T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİMİ SÜRECİNDE, COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE CHELSA SAYISAL İKLİM VERİ TABANLARI İLE TÜRKİYE KURAKLIK RİSK ALANLARININ 2011-2100 YILLARI ARASINDAKİ ZAMANSAL-MEKANSAL DEĞİŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülnaz AY

Prof. Dr. Hakan Mete DOĞAN

TOKAT-2024

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü olarak tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Hakan Mete Doğan danışmanlığında hazırlamış olduğum **"Küresel İklim Değişimi Sürecinde, Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS) ve CHELSA Sayısal İklim Veri Tabanları İle Türkiye Kuraklık Risk Alanlarının 2011-2100 Yılları Arasındaki Zamansal-Mekânsal Değişiminin Araştırılması"** adlı Yüksek Lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımı kabul edeceğimi beyan ederim.

23/02/2024

Gülnaz AY

İmza

ÖZET

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİMİ SÜRECİNDE, COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE CHELSA SAYISAL İKLİM VERİ TABANLARI İLE TÜRKİYE KURAKLIK RİSK ALANLARININ 2011-2100 YILLARI ARASINDAKİ ZAMANSAL-MEKANSAL DEĞİŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI

AY, Gülnaz

Yüksek Lisans, Coğrafya Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hakan Mete Doğan

Şubat 2024, xii + 156 sayfa

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 2023 raporuna göre sera gazlarına bağlı olarak dünyadaki yüzey sıcaklıklarının 1,5°C ile 4,5°C arasında artacağı tahmin edilmektedir. Bu sıcaklık artışı sonucu ortaya çıkan yıkıcı ve önlenmesi zor çevresel krizin sonuçları zengin ve fakir bütün ülkeleri etkileyecektir. Bu nedenle, ülkelerin kuraklık risk alanlarını acilen belirlemesi ve bu bölgelerde alınacak tedbirlere yönelik çalışmaları hızla başlatması hayati derecede önem taşımaktadır. Bu tez çalışmasında; Dünyanın Kara Yüzey Alanları İçin Yüksek Çözünürlükte Klimatolojiler (CHELSA) bünyesindeki çözünürlük ve semantik doğruluk açısından en iyi sonucu veren GFDL-ESM4 yöntemindeki SSP370 ve SSP585 senaryolarının 2011-2100 zaman periyoduna ait veri tabanlarından faydalanılarak Türkiye kuraklık risk alanlarının 2011-2100 yılları arasındaki zamansal-mekânsal değişiminin belirlenmesi (haritalanması) ve yorumlanması amaçlanmıştır. Elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemlerinden (CBS) faydalanılarak kuraklık risk haritalarına dönüştürülmüş ve uzaysal analizleri yapıldıktan sonra yorumlanmıştır. Ayrıca, 2011-2040, 2041-2070 ve 2070-2100 zaman periyotlarına ait Türkiye`nin Köppen-Geiger iklim sınıflandırması haritaları elde edilmiş ve yorumlanmıştır. Kuraklık risk haritaları 2011-2100 yıllarında en yüksek sıcaklık ve en düşük yağışların bulunduğu alanların uzaysal analizi yapılarak haritalandırılmıştır. **SSP 370** senaryosuna göre; 2011-2040 yıllarında %26,83'lük alana sahip olan kuraklık risk alanı 2041-2070 yıllarında %27,52'ye yükselmiş ve 2071-2100 yıllarında ise çok az bir değişiklikle %27,41'lik alana düşmüştür. En yüksek kuraklık

risk alanı %95,77 ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi`nde gözlemlenmiştir. Bunu sırasıyla; Marmara (%67,68), Ege (%48,16), Akdeniz (%31,23), İç Anadolu (%9,30), Doğu Anadolu (%8,23), ve Karadeniz (%5,08) bölgeleri izlemiştir. **SSP 585** senaryosuna göre; 2011-2040 yıllarında %26,75'lik alana sahip olan kuraklık risk alanı 2041-2070 yıllarında %28,20'ye yükselmiş ve 2071-2100 yıllarında ise çok az bir değişiklikle %27,47'lik alana düşmüştür. En yüksek kuraklık risk alanı %96,02 ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi`nde gözlemlenmiştir. Bunu sırasıyla; Marmara (%65,46), Ege (%49,07), Akdeniz (%31,51), İç Anadolu (%11,40), Doğu Anadolu (%8,24), Karadeniz (%4,44) bölgeleri izlemiştir. Sonuç olarak SSP 585 kuraklık risk alanı bölgesel sıralama olarak SSP370 senaryosu ile benzerlik göstermiştir. Bu çalışma, Türkiye'nin potansiyel kuraklık alanlarının net bir şekilde ortaya konulması ve gelecek çalışmalara ışık tutması açısından önemli sonuçlar üretmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: CHELSA, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Haritalama, Kuraklık Riski, Köppen-GeigerİklimSınıflandırması, Küresel Isınma, Türkiye

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE SPATIAL-SPATIAL CHANGE OF TURKEY'S DROUGHT RISK AREAS BETWEEN 2011-2100 WITH GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS) AND CHELSA DIGITAL CLIMATE DATABASES IN THE GLOBAL CLIMATE CHANGE PROCESS

AY, Gülnaz

Master's Thesis, Coğrafya Bilim Dalı

Advisor: Prof. Dr. Hakan Mete Doğan

February 2024, xii + 156 pages

According to the Intergovermental Panel on Climatie Change (IPCC) 2023 report, it is estimated that surface temperatures in the world willincrease between 1.5°C and 4,5°C due to greenhouse gases. The consequences of the devastating and difficult-to-prevent environmental crisis resulting from this temperature increase willaffectall countries, richand poor. There fore, it is of vital importance for countries tourgently identify drought risk area scend quickly initiates tudies on them easures to be taken in the seregions. Int his thes is study; it has been aimed to determining (mapping) and interpreting spatio-temporalchange of Turkey's drought risk are as byutilizing SSP370 and SSP585 scenarios data bases which have high resolution and semantic accuracy for 2011-2100 time period of the GFDL-ESM4 method of Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas (CHELSA). The data obtained were converted into drought risk map susing Geographic Information Systems (GIS) and interpreted after spatial analysis. Additionally, Turkey's Köppen-Geiger climate classification maps for the time periods of 2011-2040, 2041-2070 and 2070-2100 were obtainedand interpreted. Drought risk map sweremappedby spatial analysis of the are as with the highest temperature and lowest precipitation in 2011-2100.According to the **SSP 370 scenario**; the drought risk area, which had an area of 26.83% in 2011-2040, increased to 27.52% in 2041-2070 and slightly decreased to 27.41% in 2071-2100. The highest drought risk are a was observed in the Southeastern Anatolia Regionwith

95.77%. This was followed by Marmara (67.68%), Aegean (48.16%), Mediterranean (31.23%), Central Anatolia (9.30%), Eastern Anatolia (8.23%), and Black Sea (5.08%) regions, respectively. According to the **SSP 585 scenario**; The drought risk area, which had an area of 26.75% in 2011-2040, increased to 28.20% in 2041-2070 and slightly decreased to 27.47% in 2071-2100.The highest drought risk area was observed in the South eastern Anatolia Region with 96.02%. This was followed by Marmara (65.46%), Aegean (49.07%), Mediterranean (31.51%), Central Anatolia (11.40%), Eastern Anatolia (8.24%), and Black Sea (4.44%) regions. As a result, the SSP 585 drought risk are a was founds similar to the SSP370 scenario in terms of regional ranking. This study has produced important results in terms of clearly revealing potential drought areas of Turkey and sheddinglight on future studies.

KEY WORDS: CHELSA, Drought Risk, Geographic Information Systems, Global Warming, Mapping, Köppen-Geiger Climate Classification, Türkiye

ÖNSÖZ

Tez konumun belirlenmesinden bitimine kadar desteğini esirgemeyen, tez çalışmam sırasında bilgi ve tecrübesi ile her konuda bana yardımcı olan ve beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Hakan Mete DOĞAN'a, teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın her aşamasında maddi ve manevi katkılarını esirgemeyen aileme teşekkürlerimi borç bilirim.

Gülnaz AY

Şubat/2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ABSTRACT ..... **iii**
ÖNSÖZ ..... **v**
TABLOLARLİSTESİ ..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **viii**
KISALTMALAR ..... **viii**
1. GİRİŞ **1**
1.1. İKLİM VE İKLİM İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR **1**
1.2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN NEDENLERİ **2**
1.2.1. Doğal Nedenler **2**
1.2.2. Anropojenik Nedenler **5**
1.3. DÜNYADA GÖZLENEN İKLİM DEĞİŞİMLERİ **12**
1.4. KURAKLIK VE KURAKLIK ÇEŞİTLERİ **15**
1.5. DÜNYADA VE TÜRKİYE`DE KURAKLIK ÇALIŞMALAR **19**
2. MATERYAL VE YÖNTEM **36**
2.1. MATERYAL **36**
2.2. YÖNTEM **38**
2.3. ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ **49**
3. BULGULAR **51**
3.1. TÜRKİYE'DE 2011-2100 YILLARI ARASINDA YAĞIŞIN YILLARA GÖRE DEĞİŞİMLERİ VE EĞİLİMLERİ **51**
3.2. TÜRKİYE'DE 2011-2100 YILLARI ARASINDA SICAKLIĞIN YILLARA GÖRE DEĞİŞİMİ VE EĞİLİMİ **62**
3.3. TÜRKİYE'DE 2011-2100 YILLARI ARASINDA KURAKLIK RİSK DURUMU **72**
3.3.1. SSP 370 Senaryosuna Göre Kuraklık Analizi **72**
3.3.2. SSP 585 Senaryosuna Göre Kuraklık Analizi **93**
3.4. KÖPPEN-GEİGER İKLİM SINIFLANDIRMASI **114**
4. SONUÇ VE TARTIŞMA **127**
5. KAYNAKÇA **135**
6. ÖZGEÇMİŞ **141**

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Anropojen sera gazları, atmosferde sera gazlarının bulunma oranı ve emisyon kaynakları (Şahin ve Onurbaş Avcıoğlu, 2016;MGM, 2023a**).** 6
Tablo 1.2. Küresel gelir gruplarının 2030 yılında kişi başına tahmini emisyonları ve 1,5°C ile uyumlu kişi başına emisyon seviyesinin kaç kez aşıldığı (OXFAM, 2021). .. 12
Tablo 1.3. Türkiye'de 1991-2020, 2022 ve 2023 yılları ortalama sıcaklık normallerinin karşılaştırılması (MGM, 2023d). 14
Tablo 2.1. CHELSA CMIP6 ISIMIP3 verileri için iklim zorlama verileri ve kaynakları. Modellerin önceliği, ISIMIP3b protokolünün önerilerini takip etmektedir (Karger ve Zimmerman, 2021). 42
Tablo 2.2. GFDL-ESM4, UKESM1-0-LL, MPI-ESM1-2-HR, IPSL-CM6A-LR, MRI-ESM2-0, Biyoiklim Veri Tabanlarında Bulunan İklim Değişkenlerinin Özellikleri (Karger ve Zimmerman, 2021). 44
Tablo 2.3. İklim Senaryo Belirleyicileri 47
Tablo 3.1. SSP 370 senaryosuna göre Türkiye'de 2011-2100 yılları arasında kuraklık risk alanlarının alansal ve oransal değişimi. 72
Tablo 3.2. Türkiye'de bölgelerin SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı ve oranları 76
Tablo 3.3. Türkiye'de SSP370 senaryosuna görekuraklık riski taşıyan illerin yüzölçümü, kuraklık alansal dağılışı ve oranları 91
Tablo 3.4.Türkiye'de SSP 585 senaryosuna göre 2011-2040 yıllarında kuraklık risk alanının alansal ve oransal dağılışı. 93
Tablo 3.5. Türkiye'de bölgelerin SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı ve oranları 97
Tablo 3.6. Türkiye'de SSP585 senaryosuna göre Kuraklık riski taşıyan illerin yüzölçümü, kuraklık alansal dağılışı ve oranları 112
Tablo 3.7. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre dünyada bulunan büyük iklim sınıfları 115
Tablo 3.8. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasının yağış (ikinci harf) ve sıcaklık (üçüncü harf) koşullarına göre gruplara ayrıldığı alt kategoriler (Bölük, 2016; NOAA, 2023). 115
Tablo 3.9. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre, dünya üzerindeki büyük iklim sınıfları, iklim tipleri, harf simgeleri ve genel özellikleri (Türkeş, 2013). 117
Tablo 3.10. Türkiye'de SSP 370 senaryosuna göre Köppen-Geiger ikim sınıflarının alansal dağılımı. 119
Tablo 3.11. Türkiye'de SSP 585 senaryosuna göre Köppen-Geiger ikim sınıflarının alansal ve oransal dağılımı. 123

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1. Yerküre`deki iklim değişikliklerinin Kambrien`denHolosen`e (günümüze) kadar olan jeolojik geçmişi (Robert A.Rohdeorijinal çiziminden yararlanarak Türkeş (2013a) tarafından yeniden düzenlenmiştir) 3
Şekil 1. 2. Milankoviç döngüsü ve Dünya'daki periyodik eksen açısı değişimleri (Duygulu, 2021). 4
Şekil 1. 3. 1940'dan 2016 yıllarına kadar iklimi soğutan üç volkanik patlama: 1963 Endonezya'nın Agung Dağı, 1982'de Meksika'nın El Chichon'uve 1991'de Filipinlerin Pinatubo Dağı (Liberto (2020)`den alınarak Türkçeye çevrilmiştir). 5
Şekil 1. 4. Sera gazlarının zamansal değişimi (NOAA(2023a)`dan alınarak Türkçe`ye çevrilmiştir) 7
Şekil 1. 5. 1958 yılından itibaren Hawaiideki Mauna Loa Gözlemevinde NOAA tarafından ölçülen atmosferik karbondioksit (CO_2) seviyelerinin zaman içerisindeki değişimi (NASA(2023b)`dan alınarak Türkçe`ye çevrilmiştir) 8
Şekil 1. 6. Karbondioksit ve metan konsantrasyonlarındaki artışlar. Yeşil çizgiler buz çekirdeklerinde (LawDome) yapılan ölçümleri, mavi çizgiler atmosferik (ManuaLoa ve Güney Kutbu`daki) ölçümleri göstermektedir (Riebeek (2010)`den alınarak Türkçe`ye çevrilmiştir). 8
Şekil 1. 7. Paleoiklim verilerinden elde edilen sıcaklık (yeşil çizgi), modern metotlarla ölçülen sıcaklığın (mavi çizgi) karşılaştırılması. Küresel sıcaklık son 1000 yıldaki sıcaklığından daha sıcak ve uzun olduğunu göstermektedir (NASA (2023c)`dan alınarak Türkçe`ye çevrilmiştir). 9
Şekil 1. 8. Küresel yüzey sıcaklığının zaman içinde değişimi(IPCC(2023)`den alınarak Türkçe`ye çevrilmiştir). 10
Şekil 1. 9. Küresel gelir gruplarının 1990-2030 yıllarında toplam tüketim emisyonları ve 2030 1,5°C'ye uyumlu toplam küresel emisyon seviyesi (Guterres ve Espinosa(2021)`dan alınarak Türkçe`ye çevrilmiştir). 11
Şekil 1. 10. 1850-2023 yıllarında küresel ortalama sıcaklık anormalliği (Berkeley Earth, 2024'den alınarak Türkçeye çevrilmiştir) 13
Şekil 1. 11.Türkiye'de 1991-2020 ve 2023 yılları ortalama sıcaklık normallerinin karşılaştırılması(MGM, 2024a). 14
Şekil 1. 12. Kuraklık türleri, kuraklığın oluşum sırası ve etkileri (NDMC, 2023))`den alınarak Türkçe`ye çevrilmiştir. 18
Şekil 2. 2. Çalışmada takip edilecek metodoloji akış diyagramı. 39
Şekil 2. 3. CMIP6 Senaryoları Antropojenik Işınımsal Zorlama [W/m2] 48
Şekil 2. 4. CMIP6 Senaryoları Global CO2 konsantrasyonu [ppm] 48
Şekil 3. 1.Türkiye'de SSP370 senaryosuna göre yıllık ortalama yağışın alansal dağılımı. 52
Şekil 3. 2. Türkiye'de SSP 585 senaryosuna göre yıllık ortalama yağışın alansal dağılımı. 52
Şekil 3. 3. SSP 370 senaryosuna göre Türkiye'de aylık yağış dağılışı. 55

Şekil 3. 4.Türkiye'de 370 senaryosuna göre 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasında ortalama maksimum ve minimum yağış grafiği. 56
Şekil 3. 5. 585 senaryosuna göre Türkiye'de aylık yağış dağılışı. 58
Şekil 3. 6. Türkiye'de 585 senaryosuna göre 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasında ortalama maksimum ve minimum yağış grafiği. 59
Şekil 3. 7. SSP 370 senaryosuna göre Türkiye'de mevsimlik yağış dağılışı. 60
Şekil 3. 8. SSP 585 senaryosuna göre Türkiye'de mevsimlik yağış dağılışı. 61
Şekil 3. 10. SSP 370 senaryosuna göre Türkiye'de ortalama aylık sıcaklık dağılışı. 65
Şekil 3. 11. Türkiye'de 370 senaryosuna göre 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasında ortalama maksimum ve minimum hava sıcaklığı. 66
Şekil 3. 12. SSP 370 senaryosuna göre Türkiye'de mevsimlik sıcaklık dağılışı..... 67
Şekil 3.14. Türkiye'de 585 senaryosuna göre 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasında ortalama maksimum ve minimum hava sıcaklığı 70
Şekil 3. 15. 585 senaryosuna göre Türkiye'de mevsimlik sıcaklık dağılışı. 71
Şekil 3. 16. 2011-2100 yıllarında arasında Türkiye'de kuraklık risk alanının alansal dağılımı. 72
Şekil 3. 17. Kuraklık risk alanlarının SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında yıllık olarak değerlendirilmesi. 73
Şekil 3. 18. Kuraklık risk alanların SSP 370 senaryosuna göre 2011-2040 yılları arasında mevsimlik değerlendirilmesi. 74
Şekil 3. 19. Kuraklık risk alanların SSP 370 senaryosuna göre 2041-2070 yılları arasında mevsimlik değerlendirilmesi. 74
Şekil 3. 20. Kuraklık risk alanların SSP 370 senaryosuna göre 2071-2100 yılları arasında mevsimlik değerlendirilmesi. 75
Şekil 3. 21. Türkiye'de bölgelerin SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 77
Şekil 3. 22. Türkiyede Marmara Bölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 77
Şekil 3. 23. Türkiyede Akdeniz Bölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 78
Şekil 3. 24. Türkiyede EgeBölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 79
Şekil 3. 25. Türkiyede Güneydoğu Anadolu Bölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 80
Şekil 3. 26. Türkiyede İç Anadolu Bölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 81
Şekil 3. 27. Türkiyede Doğu Anadolu Bölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 82
Şekil 3. 28. Türkiyede Karadeniz Bölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 83
Şekil 3. 29. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Marmara Bölgesinde kuraklık risk haritası. 84

Şekil 3. 30. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki Ege Bölgesi kuraklık risk haritası. 85
Şekil 3. 31. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki Akdeniz kuraklık risk haritası. 86
Şekil 3. 32. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kuraklık risk haritası. 87
Şekil 3. 33. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki İç Anadolu Bölgesinde kuraklık risk haritası. 88
Şekil 3. 34. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki Karadeniz Bölgesinde kuraklık risk haritası. 89
Şekil 3. 35. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki Doğu Anadolu Bölgesinde kuraklık risk haritası. 90
Şekil 3. 36. Türkiye'de SSP 585 senaryosuna göre 2011-2040 yıllarında kuraklık risk alanının alansal dağılışı. 93
Şekil 3. 37. Kuraklık risk alanlarının SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında yıllık olarak değerlendirilmesi. 94
Şekil 3. 38. Kuraklık risk alanların SSP 585 senaryosuna göre 2011-2040 yılları arasında mevsimlik değerlendirilmesi. 95
Şekil 3. 39. Kuraklık risk alanların SSP585 senaryosuna göre 2041-2070 yılları arasında mevsimlik değerlendirilmesi 95
Şekil 3. 40. Kuraklık risk alanların SSP 585 senaryosuna göre 2071-2100 yılları arasında mevsimlik değerlendirilmesi. 96
Şekil. 3. 41. Türkiye'de bölgelerin SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 98
Şekil 3. 42. Türkiyede Marmara Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 98
Şekil 3. 43. Türkiye'de Akdeniz Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 99
Şekil 3. 44. Türkiye'de Ege Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 100
Şekil 3. 45. Türkiye'de Güneydoğu Anadolu Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 101
Şekil 3. 46. Türkiye'de İç Anadolu Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 102
Şekil 3. 47. Türkiye'de Karadeniz Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 103
Şekil 3. 48. Türkiye'de Doğu Anadolu Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı. 104
Şekil 3. 50. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Ege Bölgesinde kuraklık risk haritası. 106
Şekil 3. 51. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Akdeniz Bölgesinde kuraklık risk haritası. 107

Şekil 3. 52. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kuraklık risk haritası. 108
Şekil 3. 53. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında İç Anadolu Bölgesinde kuraklık risk haritası. 109
Şekil 3. 54. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Doğu Anadolu Bölgesinde kuraklık risk haritası. 110
Şekil 3. 55. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Karadeniz Bölgesinde kuraklık risk haritası. 111
Şekil 3. 56. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre dünya haritası (NOAA,2023). 116
Şekil 3. 57. Türkiye'de SSP 370 senaryosuna göre Köppen-Geiger ikim sınıflarının alansal dağılımı. 120
Şekil 3. 58. SSP 370 senaryosuna göre Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması. 121
Şekil 3. 59. Türkiye'de SSP 585 senaryosuna göre Köppen-Geiger ikim sınıflarının alansal dağılımı. 124
Şekil 3. 60. SSP 585 senaryosuna göre Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması. 125

KISALTMALAR

BMÇMS: Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri

CHELSA: Dünyanın Kara Yüzey Alanları İçin Yüksek Çözünürlükte Klimatolojiler (Climatologies at High Resolution For The Earth's Land Surface Areas)

CO_2: Karbondioksit

GCM: Genel Dolaşım Modeli

ppm: Milyonda bir birim

SSP: Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar

IPCC: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovermental Panel on Climatie Change)

MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

NASA: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronauticsand Space Administration)

NOAA: Amerika Birleşik Devletleri, Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (National Oceanicand Atmospheric Administration)

UNEP: Birleşmiş Milletler Çevre Programı

1. GİRİŞ

1.1. İKLİM VE İKLİM İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

İklim, yeryüzünün geniş bölgelerinde uzun yıllar boyunca gerçekleşen ortalama hava şartları olarak tanımlanmaktadır. Hava durumu, atmosferin kısa süreli koşullarıdır. İklim ve hava durumu arasındaki farkı zaman oluşturmaktadır. İklim uzun yıllık ölçüm ve analizleri yansıtırken, hava durumu günlük dalgalanmaları ifade etmektedir (Türkeş ve diğerleri, 2000; Erol, 2010).

İklim değişikliği, nedeni ne olursa olsun dünya veya bir bölgenin ikliminin ortalama durumunda uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler olarak tanımlanmaktadır. İklim değişimi ölçeği (küresel veya bölgesel) ne olursa olsun iklim ve hava olaylarının tekrarlanışında, şiddetinde, uzaysal dağılışında, süresinde ve zamanlamasında normalin üzerinde farklılıklar oluşturmaktadır (Türkeş, 2013a).İklim değişikliğinde sadece ısınma da değil soğuma ve değişiklikler ele alınmaktadır (Primack, 2010).

Küresel ısınma, sanayi devriminden beri insan etkinlikleri sonucunda atmosfere bırakılan ve sera gazı olarak nitelendirdiğimiz gazların hızlı bir şekilde atmosferde birikmesi ve şehirleşmenin de tesiri ile sera etkisinin güçlenmesi sonucunda yerküre ve atmosferin alt tabakalarında tespit edilen sıcaklığın yükselmesi olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 2012). Kısaca küresel ısınma, dünyanın sıcaklığında meydana gelen uzun süreli artıştır (NASA, 2023a)

Sera etkisi, gazların ve su buharının dünyanın etrafında seranın cam çatısı gibi işlev gören ve ısıyı dünya yüzeyinde hapseden bir örtü meydana getirmesiyle oluşmaktadır (Primack, 2010). Sera gazlarının atmosferdeki artışı nedeniyle; yüzey sıcaklığı, nem, buharlaşma, bulut, yağış, hava sıcaklığı ve basıncı önemli küresel ve bölgesel değişikliklere uğramaktadır. Sera gazlarına bağlı olarak 2100 yılına kadar 1,5-4,5°C arasında bir sıcaklık artışı olacağı tahmin edilmektedir (IPCC6, 2022) ve bu durum doğal sistemler açısından dünyanın kritik bir noktaya ulaşma olasılığını artırmaktadır.

1.2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN NEDENLERİ

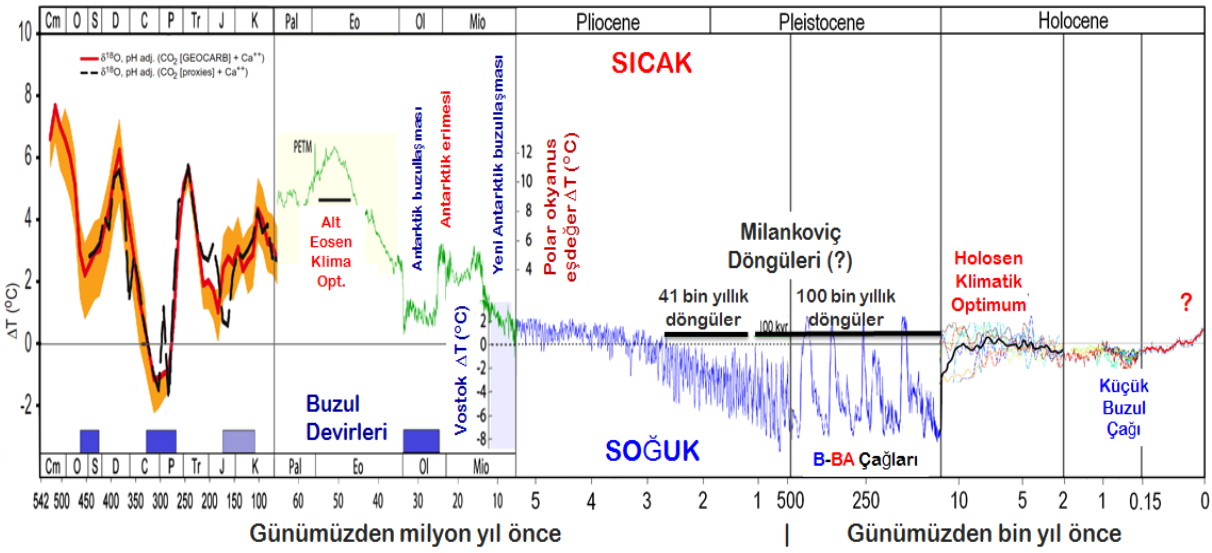
İklimde geçmişten günümüze kadar süren değişiklikler gelecek de de devam edecek olan doğal bir süreçtir. Bu doğal süreç boyunca değişen iklimler topografya ve bitki örtüsünü de değişmesine neden olacaktır. Uzun bir zaman dilimini kapsayan bu süreç, bitki çeşitliliğin artması, relikt ve endemik türlerin oluşmasında da etkili olacaktır (Gönençgil, 2017). Dünya iklimi tarihi boyunca sanayi devrimine kadar yaşanan değişimlere doğal olaylar neden olurken, sanayi devriminden günümüze kadar yaşanan değişimler büyük ölçüde insan faaliyetleri nedeniyledir (Sırdaş ve Şen, 2003).

1.2.1. Doğal Nedenler

Dünya iklimi, dünya tarihi boyunca ardışık olarak soğuk ve sıcak dönemler yaşamıştır. İklim değişimine yol açan doğal olaylar aslında jeolojik zamanlar içerisinde meydana gelen uzun süreli değişimlerdir (Şekil 1.1). Jeolojik dönemlerdeki iklim değişimi; buzul hareketlerine ve deniz seviyesi değişimlerine neden olmuş ve böylece sadece dünya coğrafyasını değiştirmekle kalmayıp, dünya ekolojik sistemlerinde de kalıcı farklılıklar oluşturmuştur.

Sıcak dönemlerdeki sıcaklık artışlarına bağlı olarak kutuplardaki buzulların erimesiyle birlikte deniz seviyesinin yükselmesi; türlerin kutuplara yakın yerlerde ve dağların yüksek kısımlarına göç etmesine neden olmuştur. Soğuk dönemlerde ise buzul tabakalarının genişlemesi ve deniz seviyesin düşmesine bağlı olarak türler ekvatora yakın ve aşağı enlemlere göç ederek yayılış göstermişlerdir.

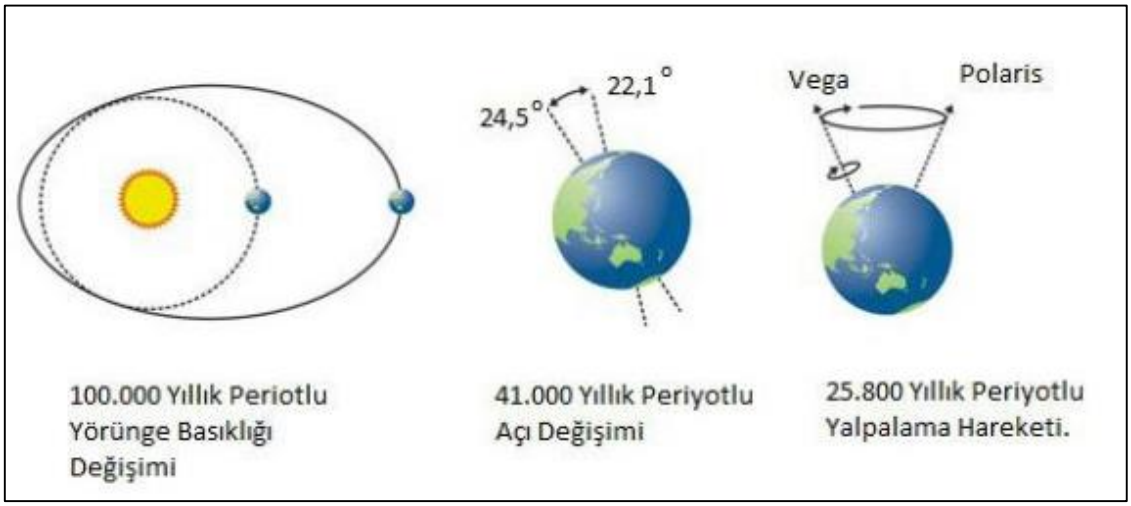
Soğuk ve sıcak dönemlerde değişen dağılışlar türlerin yok olmasına neden olurken bazı türler iklim değişikliğine uyum sağlayarak hayatta kalmayı başarmışlardır. İklimlerdeki bu doğal değişiklikler geçmişte olduğu gibi günümüzde de devam etmektedir. Günümüzde meydana gelen değişikliklerde ise insan kaynaklı etkilerle dünyamızdaki ısınma süreci hızlanmıştır ve diğer dönemlerdekinden farklı olarak çok daha fazla insan nüfusu bundan etkilenecektir (Türkeş, 2001; Primack, 2010; Türkeş, 2012; Gönençgil, 2017).



Şekil 1.1. Yerküre`deki iklim değişikliklerinin Kambrien`den Holosen`e (günümüze) kadar olan jeolojik geçmişi(Robert A. Rohdeorijinal çiziminden yararlanarak Türkeş (2013a) tarafından yeniden düzenlenmiştir).

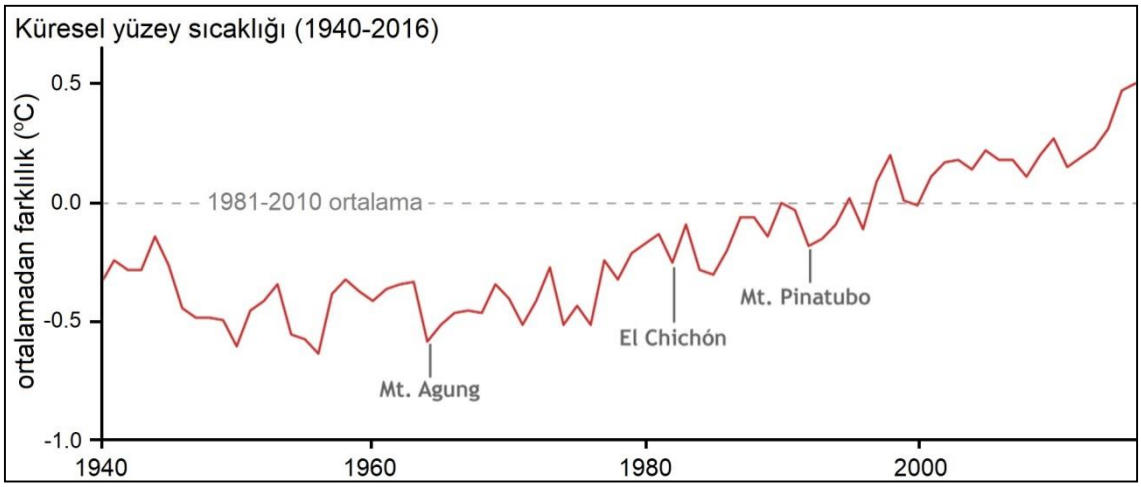
İklim değişikliğinin doğal nedenlerini; Dünya'nın yörüngesindeki ve Güneş`ten gelen enerji miktarındaki değişkenlikler, okyanuslardaki değişiklikler ve volkanik patlamalar meydana getirmektedir. Doğal iklim değişiminin temel nedeni Güneş`ten gelen enerji değişimidir. Dünya`nın güneşe karşı konumundaki değişiklikler Dünya`ya ulaşan güneş enerjisi miktarında değişimlere neden olmaktadır. Dünya`nın güneş etrafında hareket etmesi Dünya`ya ulaşan Güneş enerjisi miktarında değişimlerine neden olarak iklim değişimine neden olmaktadır. Dünya`nın güneş etrafındaki hareketleri ve hareketler sonucu meydana gelen iklim değişiklikleri ile ilgili "Milanković Teorisini" Sırp Astrofizikçi Milutin Milanković 1930'lu yıllarda ortaya koymuştur (Milanković, 1934). Milankovitch teorisi, Dünya`nın yörünge hareketindeki değişimlerin, Güneş enerjisini Dünya`ya ne kadar ulaştırdığı ve Güneş enerjisinin ulaştığı yeri nasıl etkilediğini ortaya koymuştur (Şekil 1.2). Milankovic teorisine göre, Dünya`nın 3 döngüsel (eksen eğikliği, eksantrite, presesyon)hareketi bulunmaktadır (Buis, 2020).

1. **Eksen Eğikliği: Dünya**'nın güneş çevresinde dönme hareketi daireye yakın elips şeklindedir. Dünya'nın güneş çevresinde dönerken sahip olduğu dönme ekseni ile yörünge ekseni birbiriyle çakışmaz ve bu eksenler etrafında 23 derece 27 dakikalık açı eksen eğikliği olarak adlandırılır. Dünyanın eksen eğikliği 41.000 yılık bir dönemde 22,5° ve 24,5° arasında değişmiştir. Eksen eğikliği dünyanın mevsimlerinin oluşmasının nedenidir. Eksen eğikliğinin artığında, mevsimlik güneş enerji dengesinin bozulmalar ve sıcaklıklarda şiddetlenmeler meydana gelir. Bunun sonucunda kışlar daha soğuk geçerken yazlar daha sıcak geçecektir. Eksen eğikliği azaldığında ise yazlar daha serin kışlar daha ılıman olacaktır.
2. **Eksantrite:** Yörünge şeklinin elips ve daire arasındaki değişimidir. Jüpiter ve Satürn'ün çekim kuvveti, Dünya`nın daire şekline yakın olan yörüngesini hafif eliptik olarak değişmesine neden olarak dünya ile güneş arasındaki mesafeyi etkilemektedir. Bu değişiklikler yaklaşık 100.000 yılı kapsamaktadır.
3. **Presesyon:** Dünyanın güneş etrafında dönerken topaç gibi yalpalamasıdır. Güneş ve ayın çekim kuvvetine bağlı olarak oluşan bu devinim hareketinin bir turunu yaklaşık 26.000 yılda tamamlamaktadır.



Şekil 1.2. Milankoviç döngüsü ve Dünya'daki periyodik eksen açısı değişimleri (Duygulu, 2021).

Küresel iklim değişikliğinin nedenlerinden birisi volkanik patlamalar sonucu dünyanın soğumasıdır. Volkanlar patlama öncesi veya patlama sırasında hava ve külleri atmosfere salarak km^2lerce geniş alanları güneş ışığından mahrum bırakarak soğumasına neden olmaktadır (Liberto, 2020). Dünyada 1940'dan 2016 yıllarına kadar iklimi soğutan üç volkanik patlama ve bunların sıcaklık ortalamasından sapmaya etkileri Şekil 1. 3'de verildiği gibidir.



Şekil 1.3. 1940'dan 2016 yıllarına kadar iklimi soğutan üç volkanik patlama: 1963 Endonezya'nın Agung Dağı, 1982'de Meksika'nın El Chichon'uve 1991'de Filipinlerin Pinatubo Dağı (Liberto (2020)`den alınarak Türkçeye çevrilmiştir).

1.2.2. Antropojenik Nedenler

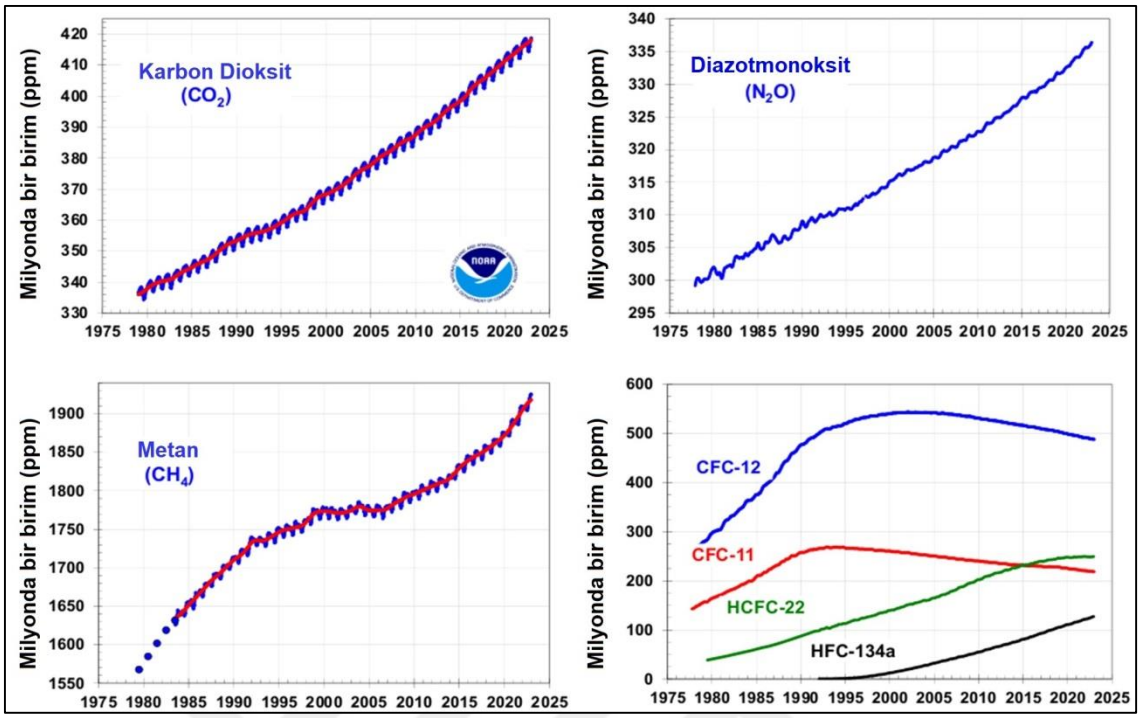
Sera etkisi, atmosfer içerisindeki ısının tutularak sıcaklığın artması olayı olarak tanımlanmaktadır. Sera gazları, Dünya'nın yüzeyi, atmosferi ve bulutları tarafından yayılan kızılötesi radyasyon spektrumu dahilinde belirli dalga boylarındaki radyasyonu emen ve yayan, atmosferin hem doğal hem de antropojenik gaz halindeki bileşenleridir. Bu özellikleri nedeniyle, sera etkisine neden olurlar. Başlıca sera gazları su buharı, Karbondioksit, Ozon, Metan, Nitröz Oksit ve Florlu gazlardır. Bunlardan en fazla ısıyı tutan sera gazı karbondioksittir ve sera gazları içerisindeki miktarı %72 ile diğer sera gazlarının miktarından daha fazladır. Sonuç olarak, küresel ısınma olayına en fazla

katkıda bulunan sera gazı karbondioksittir (Tablo 1.1). Amerika Birleşik Devletleri, Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (National Oceanicand Atmospheric Administration=NOAA) verilerine göre; bu gazların 1975-2025 yılları arasındaki ppm (milyonda bir birim) değerlerinin nasıl değiştiği Şekil 1. 4`de gösterilmiştir.

Sanayi devriminden sonra artan fosil yakıt kullanımı, ormanların tahrip edilmesi, sanayi ve tarım karbondioksit salınımını artırırken aynı zamanda sera etkisinin şiddetini de artırmıştır (Türkeş, 2012; Gönençgil, 2017). Dünya iklim sisteminin dengede durması için sera gazlarının atmosfer içerisindeki miktarının korunması çok önemlidir. Dünyanın bilinen sıcaklık ortalaması 15°C olup, eğer sera gazları atmosfer içerisinde olmasaydı bu ortalama 33°C daha düşük olacaktı. Başka bir deyişle yeryüzünün sıcaklık ortalaması -18°C civarında olacaktı ve bu durumda canlı yaşamı imkansız bir hal alacaktı (Akın, 2006).

Tablo 1.1. Antropojen sera gazları, atmosferde sera gazlarının bulunma oranı ve emisyon kaynakları (Şahin ve Onurbaş Avcıoğlu, 2016;MGM, 2023a**).**

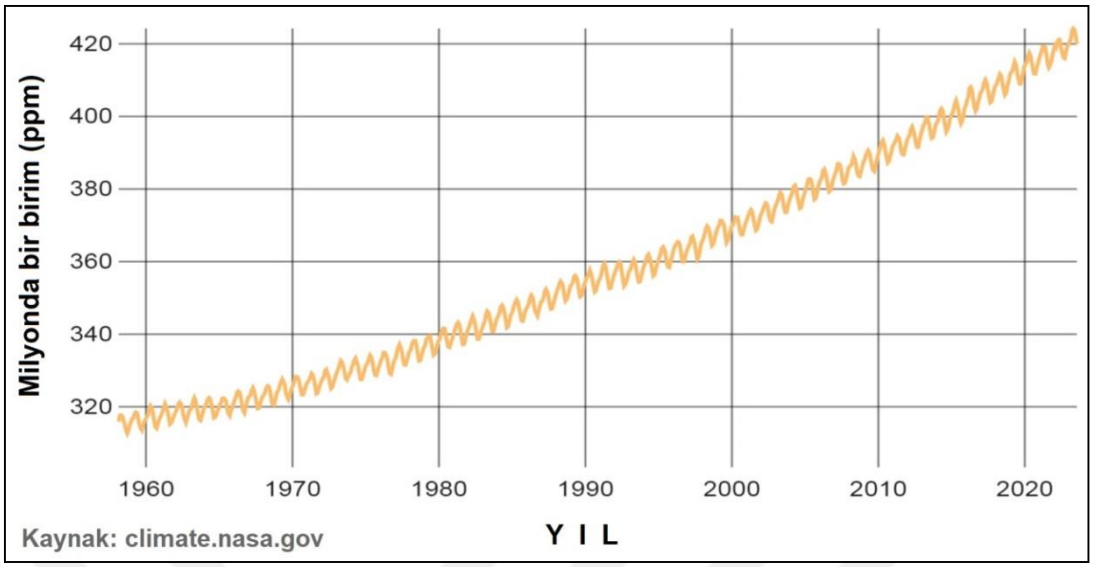
Sera Gazı Adı	**Sera Gazları İçerisindeki Yaklaşık Bulunma Oranı**	**Emisyon Kaynakları**
Karbondioksit (CO_2)	% 72	Fosil yakıtların yakılması, ormanların yok edilmesi, arazi kullanım değişikliği, çimento üretimi
Metan (CH_4)	% 19	Pirinç tarlaları, ineklerin sindirim sistemi fermantasyonu, biyomasın yakılması, çöp toplama alanları, petrol ve doğalgaz üretimi ve dağıtımı, kömür madenleri, bataklıklar
Diazotmonoksit (N_2O)	% 6	Tarlalarda suni gübre kullanımı, fosil yakıtların yanması, naylon üretimi, ormansızlaşma
Florlu Gazlar Hidro-floro-Karbonlar(HFC_s) Perfloro –karbonlar (PFC_s) Sülfürhegzaflorür (SF_s)	%3	Buzdolabı gazları, alüminyum eritme, yarı iletken üretimi alüminyum üretimi, Yarı iletken üretimi, elektrik iletim ve dağıtım sistemleri, magnezyum üretimi



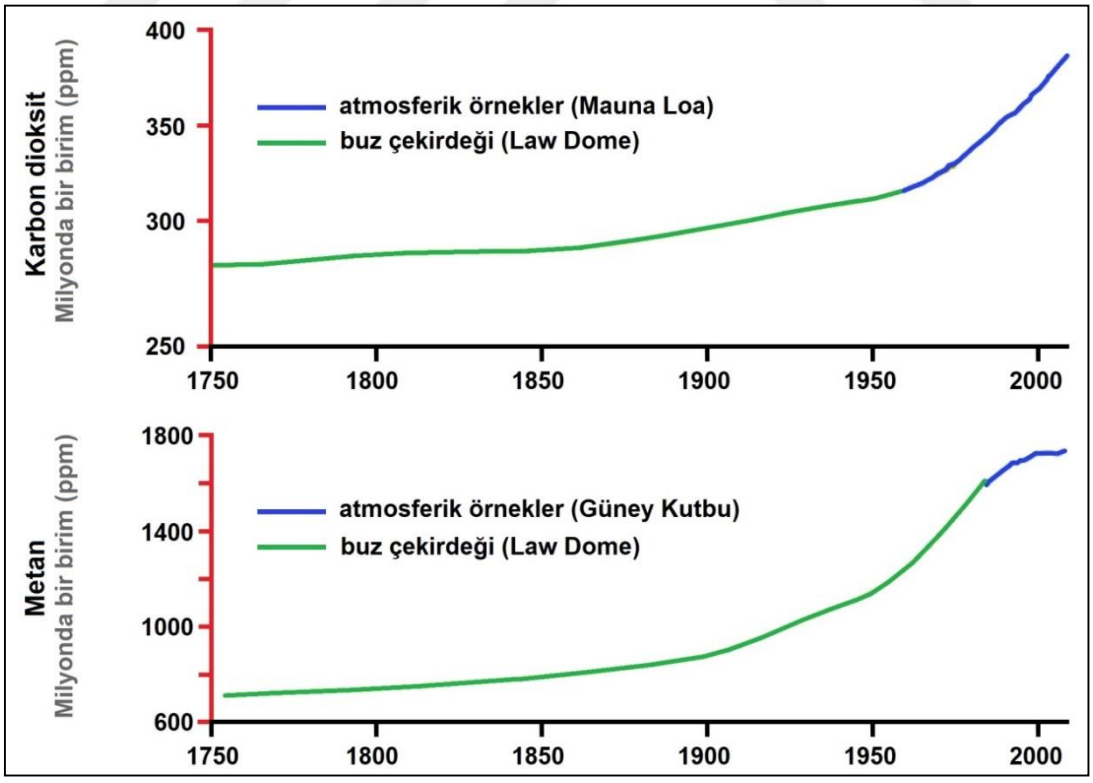
Şekil 1.4. Sera gazlarının zamansal değişimi (NOAA(2023a)`dan alınarak Türkçeye çevrilmiştir).

Atmosferik karbondioksit (CO_2) seviyelerinin zaman içerisindeki değişimine Hawaiideki Mauna Loa Gözlemevi'ndeki atmosferik karbondioksit değişim ölçümleri(NASA, 2023b)çarpıcı bir örnek olarak verilebilir (Şekil 1.5). Şekil 1.5`de verilen grafikte görüldüğü gibi CO_2 emisyonları 1958 de 315 ppm iken 2023 yılında bu değer 420 ppm in üzerine çıkmıştır.

İnsan faaliyetleri sonucu yükselen sera gazı emisyonları nedeniyle 2011-2020 yılları arasında küresel yüzey sıcaklığı endüstriyel sıcaklıkların 1,1°C üstüne çıkarak küresel ısınmaya daha fazla katkıda bulunmuştur (IPCC6, 2022). İnsanlar son 250 yılda fosil yakıtlar kullanarak ve karbon yutak alanı olan ormanların keserek sera gazı konsantrasyonunu sürekli olarak artırmıştır (Şekil 1. 6). Sanayi devriminden (1750) 2009 yılına kadar karbondioksit seviyeleri %38, metan seviyelerinde ise %148 artış meydana gelmiştir (Riebeek, 2010). Sonuç olarak, endüstriyel çağın başlangıcından itibaren, insan faaliyetleri CO_2 miktarını %50 artırmıştır. Bu durum insan kaynaklı artışın doğal artıştan daha fazla olduğunu göstermektedir (NASA, 2023a).



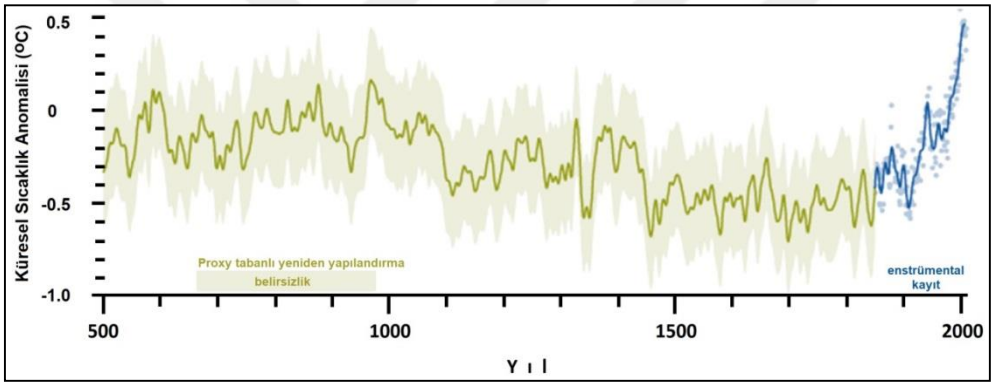
Şekil 1.5.1958 yılından itibaren Hawaiideki Mauna Loa Gözlemevinde NOAA tarafından ölçülen atmosferik karbondioksit (CO_2) seviyelerinin zaman içerisindeki değişimi (NASA(2023b)'dan alınarak Türkçeye çevrilmiştir)



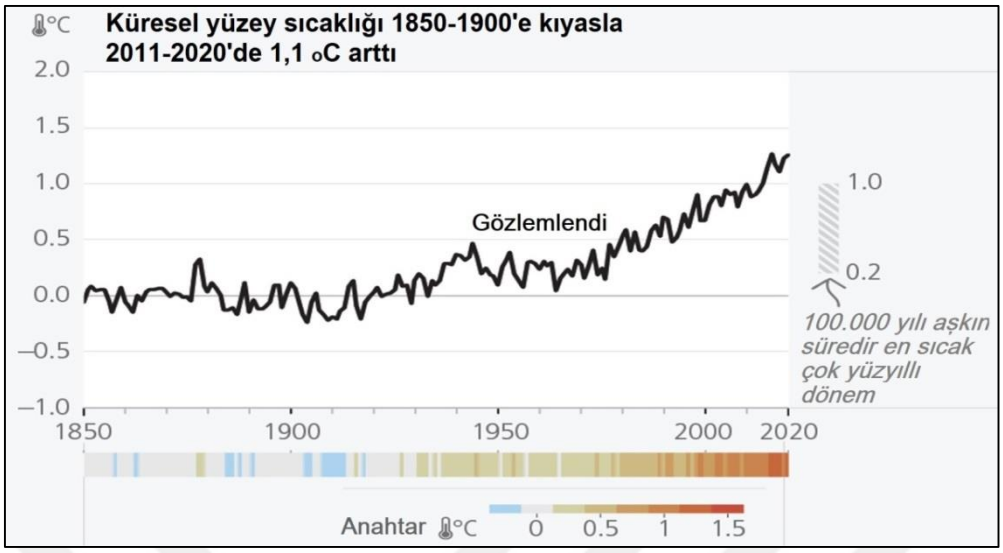
Şekil 1.6. Karbondioksit ve metan konsantrasyonlarındaki artışlar. Yeşil çizgiler buz çekirdeklerinde (LawDome) yapılan ölçümleri, mavi çizgiler atmosferik (ManuaLoa ve

Güney Kutbu`daki) ölçümleri göstermektedir (Riebeek (2010)`den alınarak Türkçeye çevrilmiştir).

Paleoiklim verilerinden elde edilen bilgilere göre dünya buzul çağlarından çıktıkça sıcaklık 5000 yılda toplan 4 ila 7°C artarken geçtiğimiz yüzyılda sıcaklık 0,7°C artmıştır (Şekil 1. 7).Bu durum buzul çağlardaki ısınmanın yaklaşık 10 kat daha hızlı bir ısınma ile karşı karşıya olduğumuzu göstermektedir (NASA, 2023c). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, İklim Değişikliği Sentezi Raporu'na göre (IPCC, 2023); küresel yüzey sıcaklığı 1850-1900'e kıyasla 2011-2020'de 1,1^{o}C artmıştır (Şekil 1. 8).



Şekil 1.7. Paleoiklim verilerinden elde edilen sıcaklık (yeşil çizgi), modern metotlarla ölçülen sıcaklığın (mavi çizgi) karşılaştırılması. Küresel sıcaklık son 1000 yıldaki sıcaklığından daha sıcak ve uzun olduğunu göstermektedir (NASA (2023c)'dan alınarak Türkçeye çevrilmiştir).



Şekil 1.8. Küresel yüzey sıcaklığının zaman içinde değişimi (IPCC (2023)`den alınarak Türkçeye çevrilmiştir).

