihtimalini tahmin eden bir model üretmektir. Modelleme tekniği koruma planlamacılığı, türlerin varlığı ve

kolonizasyonu ile filocoğrafik örüntülerin anlaşılabilmesi gibi konularda her geçen gün sıklıkla kullanılmaktadır (Peterson, 2003; Gonzalez vd., 2011).

Coğrafi yayılış modellemesi konusunda birçok sayıda çalışma yapılmış ve farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Özellikle kantitatif (nicel) çalışmaların ekoloji alanına dahil olması ve sürekli kendi içerisinde değişime uğramasına bağlı olarak bu bakış açıları sürekli yenilenen ve gelişen bir yapıdadır. Süreç içerisinde modelleme konusunda yarar sağlayabilecek birden fazla yöntem meydana gelmiştir. Ancak bunların yalnızca bazıları araştırmacılar tarafından kullanılabilir görülmüş veya tavsiye edilmiştir. Bu yöntemlerden maksimum entropi yaklaşımı (MaxEnt), lojistik regresyon analizi (LR), sınıflandırma ve regresyon ağacı tekniği (CART), genelleştirilmiş eklemeli model (GAM), ayırım analizi (DA), random forest (RF) ve kural seti tahmini için genetik algoritmalar (GARP) en çok kullanılanlarıdır. Ortaya konulan yöntemler içinde RF hariç geri kalanları son yıllara kadar sıklıkla kullanılmaktayken, RF yöntemi özellikle R programının yaygınlaşmasıyla daha çok tercih edilmiştir (Mike Austin, 2007; Beaumont, Blake, & Wagstaff, 2016; Mert, Aksan, Özkan, & Özdemir, t.y.; Özkan vd., 2015).

GARP, kullanıcının tür dağılımlarını tahmin etmesine ve analiz etmesine olanak tanıyan biyolojik çeşitlilik ve ekolojik araştırmalar için bir yazılım aracıdır (Desktop Garp, 2015). GARP kullanıcı arayüzü nispeten basit olan ve tüm parametrelerin (nokta verisi, çevresel parametreler, iklim modeli) aynı anda girildiği tek bir pencereden oluşmaktadır. GARP yazılımı üç veri biçimini desteklemektedir. Bunlar: virgülle ayrılmış, MS Excel elektronik tabloları ve ArcView şekil dosyalarıdır (Kelbessa, 2015). Virgülle ayrılmış ve Excel dosyaları üç sütun içermelidir: birincisi tür adı, ikincisi boylam ve üçüncüsü enlem değerleridir (Kelbessa, 2015). Dosyanın her satırı türler için tek bir veri noktası girişini temsil etmektedir. Aynı tür için veri noktaları bir araya gelmelidir, çünkü değişik tür adları yazılım için farklı türleri tanımlamaktadır (Kelbessa, 2015).

*Crataegus microphylla* C. Koch ve *Crataegus monogyna* Jacq., Türkiye florasında doğal yayılışları olan sosyo-ekonomik, ekolojik ve görüntü anlamında çevresine estetik katkıları olan türlerdir. Bunun yanı sıra kuraklığa ve susuzluğa oldukça

dayınlık olmaları ile beraber toprak bitki besinine de katkı sağlamaktadırlar. Ayrıca meyveli yapıda olmaları sebebi ile bulundukları alana kuş türlerini çekerek o alanda biyolojik çeşitliliği arttırmaları ve yaban hayatı hayvanları için önemli bir besin kaynağı değeri taşımaktadırlar. Bu faktörler göz önüne alındığında bahsi geçen türlerin nesillerinin devam etmesi çok önemlidir.

İklim değışikliğı ve tür dağılımlarını konu alan bu tez çalışmasında; *Rosaceae* familyasına ait Türkiye’de doğal olarak yayılış gösteren türlerden odunsu özellikte olan; *Crataegus monogyna* Jacq. ve *Crataegus microphylla* C. Koch bitkilerine ait var verileri ve çevresel değışkenler (biyoiklimsel değışkenler ve yükseklik) kullanılarak tahmin modelleri oluşturulmuş, tür dağılımları dört farklı küresel iklim değışikliğı senaryosuna göre belirlenmiştir. 2041-2060 ve 2081-2100 zaman aralıklarında, SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 senaryoları kapsamında, *Crataegus microphylla* C. Koch ve *Crataegus monogyna* Jacq.’in potansiyel dağılım alanları Kural Seti Üretimi için Genetik Algoritmasını kullanan GARP 1.1.6 aracılığıyla ve CBS program ve araçları kullanılarak modellenmiş ve türlerin alansal ve konumsal olarak yayılış alanlarının nasıl değışeceğini belirlemek amaçlanmıştır. Bu çalışmada aşağıda sunulan üç araştırma sorusuna yanıt aranmaktadır:

- 1) İklim değışikliğı senaryolarına göre *Crataegus microphylla* C. Koch ve *Crataegus monogyna* Jacq.’in günümüz ve gelecekteki yayılışları nasıldır?
- 2) *Crataegus microphylla* C. Koch ve *Crataegus monogyna* Jacq.’in potansiyel yayılış alanları, günümüzde ve gelecekte alansal ve konumsal olarak nasıl değışiklik göstermektedir?
- 3) Çalışmada kullanılan GARP programının tahmin gücü nasıldır ? Bu programın avantajları, dezavantajları nelerdir?

Araştırmadan elde edilen bulgular çerçevesinde Türkiye’de doğal yayılış gösteren *Crataegus microphylla* C. Koch ve *Crataegus monogyna* Jacq.’in korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla gelecek stratejilerinin

belirlenmesi için makine öğrenmesine dayanan bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme, iklim değişikliğine karşı peyzaj tasarım ölçeğinde bitkisel materyalin kullanımı peyzaj planlama ölçeğinde ise tehlike altında olan ve nesli tükenmekte olan türlerin yönetimi ve ağaçlandırma sahaları ile korunan alanların planlanması için kullanılabilir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Anderson (2003); Smithsonian Venezuela Projesi'nde (Venezuela genelinde üstlenilen büyük bir standartlaştırılmış memeli envanteri seti) Sigmodontin kemirgeni *Oryzomys albigularis* için Kuzey Venezuela'daki potansiyel dağılımını tahmin etmek amacıyla Kural Kümesi Tahmini için Genetik Algoritmasını (GARP) kullanmıştır. Smithsonian Venezuela Projesi'nde memeli envanteri seti verilerini kullanarak, *Oryzomys albigularis* için dağılım hipotezlerini test etmiştir. Bu envanterler, *O. albigularis*'i Kuzey Venezuela'nın beş büyük dağlık bölgesinden ikisinde (Cordillera de Mérida/Macizo de El Tamá ve Cordillera de la Costa Central) toplamıştır. Türün kuzey Venezuela'daki potansiyel dağılımını tahmin etmek için Kural Kümesi Tahmini için Genetik Algoritmayı (GARP) kullanmıştır. Daha sonra, Smithsonian Venezuela Projesi'ndeki tüm toplama lokasyonlarına dayanarak, *O. albigularis*'in yokluğunun olasılığını belirlemiştir. Yetersiz örneklemenin sonucu olarak türün varlığının belgelenmediği üç potansiyel varlık bölgesi meydana gelmiştir (Serranía de Perijá, Lara-Falcón yaylaları ve Cordillera de la Costa Oriental). Tüm istatistiksel modeller, Smithsonian Venezuela Projesi'nin örnekleme çabalarının, kayıtları eksik olan üç bölgeden herhangi birinde *O. albigularis*'in yokluğunu kesin olarak göstermek için yetersiz olduğunu göstermiştir. Gerçekten de, on doğa tarihi müzesinden alınan örneklerin müteakip bir derlemesi, Serranía de Perijá ve Lara-Falcón yaylalarındaki varlığını doğrulamıştır.

Anderson ve Martinez-Meyer (2004); Dikenli Cep Faresi'nin bilinen oluşum kayıtlarını kullanarak bu türün çevresel gereksinimlerinin CBS tabanlı modellemesi dağılımına ilişkin tahminleri sağlamışlardır. Ekvator'da bulunan Dikenli Cep Farelerinin (*Heteromys australis* ve *H. teleus*) tarihsel, güncel ve korunan aralıklarını tahmin etmek amacıyla kayıtlı lokasyonlarını, çevresel değişkenleri, arazi örtüsü yapısını ve korunan alanların haritalarını elde ederek Kural Kümesi Tahmini için Genetik Algoritmayı (GARP) kullanmışlardır. Sonuçlar, Ülkedeki *H. australis*'in dağılım alanlarının %52-63'ünün sağlam olduğunu, ancak korunan alanlardaki uygun habitat, türün oradaki tarihsel aralığının sadece yaklaşık %11-13'ünü temsil ettiğini göstermiştir. *H. teleus*'un

dağılımının ise *H. australis*'e göre yaklaşık olarak çok daha fazla azaldığını gözlemlemişlerdir. Tarihsel dağılımının %13-19'u hala ormanlık ve tahminen %2-3'ü nün de bozulmamış ve korunan alanlarda olduğu düşünülmektedir. Çalışmanın gelecekteki saha araştırmaları için kritik alanları vurgulaması ve ön koruma değerlendirmeleri için türün mevcut dağılımını tahmin etmeye yönelik entegre bir yaklaşım gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Stockman vd. (2006); sınırlı bir dizi müze koleksiyonu kaydı kullanarak bir tuzak kapılı örümcek cinsinin mekansal dağılımını tahmin etmek için GARP modelini kullanmışlardır. *Trapdoor* örümcek cinsi *Promyrmekiaphila* Schenkel, 1950, bu çalışmanın odak taksonu olmuştur. Bu tür California Floristic Eyaleti için endemiktir (Cincotta vd., 2000). GARP analizinde, 15 yıllık toplu saha deneyimine dayanan, bu örümceklerin hayatta kalmasını etkilediği bilinen parametreleri temsil eden yedi harita katmanı kullanılmıştır. Bu çevresel kapsamların tümü çevrimiçi olarak çeşitli kaynaklardan elde edilmiştir ve yükseklik, bakı, toprak dokusu, Ocak ayındaki minimum sıcaklık, Temmuz ayındaki maksimum sıcaklık, tarihi bitki örtüsü ve yıllık ortalama yağış verilerini içermektedir. Kuzey Kaliforniya'daki çalışma alanı kabaca güneyde Monterey County, kuzeyde California/Oregon sınırı, batıda Pasifik Okyanusu ve doğuda Sierra Nevada Dağları tarafından tanımlanmıştır. GARP tahmin haritası, Mart 2005'te çalışma alanına 1 haftalık; Mayıs ve Haziran 2005'te 5 haftalık bir gezi sırasında saha toplama çalışmaları için bir rehber olarak kullanılmıştır. Harita değerleri dört sınıfa ayrılmıştır: tahmin edilen yok, düşük, orta ve yüksek mevcudiyet olasılığı. Örümcekler çalışma alanı boyunca ve ayrıca iki kesit boyunca rastgele toplanmaya çalışılmıştır. Dört olasılık düzeyini de kateden iki yol -Sonoma County'deki Stewart Point Skaggs Springs Yolu ve Mendocino County'deki Orr Springs Yolu- belirlenmiştir. Her iki yol da genel olarak doğu-batı yönünde ilerlemektedir. GARP modeli, genel olarak kıyıya doğru türlerin varlığının artması olasılığını göstermiştir. Her iki kesit boyunca düzenli aralıklarla altı millik numuneler alınmış ve her durakta varlık ve yokluk verileri toplanmıştır. İki toplama gezisinden dönüldükten sonra, aynı parametreleri ve ayarları kullanarak, ancak resmi olarak toplanmış ve dolayısıyla daha az duyarlı olan verilerin olup olmadığını test etmek için yalnızca Mart-Haziran 2005 arasında

toplanan yerelliklere dayalı olarak nihai bir GARP modeli oluşturulmuştur. Örnekleme yanlışlığının, örümceklerin tahmin edilen uzamsal dağılımını büyük ölçüde değiştireceği öngörülmüştür. Ayrıca, bir GPS ünitesi kullanılarak elde edilen saha çalışmasıyla ilgili yerellik verileri, müze örnekleriyle ilgili bazı tarihsel tanımlamalardan daha doğru olabilir sonucu elde edilmiştir. Müze örneklerinden 42 yerel veri noktasını kullanılmıştır. GARP'ın en yüksek varlık olasılığını tahmin ettiği alanlar ağırlıklı olarak müze örnek kayıtlarının yakın çevresindedir, ancak orta ila yüksek olasılık seviyeleri de *Promyrmekiaphila*'nın daha önce toplanmadığı alanlar olarak tanımlanmıştır (Örneğin, kuzey kesiminde). 2005 Mart-Haziran arasında *Promyrmekiaphila* toplanmıştır. 80 yeni keşfedilen lokalitede ve örümceklerin 49 farklı lokasyonda bulunmadığı belirlenmiştir . Bu 129 puandan GARP modeli, örümceklerin bulunduğu 61 hücreyi ve bulunmadığı 68' hücreyi öngörmüştür. Mevcut olarak pozitif tanımlanan 80 noktadan 39'unun, GARP modeli tarafından eksik olduğu yanlışlıkla tahmin edildi sonucuna varılmıştır. Yok olarak tanımlanan mevcut 49 noktadan ise 20'sinin yanlış olarak tahmin edildiği sonucuna varılmıştır. Veriler için, toplama noktalarının sadece yarısı (80 üzerinden 41) tahmin edilen mevcudiyet alanlarına düşmüştür. GARP modelinde yokluğun öngörülmesi, *Promyrmekiaphila*'nın bulunmadığı belirlenen yerlerden 29'u ( 49'dan) tahmin edilen yokluk hücrelerine düştüğü için sadece biraz daha iyi sonuç vermiştir. Geçişler boyunca, yerelliklerin gözlemlenen durumu genellikle tahmin edilen duruma karşılık gelmemiştir; bununla birlikte, doğuya doğru seyahat ederken örümcek bolluğunun genel bir eğilimi tespit edilmiştir.

Anderson vd. (2006); Kuzey Amerika'daki sulak alan habitatlarına zarar veren istilacı bir tür olan Kırmızı Kançiçeği'nin ( *Lythrum salicaria*) coğrafi dağılımını modellemişlerdir. Kansas'ta buna karşı savunmasız alanları tahmin etmek için, eyaletteki mevcut kayıtları, Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresinden (MODIS) uzaktan algılanan bitki örtüsü indeksi verilerini ve Kural Kümesi Tahmini için Genetik Algoritmayı (GARP) kullanarak türlerin potansiyel coğrafi dağılımını modellemişlerdir. Yalnızca Kuzeydoğu Kansas'taki (eyalet içindeki istilanın kökeni) yerleşimler kullanılarak inşa edilen modeller, eyaletin diğer bölgelerindeki test bölgelerini ihmal edilebilir bir ihmalle tutarlı bir şekilde

öngörmüştür. Türün bilindiği tüm ilçelerden alınan kayıtları kullanan ek bir analiz, benzer bir tahmin göstermiştir. Tüm modeller, Doğu ve Orta Kansas'ın çoğunda Kırmızı Kançiçeği için uygun koşullar göstermiştir. Bunun yanı sıra eyaletin batı kesimindeki nehir ve sulak alanlarda da türün varlığına rastlanmıştır. Burada sunulan yaklaşım, diğer çalışmalar yapılmadan önce yeni tespit edilen diğer istilacı türlerin bölgesel kolonizasyon potansiyelini değerlendirmek için faydalı olabilme potansiyeli taşımıştır.

Hernandez vd. (2006); Altı farklı numune boyutu işlemi ve üç farklı değerlendirme ölçüsü ile ekolojik uzmanlaşma düzeyi bakımından farklı 18 tür için 4 adet modelleme yöntemini (Bioclim, Domain, GARP ve Maxent) test etmişlerdir. Sonuç olarak, Maxent'in oluşum itibari ile 5, 10 ve 25 kadar küçük örnek boyutlarıyla yararlı sonuçlar üretmede dört modelleme yönteminden en yetenekli olduğunu ispatlamışlardır. Diğer yöntemler, küçük örneklem büyüklüklerine sahip veri kümeleri ile sunulduğunda, makul ölçüde iyi bir şekilde Etki Alanı ve GARP, zayıf bir şekilde (Bioclim) telafi etmiştir.

Raimundo vd. (2007); istilacı türleri arasında yer alan Neotropiklere özgü olan *Chromolaena odorata* türünün Afrika, Güneydoğu Asya ve Pasifik Adaları'nın çeşitli bölgelerinde, doğal yaşam alanlarını ve ekim ürünlerini ciddi şekilde istila ettiği yerleri belirlemişlerdir. Kapsamlı veriler, otun istila edilen kıtalardaki bolluğunu ve dağılımını kendi yerel bölgesi içinde tam olarak belirleyememiştir. Bu çalışmada, türün coğrafi dağılım potansiyeline yönelik tahminler oluşturmak için ilgili çevresel parametreleri özetleyen nokta oluşum verileri ve dijital haritalar kullanılmıştır. Özellikle, Kural Kümesi Tahmini için Genetik Algoritmayı (GARP) kullanarak Neotropiklerdeki doğal *Chromolaena odorata* aralığını modellemişlerdir. Yerel aralık oluşum veri seti, yayınlanmış 239 nokta ve herbaryum kaydını içermektedir. Modeller, noktaların rastgele bir alt kümesi üzerinde eğitilmiş ve diğer yarısı kullanılarak test edilmiştir. Doğal menzilli modellerin kural kümeleri, bu tür bölgelerdeki bilinen oluşumlar göz ardı edilerek, otun istila potansiyelini tahmin etmek için istila edilen kıtalara yansıtılmıştır. Oluşturulan modeller, *Chromolaena odorata*'nın Amerika'nın tropikal bölgelerinde, Güney Amerika Birleşik Devletleri'nden Kuzey Arjantin ve

Güney Brezilya'ya kadar geniş bir yayılış alanına sahip olacağını ortaya koymuştur. Türün varlığı Kuzey Pasifik kıyısında, Güneydoğu Brezilya'da ve bulunmadığı varsayılan diğer Güney Amerika bölgelerinde doğrulanmıştır. Afrika, Asya ve Okyanusya'ya yönelik bağımsız model projeksiyonları, bilinen nokta kayıtları tarafından desteklenmektedir. *Chromolaena odorata* türünün yayılmasına karşı dört bölgenin hassas olduğu tahmin edilmiştir: Bu bölgeler (1) Şu anda Batı Afrika'da istila edilen Orta Afrika; (2) Svaziland ve Mozambik'e ulaşmış olan ve Doğu Afrika ve Madagaskar'a kadar uzanabilen Güney Afrika'dan kuzeye doğru yayılan istilalar; ve (3) birkaç Batı Pasifik adasında kontrolsüz istila riski altında olan Kuzey Yeni Zelanda ve (4) Avustralya'dır.

Song-Mei vd. (2010); Üçüncül kalıntı bitkisi *Gymnocarpus przewalskii*'nin potansiyel coğrafi dağılımlarını, Maksimum Entropi Modeline (MAXENT) ve Kural Kümesi Tahmini için Genetik Algoritmaya (GARP) dayalı olarak belirlemeye çalışmışlardır. Örneklenen on altı lokasyona ve yedi çevresel katmana (izotermalite, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, yıllık yağış, potansiyel evapotranspirasyon oranı (PER), rakım ve toprak türleri) dayanarak, MAXENT ve GARP modellerini kullanarak *G. przewalskii* tahminlerini gerçekleştirmişlerdir. *G. przewalskii*'nin farklı çevresel uygun değerlere (MAXENT) veya örtüşme indeksine (GARP) sahip mekansal dağılım haritaları, dağılım modellerini net bir şekilde göstermiştir. *G. przewalskii*'nin potansiyel dağılımları en yüksek çevre uygunluğu ile ilk olarak Hexi koridorunun ortasında ve Gansu Eyaletinin Batı Yumen'inde, Ningxia-Hui Özerk Bölgesi'nin kuzeyinde ve Çin'deki İç Moğolistan'ın Wulate bölgesinin bir kısmında tahmin edilmiştir. Diğerleri ağırlıklı olarak kuzeybatı Tarım Havzasında ve kuzeybatı Qaidam Havzasında küçük izole alanlarda bulunmaktadır. Hem MAXENT hem de GARP, *G. przewalskii* için iyi tahminler üretmiştir. Bununla birlikte GARP, türlerin konumları çevresinde daha büyük ve daha sürekli uygun habitatlar ve türün daha önce hiç bulunmadığı veya toplanmadığı bazı izole ve parçalanmış mekansal tahminler öngörmüştür. MAXENT, çalışma alanının mantıklı bir oranı olan bir dağılım öngörmüş ve olası izole edilmiş habitatların çoğunu ortadan kaldırmıştır.

Wang vd. (2010); Çin'de bir orman zararlısı olarak kaydedilmiş olan Kestane ağaçlarına ağır hasar veren ve bazı ana kestane üretim alanlarında ciddi ekonomik kayıplara sürükleyen *Moritziella castaneivora* türünü etkin bir şekilde izlemek ve yönetmek için dünya çapında potansiyel coğrafi dağılımını araştırmışlardır. Bu çalışmada, konukçu bitkiler Japon kestanesi ( *Castanea crenata* ) ve Çin kestanesi ( *Castanea mollissima* )'dir. *M. castaneivora*'nın potansiyel coğrafi dağılımını tahmin etmek için, Kural Seti Üretimi için Genetik Algoritma (GARP) ve Maksimum Entropi Modeli'ni (Maxent) kullanmışlardır. Sonuçlar, GARP'a dayalı uygun dağıtım alanlarının genel olarak Maxent'e dayalı olanlarla tutarlı olduğunu göstermiş, ancak GARP, Maxent'ten daha fazla genişleyen dağılım alanlarını öngörmüştür. Ayrıca kestane *phylloxerid* istilası için uygun alanların esas olarak Kuzeydoğu Çin (Kuzey Liaoning), Doğu Çin (Güney Shandong, Kuzey Jiangsu ve Batı Anhui), Kuzey Çin (Güney Hebei, Pekin ve Tianjin), Orta Çin (Doğu Hubei ve Güney Henan) ile sınırlı olduğunu göstermiştir. Japonya (Kinki, Shikoku ve Tohoku) ve Kore Yarımadasının çoğu bölgesi, ayrıca Orta ve Batı Çin'in bazı eyaletlerinin düşük uygunluğa veya uygun olmayan alanlara sahip olduğu tahmin edilmiştir (örneğin, Xinjiang, Qinghai ve Tibet). Maxent'te yapılan bir Jackknife testi, bu zararlı türlerinin dağılımını etkileyen en önemli çevresel değişkenin Temmuz ayındaki ortalama yağış olduğunu göstermiştir.

Ray vd. (2011); Hindistan Himalaya bölgesindeki potansiyel dağıtım bölgelerini ortaya koymak amacıyla, tıbbi bakımdan yüksek bir değere sahip ayrıca nadir bir tür olan tehdit altındaki *Berberis aristata* DC'nin tahmini dağılım modellemesi yapılmıştır. Dağıtım modelini geliştirmek için üç farklı algoritma yardımıyla biyoklimatik ve topoğrafik değişkenler kullanılmıştır. Kural Kümesi Üretimi (GARP), Bioclim ve Maksimum entropi (MaxEnt) için Genetik Algoritma, Maksimum entropi, GARP (% 4,63) ve Bioclim (% 2,44) ile karşılaştırıldığında daha geniş potansiyel dağılımını (% 10,36) öngörmüştür.

Xu vd. (2012); Çin'de ki Qilian Dağları'nda ormansızlaşma sebebiyle ekolojik ve hidrolojik açıdan önemli olan ve soyu tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan *Picea crassifolia* türünün mekânsal dağılımını ortaya koymak için yaptıkları

çalışmada GARP (Kural Kümesi Üretimi için Genetik Algoritma) Modeli kullanılmışlardır.

Padalia vd. (2014); Dünyanın birçok yerinde tropikal ekosistemleri hızla istila etmekte ve yerel biyolojik çeşitlilik, ekosistemler ve geçim kaynakları için büyük bir tehdit oluşturan dünyanın en zararlı yabancı otlarından olan *Hyptis suaveolens* bitkisinin Hindistan'da potansiyel işgal aralığını modellemek ve iki popüler tahmin yeteneklerini araştırmak için MAXENT (Maksimum Entropi) ve GARP (Kural Kümesi Üretimi için Genetik Algoritma) Modelini kullanmışlardır. Hindistan düzeyinde iklimsel ve iklimsel olmayan 22 veriden 14 tanesi tahminci değişken seçilmiştir. Bununla birlikte çalışmada 530 bitki yeri kullanılmıştır. Her modelin performansını ve sağlamlığını değerlendirmek için bir alıcı çalışma özelliği (ROC) eğrisi kullanılmıştır. GARP'nin göreceli olarak daha düşük bir eğri altı alanı (AUC) skoru (AUC: 0.75) varmış, bu da uygun / uygun olmayan bölgeleri ayırt etme kabiliyetinin daha düşük olduğunu göstermiştir. GARP'ye göre MaxEnt, 0,86 AUC değeriyle daha iyi performans göstermiştir.

Örücü (2019); Çalışmasında Türkiye ve Girit Adası'nda doğal varlığı olan *Phoenix theophrasti* Gr. bitkisinin coğrafi dağılımını belirlemeyi amaçlamış ve bitkinin iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğini ortaya koymuştur.

Akyol ve Örücü (2019); yaptığı çalışmada Türkiye orman ekosistemlerinde doğal olarak yayılış gösteren Kızılcık (*Cornus mas* L.) türünün mevcut yayılış alanı ile iklim değişikliğinden ne oranda etkileneceği cevabı aranmıştır. Bu doğrultuda çalışmada yöntem olarak tür dağılım modeli olan MaxEnt 3.4.1 versiyonu kullanılmış ve küresel iklim değişikliği ile ilişkili olarak *Cornus mas*'ın yayılış yerlerini belirlemek doğrultusunda 2050 (2041-2060 ortalaması) ve 2070 (2061-2080 ortalaması) yılları periyodu maksimum entropi modelleri oluşturulmuştur.

Uzun ve Uzun (2020); yaptıkları çalışmada Maximum Entropi (MaxEnt) modeli kullanarak Türkiye'de doğal varlığa sahip olan özellikle ağaçlandırma ile mobilya sektörü ve bitkisel peyzaj tasarımlarında yer alan *Acer campestre* L. subsp.

*campestre* (Ova akçaağacı) türünün CCSM4 iklim modeli RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları 2041-2060 ve 2061-2080 yıl periyotlarındaki bugün ve gelecekteki dağılımlarını tahmin etmişlerdir.

Arslan vd. (2020); yaptıkları çalışmada belirli iklim değişikliği senaryoları altında *Rosa canina* L. (Kuşburnu) türünün gelecekteki potansiyel dağılım alanlarını modellemeyi, tahmin etmeyi ve analiz etmeyi amaçlamışlardır.

Çoban vd. (2020); yaptıkları bu çalışmada Türkiye'de bir ağaç türü olan *Quercus libani* Olivier (Lübnan Meşesi)'in değişim hareketlerini tahmin ve analiz etmek için farklı iklim senaryolarını kullanarak coğrafi dağılımını belirlemek amacıyla türün potansiyel ve gelecekteki dağılımını modellemeyi amaçlamışlardır. Türe ait noktasal veriler (presence data) ile WorldClim veri kaynağından elde edilen yaklaşık 1 km<sup>2</sup> (30 arc seconds) çözünürlüğe sahip biyoiklim katmanları belirlenen sınırlara göre kesilmiş 31 set mevcudiyet verisine göre yüksek korelasyonlu biyoklimatik veriler temel bileşen analizi (PCA) ile azaltılmış ve MaxEnt 3.4.1 yazılımı ile işlenerek bitkinin bugünün şartlarındaki mevcut dağılım alanı ortaya konmuştur. Bitki dağılımının iklim değişiminden ne yönde etkileneceğini görmek için 5. IPCC raporu esas alınarak meydana getirilmiş olan CCSM versiyon 4 (The Community Climate System Model) iklim değişimi senaryosuna göre bitkinin RCP 4.5 ve RCP 8.5'e göre 2050 ve 2070 yıllarındaki olası dağılımı modellenmiştir. Mevcut ve gelecekteki mekansal farklılıkları belirlemek için değişim analizi yapılmıştır.

Akyol vd. (2020); diğer bölgelere göre özellikle Akdeniz bölgesinde 21. yüzyılda belirgin bir kuraklık artışı yaşayacağını görüşlerinden yola çıkarak bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmanın amacı kuraklık tahminleri ışığında Akdeniz bölgesinde bulunan oldukça ekolojik ve ekonomik öneme sahip bir tür olan *Pinus pinea* L. (Fıstık Çamı)'nın mevcut ve gelecekteki potansiyel coğrafi dağılımını incelemektir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak *Rosaceae* familyasına ait *Crataegus monogyna* Jacq. ve *Crataegus microphylla* C. Koch türleri seçilmiştir.

Odunsu bitkiler ve otsu türleri bünyesinde barındıran *Rosaceae* familyasının dünyanın hemen her bölgesine dağılan bireyleri, en çok ilerlemeyi kuzey yarım kürenin ılıman bölgelerinden subtropikal bölgeye uzanan alanda göstermektedir. Dünya çapında 100 cins ve 2000 civarında türü içinde bulunduran familya (Evans, 2002; Heywood vd. 2007; Hürkul & Köroğlu, 2020), ülkemizde 37 cins ve 297 türe ev sahipliği yapmaktadır, bunun yanı sıra 58 endemik tür ile % 24'lük endemizm oranına karşılık gelir. Bununla birlikte odunsu türler yönünden 218 takson ile Türkiye'deki en zengin familyadır (Erik ve Tarıkahya, 2004; Hürkul ve Köroğlu, 2020).

#### 3.1. Adi Alıç (*Crataegus monogyna* Jacq.)

Alıç bitkisi ülkemizin aromatik ve doğal tıbbi bitkilerindendir. Sistematik olarak, Spermatophyta bölümü, Angiospermae alt bölümü, Dicotyledonae sınıfı, Dialypetalae alt sınıfı, Rosales takımı, Rosaceae familyası, *Crataegus* cinsi altında yer almaktadır (Özdeveci, 2006; Baloğlu ve Bilir, 2020). Ülkemizde alıç bitkisinin 4 tür ve 2 varyetesi endemik olmak üzere 24 türü doğal olarak yetişmekte olup toplam doğal takson sayısı 33'tür (Browicz, 1972). Bu taksonlardan çalışmaya konu edilen *Crataegus monogyna* Jacq. (Adi Alıç) türü, boyu 10 m'lere ulaşabilen küçük ağaç veya çalılardır (Şekil 3.1.). Meyveler kırmızı ya da kahverengimsi kırmızı, neredeyse yuvarlak veya ovat, 6-10 mm çapında ve tüsüzdür (Şekil 3.1). Meşe çalıları, yol kenarları, yamaçlar, maki ve karma ormanlarda 1800-2000 m'de varlık gösterir. Ülkemizin kuzeydoğusu dışında neredeyse her bölgede yaygındır. İstanbul, Tekirdağ, Ankara, Bursa, Samsun, Amasya, Konya, Kütahya, Erzincan, Adana, İzmir, Bitlis, Antalya, Aydın, Şanlıurfa, Mersin, Mardin, Adıyaman, Siirt şehirlerinde doğal varlık göstermektedir (Browicz, 1972).



Şekil 3.1. Küçük ağaç formunda *Crataegus monogyna* Jacq. bireyi (a), çalı formu (b) ve meyvesi (c)

### 3.2. Kocakarı Armudu (*Crataegus microphylla* C. Koch)

İkinci olarak çalışmaya konu edilen *Crataegus microphylla* C. Koch türü 4 m'ye kadar boylanabilen çalı formunda bir bitkidir (Hüseyin Cahid Doğan, 1859). Üzerinde çok fazla sayıda, 0.5-1.2 cm uzunluğunda dikenler bulunmaktadır (Türkiye Bitkileri, 2022). Yaprakları 3-5 loblu olmak üzere geniş ve ovaldir. Yaprak sapı uzunluğu 0.5 ve 1.2 cm arasında değişmektedir. Meyveleri parlak kırmızı, 6 mm genişliğinde ve 12 mm uzunluğundadır. Meyve yapısı uzun ve elips şeklinde nadiren ise yuvarlaktır (Şekil 3.2.). Çiçek açma zamanı Nisan-Haziran aylarıdır. Türün yayılış gösterdiği yükseklik aralığı 0 ila 1400 m arasında değişmektedir. Sık görüldüğü alanlar ise ormanlık yerler, çalılık ve alpin çayırlardır (Hüseyin Cahid Doğan, 1859). Doğal yayılışını Avrupa, İran ve Anadolu'da gösterir (Kew, 2022).

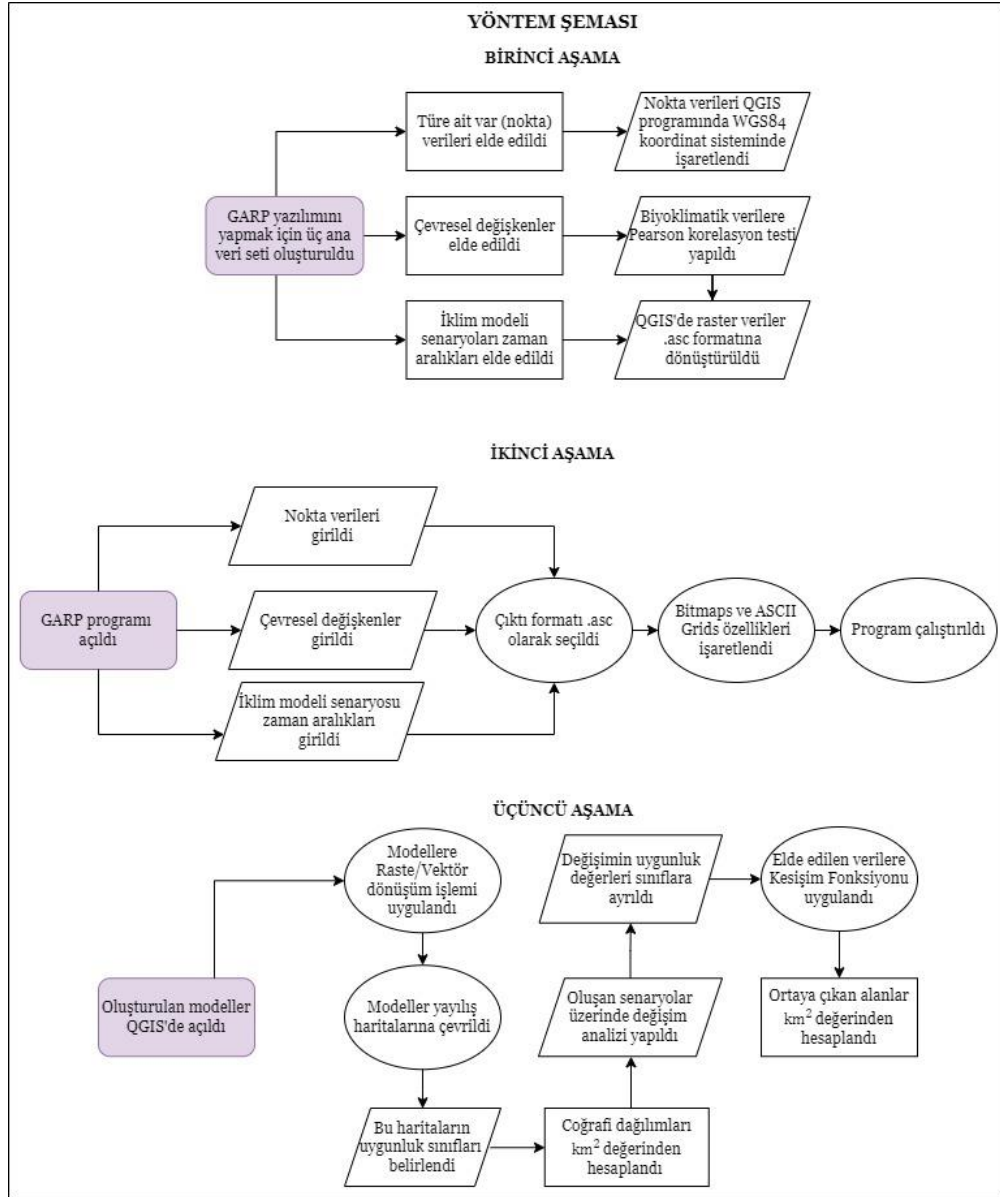


Şekil 3.2. Çalı formunda *Crataegus microphylla* C. Koch meyvesi (a), çiçeği (b) ve genel görünüşü (c)

### 3.3. Yöntem

Bu tez çalışmasında öncelikle gerçekleştirilecek işlemler için bir sıralama oluşturulmuş ve işleyiş bu sisteme göre devam etmiştir (Çizelge 3.1.).

Çizelge 3.1. Üç aşamalı yöntem şeması



Bu çalışmada birinci aşamada, bağıntılı niş modellemede makine öğrenimi tekniklerinden kural seti tahmini için genetik algoritmaları kullanan GARP 1.1.6 yazılımı kullanılmıştır. GARP 1.1.6 yazılımını çalıştırmak için 3 ana veri seti oluşturulmuştur. Bunlardan birincisi türe ait var verileri, ikincisi güncel yayılış tahmin için çevresel değişkenler, üçüncüsü ise türün gelecek tahmini için belirlenen iklim modeline bağlı senaryolara ait zaman aralıklarıdır. Çalışmada var verileri olarak isimlendirilen ve *Crataegus monogyna* Jacq. ile *Crataegus microphylla* C. Koch'un doğal olarak coğrafi yayılış alanlarını temsil eden 49 ve 25 noktanın koordinat bilgileri kaynak taraması yapılan farklı çalışmalardan,

çevrimiçi veri tabanları (GBIF, 2021) ile Flora of Turkey (Davis, 1965) verileri kullanılarak belirlenmiş ve QGIS'in güncel versiyonu olan 3.22.2 (QGis, 2021) programında QMS eklentisi ile hazır olarak erişimi sağlanan 5m yüksek konumsal çözünürlüklü Google Satellite Hybrid altlık haritaları kullanılarak WGS 84 koordinat sisteminde işaretlenmiştir. Örnek noktalara ait tanımlayıcı bilgiler (Yükseklik, bakı, eğim, sıcaklık, yağış, rüzgar, güneşlenme durumu) WordClim (2019) veritabanından elde edilen haritalar yardımı ile belirlenmiştir (Ekler; Çizelge 3.2., Çizelge 3.2. bknz.).

2020 Ocak'ta kullanılmaya başlanan WorldClim version 2.1 1970 ile 2000 yılları arasında en az, ortalama ve en fazla yağış, sıcaklık, rüzgar hızı, güneş radyasyonu, toplam yağış ve su buharı basıncı için aylık iklim verilerini barındırmaktadır. Mevcut dağılımı ortaya koymak amacıyla kullanılan ve 2.5 dakika konumsal çözünürlükteki (yaklaşık 16 km<sup>2</sup>) biyoklimatik faktörler WorldClim version 2.1 deki belirlenen verilerden meydana getirilmiş; bunlar da Çizelge 3.2'de gösterilmiştir (Hijmans vd., 2005; Fick ve Hijmans, 2017; WorldClim, 2021).

Çizelge 3.3. Biyoklimatik değişkenler

| Kodlar | Tanımlar                                                                       |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Bio 1  | Yıllık ortalama sıcaklık                                                       |
| Bio 2  | Günlük ortalama değişim aralığı (ortalama aylık sıcaklık (en yüksek–en düşük)) |
| Bio 3  | İzotermallik                                                                   |
| Bio 4  | Mevsimsel sıcaklık                                                             |
| Bio 5  | En sıcak ayın en yüksek sıcaklığı                                              |
| Bio 6  | En soğuk ayın en az sıcaklığı                                                  |
| Bio 7  | Yıllık sıcaklık değişim aralığı                                                |
| Bio 8  | En nemli mevsimin ortalama sıcaklığı                                           |
| Bio 9  | En kurak mevsimin ortalama sıcaklığı                                           |
| Bio 10 | En sıcak mevsimin ortalama sıcaklığı                                           |
| Bio 11 | En soğuk mevsimin ortalama sıcaklığı                                           |
| Bio 12 | Yıllık yağış miktarı                                                           |
| Bio 13 | En nemli mevsimin yağış miktarı                                                |
| Bio 14 | En kurak mevsimin yağış miktarı                                                |
| Bio 15 | Mevsimsel yağış miktarı                                                        |
| Bio 16 | En nemli mevsimin yağış miktarı                                                |
| Bio 17 | En kurak mevsimin yağış miktarı                                                |
| Bio 18 | En sıcak mevsimin yağış miktarı                                                |
| Bio 19 | En soğuk mevsimin yağış miktarı                                                |

Tez çalışmasında türlerin gelecekteki potansiyel dağılım alanını tahmin etmek için CMIP6 (Birleşik Model Karşılaştırma Projesi 6. Aşama) protokolü tarafından

güncellenen MIROC-ES2L iklim modeli kullanılmıştır. ESM (Dünya Sistem Modeli)'nin ikinci sürümü olan bu model, azotun bitki büyümesi üzerindeki besin sınırlamasını ve dolayısıyla kara karbon akışlarındaki değişimi açıklayan açık karbon-azot etkileşimi (VISIT-e) ile karasal bir biyojeokimyasal bileşen içermektedir. Modelin okyanus biyojeokimyasal bileşeni, karbon, nitrojen, fosfor, demir ve oksijenin biyojeokimyasal döngülerini simüle etmek için büyük ölçüde güncellenmiştir. Okyanus nitrojen döngüsü, kara bileşeni ile birleştirilmekte ve pirojenik ve litojenik kaynaklardan gelen dış girdiler dikkate alınmaktadır. Model, arazi kullanımı ve tarım yoluyla oluşan nitrojen döngüsünün tarihsel sürecini de göstermekte ve karasal karbon döngüsü üzerinde ortaya çıkan etkiyi simüle etmektedir. Endüstri öncesi koşullar altındaki duyarlılık analizleri, simüle edilmekte okyanus biyojeokimyasının, atmosferden ve nehirlerden gelen besin girdisiyle bölgesel olarak (ve önemli ölçüde) değiştirilebileceğini ortaya çıkarmaktadır. Model idealize edilmiş bir deneye dayanmaktadır. CO<sub>2</sub> 'nin %1 yıl<sup>-1</sup> oranında artması öngörülmekte, geçici iklim tepkisinin (TCR) 1,5 K olduğu tahmin edilmektedir, yani CMIP5 (Birleşik Model Karşılaştırma Projesi 5. Aşama)'de kullanılan önceki ESM'nin yaklaşık %70'idir. Kümülatif havadan taşınan fraksiyon (AF) da, CMIP5 ESM'lerin çok modellenen ortalamasına yakın bir havada taşınan fraksiyonla sonuçlanan, yoğunlaştırılmış kara karbon yutağı nedeniyle %15 oranında azaltılmaktadır. Kümülatif karbon emisyonlarına (TCRE) geçici iklim tepkisi 1.3 K EgC<sup>-1</sup>'dir. Yani CMIP5 ESM ortalamasından biraz daha küçüktür. Bu da model tarafından "iyimser" gelecek iklim projeksiyonlarının yapılacağını göstermektedir. Bu model ve simülasyon sonuçları CMIP6'ya katkıda bulunmaktadır. MIROC-ES2L; iklim, biyojeokimya ve insan faaliyetleri süreçlerini bütüncül ve etkileşimli bir şekilde geliştirerek, iklim-biyojeokimyasal etkileşim mekanizmaları, gelecekteki çevresel değişikliklerin projeksiyonları ve sürdürülebilir kalkınma ile ilgili gelecekteki seçeneklerimizin keşfedilmesi konusundaki anlayışı daha da geliştirebilmektedir (Hajima vd., 2020). Bu modele bağlı iklim senaryosu olarak SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ile en kötü durumu ortaya koyan SSP5 8.5 senaryosu ve bu senaryoların 2041-2060 ile 2081-2100 periyotları çalışmada gelecek tahminleri için kullanılmıştır.

Ekolojik gereklilikleri, ekolojik tepkileri ve yayılış alanlarını değerlendirmek için CLIMEX, Doup, kural seti üretimi için genetik algoritma (GARP) ve maksimum entropi (Maxent) gibi çeşitli tür dağılım modelleri (TDM'ler) kullanılmaktadır (Brito vd., 2009; Elith vd., 2009; Wei vd., 2018). Bu çalışmada Ekolojik niş modellerinden biri olan, Kural Seti Üretimi için Genetik Algoritmasını kullanan GARP modeli kullanılmıştır. GARP algoritması, türler için ekolojik niş modelleri oluşturan genetik bir algoritmadır. Modeller, türlerin popülasyonları koruyabilmesi için gereken aşağıdaki çevresel koşulları tanımlamaktadır. GARP, girdi için türlerin bulunduğu bir dizi nokta yeri ile ortaya çıktığı bilinen ve türlerin yayılışını sınırlayabilecek çevresel parametreleri temsil eden bir dizi coğrafi hayatta kalma yeteneklerini kullanmaktadır.

GARP, türlerin varlığı ve yokluğu ile çevresel parametreler arasındaki birkaç farklı kural türünü kullanan değerler ile rastgele olmayan korelasyonları yinelemeli olarak aramaktadır. Her kural türü, tür tahmin modelleri oluşturmak için farklı bir yöntem uygulamaktadır. Şu anda uygulanan dört tür kural vardır. Bunlar atomik, lojistik regresyon, biyoklimatik zarf ve abiyoklimatik zarf kurallarıdır.

GARP programı çalıştırılmadan önce günümüz ve gelecek tahminleri için kullanılacak raster veri formatındaki biyoiklimsel değişkenler ile iklim modeli verileri QGIS 3.22.2 programında kesme ve dönüştürme araçları ile çalışma alanı olarak belirlenen sınırlar dâhilinde kesilmiş ve “.asc” uzantılı dosya formatına dönüştürülmüştür. Modelin tahmin gücünü artırmak aynı zamanda örnek noktalara ait birbirine çok benzeyen verileri sadeleştirmek ve çoklu doğrusal bağlantı sorununu ortadan kaldırmak amacıyla Pearson korelasyon testi uygulanmıştır.

İkinci aşamada GARP 1.1.6 programında modelleme yöntemi olarak, türe ait var verilerinden *Crataegus monogyna* Jacq. için 49 ve *Crataegus microphylla* C. Koch için 25 nokta ayrı ayrı seçilmiş, çevresel parametreler (13 Biyoklimatik Değişken) ve projeksiyon parametresi olarak da MIROC-ES2L iklim senaryosuna ait biyoklimatik değişkenler programa eklenmiş ve yineleme sayısı 5 olarak

ayarlanmıştır. Çıktı formatı ASC (output format=ASC) olarak belirtilmiş ve Bitmaps ve ASCII Grids özellikleri işaretlenerek program çalıştırılmıştır. GARP programında modeller oluşturulurken test verisi kullanılmamıştır.