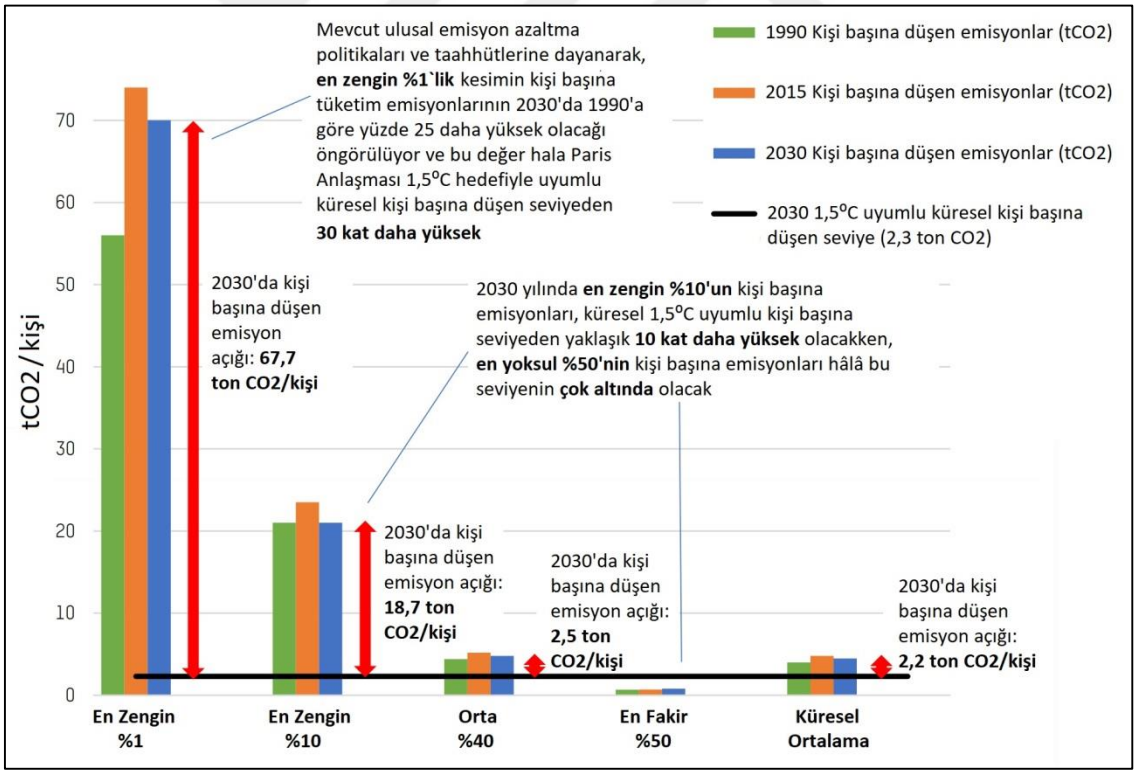
İklim bilimcilerin ve IPCC'nin raporlarına göre küresel ortalama sıcaklıklarının 1,5°C artması, deniz seviyelerinin yükselmesi, sıcaklık ve yağış rejimlerinin değişmesi sonucu seller, taşkınlar, kuraklık, çölleşme ve doğal salgın hastalıklar ciddi afet boyutlarında sonuçlara yol açacaktır (Öztürk, 2002; Türkeş,2008).

UNEP'in 2021 Emisyon Açığı Raporuna göre (UNEP, 2021), sıcaklıklarda yüzyılın sonlarına doğru %66 oranla 2,7°C artış meydana gelecektir. Bu durum Paris Antlaşmasının hedefi olan 1,5°C'nin çok üstünde ve iklimde yıkıcı etkiye neden olacaktır. Paris Anlaşmasının 1,5°C'lik hedefini ulaşmak için ülkelerin 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını yarıya indirmesi gerekmektedir. Isınmanın yıkıcı etkileri azaltmak için tüm taahütler yerine getirilse ve net sıfır emisyon uygulansa bile sıcaklık ancak 0,5°C düşebilir yani ısınma 2,2°C olarak sınırlandırılabilir. Tarım, fosil yakıt ve atıklardan kaynaklanan metan emisyonunun azaltılması kısa süreli olarak emisyon açığının ve ısınmanın azaltılmasını sağlayacaktır**.**

Hükümetlerin taahhütlerinin zengin ve fakir insanların CO_2 ayak izlerinin nasıl etkileyeceği üzerinde tahminler yapılmıştır (Guterres and Espinosa, 2021; OXFAM, 2021). Elde edilen sonuçlara göre nüfusun en fakir %50'sinin 1,5°C uyumlu emisyon seviyesinin çok altında kaldığı, insanların en zengin %1'inin emisyon seviyesinin 30 kat, en zengin %10'unun emisyon seviyesisin 9 kat artacağı ve en zengin %1'lik

kesimin 1,5°C'lik emisyon seviyesine ulaşması için emisyonlarının %97 azalması gerektiğini ortaya koymuşlardır (Şekil 1.9 ve Tablo 1.2). Yapılan araştırmalar nüfusun en zengin %1'lik kesiminin en fakir %50'lik kesimden karbon emisyonunun iki katı sorumlu olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle en zengin ve en çok emisyon salımı yapan ülkeler 2030 yılına kadar emisyon açığını kapatmak için emisyonların kısıtlamayı hedeflemelidirler ve bu durum ikim ve eşitsizlik krizleri ile birlikte ele alınmalıdır.

Sıcaklığın 1,5 C°'nin üzerine çıkması, doğal sistemlerde Dünya`nın son derece dengesiz bir duruma ulaşma ihtimalini artırmaktadır ve bunun sonucu ortaya çıkan geri dönülemez çevresel değişimleri ve zararları önlemek zorlaşacaktır. Ne kadar zengin olurlarsa olsun hiçbir ülke çevresel krizin sonuçlarından kendisini koruyamayacaktır (Atwoli ve diğerleri, 2021).



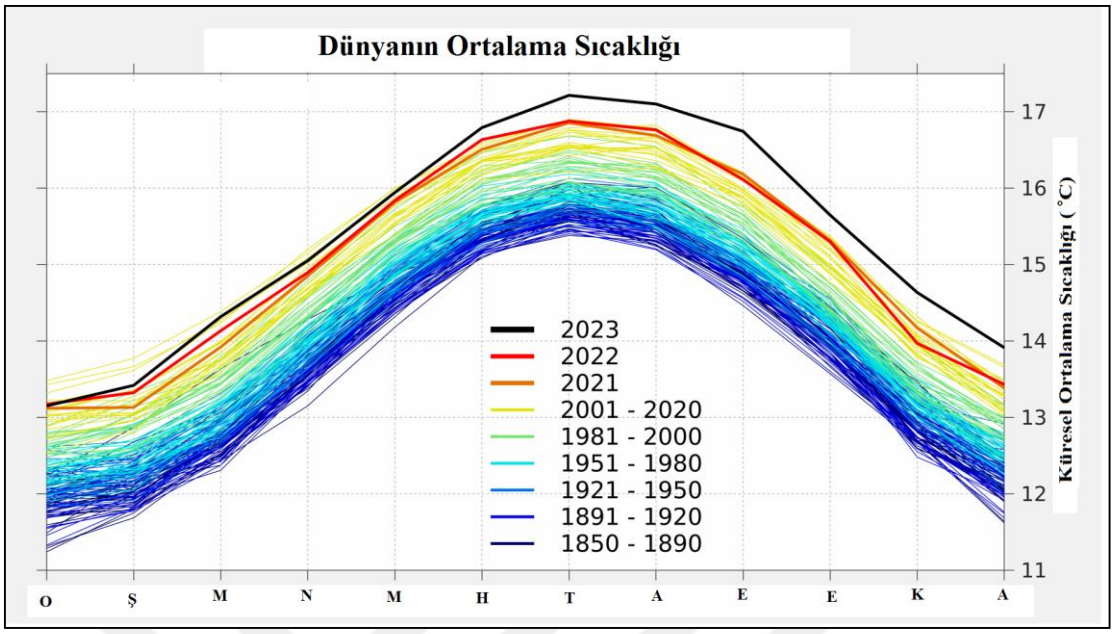
Şekil 1.9. Küresel gelir gruplarının 1990-2030 yıllarında toplam tüketim emisyonları ve 2030 1,5°C'ye uyumlu toplam küresel emisyon seviyesi (Guterres ve Espinosa(2021)`dan alınarak Türkçeye çevrilmiştir).

Tablo 1.2. Küresel gelir gruplarının 2030 yılında kişi başına tahmini emisyonları ve 1,5°C ile uyumlu kişi başına emisyon seviyesinin kaç kez aşıldığı (OXFAM, 2021).

Küresel gelir grupları	**2030 yılında kişi başına tahmini tüketim emisyonları (yılda ton CO_2)**	**1,5°C (2,3 ton) ile tutarlı kişi başına emisyon seviyesinin kaç kez aşıldığı**
En zengin %1	70	x30
En zengin %10	21	x9
Orta %40	5	x2
En fakir %50	1	x0,43 (yarıdan az)

1.3. DÜNYADA GÖZLENEN İKLİM DEĞİŞİMLERİ

Antropojenik etkinlikler sonucu atmosfer bileşimindeki değişiklikler yüzey sıcaklıklarında önemli artışa neden olmuştur. Yüzey sıcaklıklarının belirginleştiği 1980'lerden sonra sıcaklıklar hemen her yıl daha sıcak olmakta ve önceki yılın rekorunu kırmaktadır (Türkeş, 2012). Son araştırmalara göre küresel yüzey sıcaklığı 1850 yıllarından 2020 yıllarına kadar1,1°C üzerine çıkmıştır (IPCC, 2023).). Küresel olarak kayıtların alındığı 1850'den itibaren 2023 yılında Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık ayları diğer yıllardaki ayların rekorunu kırarak en sıcak 7 ay olarak kayıtlara geçmiştir. 2023yılı 1,54°C'lik ısınma ile Paris Anlaşması'nın küresel ısınmanın 1,5 $^{\circ}$C sınırını aşan ilk yıl olmuştur. Sera gazı emisyonlarının azaltmada önlemler alınmadığı takdirde 2030'lu yıllarda küresel sıcaklığın 1,5 $^{\circ}$C aşması beklenmektedir(Şekil 1.10) (Berkeley Earth, 2024).

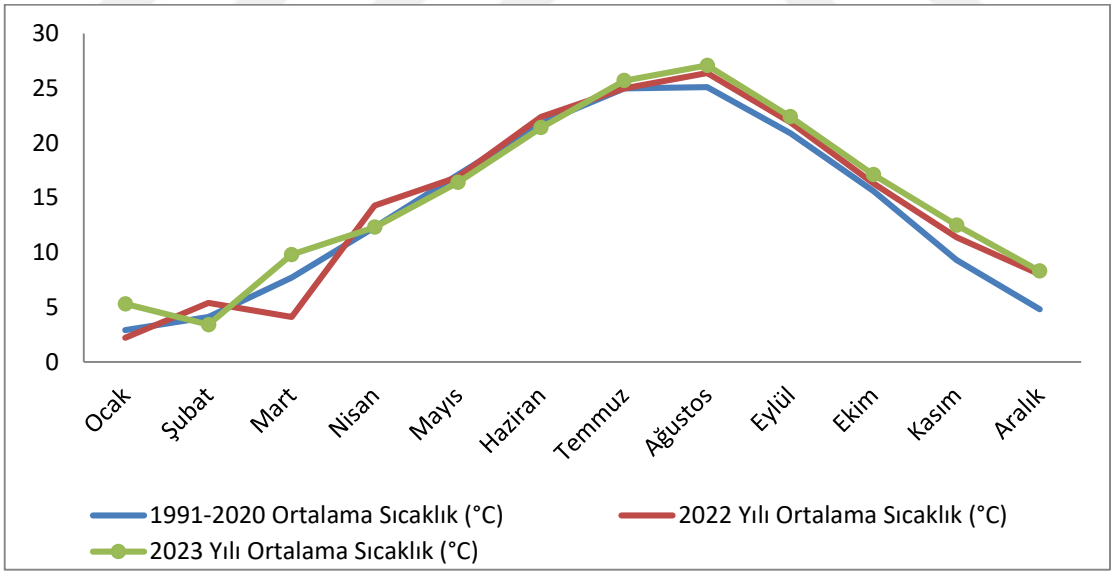


Şekil 1. 10. 1850-2023 yıllarında küresel ortalama sıcaklık anormalliği (Berkeley Earth, 2024'den alınarak Türkçeye çevrilmiştir).

Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) raporuna göre, kaydedilen en sıcak on yıl olan 2011-2020 yıllarında iklim değişikliği oranında yüksek artışlar meydana gelmiştir. Sera gazlarındaki artış kara ve okyanus sıcaklıkları, buzul erimelerinde deniz seviyelerinde dramatik artışlar meydana gelmiştir. Buzullarda yaklaşık 1m incelme meydana gelmiştir(WMO, 2023a).

Tablo 1. 3. Türkiye'de 1991-2020, 2022 ve 2023 yılları ortalama sıcaklık normallerinin karşılaştırılması (MGM, 2024).

Aylar	1991-2020 Ortalama Sıcaklık (°C)	2022 Yılı Ortalama Sıcaklık (°C)	2023 Yılı Ortalama Sıcaklık (°C)
Ocak	2,9	2,2	5,3
Şubat	4,1	5,4	3,4
Mart	7,7	4,1	9,8
Nisan	12,3	14,3	12,3
Mayıs	17,1	16,9	16,4
Haziran	21,8	22,4	21,4
Temmuz	25	25	25,7
Ağustos	25,1	26,4	27,1
Eylül	20,9	21,9	22,4
Ekim	15,6	16,3	17,1
Kasım	9,3	11,4	12,5
Aralık	4,8	8	8.3



Şekil 1.11. Türkiye'de 1991-2020 ve 2023 yılları ortalama sıcaklık normallerinin karşılaştırılması(MGM, 2024a).

Türkiye'de 2023 yılında; Ocak, Mart, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık geçmiş yıllara göre (1991-2020 ve 2022) en sıcak yaşanan aylar olmuştur.

Türkiye'de 2023 yılında ölçülen sıcaklık 1991-2020 yıllarındaki ortalama sıcaklık 13,9°C'yi 1,2°C geçerek 15,1°C sıcaklığa ulaşmıştır (MGM, 2024)(Tablo 1. 3, Şekil 1.11). Türkiye'de 2023 yılı 15,1°C ile 2010 (15,5°C) ve 2018 (15,4°C) yıllarından sonra en sıcak üçüncü yıl olmuştur (MGM, 2024b ve MGM, 2024c). Berkeley Eart 2024 verilerine göre 1951-1980 yılları arası sıcaklık ortalamalarını 2023 yılında Türkiye'de sıcaklık 1,8 °C 'yi aşarak Paris Antlaşmasının 1,5 °C sınırı aşılmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri, Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi`nin küresel iklim değişimi ile ilgili yapmış ve derlemiş olduğu çalışmalara göre (NASA, 2023d); Arktik deniz buzu 1979'dan 2023 yılına kadar her on yılda %12, 2 oranında küçülme meydana gelmiştir. Arktik deniz buzu 1979 yılında 6,90 milyon kilometre kare iken 2023 yılında 4,37 milyon kilometre kare olarak ölçülmüştür. 2012 yılında 3,39 milyon kilometre kare olarak ölçülen deniz buzu miktarı kayıtlarda en düşük ölçülen seviyedir. Antarktika yılda ortalama 150 milyar ton, Grönland ise yılda ortalama 270 milyar ton buz kütlesi kaybederek deniz seviyesinin yükselmesine neden olmuştur. Küresel ısınmaya bağlı olarak eriyen buz tabakaları, buzullardan eklenen su ve deniz suyu ısındıkça genişlemesi deniz seviyesinin yükselmesine neden olmuştur. Deniz seviyesi 1993'ten 2023 yılına kadar 100,5mm yükselme meydana gelmiştir. Okyanusta depolanan ısı suyun genişlemesi deniz seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır. Geçtiğimiz son 10 yıl 800 yıllarından beri yaşanan en sıcak on yıl olarak tespit edilmiştir. Okyanuslarda kaydedilen en sıcak ve küresel deniz seviyesinin en yüksek olduğu yıl 2022 yılıdır. Okyanus ısınmalarının etkileri; deniz seviyesinin yükselmesi, okyanuslardaki oksijen seviyesinin düşmesi, mercanların ağarması, buz tabakalarının hızla erimesi, yoğunlaşan kasırgalar, okyanus sağlığı ve biyokimyasındaki değişiklikler ve kıyılarda yaşayan insanların sık sık sele maruz kalması gibi olaylarla kendini göstermektedir.

1.4. KURAKLIK VE KURAKLIK ÇEŞİTLERİ

Kuraklık mesleklere göre ayrı tanım yapıldığı için tek bir tanımı bulunmamaktadır. Sırdaş ve Şen (2003)'e göre kuraklık, iklim değişikliği sonucu ortaya çıkan, insan ve doğayı tehdit eden, bölgesel veya küresel boyutta olabilen, önemli çevresel problemlerden biridir. Kuraklık, dünyanın herhangi bir iklim rejiminde, çöllerde ve yağmur ormanlarında bile meydana gelebilen, iklimin normal bir

parçasıdır(MGM, 2023b). Ayrıca kuraklık kavramı farklı iklim bölgelerine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin yağışsız geçen günler açısından Suudi Arabistan'da 2 veya 3 yıl, Bali'de 7 gün ve Libya'da 2 yıldan fazla olması kuraklık olarak tanımlanmıştır.

Kuraklık, yağışların bir bölgede normalin altında gerçekleşmesi sonucunda, tam olarak belli olmayan bir zaman periyodunda ve mekanda oluşabilecek doğal bir iklim olayı olarak tanımlanabilir (Cebeci ve diğerleri, 2019; Kapluhan, 2013). Kuraklık yavaş ilerlemesi, belirgin bir tanımının olmaması ve kuraklığın etkileri yapısal değil geniş coğrafyalara yayılabilmesi bakımından diğer doğal afetlerden ayrılır (Akbaş 2014; Kapluhan, 2013).

Partigöç ve Soğancı (2019)`ya göre; dünya üzerinde bulunan 31 adet doğal afetin 28 tanesi meteorolojik kökenli olduğu bilinmektedir. Meteorolojik kökenli doğal afetlerin içerisinde en tehlikeli olanı kuraklıktır. Kuraklık kısa sürüp dar alanları etkileyebileceği gibi uzun sürüp geniş alanları da etkileyebilir. Kuraklığın başlangıç ve bitişinin belli olmaması, kümülatif biçimde artarak devam etmesi, ekonomik faktörlerle ve insan faaliyetleriyle yakından ilişkili olması kuraklığı diğer afetlerden ayırmaktadır.

Kuraklığın oluşmasında yağış miktarındaki azalmalar kadar yüksek sıcaklıklar, hızlı rüzgarlar ve nem gibi iklim değişkenleri de etkilidir (Oğuz ve diğerleri, 2017; Cebeci ve diğerleri, 2019).

Türkiye coğrafik konumu ve yer şekilleri özelliklerine göre çeşitli makro ve mikro iklim bölgelerine sahiptir. Bu nedenle Türkiye`de kuraklığın etkileri bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir (Kapluhan, 2013). Yarı-kurak iklime sahip olan ülkemizde etki derecesi, süresi ve zamanı bilinmeyen, yavaş ve sinsi gelişen kuraklığın izlenmesi ve önlem alınması önem arz etmektedir (Sırdaş ve Şen, 2003; Oğuz ve diğerleri, 2017).

Sırdaş ve Şen (2003)`e göre; kuraklık, kurak ve yarı-kurak alanlarda görülen normal bir iklim olayıdır. Tarım kuraklığın etkilerinin en önce görüldüğü bir alan olup bunu önem derecesine göre su kullanıma bağlı diğer sektörler izlemektedir. Kuraklık ekonomi, sosyal, tarım, gıda, temiz su, sağlık sorunları ve çevresel olarak insan yaşamının her alanını etkileyen en önemli doğal afetlerden birisidir.

Kuraklık, tarımsal alanlar için gerekli olan su miktarını ve kalitesini azalmasına ile birlikte tarımsal verimin düşmesine, erozyon-çölleşme-orman yangını gibi risklerin artmasına, biyoçeşitliliğin zayıflayıp azalmasına, hastalıkların artmasına, gıda erişiminin zorlanması ile ruhsal bozuklukların ortaya çıkmasına ve ölüm oranlarının artmasına neden olmaktadır (Türkeş, 2013b).

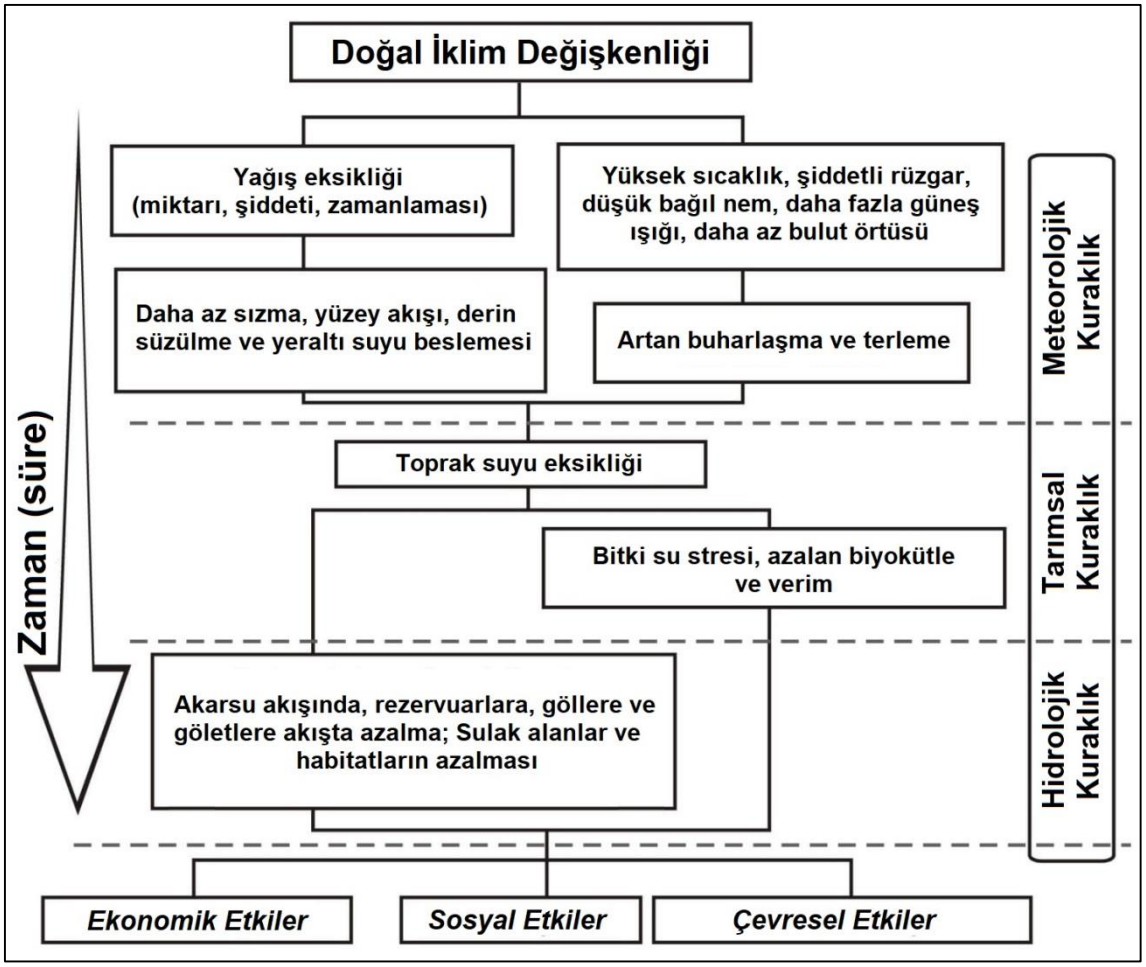
Kapluhan (2013)`a göre; yağış miktarına bağlı iklim sınıflandırmalarında yıllık ortalama yağışın 250mm'den düşük olduğu alanlar kurak, 250-500mm arasında yağış alan alanlar yarı kurak iklim sınıfına girmektedir. Türkiye'de yıllık ortalama yağış 640 mm olmasına rağmen düzensiz bir yağış rejimine sahiptir. Tuz Gölü ve çevresi 300 mm civarında yağış alarak yağışa bağlı iklim sınıflandırmasında kuraklık sınırında yer almaktadır. Türkiye'de yağışa bağlı iklim sınıflandırmasına göre ciddi derecede kurak alanlar yer almamaktadır.

Kuraklık, 1970 ila 2019 yılları arasında 650.000 kişinin ölümüne neden olmuştur. Kaydedilen en uzun süren kurak dönem 10 Ekim 1913-1 Ocak 1918 yılları arasında 172 ay olarak Şili'nin Arica kentinde meydana gelmiştir. Çok kurak, kurak, yarı kurak ve kuru-yarı nemli alanlar dünyanın %41,3'nü kaplarken Türkiye'nin yaklaşık %70'lik bir alanı kaplamaktadır (Türkeş, 2012; Türkeş, 2017; WMO, 2023b).

Kuraklık; (1) meteorolojik kuraklık, (2) tarımsal kuraklık, (3) hidrolojik kuraklık ve (4) sosyo-ekonomik kuraklık olarak toplam dört farklı kategori altında sınıflandırılabilir. İklimin normal bir özelliği olan kuraklık sürecinde, iklim değişimleri ile birlikte yağışların azalmasıyla ilk aşamada meteorolojik kuraklık başlar. Bunu tarımsal kuraklık ve hidrolojik kuraklık takip eder. Son aşamada da sosyo-ekonomik kuraklık gerçekleşir (Şekil 1.10). Meteorolojik kuraklık, tarımsal kuraklık ve hidrolojik kuraklık fiziksel bir olay olarak ölçmenin yollarını ele alırken, sosyo-ekonomik kuraklık arz ve talep açısından ve su kıtlığının sosyo-ekonomik sistemlere etkisini izlemektedir (Wilhite ve Glantz,1985; Çakmak ve Gökalp, 2013; Akbaş, 2014; NDMC, 2023).

Meteorolojik kuraklık; uzun bir zaman aralığında yağışların açık bir biçimde alışılmış değerlerinin aşağısına düşmesidir. Meteorolojik kuraklığı nem azlığı derecesi ve uzunluğu belirlemektedir. Yağış eksikliklerine neden olan atmosferik koşullar

bölgeden bölgeye değişiklik gösterdiği için meteorolojik kuraklığın bölgeden bölgeye gelişiminde farklılıklar vardır (Kapluhan, 2013).



Şekil 1.12. Kuraklık türleri, kuraklığın oluşum sırası ve etkileri (NDMC, 2023))`den alınarak Türkçeye çevrilmiştir.

Tarımsal kuraklık, toprakta nemin azalması ve bitkinin ihtiyacını karşılayacak minimum su miktarının bulunmamasıdır. Meteorolojik kuraklıktan sonra meydana gelir ve en çok tarım sektörü etkilenmektedir. Yağış, bitki su tüketimi ve toprak özellikleri tarımsal kuraklığı belirleyen etmenlerdir. Tarımsal kuraklık bitki veriminin azalmasına, bitkilerin büyümelerinde değişime ve hayvanlar için tehlikeye neden olmaktadır (Çakmak ve Gökalp, 2013; NDMC, 2023).

Hidrolojik kuraklık, kar dahil yağışlı dönemlerin yüzey suları ve yeraltı sularına etkisiyle ilişkili bir olaydır. Yer altı ve yerüstü sularında yağış açığının meydana geldiği dönemlerde hidrolojik açıdan yeterli suyun bulunmaması sonucu ortaya çıkan kuraklıktır. Meteorolojik kuraklığın uzun sürmesi hidrolojik kuraklığı ortaya çıkmaktadır ve akarsu, yer altı suları, göllerin seviyelerinde ani ve hızlı bir düşüşe neden olmaktadır. (Çakmak ve Gökalp, 2013;Kapluhan, 2013; NDMC, 2023).

Sosyo-ekonomik kuraklık ise kuraklık koşullarının (meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık) bazı ekonomik mallar üzerindeki etkisi sonucu arzın talebi karışlayamaması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Sosyo-ekonomik kuraklığı tanımlamak için arz talep ve mekan süreçlerine bağlı olarak ortaya çıktığı için diğer kuraklık çeşitlerinden farklıdır. Küresel iklim değişikliği nedeniyle su temini bazı dönemlerde bol bulunurken bazı insan ve çevre ihtiyacını karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle su arzındaki eksiklik ekonomik mala olan talebin arzı aşması sonucu ortaya çıkmaktadır (NOAA, 2023b; NDMC,2023).

1.5. DÜNYADA VE TÜRKİYE`DE KURAKLIKÇALIŞMALARI

Çelik ve diğerleri (2018); Standartlaşmış Yağış İndisi (SPI), Erinç, De Martonne, Aydeniz, ve Thorntwaite yöntemlerinden faydalanarak ve Doğu Anadolu'nun 14 ilindeki meteoroloji istasyonlarının 1967-2017 yılları arasındaki 50 yıllık rasat verilerini kullanarak Doğu Anadolu için kuraklık analizi yapmışlardır. Elde ettikleri SPI analizi bulgularına göre Doğu Anadolu bölgesinde yer alan Bingöl, Bitlis, Hakkâri ve Iğdır illerinde nemlilik eğiliminde yükselme gözlenirken, Elazığ, Malatya, Tunceli, Van ve Kars illerinde kuraklık eğiliminde artış tespit edilmiştir. Bölgede beklenenin aksine kış mevsimlerinin kurak geçeceği belirtilmiştir. Mevsimlik kuraklığın Doğu Anadolu Bölgesindeki tarım ve hayvancılık üzerinde ciddi etkileri olacağı ve buna karşı alınması gereken tedbirlerin önemi vurgulanmıştır.

Geymen ve Dirican (2016);uluslararası iklim senaryolarına göre 2100-2500 yılları arasında gelecek 500 yıl içerisinde Türkiye kıyılarında küresel ısınma ile ilişkili deniz seviyesindeki değişimleri araştırmıştır. Türkiye kıyılarının risk durumu analizi

için Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Değerlendirme Raporundaki yüksek olasılıklı senaryo verilerinden (IPCC5, 2014) faydalanmışlar ve Türkiye'nin kıyı seviyesindeki değişimleri Mekik Radar Topografyası Misyonu (Shuttle Radar Topography Mission: SRTM) sayısal yükseklik modeli ve ARC 10,3 yazılımı kullanarak analiz etmişlerdir. Analiz işlemlerinde yıl olarak 2100, 2200, 2300, 2400 ve 2500 için önerilen senaryo verileri kullanılmıştır. Analizi yapılan riskli bölgeler Türkiye il haritasında görselleştirilmiştir. Çalışma sonuçları, analizi yapılan 500 yılda Türkiye yüzölçümünün %0.16-0.70`inin bu seviye değişimlerinden etkileneceğini ve bu olayların aynı oranda erozyona neden olacağını göstermiştir. Türkiye'de kıyı bölgelerindeki deniz seviyesi değişiminden en fazla etkilenecek iller Adana, İzmir, Samsun ve Edirne olarak belirlenmiştir. Kıyı bölgelerimizde meydana gelmesi düşünülen bu alansal değişimlerin sosyo-ekonomik ve politik açıdan etkilerinin ülke genelinde hissedilebileceği düşünülmüştür.

Öztürk ve diğerleri (2011)bir bölgesel iklim modeli (RegCM4.3,5) ve bir küresel iklim modelinin (HadGEM2) iki farklı salınım senaryosu (RCP4.5 ve RCP8.5) çıktılarından faydalanarak Türkiye`deki hava sıcaklığı ve yağış iklim değişkenlerinin mevsimlere göre geçmişten (1970-2000) geleceğe (2070-2100) değişimini araştırmışlardır. Araştırma sonuçları 21. Yüzyılın ikinci yarısından sonra Türkiye`deki ortalama hava sıcaklıklarının 3-7°C arasında artacağını, yağış miktarlarının -0.8mm\gün ile 1.2mm\gün arasında değişebileceğini ve sıcaklık artışının ülkenin batısından doğusuna gidildikçe artacağını göstermiştir.

Türkeş (2006); hava, karbondioksit birikimi, yüzey sıcaklığı ve deniz seviyesinde 21. Yüzyılda yükselmeler meydana geleceğini ve birçok olumsuz değişikliğe neden olacağını bildirmiştir. Yüzey sıcaklıkları atmosferdeki karbondioksit birikimlerinin artmasıyla 2100 yılına kadar yaklaşık 3°C, en iyi olasılıkla2-4,5°C artış olacağı öngörüsünde bulunmuştur. Bu olumsuz etkileri en aza indirmek için insan kaynaklı sera gazı salınımlarını azaltmak ve yutakların çoğaltılmasının önemini vurgulamıştır.

Turan (2018) bir çalışmasında daha önceden yayınlanmış bilimsel yayınlardan, kurumların verilerinden ve projelerinden yararlanarak Türkiye'de kuraklığın nedenleri, küresel iklim değişikliğinin su kaynaklarına ve kuraklık üzerinde etkisi incelenmiştir.

Elde ettiği incelemeler sonucunda Türkiye'de iklim değişikliğinin en büyük etkisi su kaynaklarının azalması ile ilgili olduğunu ortaya koymuştur. Türkiye`nin 2050 yılında değişen iklim koşulları nedeniyle kurak ve su fakiri ülke olacağı öngörüsünde bulunmuştur. İklim değişikliğinin tarım sektörü, bazı endüstri kuruluşları, ticaret ve toplum gibi birçok alandaki olumsuz etkilerini azaltmak için ulusal ve bölgesel bazda planlama yapılmasını önermiştir.

Bayraç ve Doğan (2016),Dünya Bankası ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü`nün 1980-2013 arasındaki zaman periyoduna ait veri tabanlarından faydalanarak ve Tarımsal Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (GSYİH), $CO_2$ emisyonları, sıcaklık ve yağış arasındaki ilişkileri ARDL modeli kullanarak araştırmışlar ve Türkiye`deki iklim değişikliğinin tarıma olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçları tarımsal verim, yağış ve GSYİH arasında pozitif bir ilişki, CO_2emisyonları ile GSYİH arasında ise negatif bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Azalan yağış ve artan CO_2 emisyonları ile tarımda verimin ve buna bağlı olarak GSYİH`nin düştüğü ve tarım sektörünün bundan negatif yönde etkilediği görülmüştür.

Tuğrul ve diğerleri (2019),Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki 9 istasyonun 1960 ve 2016 zaman periyodundaki toplam aylık yağış verilerinden faydalanarak ve Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) yöntemini kullanarak bölgede bulunan illerin kuraklık analizini yapmışlardır. Çalışma sonucunda tespit edilen toplam 154 kuraklık olayından 20`si çok şiddetli, 49`u şiddetli ve 85`i orta şiddetli sınıfına girmiştir. Adıyaman, Diyarbakır ve Gaziantep istasyonları çok şiddetli kuraklık sınıfında değerlendirilmiş olup bunlardan Diyarbakır istasyonu en fazla kuraklık süresine sahip istasyon olarak belirlenmiştir. Mardin istasyonunda çok şiddetli kuraklık olayı tespit edilmemiştir. Şiddetli kuraklık sınıfında, en çok kuraklık olayına Gaziantep, en az kuraklık olayına Mardin istasyonunda rastlanmıştır. Orta şiddetli kuraklık sınıfında en çok kuraklık olayı Diyarbakır, en uzun kuraklık süresi Kilis istasyonlarında tespit edilmiştir. Araştırma sonuçları en fazla kuraklık yaşanan istasyonun Gaziantep, en az kuraklık yaşanan istasyonun Mardin olduğunu göstermiştir. Ayrıca bölgede 1970-1979 yıllarında kuraklık olayları yaşandığını da tespit edilmiştir.

Erlat ve Türkeş (2015), Türkiye'de 81 meteoroloji ve klimatoloji istasyonunda kaydedilen maksimum ve minimum hava sıcaklıklarının 1950-2014 yılları arasındaki

dönemde gösterdiği değişiklikler ve bu değişikliklerin nedenlerini incelemişlerdir. Çalışmalarında; Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) verilerinin yanı sıra, Amerika Birleşik Devletleri, Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (NOAA), Yer Sistemleri Araştırma Laboratuvarı (ESRL), Fiziksel Bilimler Bölümü (PSD) 20. Yüzyıl Yeniden Analiz ya da çözümleme 2 Veri Setinin (20. yy Yençöz-S2) içerdiği hava ve iklim veri tabanı ve analiz olanaklarından da faydalanmışlardır. Çalışma sonuçları, Türkiye'de 1950`li yıllardan günümüze rekor minimum sıcaklık frekansında azalma, rekor maksimum sıcaklık frekansında ise artış olduğunu göstermiştir. Rekor maksimum sıcaklıklar 2000 yılında rekor minimum sıcaklıklar 1950 yılında kaydedilmiştir. Rekor maksimum sıcaklıklar 2000'li yıların başından itibaren artış göstermiştir ve en fazla rekor maksimum sıcaklık yılları sırasıyla 2010,2007 ve 2008 olarak tespit edilmiştir. Rekor minimum sıcaklıklar sırasıyla 1985, 1967 ve 1950 yıllarında gözlenmiştir. Araştırıcılar bunun nedenlerini; 2000`li yıllardan itibaren sıcak hava dalgalarının şiddetinin artış göstermesine ve soğuk hava dalgalarının şiddetinin 20. Yüzyılın ortalarından itibaren azalmasına bağlamışlardır.

Kelley ve diğerleri (2015),insan kaynaklı iklim değişikliklerinin Bereketli Hilali kapsayan alanlardaki şiddetli kuraklık, tarımsal çöküş, kitlesel insan göçü ve hükümet politikalarına etkisi incelemişlerdir. Çalışmalarında UEACRU versiyon 3.1 yağış verilerinden, Küresel Yağış Klimatoloji Merkezi v6 ızgaralı yağış setlerinden ve GHCN beta versiyon 2 yağış verilerinden faydalanmışlardır. Yüzey sıcaklıkları için CRU v3.1 verilerini ve 16 CMIP5 iklim modelini kullanmışlardır. Çalışma sonuçları; yaşanan iklim değişikliğinin insan kaynaklı olduğunu, doğal değişikliğe göre iki ile üç kat daha fazla etkiye sahip olduğunu, Bereketli Hilalde'ki iklim değişikliğinin kuraklığa ve tarımsal kıtlığa, bunun sonucunda da çiftçi ailelerin şehir merkezlerine göç etmesine neden olduğunu, hatta 2007-2010 yıllarında yaşanan kuraklığın Suriye'deki çatışmaya katkıda bulunduğunu ortaya koymuştur.

Dabanlı (2019),1971-2010 yılları arasında 250 yağış istasyonunun verilerini Meteoroloji Genel Müdürlüğü arşivlerinden, 2015 yılına ait sosyo-ekonomik verileri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) arşivlerinden temin ederek ve Bulanık Mantık Çıkarımı (BMÇ) yardımıyla Türkiye genelindeki kuraklık riskini incelenmiştir. Çalışmada standart yağış göstergesi (SYG) kullanılarak Kuraklık Afet Göstergesi

(KAG), kuraklık sonuçları ile ilgili güncel dört adet sosyo-ekonomik veri kullanılarak Kuraklık Hassasiyet Göstergesi (KHG) puanları hesaplanmıştır. Elde edilen gösterge değerleri BMÇ yardımı ile Türkiye kuraklık risk haritasına dönüştürülmüştür. Çalışma sonucunda Türkiye genelinde 5 ilin düşük, 61 ilin orta, 14 ilin yüksek kuraklık riski sınıfına girdiği tespit edilmiş, bunlar arasında en yüksek kuraklık riskine sahip ilin Konya olduğu tespit edilmiştir.

Yılmaz ve Çiçek (2018),Meteoroloji Genel Müdürlüğüne (MGM) ait 249 istasyonun aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama toplam yağış verilerinden ve Hijmans ve diğerleri (2005) tarafından geliştirilen 1 km konumsal çözünürlüğe sahip yağış model verilerinden faydalanarak ve voronoyi çokgenler kullanarak Köppen-Geiger'e göre Türkiye iklim sınıflarını belirlemişlerdir. Çalışma sonuçları ilk aşamada MGM verilerine dayanarak Türkiye`de 10 Köppen-Geiger (Bsk, Bwh, Cfa, Cfb, Csa, Csb, Dfa. Dfb, Dsa ve Dsb) iklim sınıfı bulunduğunu ortaya koymuştur. Daha sonra model verileri kullanılarak bu sınıflara Dfc, Dsc ve ET iklim sınıfları eklenmiştir. Bu durum araştırmacıların Türkiye'de bu iklim tiplerini (Dfc, Dsc ve ET) karakterize edecek meteoroloji istasyonlarının eksik olduğu yorumunu yapmalarına neden olmuştur.

Li ve diğerleri (2009);tarihsel mahsul verimi ile meteorolojik kuraklık arasındaki ilişkiyi analiz etmek için entegre bir yaklaşım kullanarak, mevcut ve gelecekteki iklim koşulları altında dünya mahsul üretimine yönelik kuraklık riskini değerlendirmişlerdir. Gelecekteki kuraklık sıklıklarını revize edilmiş Palmer Kuraklık Şiddet Endeksi kullanarak; 20 genel dolaşım modeli (GCM) iklim değişikliği modelinden ve Emisyon Senaryoları Özel Raporu (SRES) 6 emisyon senaryosundan elde edilen toplu sonuçlara dayanarak tahmin etmişlerdir. Kuraklık risk endeksini ise kuraklık-afet sıklığı, kuraklık şiddeti, üretim (verim) ve sulama kapsamının etkilerini birleştirerek oluşturmuşlardır. Mahsul veriminin düşüşü ile kuraklık risk indeksi arasındaki ilişkiyi analiz ederek gelecekteki iklim değişikliği senaryolarının mahsul üzerindeki etkisini tahmin etmişlerdir. Çalışma sonuçları; (1) küresel sıcakların artışı ile kuraklıktan etkilenen alanın 2100 yılına kadar %15,4`den %44`e yükseldiğini, (2) tüm bölgeler için ortalama ekili alan kuraklık risk indeksinin 2050 yılında 52,45`den 104,60`a, 2100 yılında ise 129,40`aulaştığını, (3) bölgeler arasında kuraklık risk indeksi değeri bakımından en

yüksek değere Afrika`da ulaşıldığını ve buna bağlı olarak gelecekteki iklim değişikliklerinin mahsullerin verim düşüş oranlarında artışlar meydana getireceğini göstermiştir. Çalışmanın ana bulgusu 21 yüzyılın sonuna kadar kuraklık-afet riskinin artan sıcaklıklarla ikiye katlanacağıdır.

Hayaloğlu (2018), iklim değişiminin tarıma ve ekonomik büyümeye etkisini Küresel İklim Risk İndeksi 2017 Raporu'na (Germanwatch, 2028) göre iklim değişikliğinden en çok etkilenen ilk 10 ülke (Bangladeş, Filipinler, Guatemala, Haiti, Honduras, Myanmar, Nikaragua, Pakistan, Tayland, Vietnam) için 1990-2016 dönemi yıllık verilerinden ve panel veri analiz tekniğinden faydalanarak araştırmıştır. Araştırma sonuçları iklim değişiminin tarımsal katma değere ve ekonomik büyümeye olumsuz etki ettiğini göstermiştir. Çalışmanın sonunda, analizi yapılan ülkelerin tarımındaki olumsuz etkilerin önlenebilmesi için iklim değişimine karşı alınacak önlemler ve uyum stratejileri hakkında önerilerde bulunulmuştur.

Calda ve diğerleri (2020),küresel iklim değişikliğine bağlı olarak üç (Antalya, Çanakkale, Muğla) orman bölge müdürlüğünün arazilerindeki olası orman yangınlarının çıkabileceği bölgeleri tahmin etmek ve önlemek amacıyla 2008-2009 yılları arasındaki iklim verilerini ve en çok kullanılan yangın indislerinden biri olan Kanada Orman Yangın Hava İndisi (FWI)'ni kullanarak analiz etmiştir. Söz konusu orman alanlarında 2008-2009 yılları arasındaki gerçekleşen orman yangın verileri ile çalışma sonucunda elde edilen FWI verileri tutarlı çıkmıştır. Çalışma sonuçları Kanada Orman Yangın Hava İndisi'ni ele alınan alanlardaki yangın riski tahmin etmede başarılı bulunmuştur.

Kandilci ve Koçak (2021),Meteoroloji Genel Müdürlüğü`nün140 istasyonundan 1967-2016 zaman diliminde alınan günlük bazdaki küresel güneş radyasyonu ve güneşlenme süresi verilerini kullanarak ve süreklilik eğrileri ve koşullu olasılık yöntemlerinden faydalanarak küresel güneş radyasyonu persistansını (küresel güneş radyasyonunun sürekliliğini tanımlayan ölçütü) hesaplanmış ve Türkiye geneli için haritalamıştır. Çalışma sonuçları ortalama global güneş radyasyonunun 2,40 kWh\m^2, güneşlenme süresinin 3,53 (saat) olduğunu ortaya koymuş, en yüksek değerlere Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde, en düşük değerlere ise Karadeniz ve

Marmara bölgelerinde ulaşılmıştır. Amanos Dağlarında ise veri eksikliğinden dolayı bir süreksizlik bölgesi ortaya çıkmıştır.

Önol ve diğerleri (2011),günümüz ve gelecekte öngörülen iklim değişikliğinin Türkiye`deki ekonomik ve sosyal etkilerini, NASA tarafından günümüz ve gelecek için hazırlanan NASA-Sonlu Hacim Genel Dolaşım Modeli (fvGCM) ile elde edilen projeksiyonlarından ve ICTP-Bölgesel İklim Modeli'nden (RegCM3) faydalanarak dinamik ölçek küçültülmesi ile araştırmışlardır. Çalışmada; günümüz ve gelecek simülasyonlarında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli`nin (IPCC) sera gazları emisyonları dikkate alınmıştır. Bu amaçla RF (1961-1990) veA2 (2071-2100) simülasyonlarına ait sıcaklık ve yağış değişkenleri Türkiye İklim Bölgeleri alansal ortalamaları bazında gerçekleştirilen mevsimsel analizler ile ayrıntılı olarak incelenmiştir. Günümüz ve gelecek arasındaki değişimler, simülasyonların 30 yıllık ortalama değerlerinin farkı alınarak (A2-RF) belirlenmiştir. Çalışma sonucunda yaz ve kış arasındaki mevsimsel sıcaklık farkının gelecekte artış eğiliminde olduğu görülmüştür. A2 simülasyonuna göre; Ege Bölgesi'nde en fazla sıcaklık artışı 5-6°Colarak yaz mevsiminde, en az sıcaklık artışı ise 2-3ºC olarak kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Ayrıca; Doğu Karadeniz dağlarında kış mevsimindeki yağışlarda artış, buna karşın Türkiye'nin güneyinde kış mevsimindeki yağışlarda azalış tespit edilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde sonbahar mevsiminde yağışlar %50 oranında artış göstermiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar daha önce konu ile ilgili yapılan bölgesel iklim değişikliği çalışmalarıyla uyum göstermiş ve modelin güvenirliliğini ortaya koymuştur.

Erlat ve Türkeş (2017), Türkiye'de 92 meteorolojik ve klimatolojik istasyonda 1950- 2016 yılları arasında kaydedilen günlük minimum hava sıcaklıklarından faydalanarak ve Mann-Kendall sıra ilişkisi katsayısını kullanarak 20ºC den yüksek (tropikal) gece sayısındaki artma veya azalma yönündeki eğilim ve değişimleri araştırmışlardır. Araştırma sonuçları; toplam 67 yıllık zaman periyodunda ele alınan 92 istasyonun 87`sinde yıllık tropikal gece sayısının artış eğiliminde olduğunu, buna karşın bazı istasyonlarda (Elazığ, Bayburt, Çorum) azalma eğiliminde olduğunu ortaya koymuştur. Tropikal gece sayılarındaki artış eğilimi; Akdeniz, Ege ve Karadeniz bölgelerindeki kıyı kuşağında bulunan istasyonlar ile Akdeniz iklimine sahip Iğdır

istasyonunda görülmüştür. İç Batı Anadolu`nun doğusu, Orta Karadeniz`in iç kısımlarında ve kuzeydoğu Anadolu'da tropikal gece sayılarındaki artış eğilimi zayıflamaktadır. Değişimler 1950-1984 ve 1985-2016 zaman periyotlarına ayrılarak karşılaştırıldığında1950-1984 döneminde 24.9 gün olan tropikal gün sayısının, 1985-2016 döneminde 36.6 güne yükseldiği görülmüştür. En düşük tropikal gün sayılarına 1976, 1968 ve 1984 yılları arasında, en yüksek tropikal gün sayılarına ise 2010, 2012 ve 2016 yılları arasında ulaşılmıştır. Elde edilen bulgulara göre iklim değişiklikleri sıcak bir rejime kaymanın yanında sıcaklık dağılımını da değiştirdiği sonucuna varılmıştır.

Gümüş (2017),Asi Havzası'ndaki kuraklığın zamansal değişimini havzada bulunan 4 akım gözlem istasyonundan elde edilen 1954-2005 zaman dilimine ait (52 yıllık) akım verilerinden faydalanarak ve Akım Kuraklık İndeksi (AKİ) yöntemi kullanarak analiz etmiştir. Çalışma sonuçları; 1954-1979 zaman periyoduna kıyasla 1980-2005 zaman periyodundaki kuraklığın daha fazla olduğunu ve geçmişten günümüze kadar kuraklık sayılarında artış olduğunu göstermiştir. Tüm istasyonlarda aşırı kuraklık, şiddetli kuraklık ve orta kuraklık sırasıyla %3, %5 ve %10 oranlarında gerçekleşmiştir. Tüm zaman ölçekleri incelendiğinde 1954,1968 ve 1969 yılları nemliliğin en fazla olduğu, 2000 ve 2001 yılları ise kuraklığın yüksek olduğu zamanlar olarak tespit edilmiştir. En şiddetli kuraklık 2000'li yılların başlangıcında görülmüştür.

Duvan ve diğerleri (2021),Sakarya Havzası'ndaki meteorolojik kuraklığın uzaysal-zamansal değişimini; havzadaki meteoroloji istasyonlarının 1956-2011 zaman periyodundaki yağış verilerini ve küresel HadGEM2-ES iklim modelinin RCP 4,5 ve 8,5 senaryolarından faydalanarak 2020-2098 zaman dilimi için ürettikleri yağış projeksiyon verilerini kullanarak araştırmıştır. Çalışmada kuraklığın şiddetini belirlemek için Standart Yağış İndisi (SYİ)'nden, uzaysal dağılımını haritalamak için Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yönteminden faydalanılmış ve Sakarya Havzasının kuraklık şiddeti-alan yüzdesi-frekans grafikleri oluşturulmuştur. RCP 4.5senaryosu ile elde edilen sonuçlarda, yağış ortalamalarında 2016-2040 zaman periyodunda %5-9 ve 2041-2099 zaman periyodunda %0-5 azalma olduğu görülmüştür. RCP8.5 senaryosuna göre ise 2016-2070 zaman periyodunda %0-5 ve 2071-2099 zaman periyodunda %5-10 azalma tespit edilmiştir. Modellerden üretilen ve

gözlemlenmiş yağış verilerinden elde edilen kuraklık şiddeti (SYİ) ve alan yüzdesi (%) frekans eğrilerine göre 2020-2098 zaman periyodunda gözlemlenmiş kuraklık şiddeti değerlerinin modellerden üretilenlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumda 2020-2098 zaman periyodunda yağışlarda ortalamadan daha az sapmalar olabileceği araştırıcılar tarafından öngörülmüştür.

Koç ve diğerleri (2022), fosil polen verilerini, günümüz dağılış verilerini, WorldClim veri tabanından biyoiklim verilerini ve CCSM4 modelinin SBM (günümüz:1960-1990) ve RCP8.5 (gelecek: 2061-2080) senaryolarından elde edilen iklim verilerini kullanarak Anadolu'daki koniferağaç (*Abiescilicia, Cedruslibani ve Juniperusdrupacea*) türlerinin iklim değişikliği senaryolarına göre son buzul maksimumu, günümüz ve gelecekteki uzaysal zamansal dağılış durumunu araştırmışlardır. Araştırıcılar tür ve dağılış modellerinin oluşturulmasında MaxEnt 3.4.1 ve ArcGIS10.5 yazılımlarından faydalanmışlardır. Çalışma sonuçları son buzul maksimumunda üç bitki türünün de Anadolu'nun güneyinde uygun yaşam alanı bulduğunu, Holosen'den günümüze dağılış alanlarını daraltarak geldiklerini ortaya koymuştur. Araştırıcılar, günümüz ve gelecekteki iklim değişmeleri sonucunda sıcaklıktaki artış nedeniyle bu türlerin yayılış alanlarının daralacağını hatta *Juniperusdrupacea* türünün Toroslar ve Amanos Dağları'ndaki yayılış alanının ortadan kalkacağını öngörmüşlerdir.

Çolak ve Memişoğlu (2021), Meteoroloji Genel Müdürlüğü`nün 1988-2018 zaman periyodundaki istasyon verilerini ve Thornwaite iklim sınıflaması yöntemini kullanarak Karadeniz Bölgesi'ndeki iklim tiplerini belirlemişlerdir. Araştırıcılar ArcGIS10.6 yazılımının Krikingenterpolasyon yönteminden faydalanarak Karadeniz Bölgesine iklim haritasını elde etmişlerdir. Çalışma sonuçları; Karadeniz Bölgesi'nin kurak-yarı nemli (Akçaabat, Bafra, Samsun ve Şebinkarahisar), yarı nemli (Artvin, Ordu ve Trabzon), nemli (Giresun, Ünye) ve çok nemli (Hopa, Rize-Pazar ve Rize) iklim tiplerine sahip olduğunu göstermiştir. İl bazında değerlendirildiğinde; Akçaabat, Bafra ve Trabzon`un 1. Derece Mezotermal, Giresun, Hopa, Ordu, Rize-Pazar, Rize ve Ünye'nin 2. Derece Mezotermal ve son olarak Artvin ve Şebinkarahisar'ın 2. Derece Mikrotermal iklim türüne sahip olduğu anlaşılmıştır. Çok yağış alan bölgeler hariç diğer

istasyonlarda su eksikliğinin yaz mevsiminde orta ve şiddetli olduğu belirlenmiştir. Akçaabat, Artvin, Bafra, Giresun, Ordu, Samsun, Şebinkarahisar, Trabzon ve Ünye istasyonlarının tam denizel özellik, Hopa, Rize-Pazar ve Rize istasyonlarının ise denizel iklim özelliklerine sahip oldukları belirlenmiştir. Araştırıcılara göre çalışma sonuçları MGM tarafından 2017 yılında gerçekleştirilen Thornwaite iklim sınıflandırması çalışmasından farlılık göstermiştir. Araştırıcılar, MGM`nin analizlerinin 2010 yılına kadar bir zaman dilimini kapsamasını ve 2010- 2018 zaman periyodunda Türkiye'de iklimin daha fark edilebilir bir şekilde değişmesini bu farklılığın nedenleri olarak yorumlamışlardır.

Gürkan ve diğerleri (2016)çalışmalarında bir bölgesel iklim modeli (RegCM4.3,5) ve bir küresel iklim modelinin (GFDLESM2M) iki farklı salınım senaryosu (RCP4.5 ve RCP8.5) çıktılarından faydalanarak dinamik ölçek küçültme yöntemiyle üç zaman periyodu (2016-2040, 2041-2070, 2071-2099) için Türkiye'nin sıcaklık ve yağış projeksiyonlarını üretmişlerdir. Çalışmada 1971-2000 zaman periyodu günümüz değerlerini temsilen referans olarak kullanılmıştır. Çalışma sonuçları, her iki salınım senaryosuna göre de 2016-2099 zaman periyodunda sıcaklıkta artışlar, yağış miktarlarında ise azalma ve düzensizlikler beklendiğini ortaya koymuştur. Sıcaklıklarda RCP4.5 salınım senaryosuna göre 1.5^{o}C, RCP8.5 salınım senaryosuna göre 2.5^{o}C artış tahmin edilmektedir. Ortalama yıllık yağışlarda ise RCP4.5 salınım senaryosuna göre 10-15 mm/yıl, RCP8.5 salınım senaryosuna göre 105-110 mm/yıl civarında azalış tahmin edilmektedir. Yağış değişimi açısından Akdeniz Bölgesi'ndeki havzaların en hassas havzalar olacağı ve en fazla sıcaklık artışının Fırat-Dicle havzalarında gerçekleşeceği öngörülmüştür.

Özdemir ve diğerleri (2020),yaptıkları bir çalışmada Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)`nin Emisyon Senaryoları Özel Raporu (SRES), Temsilci Konsantrasyon Yolları (RCP) ve Ortak Sosyo-Ekonomik Rotalar (SSP) senaryolarını incelemiş ve bu senaryolara ait verilerin ekolojik olarak gelecekteki meydana gelebilecek durumların belirlenmesindeki potansiyellerini yorumlamışlardır. Bunlardan SRES`in A1, A2, B1 ve B2 olmak üzere 4 emisyon senaryosu $CO_2$ ve sıcaklık değişimi hakkında önemli veriler üretmiştir. Örneğin 2000-2080 zaman periyodunda A1 senaryosu $CO_2$ emisyonunun 380 ppm`den 800 ppm`e yükseleceğini ve sıcaklıkta

3°C'lik bir artış olacağını; A2 senaryosu CO_2 emisyonunun 700 ppm`e yükseleceğini ve sıcaklıkta 2,8°C'lik bir artış olacağını; B1 senaryosunda $CO_2$ emisyonunun 580 ppm`e yükseleceği ve sıcaklıkta 1,8°C'lik bir artış olacağı; son olarak B2 senaryosunda CO_2 emisyonunun 550`e yükseleceği ve sıcaklıkta 2,1 °C lik bir artış olacağı öngörülmüştür. IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporunda ortaya konulan RCP`ninise RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5olmak üzere 4 emisyon senaryosuCO_2 ve sıcaklık değişimi hakkında önemli veriler üretmiştir. En iyimser senaryo olan RCP 2.6 senaryosunda; CO_2 miktarının 2050 yılında 442 ppm`e çıkacağı, ekolojik ve çevresel önlemlerin alınmasıyla 2050 yılından sonra 421ppm`e düşeceği, ortalama sıcaklığın 1.0°C artacağı; RCP4.5 senaryosuna göre CO_2 miktarının2100 `de 538 ppm`e yükseleceği, ortalama sıcaklığın 1.8°C artacağı; RCP6.0 senaryosuna göre CO_2 miktarının 2100 yılında 670ppm`e yükseleceği, ortalama sıcaklığın 2.2°C artacağı; RCP8.5 senaryosuna göre CO_2 miktarının 2100 yılında 936ppm'e, ortalama sıcaklığın 3.7 °C artacağı öngörülmüştür. IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporunda hazırlanan SSP senaryoları ise SSP1, SSP2, SSP3, SSP4 ve SSP5 olmak üzere beş adettir. Bunlardan SSP1 senaryosuna göre CO_2 miktarı 2040-2060 arasında zirve yapmaktadır ve herhangi bir önlem alınmadığında 2100 yılında 22-48 Gt'ye ulaşacağı, sıcaklığın 3-3.5 °C artacağı, SSP2 senaryosuna göre 2100 yılına kadar CO_2 miktarının 65-85 Gt olacağı, sıcaklığın 3.8-4,2°C artacağı, SSP3 senaryosuna göre 2100 yılına kadar CO_2 miktarının 76-86 Gt olacağı, sıcaklığın 3.9-4,6°C artacağı, SSP4 senaryosuna göre 2100 yılına kadar CO_2 miktarının 34-45Gt olacağı, sıcaklığın 3.5-3.8°C artacağı ve SSP5 senaryosuna göre ise 2100 yılına kadar CO_2 miktarının 104-126 Gt olacağı, sıcaklığın 4,7-5,1 °C artacağı öngörülmüştür. Araştırıcılar, iklim senaryoları için iklim verilerinin WORLDCLIMweb sayfasından temin edilebileceği bilgisini vermişlerdir.

Arslan (2019),MaxEnt 3.4.1 tür dağılım modelini kullanarak ve modelin uygulanmasında QGIS 3,6 ve ArcGIS10.6 programlarından yararlanarak Beyaz Çiçekli Yalancı Akasya (*Robiniapseudoacacia* L) türünün iklim değişimi sürecinde yayılış alanlarındaki değişimi araştırmıştır. Çalışmada Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin 2014 raporuna göre oluşturulan Topluluk İklim Sistemi Modeli (CCSM4) 2050-2070 RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryoları kullanılmış ve RCP senaryolarına göre sıcaklığın 21. Yüzyılın sonlarında 0,3-4,8°C artacağı öngörülmüştür.

Bu senaryolara göre söz konusu türün Türkiye'deki yayılış alanlarında ciddi bir azalma olduğu tespit edilmiş ve RCP 2070 senaryosuna göre; Isparta, Konya, Eskişehir ve Yozgat şehirlerinde tamamen yok olacağı gözlenmiştir.

Köse ve diğerleri (2005),Eskişehir meteoroloji istasyonundan elde ettikleri aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verilerinden ve Ankara-Kızılcahaman'dan 2 (Kasımlar Yaylası ve Soğuksu Milli Parkı) ve Eskişehir'den 2 (Kırka, Gövemce ve Otuziki Çatalçam) yöre olmak üzere 4 yöreden aldıkları örneklerde yaptıkları dendroklimatolojik analizlerden faydalanarak Anadolu`nun iklim tarihini incelemişlerdir. Bu amaçla; meteorolojik verileri biyolojik yılı temel alarak düzenlenmişler, istasyona ait su bilançosunu da Thornwaite yöntemine göre belirlemişlerdir. Böylece çalışma alanının iklim tipini okyanus iklimine yakın karasal (kontinental) olarak belirlemişlerdir. Çalışma sonuçları; 1757-2002 zaman periyodunu kapsayan Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos aylarına ait yağış tahminleri esas alındığında, Akdeniz Bölgesi'nde üç yıl süren kurak dönemin sadece bir kere 1878-1880 yılarında, iki yıl süren kurak dönemin sadece bir kere 1886-1887 yıllarında ve tek yıl süreli kurak dönemlerin 23 kere yaşandığını göstermiştir.

Akbaş (2014),Türkiye'de bulunan 96 meteoroloji istasyonuna ait 1929-2009 zaman periyodunu kapsayan sıcaklık ve yağış verilerinden, Amerika Birleşik Devletleri'nin OakRidge Ulusal Laboratuvarı, Dağıtılmış Aktif Arşiv Merkezleri (ORNL DAAC)'nin kullanılabilir su tutma kapasitesi (AWHC) verilerinden ve Palmer kuraklık şiddetiendeksi`den(PDSI) faydalanarak literatürde belirlenmiş kurak dönemlerin dağılımını belirlemiştir. PDSI kuraklık sınıfları NOAA'nın kuraklık sınıflarına göre aşırı kurak (≤-4), orta kurak (-2-2.99), normal (1.99), orta nemli (2.00-2.99), çok nemli (3.00-3.99), aşırı nemli (≥4) olmak üzere yediye ayrılmıştır. Türkiye`de kurak geçen yıllar 1971-1974 arası (dört yıl), 1983-1984 arası (iki yıl), 1989-1994 arası (6 yıl), 2001 yılı (bir yıl), 2006-2008 arası (üç yıl) olarak tespit edilmiş bu yılların hem kış (Şubat) hem de yaz (Temmuz) dönemi alansal dağılımı yapılmıştır. Çalışma sonuçları, kuraklığın en hafif şiddette yaşandığı bölgenin Karadeniz Bölgesi, en fazla hissedildiği bölgenin ise Marmara Bölgesi olduğunu göstermiştir. Aşırı şiddetli kuraklığın ülke genelinde hemen hemen her bölgede dağılım gösterdiği ve aşırı kuraklık şiddetine ve derecesine göre illerin Marmara, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, İç

Anadolu, Ege, Karadeniz bölgeleri şeklinde sıralandığı görülmüştür. Çalışma sonuçları; Temmuz ayı PDSI`ne göre 1972 yılında Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu, Batı Karadeniz ve Çatalca-Kocaeli'nde; 1983 yılında Güneydoğu Anadolu ve Batı Karadeniz`de; 1984 yılında Ege ve Karadeniz`de; 1991 yılında İzmir Körfezi`n

den sahil şeridini takip ederek Marmara Bölgesi ve Batı Karadeniz Bölgesi`ne kadar uzanan alanlarda; 1992 yılında Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu, Akdeniz ve Karadeniz ve Çatalca-Kocaeli'nde; 1993 yılında Doğu Anadolu ve Orta-Batı Karadeniz`de nemli ve aşırı nemli alanlar bulunduğunu göstermiştir. Şubat ayı PDSI`ne göre ise; 1971 yılında Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu ve Orta-Batı Karadeniz`de; 1973 yılında İç Anadolu, Yukarı Fırat, Orta-Batı Karadeniz ve Ege`de; 1974 yılında Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu, İç Anadolu, Orta-Batı Karadeniz ve Ergene-Güney Marmara`da; 1989 yılında Ege ve Güney Anadolu`da; 1990 yılında Güneydoğu Anadolu ve Yıldız Dağları-Antalya Körfezi arasında uzanan alanlarda; 1991 yılında Yıldız Dağları-Ege ve Akdeniz kıyıları-Güneydoğu ve Doğu Anadolu hattını talip eden kuşak alanında; 2001 yılında Türkiye`nin tamamında, 2007 yılında Doğu Anadolu, Antalya ve Batı Karadeniz hariç Türkiye`nin tamamında, 2008 yılında Doğu Anadolu, Batı Karadeniz hariç Türkiye`nin tamamında şiddetle-aşırı kurak alanların varlığı gözlemlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar önceki bilimsel çalışmalarla paralellik göstermiş ve Türkiye`de kuraklığın izlenme ve yönetiminde PSI`den faydalı bir araç olarak faydalanılabileceğini göstermiştir.

İrcan ve Duman (2021),Şanlıurfa meteoroloji istasyonlarından alınan 1970-2019 zaman periyoduna ait iklim verileri ve Thornthwaite iklim sınıflandırmasından faydalanarak çalışma alanının su bilançosunu, yağış rejimi ve etkinliğini, sıcaklık rejimi ve etkinliğini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçları ArcGIS10.5 yazılımının veri enterpolasyonu fonksiyonunu kullanarak haritalamışlar ve çalışma alanının iklim tanımlamasını yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar, araştırma sahasının sıcaklık değerinde artış ve yağış değerlerinde azalma olduğunu, bu nedenle kurak ve yarı kurak iklim özellikleri taşıdığını ve hassas bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlara göre sahada kuraklık ve su yönetimi açısından uygun politikaların yürütülmesi önerilmiştir.

Acar-Deniz ve Gönençgil (2017), Meteoroloji Genel Müdürlüğü`nün 1966-2014 yılları arasındaki 156 istasyonuna ait maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık verilerinden faydalanarak yaz ve kış mevsimlerindeki aşırı sıcaklıkların uzaysal-zamansal dağılımını analiz etmişlerdir. Çalışma kapsamında 8 sıcaklık indisi (günlük sıcaklık genişliği, buzlu gün, donlu gün, sıcak gün, aşırı sıcak gün, aşırı serin gece, yaz günü ve tropikal gece sayısı) kullanılmıştır. Araştırıcılar sıcaklıklardaki değişimi incelemek için Kruskal-Wallis, verilerdeki değişkenliğin doğasını ve boyutunu incelemek için Mann-Kendall sıra katsayısı yöntemlerinden faydalanmışlardır. Çalışma sonuçları, Türkiye`deki sıcaklıkların 1990`lı yıllardan sonra değişiklikler gösterdiğini, aşırı sıcak gün, yaz günü ve tropikal gece sayılarında artış olduğunu, aşırı serin gecelerde anlamlı azalma ve donlu ve buzlu gün sayılarında hafif azalma olduğunu göstermiştir. Günlük sıcaklık genişliğinde ise kış ve yaz mevsimlerinde zayıf bir artış gözlemlenmiştir.

Aydın ve diğerleri (2017),Meteoroloji Genel Müdürlüğü`nün 1975-2010 yılları arasındaki 228 istasyonuna ait ortalama yağış verilerinden ve Krigingenterpolasyon yönteminden faydalanarak Türkiye yağış tahmin haritasını oluşturmuş ve Flamehlanm su kıtlık indeksini kullanarak yorumlamışlardır. Kişi başına düşen su miktarının hesaplanmasında Türkiye'nin 26 su havzasının yıllık ortalama yağış miktarları ve bu havzaların sınırları içinde yaşayan nüfus verilerinden faydalanmışlardır. Araştırma sonuçları Flamehlanm su kıtlık indeksine göre; Marmara'nın mutlak su kıtlığı, Küçük Menderes`in su kıtlığı, Sakarya'nın su sıkıntısı olan kategorilerinde yer aldığını ve geriye kalan 23 havzanın su baskısı yok kategorisinde olduğunu göstermiştir. Elde edilen bulgulara göre; kullanabilir su miktarı kişi başına en fazla Çoruh Havzası'nda tespit edilmiştir. Çoruh Havzasını sırasıyla Batı Akdeniz, Aras ve Burdur havzalarının takip ettiği bildirilmiştir. Türkiye'nin gelişen ekonomisi ve büyümekte olan şehirleriyle su fakiri olma riskiyle karşı karşıya bir ülke olduğu, bu nedenle su kaynaklarının geliştirilmesi, yönetilmesi ve korunmasına yönelik planlamaların önemi ve gerekliliği vurgulanmıştır.

Tuğrul ve diğerleri (2019),Meteoroloji Genel Müdürlüğü online veri tabanından 9 ilin 1960-2016 zaman periyoduna ait meteoroloji istasyon (aylık toplam yağış)

verilerini kullanarak ve Efektif Kuraklık İndisi (EKİ) yöntemi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinin kuraklık analizini yapmışlardır. Çalışma sonuçları 1960-2016 zaman periyodunda Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde toplam 154 kuraklık olayı yaşandığını ortaya koymuştur. Bu olayların 85'i orta şiddetli, 49'u şiddetli ve 20'si çok şiddetli kuraklık sınıfına girmektedir. Söz konusu kuraklık olaylarının 22'si Adıyaman, 15'i Batman, 24'ü Diyarbakır, 25'i Gaziantep, 20`si Kilis, 9'u Mardin, 18'i Siirt, 21'i Şanlıurfa istasyonlarında tespit edilmiştir. Adıyaman, Diyarbakır ve Gaziantep istasyonları çok şiddetli kuraklıkların en fazla sayıda yaşandığı istasyonlar olarak gözlemlenmiştir. Mardin istasyonunda çok şiddetli kuraklık tespit edilmemiştir. Diyarbakır çok şiddetli kuraklık sınıfında en büyük süre ve genliğe sahip olan istasyon olarak öne çıkmıştır. Şiddetli kuraklık olayları en fazla sayıda Gaziantep istasyonunda, en az sayıda Mardin istasyonunda tespit edilmiştir. Şiddetli kuraklık sınıfında en büyük süre ve genliğe sahip istasyon Siirt olarak belirlenmiştir. Orta şiddetli kuraklık olayları en fazla Diyarbakır en az Mardin istasyonlarında tespit edilmiştir. Orta şiddetli kuraklık sınıfında en fazla kuraklık süresi Kilis istasyonunda görülmüştür. Süresi ve genişliği en etkili istasyonlar olarak Adıyaman, Gaziantep ve Siirt istasyonları, en az kuraklık yaşanan istasyon olarak Mardin istasyonu ön plana çıkmıştır. Kuraklık olayları yıllara göre incelendiğinde; araştırma alanında en fazla kuraklık olaylarının 1970-1979 yılları arasında meydana geldiği görülmüştür. En fazla tespit edilen kuraklık sınıfları çok şiddetli ve orta şiddetli kuraklıklar olmuştur. Şiddetli kuraklığın en çok sayıda gerçekleştiği dönemler 1980-1989 ve 1990-1999 yılları, en az sayıda gerçekleştiği dönem 1960-1969 yılları arası tespit edilmiştir.

Akçakaya ve diğerleri (2013), yaptıkları bir çalışmada 2007 yılında IPCC'nin Temsili Konsantrasyon Yolları (RCPs)'ndaki yeni konsantrasyon senaryolarını ayrıntılı bir şekilde anlatarak kamuya tanıtımını amaçlamışlardır. Araştırıcılar, iklim değişikliği ile ilgili önceden yapılan çalışmaların yeni yaklaşım ve yeni senaryolarla birleştirilmesinin ve Türkiye için yeni iklim ve sosyo-ekonomik projeksiyonların üretilmesinin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı uyum çalışmalarının yürütülmesinde yol gösterici bir kılavuz olabileceğini vurgulamışlardır.

Riahi ve diğerleri (2017)yaptıkları bir genel bakış çalışmasında Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar (SSP) ve bunların enerji, arazi kullanımı ve sera gazı

emisyonları üzerindeki etkileri hakkında bilgilendirmelerde bulunmuşlardır. Çalışmada SSP'lerin (SSP1, SSP2, SSP3 ve SSP4) gelişme yöntemleri ayrıntılı bir şekilde ele alınarak bunlar hakkında genel bilgiler sunulmuş ve demografik ve ekonomik etkenler tartışılmıştır. Sonuçta, SSP senaryoları enerji, arazi kullanımı değişimi, temel emisyonlar ve iklim değişikliği hakkında çıkarımlar yapılmış, azaltma senaryoları üzerinde durulmuş ve SSP'lerin gelecekteki boyutları ayrıntılı bir şekilde tartışılmıştır.

Temelde SSP'ler; SSP1 (sürdürülebilirlilik –azaltım ve uyum için düşük zorluklar), SSP2 (yolun ortası- azaltım ve uyum için orta düzeyde zorluklar), SSP3 (azaltım ve uyum için yüksek zorluklar), SSP4 (azalmak için düşük zorluklar, uyum sağlamak için yüksek zorluklar) ve SSP5 (fosil yakıtlı gelişme- azaltmak için yüksek zorluklar, uyum sağlamak için düşük zorluklar) olmak üzere beş modelden oluşmaktadır. SSP senaryolarına göre; 2100 yılında dünya nüfusunun en düşük SSP1 ve SSP5 `e göre yaklaşık 7 milyar kişiye ulaşacağı, en yüksek nüfusun SSP3`de 12,6 milyar kişiye ulaşacağı ve SSP2 de (yolun ortası senaryosu) nüfusun 9,4 milyar ile zirve yapacağı öngörüsünde bulunulmuştur. Senaryolara göre dünyada kentleşmelerin yüzyılın sonuna kadar devam edeceği, SSP1 ve SSP5 te kentleşmenin hızlı, SSP3`de zayıf kentsel planlama ile sınırlandırıldığı varsayılmaktadır. SSP GSYİH tahminlerine göre ülkeler arasında büyük eşitsizlikler görülmektedir. Bu tahminlere göre, SSP4 ve SSP3 yüksek eşitsizlik, SSP1 ve SSP5 ise en hakkaniyete uygun gelişmeler tasvir etmektedir. SSP`lere göre enerji sistemleri SSP3 ve SSP5 senaryolarında kömürün egemen olduğu, SSP1 ve SSP4 senaryolarında yenilenebilir ve nükleer kaynakların yer aldığı ve bu senaryoların ortasında da SSP2 yer aldığı görülmektedir.SSP3 senaryosu yüksek nüfus artışı, düşük tarımsal üretkenlik, çevreyi korumaya çok az önem veren ve bunun sonucunda ortaya çıkan yanlış arazi kullanımı neticesinde ormanların ve diğer doğal arazilerin büyük ölçekte kaybedildiği modeldir. SSP1 senaryosu, düşük nüfus artışı, sınırlı gıda artığı, sağlıklı beslenme ve yüksek tarımsal üretkenlik nedeniyle ormanları ve doğal alanların genişlemesini tasvir eden senaryodur. SSP4 ve SSP5 senaryoları ise tarım arazilerinde bir miktar artış ile arazi kullanımında küçük değişiklikler içermektedir. Araştırmadaki değerlendirmelere göre, SSP3`deki yüksek ekonomik büyüme varsayımlarının daha yüksek iklim değişikliğine yol açtığı ve SSP1`de ise düşük ışınımsal zorlamanın mümkün olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

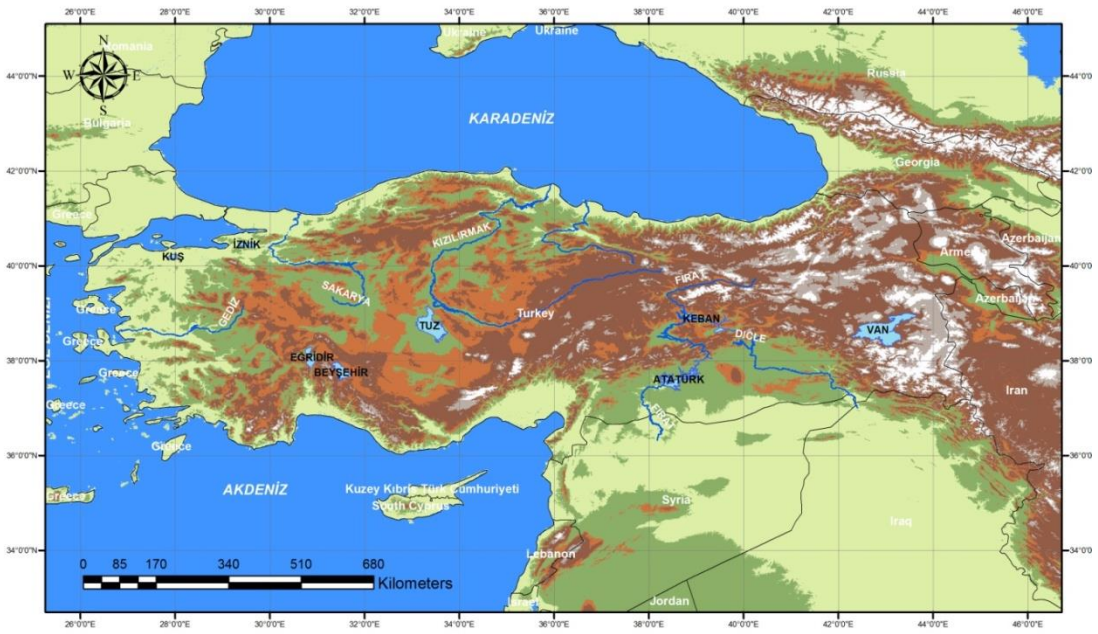
Cebeci ve diğerleri (2019),çalışmalarında 2000-2016 zaman periyoduna ait 81 meteorolojik istasyonunun yağış ve sıcaklık verilerinden faydalanarak ve Bagnouls-Gaussen kuraklık indisini kullanarak Türkiye'deki kurak dönemleri araştırmışlar ve Türkiye kuraklık haritasını hazırlamışlardır. Türkiye iller bazında 15 yılda meydana gelen değişimler incelenirken istasyonlardaki eksik verilerden dolayı Uşak için 14 yıllık, Bitlis için 6 yıllık ve Eskişehir için 8 yıllık veriler kullanılmıştır. Araştırma sonuçları 2000-2016 zaman periyodunda çok kurak sınıfında 24 ilin, yarı nemli sınıfında 12 ilin ve nemli sınıfında 8 ilin bulunduğunu göstermiştir. Araştırıcılar Türkiye'de 15 yıllık zaman diliminde; nemli alanların %0.01 ve kurak alanların %1.79 oranında azaldığını buna karşın yarı nemli alanların %1.25 ve çok kurak alanların %0.56 oranında arttığını gözlemlemişlerdir. Araştırma sonuçları Türkiye'deki kuraklık eğiliminin alansal olarak %1.80 oranında artış gösterdiğine dikkat çekmiştir. Türkiye'de çok kurak alanların Güneydoğu Anadolu Bölgesinin tamamında, Akdeniz ve Ege bölgelerinin büyük bir bölümünde yer aldığı, yarı nemli ve nemli alanların ise sadece Karadeniz'in kıyı alanlarında görüldüğü bildirilmiştir. Çalışmada elde edilen harita; Orta ve Doğu Anadolu bölgelerindeki iklimin kurak iklim sınıfından çok kurak iklim sınıfına doğru bir geçiş yaptığını ortaya koymuştur.

Keskiner ve Çetin (2022);1965-2020 zaman periyoduna ait Akçakale, Birecik, Ceylanpınar, Siverek ve Şanlıurfa meteorolojik istasyonları ve 2000-2020 zaman periyoduna ait Bozova istasyonunun yağış ve sıcaklık verilerinden faydalanarak ve Erinç Kuraklık İndeksi (EKİ)'ni kullanarak söz konusu alanın CBS ortamında haritalarını oluşturmuşlardır. Çalışmalarında ayrıca; Man-Kendall gidiş test istatistiğini kullanarak kuraklık gidiş haritası, Sen`in gidiş eğim istatistiği kullanarak Sen`in gidiş haritalarını oluşturmuş ve bu haritaları birlikte değerlendirilerek kuraklığın alansal ve zamansal gidişleri ve büyüklüklerini ortaya koymuşlardır. Araştırmada elde edilen sonuçlara göre kuzeyden güneye gidildikçe kuraklık şiddeti artmaktadır. Erinç kuraklık indeksi iklim sınıflandırmasına göre Halfeti, Birecik, Akçakale, Harran, Ceylanpınar ve Viranşehir kurak iklim sınıfında, Şanlıurfa, Bozova ve Hilvan yarı kurak iklim sınıfında, Siverek ve çevresinin yarı nemli iklim sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir. Araştırıcılar, Atatürk, Birecik ve Karkamış barajlarının Şanlıurfa ve civarında (Bozova hariç) kuraklığı önlemeyeceği sonucuna ulaşmışlardır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

Türkiye mutlak konum olarak 26°-45° Doğu meridyenleri ile 36°-42° Kuzey paralellerinde bulunan üç tarafı denizler tarafından çevrili bir yarımadadır. Türkiye topraklarının yüzölçümü 814.578km^{2}'dir. Topraklarının %3'ü (24,378 km^{2}) Avrupa kıtasında, %97'si (790.200 km^{2}) Asya kıtasında yer almasıyla hem Avrupa hem de Asya ülkesidir. Türkiye'nin kara sınırları 2.753 km uzunluğunda, denizler kıyı uzunluğu 8.333km'dir. Türkiye Akdeniz, Ege, Marmara, Karadeniz, İç Anadolu, Güney Anadolu ve Doğu Anadolu olmak üzere yedi coğrafi bölgeye ayrılmıştır. Ülkenin kuzeyinde; Karadeniz, batıda; Ege Denizi, kuzeybatısında; Yunanistan, Bulgaristan, doğusunda; Gürcistan, Ermenistan, Nahçıvan, İran ve güneyinde; Irak, Suriye ve Akdeniz tarafından çevrilmiştir (Şekil2.1).



Şekil 2.1. Türkiye'nin sınırları ve topografik özellikleri.

Türkiye ortalama yüksekliği 1132 m olan hem yüksek hem de engebeli bir topografyası bulunmaktadır. Ülkede yükselti genel olarak batıdan doğuya doğru artmaktadır. Yükselti basamaklarının kapladığı alan bakımından incelendiğinde 0-500m

arasında yer alan alanlar ülkenin %17,5'ini, 500-1000m arasındaki alanlar %26,6'sını ve 1000-20000 m arasındaki alanlar ise %45,9 unu kaplamaktadır. Türkiye 3. Jeolojik zamanda Doğu Avrupa Platformu, Afrika ve Arabistan platformlarının birbirine yaklaşmaları sonucunda yeryüzü şekilleri çok engebeli ve doğu-batı doğrultusunda sıralar halinde uzanan dağlık bir görünüm kazanmıştır. Ülkenin kuzeyinde Avrupa'nın Alpidlerinin devamı olan Kuzey Anadolu Dağları, güneyinde Avrupa'nın Dinaridlerinin devamı olan Toros Dağları, orta kesiminde de yüksek ve kapalı havza (Konya Ovası), doğusunda ise yüksek platolar yer almaktadır (Atalay, 2011; Özey, 2012).

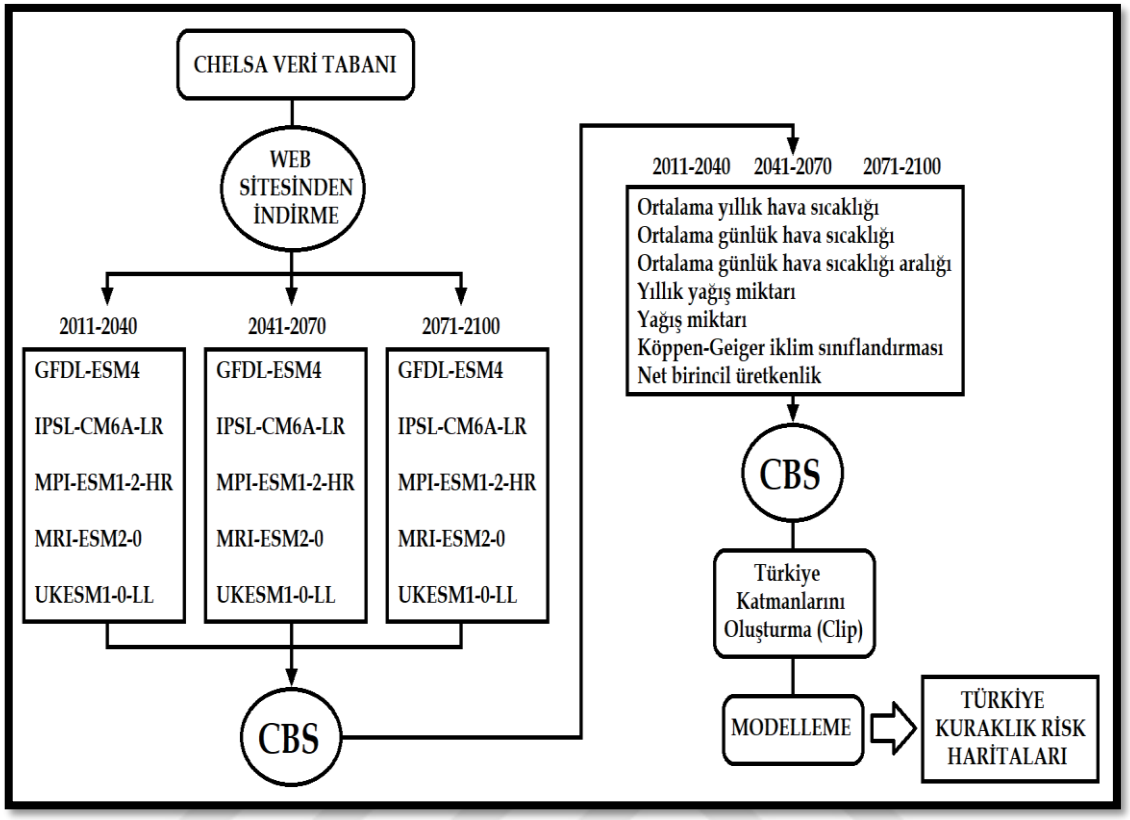
Türkiye 36-42 ° kuzey enlemlerinde yer almasından dolayı orta kuşak iklim bölgesi ve subtropikal iklim kuşağının Akdeniz iklim bölgesinde bulunmaktadır. Akdeniz iklimi Akdeniz kıyı kesimi ve Ege Denizi kıyı kesimlerinde görülürken, yükselti, enlem, yeryüzü şekillerinin iklimi etkilemesiyle iç kısımlarda karasal iklim, Karadeniz kıyılarında ılıman okyanus iklimi görülmektedir. Türkiye'nin mutlak konumu itibariyle yaz (tropikal) ve kış (polar) mevsimlerinde farklı hava kuvvetlerinin etkisi altında kalmaktadır ve farklı sıcaklık koşullarının yaşanmasına neden olmaktadır. En yüksek sıcaklıklar Türkiye'nin güneyinde görülürken en düşük sıcaklıklar kuzeydoğusunda görülmektedir (Atalay, 2011; Özey, 2012).

Türkiye akarsu ve göller bakımından çevresinde bulunan ülkeler arasında en zenginidir. Türkiye'de 26 adet nehir havzası bulunmaktadır. Başlıca önemli akarsular; Kızılırmak, Yeşilırmak, Çoruh, Sakarya, Fırat, Dicle, Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz, Susurluk, Göksu, Ceyhan ve Seyhan nehirleridir. Sınırlarımız içerisinde yer alan en uzun akarsu 1355km ile Kızılırmak nehridir. Türkiye'de akarsular döküldüğü yere göre Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi, Akdeniz, Hazar Denizi, Basra Körfezi Kapalı havzaya dökülen akarsular olmak üzere 7 havzaya ayrılmaktadır. Akarsuların döküldükleri yere göre Karadeniz'e; Kızılırmak, Yeşilırmak, Sakarya, Çoruh, Filyos, Akdeniz'e; Asi, Ceyhan, Seyhan, Göksu, Aksu, Ege'ye; Meriç, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Marmara'ya; Susurluk çayı, Basra Körfezine; Fırat, Dicle, Hazar Gölüne; Aras, Kura nehirleridir. Türkiye'de akarsular, karlı-dağ, yağmurlu Akdeniz v Yağmurlu karlı rejim olmak üzere üç farklı rejim bulunmaktadır. Türkiye orta derecede göle sahip bir ülkedir. Türkiye'de toplam 9000km²yi geçen 200 tane göl bulunmaktadır. Türkiye'de bulunan göllerin %75'ini oluşturan en büyük beş göl sırasıyla; Van Gölü (3713km²), Tuz gölü (1620km²), Beyşehir Gölü(650km²),

Eğirdir Gölü (468km²) ve İznik Gölü (298km²). Türkiye'de göller oluşumu bakımından tektonik göller (Eğirdir, Tuz Gölü, Manyas), Krater Gölleri (Acıgöl, Nemrut), buzul gölleri (Camiligöl, Deli Göl), karstik göller (Karagöl), lav set gölü (Van Gölü), heyelan set gölleri (Yedi Göller, Abant), alüvyal set gölleri (Köyceyiz, Bafa), lagün, denizle bağlantılı göller (Akyatan, Akyayan Gölleri, Küçükçekmece, Büyükçekmece) olmak üzere 8 grupta toplanmaktadır (Güney, 2001; Atalay, 2011; Özey, 2012).

2.2. YÖNTEM

Bu projede kullanılacak veri tabanları CHELSA internet adresinden indirilerek, Tüm Türkiye için CBS çatısı altında değerlendirilerek analiz edilmiştir. Çalışmada takip edilen metodoloji akış diyagramı Şekil 12`de verilmiştir. Buna göre; birinci aşamada 2021-2100 yıllarına ait ilgili veri tabanları indirilmiştir. İkinci aşamada her bir yönteme (GFDL-ESM4, IPSL-CM6A-LR, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0 ve UKESM1-0-LL) göre elde edilen veri tabanları Arc/GIS (versiyon 10) Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımında açılarak kontrol edilmiş ve bunlardan çözünürlük ve semantik doğruluk açısından en iyi sonucu verebilecek olanlar belirlenmiştir. Üçüncü aşamada belirlenen veri tabanlarından seçilerek indirilen iklim değişkenleri CBS içinde Türkiye Sınırları kullanılarak kesilmiştir (clip). Son aşamada ise Türkiye için elde edilen veri tabanları kullanılarak yapılacak olan modelleme çalışmaları sonucunda Türkiye kuraklık risk alanları belirlenerek(haritalanacak) ve yorumlanmıştır. Tüm CBS uygulamaları Arc/GIS9 yazılımında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.2. Çalışmada takip edilecek metodoloji akış diyagramı.

CHELSA'nın tüm değişkenleri zamana dayalıdır ve günlük, aylık veya yıllık ortalamaları içerir, ancak bunların karışımlarını içermez. Anlık parametreler sağlanmaz. Aylık zaman ortalamalı dosyalar, genellikle sinoptik saatlere dayalıdır. Aylık dosyalar, artık yılları hesaba katarak takvim aylarının ortalamalarını temsil eder. Aylık ortalamalar için, her dosya tek bir ay içerir. Yıllık araçlar veya birikimler için dosyalar tek bir yılı içerir. Klimatolojik değerler için, bir dosya belirli bir dönemin ortalamalarını içerir, örneğin 1981-2010 gibi (Beck vd., 2020; Karger vd., 2017; Karger ve Zimmerman, 2019; Karger vd., 2020; Karger ve Zimmerman, 2021, Karger vd., 2021).

CHELSA veri tabanı açık erişimli bir veri tabanı olup resmi web adresinden ulaşılabilmektedir. (https://envicloud.wsl.ch/#/?prefix=chelsa%2Fchelsa_V2%2FGLOBAL%2F). Söz konusu web adresindeki veri tabanları ilk aşamada kapsadıkları zaman periyodlarına göre 1981-2010, 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 olmak üzere toplam dört ana

kategoride sunulmaktadır (Beck vd., 2020; Karger vd., 2017; Karger ve Zimmerman, 2019; Karger vd., 2020; Karger ve Zimmerman, 2021, Karger vd., 2021). Bu ana kategoriler altında sunulan veri tabanları ise aşağıda özetlendiği gibidir.

1981-2010

Bu zaman periyodunu içeren veri tabanları 5km, bio, cmi, hurs, pet, pr, scfWind, tas, tasmax, tasmin, tcc ve vpd olmak üzere toplam 12 alt kategoride sunulmaktadır. Bunların içeriği aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

5km: 5 km piksel çözünürlüklü yağış miktarı (pr), ortalama günlük hava sıcaklığı (tas), ortalama günlük maksimum hava sıcaklığı (tasmax) ve ortalama günlük minimum hava sıcaklığı (tasmin) verilerini içermektedir. Bunlar eski veri tabanları olduğu için günümüzde kullanılan verilerin bazılarını içermemektedir.

Bio: Biyoiklim katmanlarını ve bununla ilgili bazı iklimsel parametrelere ait verileri içermektedir. Bu veri tabanında toplam 19 Biyoiklim katmanı bulunmaktadır. Bunlar; ortalama yıllık hava sıcaklığı (bio1), ortalama günlük hava sıcaklığı aralığı (bio2), izotermallik (bio3), sıcaklık mevsimselliği (bio4), en sıcak ayın ortalama günlük maksimum hava sıcaklığı (bio5), en soğuk ayın ortalama günlük minimum hava sıcaklığı (bio6), yıllık hava sıcaklığı aralığı (bio7), en yağışlı çeyreğin günlük ortalama hava sıcaklıkları ortalaması (bio8), en kurak çeyreğin günlük ortalama hava sıcaklıkları ortalaması (bio9), en sıcak çeyreğin günlük ortalama hava sıcaklıkları ortalaması (bio10), en soğuk çeyreğin günlük ortalama hava sıcaklıkları ortalaması (bio11), yıllık yağış miktarı (bio12), en yağışlı ayın yağış miktarı (bio13), en kurak ayın yağış miktarı (bio14), yağış mevsimselliği (bio15), en yağışlı çeyreğin aylık ortalama yağış miktarı (bio16), en kurak çeyreğin aylık ortalama yağış miktarı (bio17), en sıcak çeyreğin aylık ortalama yağış miktarı (bio18) ve en soğuk çeyreğin aylık ortalama yağış miktarıdır (bio19).

cmi: iklim nem indeksi (climatemoistureindex), yağış (P) ile potansiyel evapotranspirasyon (PET) arasındaki farktır. Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur

hurs: Bağıl Nem (relativehumidity) havanın gerçek buhar basıncını doymuş buhar basıncına bölüp 100 ile çarpılmasıyla bulunur. Başka bir deyişle havanın nemle doygunluk yüzdesidir. Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur.

pet: Potansiyel Evapotranspirasyon, bitkilerden terlemeyle ve topraktan buharlaşmayla olan su kayıplarının mm cinsinden ifadesi olup tarımsal uygulamalar özellikle sulama için önemli bir parametredir. Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur.

pr: Yağış birim alana düşen yağış miktarının kg/m2 olarak ifadesidir. Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur.

scfWind: Yüzey rüzgar hızının m/s olarak ifadesidir. Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur.

Tas: Ortalama günlük hava sıcaklığıdır (^{o}C). Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur

Tasmax: ortalama günlük maksimum hava sıcaklığıdır (^{o}C). Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur

Tasmin: ortalama günlük minimum hava sıcaklığıdır (^{o}C). Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur

Tcc: Toplam Bulut Örtüsü tüm görünür bulutlar tarafından kapsanan gökyüzü yüzdesidir (% bulutluluk). Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur

Vpd: Buhar basıncı açığı (vaporpressuredeficit) havanın doymuş buhar basıncından gerçek buhar basıncının çıkarılmasıyla hesaplanır birimi kilopaskal veya hektopaskal'dır. Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur.

2011-2040

Bu zaman periyodunu içeren veri tabanları GFDL-ESM4, IPSL-CM6A-LR, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0 ve UKESM1-0-LL olmak üzere toplam 5 alt kategoride sunulmaktadır (Tablo 1). Aslında bu kategoriler verilerin elde edildiği merkezleri ve verileri üretirken uyguladıkları yöntemleri ifade etmektedir. İçerdikleri iklim değişenleri aynıdır sadece kurum, yöntem ve uzaysal çözünürlükleri farklıdır.

Tablo2.1. CHELSA CMIP6 ISIMIP3 verileri için iklim zorlama verileri ve kaynakları. Modellerin önceliği, ISIMIP3b protokolünün önerilerini takip etmektedir (Karger ve Zimmerman, 2021).

İSİM	model	Kurum	Yerel Çözünürlük	Topluluk Üyesi	Öncelik
GFDL-ESM4	gf l-esm4	Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi, Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı, Princeton, NJ 0854 , ABD	288x180	r1i1p1f1	1
UKESM1-0-LL	ukesm1-0-ll	Met Bürosu Hadley Merkezi, Fitzroy Road, Exeter, Devon, EX1 3PB, Birleşik Krallık	192x144	r1 1p1f2	2
MPI-ESM1-2-HR	mpi-esm1-2-hr	Max Planck Meteoroloji Enstitüsü, Hamburg 20146, Almanya	384x192	r1i1p1f1	3
IPSL-CM6A-LR	ipsl-cm6a-lr	Pierre SimonLaplace Enstitüsü, Paris 75252, Fransa	144x143	r1i1p1f1	4
MRI-ESM2-0	mri-esm2-0	Meteoroloji Araştırma Enstitüsü, Tsukuba, Ibaraki 305-0052, Japonya	320x160	r1i1p1f1	5

Tablo 2.1`de ismi verilen alt kategorilerde sunulan verilerin içeriği aynıdır, sadece üretildikleri kurum ve kullanılan yöntemler farklıdır. Tüm bu alt kategorilerde sunulan veriler **bio, pr, tas, tasmax, tasmin**, olmak üzere toplam 5 kalemde özetlenebilir.

Bio: Biyoiklim katmanlarını ve bununla ilgili bazı iklimsel parametrelere ait verileri içermektedir. Bu veri tabanında toplam 19 Biyoiklim katmanı bulunmaktadır. Bunlar; ortalama yıllık hava sıcaklığı (bio1), ortalama günlük hava sıcaklığı aralığı (bio2), izotermallik (bio3), sıcaklık mevsimselliği (bio4), en sıcak ayın ortalama günlük maksimum hava sıcaklığı (bio5), en soğuk ayın ortalama günlük minimum hava sıcaklığı (bio6), yıllık hava sıcaklığı aralığı (bio7), en yağışlı çeyreğin günlük ortalama hava sıcaklıkları ortalaması (bio8), en kurak çeyreğin günlük ortalama hava sıcaklıkları ortalaması (bio9), en sıcak çeyreğin günlük ortalama hava sıcaklıkları ortalaması (bio10), en soğuk çeyreğin günlük ortalama hava sıcaklıkları ortalaması (bio11), yıllık yağış miktarı (bio12), en yağışlı ayın yağış miktarı (bio13), en kurak ayın yağış miktarı (bio14), yağış mevsimselliği (bio15), en yağışlı çeyreğin aylık ortalama yağış miktarı

(bio16), en kurak çeyreğin aylık ortalama yağış miktarı (bio17), en sıcak çeyreğin aylık ortalama yağış miktarı (bio18) ve en soğuk çeyreğin aylık ortalama yağış miktarıdır (bio19). Bio kapsamında biyoiklim katmanlarına ilaveten fcf, fgd, gdd (0, 5, 10), gddlgd (0, 5, 10), gdgfgd (0, 5, 10), gsl, gsp, gst, kg (0, 1, 2, 3, 4, 5), lgd, ngd (0, 5, 10), npp, scd, swe olmak üzere toplam 27 iklimsel parametre daha bulunmaktadır. Bunlarla ilgili açıklamalar Tablo 2`de verilmiştir.

Pr: Yağış miktarıdır, birim alan başına kütle (kg/m^2) anlamına gelir. Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur.

Tas: Ortalama günlük hava sıcaklığıdır, saatlik ERA5 verilerinden 2 metrede günlük ortalama hava sıcaklıklarını (^oC) ifade eder. Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur.

Tasmax: Ortalama günlük maksimum hava sıcaklığıdır, saatlik ERA5 verilerinden 2 metrede günlük ortalama maksimum hava sıcaklıklarını (^oC) ifade eder. Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur.

Tasmin: Ortalama günlük minimum hava sıcaklığıdır, saatlik ERA5 verilerinden 2 metrede günlük ortalama minimum hava sıcaklıklarını (^oC) ifade eder. Bu veri tabanı aylık ortalama olarak on iki katman olarak sunulmuştur.

CHELSA veri tabanlarındaki 2041-2070 ve 2071-2100 periyodlarına ait veriler de 2011-2040'daki gibi sunulmakta ve iklim değişkenleri için aynı kısaltmalar kullanılmaktadır.

Araştırıcılar söz konusu veri tabanları internetten ziplenmiş dosya halinde indirilerek, herhangi bir bilgisayarda uygun bir CBS yazılımında kendi çalışma alanları için raster haritalara dönüştürüp uzaysal analizini yapabilmekte ve böylece iklim değişikliğinden en fazla etkilenebilecek alanları tespit edip belirleyebilmektedir. Zaten bu veri tabanlarının kullanım amacı da budur.

Tablo 2.2.GFDL-ESM4, UKESM1-0-LL, MPI-ESM1-2-HR, IPSL-CM6A-LR, MRI-ESM2-0, Biyoiklim Veri Tabanlarında Bulunan İklim Değişkenlerinin Özellikleri (Karger ve Zimmerman, 2021).

Kısa İsim	**Uzun İsim**	**Birim**	**Ölçek**	**Telafi**	**Açıklama**
bio1	ortalama yıllık hava sıcaklığı	°C	0,1	-273,15	1 yıl boyunca günlük ortalama hava sıcaklıklarının yıllık ortalaması
bio2	ortalama günlük hava sıcaklığı aralığı	°C	0,1	0,00	1 yıl boyunca ortalama sıcaklıkların ortalama günlük aralığı
bio3	İzotermallik	°C	0,1	0,00	sıcaklıklarda günlük değişimin yıllık değişime oranı
bio4	sıcaklık mevsimselliği	°C	0,1	0,00	aylık ortalama sıcaklıkların standart sapması
bio5	en sıcak ayın ortalama günlük maksimum hava sıcaklığı	°C	0,1	-273,15	Herhangi bir aylık günlük ortalama maksimum sıcaklığın en yüksek sıcaklığı
bio6	en soğuk ayın ortalama günlük minimum hava sıcaklığı	°C	0,1	-273,15	Herhangi bir aylık günlük ortalama maksimum sıcaklığın en düşük sıcaklığı
bio7	yıllık hava sıcaklığı aralığı	°C	1,1	0,00	En Sıcak Ayın Maksimum Sıcaklığı ile En Soğuk Ayın Minimum Sıcaklığı arasındaki fark
bio8	en yağışlı çeyreğin günlük ortalama hava sıcaklıkları ortalaması	°C	0,1	-273,15	Yılın en yağışlı çeyreği belirlenir (en yakın aya kadar)
bio9	en kurak çeyreğin günlük ortalama hava sıcaklıkları ortalaması	°C	0,1	-273,15	Yılın en kurak çeyreği belirlenir (en yakın aya kadar)
bio10	en sıcak çeyreğin günlük ortalama hava sıcaklıkları ortalaması	°C	0,1	-273,15	Yılın en sıcak çeyreği belirlenir (en yakın aya kadar)
bio11	en soğuk çeyreğin günlük ortalama hava sıcaklıkları ortalaması	°C	0,1	-273,15	Yılın en soğuk çeyreği belirlenir (en yakın aya kadar)
bio12	yıllık yağış miktarı	kg m-2	0,1	0,00	Accumulatedprecipitationamountover 1 year
bio13	en yağışlı ayın yağış miktarı	kg m-2	0,1	0,00	En yağışlı ayın yağışı
bio14	en kurak ayın yağış miktarı	kg m-2	0,1	0,00	En kurak ayın yağışı.
bio15	yağış mevsimselliği	kg m-2	0,1	0,00	Varyasyon Katsayısı, bu tahminlerin ortalamasının yüzdesi olarak ifade edilen aylık yağış tahminlerinin standart sapmasıdır (yani yıllık ortalama)

Tablo 2. 2. (Devamı) GFDL-ESM4, UKESM1-0-LL, MPI-ESM1-2-HR, IPSL-CM6A-LR, MRI-ESM2-0, Biyoiklim Veri Tabanlarında Bulunan İklim Değişkenlerinin Özellikleri (Karger ve Zimmerman, 2021).

bio16	en yağışlı çeyreğin aylık ortalama yağış miktarı	kg m-2	0,1	0,00	Yılın en yağışlı çeyreği belirlenir (en yakın aya kadar)
bio17	en kurak çeyreğin aylık ortalama yağış miktarı	kg m-2	0,1	0,00	Yılın en kurak çeyreği belirlenir (en yakın aya kadar)
bio18	en sıcak çeyreğin aylık ortalama yağış miktarı	kg m-2	0,1	0,00	Yılın en sıcak çeyreği belirlenir (en yakın aya kadar)
bio19	en soğuk çeyreğin aylık ortalama yağış miktarı	kg m-2	0,1	0,00	The coldestquarter of the year is determined (tothenearestmonth)
gdgfgd0	0°C'nin üzerinde ilk büyüme derecesi günü	Jülyengünü	-	-	0°C'nin üzerinde yılın ilk günü
gdgfgd5	5°C 'nin üzerinde ilk büyüme derecesi günü	jülyen günü	-	-	5°C'nin üzerinde yılın ilk günü
gdgfgd10	10°C 'nin üzerinde ilk büyüme derecesi günü	jülyen günü	-	-	10°C'nin üzerinde yılın ilk günü
fcf	Don değişim sıklığı	Sayı	-	-	tmin veya tmax'ın 0°C'nin üstüne veya altına düştüğü olayların sayısı
gdd0	Büyüme derecesi günleri 0°C'nin üzerindeki ısı toplamı	°C	0,1	0,00	Bir yıl boyunca 0°C sıcaklığın üzerindeki tüm günlerin eklemeli ısı toplamı
gdd5	Büyüme derecesi günleri 5°C'nin üzerindeki ısı toplamı	°C	0,1	0,00	Bir yıl boyunca 5°C sıcaklığın üzerindeki tüm günlerin eklemeli ısı toplamı
gdd10	Büyüme derecesi günleri 10°C'nin üzerindeki ısı toplamı	°C	0,1	0,00	Bir yıl boyunca 10°C sıcaklığın üzerindeki tüm günlerin eklemeli ısı toplamı
gddlgd0	0°C'nin üzerinde son büyüme derecesi günü	jülyen günü	-	-	0°C'nin üzerinde yılın son günü
gddlgd5	5°C'nin üzerinde son büyüme derecesi günü	jülyen günü	-	-	5°C'nin üzerinde yılın son günü
gddlgd10	10°C'nin üzerinde son büyüme derecesi günü	jülyen günü	-	-	10°C'nin üzerinde yılın son günü
Gsl	Büyüme (yetiştirme) mevsimi uzunluğu TREELIM	gün sayısı	-	-	Büyüme (yetiştirme) mevsimi uzunluğu

Tablo 2. 2. (Devamı) GFDL-ESM4, UKESM1-0-LL, MPI-ESM1-2-HR, IPSL-CM6A-LR, MRI-ESM2-0, Biyoiklim Veri Tabanlarında Bulunan İklim Değişkenlerinin Özellikleri (Karger ve Zimmerman, 2021).

Gsp	Büyüme (yetiştirme) mevsimi günlerinde birikmiş yağış miktarı TREELIM	kg m-2	0,1	0,00	TREELIM'e göre büyüme mevsimi boyunca tüm günlerde biriken yağış toplamı (https://doi.org/10.1007/s00035-014-0124-0)
Gst	Büyüme (yetiştirme) mevsiminin ortalama sıcaklığı TREELIM	°C	0,1	-273,15	TREELIM'e göre tüm büyüme (yetiştirme) mevsimi günlerinin ortalama sıcaklığı (https://doi.org/10.1007/s00035-014-0124-0)
Lgd	Büyüme (yetiştirme) mevsiminin son günü TREELIM	jülyen günü	-	-	TREELIM'e göre büyüme mevsiminin son günü (https://doi.org/10.1007/s00035-014-0124-0)
Fgd	Büyüme mevsiminin ilk günü TREELIM	jülyen günü	-	-	TREELIM'e göre büyüme mevsiminin ilk günü (https://doi.org/10.1007/s00035-014-0124-0)
ngd0	Büyüme derecesi günleri sayısı	gün sayısı	-	-	Tas > 0°C olduğu gün sayısı
ngd5	Büyüme derecesi günleri sayısı	gün sayısı	-	-	Tas > 5°C olduğu gün sayısı
ngd10	Büyüme derecesi günleri sayısı	gün sayısı	-	-	Tas > 10°C olduğu gün sayısı
kg0	Köppen-Geiger iklim sınıflandırması	Sınıf	-	-	KöppenGeiger [Koeppen, W.,Geiger, R. (1936): Handbuch der Klimatologie. GebrüderBorntraeger, Berlin. Wikimedia.]
kg1	Köppen-Geiger iklim sınıflandırması	Sınıf	-	-	KöppenGeigerwithout As/Awdifferentiation [Koeppen, W.,Geiger, R. (1936): Handbuch der Klimatologie. GebrüderBorntraeger, Berlin. Wikimedia.]
kg2	Köppen-Geiger iklim sınıflandırması	Sınıf	-	-	KöppenGeigerafterPeel et al. 2007 [Peel, M. C.,Finlayson, B. L., McMahon, T. A. (2007): Updatedworldmap of theKoeppen-Geigerclimateclassification. Hydrologyandearthsystemsciencesdiscussions , 4(2), 439-473. Free Access.]
kg3	Köppen-Geiger iklim sınıflandırması	Sınıf	-	-	Wissmann 1939 [Wissmann, H. (1939): Die Klima-undVegetationsgebieteEurasiens: BegleitwortezueinerKarte der KlimagebieteEurasiens. Z. Ges. Erdk. Berlin, p.81-92.]
kg4	Köppen-Geiger iklim sınıflandırması	Sınıf	-	-	Thornthwaite 1931 [Thornthwaite, C. W. (1931): Theclimates of North America: accordingto a newclassification. Geographicalreview, 21(4), 633-655. JSTOR.]
kg5	Köppen-Geiger iklim sınıflandırması	Sınıf	-	-	Troll-Pfaffen[Troll, C. &Paffen, K.H. (1964): Karte der Jahreszeitenklimate der Erde. Erdkunde 18, p5-28 Free Access]

Tablo 2. 2. (Devamı) GFDL-ESM4, UKESM1-0-LL, MPI-ESM1-2-HR, IPSL-CM6A-LR, MRI-ESM2-0, Biyoiklim Veri Tabanlarında Bulunan İklim Değişkenlerinin Özellikleri (Karger ve Zimmerman, 2021).

scd	Kar örtüsü günleri	Sayı	-	-	TREELIM'deki kar paketi modeli uygulaması kullanılarak hesaplanan karla kaplı gün sayısı (https://doi.org/10.1007/s00035-014-0124-0)
swe	Kar suyu eşdeğeri	kg m-2	0,1	0,00	Kar eridiğinde sıvı su miktarı
npp	Net birincil üretkenlik	g C m−2 yr−1	0,1	0,00	"Miami modeli"ne göre hesaplanmıştır, Lieth, H., 1972. "Modellingtheprimaryproductivity of theearth. Nature andresources", UNESCO, VIII, 2:5-10.
pr	Yağış miktarı	kg m-2	0,1	0,00	Miktar, birim alan başına kütle anlamına gelir. "Precipitation" in theearth'satmospheremeansprecipitation of water in allphases.
tasmax	Ortalama günlük maksimum 2m hava sıcaklığı	°C	0,1	-273,15	Saatlik ERA5 verilerinden 2 metrede günlük ortalama maksimum hava sıcaklıkları
tas	Ortalama günlük hava sıcaklığı	°C	0,1	-273,15	Saatlik ERA5 verilerinden 2 metrede günlük ortalama hava sıcaklıkları
tasmin	Ortalama günlük minimum hava sıcaklığı	°C	0,1	-273,15	Saatlik ERA5 verilerinden 2 metrede günlük minimum hava sıcaklıkları

CHELSA üç farklı iklim senaryo belirleyicisi (ssp126, ssp370 ve ssp585)kullanılarak üretilen iklim veri tabanlarını sağlamaktadır.