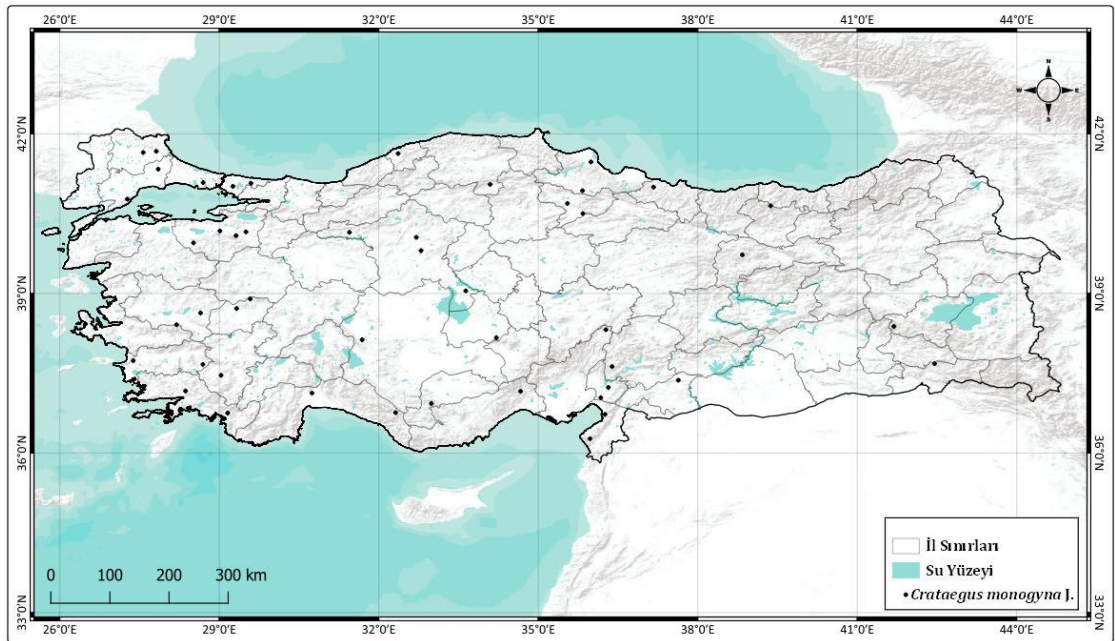
Son aşamaya gelindiğinde ise sonuç olarak elde edilen model verileri QGIS 3.22.2 programı ile raster/vektör dönüşümü özelliği kullanılarak yayılış haritalarına çevrilmiştir. GARP modelinde bir türün alanda var olması 0-1 arasında bir değer ile açıklanmaktadır. Değer 1 ise türün potansiyel olarak o alanda var olma olasılığı en fazladır. Günümüz ve gelecek için meydana getirilen potansiyel yayılış haritalarında dağılış alanı için uygunluk değeri “0” uygun değil, 0-0,25 çok az uygun, 0,25-0,50 az uygun, 0,50-0,75 uygun ve “0,75-1” çok uygun alanlar olacak şekilde sınıflara ayrılmış ve bu sınıflama sistemine göre günümüz ve gelecek senaryoları doğrultusunda olası coğrafi dağılımları  $\text{km}^2$  değerinden hesaplanmıştır (Çoban vd., 2020). Bu işlemlerden sonra ise mevcut yayılış alanı ile SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 senaryolarında 2041-2060 ve 2081-2100 periyodlarına dönük olası yayılış alanları arasında karşılaştırma yapmak için değişim analizi yapılmıştır. Değişimlerin ortaya konması amacıyla uygunluk değerleri  $0=0$ ,  $0-0.25=1$ ,  $0.25-0.50=2$ ,  $0.50-0.75=3$  ve  $0.75-1=4$  şeklinde kodlanarak sınıflara ayrılmış ve bu verilere kesişim (intersection) fonksiyonu uygulanmıştır. Uygunluk değerlerine göre 0 değerindeki alanlar uygun değil, aynı sınıftaki alanlar değişim yok, bir üst sınıfa geçen alanlar kazanç, bir alt sınıfa geçen alanlar kayıp olarak isimlendirilmiş ve kapladıkları alanlar  $\text{km}^2$  olarak hesaplanmış ve değişim haritaları oluşturulmuştur. Bu şekilde günümüzdeki uygunluk sınıflarının kodları ve gelecek senaryolarına göre belirlenen haritalardaki kodlar karşılaştırılarak tahmini yayılış alanlarına göre değişimlerin yönü ve büyüklüğü hesaplanmıştır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yöntemde belirtilen çoklu doğrusallık (multicollinearity) sorununu çözmek için yapılan Pearson korelasyon testi sonuçlarına göre değişkenler kendi aralarında önem durumuna göre çıkarılmış ve modelin tahmin yeteneğini artıran değişkenler olarak BIO1, BIO2, BIO4, BIO6 BIO7, BIO9, BIO10, BIO11, BIO12, BIO13, BIO14, BIO16 ve BIO19 modelde kullanılmıştır.

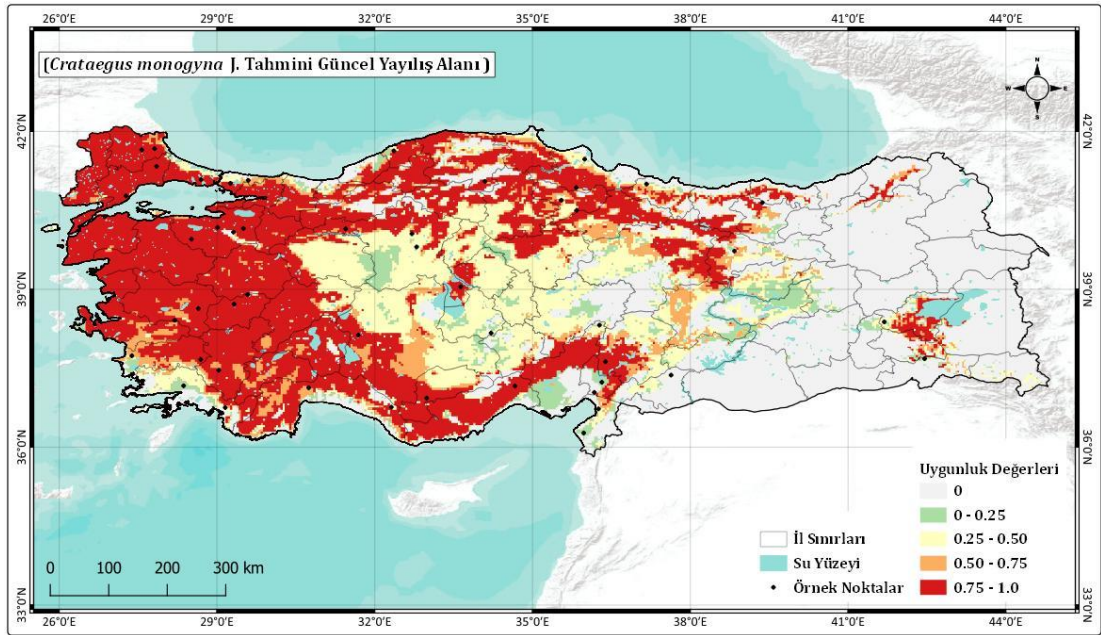
##### 4.1. Adi Alıç (*Crataegus monogyna* Jacq.) için Günümüz ve Gelecekteki Tahmini Potansiyel Yayılışı ve Değişim Analizi

*Crataegus monogyna* Jacq.'in yayılış gösterdiği alanlardaki point (nokta) formatındaki 49 var verisi, mevcut literatür ve açık erişimli veri tabanından elde edilen veriler kullanılarak (Yaltırık, 1984; Davis, 1970; Duman vd., 2000; Ozkan vd., 2009; Güner ve Akçiçek, 2013; Akkemik, 2014; Sağlam, 2014; Polat ve Satıl, 2016; GBIF, 2021) belirlenmiştir. Bu noktaların koordinatları QGIS programının güncel versiyonunda, altlık veri olarak Google Earth satellite 5m çözünürlükteki altlık haritalar kullanılarak WGS84 koordinat sisteminde işaretlenmiştir (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. *Crataegus monogyna* Jacq. örnek noktaları

GARP modeline göre; *Crataegus monogyna* Jacq.'in tahmini güncel ve gelecek yayılış haritaları, Şekil 4.2., Şekil 4.3., Şekil 4.4., Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'da bu haritalardaki uygunluk sınıflarına göre türün günümüz ve gelecekteki alansal dağılımları Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2.'de verilmiştir. GARP modelinde bir türün alanda var olma oranı 0-1 değeri ile belirlenmektedir. Üretilen model uygunluk seviyelerine göre beş farklı seviyede sınıflandırılmış ve haritalandırılmıştır. Elde edilen haritalarda *Crataegus monogyna* J.'in günümüz konumsal dağılımı izlenebilmektedir. Tahmini güncel yayılış alanı incelendiğinde genel olarak Marmara ve Ege bölgelerinde yayılış gösteren *Crataegus monogyna* Jacq.'i temsil eden noktalarla yüksek bir korelasyon gösterdiği, alansal olarak ise çok uygun alanların (1) 275.098 km<sup>2</sup>, uygun olmayan alanların (0) 251.049 km<sup>2</sup> olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2. *Crataegus monogyna* Jacq.'in tahmini güncel yayılış alanı

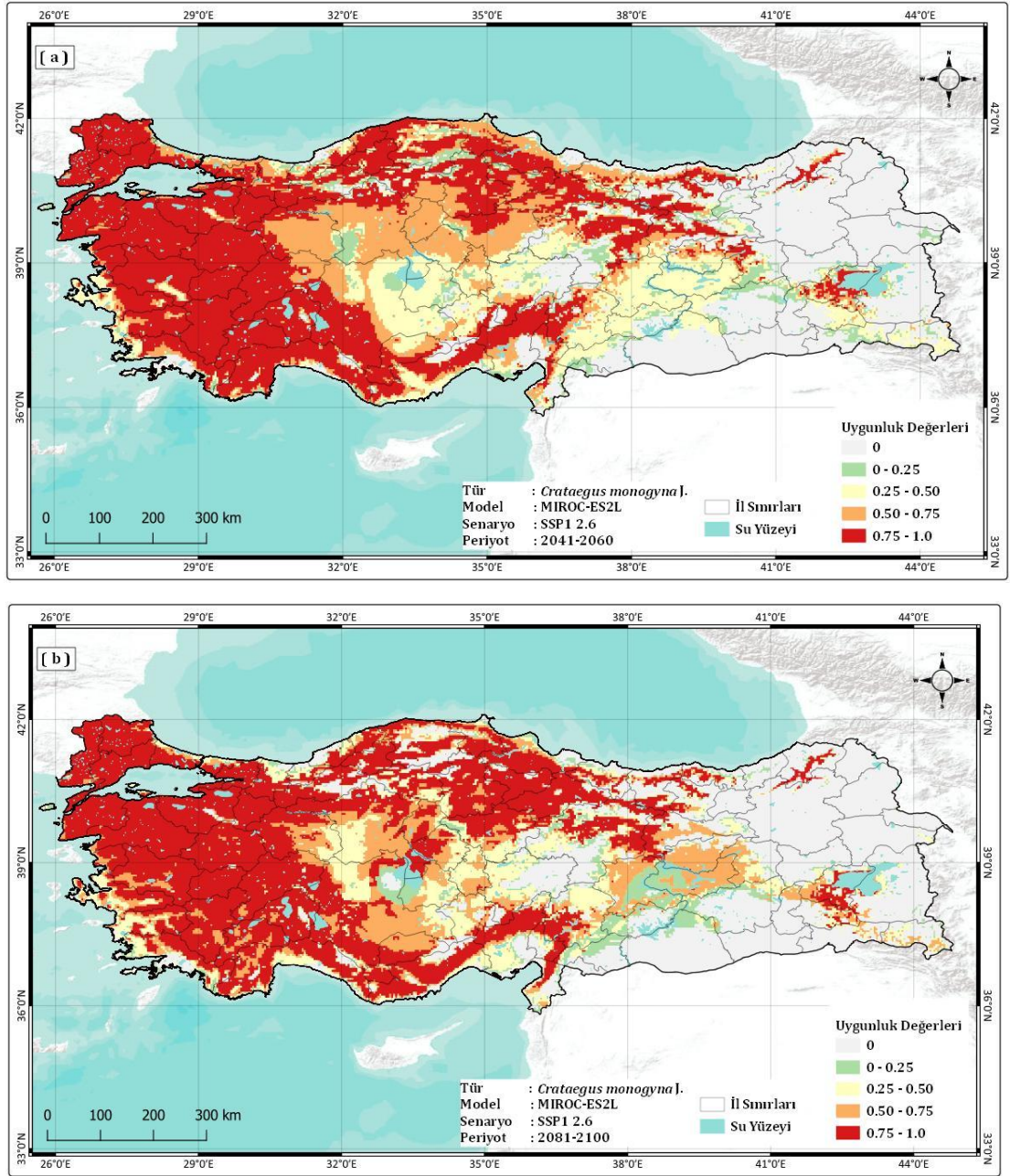
Çizelge 4.1. *Crataegus monogyna* Jacq.'in günümüz, SSP1 2.6 ve SSP2 4.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki potansiyel coğrafi yayılışının alansal dağılımı (km<sup>2</sup>)

| <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. |         | SSP1 2.6  |           | SSP2 4.5  |           |
|---------------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Uyg. Değerleri                  | Günümüz | 2041-2060 | 2081-2100 | 2041-2060 | 2081-2100 |
| Uygun Değil                     | 251.049 | 188.181   | 215.873   | 242.134   | 217.524   |
| Çok Az Uygun                    | 42.527  | 48.757    | 44.570    | 57.190    | 57.412    |
| Az Uygun                        | 147.784 | 132.002   | 105.911   | 101.970   | 111.335   |
| Uygun                           | 64.042  | 124.380   | 111.650   | 72.836    | 111.890   |
| Çok Uygun                       | 275.098 | 287.182   | 302.505   | 306.383   | 282.349   |

Çizelge 4.2. *Crataegus monogyna* Jacq.'in günümüz, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki potansiyel coğrafi yayılışının alansal dağılımı (km<sup>2</sup>)

| <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. |         | SSP3 7.0  |           | SSP5 8.5  |           |
|---------------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Uyg. Değerleri                  | Günümüz | 2041-2060 | 2081-2100 | 2041-2060 | 2081-2100 |
| Uygun Değil                     | 251.049 | 213.692   | 189.395   | 231.750   | 212.845   |
| Çok Az Uygun                    | 42.527  | 71.665    | 82.594    | 45.950    | 72.195    |
| Az Uygun                        | 147.784 | 161.919   | 109.177   | 99.899    | 170.041   |
| Uygun                           | 64.042  | 105.611   | 123.708   | 72.188    | 104.455   |
| Çok Uygun                       | 275.098 | 227.627   | 275.630   | 330.726   | 220.965   |

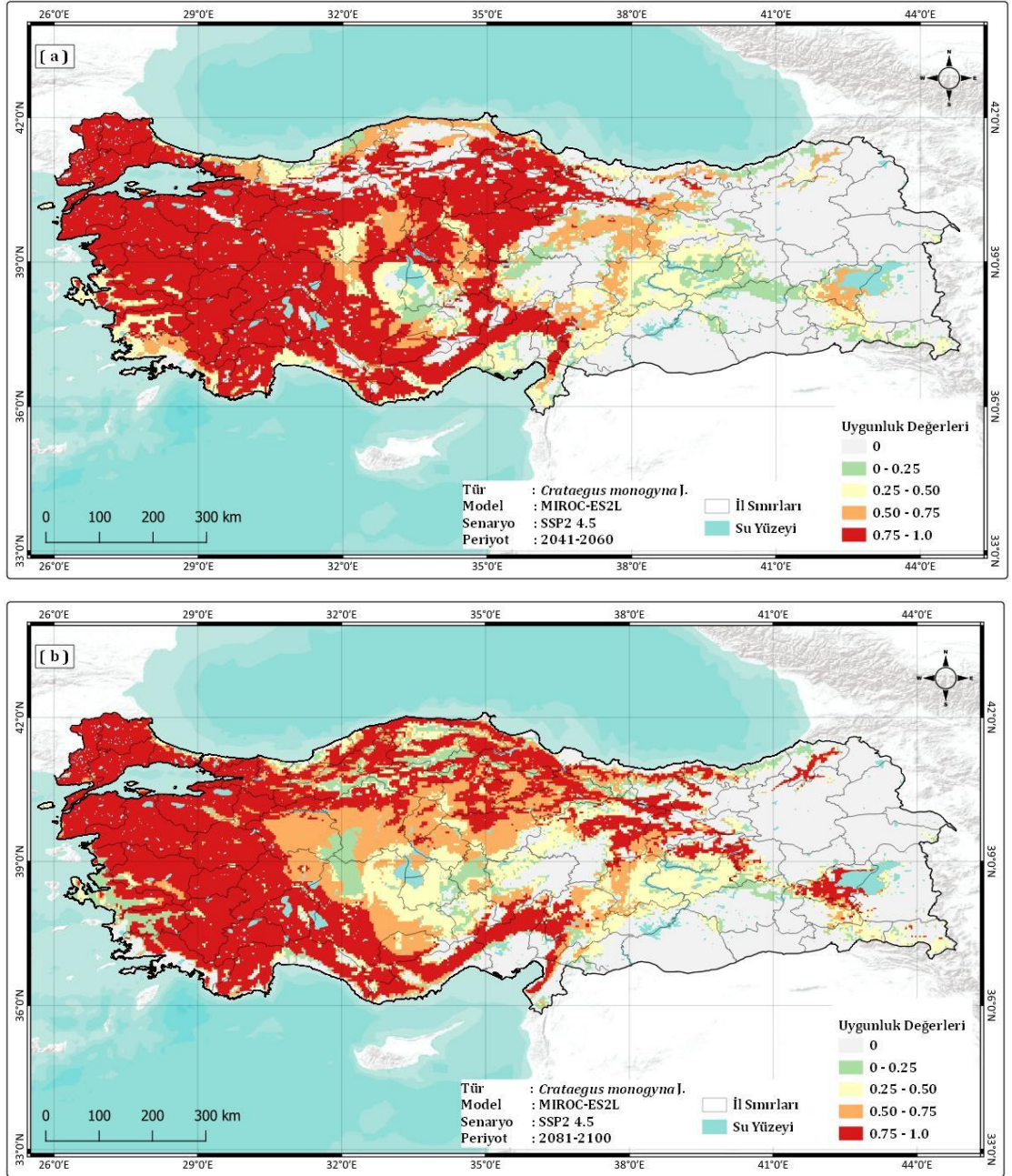
*Crataegus monogyna* Jacq. için modellerde uygun olmayan alanlar gri, çok az uygun alanlar yeşil, az uygun alanlar sarı, uygun alanlar turuncu ve çok uygun alanlar ise kırmızı renk ile ifade edilmiştir. Siyah noktalar ise türe ait var verilerini (örnek alım noktalarını) göstermektedir. Var verilerine ve oluşan modele bakıldığında *Crataegus monogyna* Jacq. günümüzde Marmara, Ege bölgelerinde yoğunlukla görüldüğü; Karadeniz ve Akdeniz bölgesinde ise az oranda görülme olasılığı olduğu belirlenmiştir. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'da ise günümüz şartlarında bitkinin doğal yayılışını göstermediği tahmin edilmektedir.



Şekil 4.3. *Crataegus monogyna* Jacq.'in MIROC-ES2L modeli SSP1 2.6 senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna göre tahmini yayılış alanları

SSP1 2.6 senaryosu 2041-2060 periyoduna bakıldığında *Crataegus monogyna* Jacq. türünün doğal yayılış alanı olan Marmara ve Ege bölgesinde bulunma olasılığını koruduğu, çok uygun olarak değerlendirilen alanların 287.182 km<sup>2</sup> ile günümüz yayılış alanına göre %4 oranında artış yaşanacağı öngörülmektedir. SSP1 2.6 senaryosu 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise türün yayılış

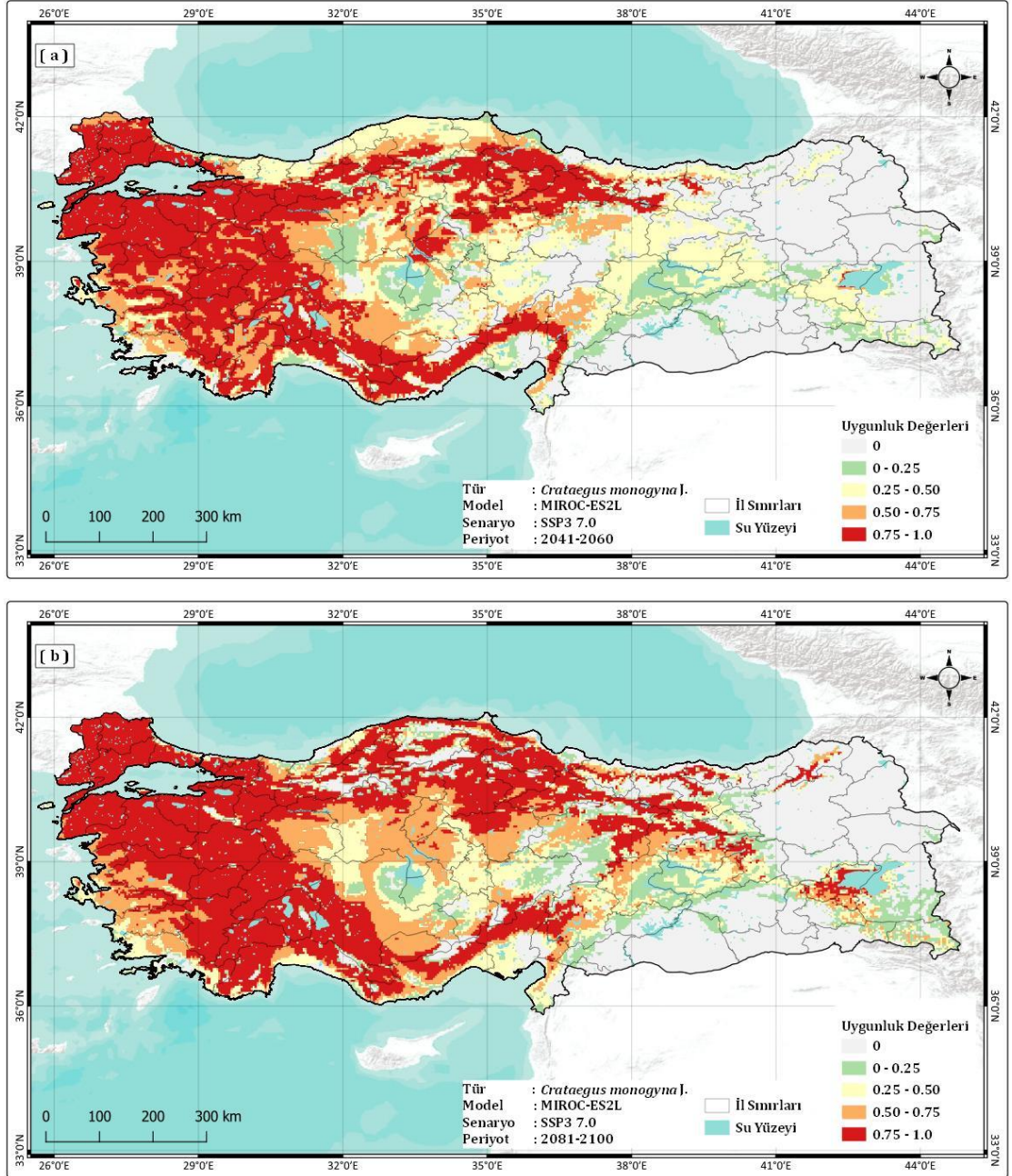
alanında çok uygun olarak değerlendirilen alanın 302.505 km<sup>2</sup> olduğu ve 2041-2060 senaryosuna göre %5 oranında bir artış yaşanacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 4.4. *Crataegus monogyna* Jacq.'in MIROC-ES2L modeli SSP2 4.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna göre tahmini yayılış alanları

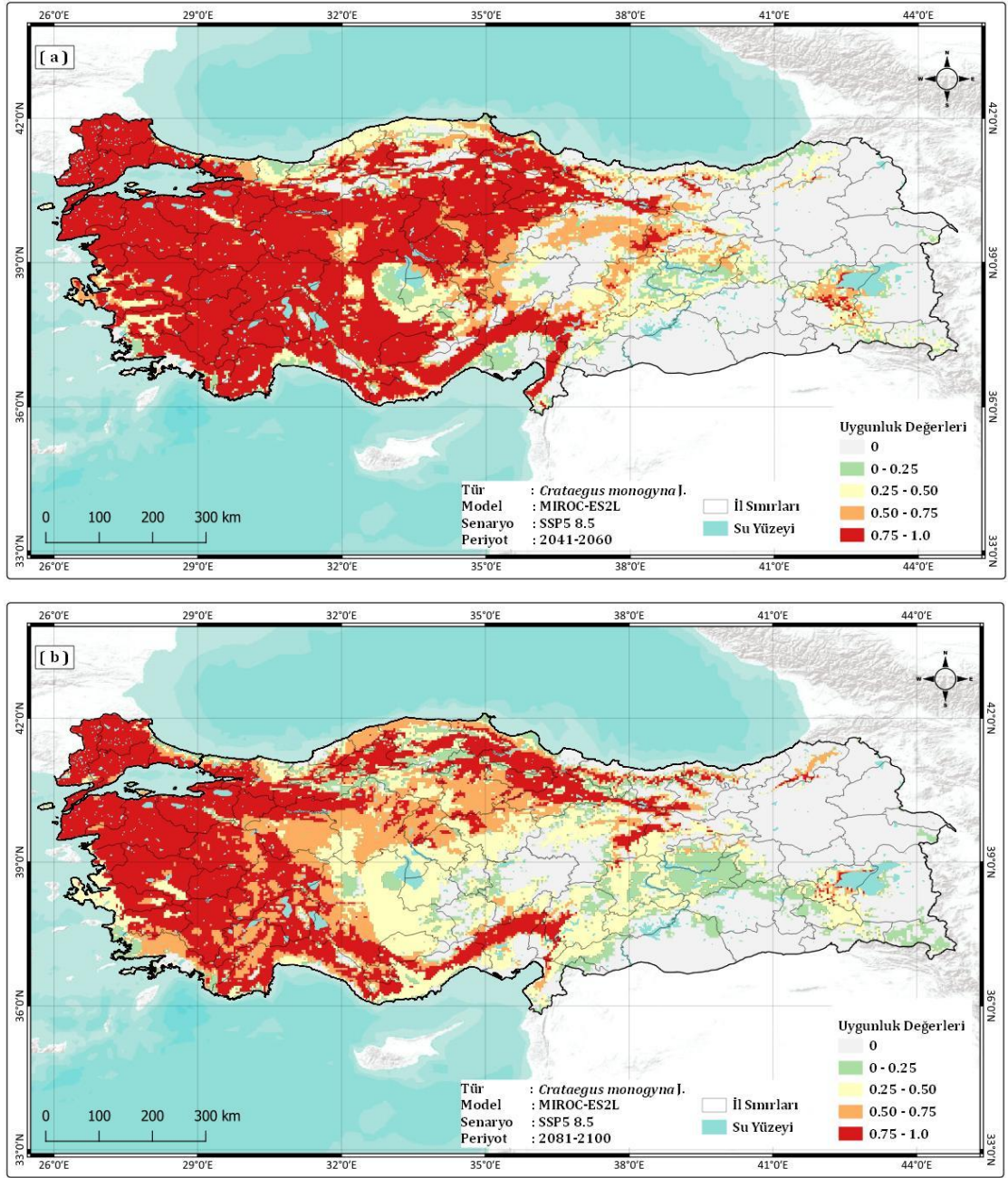
SSP2 4.5 senaryosu 2041-2060 periyoduna bakıldığında *Crataegus monogyna* Jacq. türünün doğal yayılış alanı olan Marmara ve Ege bölgesinde bulunma olasılığını koruduğu, çok uygun olarak değerlendirilen alanların 306.383 km<sup>2</sup> ile

günümüz yayılış alanına göre %10 oranında artış yaşanacağı öngörülmektedir. SSP2 4.5 senaryosu 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise türün yayılış alanında çok uygun olarak değerlendirilen alanın 282.349 km<sup>2</sup> olduğu ve 2041-2060 senaryosuna göre %8 oranında bir kayıp yaşanacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 4.5. *Crataegus monogyna* Jacq.'in MIROC-ES2L modeli SSP3 7.0 senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna göre tahmini yayılış alanları

SSP2 4.5 senaryosuna göre daha katı bir senaryoya sahip olan SSP3 7.0 senaryosu 2041-2060 periyoduna bakıldığında *Crataegus monogyna* Jacq. türünün doğal yayılış alanı olan Marmara ve Ege bölgesinde bulunma olasılığının azalmaya başladığı, çok uygun olarak değerlendirilen alanların 227.627 km<sup>2</sup> ile günümüz yayılış alanına göre %17 oranında bir kayıp yaşanacağı öngörülmektedir. SSP3 7.0 senaryosu 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise türün yayılış alanında çok uygun olarak değerlendirilen alanın 275.630 km<sup>2</sup> olduğu ve 2041-2060 senaryosuna göre %18 oranında artış yaşanacağı tahmin edilmektedir.

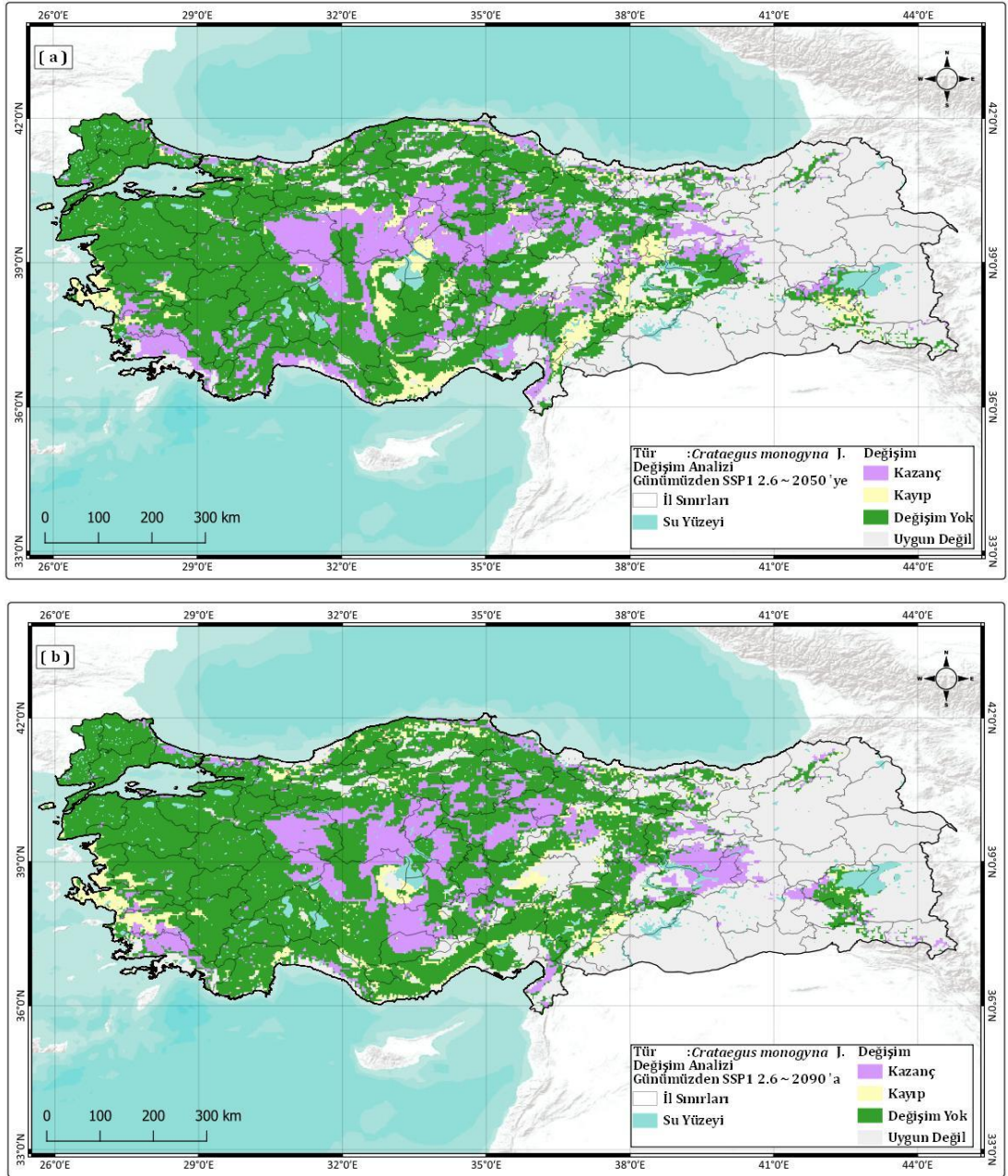


Şekil 4.6. *Crataegus monogyna* Jacq.'nin MIROC-ES2L modeli SSP5 8.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna göre tahmini yayılış alanları

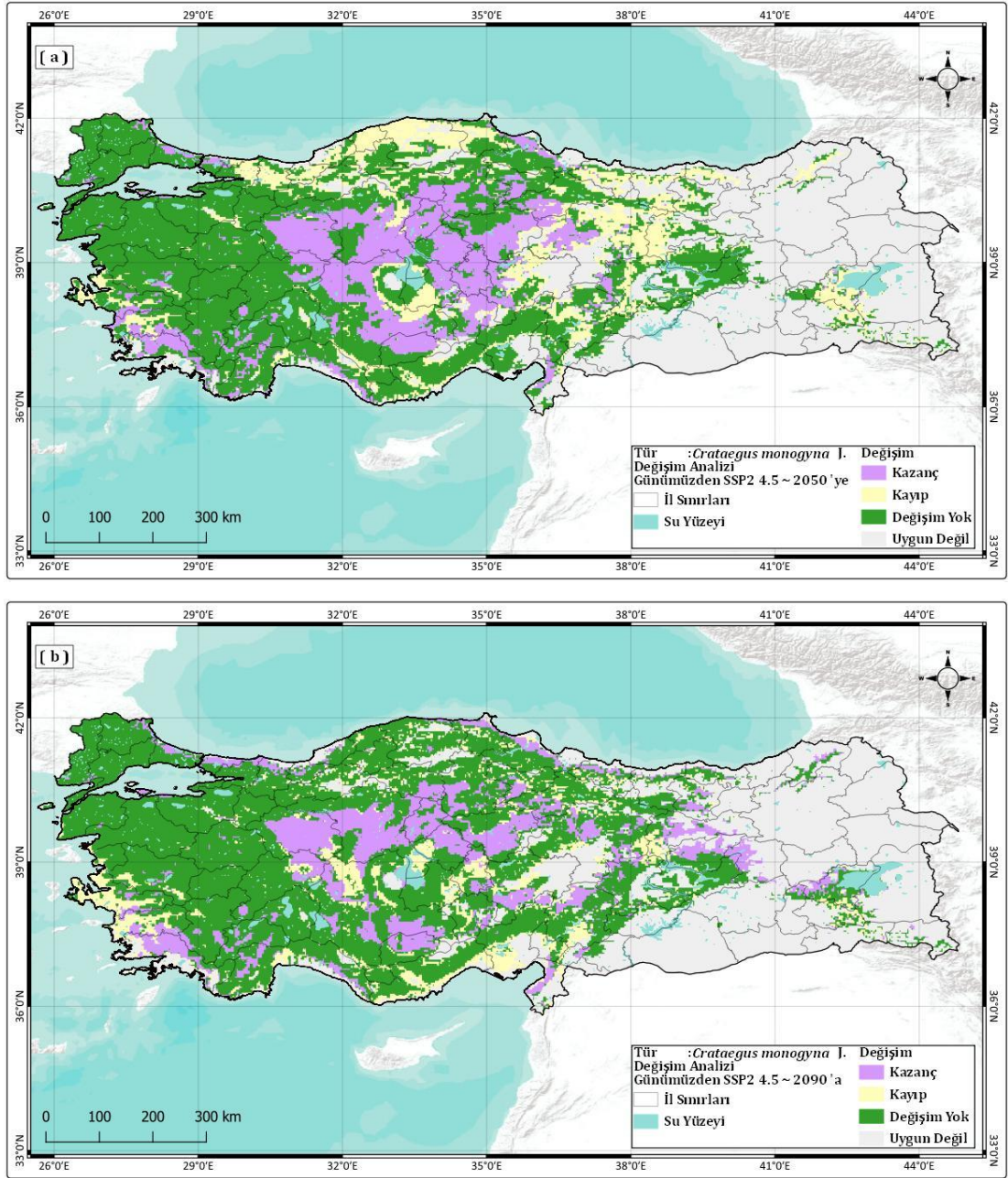
SSP5 8.5 senaryosu 2041-2060 periyodunda *Crataegus monogyna* Jacq. türünün çok uygun olarak değerlendirilen yayılış alanı 330.726 km<sup>2</sup> ile günümüz tahmini yayılış alanına göre yaklaşık %17 oranında arttığı, 2081-2100 periyodunda ise çok uygun alanların 220.965 km<sup>2</sup> olarak 2041-2060 periyoduna göre %33 oranında bir kayıp yaşayacağı görülmektedir.

Yayılış alanlarında iklim senaryolarına bağlı olarak gerçekleşmesi beklenen değişimlerin tespiti için *Crataegus monogyna* Jacq. türüne ait güncel yayılış alanı ile SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 senaryolarında 2041-2060 ve 2081-2100 periyodlarına ait tahmini yayılış alanları karşılaştırılarak uygunluk sınıflarının nasıl bir değişim gösterdiği Şekil 4.7., Şekil 4.8., Şekil 4.9. ve Şekil 4.10.'da, alansal büyüklükler ise Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4.'de görülmektedir.

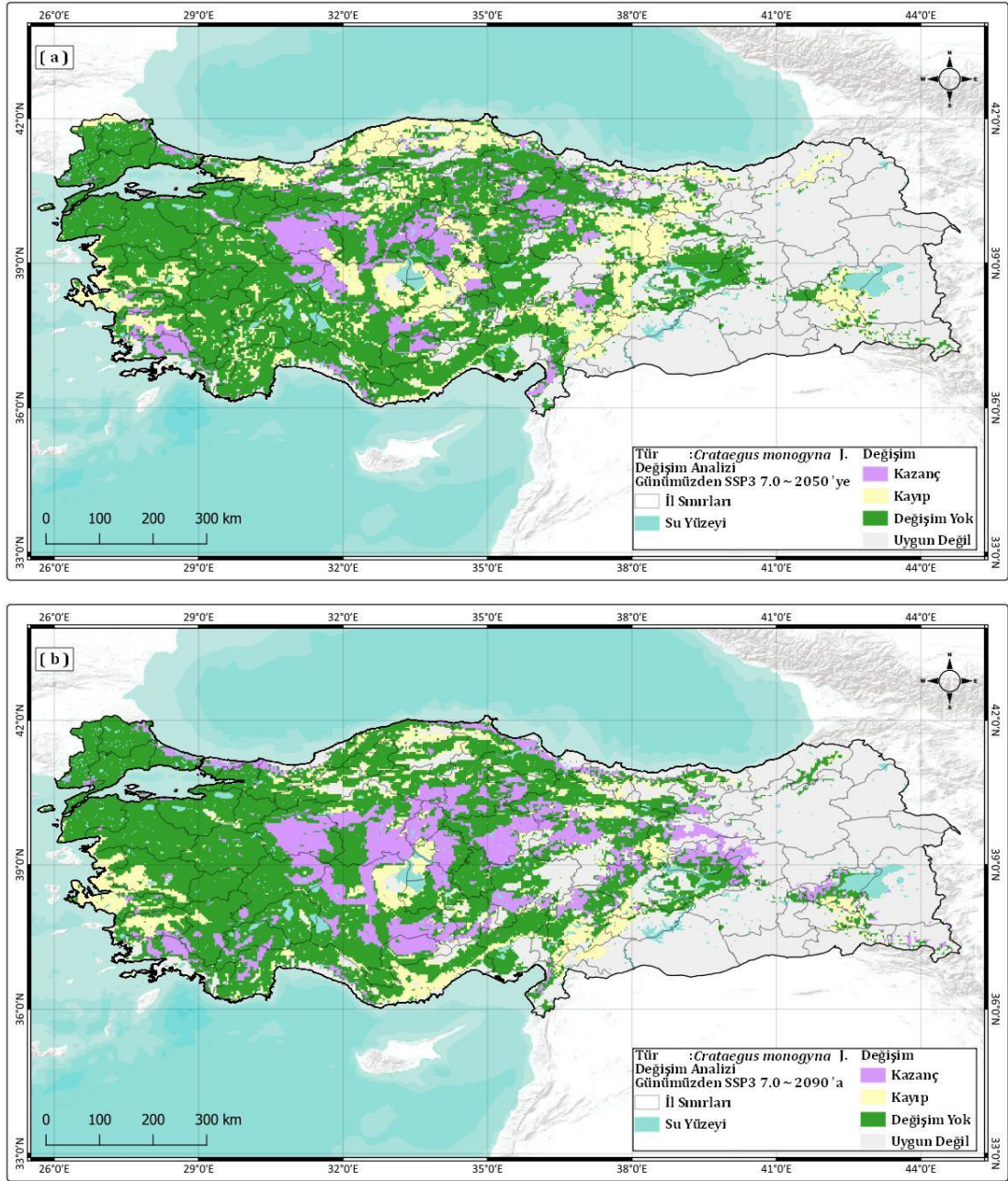
Buna göre günümüz ile SSP1 2.6 senaryosu 2041-2060 periyodunda 49.218 km<sup>2</sup>lik yayılış alanında kayıp olduğu ve buna karşılık 128.136 km<sup>2</sup>lik bir kazanç olduğu görülmektedir. Günümüzle SSP1 2.6 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde olmuş ve bu kayıp değerleri 40.870 km<sup>2</sup> lik alan kaplamaktadır. SSP2 4.5 senaryosu 2041-2060 periyodunda 106.362 km<sup>2</sup>lik yayılış alanında azalma olduğu fakat buna karşılık 114.748 km<sup>2</sup>lik bir kazanç alan olduğu görülmektedir. Günümüzle SSP2 4.5 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde gerçekleşmiş ve bu alanlar 71.897 km<sup>2</sup> olmuştur. Günümüz ile SSP3 7.0 senaryosu 2041-2060 periyodundaki değişim analizi değerlendirildiğinde 126.148 km<sup>2</sup>lik kayıp alana karşılık 63.207 km<sup>2</sup> lik bir kazanç alan görülmektedir. Günümüzle SSP3 7.0 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde olmuş ve bu kayıp değerleri 82.391 km<sup>2</sup> lik alan kaplamaktadır. Günümüz ile SSP5 8.5 senaryosu 2041-2060 periyodundaki değişim analizi değerlendirildiğinde 86.129 km<sup>2</sup>lik kayıp alana karşılık 132.525 km<sup>2</sup>lik bir kazanç alan görülmektedir. Günümüzle SSP5 8.5 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde olmuş ve bu kayıp değerleri 130.731 km<sup>2</sup> lik alan kaplamaktadır.



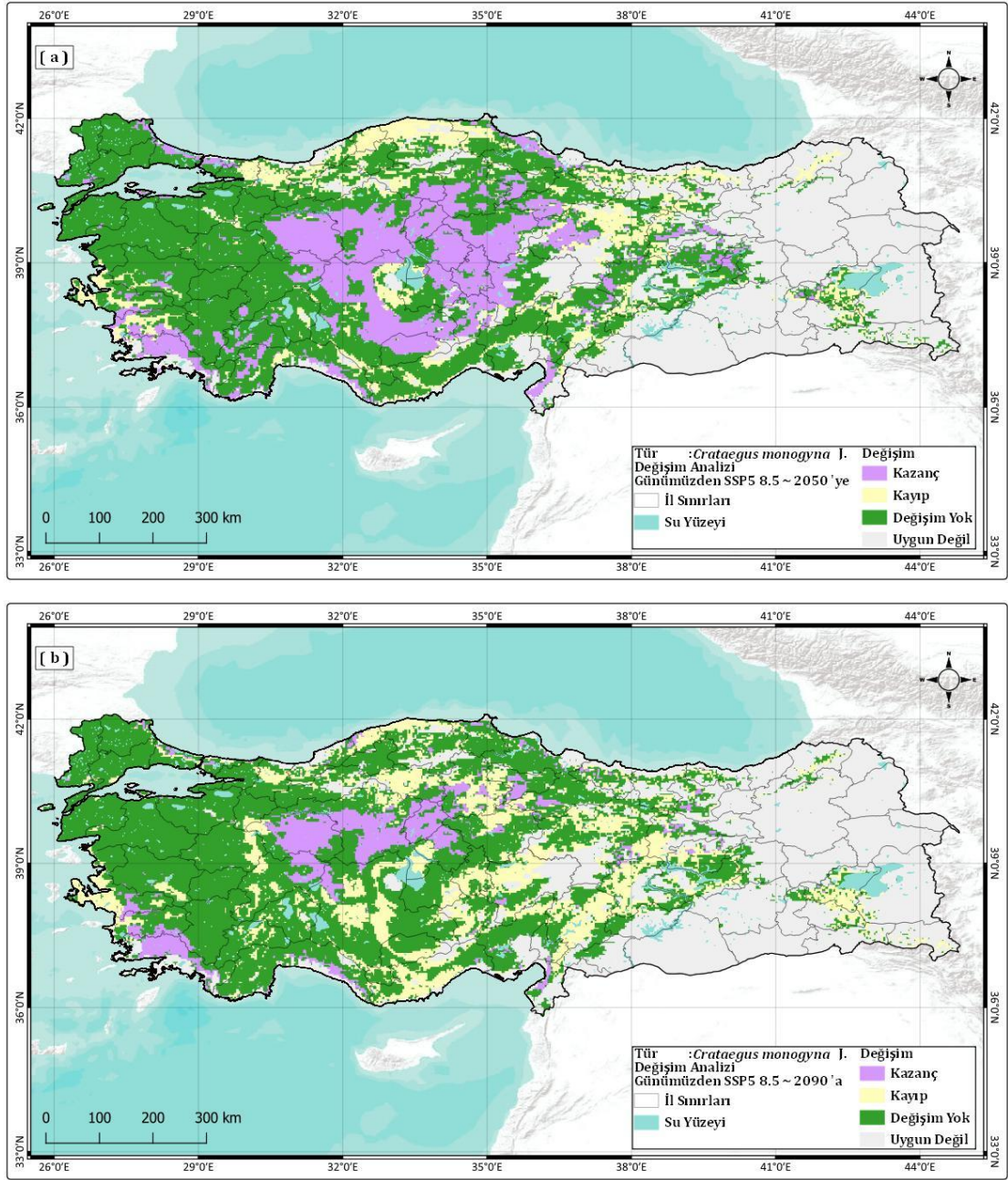
Şekil 4.7. *Crataegus monogyna* Jacq. tahmini güncel yayılış alanı ile SSP1 2.6 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim



Şekil 4.8. *Crataegus monogyna* Jacq. tahmini güncel yayılış alanı ile SSP2 4.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim



Şekil 4.9. *Crataegus monogyna* Jacq. tahmini güncel yayılış alanı ile SSP3 7.0 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim



Şekil 4.10. *Crataegus monogyna* Jacq. tahmini güncel yayılış alanı ile SSP5 8.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim

Çizelge 4.3. *Crataegus monogyna* Jacq.'in SSP1 2.6 ve SSP2 4.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki değişim analizi (km<sup>2</sup>)

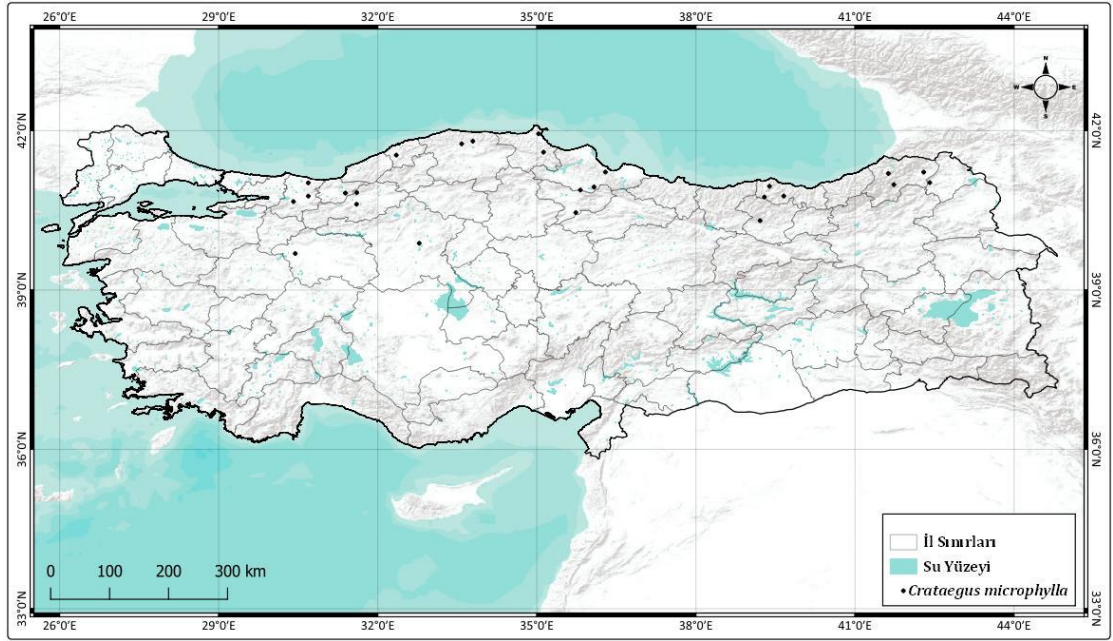
| <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. | SSP1 2.6  |           | SSP2 4.5  |           |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Değişim                         | 2041-2060 | 2081-2100 | 2041-2060 | 2081-2100 |
| Uygun Değil                     | 249.057   | 250.783   | 251.032   | 249.660   |
| Değişim Yok                     | 354.089   | 375.109   | 308.357   | 349.871   |
| Kazanç                          | 128.136   | 113.739   | 114.748   | 109.071   |
| Kayıp                           | 49.218    | 40.870    | 106.362   | 71.897    |

Çizelge 4.4. *Crataegus monogyna* Jacq. 'in SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki değişim analizi (km<sup>2</sup>)

| <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. | SSP3 7.0  |           | SSP5 8.5  |           |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Değişim                         | 2041-2060 | 2081-2100 | 2041-2060 | 2081-2100 |
| Uygun Değil                     | 251.051   | 249.977   | 250.759   | 250.999   |
| Değişim Yok                     | 340.094   | 335.915   | 311.089   | 341.489   |
| Kazanç                          | 63.207    | 112.217   | 132.525   | 57.280    |
| Kayıp                           | 126.148   | 82.391    | 86.129    | 130.731   |

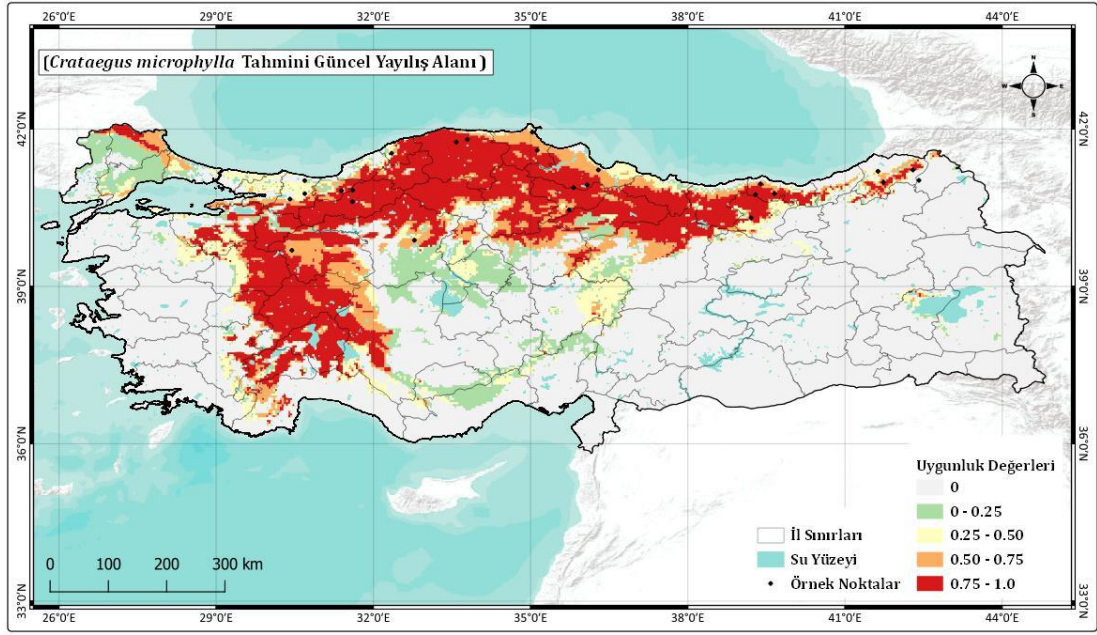
#### 4.2. Kocakarı Armudu (*Crataegus microphylla* C. Koch) için Günümüz ve Gelecekteki Tahmini Potansiyel Yayılışı ve Değişim Analizi

*Crataegus microphylla* C. Koch'un yayılış gösterdiği alanlardaki (nokta) point formatındaki 25 var verisi, mevcut literatür ve açık erişimli veri tabanından elde edilen veriler kullanılarak (Yaltırık, 1984; Davis, 1970; Duman vd., 2000; Ozkan vd., 2009; Güner ve Akçiçek, 2013; Akkemik, 2014; Sağlam, 2014; Polat ve Satıl, 2016; GBIF, 2021) belirlenmiştir. Bu noktaların koordinatları QGIS programının güncel versiyonunda, altlık veri olarak Google Earth satellite 5m çözünürlükteki altlık haritalar kullanılarak WGS84 koordinat sisteminde işaretlenmiştir (Şekil 4.11.).