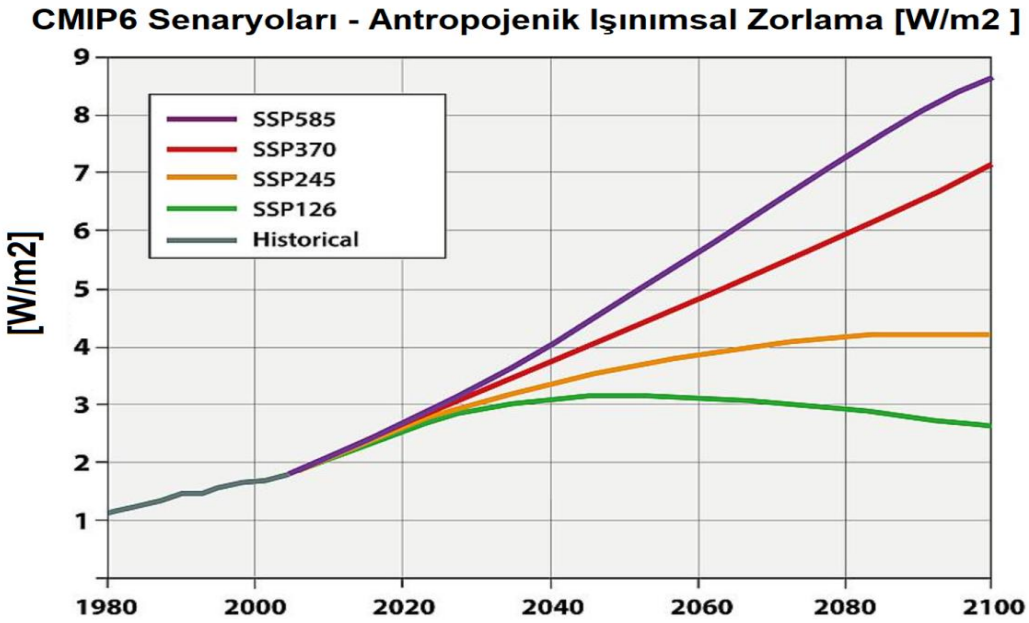
Tablo 2. 3. İklim Senaryo Belirleyicileri

Senaryo Belirleyici	**Açıklama**
ssp126	Genel dolaşım modellleri (GCMs) tarafından simüle edilen SSP1-RCP2.6 iklimi
ssp370	Genel dolaşım modellleri (GCMs) tarafından simüle edilen SSP3-RCP7 iklimi
ssp585	Genel dolaşım modellleri (GCMs) tarafından simüle edilen SSP5-RCP8.5 iklimi

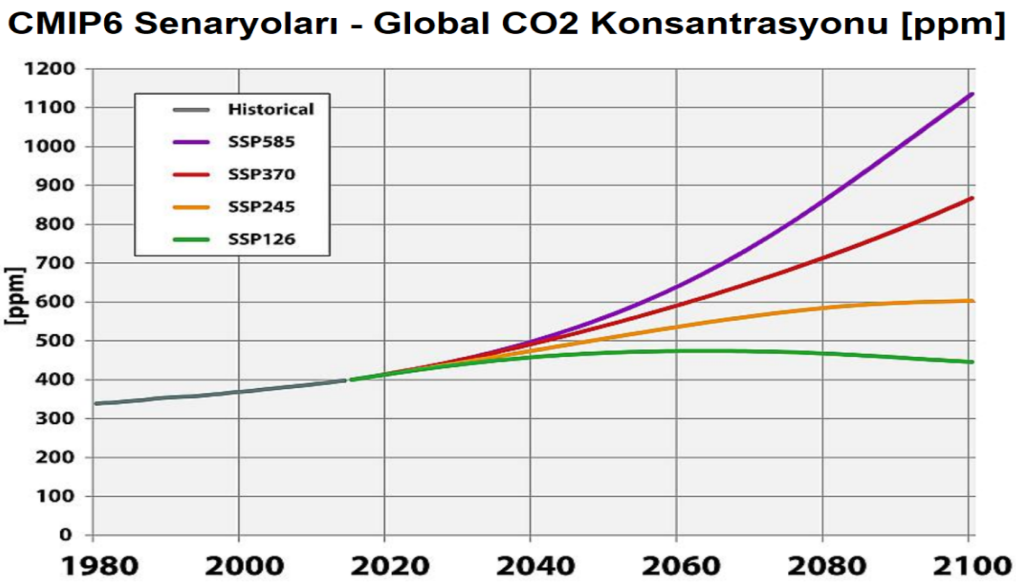
SSP585: 2100 yılına kadar 8,5 W/m²'lik ek bir ışıma kuvveti ile bu senaryo, literatürde açıklanan senaryolar aralığının üst sınırını temsil eder. Sosyoekonomik nedenlerle birleştirilen CMIP5 senaryosu RCP8.5'in bir güncellemesi olarak anlaşılabilir.

SSP370: 2100 yılına kadar 7 W/m² ile bu senaryo, tüm senaryoların üst-orta kısmındadır. RCP senaryolarından sonra yeni tanıtılmış ve RCP6.0 ile RCP8.5 arasındaki boşluğu kapatmıştır.

SSP126: 2100 yılına kadar 2,6 W/m² ile bu senaryo, iyimser senaryo RCP2.6'nın yeniden yapımıdır ve 2°C hedefiyle uyumlu bir gelişimi simüle etmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu senaryo da iklim koruma önlemlerinin alındığını varsaymaktadır.



Şekil 2.3. CMIP6 Senaryoları Antropojenik Işınımsal Zorlama [W/m2]



Şekil 2.4. CMIP6 Senaryoları Global CO2 konsantrasyonu [ppm].

Şekil 2. 3'de, seçilen senaryolardan kaynaklanan ek insan yapımı ışınımsal zorlamanın zamansal gelişimi gösterilmektedir. Sanayi öncesi seviyeyle karşılaştırıldığında, günümüzün ışınımsal zorlaması 2,5 Watt arttı, bu da Dünya yüzeyinin metrekaresi başına modern bir bisiklet farı için gereken elektrik gücüne yaklaşıyor. Şekil2.4 'de gösterilen küresel CO2 konsantrasyonlarındaki ilgili eğilimler çok benzer görünmektedir.

Gelişen teknolojiler, değişen devlet politikaları ve artan nüfusun etkisiyle 2100 yılına kadar sıcaklıkların 2 °C in üstünde olacağı öngörülmektedir. SSP126 2°C'lik senaryosunun gerçekleşmesi için ülkelerin politikalarında köklü değişiklikler yapması ve insanlığın konfor alanlarını terk etmesi gerekir. Gelişen teknolojiler ve değişen yaşam şartları doğrultusunda sürekli ortan CO2 miktarı 2°C'lik artışın altında kalması çok zor gözükmektedir. Bizi bekleyen en yakın orta ucu temsil eden senaryo ssp370 olarak gözükmektedir ve gelişen teknolojiler, sürekli artan nüfus ve ülkelerin üzerine düşeni yerine getirmemesi durumunda kötümser senaryo olan ssp585 senaryosu gerçekleşme durumu söz konusu olmaktadır. Henüz hiçbir ülke karbondioksit emisyonu azaltma politikasını gerçekleştirmediği için bu İki senaryoya daha yakınız. Bu nedenle araştırma konusu orta senaryo SSP370 ve yüksek senaryo olan SSP585 senaryolarını orta ve üst sınır olarak karşılaştırarak ele alınmıştır.

2.3. ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ

Geniş alanlarda, uzun zaman boyunca gözlenen sıcaklık, yağış, nem, basınç, rüzgâr gibi hava olaylarının ortalaması olarak tanımlanan iklim, dünya tarihi boyunca belirli zaman periyotlarında değişmektedir. Başka bir anlatımla dünyamız oldukça uzun zaman dilimlerinde ısınmakta ve soğumaktadır. Ancak, son yıllarda dünyamızdaki insan faaliyetlerine bağlı olarak fosil yakıtların (petrol ve kömür) aşırı tüketilmesinin sonucunda atmosferdeki sera gazlarının özellikle karbondioksit (CO_2) gazının hızla artması küresel ısınma süreçlerini hızlanmıştır. Başta kuraklık ve buna bağlı susuzluk olmak üzere, yangın, fırtına, sel ve heyelan gibi doğal afetlerin artmasına neden olan küresel ısınmanın; insanoğlunun ve diğer canlıların susuz kalmasına yol açarak,

biyolojik çeşitliliğin azalması, tarımın verimsizleşmesi gibi bugünden ön göremediğimiz başka birçok problemi de beraberinde getireceği açıktır.

Türkiye`nin küresel ısınmadan en fazla etkilenecek ülkelerden biridir. Ancak bu etkilenmenin ülkenin coğrafik konumu, denizlerle çevrili olması, kendine has topografyası ve orografik nitelikleri nedeniyle farklı bölgelerde farklı düzeylerde olacağı tahmin edilmektedir. Örneğin, zaten çölleşme tehlikesi altında bulunan Güney Doğu ve İç Anadolu gibi kurak ve yarı kurak bölgelerle ve yeterli suya sahip olmayan yarı nemli Ege ve Akdeniz bölgelerinin daha fazla etkileneceği öngörülmektedir (Öztürk, 2002). İklim değişiminin doğal ekosistemlere, biyoçeşitliliğe, orman yangınlarına, su yetersizliğine ve tarıma olumsuz yansımaları olacaktır. Örneğin, Türkiye`nin tahıl ambarı olarak kabul edilen Konya`da önümüzdeki yıllarda buğday ve arpa üretiminin %18 düşeceği ve Türkiye`nin olası gıda güvenliği sorunu veya küresel ısınma ile gıda kıtlığı ile karşı karşıya kalabileceği tahmin edilmektedir (Watanabe ve Kanber, 2007).

Küresel ısınma içinde yaşadığımız çağda dünya devletlerinin ve Türkiye`nin en önemli gündem maddesidir ve buna dayanarak ülkeler iklim verilerine dayalı küresel veri tabanlarını oluşturarak belli başlı resmi ağ adreslerinde açık erişimli olarak araştırıcıların hizmetine sunmuştur. Bu iklimsel veri tabanlarının oluşturulmasında coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama (UA) gibi günümüzün gelişmiş teknolojilerinin yanı sıra çeşitli senaryolar ve bunlara bağlı olarak geliştirilmiş olan hesaplama teknikleri kullanılmaktadır. Bu veri tabanlarından biri de Dünyanın Kara Yüzey Alanları İçin Yüksek Çözünürlüklü Klimatolojiler (Climatologies at High Resolution For The Earth’s Land Surface Areas: CHELSA) olarak isimlendirilen veri tabanıdır.

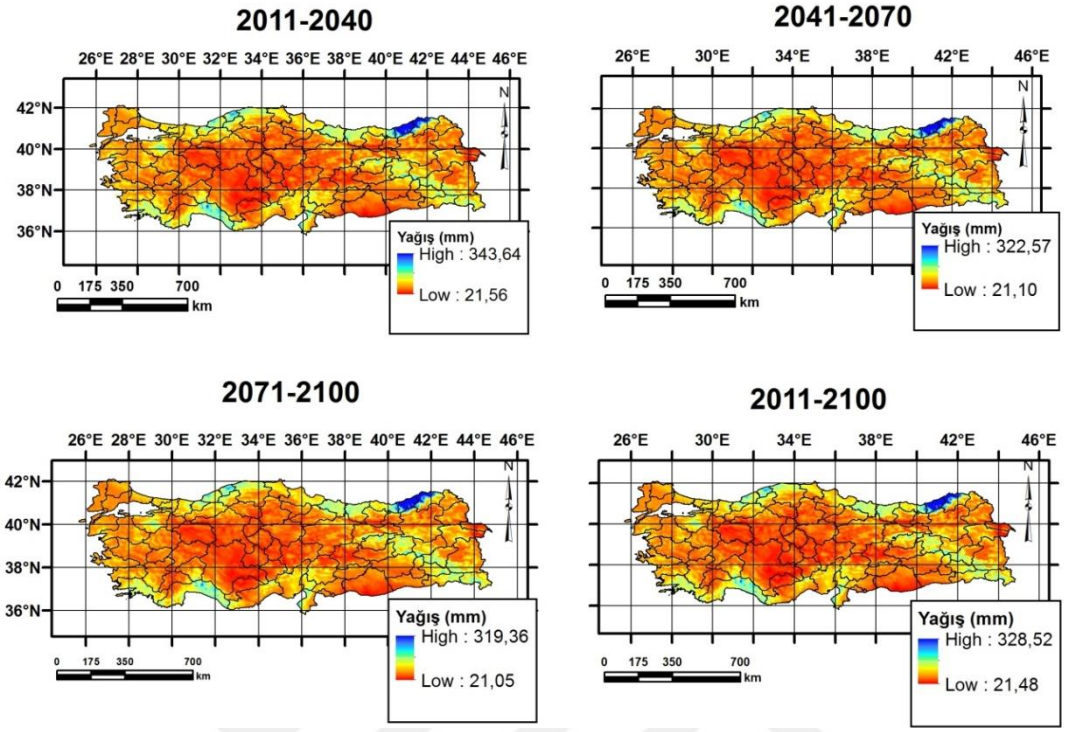
Bu araştırmada; küresel iklim değişimi sürecinde, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve CHELSA sayısal iklim veri tabanları ile Türkiye kuraklık risk alanlarının 2011-2100 yılları arasındaki zamansal-mekansal değişiminin belirlenmesi (haritalanması) ve yorumlanması amaçlanmaktadır.

3. BULGULAR

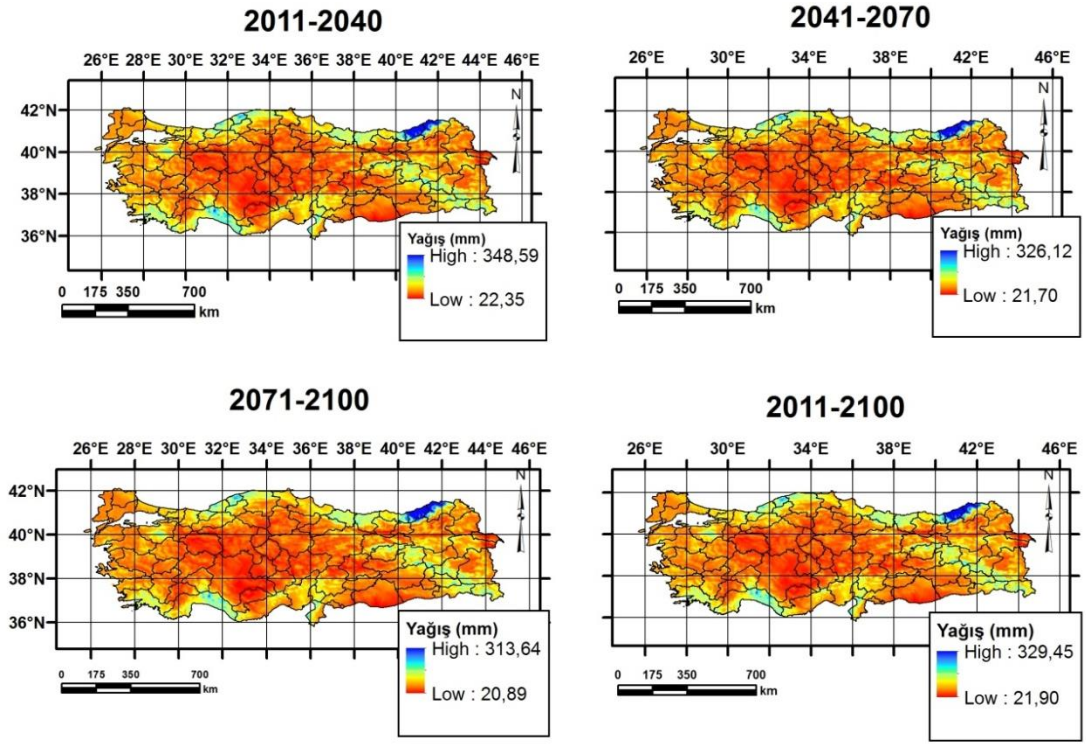
3.1. TÜRKİYE'DE 2011-2100 YILLARI ARASINDA YAĞIŞIN YILLARA GÖRE DEĞİŞİMLERİ VE EĞİLİMLERİ

Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, kuzey ve güney kıyıları boyunca paralel uzanan sıra dağlar ve matematik konumu yağışın dağılışını belirleyen en önemli faktörlerdendir. Türkiye'nin kuzey ve güney kıyılarında paralel uzanan sıradağları hem nemli hava kütlelerinin yükselmesini sağlayarak orografik yağışlara neden olur hem de nemli hava kuvvetlerinin iç kısımlara ulaşmasını engellemektedir. Bu nedenle yağışlar dağların denize bakan yamaçlar yağış alırken, iç kesimlere fazla yağış düşmemektedir (Şensoy ve diğerleri, 2008).

Türkiye'de yıllık ortalama yağış 1991-2020 yıllarında 573,4mm, 2022 yılında 550.9mm olarak ölçülmüştür (MGM, 2023c). SSP 370 senaryosuna göre yıllık ortalama yağış, 2011-2040 yıllarında 343,64 mm, 2041-2070 yıllarında 322,57 mm, 2071-2100 yıllarında 319.38mm olarak ölçülürken SSP585 senaryosuna göre yıllık ortalama yağış, 2011-2040 yıllarında 348,59 mm, 2041-2070 yıllarında 326,12mm ve 2071-2100 yıllarında ise 313,64mm olarak ölçülmüştür. Yağışlar verileri incelendiğinde, 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasındaki dönemlerdeki yıllık ortalama yağışlar Türkiye yıllık ortalama yağış miktarının altında kaldığı görülmüştür (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).



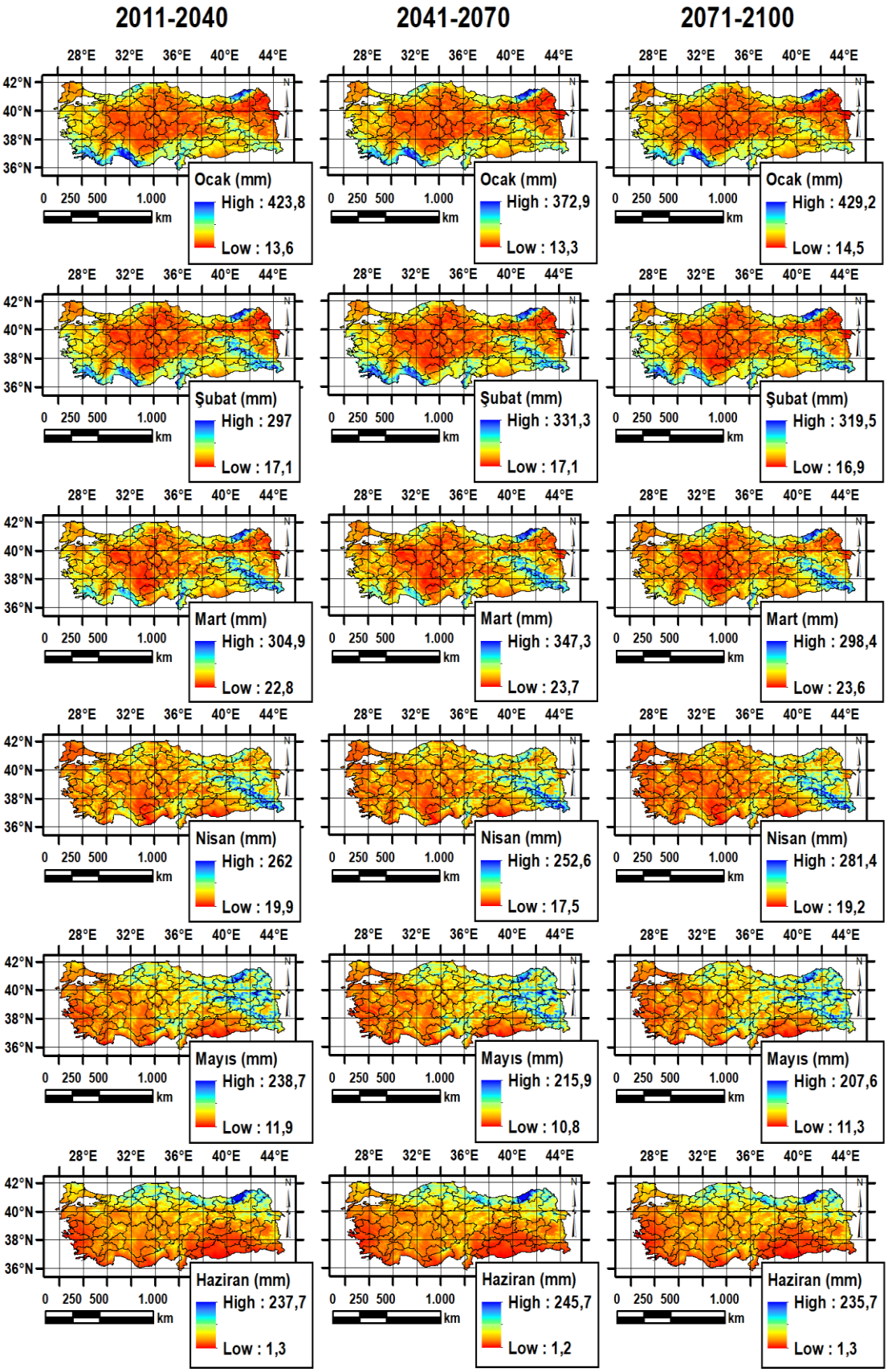
Şekil 3. 1. Türkiye'de SSP370 senaryosuna göre yıllık ortalama yağışın alansal dağılımı.

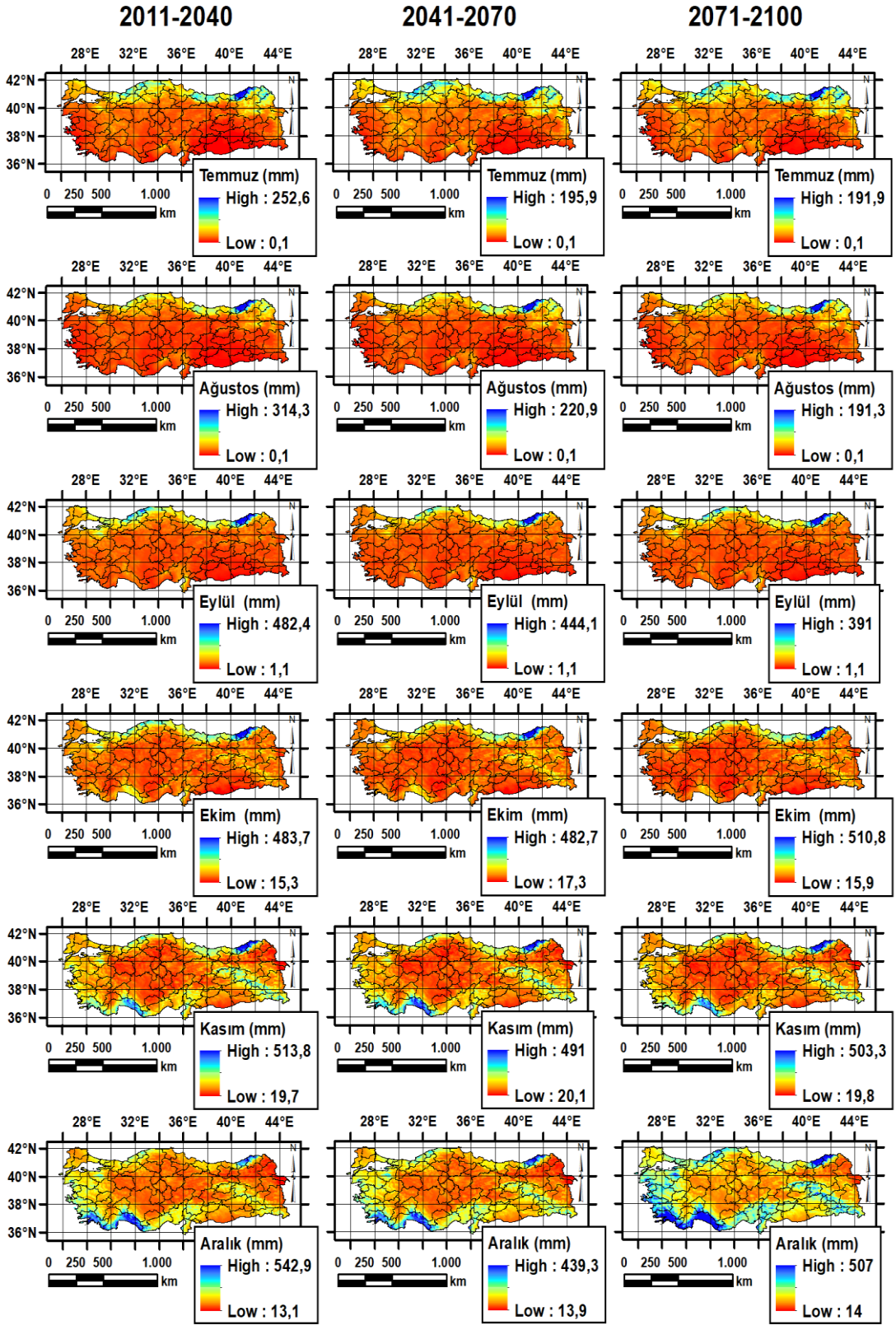


Şekil 3.2. Türkiye'de SSP 585 senaryosuna göre yıllık ortalama yağışın alansal dağılımı.

Türkiye'de 2011-2100 yılları arasındaki yağış verilerine göre yağış miktarında sürekli bir azalma göstermektedir. Yıllık yağış ortalamaların geneline bakıldığında en fazla artış Rize ve Artvin'de gözlenmektedir. Yağışlar Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu'nun kuzeyi ve İç Anadolu en az yağış alan yerlerdir (Şekil 3. 1 ve Şekil 3. 2).

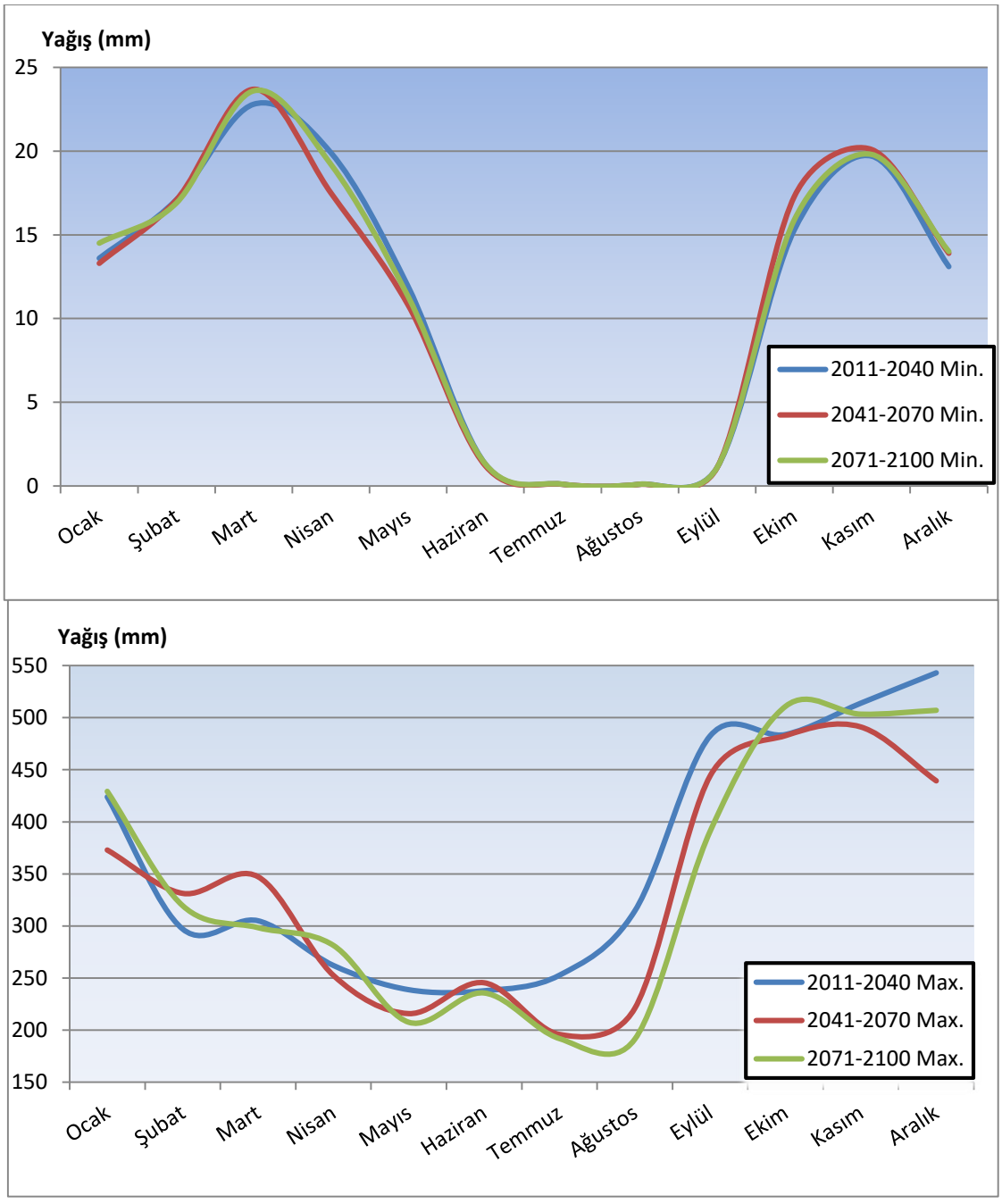
Türkiye'de yıllık ortalama yağış dağılışına bakıldığında SSP 585 senaryosu SSP 370 senaryosunun dağılışıyla benzerlik göstermektedir. İki senaryoda da 2011-2100 yılları arasında yağış dağılımında azalma gözlenmektedir. İki senaryoda yağışlar kıyılardan iç kesimlere doğru azalmaktadır. En fazla yağışlarda başta Doğu Karadeniz (Rize ve Artvin) olmak üzere Karadeniz Kıyıları, Bursa, Muğla, Antalya, Hatay, Hakkâri Siirt, Bitlis, Muş, Bingöl, Tunceli ve Erzincan illerinde artış beklenmektedir. Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu ve Doğu Anadolu'nun kuzey kısımlarında yağış miktarının en az olduğu yerlerdir (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).


2011-2040
2041-2070
2071-2100
28°E 32°E 36°E 40°E 44°E
42°N 40°N 38°N 36°N
0 250 500 1.000 km
Ocak (mm)
High : 423,8
Low : 13,6
Ocak (mm)
High : 372,9
Low : 13,3
Ocak (mm)
High : 429,2
Low : 14,5
Şubat (mm)
High : 297
Low : 17,1
Şubat (mm)
High : 331,3
Low : 17,1
Şubat (mm)
High : 319,5
Low : 16,9
Mart (mm)
High : 304,9
Low : 22,8
Mart (mm)
High : 347,3
Low : 23,7
Mart (mm)
High : 298,4
Low : 23,6
Nisan (mm)
High : 262
Low : 19,9
Nisan (mm)
High : 252,6
Low : 17,5
Nisan (mm)
High : 281,4
Low : 19,2
Mayıs (mm)
High : 238,7
Low : 11,9
Mayıs (mm)
High : 215,9
Low : 10,8
Mayıs (mm)
High : 207,6
Low : 11,3
Haziran (mm)
High : 237,7
Low : 1,3
Haziran (mm)
High : 245,7
Low : 1,2
Haziran (mm)
High : 235,7
Low : 1,3

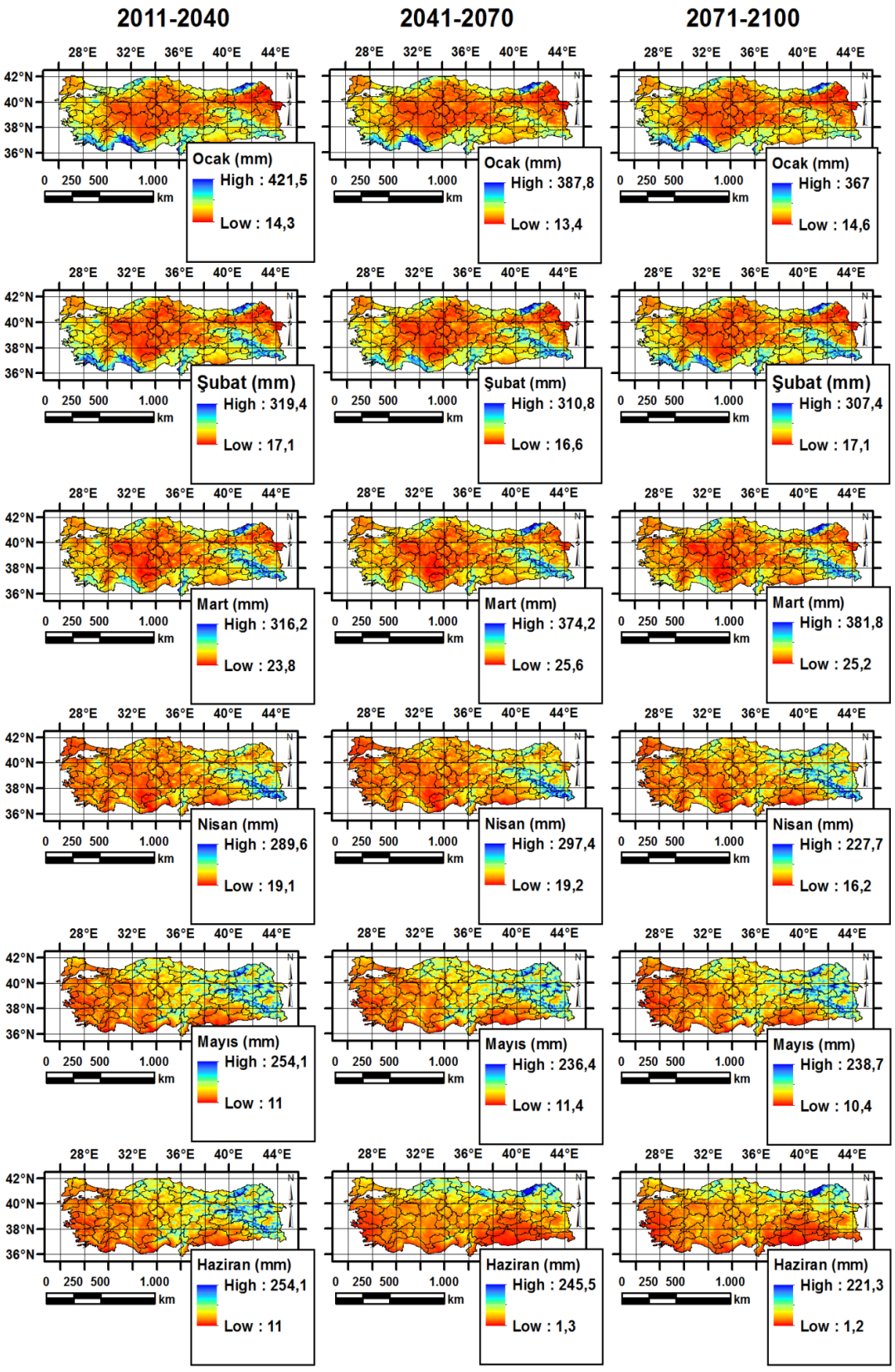


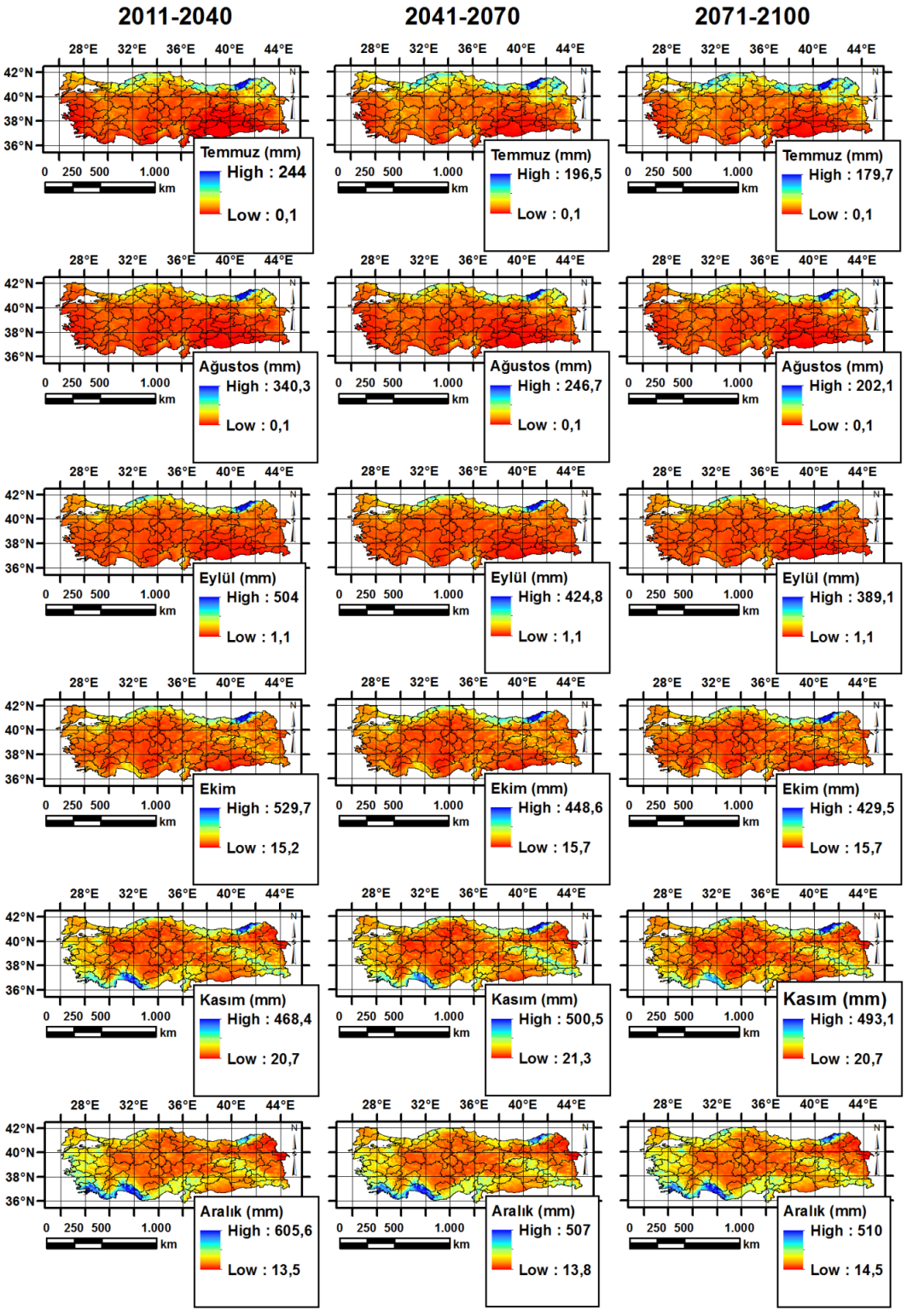
Şekil 3. 3. SSP 370 senaryosuna göre Türkiye'de aylık yağış dağılışı.

Türkiye genelinde SSP 370 senaryosuna göre maksimum yağış verilerinde en fazla aylık yağış miktarı 2011-2100 yılları arasında ortalama 496,4 mm ile Aralık ayı, en az aylık yağış miktarı ise 213,46 mm ile Temmuz ayı olmuştur. Minimum yağış verilerinde ise en fazla aylık yağış miktarı 23,36 mm ile Mart ayı, en az aylık yağış miktarı 0,1 mm ile Temmuz ve Ağustos ayları olmuştur (Şekil 3. 3 ve Şekil 3. 4).



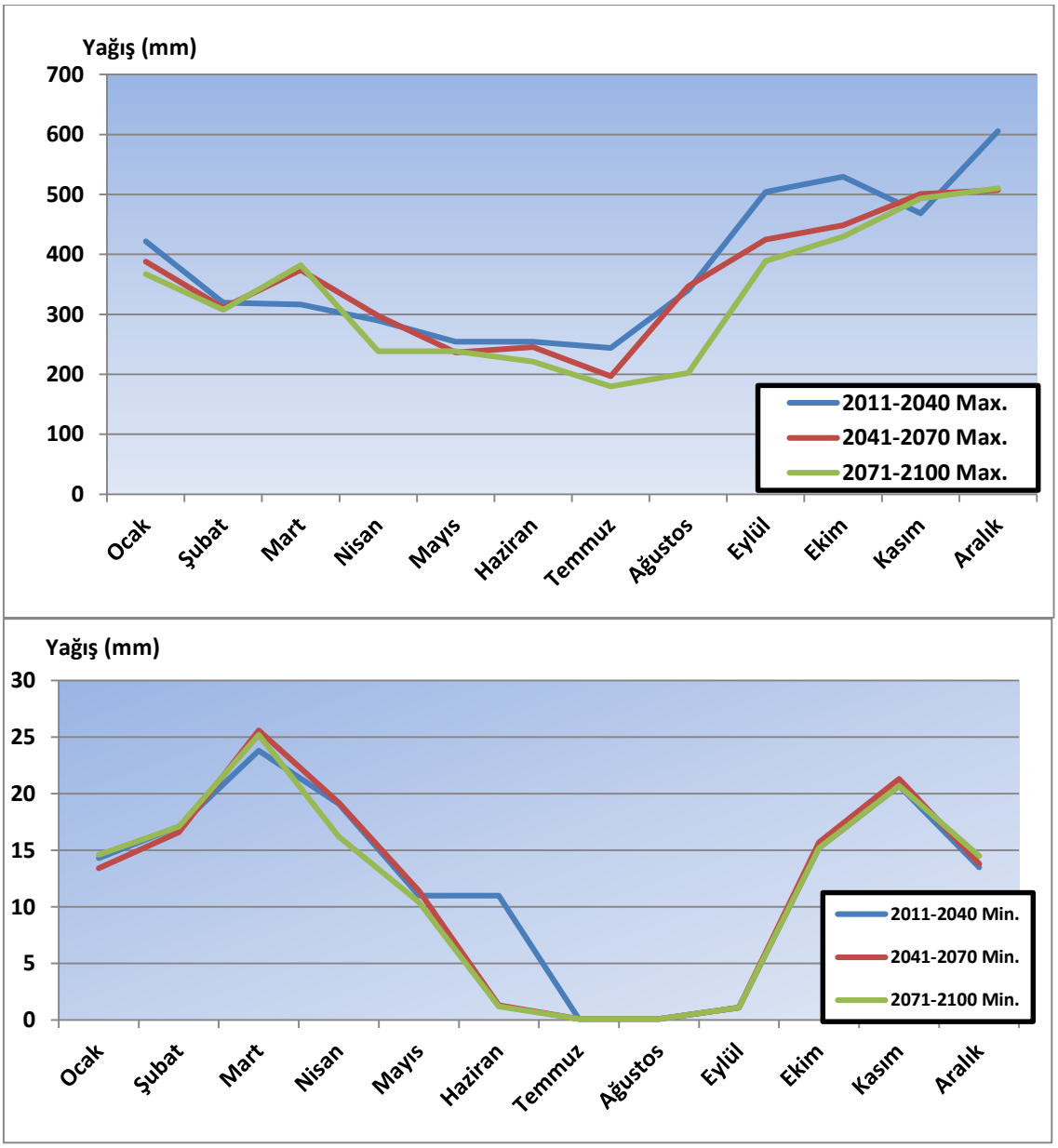
Şekil 3. 4.Türkiye'de 370 senaryosuna göre 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasında ortalama maksimum ve minimum yağış grafiği.


2011-2040
2041-2070
2071-2100
28°E 32°E 36°E 40°E 44°E
42°N 40°N 38°N 36°N
0 250 500 1.000 km
Ocak (mm)
High : 421,5
Low : 14,3
Ocak (mm)
High : 387,8
Low : 13,4
Ocak (mm)
High : 367
Low : 14,6
Şubat (mm)
High : 319,4
Low : 17,1
Şubat (mm)
High : 310,8
Low : 16,6
Şubat (mm)
High : 307,4
Low : 17,1
Mart (mm)
High : 316,2
Low : 23,8
Mart (mm)
High : 374,2
Low : 25,6
Mart (mm)
High : 381,8
Low : 25,2
Nisan (mm)
High : 289,6
Low : 19,1
Nisan (mm)
High : 297,4
Low : 19,2
Nisan (mm)
High : 227,7
Low : 16,2
Mayıs (mm)
High : 254,1
Low : 11
Mayıs (mm)
High : 236,4
Low : 11,4
Mayıs (mm)
High : 238,7
Low : 10,4
Haziran (mm)
High : 254,1
Low : 11
Haziran (mm)
High : 245,5
Low : 1,3
Haziran (mm)
High : 221,3
Low : 1,2

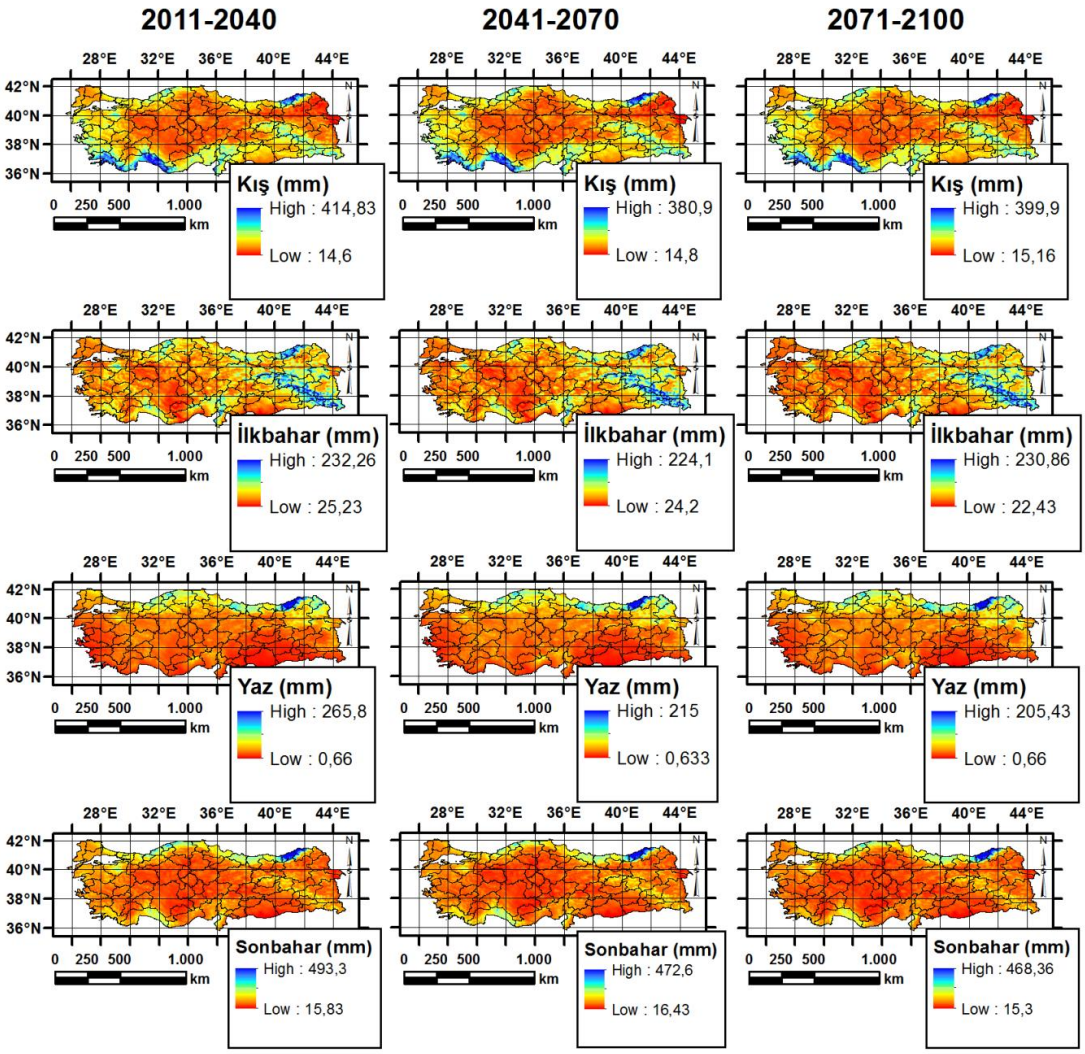


Şekil 3. 5. 585 senaryosuna göre Türkiye'de aylık yağış dağılışı.

Türkiye genelinde SSP 585 senaryosuna göre maksimum yağış verilerinde en fazla aylık yağış miktarı 2011-2100 yılları arasında ortalama 540,86mm ile Aralık ayı, en az aylık yağış miktarı ise 206,73 mm ile Temmuz ayı olmuştur. Minimum yağış verilerinde ise en fazla aylık yağış miktarı 24,86 mm ile Mart ayı, en az aylık yağış miktarı 0,1 mm ile Temmuz ve Ağustos ayları olmuştur (Şekil 3. 5 ve Şekil 3. 6).



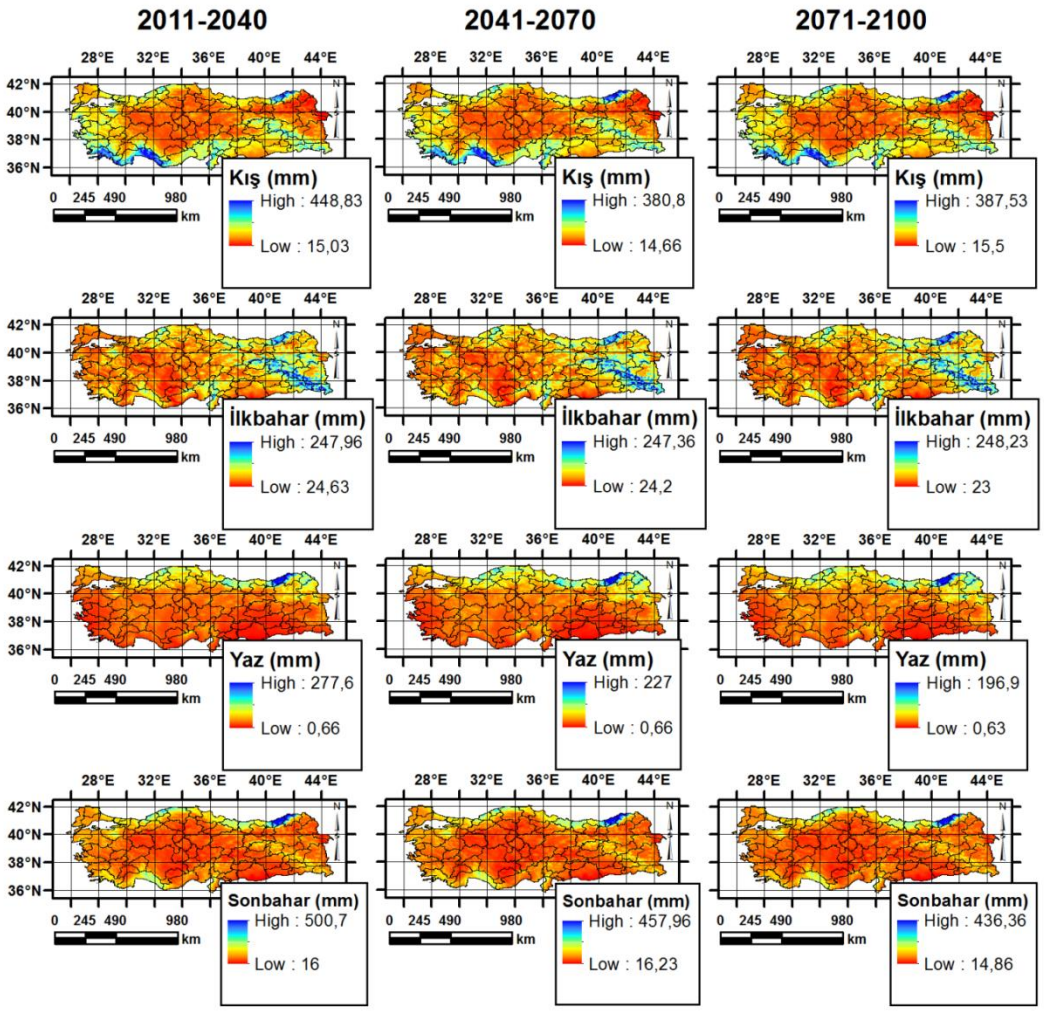
Şekil 3.6. Türkiye'de 585 senaryosuna göre 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasında ortalama maksimum ve minimum yağış grafiği.



Şekil 3. 7. SSP 370 senaryosuna göre Türkiye'de mevsimlik yağış dağılışı.

Türkiye'de SSP 370 senaryosunun zamansal yağış dağılışına bakıldığında Akdeniz Bölgesi en fazla yağışı kış mevsiminde, Güneydoğu ve Doğu Anadolu ilkbahar mevsiminde alırken, Karadeniz Bölgesi her mevsim yağış almıştır. Türkiye'de geneli mevsimlik yağış dağılışında bütün mevsimlerde en fazla artış Rize ve Trabzon illerinde gözlenmektedir. Türkiye genelinde mevsimlik yağış dağılışı incelendiğinde yaz mevsiminde Karadeniz ve Doğu Anadolu'nun kuzeyi yağış alırken diğer bölgeler kurak geçmektedir. Yağışlar kış mevsiminde kıyılardan iç kesimlere doğru gidildikçe azalmaktadır. Kış mevsiminde Doğu Karadeniz kıyıları, Menteşe Yöresi, Antalya Körfezi boyunca uzanan kıyılar, Hatay çevresi, Hakkari bölümü ve Yukarı Fırat

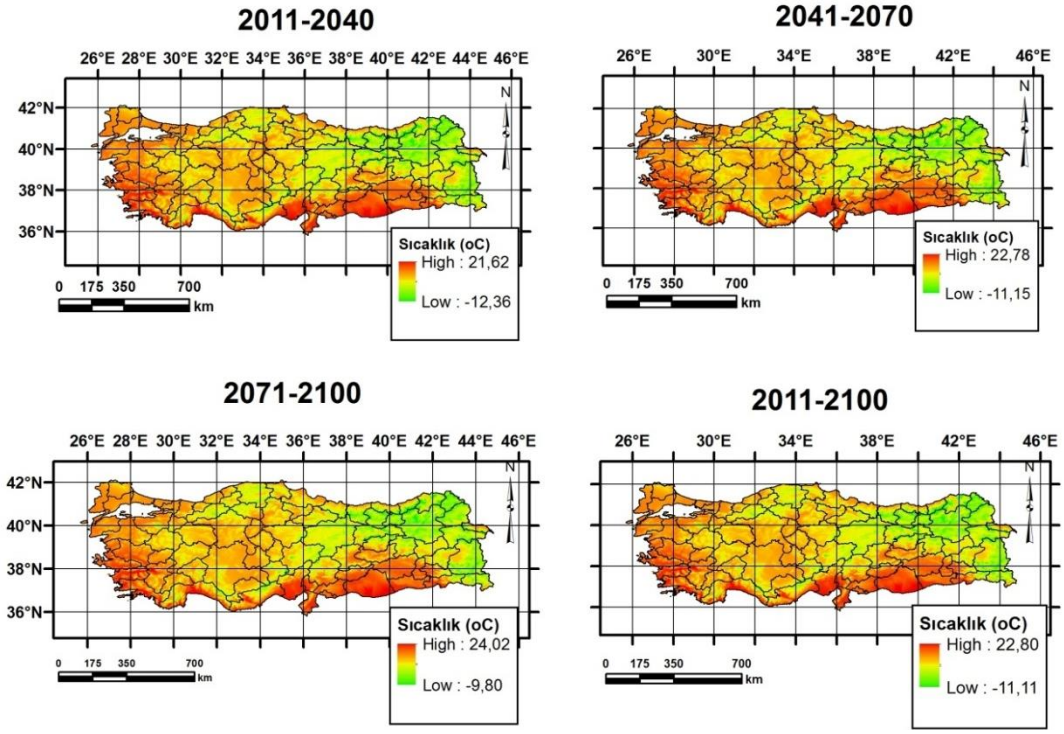
bölümünün iç kısımları en fazla yağış alan yerlerdir. İlkbahar mevsiminde, Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu en fazla yağış alan yerlerdir. Türkiye geneli ilkbahar mevsiminde yağış dağılışında Karadeniz Bölgesinde Rize ve Artvin, Doğu Anadolu bölgesinde Hakkâri, Şırnak, Bitlis, Muş, Bingöl, Tunceli ve Erzincan, Akdeniz Bölgesinde Hatay, Osmaniye çevresi, Marmara Bölgesinde ise Bursa'nın iç kısımları en fazla yağış alan illerdir. Sonbahar mevsiminde, Batı ve Doğu Karadeniz bölümlerinin kıyıları Türkiye'nin diğer bölümlerinden daha fazla yağış almaktadır. Sonbahar mevsiminde en fazla yağış Doğu Karadeniz kıyılarında görülürken, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesinin kuzeyi en az yağış düşen alanlardır (Şekil 3. 7).