Şekil 4.11. *Crataegus microphylla* C. Koch örnek noktaları

GARP modeline göre; *Crataegus microphylla* C. Koch'un tahmini güncel ve gelecek yayılış haritaları, Şekil 4.12., Şekil 4.13., Şekil 4.14., Şekil 4.15. ve Şekil 4.16.'da bu haritalardaki uygunluk sınıflarına göre türün günümüz ve gelecekteki alansal dağılımı Çizelge 4.5. ve Çizelge 4.6.'da verilmiştir. GARP modelinde bir türün alanda var olma oranı 0-1 değeri ile belirlenmektedir. Üretilen model uygunluk seviyelerine göre beş farklı seviyede sınıflandırılmış ve haritalandırılmıştır. Elde edilen haritalarda *Crataegus microphylla* C. Koch'un günümüz konumsal dağılımı izlenebilmektedir. Tahmini güncel yayılış alanı incelendiğinde genel olarak Karadeniz bölgesinde yayılış gösteren *Crataegus microphylla* C. Koch'u temsil eden noktalarla yüksek bir korelasyon gösterdiği, alansal olarak ise çok uygun alanların(1) 143.123 km<sup>2</sup>, uygun olmayan alanların(0) 463.703 km<sup>2</sup> olduğu görülmektedir.



Şekil 4.12. *Crataegus microphylla* C. Koch'un tahmini güncel yayılış alanı

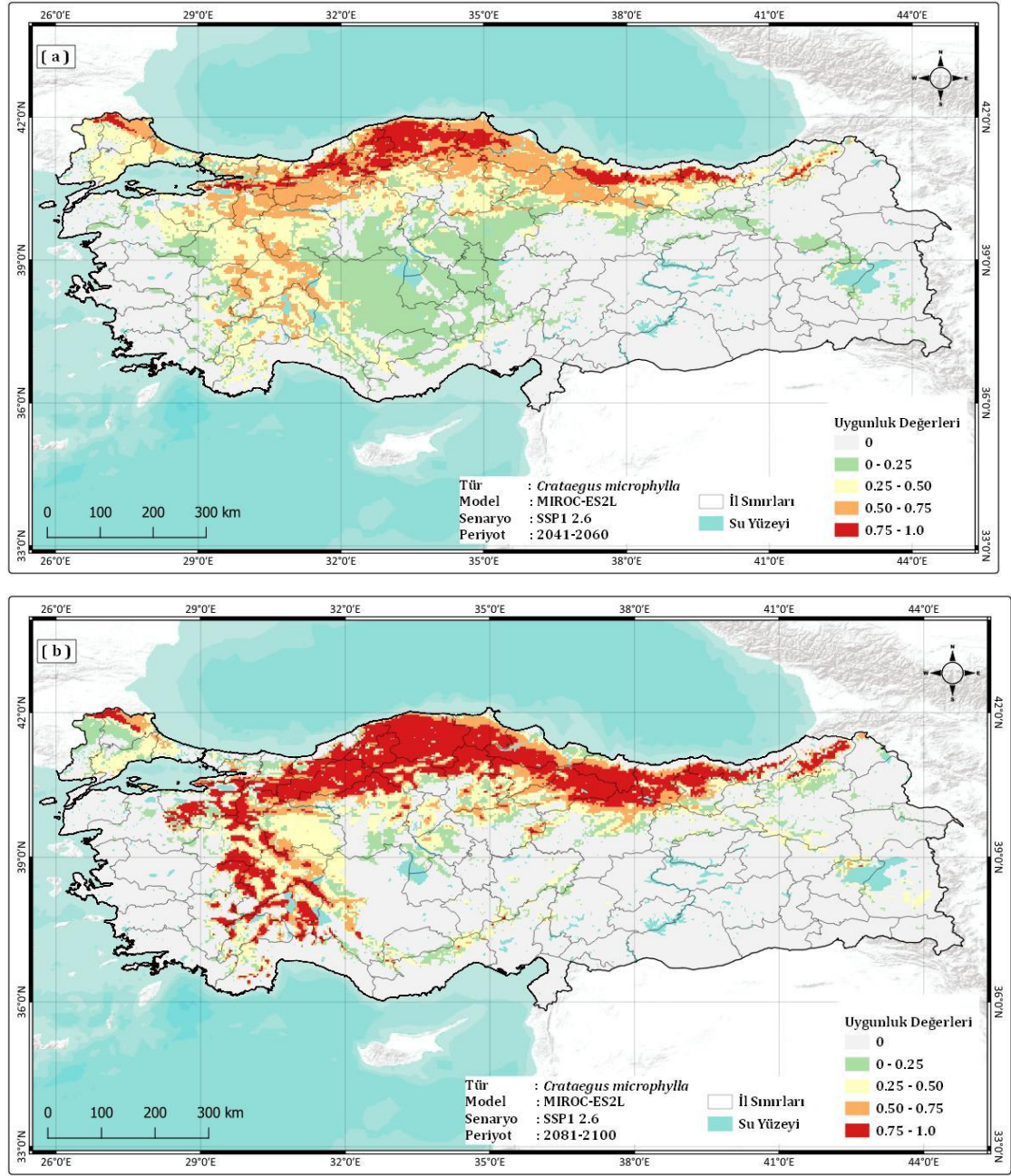
Çizelge 4.5. *Crataegus microphylla* C. Koch'un günümüz, SSP1 2.6 ve SSP2 4.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki potansiyel coğrafi yayılışının alansal dağılımı (km<sup>2</sup>)

| <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch |         | SSP1 2.6  |           | SSP2 4.5  |           |
|--------------------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Uyg. Değerleri                       | Günümüz | 2041-2060 | 2081-2100 | 2041-2060 | 2081-2100 |
| Uygun Değil                          | 463.703 | 412.443   | 477.065   | 387.194   | 424.082   |
| Çok Az Uygun                         | 60.628  | 139.236   | 63.136    | 86.895    | 68.621    |
| Az Uygun                             | 58.429  | 127.845   | 95.054    | 99.834    | 133.792   |
| Uygun Değil                          | 54.616  | 76.714    | 48.173    | 105.518   | 54.460    |
| Çok Uygun                            | 143.123 | 24.258    | 97.069    | 101.057   | 99.541    |

Çizelge 4.6. *Crataegus microphylla* C. Koch'un günümüz, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki potansiyel coğrafi yayılışının alansal dağılımı (km<sup>2</sup>)

| <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch |         | SSP3 7.0  |           | SSP5 8.5  |           |
|--------------------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Uyg. Değerleri                       | Günümüz | 2041-2060 | 2081-2100 | 2041-2060 | 2081-2100 |
| Uygun Değil                          | 463.703 | 439.938   | 474.685   | 458.789   | 429.911   |
| Çok Az Uygun                         | 60.628  | 46.464    | 70.449    | 52.456    | 83.619    |
| Az Uygun                             | 58.429  | 78.931    | 61.597    | 90.788    | 88.487    |
| Uygun Değil                          | 54.616  | 38.461    | 47.033    | 41.903    | 53.861    |
| Çok Uygun                            | 143.123 | 176.703   | 126.731   | 136.558   | 124.618   |

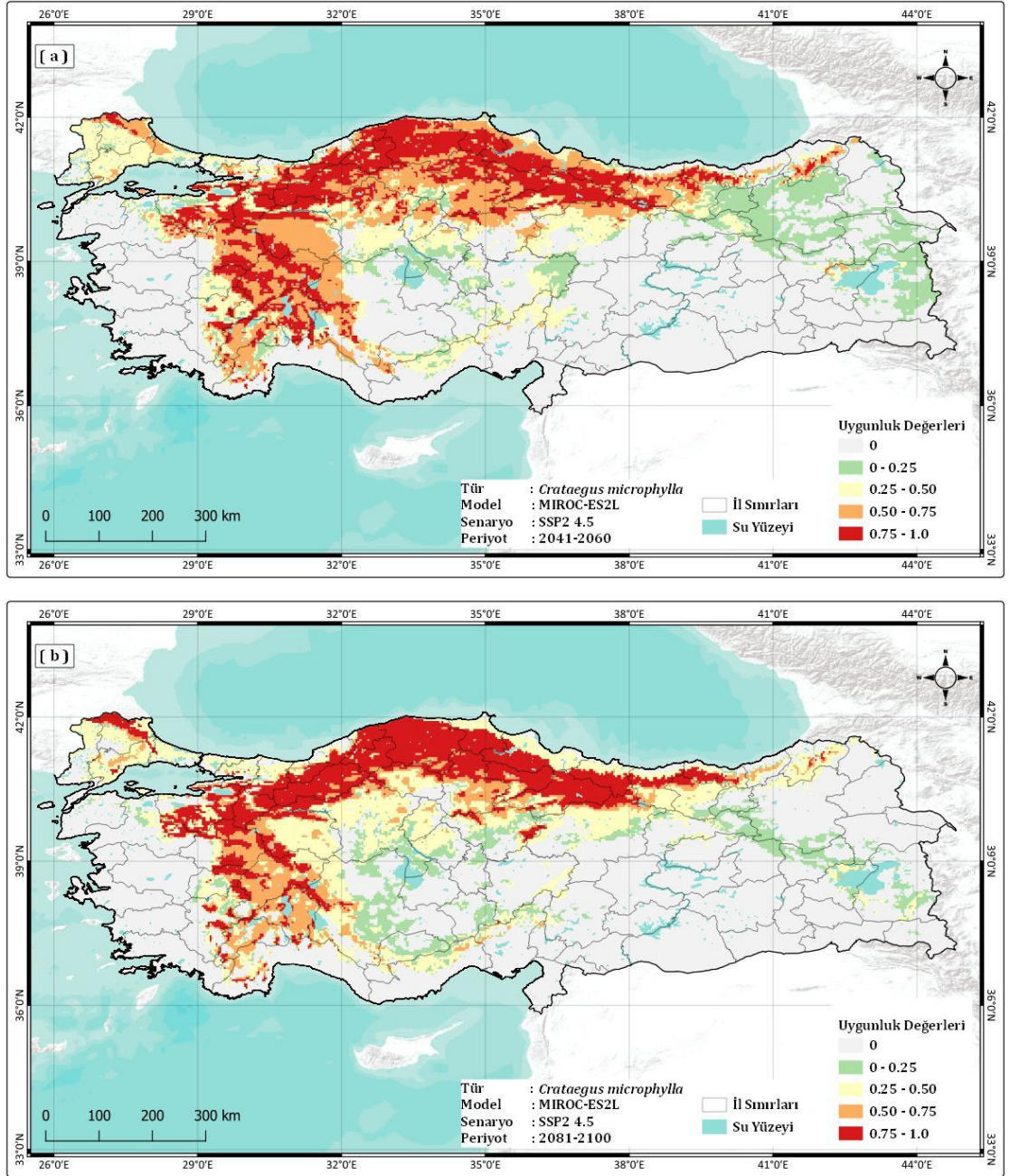
*Crataegus microphylla* C. Koch için modellerde uygun olmayan alanlar gri, çok az uygun alanlar yeşil, az uygun alanlar sarı, uygun alanlar turuncu ve çok uygun alanlar ise kırmızı renk ile ifade edilmiştir. Siyah noktalar ise türe ait var verilerini (örnek alım noktalarını) göstermektedir. Var verilerine ve oluşan modele bakıldığında *Crataegus microphylla* C. Koch günümüzde Karadeniz bölgesinde yoğunlukla görüldüğü; Ege bölgesinin doğu kesimlerinde ise az oranda görülme olasılığı olduğu belirlenmiştir. Güney Doğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde ise günümüz şartlarında bitkinin doğal yayılış göstermediği tahmin edilmektedir.



Şekil 4.13. *Crataegus microphylla* C. Koch'un MIROC-ES2L modeli SSP1 2.6 senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna göre tahmini yayılış alanları

SSP1 2.6 senaryosu 2041-2060 periyoduna bakıldığında *Crataegus microphylla* C. Koch türünün doğal yayılış alanı olan Karadeniz bölgesinde bulunma olasılığını kaybetmeye başladığı, çok uygun olarak değerlendirilen alanlarda 24.258 km<sup>2</sup> ile günümüz yayılış alanına göre %83 oranında azalma yaşanacağı öngörülmektedir. SSP1 2.6 senaryosu 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise türün yayılış

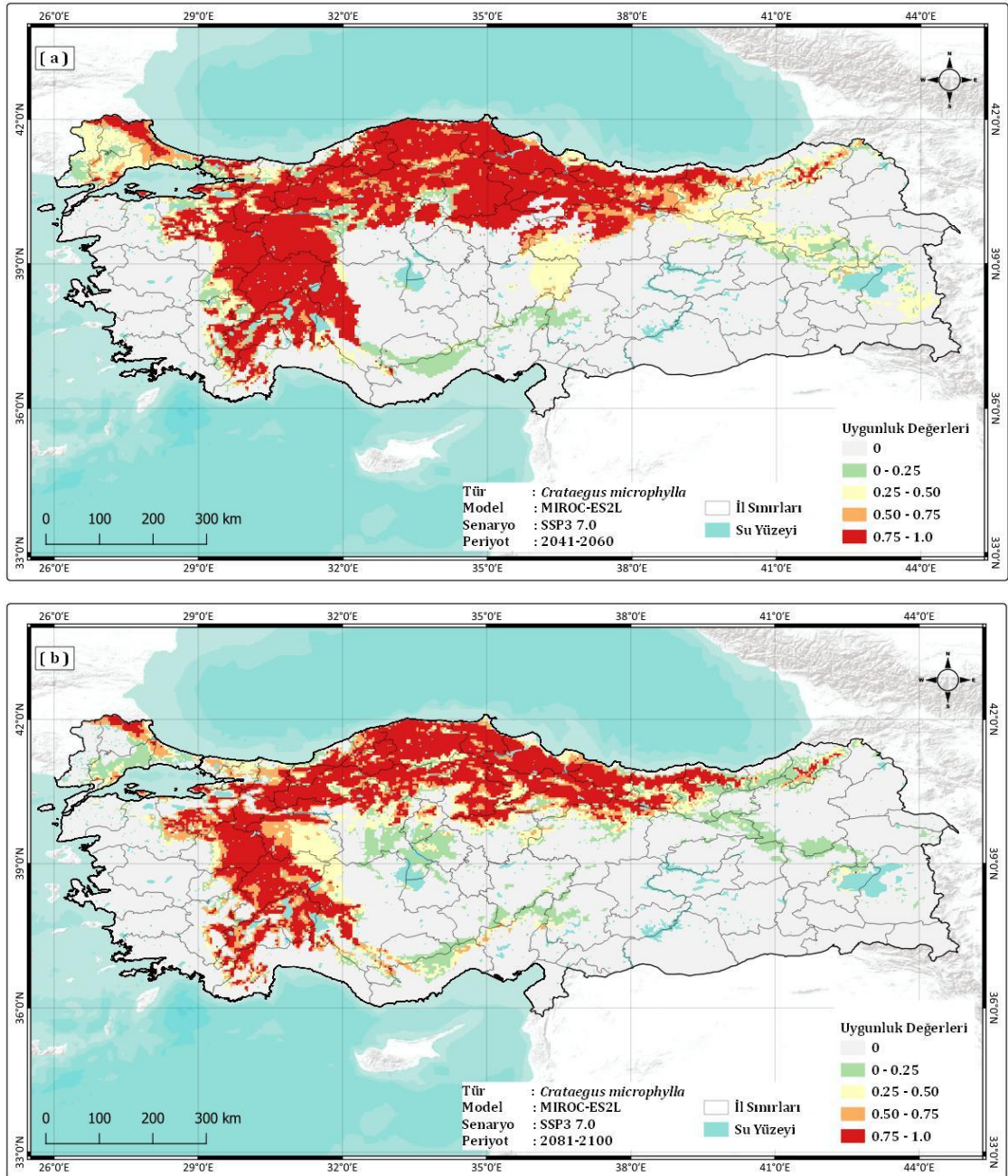
alanında çok uygun olarak değerlendirilen alanın 97.069 km<sup>2</sup> olduğu ve 2041-2060 senaryosuna göre %75 oranında bir artış yaşanacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 4.14. *Crataegus microphylla* C. Koch'un MIROC-ES2L modeli SSP2 4.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna göre tahmini yayılış alanları

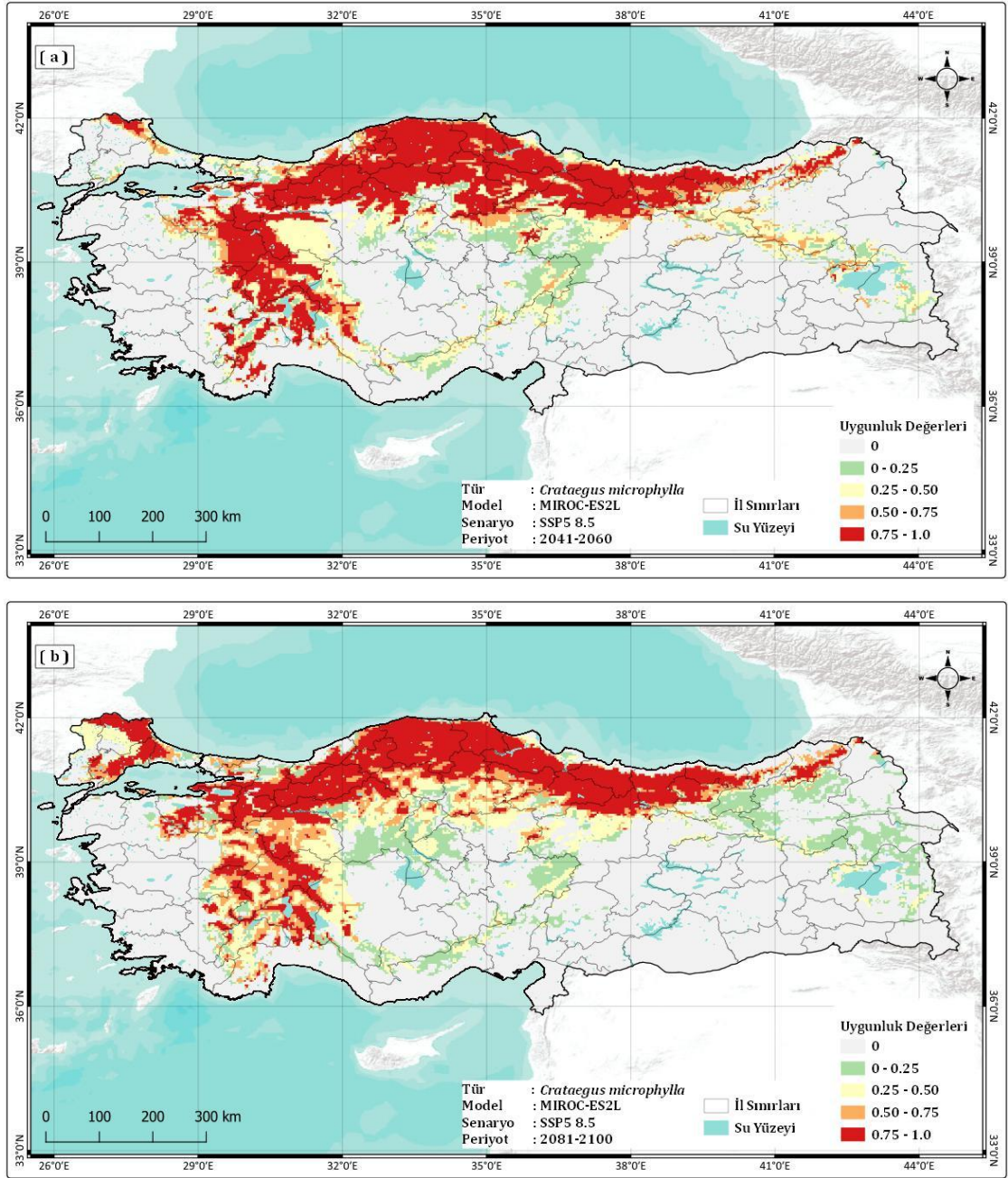
SSP2 4.5 senaryosu 2041-2060 periyoduna bakıldığında *Crataegus microphylla* C. Koch türünün doğal yayılış alanı olan Karadeniz bölgesindeki varlığında yer yer parçalanmalar olduğu ve çok uygun alanların, uygun alanlara dönüştüğü, çok

uygun olarak değ erlendirilen alanların 101.057 km<sup>2</sup> ile günümüz yayılış alanına göre %29 oranında bir azalma yaşanacağı öngörülmektedir. SSP2 4.5 senaryosu 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise türün yayılış alanında çok uygun olarak değ erlendirilen alanın 99.541 km<sup>2</sup> olduğu ve 2041-2060 senaryosuna göre %1.5 oranında bir azalma yaşanacağı tahmin edilmektedir.