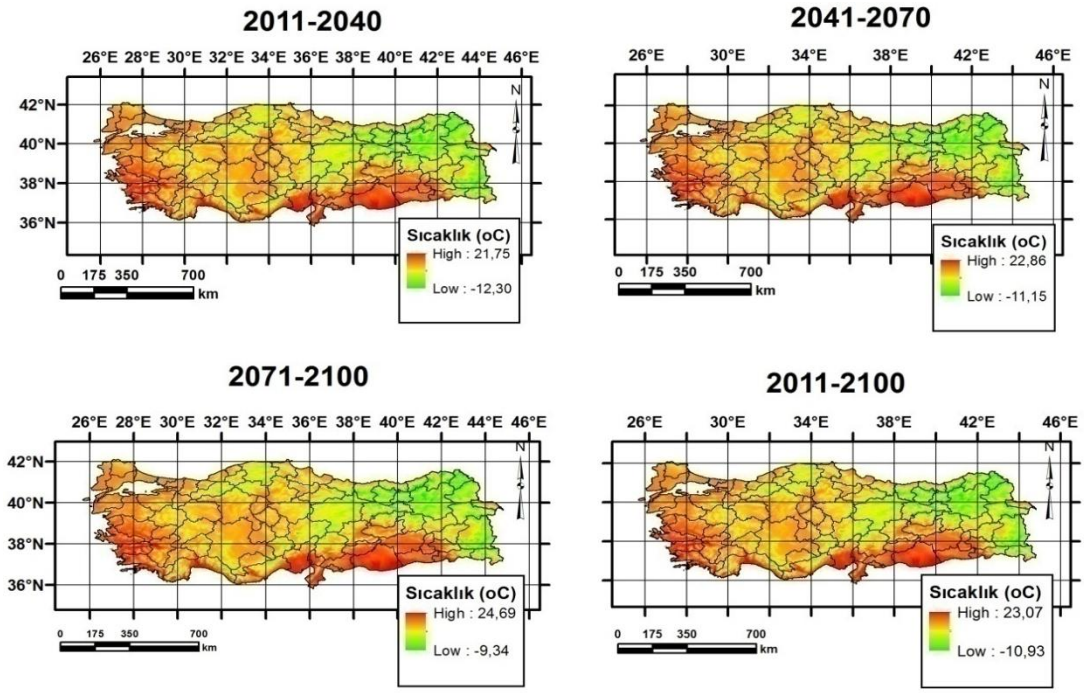
Şekil 3.8. SSP 585 senaryosuna göre Türkiye'de mevsimlik yağış dağılışı.

Türkiye'de SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki dönemlerde sadece ilkbahar mevsiminde yağış miktarı yaklaşık olarak sabit kalmış diğer bütün mevsimlerde yağış miktarında azalma gözlenmektedir. Türkiye genelinde 585 senaryosunun yağış dağılışına bakıldığında en fazla yağış miktarını kış mevsiminde Akdeniz Bölgesi, ilkbahar mevsiminde Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesi ve Karadeniz her mevsim yağış alması ile SSP 370 senaryosuna benzerlik göstermektedir. Bütün mevsimlerde ortalama yağış miktarı Rize ve Artvin illerinde artış göstermektedir. Kış mevsiminde en fazla yağış Muğla, Antalya, Rize ve Artvin, en az yağış ise Ardahan, Kars ve Iğdır'da ölçülmüştür. İki senaryoda da mevsimsel yağış miktarı en fazla sonbahar mevsiminde ölçülürken en az yağış alan yaz mevsiminde ölçülmüştür (Şekil 3. 6 ve Şekil 3. 7).

3.2. TÜRKİYE'DE 2011-2100 YILLARI ARASINDA SICAKLIĞIN YILLARA GÖRE DEĞİŞİMİ VE EĞİLİMİ

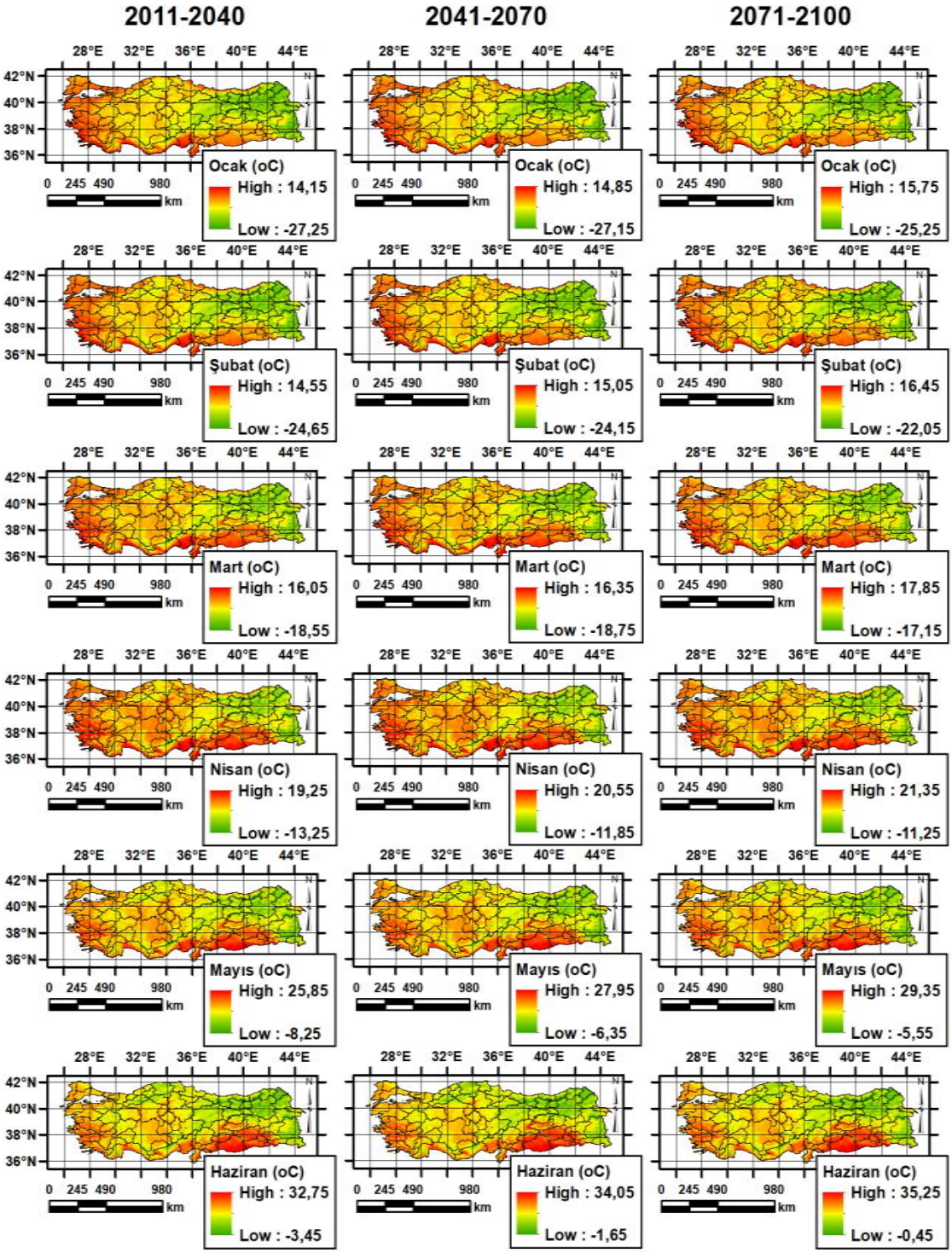


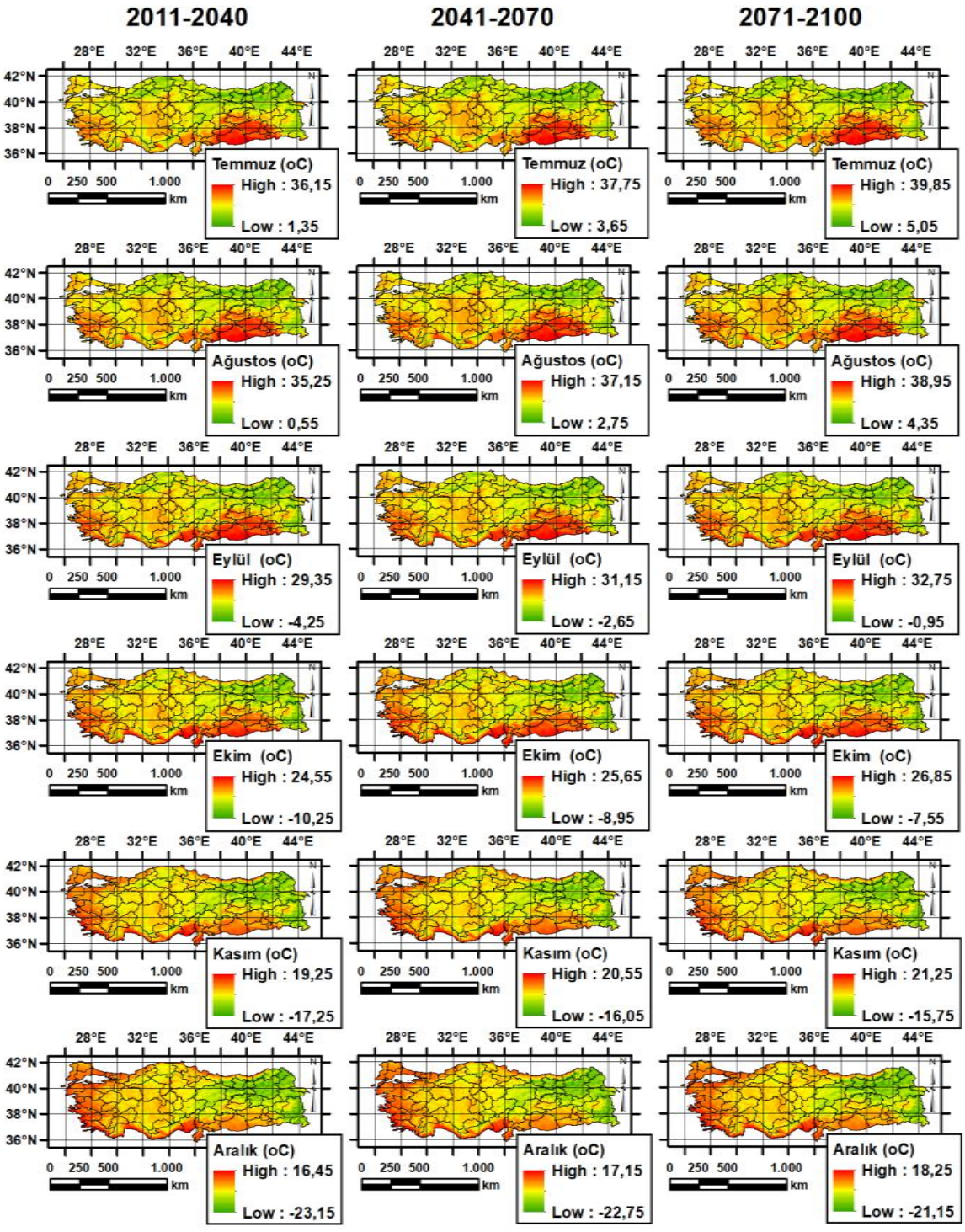
Şekil 3.8. Türkiye'de SSP370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklığın alansal dağılımı.



Şekil 3. 9. Türkiye'de SSP585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklığın alansal dağılımı.

Türkiye'de 2011 yılından 2100 yılına kadar SSP370 ve SSP585 senaryolarında ölçülen maksimum sıcaklık değerlerinde artış, minimum sıcaklı değerlerinde azalma gözlenmektedir. Türkiye genelinde 2011-2100 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklık SSP 370 senaryosuna göre 2,4°C, SSP 585 senaryosuna göre 2,94°C artış göstermektedir. En fazla sıcaklık artışı Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde meydana gelmiştir. 2011-2100 yılları arası verilere göre Türkiye'de ortalama sıcaklıklarda bütün dönemlerde artış eğilimi gözlenmektedir. Ortalama sıcaklıkların alansal dağılımına bakıldığında en yüksek sıcaklıkların İzmir, Manisa, Aydın, Muğla, Denizli, Antalya, Mersin, Adana, Osmaniye, Hatay, Kilis, Gaziantep, Adıyaman, Şanlıurfa, Diyarbakır, Mardin, Batman, Siirt ve Şırnak da; en düşük sıcaklıkların ise Ardahan, Gümüşhane, Bayburt, Erzurum, Kars, Ağrı Van ve Hakkari ölçüldüğü gözlenmektedir (Şekil 3. 8 ve şekil 3. 9).

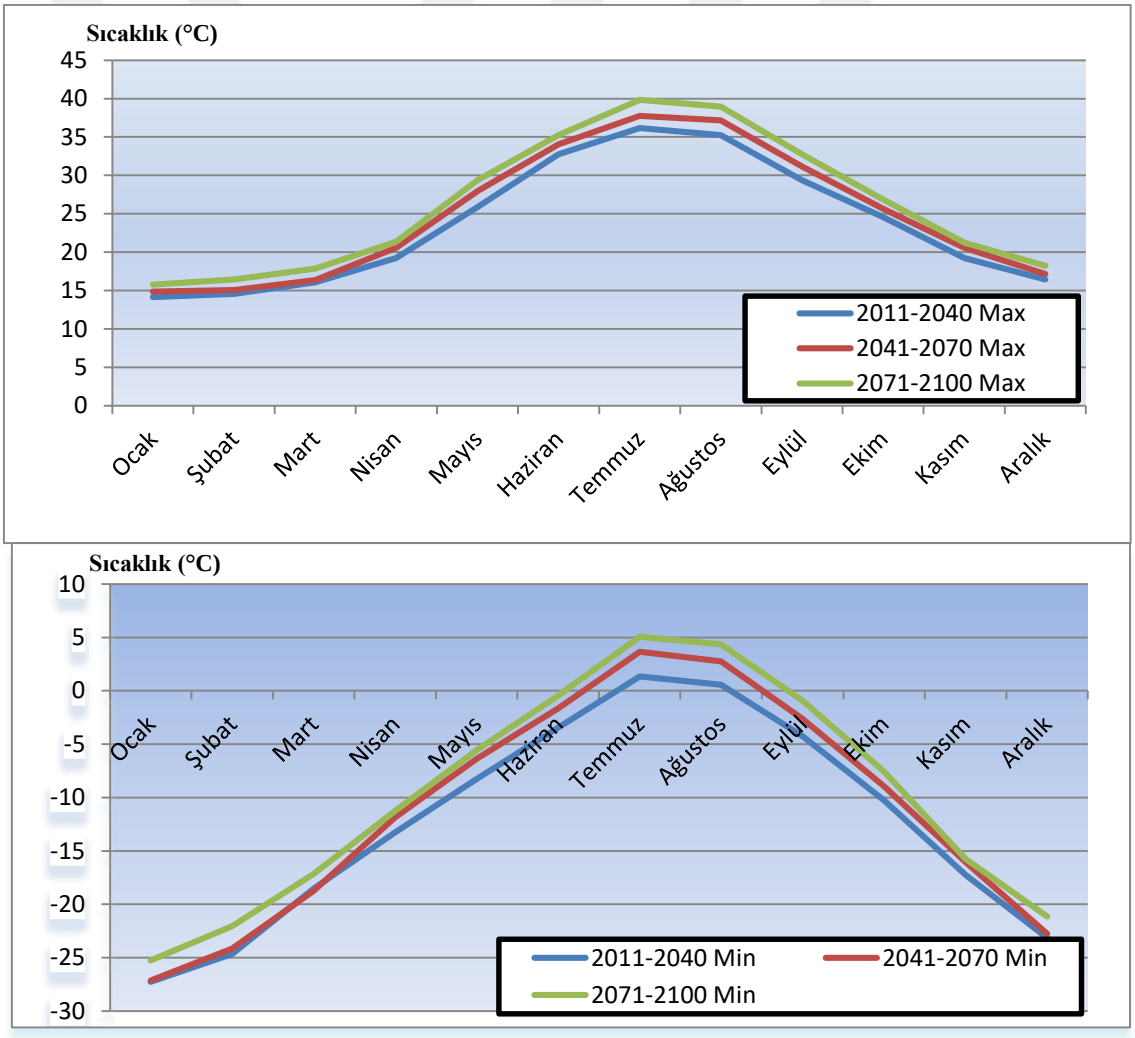

2011-2040
2041-2070
2071-2100
28°E 32°E 36°E 40°E 44°E
42°N 40°N 38°N 36°N
0 245 490 980 km
Ocak (oC)
High : 14,15
Low : -27,25
Ocak (oC)
High : 14,85
Low : -27,15
Ocak (oC)
High : 15,75
Low : -25,25
Şubat (oC)
High : 14,55
Low : -24,65
Şubat (oC)
High : 15,05
Low : -24,15
Şubat (oC)
High : 16,45
Low : -22,05
Mart (oC)
High : 16,05
Low : -18,55
Mart (oC)
High : 16,35
Low : -18,75
Mart (oC)
High : 17,85
Low : -17,15
Nisan (oC)
High : 19,25
Low : -13,25
Nisan (oC)
High : 20,55
Low : -11,85
Nisan (oC)
High : 21,35
Low : -11,25
Mayıs (oC)
High : 25,85
Low : -8,25
Mayıs (oC)
High : 27,95
Low : -6,35
Mayıs (oC)
High : 29,35
Low : -5,55
Haziran (oC)
High : 32,75
Low : -3,45
Haziran (oC)
High : 34,05
Low : -1,65
Haziran (oC)
High : 35,25
Low : -0,45



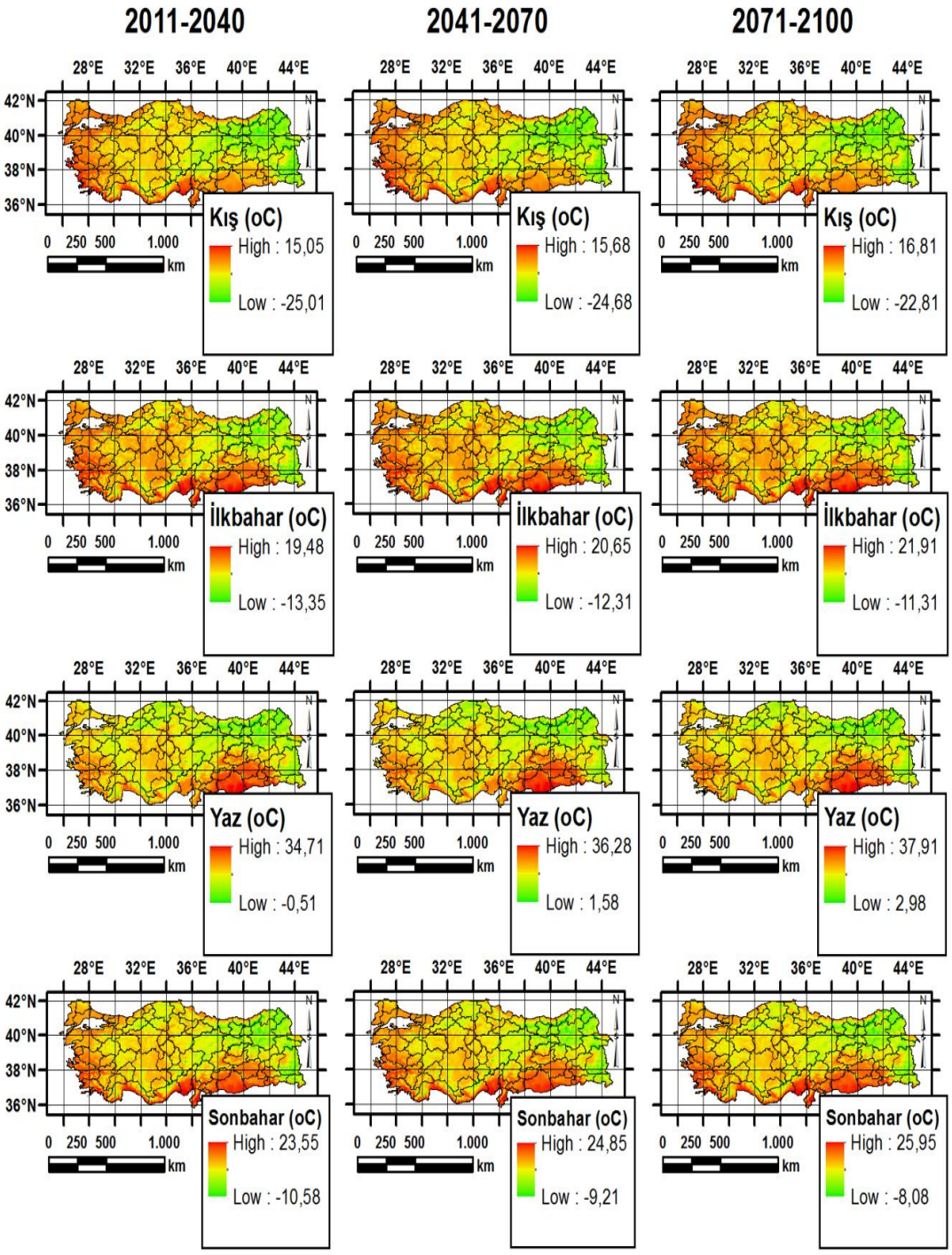
Şekil 3.10. SSP 370 senaryosuna göre Türkiye'de ortalama aylık sıcaklık dağılışı.

Türkiye geneli aylık ortalama yağış dağılışına bakıldığında SSP 370 senaryosuna göre 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasındaki üç dönemde de bütün aylarda sıcaklık artışı beklenmektedir. Aylık ortalama sıcaklık verilerinde 2011-2040

yıllarında 5 ay (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül) 25°C'nin üzerinde seyretmektedir. 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasındaki iki dönemde ise sıcaklık 6 ay (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim) 25°C'nin üzerinde seyretmektedir. Türkiye'de 2011-2100 yılları arasındaki dönemlerde minimum sıcaklık sadece Temmuz ve Ağustos aylarında 0°C üzerinde kalmıştır. SSP 370 senaryosuna göre Türkiye'de en yüksek sıcaklık değeri 2011-2040 yıllarında 36,15°C, 2041-2070 yıllarında 37,75°C ve 2071-2100 yıllarında ise 39,85°C ile Temmuz ayında ölçülmüştür. En düşük sıcaklık değeri 2011-2040 yıllarında -27,25°C, 2041-2070 yıllarında -27,15°C ve 2071-2100 yıllarında ise 25,25°C ile Ocak ayında ölçülmüştür (Şekil 3.10 ve şekil 3.11).

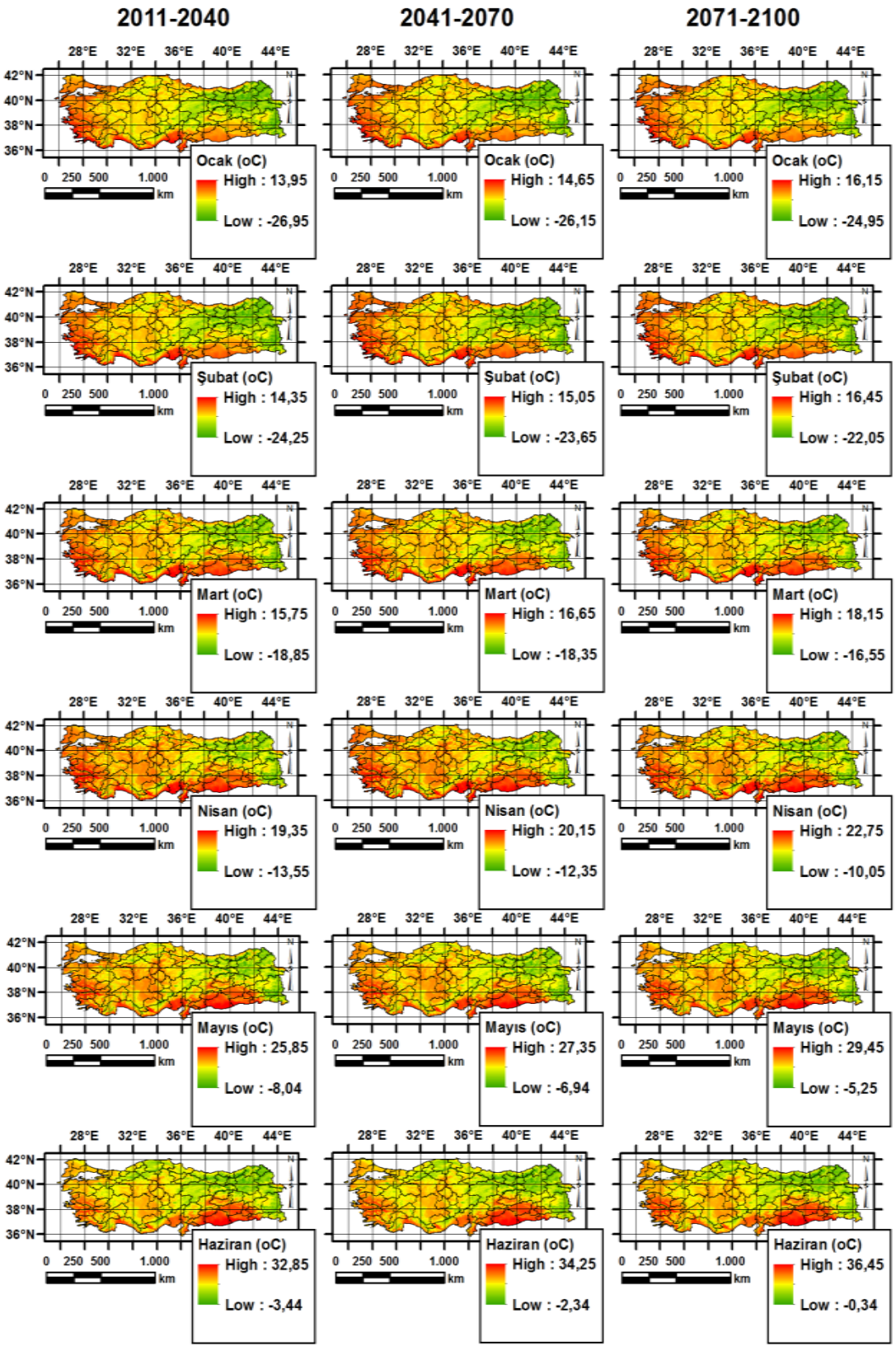


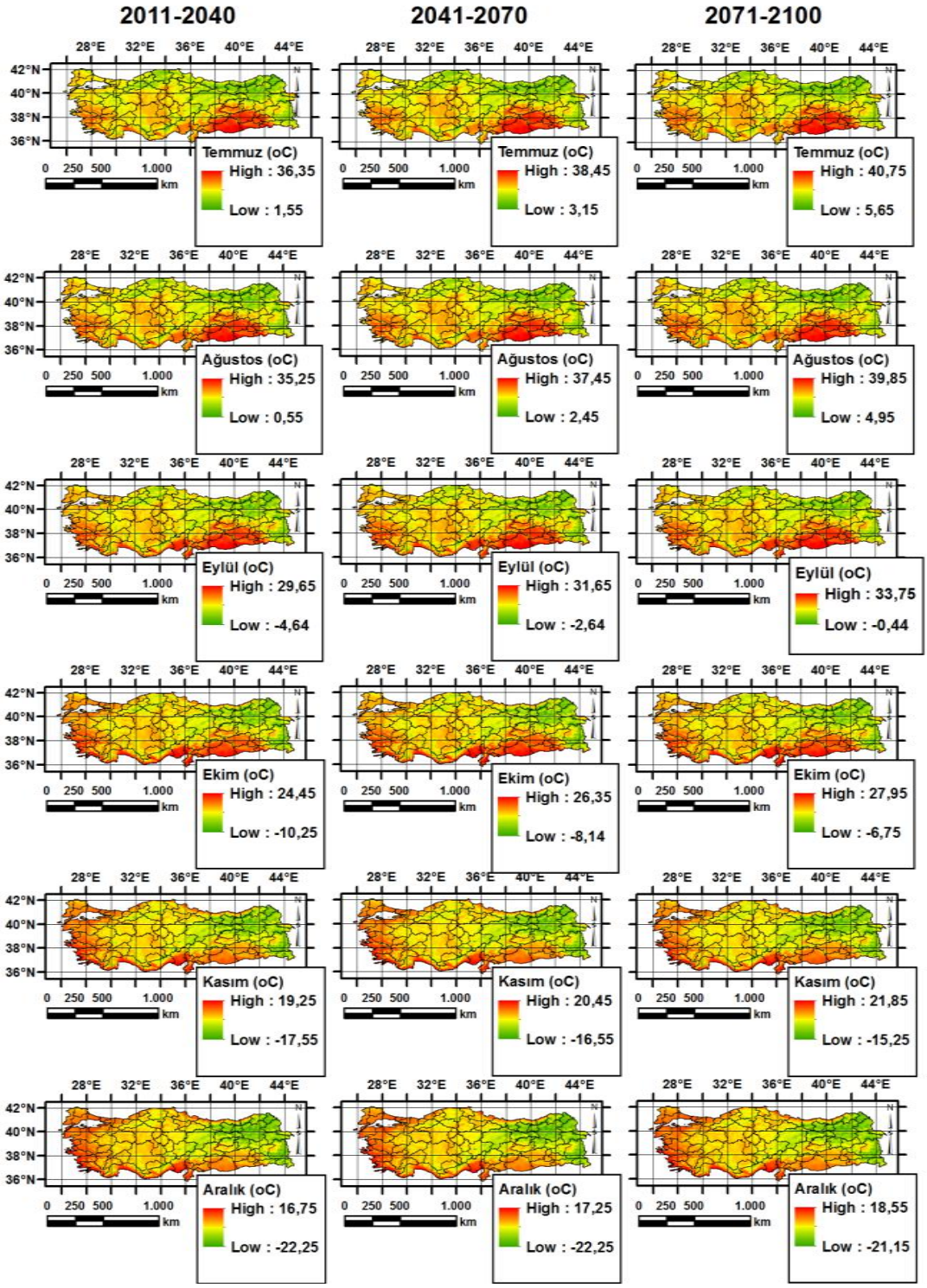
Şekil 3. 11. Türkiye'de 370 senaryosuna göre 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasında ortalama maksimum ve minimum hava sıcaklığı.



Şekil 3. 12. SSP 370 senaryosuna göre Türkiye'de mevsimlik sıcaklık dağılışı.

Türkiye'de SSP 370 senaryosunda 2011-2100 yıllarında kış mevsiminde sıcaklık 1,76°C, ilkbahar mevsiminde 2,43°C, yaz mevsiminde 3,2°C ve sonbahar mevsiminde ise 2,94°C artış meydana gelmektedir. SSP 370 senaryosuna göre bütün mevsimler arasında sıcaklık farkı artış eğilimindedir (şekil 3.12)

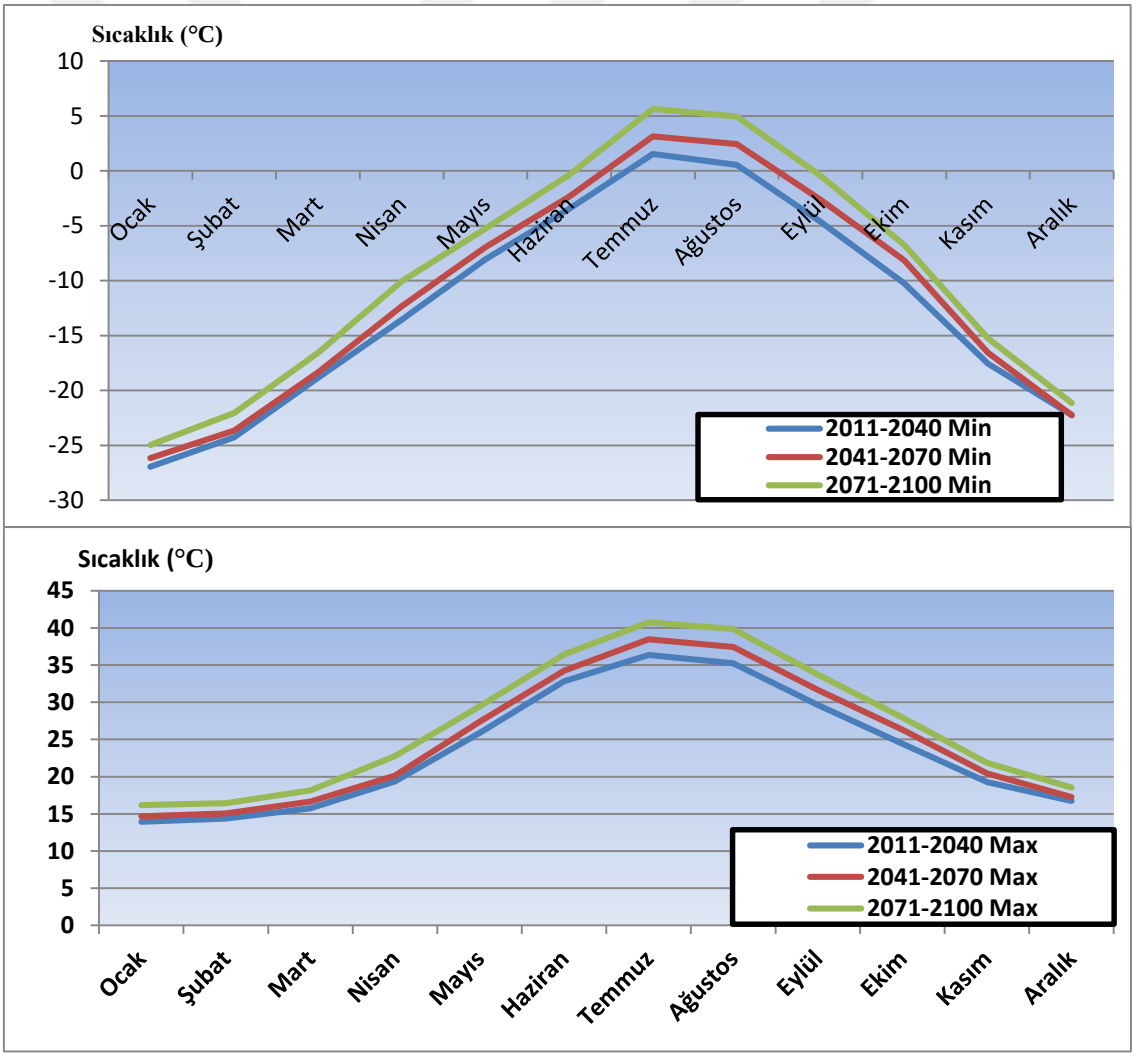

2011-2040
2041-2070
2071-2100
28°E 32°E 36°E 40°E 44°E
42°N 40°N 38°N 36°N
0 250 500 1.000 km
Ocak (oC)
High : 13,95
Low : -26,95
Ocak (oC)
High : 14,65
Low : -26,15
Ocak (oC)
High : 16,15
Low : -24,95
Şubat (oC)
High : 14,35
Low : -24,25
Şubat (oC)
High : 15,05
Low : -23,65
Şubat (oC)
High : 16,45
Low : -22,05
Mart (oC)
High : 15,75
Low : -18,85
Mart (oC)
High : 16,65
Low : -18,35
Mart (oC)
High : 18,15
Low : -16,55
Nisan (oC)
High : 19,35
Low : -13,55
Nisan (oC)
High : 20,15
Low : -12,35
Nisan (oC)
High : 22,75
Low : -10,05
Mayıs (oC)
High : 25,85
Low : -8,04
Mayıs (oC)
High : 27,35
Low : -6,94
Mayıs (oC)
High : 29,45
Low : -5,25
Haziran (oC)
High : 32,85
Low : -3,44
Haziran (oC)
High : 34,25
Low : -2,34
Haziran (oC)
High : 36,45
Low : -0,34



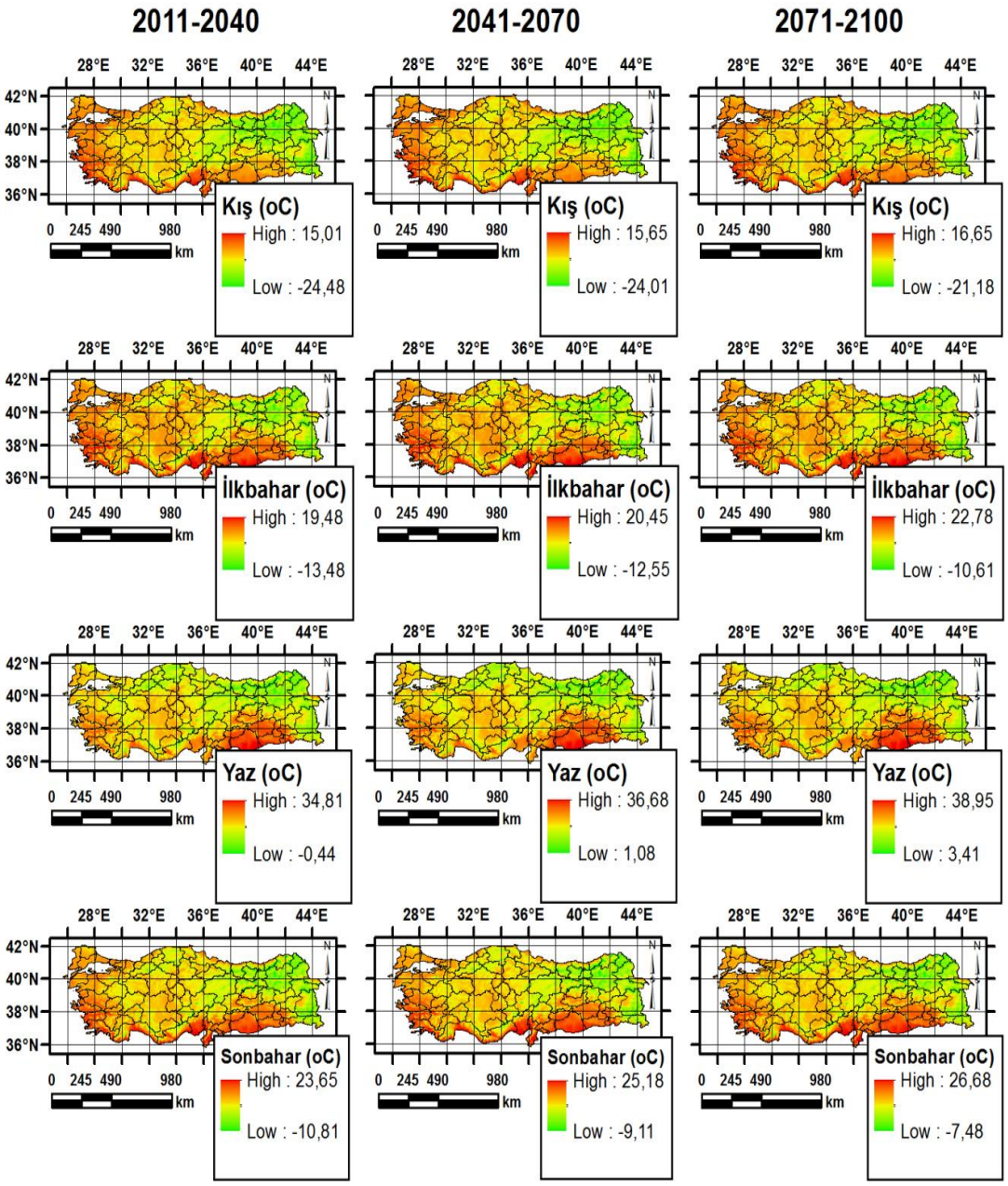
Şekil 3.13. SSP 585 senaryosuna göre Türkiye'de ortalama aylık sıcaklık dağılışı.

Türkiye'de SSP 585 senaryosuna göre aylık sıcaklık dağılışı SSP 370 senaryosunda olduğu gibi 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasındaki üç dönemde de artış eylemindedir. Aylık ortalama sıcaklık verilerinde SSP 370

senaryosunda olduğu gibi 2011-2040 yıllarında 5 ay (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül), 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasındaki iki dönemde ise sıcaklık 6 ay (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim) 25°C'nin üzerinde seyretmektedir. Türkiye'de SSP 585 senaryosunda da 2011-2100 yılları arasındaki dönemlerde sıcaklık sadece Temmuz ve Ağustos aylarında minimum sıcaklık 0°C üzerinde kalmıştır. SSP585 senaryosuna göre Türkiye'de en yüksek sıcaklık değeri 2011-2040 yıllarında 36,35°C, 2041-2070 yıllarında 38,45°C ve 2071-2100 yıllarında ise 40,75°C ile Temmuz ayında ölçülmüştür. En düşük sıcaklık değeri 2011-2040 yıllarında -26,95°C, 2041-2070 yıllarında -26,15°C ve 2071-2100 yıllarında ise 24,95°C ile Ocak ayında ölçülmüştür (Şekil 3.13 ve Şekil 3,14).



Şekil 3.14. Türkiye'de 585 senaryosuna göre 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 yılları arasında ortalama maksimum ve minimum hava sıcaklığı.



Şekil 3. 15. 585 senaryosuna göre Türkiye'de mevsimlik sıcaklık dağılışı.

Türkiye'de SSP585 senaryosunda 2011'den 2100 yılına kadar kış mevsiminde sıcaklık 1,64°C, ilkbahar mevsiminde 3,3°C, yaz mevsiminde 4,14°C ve sonbahar mevsiminde ise 3,03°C artış meydana gelmektedir. SSP 585 senaryosunda da bütün mevsimler arasında sıcaklık farkı artış eğilimindedir (Şekil 3.15).

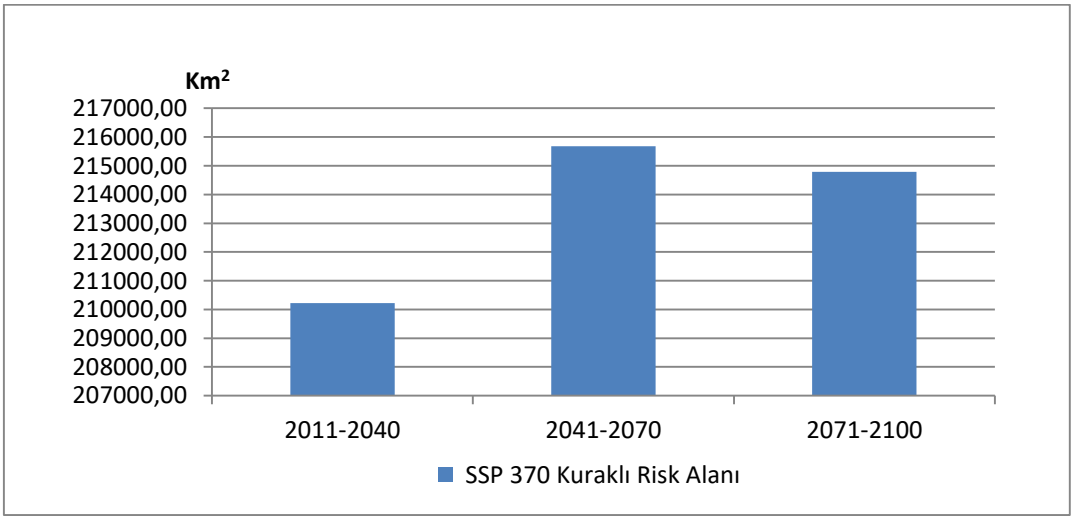
3.3. TÜRKİYE'DE 2011-2100 YILLARI ARASINDA KURAKLIK RİSK DURUMU

3.3.1. SSP 370 Senaryosuna Göre Kuraklık Analizi

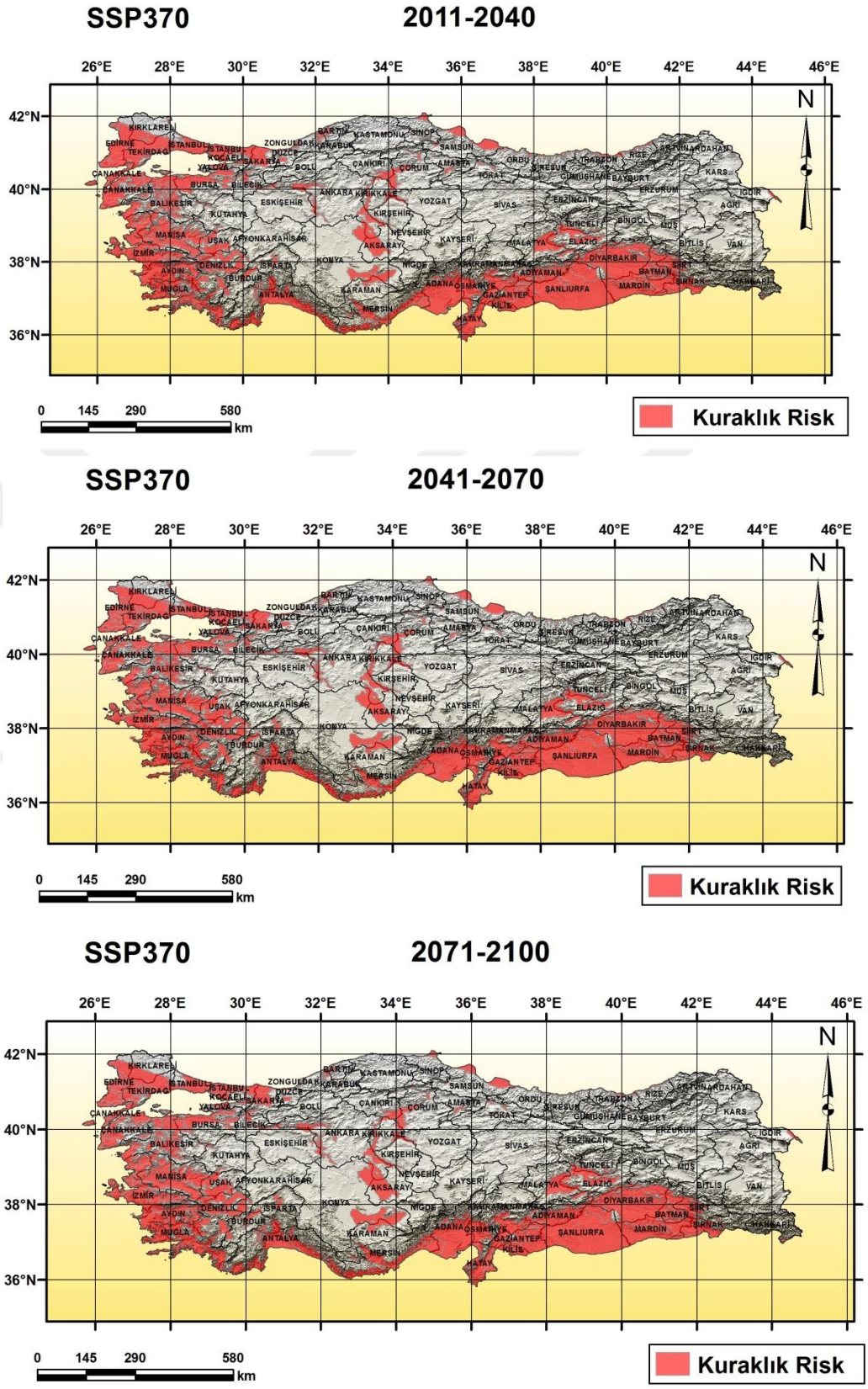
Türkiye'de SSP 370 senaryosunda kuraklık risk alanları 2011-2040 yıllarında 210221,36 km^2, 2041-2070 yıllarında215674,48 km^2 ve 2071-2100 yıllarında ise 214788,12 km^2 alan kaplamaktadır. 2011-2040 yıllarında %26,83'lük alana sahip olan kuraklık risk alanı 2041-2070 yıllarında %27,52'ye yükselmiş ve 2071-2100 yıllarında ise çok az bir değişiklikle %27,41'lik alana düşmektedir (Tablo 3. 1 ve Şekil 3.16).

Tablo 3. 1. SSP 370 senaryosuna göre Türkiye'de 2011-2100 yılları arasında kuraklık risk alanlarının alansal ve oransal değişimi.

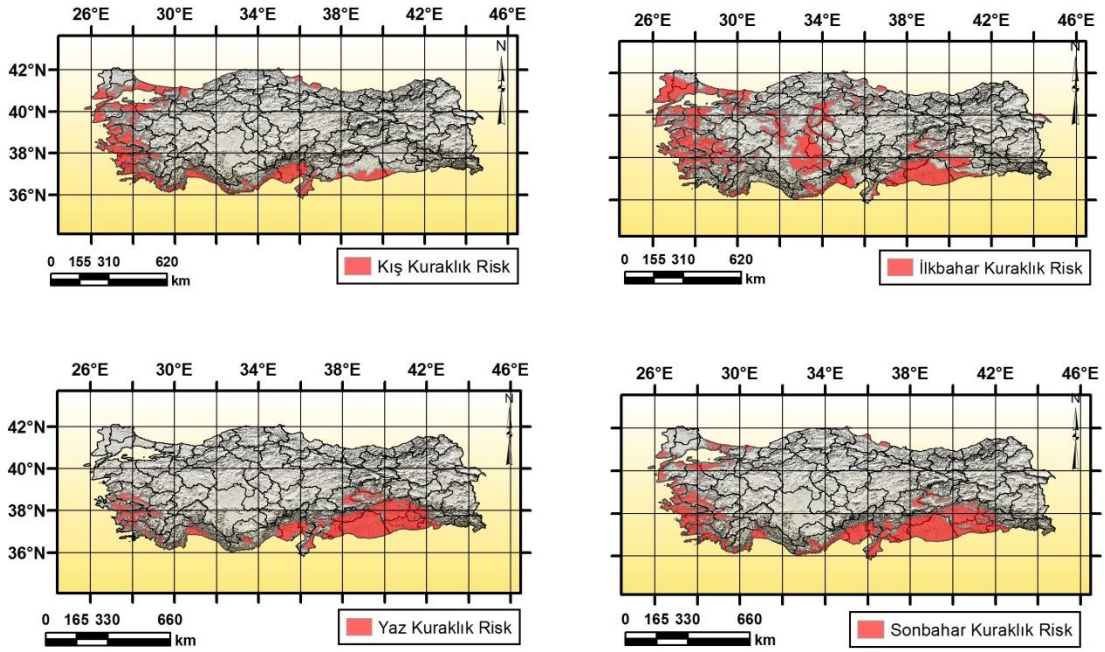
Yıllar	Kuraklık risk alanı (km)	Oran (%)
2011-2040	210221,36	26,83
2041-2070	215674,48	27,52
2071-2100	214788,12	27,41



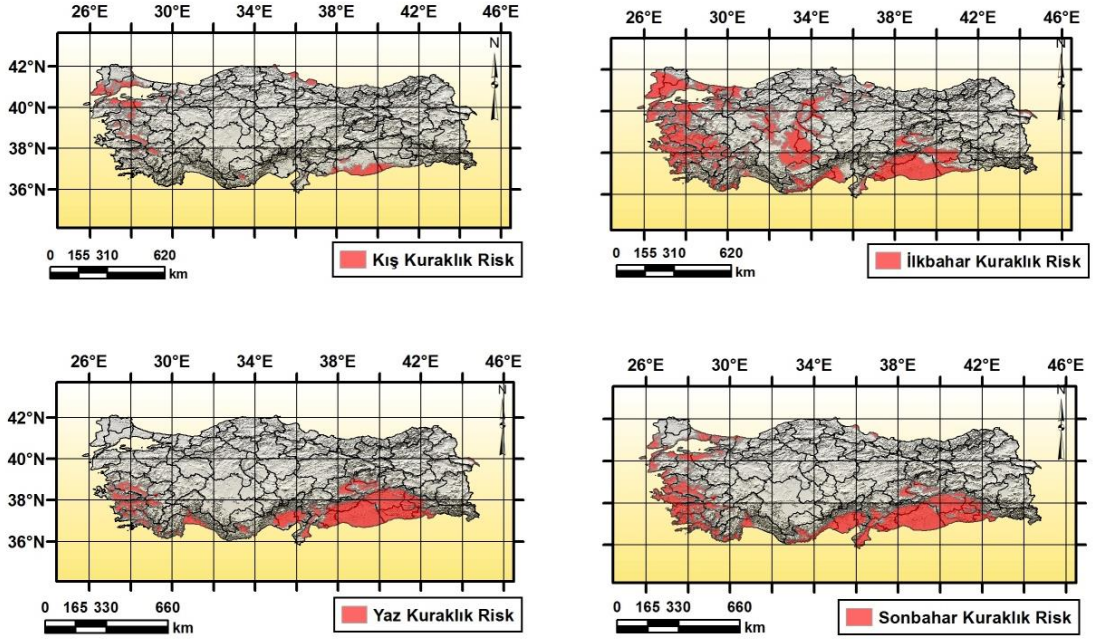
Şekil 3.16. 2011-2100 yıllarında arasında Türkiye'de kuraklık risk alanının alansal dağılımı.



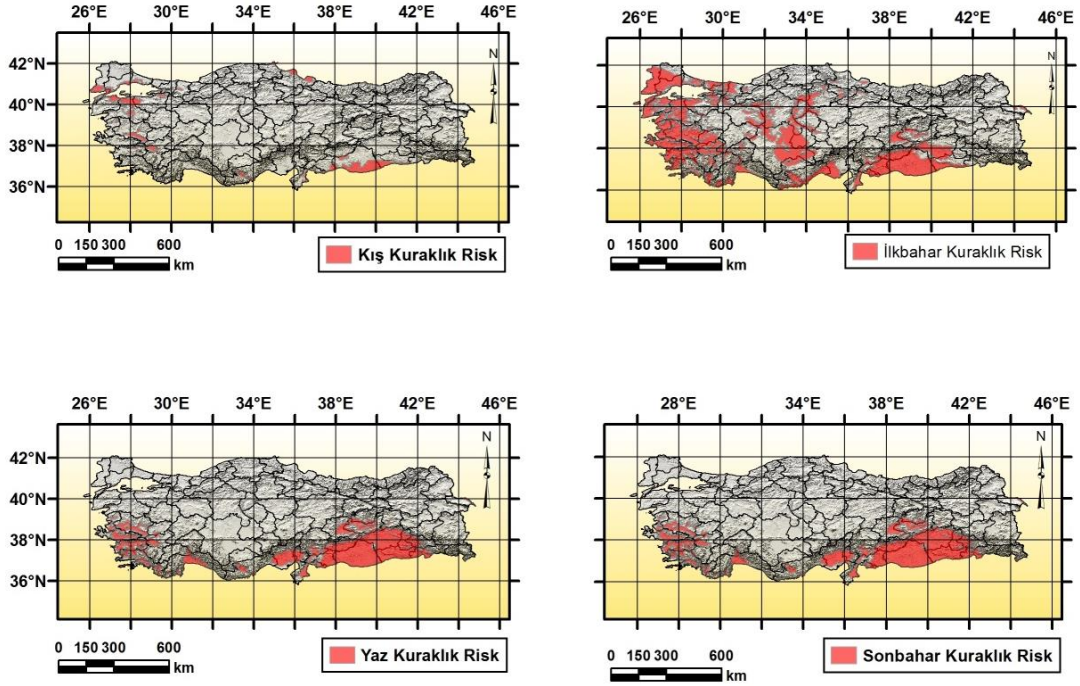
Şekil 3.17. Kuraklık risk alanlarının SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında yıllık olarak değerlendirilmesi.



Şekil 3. 18. Kuraklık risk alanların SSP 370 senaryosuna göre 2011-2040 yılları arasında mevsimlik değerlendirilmesi.



Şekil 3.19. Kuraklık risk alanların SSP 370 senaryosuna göre 2041-2070 yılları arasında mevsimlik değerlendirilmesi.



Şekil 3.20. Kuraklık risk alanların SSP 370 senaryosuna göre 2071-2100 yılları arasında mevsimlik değerlendirilmesi.

Kış mevsiminde, SSP 370 senaryosunda yüksek kuraklık riskinin yaşandığı alanlar; Marmara Bölgesi (Yıldız Dağları bölümü hariç), Ege Bölgesi (Manisa, İzmir, Aydın, Muğla, Denizli), Akdeniz Bölgesi kıyı şeridi boyunca (Antalya, Mersin, Adana, Osmaniye, Hatay), Güneydoğu Anadolu Bölgesinin güney kıyıları (Kilis, Gaziantep, Şanlıurfa, Mardin) ve Karadeniz Bölgesinin kıyı şeridi boyunca yer alan illerin kuzey kesimleri yer almaktadır.

İlkbahar mevsimi yüksek kuraklık risk haritaları incelendiğinde diğer mevsimlerle karşılaştırıldığında en fazla alansal genişliğe sahip olduğu gözlenmektedir. İlkbahar mevsiminde yüksek kuraklık risk alanları kış mevsimine göre Akdeniz Bölgesinde ve Karadeniz Bölgesinin kıyı şeridi boyunca gözlenen yüksek kuraklık risk alanlarında alansal olarak azalmalar gözlenirken, Orta Karadeniz'in iç kesimleri, Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu, Ege ve Marmara Bölgelerinde alansal olarak artış meydana gelmiştir. İlkbahar mevsimindeki yüksek kuraklık risk alanlarına Karadeniz Bölgesinde kış mevsiminden farklı olarak Artvin, Tokat, Amasya, Samsun, Sinop, Çorum ve Düzce illerinin bulunduğu iç kesimlerde yüksek kuraklık alanları tespit edilmiştir. Doğu Anadolu'da Iğdır, Elazığ, Malatya, Güneydoğu Anadolu'da Siirt

dışında tüm iller, Akdeniz'de Isparta, Burdur, Ege Bölgesinde; Manisa, Uşak, Kütahya, Marmara Bölgesinin tüm illerinde ilkbahar mevsiminde yüksek kuraklık risk alanlarında alansal olarak artış meydana gelmiştir.

Sonbahar mevsiminde yüksek kuraklık risk alanı en fazla Güneydoğu Anadolu Bölgesi başta olmak üzere Akdeniz Bölgesi, Kıyı Ege Bölümü, Marmara Bölgesi (Yıldızdağları bölümü hariç) ve Karadeniz Bölgesinde Sinop, Samsun ve Trabzon illerinin kıyı kesiminde görülmektedir.

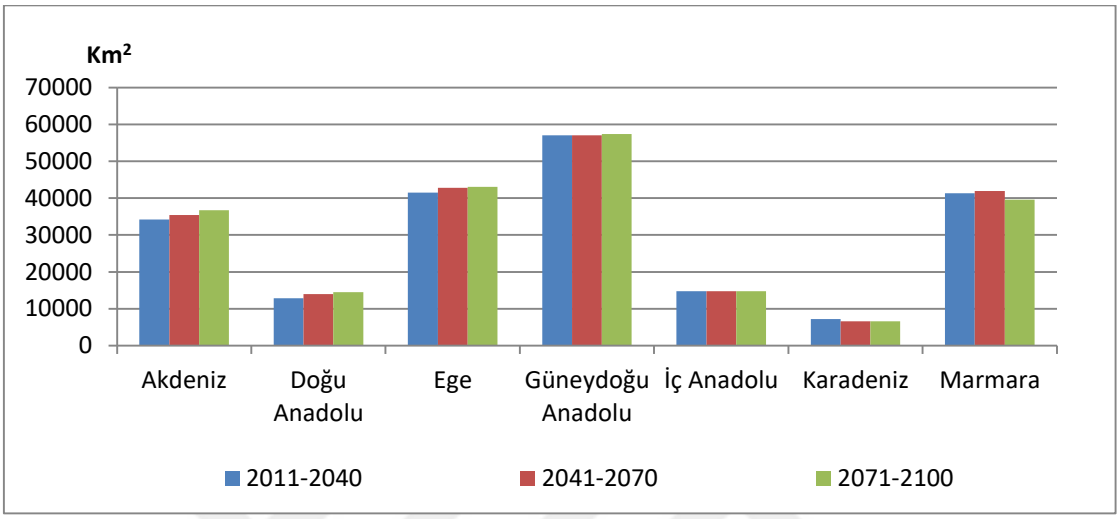
Yaz mevsimindeki yüksek kuraklık risk alanları diğer mevsimlerdeki yüksek kuraklık risk alanları karşılaştırıldığında en az alansal genişliğe sahip olduğu gözlenmektedir. Yaz mevsimindeki en geniş yüksek kuraklık risk alanı Güneydoğu Anadolu Bölgesidir. Diğer yüksek kuraklık risk alanları; Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye, Adana, Mersin, Antalya, Muğla, Aydın, Denizli, İzmir, Manisa, Malatya, Elazığ, Bingöl ve Iğdır illeridir (Şekil 3.18, Şekil 3.19 ve Şekil 3.20).

Tablo 3. 2. Türkiye'de bölgelerin SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı ve oranları

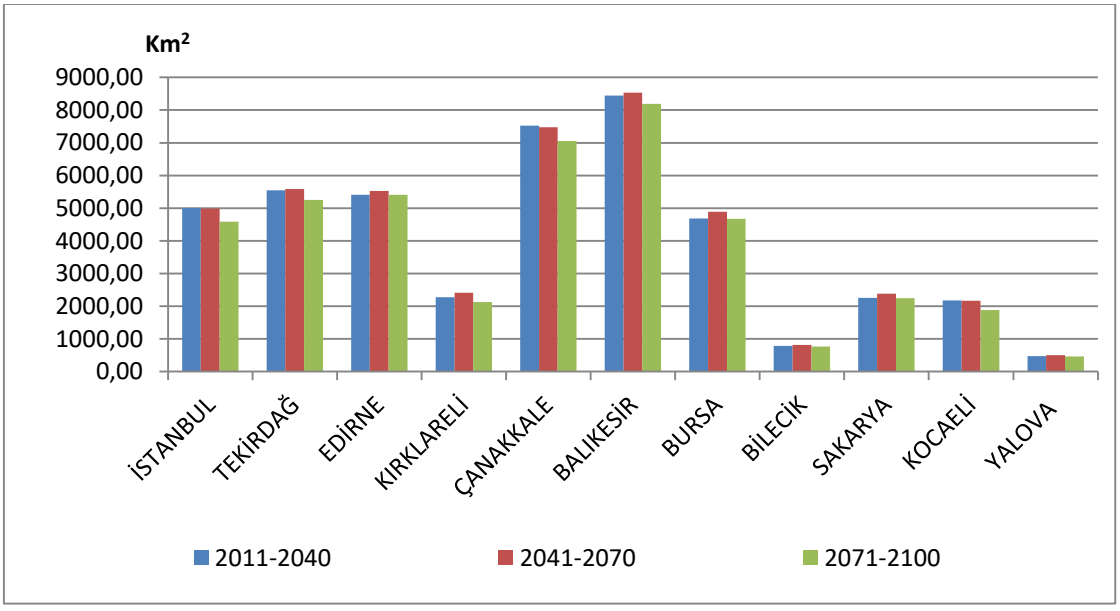
Bölgeler	Yüz ölçüm (km^2)	2011-2040	Oran (%)	2041-2070	Oran (%)	2071-2100	Oran (%)
Akdeniz	113563,21	34203,66	30,12	35465,31	31,23	36730,27	32,34
Doğu Anadolu	167169,92	12815,51	7,67	13968,60	8,36	14508,80	8,68
Ege	88094,55	41468,56	47,07	42776,59	48,56	43041,95	48,86
Güneydoğu Anadolu	59642,91	56999,63	95,57	56999,63	95,57	57360,53	96,17
İç Anadolu	158956,59	14787,00	9,30	14787,00	9,30	14787,00	9,30
Karadeniz	135259,83	7236,80	5,35	6569,42	4,86	6569,42	4,86
Marmara	60517,35	41364,36	68,35	41931,21	69,29	39586,93	65,41

Türkiye'de kuraklık risk alanlarının alansal dağılışına bakıldığında an fazla kuraklık riski olan bölge 2011-2040 yıllarında %95,57, 2041-2070 yıllarında %95,57 ve 2071-2100 yıllarında %96,17 oranı ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir. Güneydoğu Anadolu

Bölgesini Marmara, Ege, Akdeniz, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Karadeniz Bölgesi takip etmektedir (Tablo 3. 2 ve Şekil 3.21)

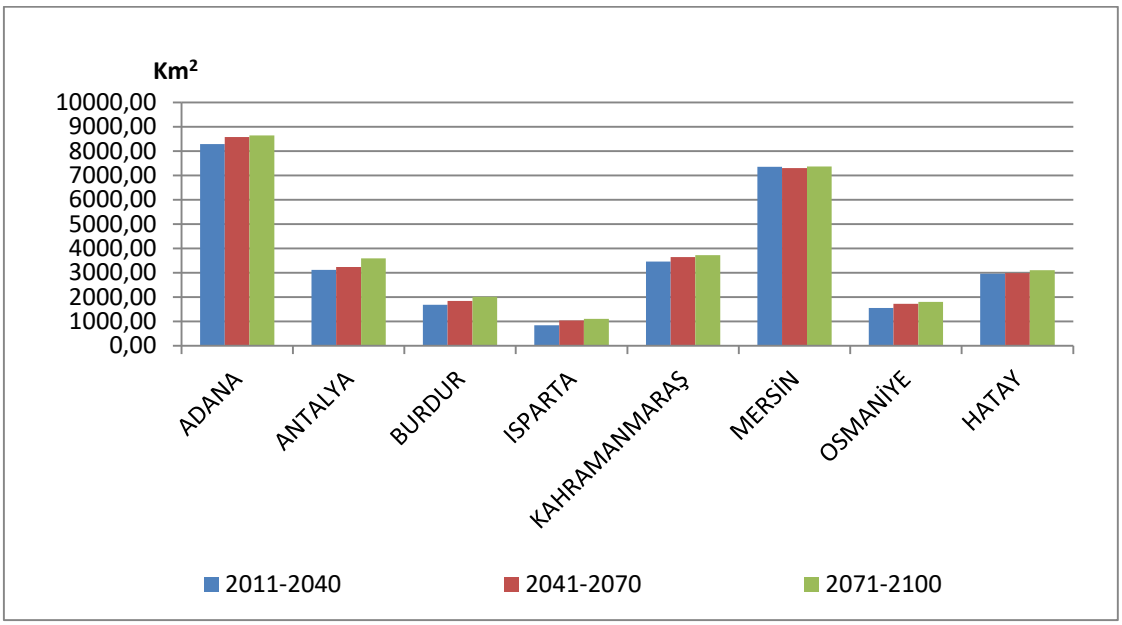


Şekil 3. 21. Türkiye'de bölgelerin SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.



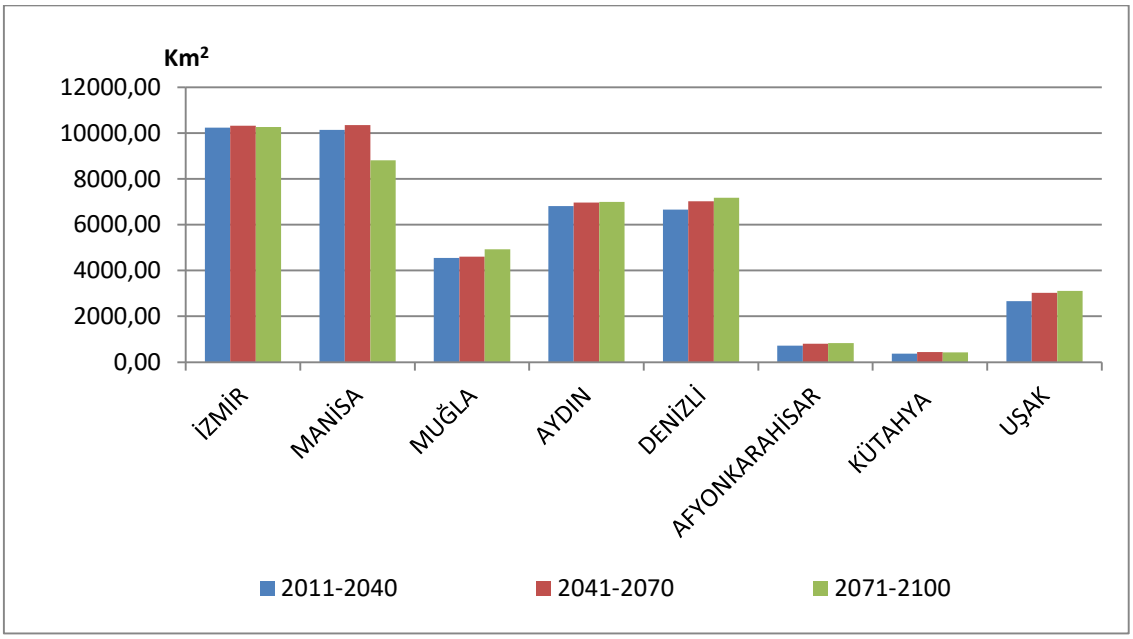
Şekil 3. 22. Türkiyede Marmara Bölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

Marmara Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %68,35 'i, 2041-2070 yıllarında %69,29 oranına yükselmiş ve 2071-2100 yıllarında ise %65,41 oranına düştüğü gözlenmektedir (Şekil 3. 29, Tablo 3. 2). 2011-2100 yıllarında SSP 370 senaryosuna göre Marmara bölgesinin bütün illerinde farklı oranlarda yüksek kuraklık risk alanları görülmektedir. En fazla İstanbul, Tekirdağ, Edirne ve Çanakkale illerinde nerdeyse yüz ölçümünün tamamına yakını yüksek kuraklık risk alanı olarak gözlenmektedir. İstanbul'un yüksek kuraklık risk alanı yüzölçümünün 2011-2040 yıllarında %91,68 oranından 2041-2070 yıllarında %91,29 ve 2071-2100 yıllarında ise %84,03 oranına gerilemiştir. Tekirdağ'ın yüksek kuraklık risk alanı yüzölçümünün 2011-2040 yıllarında %89,67'den 2041-2070 yıllarında %90,22'ye yükselmiş ve 2071-2100 yıllarda ise %84,91 oranına düşmüştür. Edirne'nin yüksek kuraklık risk alanı yüzölçümünün 2011-2040 yılında %88,07'den 2041-2070 yılından %89,90'a yükselmiş ve 2071-2100 yıllarında ise %87,94'e gerilemiştir. Çanakkale ilinde ise yüksek kuraklık risk oranı 2011-2040 yılında %76,67, 2041-2070 yıllarında %76,11 ve 2071-2100 yıllarında ise %71,88 oranına düşmüştür (Tablo 3.3). Marmara Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yerler Balıkesir ve Çanakkale illeridir (Şekil 3.22, Tablo 3. 3).



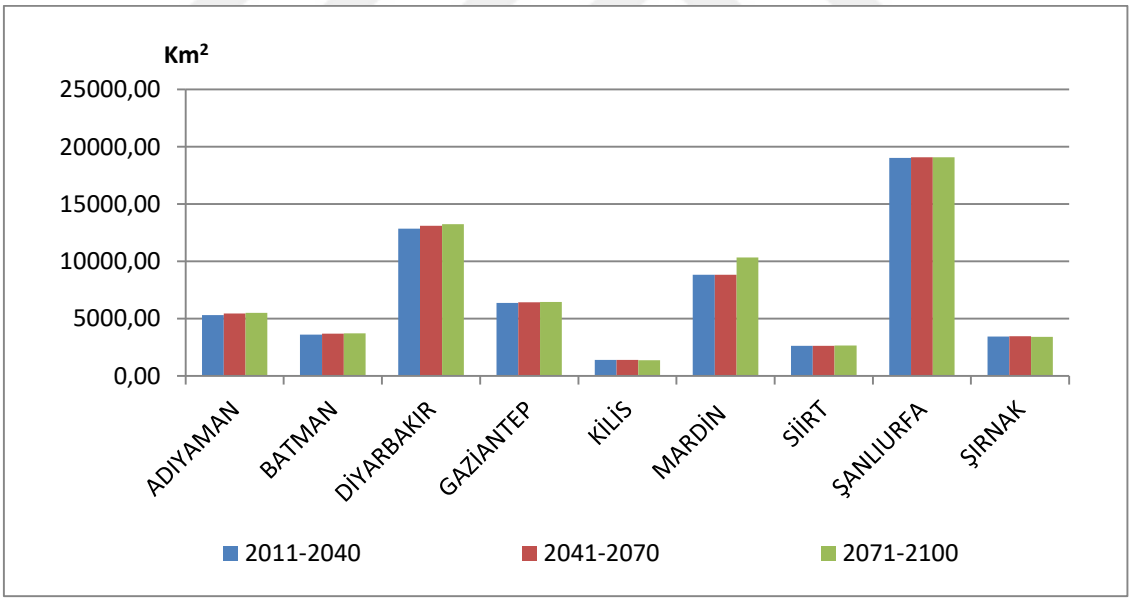
Şekil 3.23. Türkiyede Akdeniz Bölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

Akdeniz Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %30,12'si, 2041-2070 yıllarında %31,23 oranına düşmüş ve 2071-2100 yıllarında ise %32,34 oranına yükseldiği gözlenmektedir(Şekil 3. 31, Tablo 3. 2). Akdeniz bölgesinin bütün illerinde farklı oranlarda kuraklık risk alanları gözlenmektedir. Akdeniz bölgesinin kuraklık risk alanları 2011-2100 yıllarındaki üç dönemde de artış göstermektedir. En fazla Adana, Hatay, Osmaniye ve Mersin illerinde kuraklık risk alanları gözlenmektedir. Adana'da kuraklık risk alanı yüzölçümünün 2011-2040 yıllalrında%59,82, 2041-2070 yıllarında %61,93 ve 2071-2100 yıllarında ise %62,42 oranı ile üç dönemde de artış gösterdiği gözlenmiştir. Hatay ilinde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %53,60, 2041-2070 yıllarında %54,15 ve 2071-2100 yıllarında %56,26 oranında artış göstermektedir. Osmaniye' de kuraklık risk alanı yüzölçümünün 2011-2040 yıllarında %46,84, 2041-2070 yıllarında %51,87 ve 2071-2100 yıllarında %54,33 oranında gözlenmektedir. Mersin ilinde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %45,95,2041-2070 yıllarında %45,63 ve 2071-2100 yıllarında ise %45,95 oranı ile çok küçük değişimler gözlenmiştir (Tablo 3.3). Akdeniz Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yerler Adana ve Mersin illeridir (Şekil 3.23, Tablo 3. 3).



Şekil 3. 24. Türkiyede EgeBölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

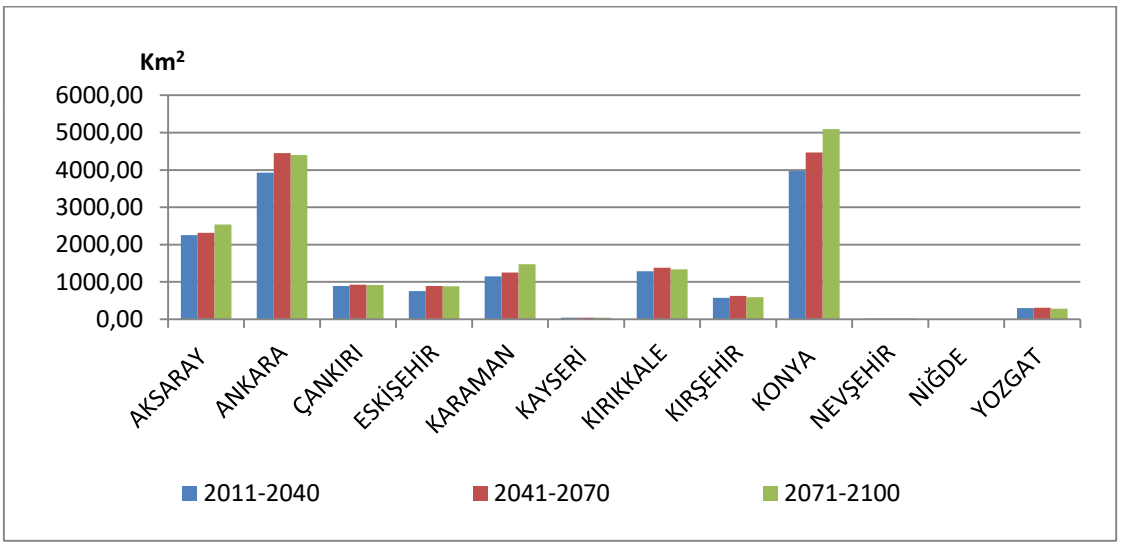
Ege Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %47,07'si, 2041-2070 yıllarında %48,56'sı ve 2071-2100 yıllarında ise %48,86 oranı ile üç dönemde de artış gözlenmektedir(Şekil 3.30, Tablo 3.2).Ege bölgesinde kuraklık risk alanı Afyon, Kütahya hariç diğer iller yüksek oranda kuraklık risk alanına sahiptir. Ege bölgesinde İzmir, Aydın ve Manisa illeri yüksek oranda kuraklık oranına sahiptir. İzmir'in kuraklık risk oranı 2011-2040 yıllarında %86,04, 2041-2070 yıllarında %86,79 ve 2071-2100 yıllarında ise %86,37 oranı ile üç dönemde küçük değişiklikler göstermiştir. Aydın ilinin kuraklık risk oranı 2011-2040 yıllarında %83,95'den 2041-2070 yıllarında %85,82'ye ve 2071-2100 yıllarında ise %86,15'e yükselmiştir. Manisa ilinde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %76,04'den , 2041-2070 yıllarında %77,54'e yükselirken 2071-2100 yıllarında %66,06 oranına düşmüştür (Tablo 3.3).Ege Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yerler İzmir ve Manisa illeridir (Şekil 3.24, Tablo 3. 3).



Şekil 3.25. Türkiyede Güneydoğu Anadolu Bölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

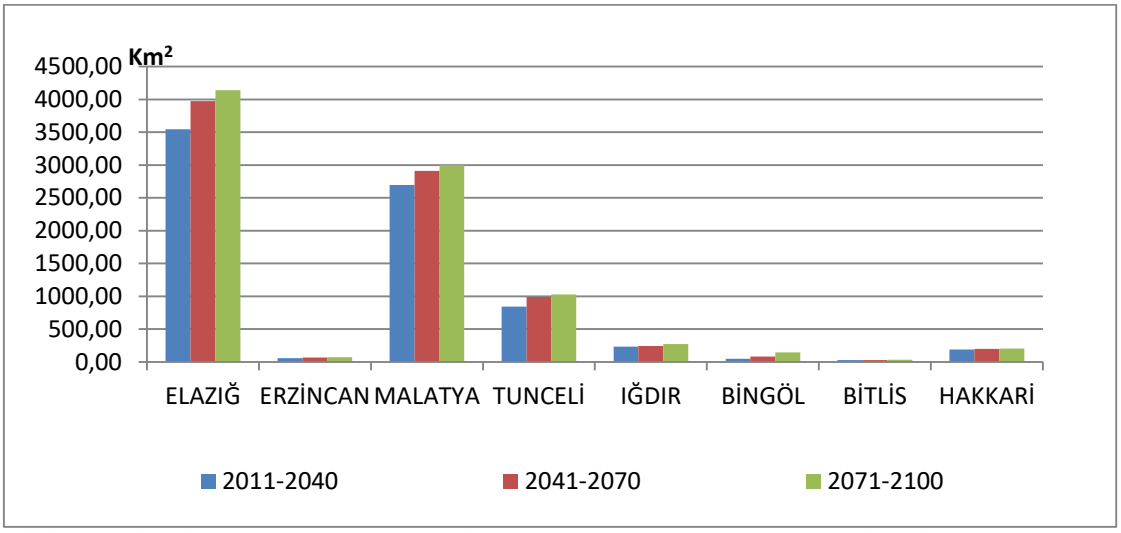
Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 ve 2041-2070 yıllarında %95,57'si, 2071-2100 yıllarında ise %96,17 oranına yükseldiği gözlenmektedir. (Şekil 3. 32, Tablo 3. 2).Güneydoğu Anadolu bölgesinin bütün illerinde

yüksek oranda kuraklık risk alanı bulunmaktadır. En fazla kuraklık alanına sahip olan Mardin 2011-2100 yıllarıda yüzölçümünün tamamı kuraklık risk alanı ile kaplı olduğu gözlenmektedir. Mardin'i Kilis (%99,12), Şanlıurfa (%99,1), Gaziantep (%94,46), Diyarbakır (%86,56), Batman (%81,72), Adıyaman (%74,06) ve Siirt (%46,35) takip etmektedir (Tablo 3.3).Güneydoğu Anadolu Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yerler Şanlı Urfa ve Diyarbakır illeridir (Şekil 3. 25, Tablo 3. 3).



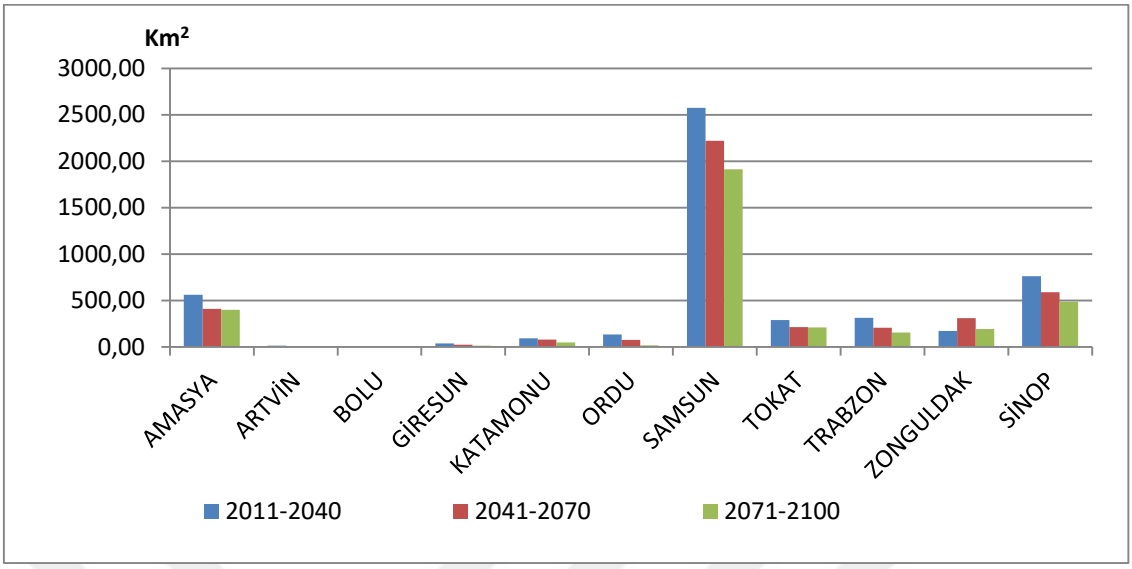
Şekil 3.26. Türkiyede İç Anadolu Bölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

İç Anadolu Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 yıllarında %9,30 oranında görülmektedir(Şekil 3.33, Tablo 3.2). İç Anadolu bölgesinde 2011-2100 yıllarında Sivas dışında diğer illerinde farklı oranlarda kuraklık risk alanları gözlenmektedir. İç Anadolu bölgesinde en fazla kuraklık risk alanı Aksaray (%30,95),başta olmak üzere Kırıkkale (%27,88), Ankara (%16,62), Karaman (14,88), Çankırı (%12,11), Konya (%11,04), Kırşehir (%9,08), Eskişehir (%6,04), Yozgat (%2,18), Nevşehir (%0,44), Kayseri (%0,24) ve Niğde (%0,08) olarak sıralanmaktadır (Tablo 3.3) .Marmara Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yerler Konya ve Ankara illeridir (Şekil 3.26, Tablo 3. 3).



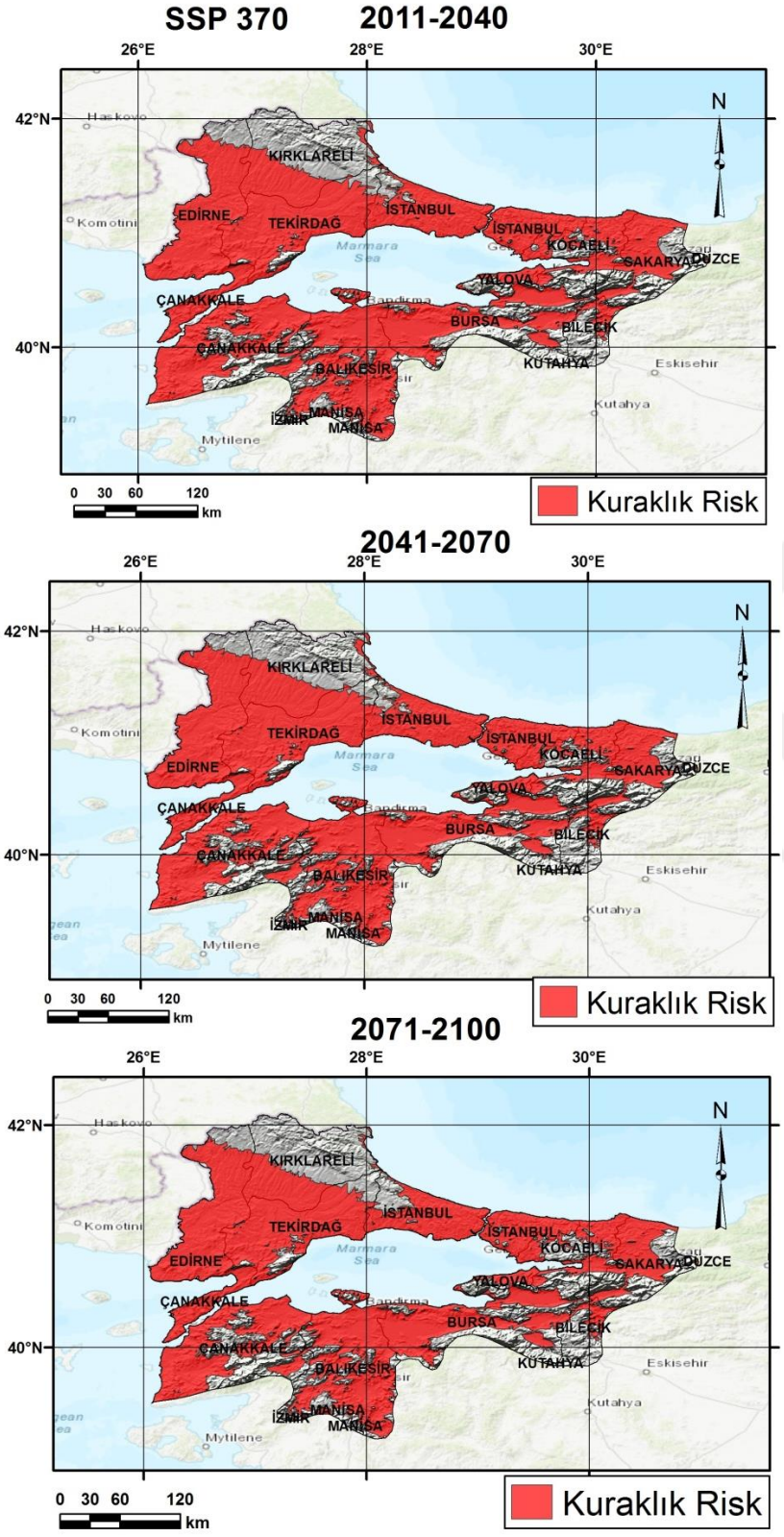
Şekil 3. 27. Türkiyede Doğu Anadolu Bölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

Doğu Anadolu Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %7,67'den 2041-2070 yıllarında %8,36'ya ve 2071-2100 yıllarında ise %8,68'e yükseldiği gözlenmektedir.(Şekil 3.35, Tablo 3.2).Türkiye'de %8,23 oranı ile Karadeniz bölgesinden sonra en az kuraklık risk alanına sahip olan bölge Doğu Anadolu bölgesidir. Doğu Anadolu bölgesinde 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının gözlendiği iller; Elazığ (%41,42), Malatya (%23,4), Tunceli (%12,56), Iğdır (%6,79), Hakkari (%2,79), Bingöl (%1,15), Erzincan (%0,55) ve Bitlis (0,36) illeridir (Tablo 3.3). Doğu Anadolu Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yerler Elazığ ve Malatya illeridir (Şekil 3.27, Tablo 3. 3).

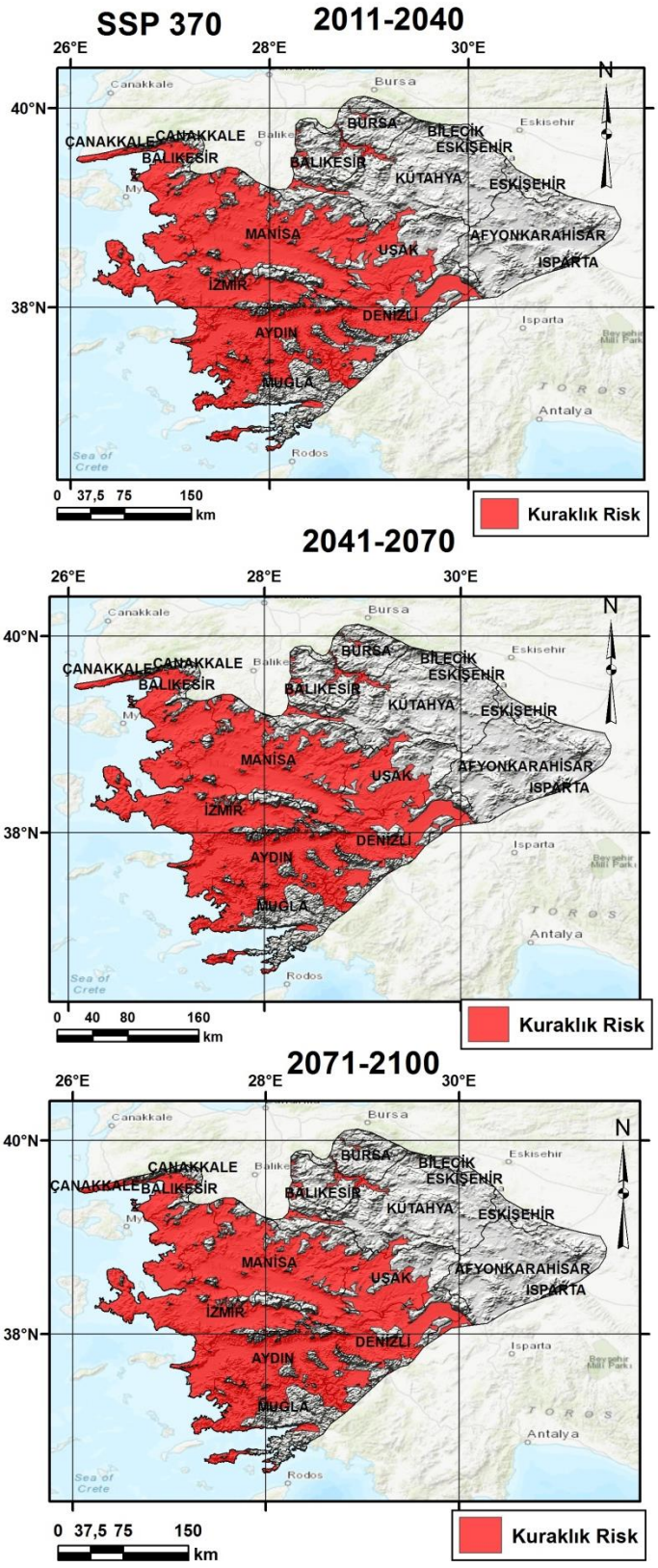


Şekil 3.28. Türkiyede Karadeniz Bölgesinin illerinde SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

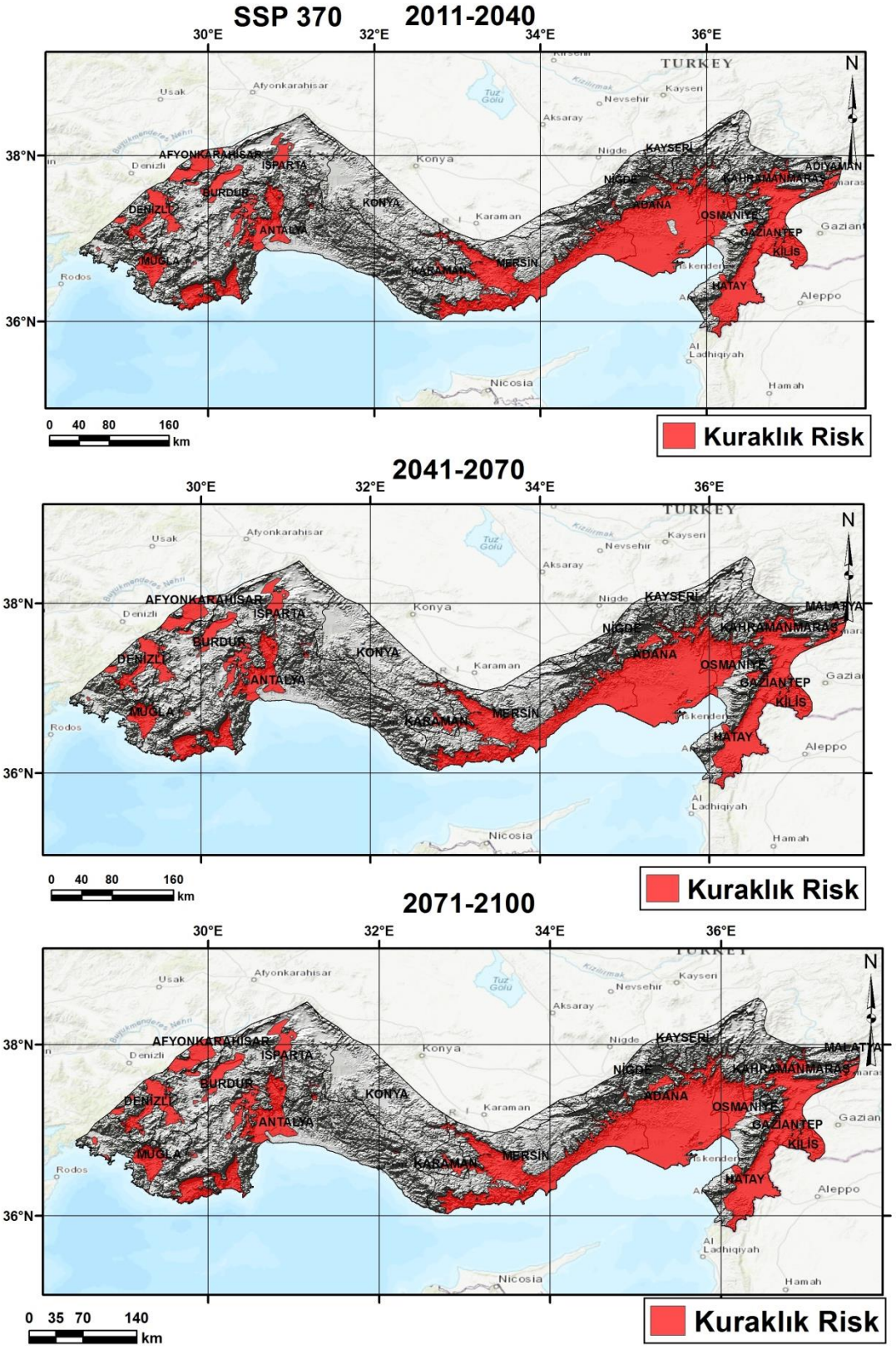
Karadeniz Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %5,35 iken, 2041-2070 ve 2071-210 yıllarında %4,86 oranında düşüş gözlenmiştir (Şekil 3. 34, Tablo 3. 2). Karadeniz Bölgesi %5,02 oranı ile Türkiye'nin en az kuraklık risk alanına sahip olan bölgedir. Karadeniz bölgesinde 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanının gözlendiği iller; Samsun (%22,99), Sinop (%10,74), Amasya (%8,14), Zonguldak (%6,76), Trabzon (%4,87), Tokat (%2,38), Ordu (%1,31), Artvin (%0,11), Kastamonu (%0,58), Giresun (0,37) ve Bolu (%0,08)'dur (Tablo 3. 3).Karadeniz Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yer Samsun illidir (Şekil 3.28, Tablo 3. 3).



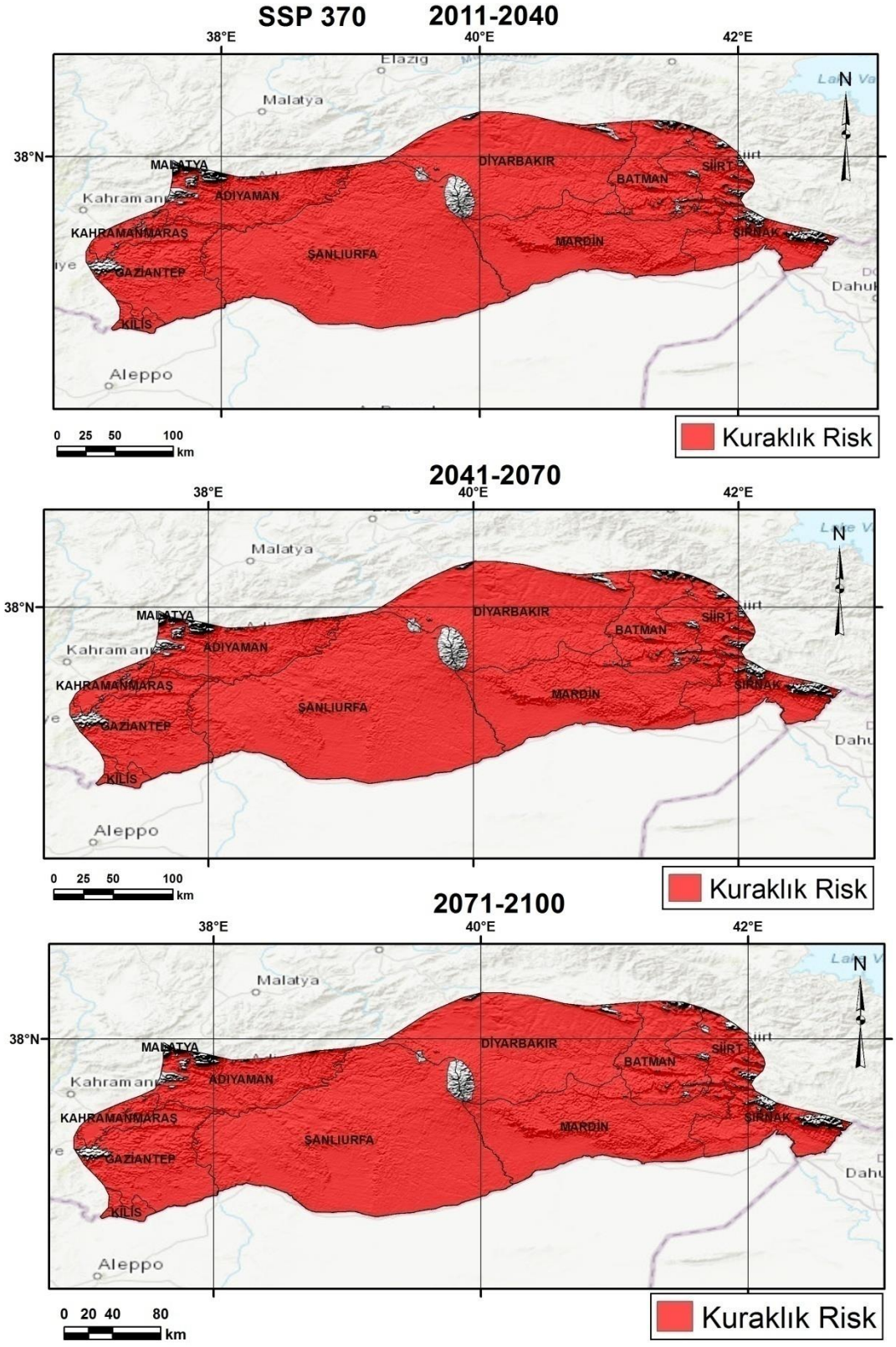
Şekil 3. 29. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Marmara Bölgesinde kuraklık risk haritası.



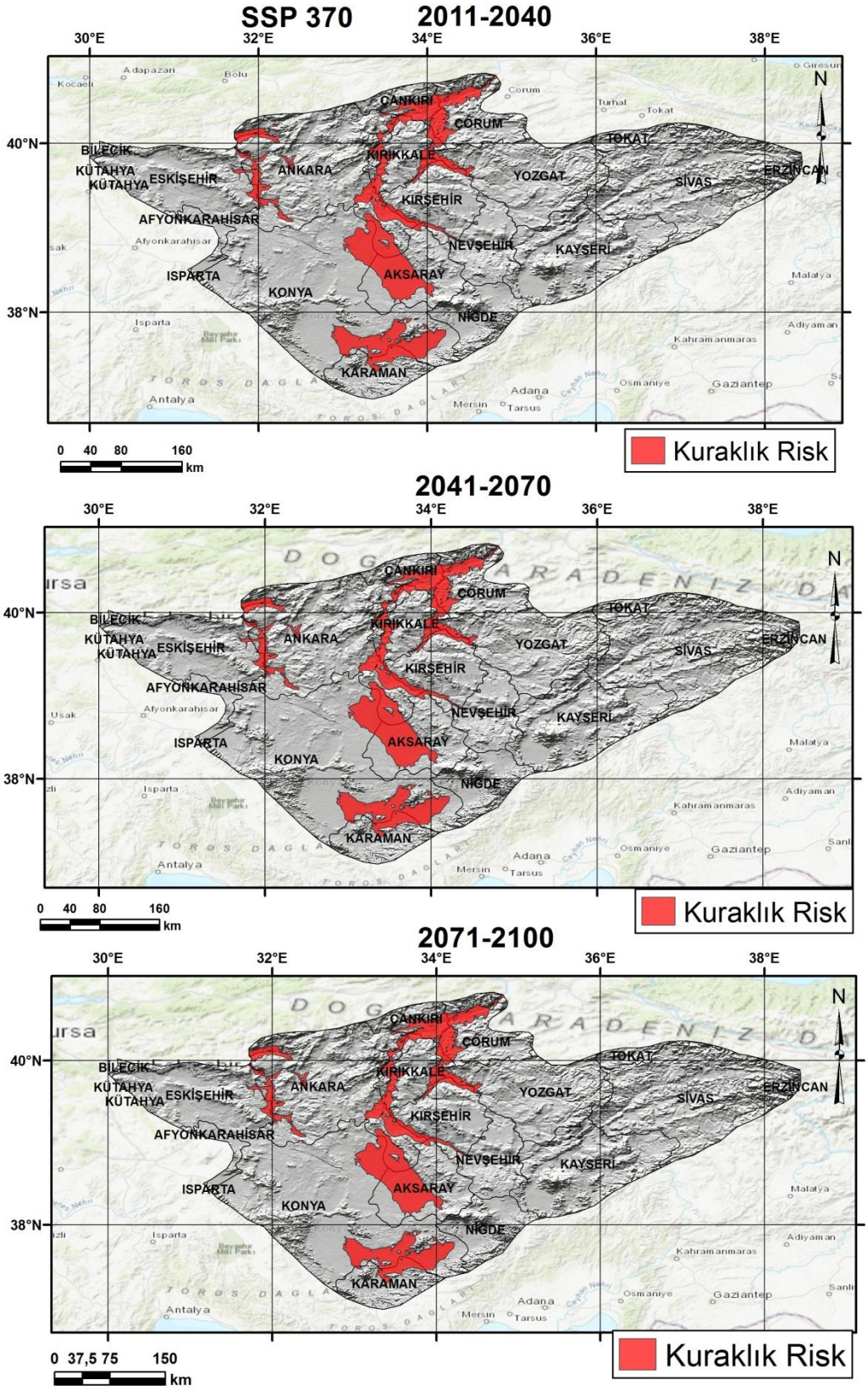
Şekil 3. 30. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki Ege Bölgesi kuraklık risk haritası.



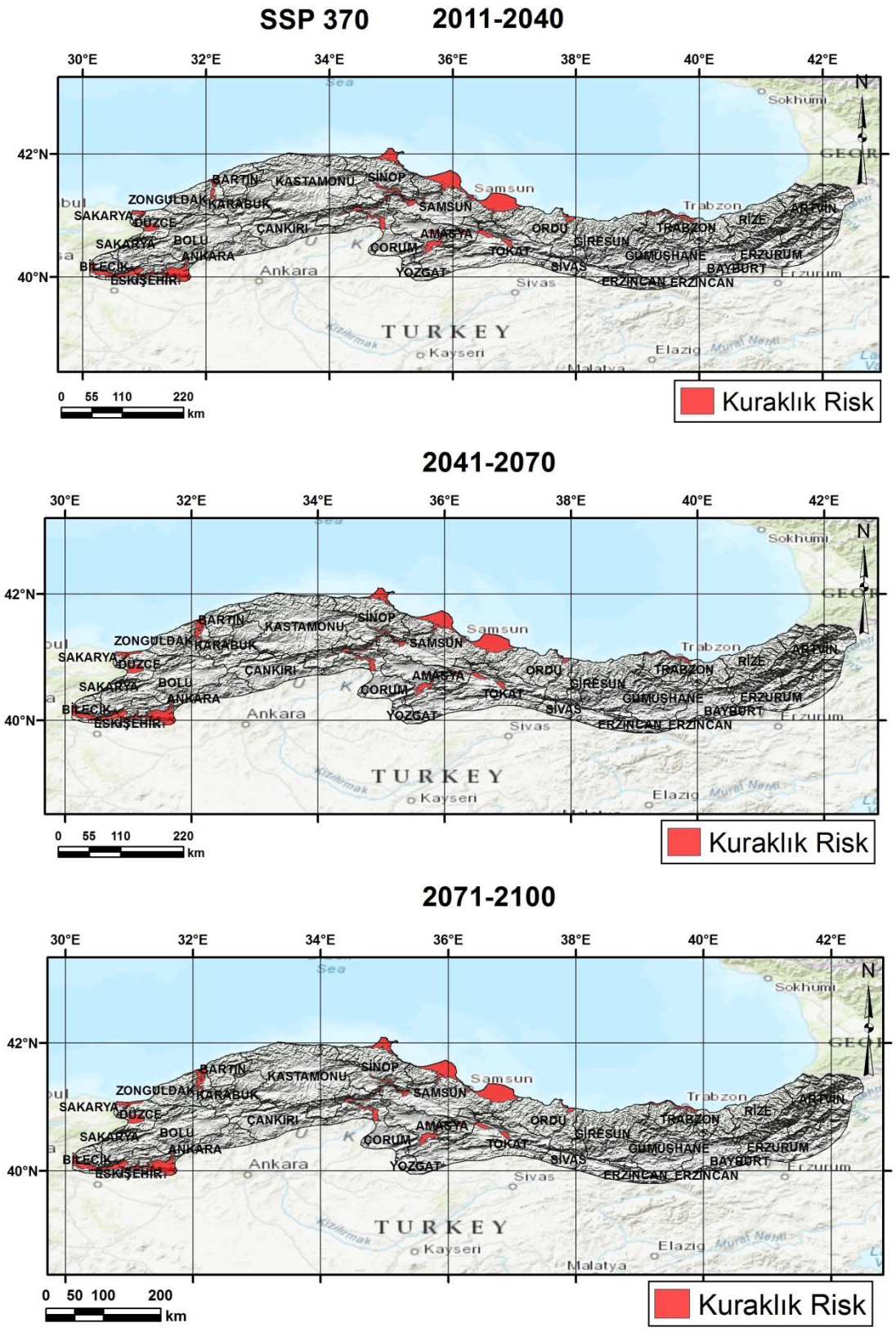
Şekil 3.31. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki Akdeniz kuraklık risk haritası.



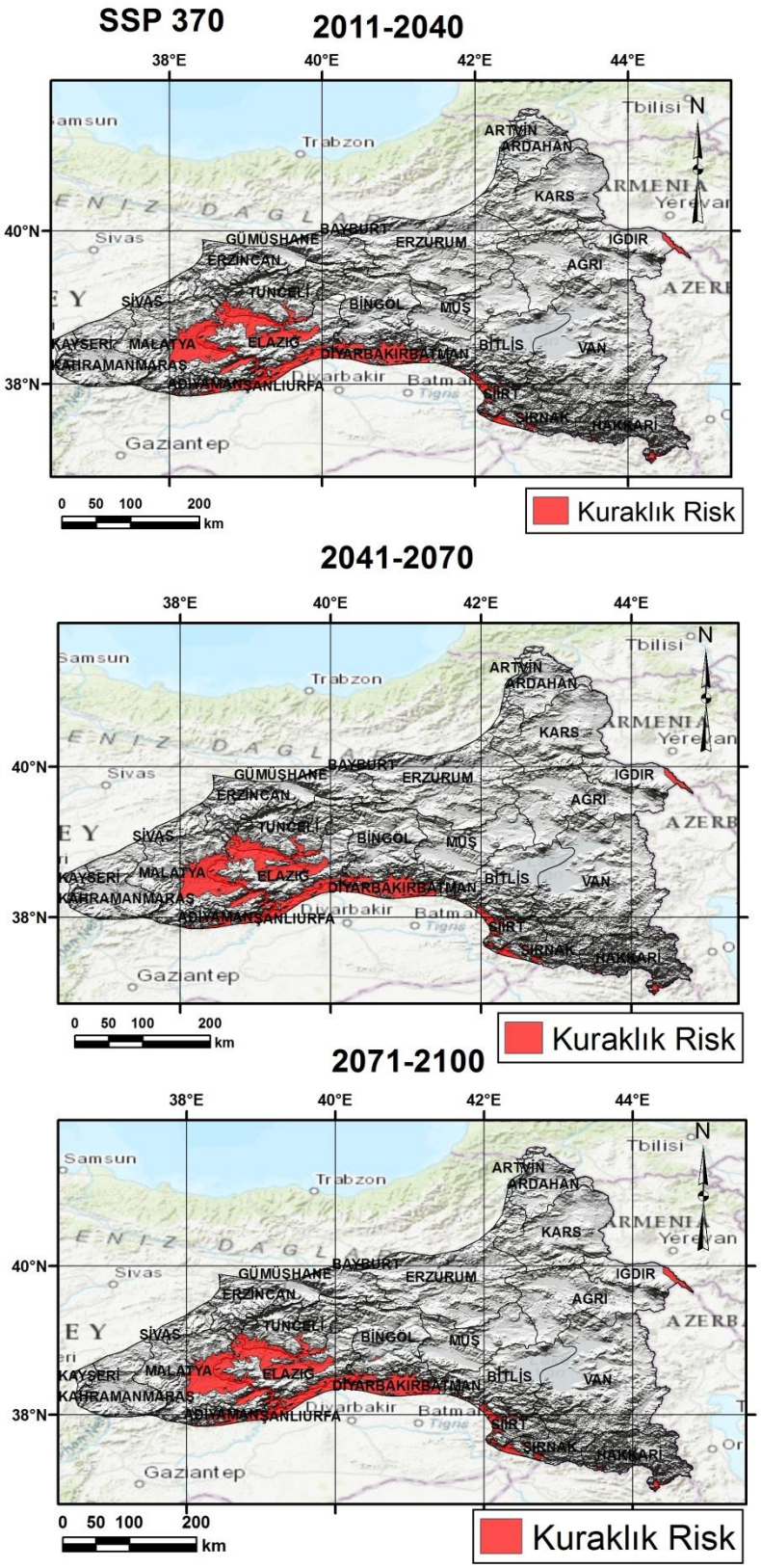
Şekil 3. 32. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kuraklık risk haritası.