şekil 4.15. *Crataegus microphylla* C. Koch'un MIROC-ES2L modeli SSP3 7.0 senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna göre tahmini yayılış alanları

SSP2 4.5 senaryosuna göre daha iyimser bir senaryoya sahip olan SSP3 7.0 senaryosu 2041-2060 periyoduna bakıldığında *Crataegus microphylla* C. Koch türünün doğal yayılış alanı olan Karadeniz bölgesinde bulunma olasılığının arttığı aynı zamanda Afyon-Eskişehir-Kütahya dolaylarında da türün yayılış alanının ortaya çıktığı görülmüş, çok uygun olarak değerlendirilen alanların 176.703 km<sup>2</sup> ile günümüz yayılış alanına göre %19 oranında bir artış yaşanacağı öngörülmektedir. SSP3 7.0 senaryosu 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise türün yayılış alanında çok uygun olarak değerlendirilen alanın 126.731 km<sup>2</sup> olduğu ve 2041-2060 senaryosuna göre %28 oranında bir azalma yaşanacağı tahmin edilmektedir.

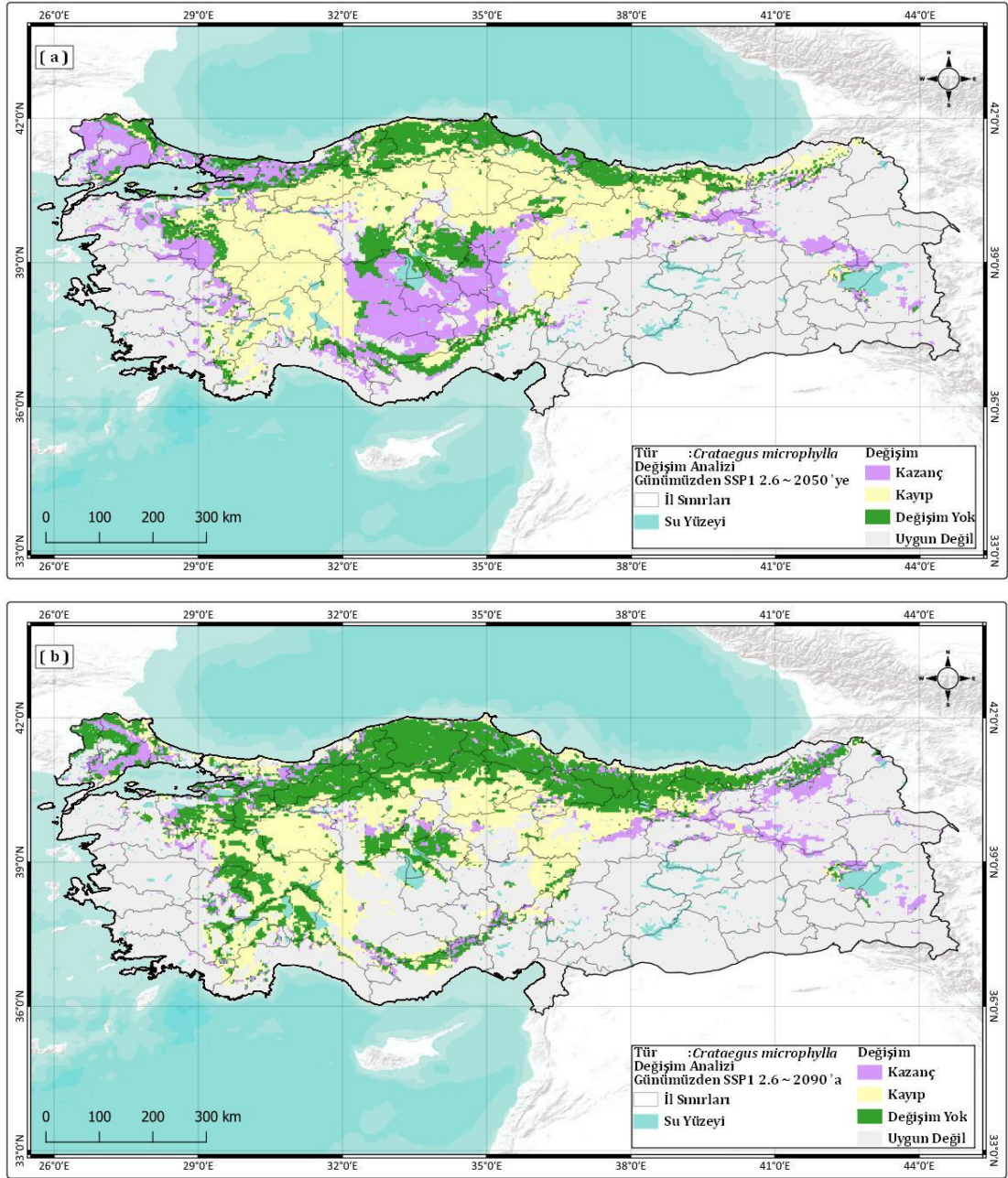


Şekil 4.16. *Crataegus microphylla* C. Koch'un MIROC-ES2L modeli SSP5 8.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna göre tahmini yayılış alanları

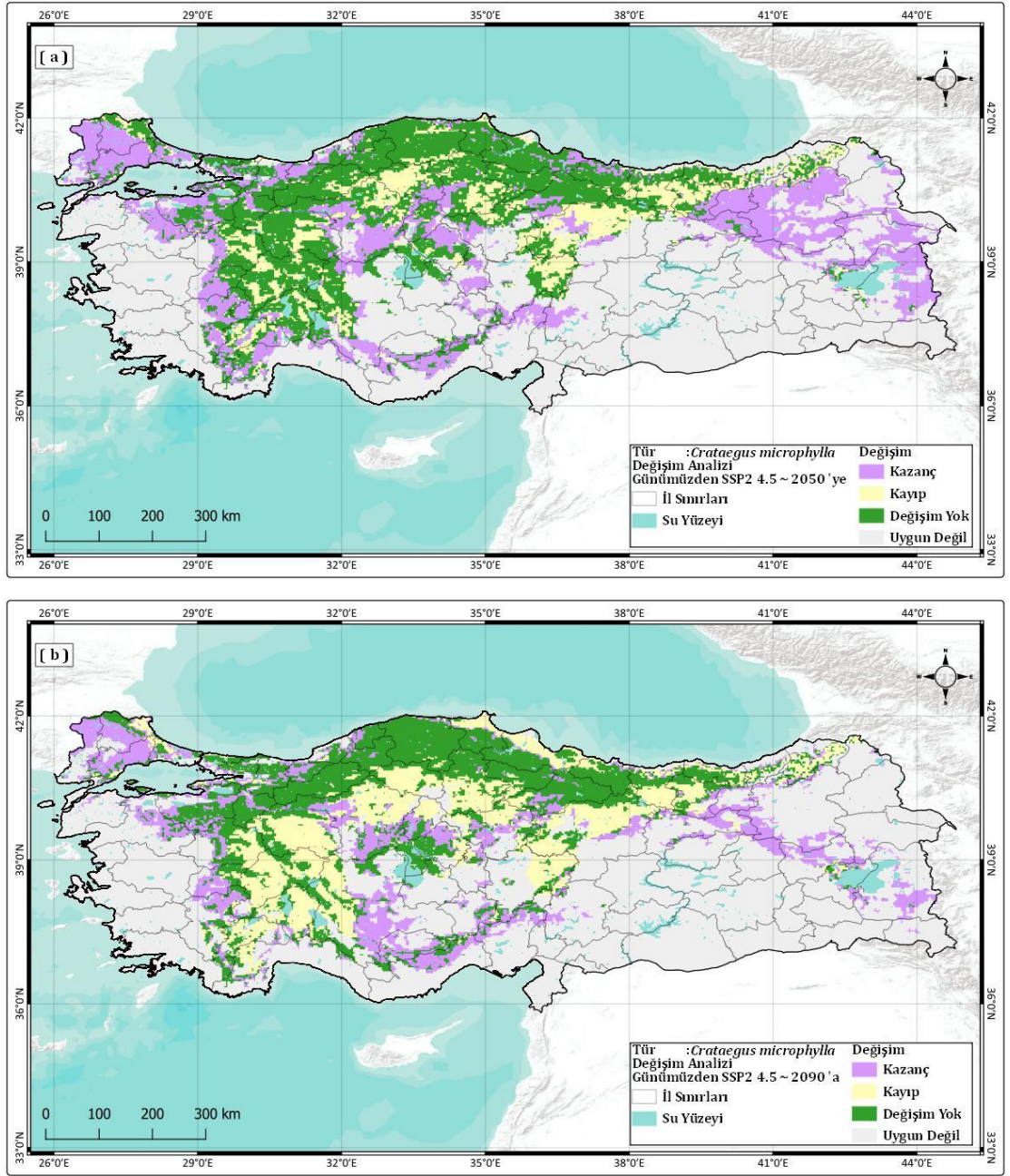
SSP5 8.5 senaryosu 2041-2060 periyodunda *Crataegus microphylla* C. Koch türünün çok uygun olarak değerlendirilen yayılış alanı 136.558 km<sup>2</sup> ile günümüz tahmini yayılış alanına göre yaklaşık %5 oranında azaldığı, 2081-2100 periyodunda ise çok uygun alanların 124.618 km<sup>2</sup> olarak 2041-2060 periyoduna göre %9 oranında bir kayıp yaşayacağı öngörülmektedir.

Yayılış alanlarında iklim senaryolarına bağlı olarak gerçekleşmesi beklenen değişimlerin tespiti için *Crataegus microphylla* C. Koch türüne ait güncel yayılış alanı ile SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 senaryolarında 2041-2060 ve 2081-2100 periyodlarına ait tahmini yayılış alanları karşılaştırılarak uygunluk sınıflarının nasıl bir değişim gösterdiği Şekil 4.17., Şekil 4.18., Şekil 4.19. ve Şekil 4.20.'de, alansal büyüklükler ise Çizelge 4.7. ve Çizelge 4.8.'de görülmektedir.

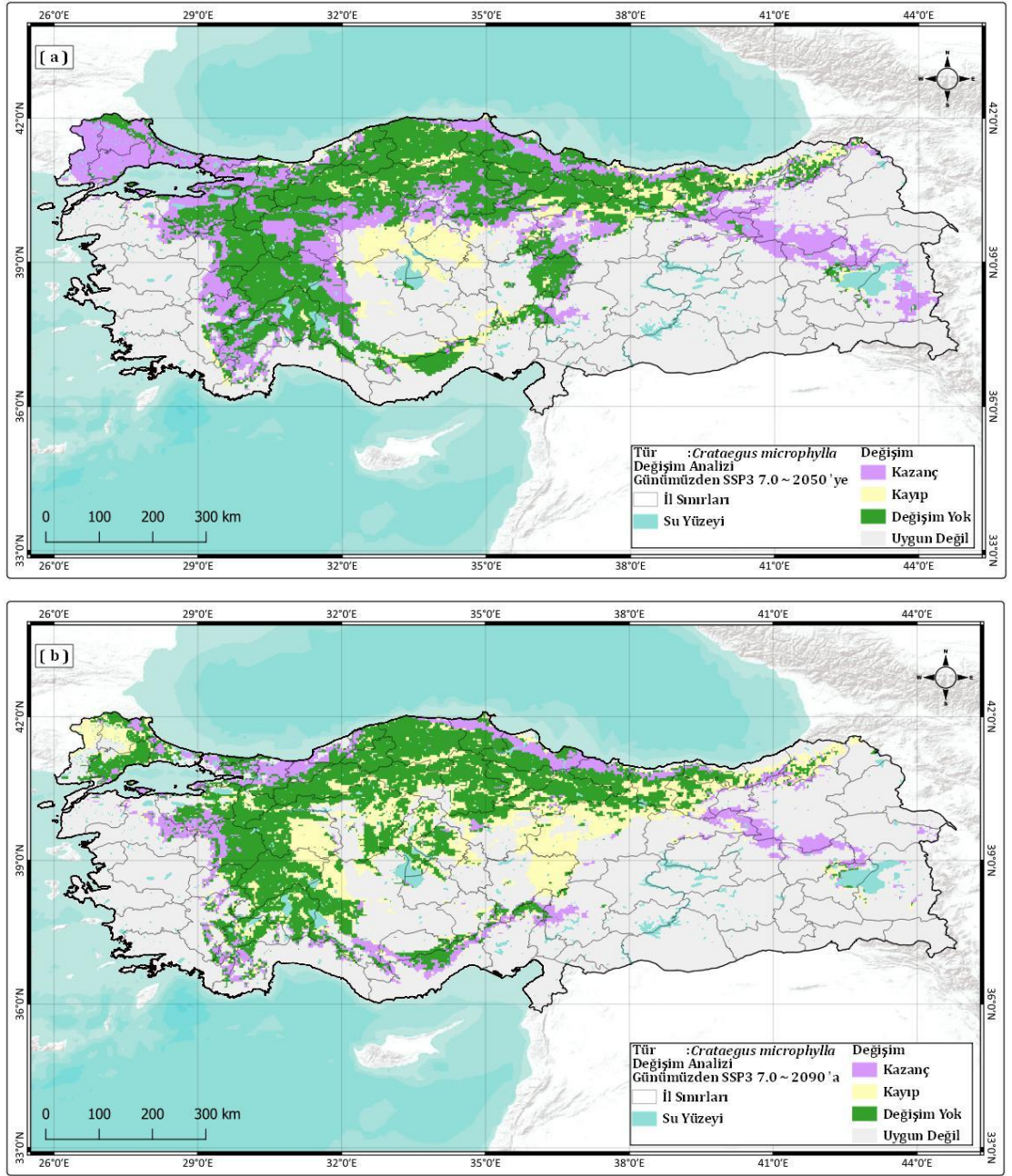
Buna göre günümüz ile SSP1 2.6 senaryosu 2041-2060 periyodunda 200.202 km<sup>2</sup>lik yayılış alanında kayıp olduğu ve buna karşılık 106.254 km<sup>2</sup>lik bir kazanç olduğu görülmektedir. Günümüzle SSP1 2.6 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde olmuş ve bu kayıp değerleri 143.894 km<sup>2</sup> lik alan kaplamaktadır. SSP2 4.5 senaryosu 2041-2060 periyodunda 74.666 km<sup>2</sup>lik yayılış alanında kayıp olduğu fakat buna karşılık 147.086 km<sup>2</sup>lik bir kazanç alan olduğu görülmektedir. Günümüzle SSP2 4.5 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde gerçekleşmiş ve bu alanlar 114.628 km<sup>2</sup> olmuştur. Günümüz ile SSP3 7.0 senaryosu 2041-2060 periyodundaki değişim analizi değerlendirildiğinde 57.593 km<sup>2</sup>lik kayıp alana karşılık 136.019 km<sup>2</sup>lik bir kazanç alan görülmektedir. Günümüzle SSP3 7.0 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde olmuş ve bu kayıp değerleri 108.434 km<sup>2</sup> lik alan kaplamaktadır. Günümüz ile SSP5 8.5 senaryosu 2041-2060 periyodundaki değişim analizi değerlendirildiğinde 108.060 km<sup>2</sup>lik kayıp alana karşılık 84.440 km<sup>2</sup>lik bir kazanç alan görülmektedir. Günümüzle SSP5 8.5 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde olmuş ve bu kayıp değerleri 108.797 km<sup>2</sup> lik bir alan kaplamaktadır.



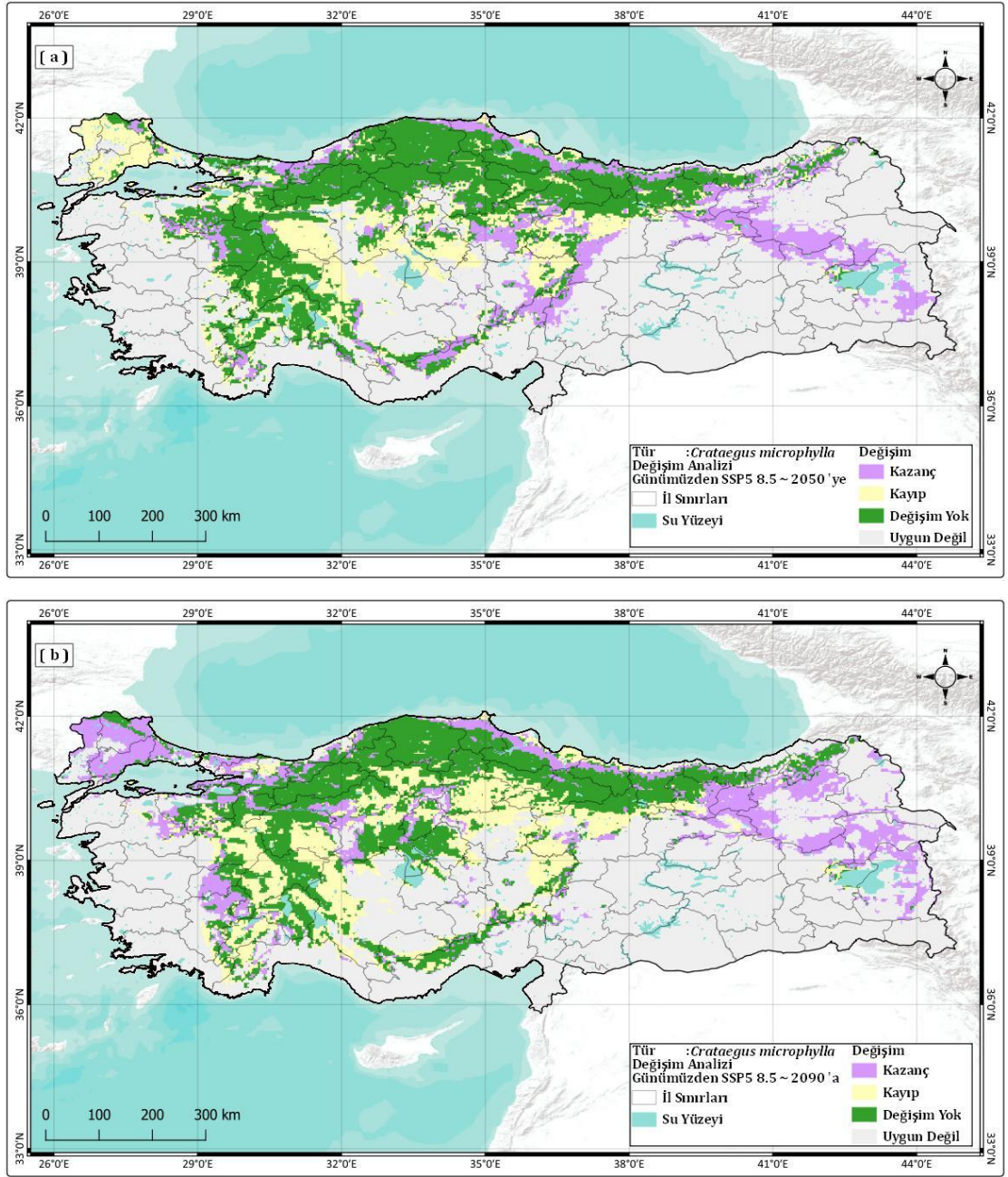
Şekil 4.17. *Crataegus microphylla* C. Koch tahmini güncel yayılış alanı ile SSP1 2.6 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim



Şekil 4.18. *Crataegus microphylla* C. Koch tahmini güncel yayılış alanı ile SSP2 4.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim



Şekil 4.19. *Crataegus microphylla* C. Koch tahmini güncel yayılış alanı ile SSP3 7.0 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim



Şekil 4.20. *Crataegus microphylla* C. Koch tahmini güncel yayılış alanı ile SSP5 8.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim

Çizelge 4.7. *Crataegus microphylla* C. Koch'un SSP1 2.6 ve SSP2 4.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki değişim analizi (km<sup>2</sup>)

| <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch | SSP1 2.6  |           | SSP2 4.5  |           |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Değişim                              | 2041-2060 | 2081-2100 | 2041-2060 | 2081-2100 |
| Kazanç                               | 106.254   | 54.725    | 147.086   | 105.104   |
| Kayıp                                | 200.202   | 143.894   | 74.666    | 114.628   |
| Değişim Yok                          | 93.792    | 145.249   | 176.869   | 153.101   |
| Uygun Değil                          | 380.249   | 436.630   | 381.876   | 407.664   |

Çizelge 4.8. *Crataegus microphylla* C. Koch'un SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki değişim analizi (km<sup>2</sup>)

| <i>Crataegus microphylla</i> C. Koch | SSP3 7.0  |           | SSP5 8.5  |           |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Değişim                              | 2041-2060 | 2081-2100 | 2041-2060 | 2081-2100 |
| Kazanç                               | 136.019   | 64.164    | 84.440    | 104.847   |
| Kayıp                                | 57.593    | 108.434   | 108.060   | 108.797   |
| Değişim Yok                          | 178.556   | 169.531   | 167.914   | 160.060   |
| Uygun Değil                          | 408.329   | 438.368   | 420.081   | 406.793   |

*Crataegus monogyna* Jacq. için oluşturulan modellerde türlerin SSP1 2.6 senaryolarına bakıldığında 2041-2060 ve 2081-2100 periyotlarında yayılışın artacağı, SSP2 4.5 senaryolarına bakıldığında 2041-2060 periyodunda yayılışın artacağı fakat buna kıyasla 2081-2100 yılına bakıldığında ise yayılışın azalacağı, SSP3 7.0 senaryolarında yayılışın 2041-2060 periyodunda azalacağı fakat 2081-2100 periyodunda tekrar bir artış yaşanacağı ve son olarak SSP5 8.5 senaryolarında ise 2041-2060 periyodunda yayılışın tekrar artacağı fakat 2081-2100 periyodunda giderek azalacağı sonuçlarına varılmıştır.

*Crataegus microphylla* C. Koch için oluşturulan modellerde türlerin SSP1 2.6 senaryolarına bakıldığında 2041-2060 ve 2081-2100 periyotlarında yayılışın azalacağı, SSP2 4.5 senaryolarına bakıldığında 2041-2060 periyodunda yayılışın tekrar artacağı fakat buna kıyasla 2081-2100 yılına bakıldığında ise yayılışın azalacağı, SSP3 7.0 senaryolarında yayılışın 2041-2060 periyodunda günümüze oranla bir artış yaşanacağı fakat 2081-2100 periyodunda tekrar türün yayılışının

azlacağı ve son olarak SSP5 8.5 senaryolarında ise 2041-2060 periyodunda yayılışın tekrar artacağı fakat 2081-2100 periyodunda giderek azalacağı sonuçlarına varılmıştır.

Yapılan çalışmada *Crataegus monogyna* Jacq. için günümüzde çok uygun alanların 275.098 km<sup>2</sup> olduğu sonucuna ulaşılmış ve SSP1 2.6 senaryosunun 2041-2060 periyoduna bakıldığında bu çok uygun alanların 287.182 km<sup>2</sup>'ye yükseleceği yani %4 oranında bir artış yaşanacağı görülmüştür. 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise bu çok uygun alanlarda 2041-2060 senaryosuna göre %5 oranında bir artış daha yaşanacağı tahmin edilmiştir. *Crataegus microphylla* C. Koch için ise günümüzde çok uygun alanların 143.123 km<sup>2</sup> olduğu sonucuna ulaşılmış ve SSP1 2.6 senaryosunun 2041-2060 periyoduna bakıldığında bu çok uygun alanların 24.258 km<sup>2</sup>'ye düşeceği yani %83 oranında bir azalma yaşanacağı görülmüştür. 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise bu çok uygun alanlarda 2041-2060 senaryosuna göre %75 oranında bir artış yaşanacağı tahmin edilmiştir. Konu ile benzerlik gösteren farklı çalışmalar incelendiğinde ise genel olarak SSP2 4.5 ve SSP5 8.5 senaryolarının kullanıldığı görülmüştür.

Tez çalışmasında kullanılan diğer senaryo sonuçları incelendiğinde *Crataegus monogyna* Jacq. için SSP2 4.5 senaryosunun 2041-2060 periyoduna bakıldığında günümüz çok uygun alanlarına göre %10 oranında bir artış yaşanacağı öngörülmüştür. 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise bu çok uygun alanlarda 2041-2060 senaryosuna göre %8 oranında bir kayıp yaşanacağı tahmin edilmiştir. *Crataegus microphylla* C. Koch için ise SSP2 4.5 senaryosunun 2041-2060 periyoduna bakıldığında günümüz çok uygun alanlarına göre %29 oranında bir azalma yaşanacağı öngörülmüştür. 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise bu çok uygun alanlarda 2041-2060 senaryosuna göre %1.5 oranında bir kayıp yaşanacağı tahmin edilmiştir. Benzer bir çalışma olarak Uzun ve Uzun (2020) yaptıkları çalışmada *Acer campestre* L. subsp. *campestre* türünü MaxEnt programında modellemiş, uygun ve çok uygun alanların bugünün koşullarında 45.408 km<sup>2</sup> olduğu sonucuna ulaşmıştır. RCP 4.5 2041-2060 periyoduna göre modeli incelediklerinde bu alanlarda %57, RCP 4.5 2061- 2080 periyodu modelinde ise %60 oranında kayıplar yaşanacağını öngörmüşlerdir. Sonuçlar bu

tez çalışması ile karşılaştırıldığında ise *Acer campestre* L. subsp. *campestre* ile *Crataegus microphylla* C. Koch'u benzer bir sonun beklediği öngörülmektedir.