Şekil 3. 33. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki İç Anadolu Bölgesinde kuraklık risk haritası.



Şekil 3. 34. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki Karadeniz Bölgesinde kuraklık risk haritası.



Şekil 3. 35. SSP 370 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasındaki Doğu Anadolu Bölgesinde kuraklık risk haritası.

Tablo 3. 3. Türkiye'de SSP370 senaryosuna göre kuraklık riski taşıyan illerin yüzölçümü, kuraklık alansal dağılışı ve oranları

SSP 370							
İLLER	**Yüz Ölçüm (km)**	**2011-2040**	**Oran (%)**	**2041-2070**	**Oran (%)**	**2071-2100**	**Oran (%)**
ADANA	13844	8281,65	59,82	8573,45	61,93	8641,10	62,42
ADIYAMAN	7337	5325,61	72,59	5460,69	74,43	5516,22	75,18
AFYONKARAHİSAR	14016	714,85	5,10	799,47	5,70	834,01	5,95
AKSARAY	7659	2256,36	29,46	2312,26	30,19	2543,00	33,20
AMASYA	5628	564,71	10,03	410,43	7,29	400,37	7,11
ANKARA	25632	3932,17	15,34	4451,03	17,37	4397,05	17,15
ANTALYA	20177	3110,10	15,41	3229,88	16,01	3584,11	17,76
ARTVİN	7393	14,09	0,19	7,16	0,10	4,48	0,06
AYDIN	8116	6813,06	83,95	6965,17	85,82	6992,23	86,15
BALIKESİR	14583	8450,09	57,94	8534,60	58,52	8188,08	56,15
BARTIN	2330	27,87	1,20	71,90	3,09	55,96	2,40
BATMAN	4477	3603,31	80,49	3686,81	82,35	3730,14	83,32
BİLECİK	4179	788,26	18,86	817,88	19,57	768,63	18,39
BİNGÖL	8003	50,21	0,63	81,92	1,02	145,12	1,81
BİTLİS	8294	28,56	0,34	28,83	0,35	33,97	0,41
BOLU	8313	6,31	0,08	7,34	0,09	6,91	0,08
BURDUR	7175	1677,66	23,38	1839,28	25,63	2013,91	28,07
BURSA	10813	4684,14	43,32	4887,85	45,20	4675,69	43,24
ÇANAKKALE	9817	7527,18	76,67	7471,74	76,11	7056,75	71,88
ÇANKIRI	7542	892,85	11,84	927,34	12,30	920,67	12,21
ÇORUM	12428	1772,18	14,26	1751,05	14,09	1710,36	13,76
DENİZLİ	12134	6661,38	54,90	7028,38	57,92	7174,83	59,13
DİYARBAKIR	15101	12856,57	85,14	13111,47	86,83	13252,22	87,76
DÜZCE	2492	276,37	11,09	346,28	13,90	252,16	10,12
EDİRNE	6145	5411,64	88,07	5524,20	89,90	5403,84	87,94
ELAZIĞ	9383	3546,38	37,80	3976,34	42,38	4137,97	44,10
ERZİNCAN	11815	55,89	0,47	68,80	0,58	72,26	0,61
ESKİŞEHİR	13960	753,41	5,40	894,22	6,41	880,47	6,31
GAZİANTEP	6803	6378,34	93,76	6431,30	94,54	6469,10	95,09
GİRESUN	6972	39,68	0,57	24,49	0,35	14,81	0,21
HAKKARİ	7095	190,88	2,69	198,56	2,80	204,98	2,89
HATAY	5524	2961,00	53,60	2991,00	54,15	3107,99	56,26
IĞDIR	3664	231,83	6,33	244,63	6,68	270,41	7,38
ISPARTA	8946	846,21	9,46	1041,09	11,64	1102,81	12,33

Tablo 3. 3. (Devamı) Türkiye'de SSP370 senaryosuna göre kuraklık riski taşıyan illerin yüzölçümü, kuraklık alansal dağılışı ve oranları

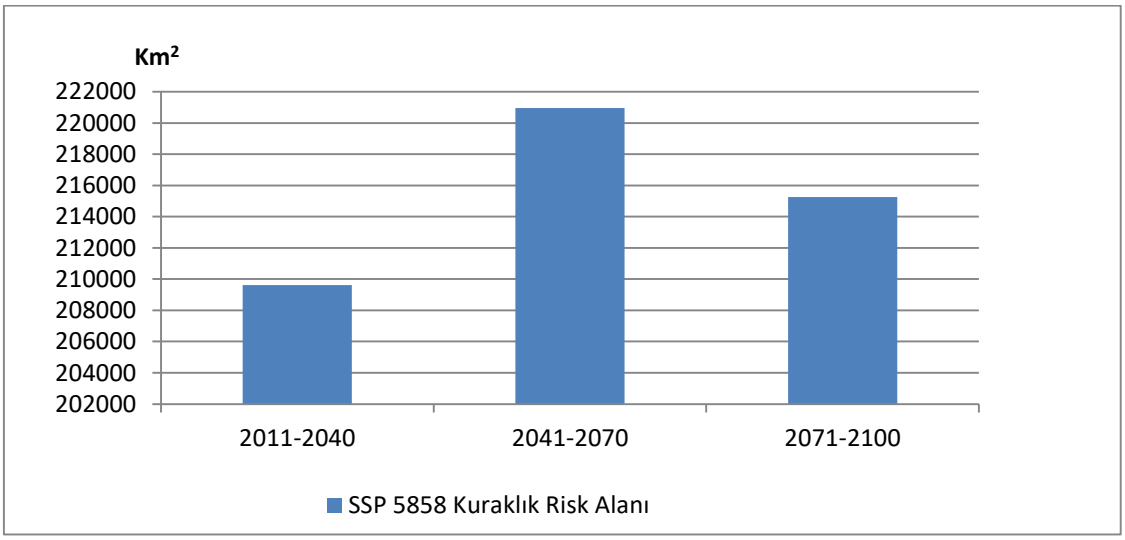
İSTANBUL	5461	5006,70	91,68	4985,56	91,29	4589,11	84,03
İZMİR	11891	10230,60	86,04	10320,10	86,79	10270,64	86,37
KAHRAMANMARAŞ	14520	3460,58	23,83	3646,05	25,11	3723,32	25,64
KARABÜK	4142	3,09	0,07	2,85	0,07	0,74	0,02
KARAMAN	8678	1149,81	13,25	1249,62	14,40	1475,74	17,01
KATAMONU	13064	95,14	0,73	80,53	0,62	51,18	0,39
KAYSERİ	16970	39,49	0,23	40,72	0,24	45,11	0,27
KİLİS	1412	1402,44	99,32	1403,38	99,39	1392,98	98,65
KIRIKKALE	4791	1284,42	26,81	1384,27	28,89	1338,99	27,95
KIRKLARELİ	6459	2277,80	35,27	2406,90	37,26	2124,78	32,90
KIRŞEHİR	6584	575,66	8,74	624,30	9,48	595,17	9,04
KOCAELİ	3397	2173,25	63,98	2162,34	63,65	1881,07	55,37
KONYA	40838	3968,26	9,72	4472,43	10,95	5090,56	12,47
KÜTAHYA	11634	375,65	3,23	446,17	3,84	433,69	3,73
MALATYA	12259	2696,75	22,00	2911,94	23,75	2997,31	24,45
MARDİN	8780	8839,88	100,68	8851,75	100,82	10334,94	117,71
MANİSA	13339	10142,53	76,04	10343,39	77,54	8811,46	66,06
MERSİN	16010	7356,72	45,95	7304,68	45,63	7363,40	45,99
MUĞLA	12654	4551,29	35,97	4605,28	36,39	4931,64	38,97
NEVŞEHİR	5485	21,10	0,38	21,41	0,39	30,45	0,56
NİĞDE	7234	4,82	0,07	4,82	0,07	7,14	0,10
ORDU	5914	134,38	2,27	78,28	1,32	19,92	0,34
OSMANİYE	3320	1555,05	46,84	1721,92	51,87	1803,72	54,33
SAKARYA	4824	2253,57	46,72	2384,24	49,42	2243,34	46,50
SAMSUN	9725	2576,15	26,49	2219,80	22,83	1912,93	19,67
SİİRT	5717	2642,99	46,23	2646,81	46,30	2660,66	46,54
SİNOP	5717	763,00	13,35	591,28	10,34	488,58	8,55
ŞANLIURFA	19242	19038,22	98,94	19080,69	99,16	19088,35	99,20
ŞIRNAK	7078	3436,75	48,56	3483,12	49,21	3427,38	48,42
TEKİRDAĞ	6190	5550,53	89,67	5584,33	90,22	5256,11	84,91
TOKAT	10042	289,71	2,89	216,49	2,16	211,86	2,11
TRABZON	4628	314,30	6,79	207,69	4,49	155,10	3,35
TUNCELİ	7582	840,99	11,09	987,47	13,02	1030,67	13,59
UŞAK	5555	2655,77	47,81	3024,86	54,45	3105,54	55,91
YALOVA	798	468,87	58,76	495,65	62,11	462,48	57,95
YOZGAT	13690	301,19	2,20	309,11	2,26	284,61	2,08
ZONGULDAK	3342	174,62	5,23	310,14	9,28	192,99	5,77

3.3.2. SSP 585 Senaryosuna Göre Kuraklık Analizi

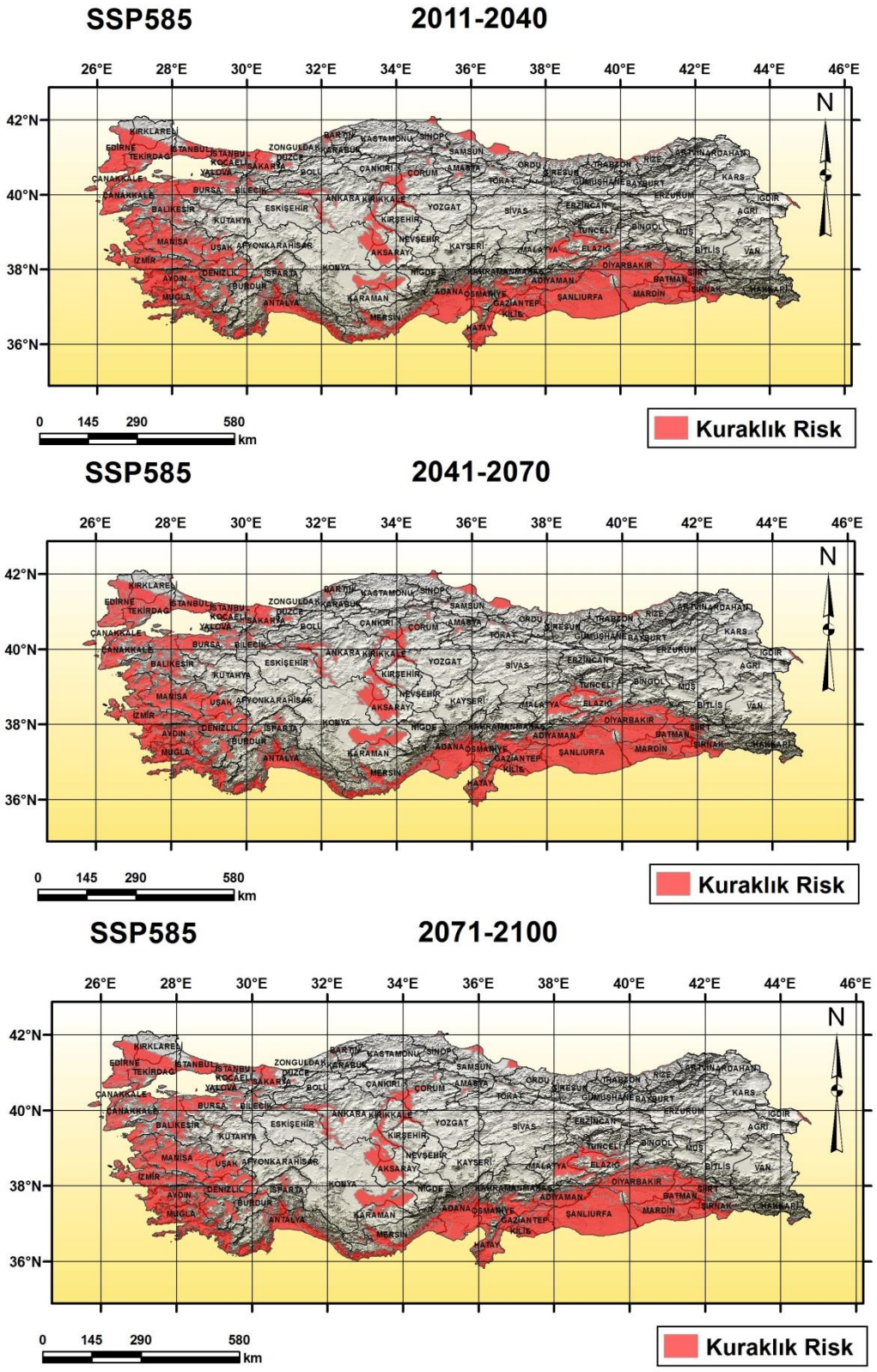
Türkiye'de SSP 585 senaryosunda kuraklık risk alanları 2011-2040 yıllarında 209620,63km^2, 2041-2070 yıllarında220957,51km^2 ve 2071-2100 yıllarında ise 215251,74km^2 alan kaplamaktadır. 2011-2040 yıllarında %26,75'lik alana sahip olan kuraklık risk alanı 2041-2070 yıllarında %28,20'ye yükselmiş ve 2071-2100 yıllarında ise çok az bir değişiklikle %27,47'lik alana düşmektedir (Şekil 3.36, Tablo 3.3).

Tablo3.4.Türkiye'de SSP 585 senaryosuna göre 2011-2040 yıllarında kuraklık risk alanının alansal ve oransal dağılışı.

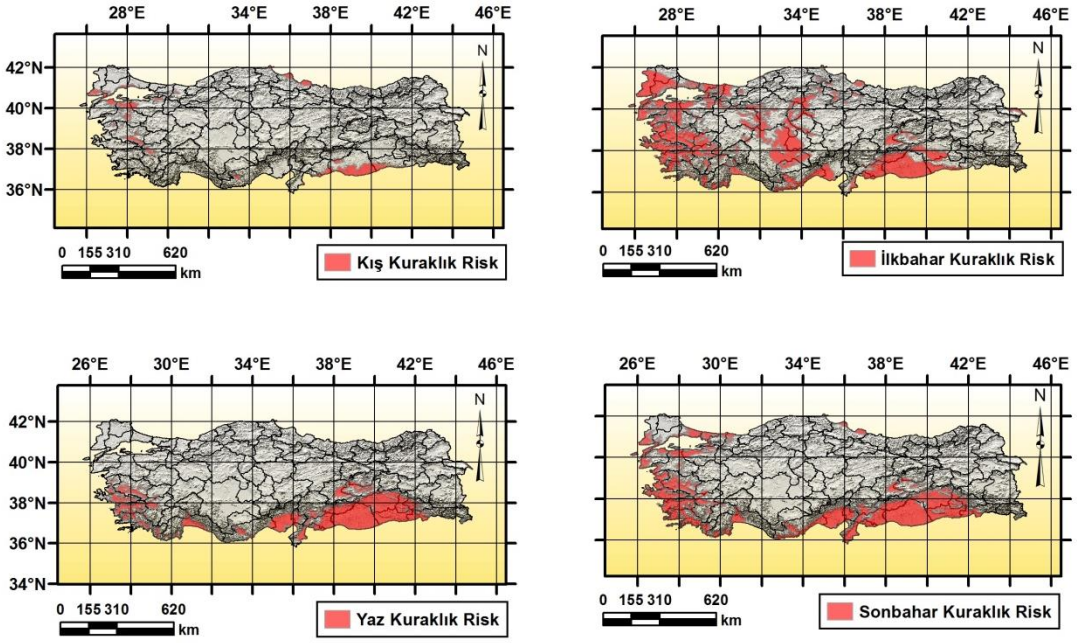
Yıllar	Kuraklık risk alanı (km)	Oran (%)
2011-2040	209620,63	26,75
2041-2070	220957,51	28,20
2071-2100	215251,74	27,47



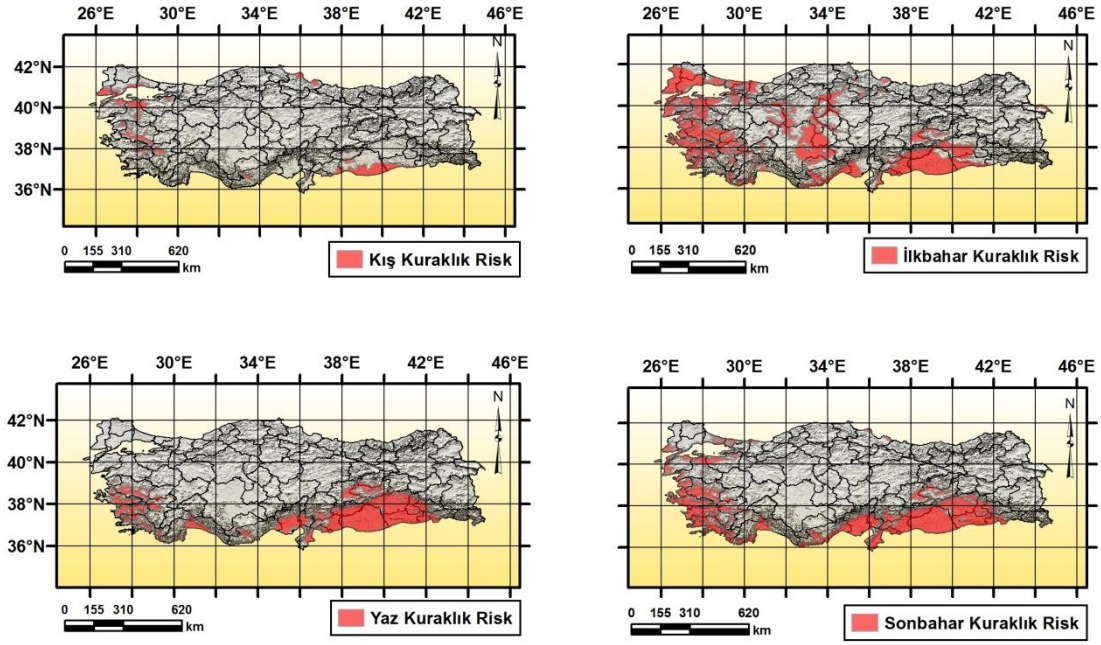
Şekil 3.36. Türkiye'de SSP 585 senaryosuna göre 2011-2040 yıllarında kuraklık risk alanının alansaldağılışı.



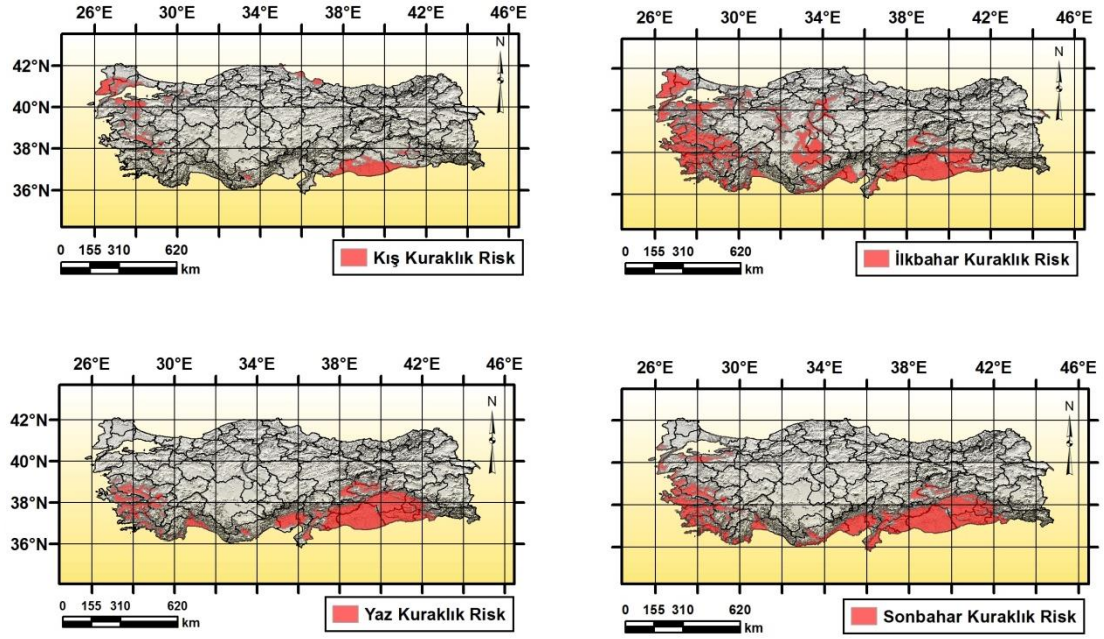
Şekil 3. 37. Kuraklık risk alanlarının SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında yıllık olarak değerlendirilmesi.



Şekil 3.38. Kuraklık risk alanların SSP 585 senaryosuna göre 2011-2040 yılları arasında mevsimlik değerlendirilmesi.



Şekil 3. 39. Kuraklık risk alanların SSP585 senaryosuna göre 2041-2070 yılları arasında mevsimlik değerlendirilmesi.



Şekil 3.40. Kuraklık risk alanların SSP 585 senaryosuna göre 2071-2100 yılları arasında mevsimlik değerlendirilmesi.

Kış mevsiminde SSP 585 senaryosunda yüksek kuraklık riskinin yaşandığı alanlar; Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi (Kütahya ve Afyon hariç), Güneydoğu Anadolu Bölgesinin güney kısımları ve Karadeniz Bölgesinin (Orta ve Batı Karadeniz Bölümleri) kıyı şeridi boyunca yer alan illerin kuzey kesimleri yer almaktadır.

İlkbahar mevsimi SSP 585 senaryosunda yüksek kuraklık risk haritaları incelendiğinde diğer mevsimlerle karşılaştırıldığında SSP 370 senaryosunda olduğu gibi en fazla alansal genişliğe sahip olduğu gözlenmektedir. İlkbahar mevsiminde yüksek kuraklık risk alanları kış mevsimine göre Karadeniz Bölgesinin kıyı şeridi boyunca gözlenen yüksek kuraklık risk alanlarında alansal olarak azalmalar gözlenirken, Orta Karadeniz'in iç kesimleri, Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu, Ege, Akdeniz ve Marmara Bölgelerinde alansal olarak artış meydana gelmiştir. İlkbahar mevsimindeki yüksek kuraklık risk alanlarına Karadeniz Bölgesinde kış mevsiminden farklı olarak Artvin, Tokat, Amasya, Samsun, Sinop, Çorum ve Düzce illerinin bulunduğu iç kesimlerde yüksek kuraklık alanları tespit edilmiştir. Doğu Anadolu'da Iğdır, Elazığ, Malatya ve Tunceli, Güneydoğu Anadolu bölgesinin nerdeyse tüm alanı, Akdeniz'de Isparta, Burdur, Antalya, Mersin, Adana, Hatay ve Kahramanmaraş, Ege

Bölgesinde; Afyonkarahisar ve Kütahya hariç tüm illerin tamamına yakını, Marmara Bölgesinin tüm illerinde ilkbahar mevsiminde yüksek kuraklık risk alanlarında alansal olarak artış meydana gelmiştir.

Sonbahar mevsiminde yüksek kuraklık risk alanı en fazla Güneydoğu Anadolu Bölgesi başta olmak üzere Akdeniz Bölgesi, Ege Bölgesi (Kütahya ve Afyonkarahisar hariç), Marmara Bölgesi (Yıldız dağları bölümü hariç)Doğu Anadolu Bölgesinde Malatya, Tunceli ve Elazığ illeri ve Karadeniz Bölgesinde Sinop, Samsun ve Trabzon illerinin kıyı kesiminde görülmektedir.

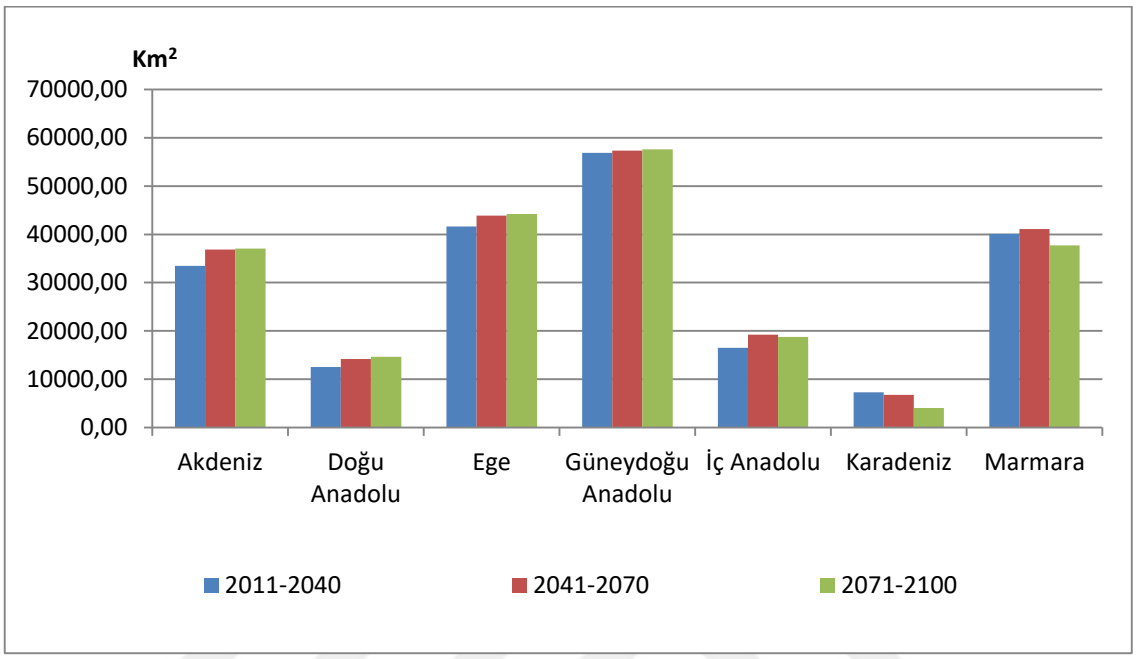
Yaz mevsimindeki yüksek kuraklık risk alanları diğer mevsimlerdeki yüksek kuraklık risk alanları karşılaştırıldığında en az alansal genişliğe sahip olduğu gözlenmektedir. Diğer mevsimlerle karşılaştırıldığında Güneydoğu ve Doğu Anadolu bölgelerinde en fazla kuraklık risk alanı artışı gözlenmektedir. Yaz mevsimindeki en geniş yüksek kuraklık risk alanı Güneydoğu Anadolu Bölgesidir. Diğer yüksek kuraklık risk alanları; Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye, Adana, Mersin, Antalya, Muğla, Aydın, Denizli, İzmir, Manisa, Malatya, Elazığ, Tunceli, Bingöl ve Iğdır illeridir.(Şekil 3.38 -3.39- 3.40).

Tablo 3. 5. Türkiye'de bölgelerin SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı ve oranları

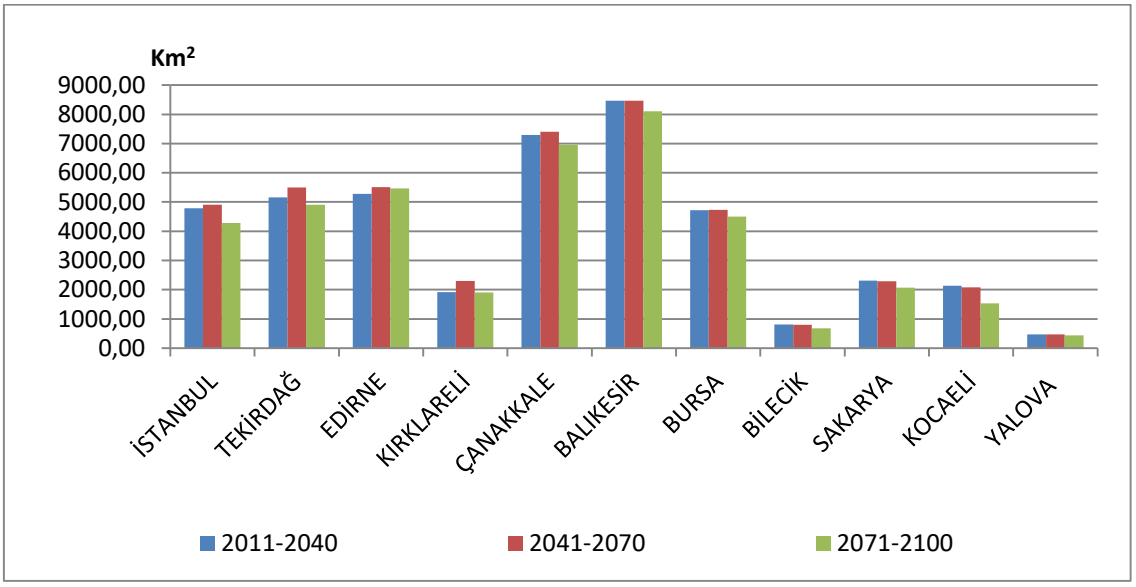
Bölgeler	Yüz ölçüm (km^2)	2011-2040	Oran (%)	2041-2070	Oran (%)	2071-2100	Oran (%)
Akdeniz	113563,21	33443,97	29,45	36823,22	32,43	37074,99	32,65
Doğu Anadolu	167169,92	12531,91	7,50	14176,09	8,48	14619,28	8,75
Ege	88094,55	41607,05	47,23	43893,18	49,83	44178,97	50,15
Güneydoğu Anadolu	59642,91	56879,15	95,37	57332,59	96,13	57605,27	96,58
İç Anadolu	158956,59	16455,95	10,35	19193,52	12,07	18741,11	11,79
Karadeniz	135259,83	7265,68	5,37	6748,65	4,99	4014,61	2,97
Marmara	60517,35	40082,97	66,23	41079,17	67,88	37685,67	62,27

Türkiye'de kuraklık risk alanlarının alansal dağılışına bakıldığında an fazla kuraklık riski olan bölge 2011-2040 yıllarında %95,37, 2041-2070 yıllarında %96,13 ve 2071-2100 yıllarında %96,58 oranı ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir. Güneydoğu

Anadolu Bölgesini Marmara, Ege, Akdeniz, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Karadeniz Bölgesi takip etmektedir (Tablo 3.5, Şekil 3.41).

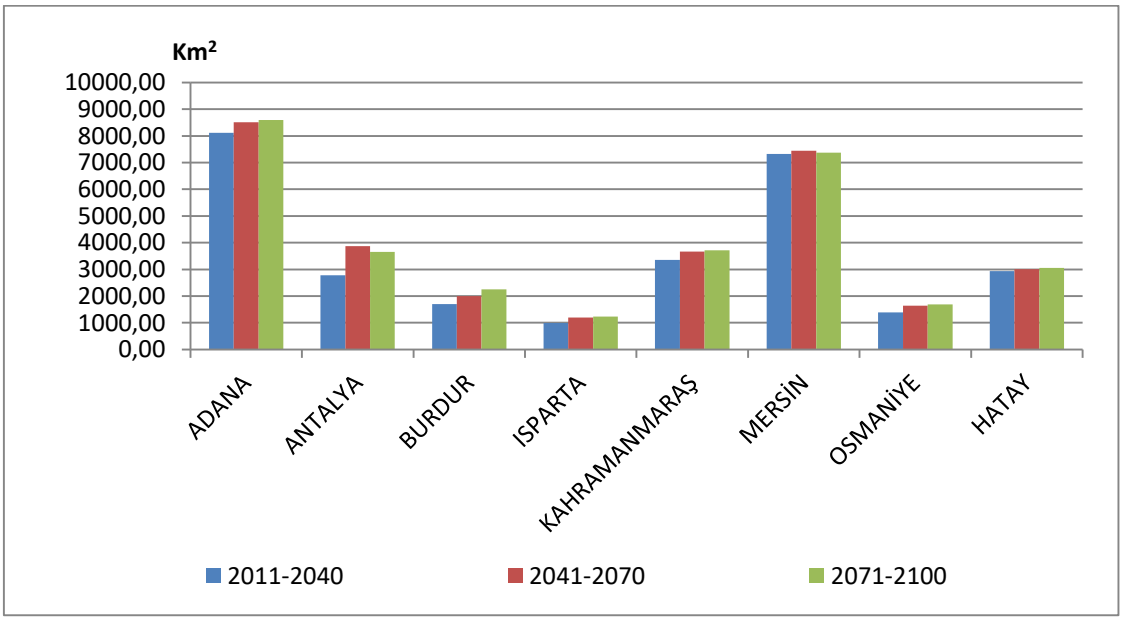


Şekil 3. 41. Türkiye'de bölgelerin SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.



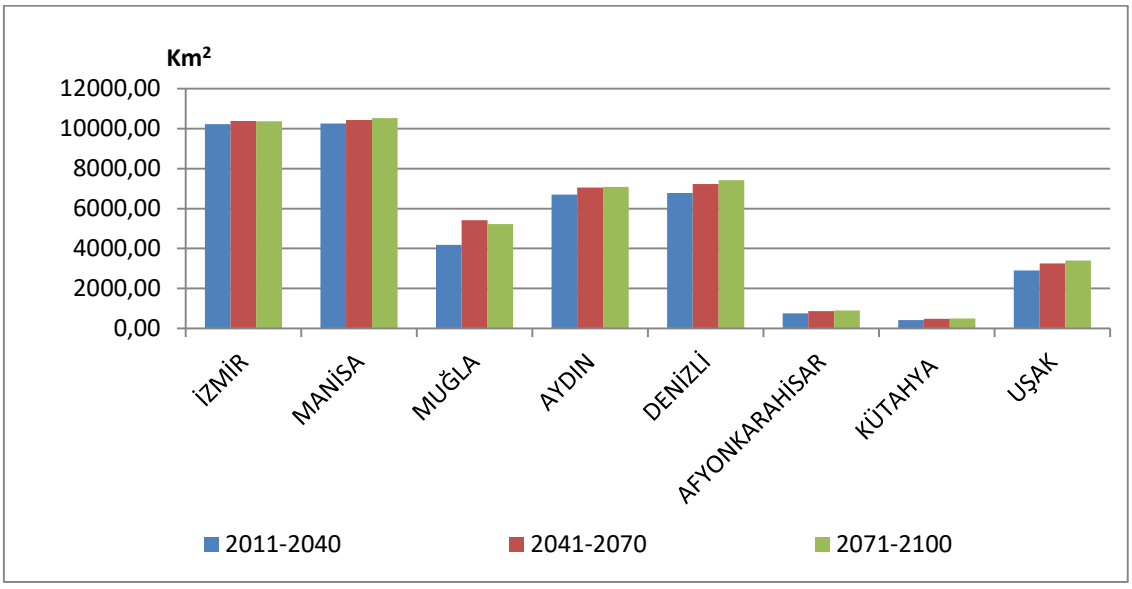
Şekil 3. 42. Türkiyede Marmara Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

Marmara Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %66,23'den 2041-2070 yıllarında %67,88'ya yükselmiş ve 2071-2100 yıllarında ise %62,27'e düştüğü gözlenmektedir.(Şekil 3.49, Tablo 3. 5). 2011-2100 yıllarında SSP 585 Senaryosuna göre Marmara bölgesinin bütün illerinde farklı oranlarda yüksek kuraklık risk alanları görülmektedir. En fazla İstanbul, Tekirdağ, Edirne ve Çanakkale illerinde nerdeyse yüz ölçümünün tamamına yakını yüksek kuraklık risk alanı olarak gözlenmektedir. İstanbul'un yüksek kuraklık risk alanı yüzölçümünün 2011-2040 yıllarında %91,68 oranından 2041-2070 yıllarında %91,29 ve 2071-2100 yıllarında ise %84,03 oranına gerilemiştir. Tekirdağ'ın yüksek kuraklık risk alanı yüzölçümünün 2011-2040 yıllarında %89,67'den 2041-2070 yıllarında %90,22'ye yükselmiş ve 2071-2100 yıllarda ise %84,91 oranına düşmüştür. Edirne'nin yüksek kuraklık risk alanı yüzölçümünün 2011-2040 yılında %88,07'den 2041-2070 yılından %89,90'a yükselmiş ve 2071-2100 yıllarında ise %87,94'e gerilemiştir. Çanakkale ilinde ise yüksek kuraklık risk oranı 2011-2040 yılında %76,67, 2041-2070 yıllarında %76,11 ve 2071-2100 yıllarında ise %71,88 oranına düşmüştür (Tablo 3.6).Marmara Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yerler Balıkesir ve Çanakkale illeridir (Şekil 3.42, Tablo 3. 6).



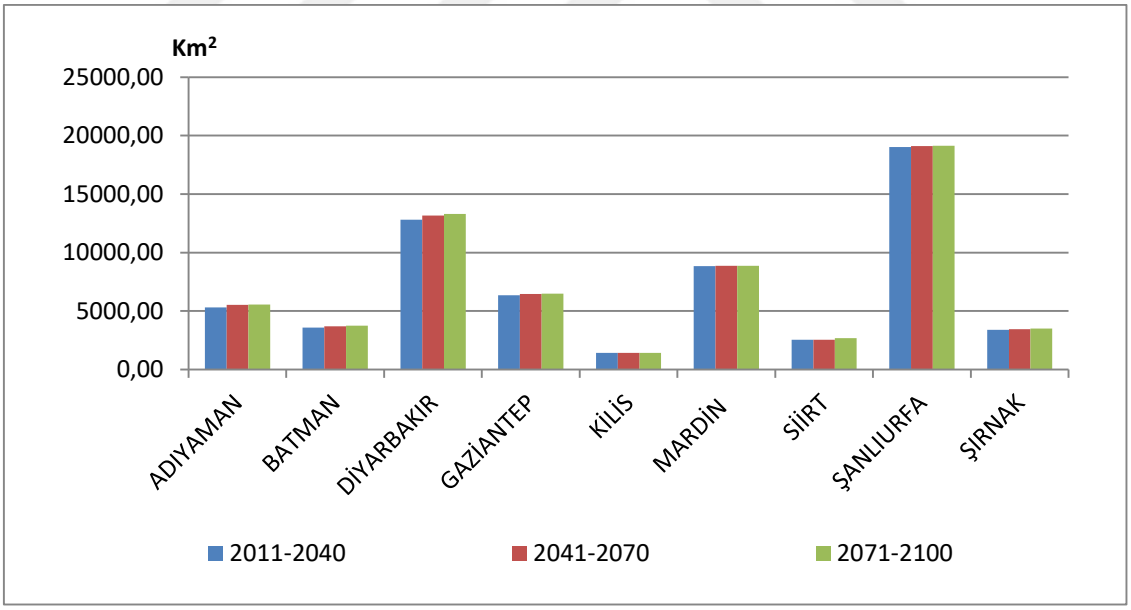
Şekil 3.43. Türkiye'de Akdeniz Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

Akdeniz Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %29,45'den 2041-2070 yıllarında %32,43'e ve 2071-2100 yıllarında ise %32,65'e yükseldiği gözlenmektedir(Şekil 3.51, Tablo 3.5). Akdeniz bölgesinin bütün illerinde farklı oranlarda kuraklık risk alanları gözlenmektedir. Akdeniz bölgesinin kuraklık risk alanları 2011-2100 yıllarındaki üç dönemde de artış göstermektedir. En fazla Adana, Hatay, Osmaniye ve Mersin illerinde kuraklık risk alanları gözlenmektedir. Adana'da kuraklık risk alanı yüzölçümünün 2011-2040 yıllalrında%59,82, 2041-2070 yıllarında %61,93 ve 2071-2100 yıllarında ise %62,42 oranı ile üç dönemde de artış gösterdiği gözlenmiştir. Hatay ilinde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %53,60, 2041-2070 yıllarında %54,15 ve 2071-2100 yıllarında %56,26 oranında artış göstermektedir. Osmaniye' de kuraklık risk alanı yüzölçümünün 2011-2040 yıllarında %46,84, 2041-2070 yıllarında %51,87 ve 2071-2100 yıllarında %54,33 oranında gözlenmektedir. Mersin ilinde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %45,95,2041-2070 yıllarında %45,63 ve 2071-2100 yıllarında ise %45,95 oranı ile çok küçük değişimler gözlenmiştir (Tablo 3.6).Akdeniz Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yerler Adana ve Mersin illeridir (Şekil 3.43, Tablo 3. 6).



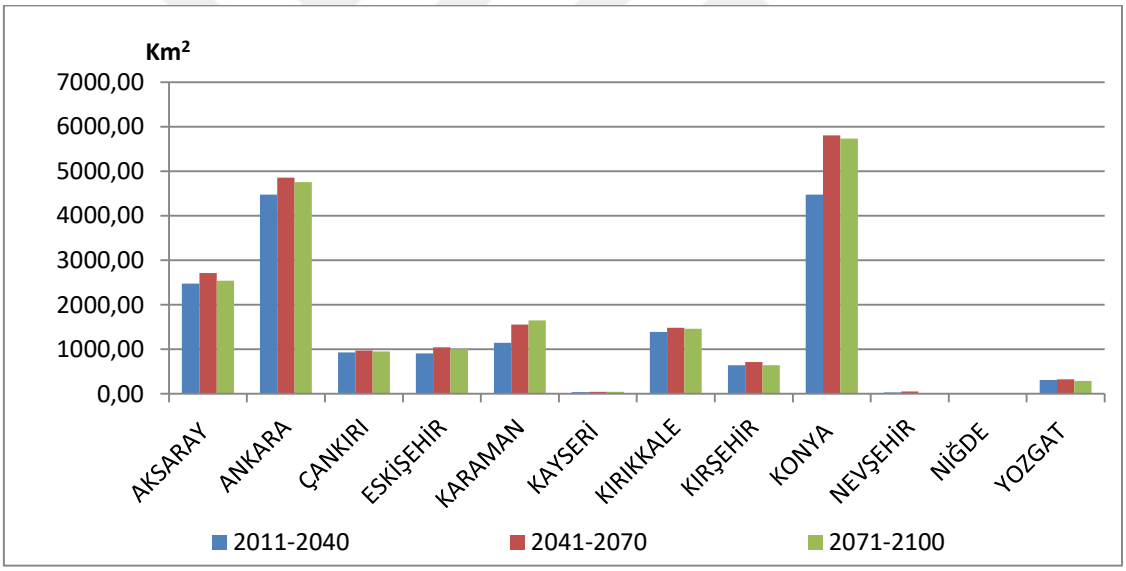
Şekil 3.44. Türkiye'de Ege Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

Ege Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %47,23'den 2041-2070 yıllarında %49,83'e ve 2071-2100 yıllarında ise %50,15'e yükseldiği gözlenmektedir (Şekil 3.50, Tablo 3. 4). Ege bölgesinde kuraklık risk alanı Afyon, Kütahya hariç diğer iller yüksek oranda kuraklık risk alanına sahiptir. Ege bölgesinde İzmir, Aydın ve Manisa illeri yüksek oranda kuraklık oranına sahiptir. İzmir'in kuraklık risk oranı 2011-2040 yıllarında %86,04, 2041-2070 yıllarında %86,79 ve 2071-2100 yıllarında ise %86,37 oranı ile üç dönemde küçük değişiklikler göstermiştir. Aydın ilinin kuraklık risk oranı 2011-2040 yıllarında %83,95'den 2041-2070 yıllarında %85,82'ye ve 2071-2100 yıllarında ise %86,15'e yükslemiştir. Manisa ilinde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %76,04'den , 2041-2070 yıllarında %77,54'e yükselirken 2071-2100 yıllarında %66,06 oranına düşmüştür (Tablo 3. 6).Ege Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yerler İzmir ve Manisa illeridir (Şekil 3.44, Tablo 3. 6).



Şekil 3.45. Türkiye'de Güneydoğu Anadolu Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

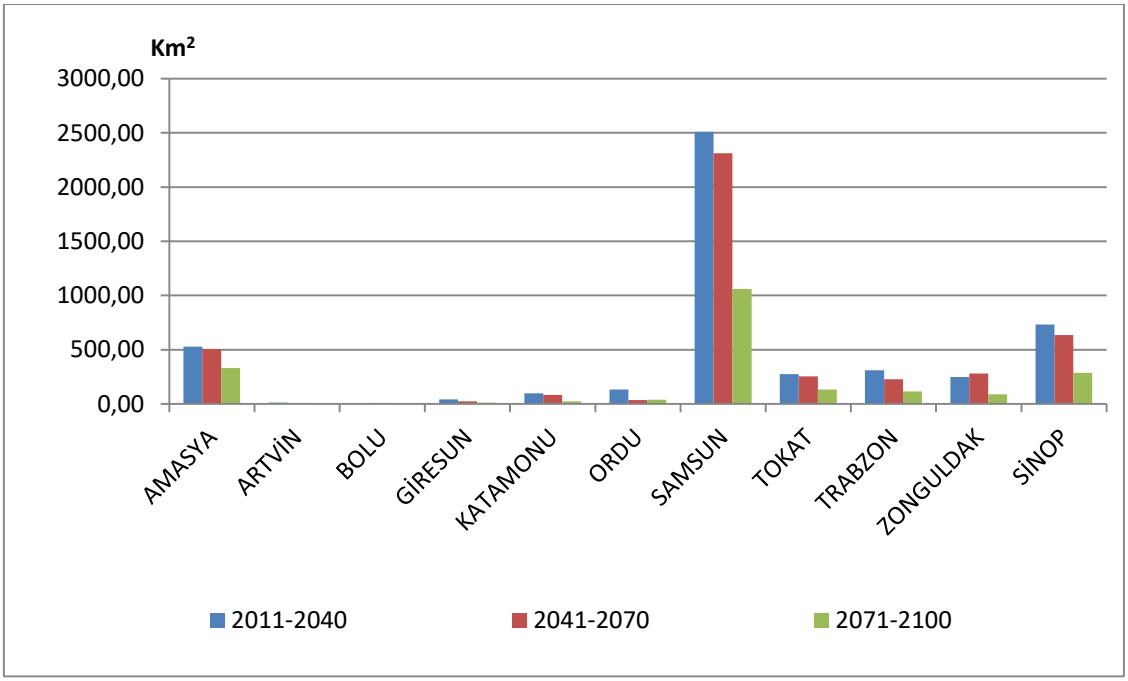
Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %95,37'den 2041-2070 yıllarında %96,13'e ve 2071-2100 yıllarında ise %96,58'e yükseldiği gözlenmektedir.(Şekil 3.52, Tablo 3.4).Güneydoğu Anadolu bölgesinin bütün illerinde yüksek oranda kuraklık risk alanı bulunmaktadır. En fazla kuraklık alanına sahip olan Mardin 2011-2100 yıllarıda yüzölçümünün tamamı kuraklık risk alanı ile kaplı olduğu gözlenmektedir. Mardin'i Kilis (%99,42), Şanlıurfa (%99,21), Gaziantep (%94,41), Diyarbakır (%86,71), Batman (%82,08), Adıyaman (%74,48) ve Siirt (%45,25) takip etmektedir (Tablo 3.6).Güneydoğu Anadolu Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yerler Şanlıurfa ve Diyarbakır illeridir (Şekil 3.45, Tablo 3. 6).



Şekil 3.46. Türkiye'de İç Anadolu Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

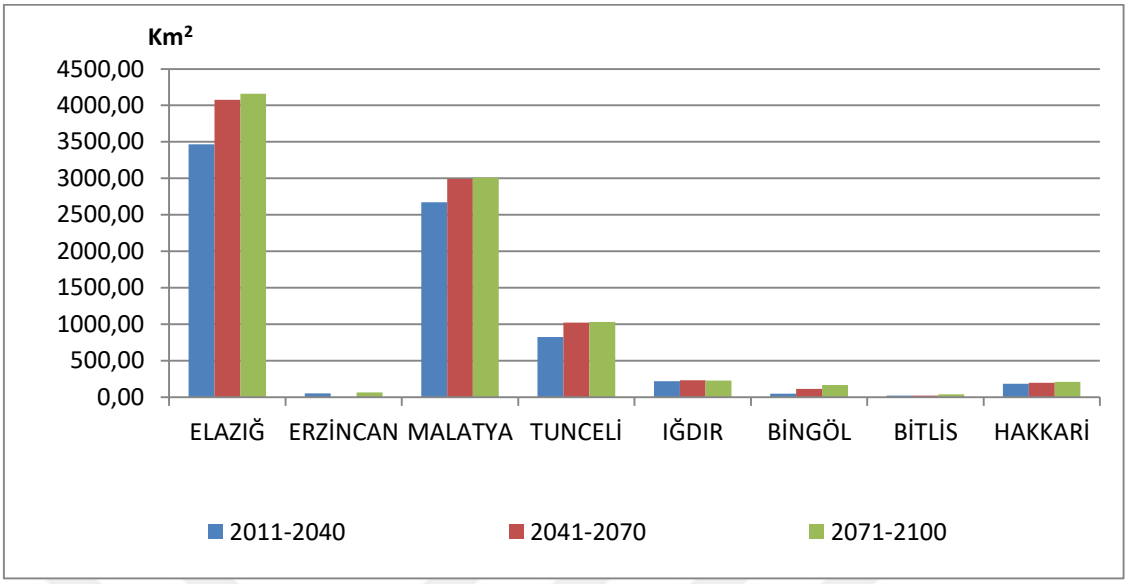
İç Anadolu Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %10,35'den 2041-2070 yıllarında %12,07'ye yükselmiş ve 2071-2100 yıllarında ise %11,79'e düştüğü gözlenmektedir (Şekil 3.53,Tablo 3.4). İç Anadolu bölgesinde 2011-2100 yıllarında Sivas dışında diğer illerinde farklı oranlarda kuraklık risk alanları gözlenmektedir. İç Anadolu bölgesinde en fazla kuraklık risk alanı Aksaray (%33,61),başta olmak üzere Kırıkkale (%30,2), Ankara (%18,32), Karaman (%16,71),

Çankırı (%12,64), Konya (%13,07), Kırşehir (%10,11), Eskişehir (%7,08), Yozgat (%2,26), Nevşehir (%0,65), Kayseri (%0,25) ve Niğde (%0,08) olarak sıralanmaktadır (Tablo 3.6).İç Anadolu Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yerler Konya ve Ankara illeridir (Şekil 3.46, Tablo 3. 6).



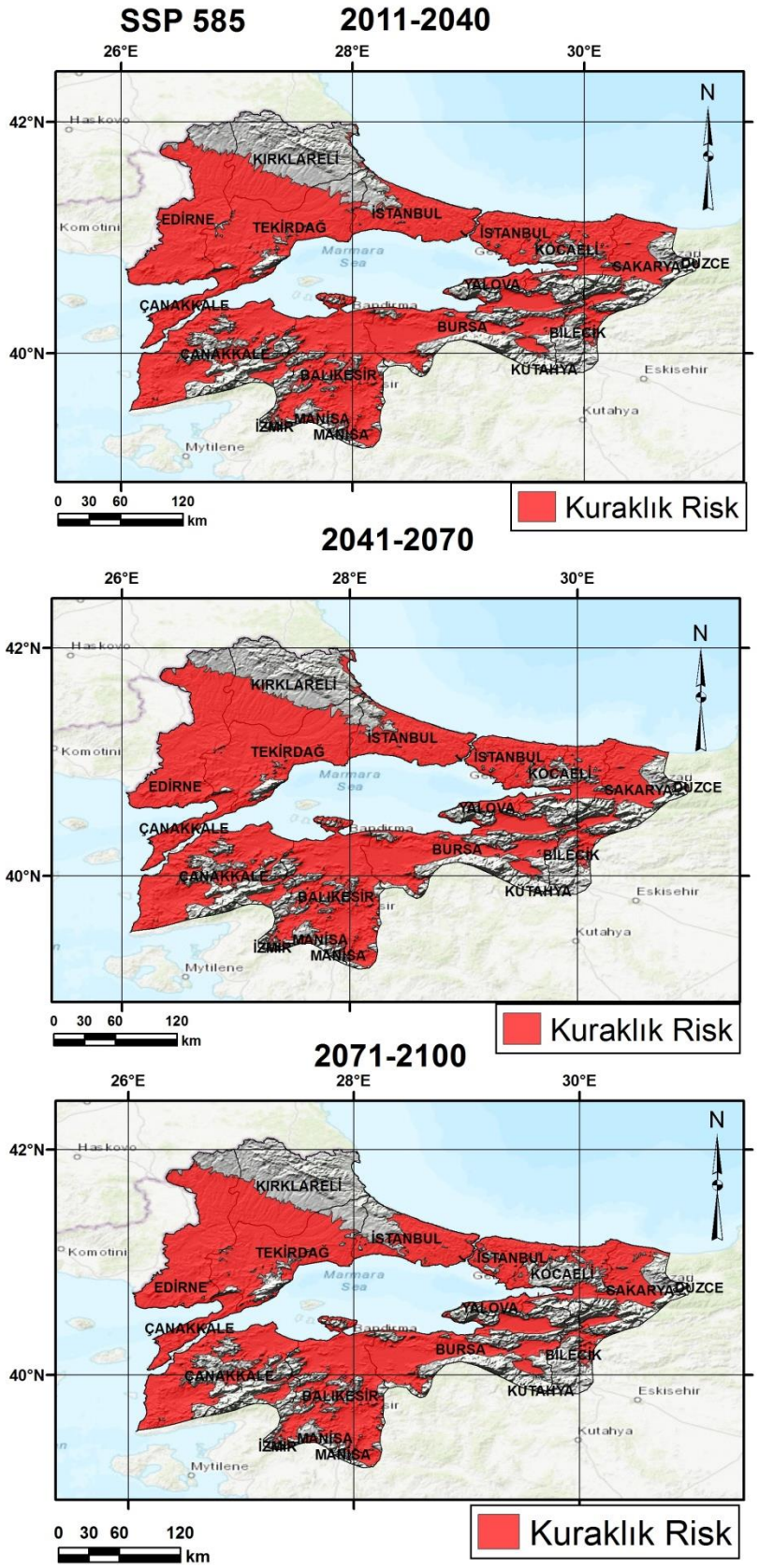
Şekil 3.47. Türkiye'de Karadeniz Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

Karadeniz Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %5,37'den 2041-2070 yıllarında %4,99'a ve 2071-2100 yıllarında ise %2,97'e düştüğü gözlenmiştir(Şekil 3.55, Tablo 3. 5). Karadeniz Bölgesi %4,4 oranı ile Türkiye'nin en az kuraklık risk alanına sahip olan bölgedir. Karadeniz bölgesinde 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanının gözlendiği iller; Samsun (%20,15), Sinop (%9,62), Amasya (8,08), Zonguldak (%6,13), Trabzon (%4,68), Tokat (%2,18), Ordu (%2,15), Artvin (%0,96), Kastamonu (%0,52), Bolu (%0,07) ve Giresun (0,04)'dur (Tablo 3. 56).Karadeniz Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yer Samsun ilidir (Şekil 3.47, Tablo 3. 6).