Çalışmada *Crataegus monogyna* Jacq. için SSP3 7.0 senaryosunun 2041-2060 periyoduna bakıldığında günümüz çok uygun alanlarına göre %17 oranında bir azalma yaşanacağı öngörülmüştür. 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise bu çok uygun alanlarda 2041-2060 senaryosuna göre %18 oranında bir artış yaşanacağı tahmin edilmiştir. *Crataegus microphylla* C. Koch için ise SSP3 7.0 senaryosunun 2041-2060 periyoduna bakıldığında günümüz çok uygun alanlarına göre %19 oranında bir artış yaşanacağı öngörülmüştür. 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise bu çok uygun alanlarda 2041-2060 senaryosuna göre %28 oranında bir azalma yaşanacağı tahmin edilmiştir.

Son olarak SSP5 8.5 senaryosuna gelindiğinde ise *Crataegus monogyna* Jacq. için 2041-2060 periyoduna bakıldığında günümüz çok uygun alanlarına göre %17 oranında bir artış yaşanacağı öngörülmüştür. 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise bu çok uygun alanlarda 2041-2060 senaryosuna göre %33 oranında bir kayıp yaşanacağı tahmin edilmiştir. Genel olarak bakıldığında ise bu veriler ışığında türün Akdeniz ve Karadeniz bölgelerindeki varlığında kayıplar yaşanacağı sonucuna varılmıştır. *Crataegus microphylla* C. Koch için ise SSP5 8.5 senaryosunun 2041-2060 periyoduna bakıldığında günümüz çok uygun alanlarına göre %5 oranında bir azalma yaşanacağı öngörülmüştür. 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise bu çok uygun alanlarda 2041-2060 senaryosuna göre %9 oranında bir kayıp daha yaşanacağı tahmin edilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre türün Karadeniz bölgesinde ve Ege bölgesinin doğu kesimlerindeki varlığında parçalanmalar ve kayıplar yaşanacağı sonucuna ulaşılmıştır. Akyol vd. (2020) de yaptıkları bir çalışmada *Pinus pinea* (Fıstık Çamı)'yı MaxEnt algoritmasında RCP 8.5 senaryosunun iki döneme (2041-2060 ve 2061-2080) göre modellemişlerdir. Bunun sonucunda bu iki periyodu incelediklerinde türün coğrafi dağılımının kuzeye ve daha yüksek rakımlara doğru arttığını gözlemlemişlerdir. *Crataegus monogyna* Jacq. ve *Crataegus microphylla* C. Koch türlerinin yayılış alanları ile *Pinus Pinea*'nın yayılış alanları karşılaştırıldığında ise *Pinus pinea*'nın daha sert iklim koşullarının yaşandığı

alanlara doğru kaydığı görülürken bu tez çalışmasında da *Crataegus microphylla* C. Koch türünde kuzey kesimlerde varlık göstererek benzer yayılış alanlarına sahip olduğu; fakat *Crataegus monogyna* Jacq. türünün nispeten daha ılıman bir iklime sahip olan Marmara ve Ege bölgelerinde yayılışını sürdüreceği sonucuna ulaşılmıştır.

Garp programı başka bir modelleme programı olan MaxEnt'e göre oranla daha az tercih edilmektedir. Yapılan çalışmalara bakıldığında ise genel olarak istilacı türler ve hayvanlar üzerinde çalışıldığı görülmektedir.

Çizelge 4.9. GARP ve MAXENT programlarının karşılaştırılması

| <b>GARP Programı Özellikleri</b>                                                                                                                                  | <b>MAXENT Programı Özellikleri</b>                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kural seti tahmini için genetik algoritmaları kullanmaktadır.                                                                                                     | Maksimum entropi yaklaşımı yöntemini temel alan bir algoritmadır.                                                           |
| Türlerin coğrafi dağılımını modellemektedir.                                                                                                                      | Türlerin coğrafi dağılımını modellemektedir.                                                                                |
| Jackknife (Çek-çıkart) Testi yapamamaktadır.                                                                                                                      | Jackknife (Çek-çıkart) Testi yapabilmektedir.                                                                               |
| Area Under the Curve (AUC) çıktısı verememektedir.                                                                                                                | Area Under the Curve (AUC) çıktısı verebilmektedir.                                                                         |
| ".asc" uzantılı dosya formatına sahiptir.                                                                                                                         | ".asc" uzantılı dosya formatına sahiptir.                                                                                   |
| Veri kümesi yöneticisi ile özel veri kümeleri oluşturabilme özelliğine sahiptir.                                                                                  | Eksik veri kümeleriyle bile oldukça iyi performans gösterebilmektedir.                                                      |
| Programı çalıştıran mod "Windows XP"dir.                                                                                                                          | Programı çalıştıran mod "Java"dır.                                                                                          |
| Algoritma sınırlamaları nedeniyle düşük kalitede olabilmektedir.                                                                                                  | Yüksek simülasyon hassasiyeti özelliğine sahiptir.                                                                          |
| '.csv' formatlı dosya kullanabilmektedir.                                                                                                                         | ".csv" formatlı dosya kullanabilmektedir.                                                                                   |
| MS-Excel çıktı dizini dosyasında saklanmak üzere sonuç tablosu üretebilmektedir.                                                                                  | MS-Excel çıktı dizini dosyasında saklanmak üzere sonuç tablosu üretebilmektedir.                                            |
| "Bitmap" formatı sayesinde daha fazla coğrafi bilgi sistemi bulunmayan alt uç sistemlerde sonuçların analizi ve görselleştirilmesi avantajını sağlayabilmektedir. | Kısa model çalışma süresi, kolay model uygulaması ve küçük örnek boyutu gereksinimleri gibi özellikli avantajlara sahiptir. |

Bu tez çalışmasında ise Türkiye için oldukça önemli bir tür olan *Crataegus*'un iki türü üzerinde durulmuş ve bu türlerin gelecek senaryoları ortaya çıkarılmıştır. Örnek vermek gerekirse Anderson vd. (2006)'da yaptıkları çalışmada Kuzey Amerika'daki sulak alan habitatlarına zarar veren istilacı bir tür olan Kırmızı Kançeği'nin (*Lythrum salicaria*) coğrafi dağılımını GARP programı ile

modellemişlerdir. Çalışma sonucunda tüm modeller, Doğu ve Orta Kansas'ın çoğunda Kırmızı Kançiçeği için uygun koşullar göstermiştir. Bunun yanı sıra eyaletin batı kesimindeki nehir ve sulak alanlarda da türün varlığına rastlanmıştır. Bu tez çalışmasında ise Türkiye'nin doğal türü olan *Crataegus monogyna* Jacq. ve *Crataegus microphylla* C. Koch türlerinin gelecek senaryoları GARP programı kullanılarak modellenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ise *Crataegus monogyna* Jacq. için oluşturulan modeller çoğunlukla Marmara ve Ege bölgesinde, *Crataegus microphylla* C. Koch için oluşturulan modeller ise çoğunlukla Karadeniz bölgesinde uygun koşullar göstermiştir. İki çalışma karşılaştırıldığında ise türlerin gelecekte varlıklarını tamamen kaybetmeyeceği ve nesillerini devam ettirebilecekleri sonucuna varılmıştır.

GARP programı nokta verisi ve çevresel değişken esasına dayandığı için çalışmada türler ile ilgili noktasal değerlere ulaşılmıştır. *Crataegus monogyna* Jacq. için 49, *Crataegus microphylla* C. Koch için ise 25 nokta verisi elde edilmiştir. Bunun sonucunda oluşturulan haritalar yorumlandığında elde edilen değerlerin günümüz nokta verileri ile büyük oranda örtüştüğü kanısına varılmıştır. Benzer bir çalışma olarak Raimundo vd. (2007) istilacı türleri arasında yer alan Neotropiklere özgü *Chromolaena odorata* türünün istila ettiği yerleri belirlemek amacıyla 239 nokta ve herbaryum kaydı kullanmışlardır. Bunun sonucunda ise *Chromolaena odorata*'nın potansiyel yayılış alanlarını tahmin etmişlerdir. Türün varlığı Kuzey Pasifik kıyısında, Güneydoğu Brezilya'da ve bulunmadığı varsayılan diğer Güney Amerika bölgelerinde doğrulanmıştır. Afrika, Asya ve Okyanusya'ya yönelik bağımsız model projeksiyonları, bilinen nokta kayıtları tarafından desteklenmiştir. Aynı şekilde Akyol ve Örucü (2019) yaptıkları çalışmada *Cornus mas*'ın gelecek iklim senaryolarını MaxEnt programını kullanarak modellemeyi amaçlamışlardır ve 2019 yılında alınan kayıtlardan Türkiye'de türün yayılış gösterdiği 28 nokta kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ise kullanılan veriler ışığında türün gelecekteki uygun potansiyel yayılış alanlarının azalacağı sonucuna varılmıştır. Çalışmalar karşılaştırıldığında elde edilen nokta verilerinin potansiyel yayılış alanlarını belirlemede yeterli olduğu ve günümüz yayılış alanlarını da doğrular nitelikte haritalar elde edildiği görülmüştür.

Tez çalışması çerçevesinde iki tür içinde IPCC6 raporu esas alınarak yapılmış olan SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 senaryoları kullanılmış; her senaryo için ortalama 2050 ve 2090 yıllarına ait gelecek potansiyel yayılış alanları modellenmiştir. Örücü (2019) ise Türkiye ve Girit adasında doğal yayılış gösteren *Phoenix theophrasti* Gr.'yi MaxEnt algoritması kullanarak türün bugün ve gelecek şartlarındaki dağılım alanını belirlemiştir. Bunu yaparken 5. IPCC raporu esas alınarak yapılmış olan RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarını kullanmış; her senaryo için ise 2050 ve 2070 yıllarındaki olası dağılım alanını modellemiştir. Çalışmalar karşılaştırıldığında bu tez çalışmasında 4 senaryonun tamamının kullanılmıştır ve *Phoenix theophrasti* Gr. modellerinden farklı olarak ara senaryolarında haritaları oluşturulmuştur. Bunu durum tezde kullanılan türler için koruma kararları alma aşamasında oldukça yardımcı olmuştur.

Çalışmada yayılış alanlarını tanımlamak amacı ile 5 eşik değeri belirlenmiştir. Bu değerler "0" uygun değil, 0-0,25 çok az uygun 0,25-0,5 az uygun, 0,5-0,75 uygun ve "0,75-1" çok uygun alanlar olarak sınıflandırılmış ve bu doğrultuda günümüz ve gelecek senaryoları olası coğrafi dağılımları km<sup>2</sup> değerinden hesaplanmıştır. Benzer bir şekilde Akyol ve Örücü (2019)'de Kızılcık türünü MaxEnt programında modellemişler ve elde edilen haritalar doğrultusunda coğrafi dağılımı hesaplamak amacıyla 0.5'in üzerinde olan (0,5-0,75 ve 0,75-1) eşik değerlerini kullanmışlardır.

Çalışmada yayılış alanlarında iklim senaryolarına bağlı olarak gerçekleşmesi beklenen değişimlerin tespiti için *Crataegus monogyna* Jacq. ve *Crataegus microphylla* C. Koch türüne ait güncel yayılış alanları ile SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 senaryolarında 2041-2060 ve 2081-2100 periyodlarına ait tahmini yayılış alanları karşılaştırılarak uygunluk sınıflarının (Kazanç, kayıp, değişim yok ve uygun değil) nasıl bir değişim gösterdiği km<sup>2</sup> değerinden hesaplamak amacı ile değişim analizi yapılmıştır. Arslan vd. (2020)'de yaptıkları bir çalışmada *Rosa canina* L.'nin RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarının 2050 ve 2070 periyotlarına bağlı oluşturulan modelleri ile günümüz modelini karşılaştırarak uygunluk sınıflarının nasıl bir değişim göstereceğini ortaya koymak amacı ile bir

değişim analizi yapmışlar; habitat kazanımlarını, habitat kayıplarını ve istikrarlı habitatları belirlemişlerdir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son elli yıldır çevresel sorunların başında gelen küresel ısınma ve iklim değişimi kuraklık, besin kıtlığı, enerji sıkıntısı, su kaynaklarının azalması ve çölleşme gibi sosyo ekonomik ve politik etkilerin yanı sıra doğal peyzaj dokusunun bozulması, ekosistemler, türler ve gen kaynakları gibi biyolojik çeşitliliğin temel bileşenleri olan sistemleri de olumsuz olarak etkilemektedir (Demir, 2009; Perring et al., 2015, Gülçin vd). Bu olumsuz etkilerin sonucunda, türlerin iklim değişikliğine tepkisi giderek artmaktadır. Yapılan güncel araştırmalara göre, iklim değişikliğinin habitatların parçalanmasında etkili faktörlerden birisi olduğu görülmektedir (Yı Yj ve Yang, 2016; Qin vd., 2017; Wang vd., 2017; Gülçin vd., 2021).

*Crataegus* türü ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Fakat ulusal kaynaklar incelendiğinde çalışma konularının çoğunlukla türün kimyasal bileşenlerini inceleme ve tıbbi aromatik bitki olma özelliği ile ilgili olduğu gözlemlenmiştir. Bu tez çalışması ise *Crataegus* türünün gelecek iklim senaryosunu ortaya koyan ve ulusal olarak yapılan ilk çalışma olma yönü ile diğerlerinden ayrılmaktadır.

Bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular GARP programının harita üretme konusunda hızlı olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra program ara yüzünün kolay algılanabilir ve kullanılabilir bir düzeyde olduğu kanısına varılmıştır.

Türlerin gelecek zamanlarda da varlığını koruyup sürdürebilmesi için gerekli çalışmalar yapılması ve koruyucu önlemler alınması gerekmektedir. Maalesef iklim değişikliğinin büyük ölçüde önüne geçmek mümkün olamayacağından yapılması gereken çalışmaların başında bitkileri kültüre almak ve gerekli bölgelerde türlerin devamlılığını sağlamak için in-situ (yerinde) ve ex-situ (saha dışı) koruma alanları belirlenmelidir. Bu yaklaşımla *Crataegus monogyna* Jacq. türü için seçilecek alanlar, model sonuçları ve mevcut yayılışa bakılarak İstanbul ve Ankara sınırları içerisinde seçilebilir. *Crataegus microphylla* C. Koch türüne bakıldığında ise Karadeniz bölgesinin kıyı kesimlerinin koruma alanı bakımından en uygun yer olduğu görülmektedir. Ekonomi, gıda ve sağlık anlamında değerli

türlerden biri olan Alıç meyvesi ülkemizde çeşitli şekillerde tüketilmekte ve bazı özellikleri sebebiyle kullanımına çokça yer verdiğimiz değerli bir bitkidir. Meyveli bir bitki olması sebebiyle birçok kuş türünü kendine çekmekte ve bulunduğu bölgede biyolojik çeşitliliğin artmasına fazlasıyla katkıda bulunmaktadır. Aynı zamanda susuzluğa da oldukça dayanıklı olan bu bitki türü çok zor koşullara dayanabilmekte ve varlığını sürdürebilmektedir. Bu özellikleri sebebiyle de Peyzaj, Ormancılık, Tarımsal Ormancılık, Odun Dışı Orman Ürünü Üretimi, Özel Ormancılık ve Gıda sektörlerinde aranan ve kullanışlı bir bitkidir. Gelecekte ülkemiz adına değerli olan bu türü kaybetmemek için çeşitli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ülkemiz için ekonomik değere sahip olan bu türün yetiştiriciliğinin arttırılması çözümlerden biri olabilir. Birçok sektörde aranan bir tür olması sebebiyle *Crataegus* bitkisinin uzun ömürlü olması ve nesilden nesile aktarılması oldukça önemlidir. Bu çalışma ile potansiyel olarak günümüz ve gelecek için belirlenen alanlar doğru yer seçimi için önemli bilgiler sağlamıştır. Bu sayede bitkilerin gelecekteki yaşam alanı ortaya çıkarılmıştır. İhtiyaca göre ilgili kurumlar tarafından koruma önlemleri geliştirilebilecek ve bu bitkilerin iklim senaryosu bu konuda yol gösterici rol oynayacaktır. Son olarak ise bu konu ile ilgili literatüre önemli bir bilgi kazandırılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Abdelaal, M., Fois, M., Fenu, G., & Bacchetta, G. (2019). Using MaxEnt modeling to predict the potential distribution of the endemic plant *Rosa arabica* Crép. In Egypt. *Ecological informatics*, 50, 68-75.
- Akkemik. (2014). *Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.*
- Akyol, A., & Özü, Ö. K. (2019a). İklim değışimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre Kızılçık türünün (*Cornus mas* L.) odun dışı orman ürünleri kapsamında değeriendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 224-233.
- Akyol, A., & Özü, Ö. K. (2019b). İklim değışimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre Kızılçık türünün (*Cornus mas* L.) odun dışı orman ürünleri kapsamında değeriendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 224-233.
- Akyol, A., & Özü, Ö. K. (2019c). İklim değışimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre Kızılçık türünün (*Cornus mas* L.) odun dışı orman ürünleri kapsamında değeriendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 224-233.
- Akyol, A., Özü, Ö. K., & Arslan, E. S. (2020a). Habitat suitability mapping of stone pine (*Pinus pinea* L.) under the effects of climate change. *Biologia*, 75(12), 2175-2187.
- Akyol, A., Özü, Ö. K., & Arslan, E. S. (2020b). Habitat suitability mapping of stone pine (*Pinus pinea* L.) under the effects of climate change. *Biologia*, 75(12), 2175-2187.
- Almira, U., & Tuğçe, U. (2020). MaxEnt Modeli Kullanılarak *Acer campestre* L. subsp. *Campestre* (Ova Akçaağacı)'nin Tahmini Olarak Günümüz ve Gelecekteki Yayılış Alanlarının Belirlenmesi. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 108-119.
- Anderson, R. P. (2003). Real vs. Artefactual absences in species distributions: Tests for *Oryzomys albigularis* (Rodentia: Muridae) in Venezuela. *Journal of Biogeography*, 30(4), 591-605.
- Anderson, R. P., & Martinez-Meyer, E. (2004). Modeling species' geographic distributions for preliminary conservation assessments: An implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological conservation*, 116(2), 167-179.
- Anderson, R. P., Peterson, A. T., & Egbert, S. L. (2006). Vegetation-index models predict areas vulnerable to purple loosestrife (*Lythrum salicaria*) invasion in Kansas. *The Southwestern Naturalist*, 51(4), 471-480.

- Arslan, E. S., Akyol, A., Örüçü, Ö. K., & Sarıkaya, A. G. (2020a). Distribution of rose hip (*Rosa canina* L.) under current and future climate conditions. *Regional Environmental Change*, 20(3), 1-13.
- Arslan, E. S., Akyol, A., Örüçü, Ö. K., & Sarıkaya, A. G. (2020b). Distribution of rose hip (*Rosa canina* L.) under current and future climate conditions. *Regional Environmental Change*, 20(3), 1-13.
- Arslan, E. S., Akyol, A., Örüçü, Ö. K., & Sarıkaya, A. G. (2020c). Distribution of rose hip (*Rosa canina* L.) under current and future climate conditions. *Regional Environmental Change*, 20(3), 1-13.
- Arslan, E. S., Gülçin, D., Sarıkaya, A. G., Ölmez, Z., Gülcü, S., İsmail, Ş., & Örüçü, Ö. K. (2021). Kokulu Ardiç'ın (*Juniperus foetidissima* Willd.) Günümüz ve Gelecekteki Potansiyel Yayılışının Makine Öğrenmesi ile Modellenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 1-12.
- Austin, M. (2007). Species Distribution Models and Ecological Theory: A Critical Assessment and Some Possible New Approaches. *Ecological Modelling*, 200(1-2), 1-19.
- Baloğlu, T., & Bilir, N. (t.y.). KIRMIZI ALIÇTA (*CRATAEGUS MONOGYNA*) MEYVE VERİMİ İLE BAZI BÜYÜME ÖZELLİKLERİ ETKİLEŞİMİ. *Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 66-72.
- Barve, N., Barve, V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Peterson, A. T., ... Villalobos, F. (2011). The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological modelling*, 222(11), 1810-1819.
- Beaumont, P., Blake, G., & Wagstaff, J. M. (2016). *The middle east: A geographical study*. Routledge.
- Bertrand, R., Lenoir, J., Piedallu, C., Riofrio-Dillon, G., de Ruffray, P., Vidal, C., ... Gégout, J.-C. (2011). Changes in plant community composition lag behind climate warming in lowland forests. *Nature*, 479(7374), 517-520.
- Brito, J. C., Acosta, A. L., Álvares, F., & Cuzin, F. (2009). Biogeography and conservation of taxa from remote regions: An application of ecological-niche based models and GIS to North-African Canids. *Biological Conservation*, 142(12), 3020-3029.
- Browicz, K. (1972). *Crataegus* L. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, 4, 133-147.
- Chakraborty, A., Joshi, P., & Sachdeva, K. (2016). Predicting distribution of major forest tree species to potential impacts of climate change in the central Himalayan region. *Ecological Engineering*, 97, 593-609.

- Chase, J., & Leibold, M. (2003). Ecological Niches Linking Classical and contemporary approaches.
- Choudhary, J. S., Mali, S. S., Fand, B. B., & Das, B. (2019). *Predicting the invasion potential of indigenous restricted mango fruit borer, Citripestis eutrapphera (Lepidoptera: Pyralidae) in India based on MaxEnt modelling.*
- Cincotta, R. P., Wisnewski, J., & Engelman, R. (2000). Human population in the biodiversity hotspots. *Nature*, 404(6781), 990-992.
- Çoban, H. O., Özücü, Ö. K., & Arslan, E. S. (2020a). MaxEnt Modeling for Predicting the Current and Future Potential Geographical Distribution of *Quercus libani* Olivier. *Sustainability*, 12(7), 2671.
- Çoban, H. O., Özücü, Ö. K., & Arslan, E. S. (2020b). MaxEnt Modeling for Predicting the Current and Future Potential Geographical Distribution of *Quercus libani* Olivier. *Sustainability*, 12(7), 2671.
- Damschen, E. I., Harrison, S., & Grace, J. B. (2010). Climate change effects on an endemic-rich edaphic flora: Resurveying Robert H. Whittaker's Siskiyou sites (Oregon, USA). *Ecology*, 91(12), 3609-3619.
- Davis, P. H. (1965). Flora of Turkey. *Flora of Turkey*.
- Davis, P. H. (1970). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 3. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 3.*
- Desktop Garp. (2015). *Desktop Garp*. Geliş tarihi gönderen <http://cinergi.sdsc.edu/geoportel/rest/metadata/item/36d73f87151a4e919a182f25d95e4a34/html#d31860017e74>
- Du, Z., He, Y., Wang, H., Wang, C., & Duan, Y. (2021). Potential geographical distribution and habitat shift of the genus *Ammopiptanthus* in China under current and future climate change based on the MaxEnt model. *Journal of Arid Environments*, 184, 104328.
- Duman, H., Aytaç, Z., Karavelioğulları, F., & Gevne, V. (t.y.). *Florası. Kırsal Çevre ve Ormancılık Sorunları Araştırma Derneği.*
- Dyderski, M. K., Paź, S., Frelich, L. E., & Jagodziński, A. M. (2018). How much does climate change threaten European forest tree species distributions? *Global change biology*, 24(3), 1150-1163.
- Elith, J., H. Graham\*, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., ... Lehmann, A. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129-151.

- Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 40, 677-697.
- Erik, S., & Tarıkahya, B. (2004). Türkiye florası üzerine. *Kebikeç*, 17(1), 139-163.
- Evans, W. C. (2002). Trease and Evans. *Pharmacognosy*, 9th Edition published by Saunders Elsevier, 553-557.
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 37(12), 4302-4315.
- Friend, A. D., Lucht, W., Rademacher, T. T., Keribin, R., Betts, R., Cadule, P., ... Falloon, P. D. (2014). Carbon residence time dominates uncertainty in terrestrial vegetation responses to future climate and atmospheric CO<sub>2</sub>. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3280-3285.
- GBIF. (2021). Geliş tarihi gönderen <https://www.gbif.org/>
- Gonzalez, S. C., Soto-Centeno, J. A., & Reed, D. L. (2011). Population distribution models: Species distributions are better modeled using biologically relevant data partitions. *BMC ecology*, 11(1), 20.
- Gülçin, D., Arslan, E. S., & Örucü, Ö. K. (2021). Effects of climate change on the ecological niche of common hornbeam (*Carpinus betulus* L.). *Ecological Informatics*, 66, 101478.
- Günel, N. (2013). Türkiye’de iklimin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkileri. *Acta Turcica Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi, Online Thematic Journal of Turkic Studies*, Yıl V, 1, 1-22.
- Güner, Ö., & Akçiçek, E. (2013). Ulus Dağı’nın florası Balıkesir/Türkiye. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 6(1), 101-113.
- Hajima, T., Watanabe, M., Yamamoto, A., Tatebe, H., Noguchi, M. A., Abe, M., ... Okajima, H. (2020). Development of the MIROC-ES2L Earth system model and the evaluation of biogeochemical processes and feedbacks. *Geoscientific Model Development*, 13(5), 2197-2244.
- Hernandez, P. A., Graham, C. H., Master, L. L., & Albert, D. L. (2006). The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29(5), 773-785.
- Heywood, V. H., Brummitt, R. K., Culham, A., & Seberg, O. (2007). *Flowering plant families of the world* (C. 88). Firefly Books Ontario.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas.

*International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 25(15), 1965-1978.

HÜRKUL, M. M., & KÖROĞLU, A. (t.y.). AMELANCHIER MEDİK.(ROSACEAE) CİNSİNİN FARMASÖTİK BOTANİK AÇISINDAN ÖNEMİ. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 44(1), 99-111.

Hürkul, M. M., & Köroğlu, A. (t.y.). AMELANCHIER MEDİK.(ROSACEAE) CİNSİNİN FARMASÖTİK BOTANİK AÇISINDAN ÖNEMİ. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 44(1), 99-111.

Hüseyin Cahid Doğan. (1859). *Kocaeli Bitkileri*. Geliş tarihi gönderen <https://kocaelibitkileri.com/>

IPCC. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ipcc.

Kaky, E., & Gilbert, F. (2019). Assessment of the extinction risks of medicinal plants in Egypt under climate change by integrating species distribution models and IUCN Red List criteria. *Journal of Arid Environments*, 170, 103988.

Kariyawasam, C. S., Kumar, L., & Ratnayake, S. S. (2019). Invasive plants distribution modeling: A tool for tropical biodiversity conservation with special reference to Sri Lanka. *Tropical Conservation Science*, 12, 1940082919864269.

Kelbessa, A. (2015). *Desktop Garp—Users Manual*.

Kew. (2022). *Royal Botanic Gardens KEW. Plants of the world Online*. Geliş tarihi gönderen <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:723799-1>

Le Breton, T. D., Zimmer, H. C., Gallagher, R. V., Cox, M., Allen, S., & Auld, T. D. (2019). Using IUCN criteria to perform rapid assessments of at-risk taxa. *Biodiversity and Conservation*, 28(4), 863-883.

Lenoir, J., Gégout, J.-C., Marquet, P., De Ruffray, P., & Brisse, H. (2008). A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *science*, 320(5884), 1768-1771.

Li, G., Huang, J., Guo, H., & Du, S. (2020). Projecting species loss and turnover under climate change for 111 Chinese tree species. *Forest Ecology and Management*, 477, 118488.

Manish, K., Telwala, Y., Nautiyal, D. C., & Pandit, M. K. (2016). Modelling the impacts of future climate change on plant communities in the Himalaya: A

case study from Eastern Himalaya, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2), 1-12.

Mert, A., Aksan, Ş., Özkan, U., & Özdemir, İ. (t.y.). Landsat-8 OLI uydu görüntüsünden çıkarılan arazi çeşitliliği ile kuş türü zenginliği arasındaki ilişkiler. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 17(1), 68-72.

Miller, J. (2010). Species distribution modeling. *Geography Compass*, 4(6), 490-509.

Mod, H. K., Scherrer, D., Luoto, M., & Guisan, A. (2016). What we use is not what we know: Environmental predictors in plant distribution models. *Journal of Vegetation Science*, 27(6), 1308-1322.

Naudiyal, N., Wang, J., Ning, W., Gaire, N. P., Peili, S., Yanqiang, W., ... Ning, S. (2021). Potential distribution of Abies, Picea, and Juniperus species in the sub-alpine forest of Minjiang headwater region under current and future climate scenarios and its implications on ecosystem services supply. *Ecological Indicators*, 121, 107131.

Ncube, B., Shekede, M. D., Gwitira, I., & Dube, T. (2020). Spatial modelling the effects of climate change on the distribution of Lantana camara in Southern Zimbabwe. *Applied Geography*, 117, 102172.

Ozkan, K., Senol, H., Gulsoy, S., Mert, A., Suel, H., & Eser, Y. (2009). Vegetation-environment relationships in Mediterranean mountain forests on limeless bedrocks of southern Anatolia, Turkey. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 17(3), 154-163.

Örücü, Ö. K. (2019a). Phoenix theophrasti Gr.'nin iklim değişimine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının MaxEnt Modeli ile tahmini ve bitkisel tasarımda kullanımı. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20(3), 274-283.

Örücü, Ö. K. (2019b). Phoenix theophrasti Gr.'nin iklim değişimine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının MaxEnt Modeli ile tahmini ve bitkisel tasarımda kullanımı. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20(3), 274-283.

Özdeveci, B. (2006). Crataegus türlerinin fitoterapideki önemi. *GÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara*.

Özkan, K., Sentürk, Ö., Mert, A., & NEGiZ, M. Gü. (2015). Modeling and mapping potential distribution of Crimean juniper (Juniperus excelsa Bieb.) using correlative approaches. *Journal of environmental biology*, 36(1), 9.

Padalia, H., Srivastava, V., & Kushwaha, S. P. S. (2014). Modeling potential invasion range of alien invasive species, Hyptis suaveolens (L.) Poit. In India: Comparison of MaxEnt and GARP. *Ecological informatics*, 22, 36-43.

- Peterson, A. T. (2003). Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. *The quarterly review of biology*, 78(4), 419-433.
- Peterson, A. T., Sánchez-Cordero, V., Beard, C. B., & Ramsey, J. M. (2002). Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico. *Emerging infectious diseases*, 8(7), 662.
- Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., & Araújo, M. B. (2011). *Ecological niches and geographic distributions (MPB-49)*. Princeton University Press.
- POLAT, R., & SATIL, F. (2016). HAVRAN VE BURHANİYE'DE (BALIKESİR) ETNOBOTANİK ARAŞTIRMALARI. *TÜBA-KED*, 8(8).
- Prevéy, J. S., Parker, L. E., & Harrington, C. A. (2020). Projected impacts of climate change on the range and phenology of three culturally-important shrub species. *PloS one*, 15(5), e0232537.
- QGis. (2021). Geliş tarihi gönderen <https://qgis.org/tr/site/index.html>
- Qin, A., Liu, B., Guo, Q., Bussmann, R. W., Ma, F., Jian, Z., ... Pei, S. (2017). Maxent modeling for predicting impacts of climate change on the potential distribution of *Thuja sutchuenensis* Franch., an extremely endangered conifer from southwestern China. *Global Ecology and Conservation*, 10, 139-146.
- Raimundo, R. L. G., Fonseca, R. L., Schachetti-Pereira, R., Peterson, A. T., & Lewinsohn, T. M. (2007). Native and exotic distributions of siamweed (*Chromolaena odorata*) modeled using the genetic algorithm for rule-set production. *Weed Science*, 55(1), 41-48.
- Rana, S. K., Rana, H. K., Luo, D., & Sun, H. (2021). Estimating climate-induced 'Nowhere to go' range shifts of the Himalayan *Incarvillea* Juss. Using multi-model median ensemble species distribution models. *Ecological Indicators*, 121, 107127.
- Ray, R., Gururaja, K. V., & Ramchandra, T. V. (2011). Predictive distribution modeling for rare Himalayan medicinal plant *Berberis aristata* DC. *Journal of Environmental Biology*, 32(6), 725.
- Regos, A., Gagne, L., Alcaraz-Segura, D., Honrado, J. P., & Domínguez, J. (2019). Effects of species traits and environmental predictors on performance and transferability of ecological niche models. *Scientific reports*, 9(1), 1-14.
- Saglam, C. (2014). Phytosociological Features of Cicek Mountain and Environs (Isparta, Turkey). *Ekoloji Dergisi*, 23(92).
- Scherrer, D., & Guisan, A. (2019). Ecological indicator values reveal missing predictors of species distributions. *Scientific Reports*, 9(1), 1-8.

- Silva, J. L. S., Cruz-Neto, O., Rito, K. F., Arnan, X., Leal, I. R., Peres, C. A., ... Lopes, A. V. (2019). Divergent responses of plant reproductive strategies to chronic anthropogenic disturbance and aridity in the Caatinga dry forest. *Science of The Total Environment*, 704, 135240.
- Song-Mei, M., Ming-Li, Z., Hong-Xiang, Z., Hong-Hu, M., & Xi, C. (2010). Predicting potential geographical distributions and patterns of the relic plant *Gymnocarpus przewalskii* using maximum entropy and genetic algorithm for rule-set prediction. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 34(11), 1327.
- Stocker, T. (2014). *Climate change 2013: The physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge university press.
- Stockman, A. K., Beamer, D. A., & Bond, J. E. (2006). An evaluation of a GARP model as an approach to predicting the spatial distribution of non-vagile invertebrate species. *Diversity and Distributions*, 12(1), 81-89.
- Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 26-37.
- Türkiye Bitkileri. (2022). *Türkiye Bitkileri.com. Plants of Turkey*. Geliş tarihi gönderen <https://turkiyebitkileri.com/tr/>
- VanDerWal, J., Shoo, L. P., Johnson, C. N., & Williams, S. E. (2009). Abundance and the environmental niche: Environmental suitability estimated from niche models predicts the upper limit of local abundance. *The American Naturalist*, 174(2), 282-291.
- Wan, J.-Z., Wang, C.-J., & Yu, F.-H. (2017). Spatial conservation prioritization for dominant tree species of Chinese forest communities under climate change. *Climatic Change*, 144(2), 303-316.
- Wang, X., Huang, X., Jiang, L., & Qiao, G. (2010). Predicting potential distribution of chestnut phylloxerid (Hemiptera: Phylloxeridae) based on GARP and Maxent ecological niche models. *Journal of Applied Entomology*, 134(1), 45-54.
- Wang, Y., Ma, J., Li, X., Wang, Y., Cao, S., Xie, A., ... Qin, Y. (2017). The distribution of *Athetis lepigone* and prediction of its potential distribution based on GARP and MaxEnt. *Journal of Applied Entomology*, 141(6), 431-440.
- Wei, B., Wang, R., Hou, K., Wang, X., & Wu, W. (2018). Predicting the current and future cultivation regions of *Carthamus tinctorius* L. using MaxEnt model under climate change in China. *Global Ecology and Conservation*, 16, e00477.

- Wiens, J. J. (2016). Climate-related local extinctions are already widespread among plant and animal species. *PLoS biology*, 14(12), e2001104.
- Wilson, J. R., Foxcroft, L. C., Geerts, S., Hoffman, M. T., MacFadyen, S., Measey, J., ... Wilgen, B. W. van. (2020). The role of environmental factors in promoting and limiting biological invasions in South Africa. İçinde *Biological invasions in South Africa* (ss. 355-385). Springer, Cham.
- WorldClim. (2019). WorldClim-Global Climate Data.
- WorldClim. (2021). Geliş tarihi gönderen <https://www.worldclim.org/>
- Xu, Z., Zhao, C., & Feng, Z. (2012). Species distribution models to estimate the deforested area of *Picea crassifolia* in arid region recently protected: Qilian Mts. National Natural Reserve (China). *Polish Journal of Ecology*, 60(3), 515-524.
- YALTIRIK, F. (1984). *Bazı Yapraklı Ağaç ve Çalıların Kışın Tanınması (Uygulama Kılavuzu)*.
- Yi Yj, C. X., & Yang, Z. (2016). MaxEnt modeling for predicting the potential distribution of endangered medicinal plant (*H. riparia*, Lour) in Yunnan. *China*, 92, 260-269.
- Yi, Y., Cheng, X., Yang, Z.-F., & Zhang, S.-H. (2016). Maxent modeling for predicting the potential distribution of endangered medicinal plant (*H. riparia* Lour) in Yunnan, China. *Ecological Engineering*, 92, 260-269.
- Zhang, H., Huang, X., Huang, L., Bao, F., Xiong, S., Wang, K., & Zhang, D. (2018). Microeukaryotic biogeography in the typical subtropical coastal waters with multiple environmental gradients. *Science of the Total Environment*, 635, 618-628.
- Zhao, H., Zhang, H., & Xu, C. (2020). Study on *Taiwania cryptomerioides* under climate change: MaxEnt modeling for predicting the potential geographical distribution. *Global Ecology and Conservation*, 24, e01313.

## EKLER

Çizelge 5.1. *Crataegus monogyna* Jacq.'e ait öznitelik verileri

| Nokta | X        | Y        | Solar Rad. | Ort. Sıcaklık | Ort. Rüzgar (m/s) | Ort. Yağış (mm) | Bakı   | Rakım (m) | Eğim (%) |
|-------|----------|----------|------------|---------------|-------------------|-----------------|--------|-----------|----------|
| 1     | 27.81554 | 41.67241 | 2.88       | 12.35         | 2.88              | 51.04           | 135.10 | 242       | 2.93     |
| 2     | 27.56962 | 41.64981 | 2.49       | 12.51         | 2.49              | 50.35           | 170.73 | 379       | 2.86     |
| 3     | 27.85251 | 41.33621 | 2.49       | 13.27         | 2.49              | 49.35           | 251.71 | 151       | 0.77     |
| 4     | 27.27162 | 40.7732  | 3.74       | 11.40         | 3.74              | 59.89           | 236.36 | 762       | 5.58     |
| 5     | 26.86753 | 40.37932 | 3.39       | 14.15         | 3.39              | 55.81           | -2.40  | 119       | -2.40    |
| 6     | 28.69662 | 41.08272 | 2.79       | 13.92         | 2.79              | 57.73           | 148.39 | 130       | 2.23     |
| 7     | 29.59679 | 41.06973 | 2.45       | 13.38         | 2.45              | 69.49           | 292.62 | 120       | 3.63     |
| 8     | 29.25685 | 41.01314 | 2.47       | 13.96         | 2.47              | 63.90           | 100.29 | 103       | 2.26     |
| 9     | 29.50283 | 40.15629 | 1.88       | 13.31         | 1.88              | 43.43           | 99.80  | 360       | 6.85     |
| 10    | 29.31554 | 40.08535 | 3.88       | 5.65          | 3.88              | 65.81           | 57.33  | 1952      | 19.22    |
| 11    | 29.58221 | 38.89764 | 2.50       | 9.34          | 2.50              | 55.57           | 261.89 | 1424      | 6.64     |
| 12    | 29.32627 | 38.71716 | 2.36       | 11.56         | 2.36              | 54.60           | 214.02 | 1084      | 5.96     |
| 13    | 28.64844 | 38.63288 | 2.31       | 13.73         | 2.31              | 54.93           | 108.71 | 623       | 4.20     |
| 14    | 28.19796 | 38.41205 | 2.54       | 12.88         | 2.54              | 60.13           | 30.03  | 673       | 19.33    |
| 15    | 27.3826  | 37.73519 | 3.54       | 16.80         | 3.54              | 60.50           | 44.00  | 267       | 14.27    |
| 16    | 28.69139 | 37.66431 | 2.12       | 14.70         | 2.12              | 59.28           | 252.26 | 595       | 4.74     |
| 17    | 29.03429 | 37.46035 | 2.23       | 12.35         | 2.23              | 55.65           | 247.53 | 1128      | 13.45    |
| 18    | 30.74597 | 37.12531 | 1.95       | 16.69         | 1.95              | 56.44           | 107.49 | 304       | 3.47     |
| 19    | 31.68889 | 38.12883 | 2.16       | 10.33         | 2.16              | 43.90           | 14.11  | 1249      | 5.33     |
| 20    | 31.44947 | 40.14785 | 1.81       | 12.53         | 1.81              | 38.65           | 237.24 | 609       | 3.30     |
| 21    | 32.7084  | 40.0541  | 2.28       | 10.20         | 2.28              | 36.20           | 201.67 | 1232      | 6.75     |
| 22    | 32.79769 | 39.8041  | 2.21       | 10.99         | 2.21              | 31.81           | 132.98 | 1066      | 5.98     |
| 23    | 33.63828 | 39.0484  | 2.43       | 9.65          | 2.43              | 35.53           | 237.18 | 1408      | 9.96     |
| 24    | 32.3174  | 36.75813 | 2.52       | 10.34         | 2.52              | 59.65           | 184.55 | 1391      | 22.41    |
| 25    | 32.99001 | 36.93061 | 2.09       | 11.98         | 2.09              | 45.21           | 19.71  | 930       | 25.74    |
| 26    | 34.66891 | 37.15944 | 2.28       | 12.13         | 2.28              | 50.09           | 220.31 | 1007      | 19.93    |
| 27    | 34.21501 | 38.16738 | 2.39       | 7.40          | 2.39              | 30.30           | 269.61 | 1678      | 12.89    |
| 28    | 34.09679 | 41.04964 | 1.86       | 10.81         | 1.86              | 41.27           | 125.65 | 842       | 6.10     |
| 29    | 35.99408 | 41.47181 | 2.51       | 12.94         | 2.51              | 58.28           | 249.28 | 246       | 5.95     |
| 30    | 35.55001 | 40.69129 | 2.04       | 10.15         | 2.04              | 39.27           | 329.19 | 845       | 13.90    |
| 31    | 35.83483 | 40.93117 | 2.09       | 9.60          | 2.09              | 43.20           | 203.93 | 972       | 4.71     |
| 32    | 35.84303 | 40.49986 | 1.83       | 12.09         | 1.83              | 36.99           | 185.79 | 589       | 12.69    |
| 33    | 37.1713  | 40.99814 | 2.16       | 11.26         | 2.16              | 63.61           | 210.88 | 418       | 6.46     |
| 34    | 36.27554 | 38.3176  | 2.18       | 8.39          | 2.18              | 42.89           | 50.41  | 1579      | 13.80    |

|    |          |          |      |       |      |       |        |      |        |
|----|----------|----------|------|-------|------|-------|--------|------|--------|
| 35 | 36.39069 | 37.62327 | 2.04 | 10.72 | 2.04 | 57.84 | 205.24 | 1194 | 11.49  |
| 36 | 36.32062 | 37.23323 | 1.98 | 16.79 | 1.98 | 69.27 | 150.67 | 520  | 10.38  |
| 37 | 36.17754 | 37.03935 | 2.22 | 18.84 | 2.22 | 71.11 | 50.25  | 204  | 5.95   |
| 38 | 36.25757 | 36.72641 | 2.73 | 15.91 | 2.73 | 74.99 | 277.42 | 631  | 27.19  |
| 39 | 35.97626 | 36.26839 | 2.98 | 13.29 | 2.98 | 88.81 | 187.04 | 1090 | 18.02  |
| 40 | 37.63774 | 37.36823 | 2.19 | 16.20 | 2.19 | 43.97 | 219.51 | 727  | 8.98   |
| 41 | 38.84253 | 39.72487 | 2.17 | 4.66  | 2.17 | 51.49 | 127.74 | 1979 | 19.56  |
| 42 | 41.69234 | 38.37926 | 1.84 | 9.88  | 1.84 | 78.67 | 141.63 | 1512 | 22.30  |
| 43 | 42.4584  | 37.6791  | 1.89 | 10.70 | 1.89 | 69.64 | 241.18 | 1608 | 15.78  |
| 44 | 28.36621 | 37.16473 | 3.18 | 14.97 | 3.18 | 81.08 | 137.12 | 793  | 8.43   |
| 45 | 29.15845 | 36.75068 | 2.76 | 15.98 | 2.76 | 66.85 | 170.11 | 419  | 18.86  |
| 46 | 28.51574 | 39.9502  | 2.18 | 13.86 | 2.18 | 51.80 | 152.33 | 56   | 3.07   |
| 47 | 29.01219 | 40.17334 | 2.62 | 12.35 | 2.62 | 52.02 | 317.82 | 540  | 13.94  |
| 48 | 32.36578 | 41.6293  | 2.40 | 13.83 | 2.40 | 69.56 | 95.91  | 19   | 1.6927 |
| 49 | 39.37361 | 40.64528 | 2.15 | 5.54  | 2.15 | 49.72 | 244.06 | 1726 | 13.73  |

Çizelge 5.2. *Crataegus microphylla* C. Koch'a ait öznitelik ve var verileri

| N. | X        | Y        | Solar Rad. | Ort. Sıcaklık | Ort. Rüzgar (m/s) | Ort. Yağış (mm) | Bakı   | Rakım (m) | Eğim (%) |
|----|----------|----------|------------|---------------|-------------------|-----------------|--------|-----------|----------|
| 1  | 30.41121 | 40.66307 | 1.71       | 13.33         | 1.71              | 59.84           | 334.81 | 182       | 9.62     |
| 2  | 30.69054 | 41.01616 | 2.35       | 12.58         | 2.35              | 71.78           | 291.46 | 178       | 4.48     |
| 3  | 30.69149 | 40.76695 | 1.75       | 13.74         | 1.75              | 67.42           | 236.14 | 85        | 1.15     |
| 4  | 31.39144 | 40.82419 | 2.35       | 10.05         | 2.35              | 51.56           | 265.73 | 734       | 5.83     |
| 5  | 31.60572 | 40.83312 | 2.79       | 7.36          | 2.79              | 52.74           | 338.68 | 1314      | 18.83    |
| 6  | 31.60126 | 40.61437 | 2.78       | 6.60          | 2.78              | 49.15           | 174.92 | 1581      | 3.88     |
| 7  | 30.44501 | 39.6858  | 2.11       | 10.94         | 2.11              | 37.51           | 308.11 | 912       | 1.69     |
| 8  | 32.78412 | 39.87972 | 2.16       | 10.86         | 2.16              | 31.75           | 327.76 | 952       | 4.85     |
| 9  | 32.35145 | 41.53838 | 2.18       | 13.69         | 2.18              | 68.13           | 258.38 | 66        | 3.36     |
| 10 | 33.58446 | 41.75104 | 2.87       | 7.42          | 2.87              | 55.84           | 184.31 | 1192      | 5.26     |
| 11 | 33.79467 | 41.80134 | 2.96       | 7.86          | 2.96              | 56.07           | 87.33  | 1111      | 10.18    |
| 12 | 35.0347  | 41.94018 | 2.79       | 13.68         | 2.79              | 58.72           | 176.59 | 61        | 1.38     |
| 13 | 35.1278  | 41.59424 | 2.76       | 9.19          | 2.76              | 53.95           | 102.30 | 897       | 13.41    |
| 14 | 36.29579 | 41.21971 | 2.62       | 12.11         | 2.62              | 53.66           | 288.30 | 547       | 13.35    |
| 15 | 36.08117 | 40.93813 | 2.18       | 9.36          | 2.18              | 45.50           | 95.73  | 944       | 4.45     |
| 16 | 35.82392 | 40.88112 | 2.19       | 8.45          | 2.19              | 43.33           | 317.53 | 1084      | 14.59    |
| 17 | 35.73742 | 40.45589 | 1.95       | 10.93         | 1.95              | 36.77           | 316.03 | 802       | 7.03     |
| 18 | 39.39146 | 40.95315 | 2.45       | 7.87          | 2.45              | 61.69           | 303.40 | 1400      | 17.22    |
| 19 | 39.66063 | 40.76826 | 2.11       | 8.94          | 2.11              | 55.11           | 101.39 | 1504      | 17.72    |
| 20 | 39.29509 | 40.74931 | 2.26       | 5.93          | 2.26              | 54.67           | 71.51  | 1573      | 12.02    |
| 21 | 39.2144  | 40.30602 | 2.04       | 4.76          | 2.04              | 46.55           | 64.66  | 1896      | 7.00     |
| 22 | 41.63354 | 41.19423 | 2.56       | 3.35          | 2.56              | 81.73           | 101.97 | 2462      | 24.55    |
| 23 | 41.73807 | 40.98288 | 1.70       | 9.58          | 1.70              | 62.50           | 49.63  | 1152      | 27.95    |
| 24 | 42.30059 | 41.21906 | 1.65       | 7.56          | 1.65              | 59.17           | 68.30  | 1507      | 13.33    |
| 25 | 42.41492 | 41.02045 | 2.03       | 3.44          | 2.03              | 57.46           | 55.195 | 2129      | 12.92    |