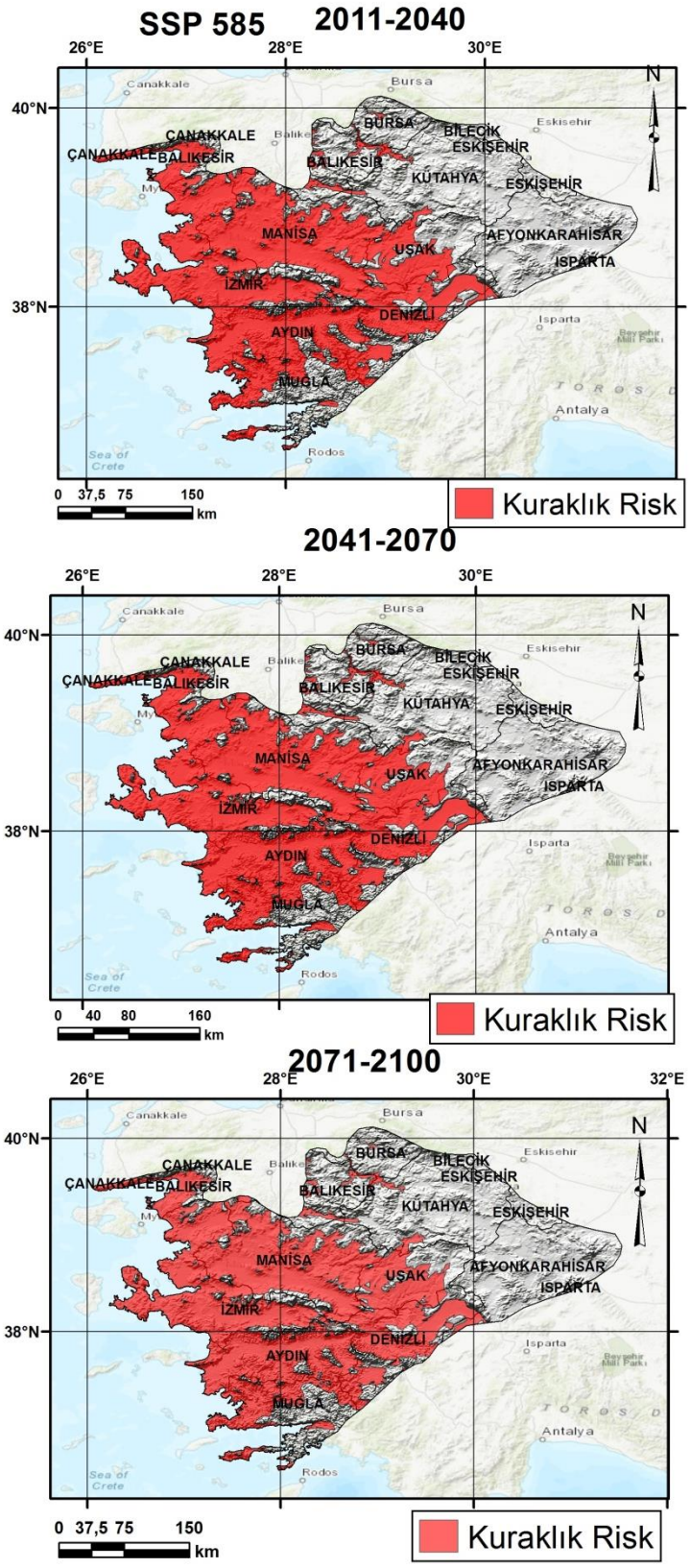


Şekil 3.48. Türkiye'de Doğu Anadolu Bölgesinin illerinde SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının alansal dağılışı.

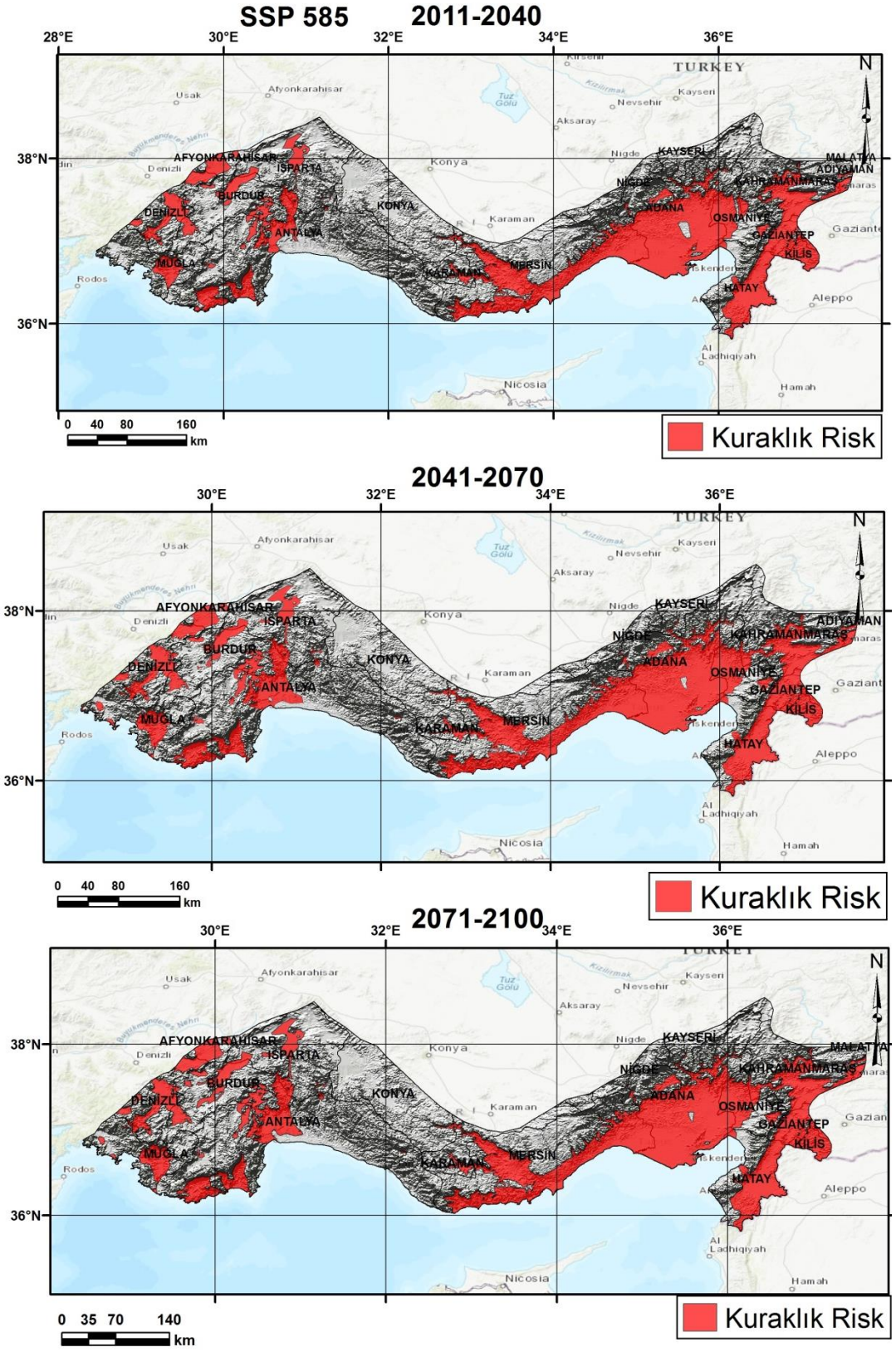
Doğu Anadolu Bölgesi'nde kuraklık risk alanı 2011-2040 yıllarında %7,50'den 2041-2070 yıllarında %8,48'e ve 2071-2100 yıllarında ise %8,75'e yükseldiği gözlenmektedir(Şekil 3.54, Tablo 3. 5).Türkiye'de %8,24 oranı ile Karadeniz bölgesinden sonra en az kuraklık risk alanına sahip olan bölge Doğu Anadolu bölgesidir. Doğu Anadolu bölgesinde 2011-2100 yıllarında kuraklık risk alanlarının gözlendiği iller; Elazığ (%41,57), Malatya (%23,59), Tunceli (%12,66), Iğdır (%6,16) Hakkari (%1,81), Bingöl (%1,37), Erzincan (%34) ve Bitlis (0,34) illeridir(Şekil 3.52,Tablo 3.6).Doğu Anadolu Bölgesi içerisinde en fazla kuraklık risk alanına sahip yerler Elazığ ve Malatya illeridir (Şekil 3.48, Tablo 3. 6).



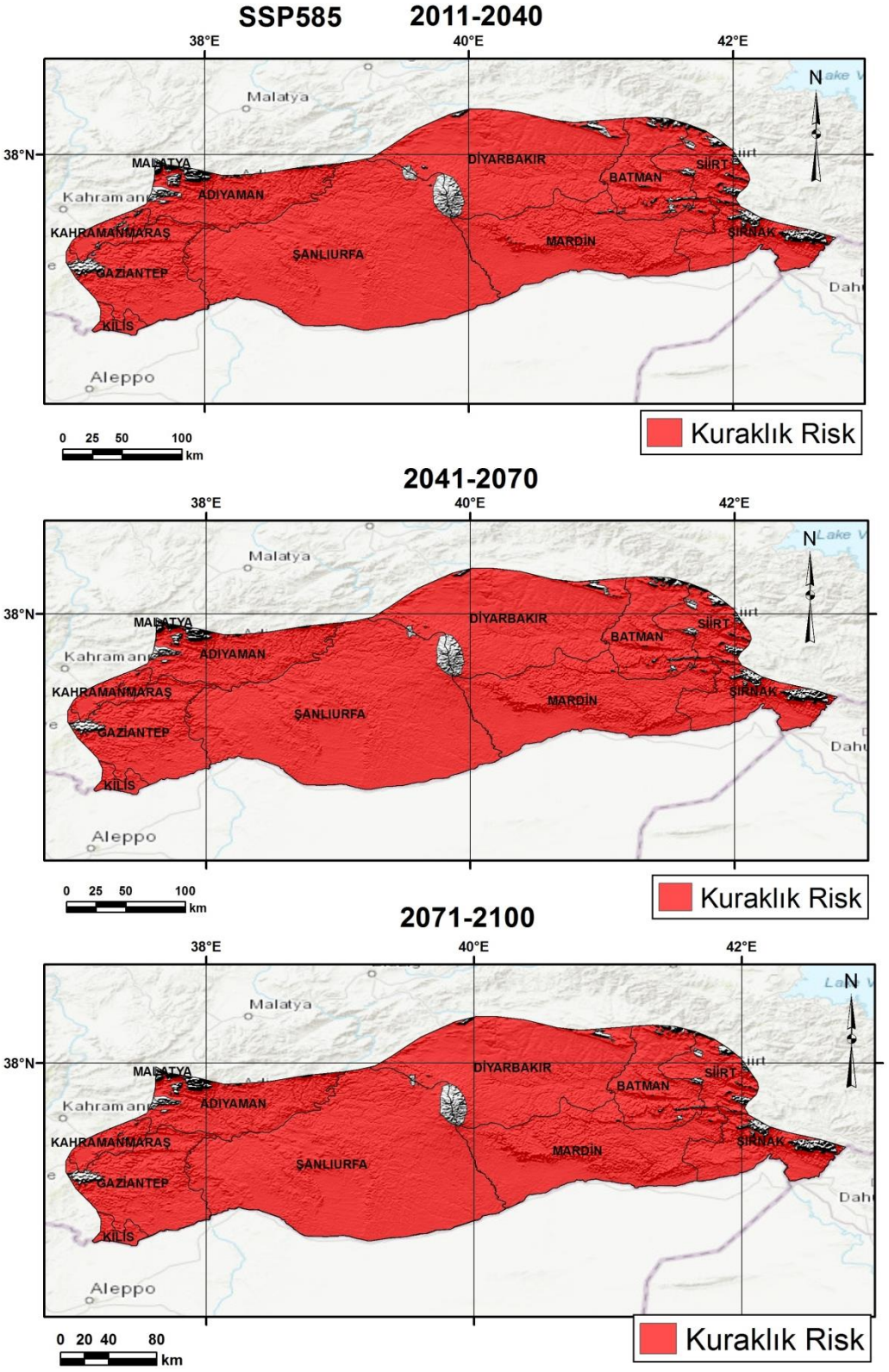
Şekil 3.49. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Marmara Bölgesinde kuraklık risk haritası.



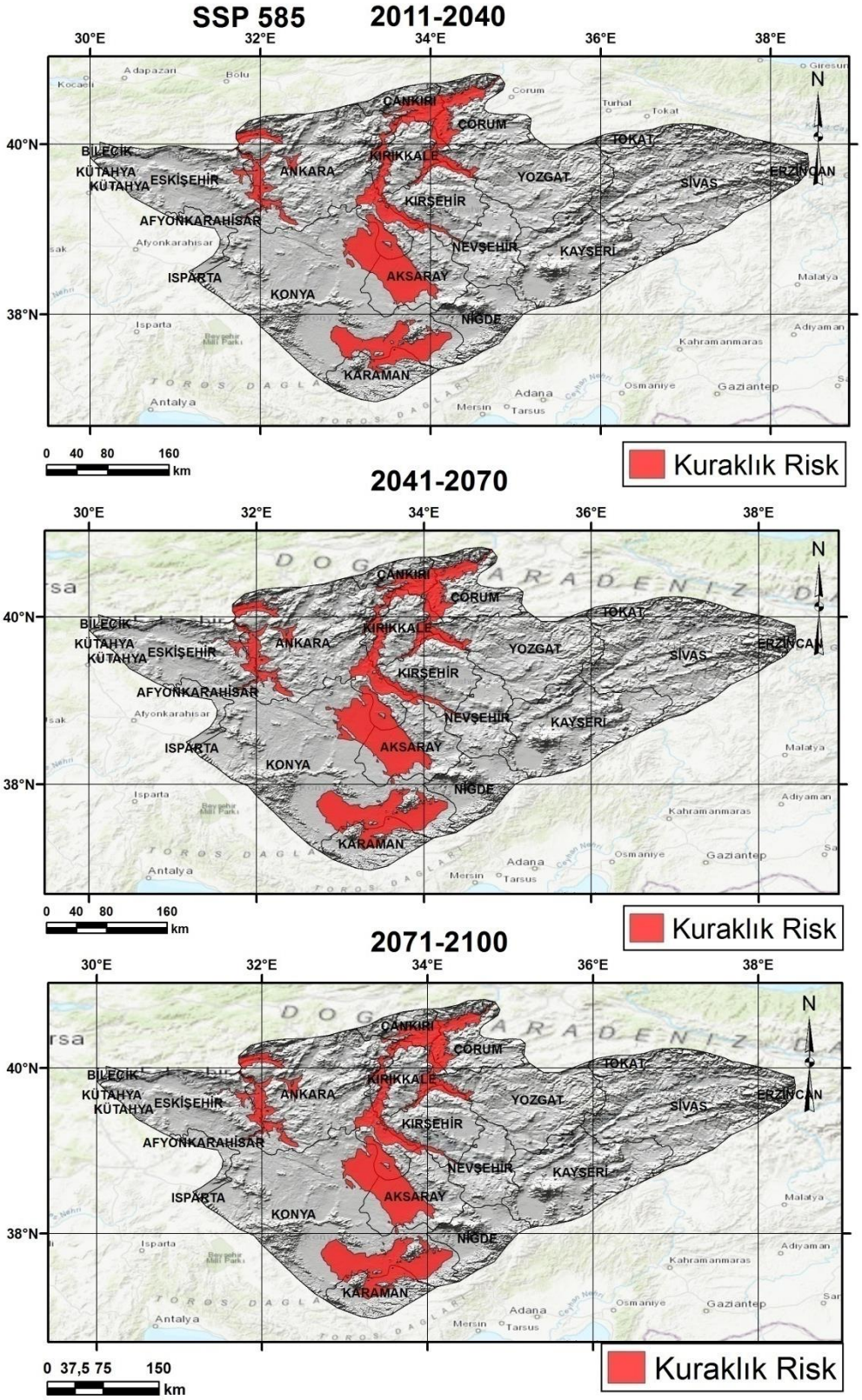
Şekil 3.50. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Ege Bölgesinde kuraklık risk haritası.



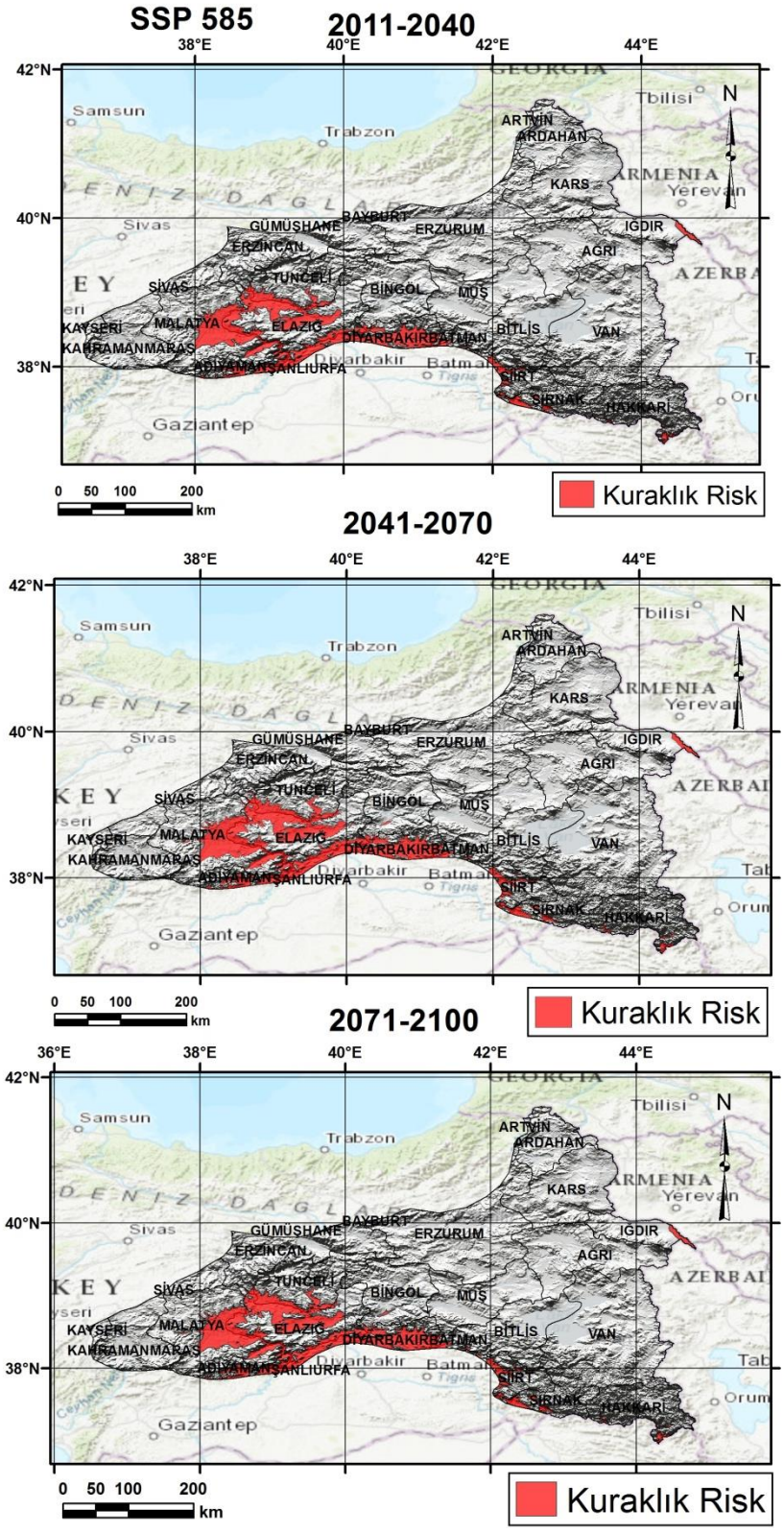
Şekil 3. 51. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Akdeniz Bölgesinde kuraklık risk haritası.



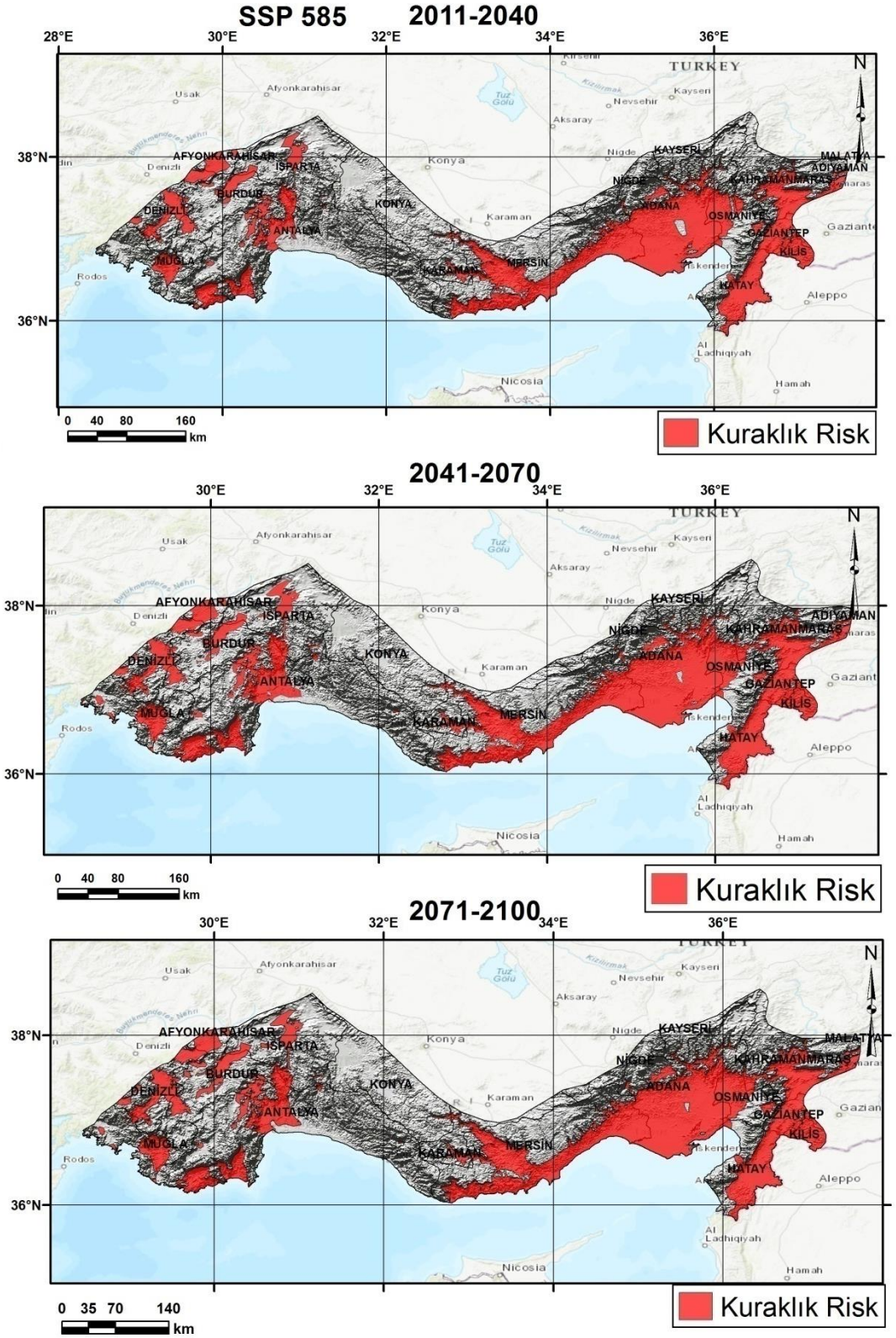
Şekil 3.52. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kuraklık risk haritası.



Şekil 3.53. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında İç Anadolu Bölgesinde kuraklık risk haritası.



Şekil 3.54. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Doğu Anadolu Bölgesinde kuraklık risk haritası.



Şekil 3.55. SSP 585 senaryosuna göre 2011-2100 yılları arasında Karadeniz Bölgesinde kuraklık risk haritası.

Tablo 3. 6. Türkiye'de SSP585 senaryosuna göre Kuraklık riski taşıyan illerin yüzölçümü, kuraklık alansal dağılışı ve oranları

SSP 585							
İLLER	**Yüz Ölçüm (km)**	**2011-2040**	**Oran (%)**	**2041-2070**	**Oran (%)**	**2071-2100**	**Oran (%)**
ADANA	13844	8119,76	58,65	8515,75	61,51	8594,62	62,08
ADIYAMAN	7337	5304,50	72,30	5529,26	75,36	5560,33	75,78
AFYONKARAHİSAR	14016	759,99	5,42	861,54	6,15	892,88	6,37
AKSARAY	7659	2473,06	32,29	2710,73	35,39	2540,35	33,17
AMASYA	5628	528,21	9,39	505,30	8,98	330,62	5,87
ANKARA	25632	4474,87	17,46	4859,10	18,96	4755,75	18,55
ANTALYA	20177	2774,32	13,75	3874,45	19,20	3652,97	18,10
ARTVİN	7393	11,88	0,16	8,96	0,12	0,45	0,01
AYDIN	8116	6697,78	82,53	7051,68	86,89	7086,01	87,31
BALIKESİR	14583	8464,31	58,04	8467,64	58,07	8107,64	55,60
BARTIN	2330	60,55	2,60	66,57	2,86	22,65	0,97
BATMAN	4477	3582,16	80,01	3686,60	82,35	3755,84	83,89
BİLECİK	4179	806,27	19,29	795,60	19,04	677,57	16,21
BİNGÖL	8003	50,21	0,63	114,59	1,43	165,75	2,07
BİTLİS	8294	21,10	0,25	23,57	0,28	40,30	0,49
BOLU	8313	6,88	0,08	7,26	0,09	3,49	0,04
BURDUR	7175	1699,05	23,68	1995,88	27,82	2246,21	31,31
BURSA	10813	4718,32	43,64	4732,33	43,77	4497,06	41,59
ÇANAKKALE	9817	7289,72	74,26	7403,14	75,41	6950,10	70,80
ÇANKIRI	7542	934,24	12,39	973,65	12,91	953,15	12,64
ÇORUM	12428	1820,10	14,65	1861,00	14,97	1689,07	13,59
DENİZLİ	12134	6773,91	55,83	7219,71	59,50	7422,96	61,17
DİYARBAKIR	15101	12816,72	84,87	13166,80	87,19	13298,98	88,07
DÜZCE	2492	305,02	12,24	317,22	12,73	113,56	4,56
EDİRNE	6145	5278,74	85,90	5506,19	89,60	5461,82	88,88
ELAZIĞ	9383	3468,24	36,96	4076,74	43,45	4158,41	44,32
ERZİNCAN	11815	53,99	0,46	0,00	0,00	67,89	0,57
ESKİŞEHİR	13960	912,52	6,54	1048,64	7,51	1006,06	7,21
GAZİANTEP	6803	6335,15	93,12	6462,25	94,99	6472,31	95,14
GİRESUN	6972	39,67	0,57	22,54	0,32	10,99	0,16
HAKKARİ	7095	185,11	2,61	200,14	2,82	211,45	2,98
HATAY	5524	2934,76	53,13	3004,20	54,38	3055,28	55,31
IĞDIR	3664	218,12	5,95	232,23	6,34	227,07	6,20
ISPARTA	8946	988,89	11,05	1192,48	13,33	1226,98	13,72
İSTANBUL	5461	4790,56	87,72	4907,34	89,86	4281,43	78,40
İZMİR	11891	10216,97	85,92	10386,87	87,35	10363,03	87,15

Tablo 3. 6. (Devamı) Türkiye'de SSP585 senaryosuna göre Kuraklık riski taşıyan illerin yüzölçümü, kuraklık alansal dağılışı ve oranları

KAHRAMANMARAŞ	14520	3352,18	23,09	3671,08	25,28	3715,28	25,59
KARABÜK	4142	3,31	0,08	3,88	0,09	0,00	0,00
KARAMAN	8678	1144,06	13,18	1556,27	17,93	1652,52	19,04
KATAMONU	13064	97,71	0,75	83,15	0,64	22,90	0,18
KAYSERİ	16970	39,49	0,23	44,48	0,26	45,92	0,27
KİLİS	1412	1403,20	99,38	1404,07	99,44	1404,07	99,44
KIRIKKALE	4791	1392,67	29,07	1483,74	30,97	1464,29	30,56
KIRKLARELİ	6459	1913,51	29,63	2299,95	35,61	1908,02	29,54
KIRŞEHİR	6584	640,05	9,72	714,89	10,86	643,44	9,77
KOCAELİ	3397	2132,97	62,79	2076,70	61,13	1529,15	45,01
KONYA	40838	4478,92	10,97	5802,09	14,21	5731,11	14,03
KÜTAHYA	11634	424,29	3,65	483,87	4,16	499,90	4,30
MALATYA	12259	2671,96	21,80	2993,68	24,42	3009,48	24,55
MARDİN	8780	8837,75	100,66	8859,25	100,90	8864,67	100,96
MANİSA	13339	10252,95	76,86	10435,35	78,23	10522,90	78,89
MERSİN	16010	7325,97	45,76	7449,62	46,53	7371,49	46,04
MUĞLA	12654	4176,38	33,00	5420,87	42,84	5222,34	41,27
NEVŞEHİR	5485	33,70	0,61	54,34	0,99	19,61	0,36
NİĞDE	7234	4,59	0,06	6,69	0,09	7,59	0,10
ORDU	5914	133,14	2,25	34,33	0,58	36,76	0,62
OSMANİYE	3320	1388,79	41,83	1638,76	49,36	1686,42	50,80
SAKARYA	4824	2315,60	48,00	2289,13	47,45	2066,01	42,83
SAMSUN	9725	2509,86	25,81	2311,48	23,77	1058,18	10,88
SİİRT	5717	2526,64	44,20	2546,60	44,54	2688,60	47,03
SİNOP	5717	730,81	12,78	635,66	11,12	284,69	4,98
ŞANLIURFA	19242	19030,82	98,90	19112,73	99,33	19128,56	99,41
ŞIRNAK	7078	3391,70	47,92	3452,45	48,78	3505,60	49,53
TEKİRDAĞ	6190	5155,94	83,29	5494,88	88,77	4906,58	79,27
TOKAT	10042	273,50	2,72	254,40	2,53	131,46	1,31
TRABZON	4628	308,53	6,67	228,33	4,93	113,71	2,46
TUNCELİ	7582	826,82	10,91	1021,97	13,48	1031,73	13,61
UŞAK	5555	2903,32	52,26	3260,35	58,69	3403,16	61,26
YALOVA	798	472,97	59,27	475,56	59,59	440,06	55,15
YOZGAT	13690	310,90	2,27	325,40	2,38	293,47	2,14
ZONGULDAK	3342	246,51	7,38	280,55	8,39	88,22	2,64

3.4. KÖPPEN-GEİGER İKLİM SINIFLANDIRMASI

İklimleri sınıflandırmak için çok fazla iklim sınıflandırılması geliştirilmiştir. Bu iklim sınıflandırmalarının en fazla bilinenleri arasında Köppen, De Marton, Thornthwaite, Emberger,Strahler, Holdridge ve Trewatha bulunmaktadır (Yılmaz ve Çiçek, 2018). Dünyada en yaygın olarak kullanılan iklim sınıflandırması Wladimir Petrovich Köppen tarafından 1918 yılında geliştirilmiştir. Köppen İklim Sınıflandırması dünya haritası RudofGeiger tarafından geliştirilerek 1954-1961 yılları arasında yayınlanmıştır (Öztürk vd., 2017).

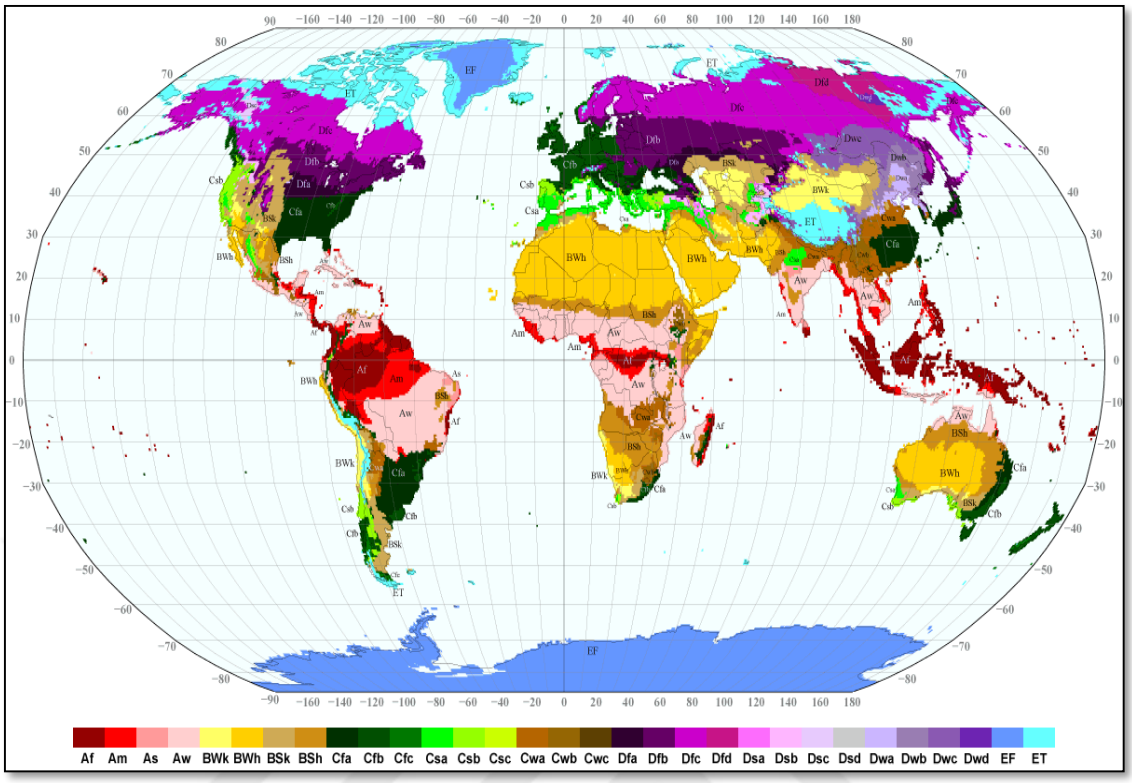
Köppen-Geiger iklim sınıflandırması uzun vadeli aylık yağış ve sıcaklık verilerine dayanır ve iklim tipleri harf sistemi ile gösterilmektedir. Köppen'e göre 5 ana iklim grupları vardır ve A, B, C, D ve E büyük harfleri ile gösterilmektedir (Tablo 3.7) Köppen iklim sınıflarını ekvatordan kutuplara doğru diziliş sırasına göre A, C ve D harfleri ağaç iklimlerini, B kuru iklimleri, E kar iklimleri ifade etmektedir. Bu iklim sınıflandırması üç harf ile ifade edilmiştir. Köppen'in geliştirdiği bu iklim gruplarının ilk harfi; Ekvator Bölgesi (A), Kurak Bölge (B), Sıcak Ilıman Bölge (C), Kar Bölgesi (D) ve Kutup Bölgesi (E) olarak harflendirilmiştir. Sınıflandırmanın ikinci harfi yağış koşullarını ve üçüncü harfi ise sıcaklık koşullarını ifade etmektedir (Tablo 3.8) (Türkeş, 2013).

Tablo 3.7. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre dünyada bulunan büyük iklim sınıfları(Türkeş, 2013; NOAA, 2023).

Ana sınıf	Açıklaması
A	**Nemli tropikal sıcak iklimler:** genellikle nemli; ortalama sıcaklığın tüm aylarda 18 °C'nin üzerinde olduğu, kış mevsiminin olmadığı iklimlerdir. Ekvatordan kuzeyde ve güneyde 15° ile 25° enlemlerine kadar uzanmaktadır.
B	**Kurak iklimler:** yıllık buharlaşmanın yıllık yağıştan çok fazla olduğu, sürekli bir su açığının meydana geldiği iklimlerdir. Ekvatorun 25°-35° kuzey ve güneyi ile orta enlemlerin dağlarla çevrili kıtasal alanlara uzanmaktadır.
C	**Nemli orta enlem iklimleri (ılıman):** genellikle ılık ve nemli yazlar, ılıman kışlar; sıcaklığının en soğuk ayın ortalama 0 °C'nin üzerinde ve 18°C'nin altında olduğu, en sıcak ayın 10°C'nin üzerinde olduğu iklimlerdir. Genellikle kıtaların doğu ve batı sınırlarında 30°-50°enlemleri arasında yer almaktadır. Kış aylarında orta enlem kasırgaları, yaz aylarında konvektif fırtınalar görülmektedir.
D	**Nemli soğuk orta enlem iklimleri (kışları şiddetli):** genellikle nemli; en soğuk ayın ortalama sıcaklığının 0°C'ye eşit ve daha altında, en sıcak ayın ortalama sıcaklığının ise 10 °C'nin üzerinde olduğu sıcak ve serin yazlar ve kışları şiddetli geçen soğuk iklimler. C iklimlerinin kutbuna yakın yerlerde görülür.
E	**Polar iklimler (kutupsal):** en sıcak ayın ortalama sıcaklığının 10°C'nin altında olduğu yaz mevsiminin olmadığı iklimlerdir. Kuzey Amerika, Avrupa, Asya'nın kuzey kıyılarında ve Grönland ve Antarktika'nın kara kütlelerinde bulunur.

Tablo 3.8. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasının yağış (ikinci harf) ve sıcaklık (üçüncü harf) koşullarına göre gruplara ayrıldığı alt kategoriler (Bölük, 2016; NOAA, 2023).

İkinci Harf		Üçüncü Harf	
Harfler	**Tanım**	**Harfler**	**Tanım**
F	Yıl boyunca yağışlı	**a**	Sıcak yaz
S	Kuru yaz mevsimi	**b**	Ilık yaz
W	Kuru kış mevsimi	**c**	Serin yaz
M	Muson	**d**	Çok soğuk kışlar
		h	Sıcak step\Çöl
		k	Soğuk step\Çöl



Şekil 3.56. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre dünya haritası (NOAA,2023).

Tablo 3.9. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre, dünya üzerindeki büyük iklim sınıfları, iklim tipleri, harf simgeleri ve genel özellikleri (Türkeş, 2013).

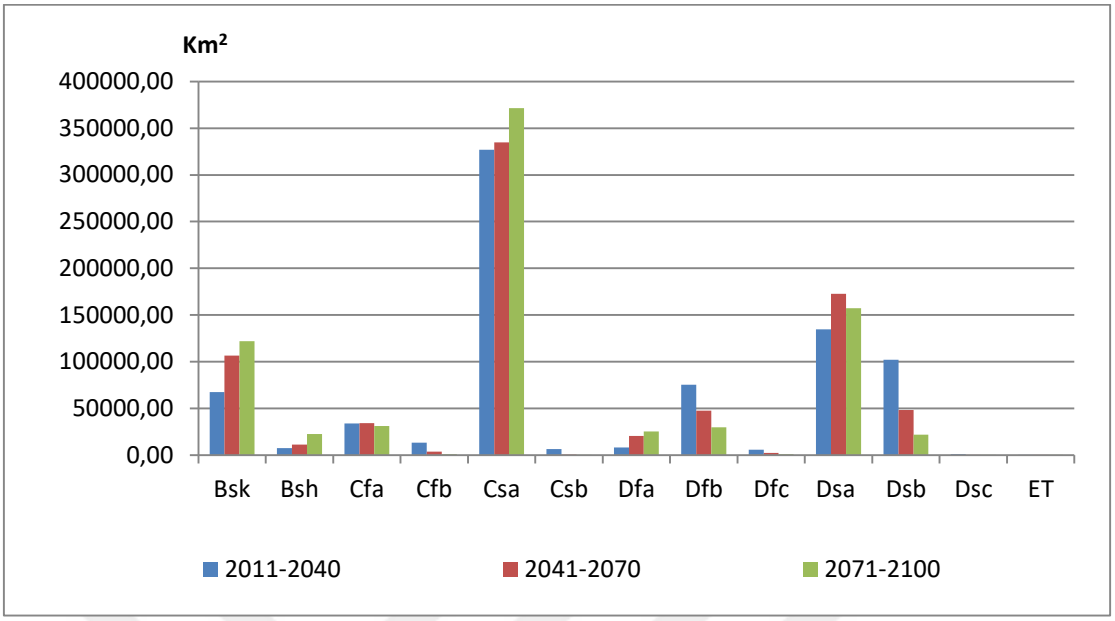
Ana sınıf	İklim tipi	Simge	Genel özellikleri
A-Nemli Tropikal İklimler	Tropikal nemli (Yağmur Ormanları)	Af	Yıl boyunca yağışlı
	Tropikal muson	Am	Kısa bir kurak mevsimle (kış) birlikte, öteki aylarda (Mayıs-Eylül arasında) bol yağışlı
	Tropikal savan	Aw	Kurak bir kış mevsimi
B-Kurak İklimler	Subtropikal çöl	Bwh	Alçak enlem (sıcak) çölü
	Subtropikalstep	Bsh	Alçak enlem yarıkurak iklim
	Orta enlem çöl	Bwk	Orta enlem (soğuk) çölü
	Orta enlem step	Bsk	Ora enlem (soğuk) yarıkurak iklim
C-Nemli Orta Enlem iklimleri (ılıman)	Akdeniz	Csa	Kurak ve çok kurak sıcak bir yaz
		Csb	Kurak ve sıcak bir yaz
	Nemli subtropikal	Cfa	Kurak bir mevsim yok, çok sıcak yaz
		Cwa	Kurak bir kış ve çok sıcak yaz
	Denizel batı kıyı	Cfb	Kurak bir mevsim yok, sıcak bir yaz
		Cfc	Kurak bir kış ve çok sıcak yaz
D-Nemli Soğuk Orta Enlem İklimleri (kışları Şiddetli)	Nemli karasal	Dfa	Soğuk; kurak bir mevsim yok, çok sıcak yaz
		Dfb	Soğuk; kurak bir mevsim yok, sıcak bir yaz
		Dsa	Soğuk; yazı kurak ve çok sıcak
		Dsb	Soğuk; yazı kurak ve sıcak
		Dwa	Soğuk; kurak bir kış, çok sıcak bir yaz
		Dwb	Soğuk; kurak bir kış, sıcak bir yaz
		Dfc	Soğuk; kurak bir mevsim yok, serin bir yaz
	Subarktik	Dfd	Soğuk; kurak bir mevsim yok, çok soğuk bir kış
		Dwc	Soğuk; kurak bir kış, serin bir yaz
		Dwd	Soğuk; kışı kurak ve çok soğuk
E-Polar İklimler	Tundra	ET	Gerçek bir yaz mevsiminin yaşanmadığı polar tundra iklimi
	Don (buz)	EF	Polar buz takkesi

Çalışma alanı olan Türkiye'de Köppen-Geiger iklim sınıflandırması kullanılmıştır. CHELSA veri tabanında yer alan 2011-2100 yıllarındaki veriler kullanılarak olası durumlar belirlenerek haritalanmış ve SSP370–SSP585 senaryolarına göre karşılaştırılmıştır. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasının 2011-2100 yıllarındaki iklim tipleri şekil 3.61 'da ve tablo 3.10'da verilmiştir.

Türkiye'de 2011-2100 yıllarında Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre her iki senaryoda da B, C, D ve E ana iklim grupları yer alırken A iklim grubu olan tropikal iklim bölgesine ait bir alan bulunmamaktadır. Türkiye'de en geniş alan kaplayan ana iklim tipi C, onu D, B ve E ana iklim grubu takip etmektedir. Her iki senaryoda da en fazla kaplayan Csa alt iklim tipidir (Şekil 3.57 ve Şekil 3. 59).

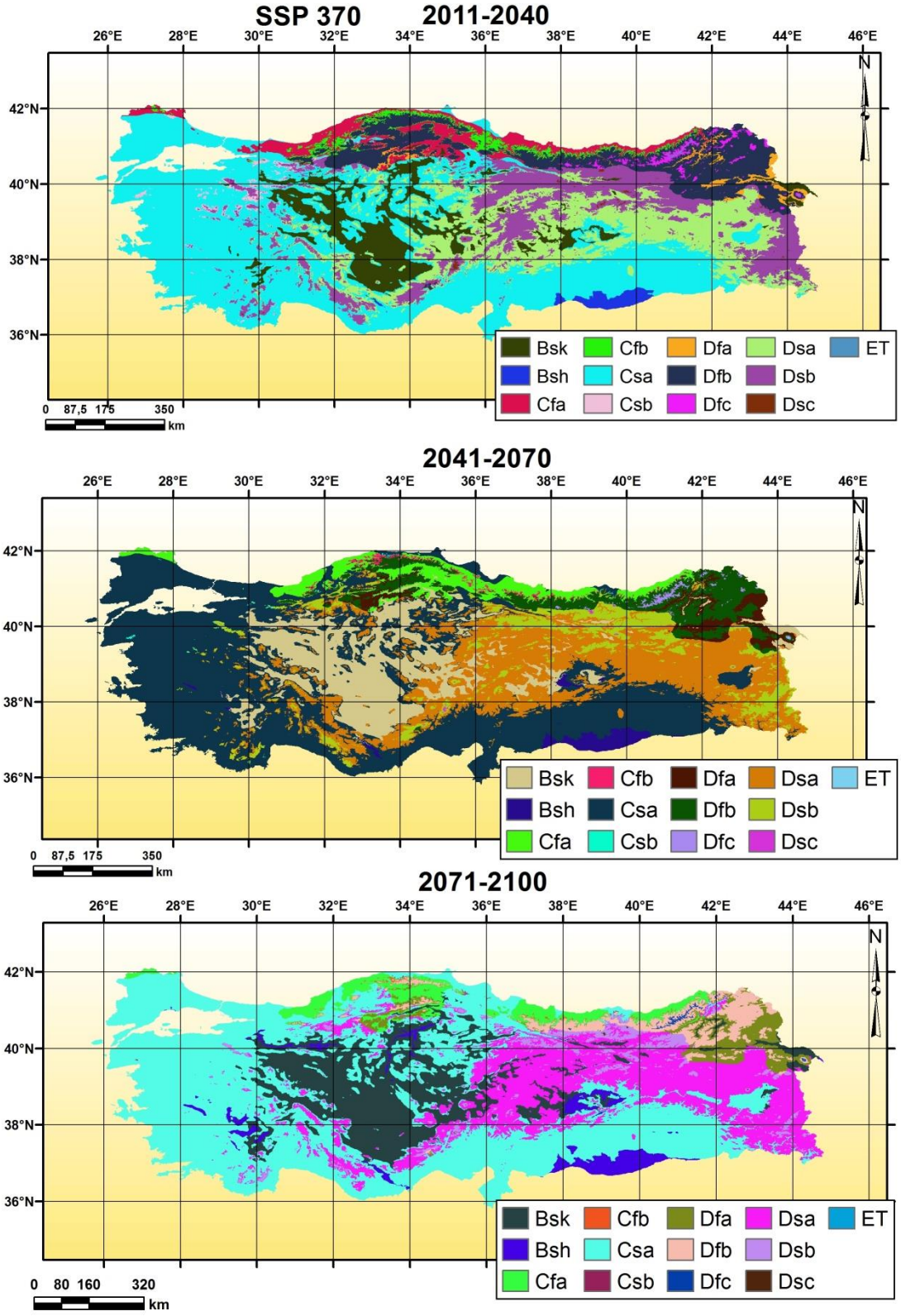
Tablo 3.10. Türkiye'de SSP 370 senaryosuna göre Köppen-Geiger ikim sınıflarının alansal dağılımı.

İklim Sınıfı	İklim Tipi	2011-2040		2041-2070		2071-2100	
		Alan km^2	Oran (%)	Alan km^2	Oran (%)	Alan km^2	Oran (%)
Bsk	Kurak-Soğuk Step	67459,92	8,61	106623,32	13,61	121865,23	15,55
Bsh	Kurak-Sıcak Step	7526,62	0,96	11381,89	1,45	22630,46	2,89
Cfa	Ilıman-Kurak Mevsim Yok, Sıcak yaz	33942,72	4,33	34386,26	4,39	31015,35	3,96
Cfb	Ilıman-Kurak Mevsim Yok, serin Yaz	13490,69	1,72	3805,08	0,49	1004,70	0,13
Csa	Ilıman- Kurak Yaz, Sıcak Yaz	326930,18	41,72	334859,04	42,74	371314,33	47,39
Csb	Ilıman- Kurak Yaz, Serin Yaz	6503,55	0,83	610,61	0,08	191,17	0,02
Dfa	Soğuk- Kurak Mevsim Yok, Sıcak Yaz	8062,38	1,03	20547,38	2,62	25506,12	3,26
Dfb	Soğuk- Kurak Mevsim Yok, Serin Yaz	75483,17	9,63	47569,79	6,07	29786,91	3,80
Dfc	Soğuk- Kurak Mevsim Yok, Soğuk Yaz	5921,18	0,76	2528,05	0,32	1039,96	0,13
Dsa	Soğuk-Kurak Yaz, Sıcak Yaz	134637,03	17,18	172570,90	22,02	157365,51	20,08
Dsb	Soğuk-Kurak Yaz, Serin Yaz	102237,91	13,05	48430,47	6,18	21861,69	2,79
Dsc	Soğuk-Kurak Yaz, Soğuk Yaz	1133,10	0,14	335,55	0,04	88,71	0,01
ET	Polar-Tundra	346,53	0,04	27,26	0,00	11,02	0,00



Şekil 3. 57. Türkiye'de SSP 370 senaryosuna göre Köppen-Geiger ikim sınıflarının alansal dağılımı.

Türkiye'nin Köppen-Greiger iklim haritasına bakıldığında 2011-2100 yılları arasında ssp 370 senaryosuna göre Türkiye'de 13 alt iklim tipi tespit edilmiştir. Bu iklim tipleri Bsk, Bsh, Cfa, Cfb, Csa, Csb, Dfa, Dfb, Dfc, Dsa, Dsb, Dsc, ET olarak sıralanmaktadır. SSP 370 Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre kurak iklimler (Bsk, Bsh) 2011-2040 yıllarında %9,56, 2041-2070 yıllarında %15,06, 2071-2100 yıllarında ise %18,44; ılıman iklimler (Cfa, Cfb, Csa, Csb) 2011-2040 yıllarında %48,6, 2041-2070 yıllarında %47,68 ve 2071-2100 yıllarında %51,49oranları ile üç dönemde de artış göstermektedir. Nemli soğuk orta enlem iklimleri (Dfa, Dfb, Dfc, Dsa, Dsb, Dsc) 2011-2040 yıllarında %41,03'yken, 2041-2070 yıllarında %37,26 ve 2071-2100 yıllarında %30,07 oranına düşmüştür. Türkiye'de 2011-2100 yıllarında en az görülen Polar iklimler (ET) grubudur. SSP 370 senaryosunda belirlenen iklim sınıflandırmasında en fazla alan kaplayan alt iklim tipi 2011-2040 yıllarında %41,72, 2041-2070 yıllarında %42,74 ve 2071-2100 yılarında %47,39 oranı ile Csa olduğu görülmektedir. En fazla alan kaplayan ikinci iklim tipi 2011-2040 yıllarında %17,18, 2041-2070 yıllarında %22,02 ve 2071-2100 yıllarında %20,08 oranı ile Dsa ve üçüncü en fazla alan kaplayan alt iklim tipi 2011-2040 yıllarında %8,81, 2041-2070 yıllarında %13.61, 2071-2100 yıllarında %15,55 ile Bsk iklim tipidir (Tablo 3.10).



Şekil 3.58. SSP 370 senaryosuna göre Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması.

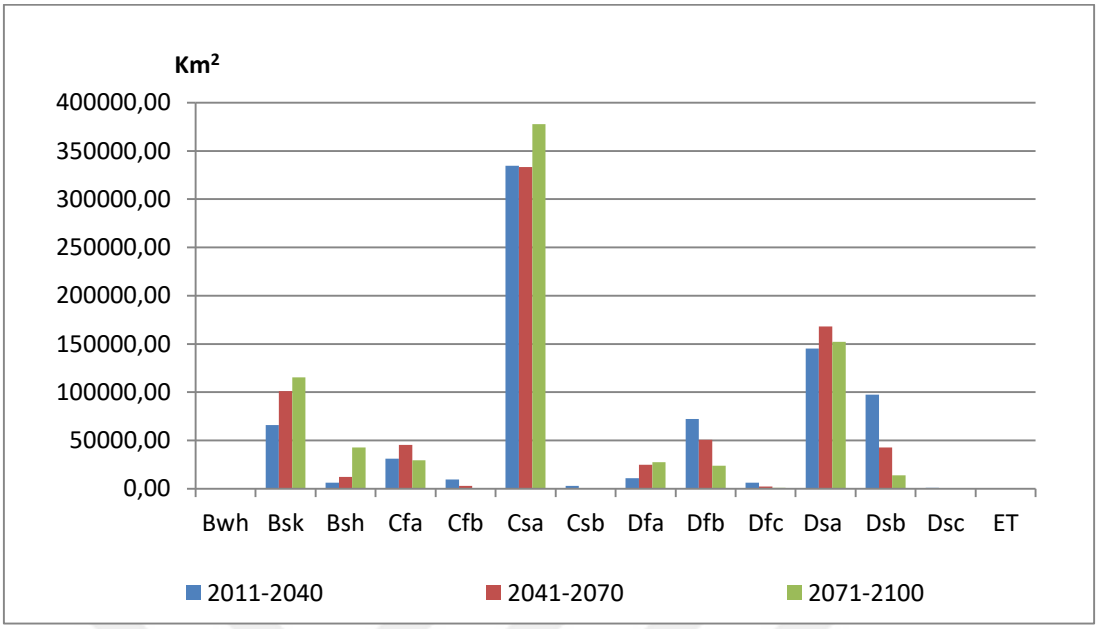
Türkiye'de 2011-2100 yılları arasında Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre kurak iklim tipi (B) içerisinde yer alan Bsk ve Bsh iki alt iklim tipi görülmektedir. Türkiye'de Bsk iklim tipi İç Anadolu bölgesinin tamamına yakını, Ege'de Afyonkarahisar, Akdeniz de Burdur'da, Doğu Anadolu bölgesinde Elazığ, Malatya, Iğdır, Ağrı, Orta Karadeniz ve Batı Karadeniz Bölümünün iç kesimlerinde görülmektedir. Bsh iklim tipi 2011-2070 yıllarında sadece Gaziantep, Şanlıurfa, Mardin'de görülürken 2071-2100 yıllarında Gaziantep, Şanlıurfa, Mardin illerinde alansal olarak genişleyerek, Malatya, Elazığ çevresi, Mersin, Burdur, Denizli çevresi, Manisa, Bilecik, Eskişehir, Ankara, Çankırı, Kırıkkale, Çorum illerinde de görülmektedir.

Ilıman nemli orta iklim tipi (C) Türkiye'de en fazla görülen iklim tipidir. Türkiye'de C iklim tipi içerisinde yer alan Cfa, Cfb, Csa, Csb alt iklim tiplerinden Csa en geniş alana sahip iklim tipidir. Csa 2011-2070 yıllarında Marmara, Ege, Akdeniz, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu'da Bitlis, Van, Elazığ, Malatya, Karadeniz bölgesinde Orta Karadeniz bölümünün iç kesimleri, Sinop ve Samsun'un kıyı kesimlerinde görülmektedir. 2071-2100 yıllarında ise İç Anadolu bölgesinde alansal olarak azalma gözlenirken özellikle Karadeniz bölgesinde alansal olarak artış meydana gelmiştir. Cfa ve Cfb 2011-270 yıllarında Karadeniz Bölgesinin kıyı kuşağı boyunca ve Yıldız Dağları bölümünü kıyı kuşağında görülür. 2070-2100 yıllarında Cfa ve Cfb iklim tipinin görüldüğü yerlerde alansal olarak azalma göstermiş ve en fazla azalma Orta Karadeniz ve Batı Karadeniz'de gözlenmektedir.

Türkiye'de nemli orta iklim (D) tipi içerisinde yer alan Dfa, Dfb, Dfc, Dsa, Dsb, Dsc alt iklim tipleri görülmektedir. Dfa, Iğdır, Kars, Erzurum, Artvin, Çankırı, Kastamonu; Dfb, Karadeniz bölgesinin iç kesimleri ve Erzurum- Kars bölümünde, Dfc, Doğu Karadeniz ve Erzurum-Kars Bölümünde; Dsa, Doğu Anadolu, İç Anadolu ve Akdeniz bölgesinin kuzey kesimlerinde; Dsb, İç Batı Anadolu Bölümü, Batı Toroslar, Yukarı ve Orta Kızılırmak Bölümleri, Orta Karadeniz ve Batı Karadeniz bölümlerinin iç kesimleri ve Doğu Anadolu bölgesinde görülmektedir.

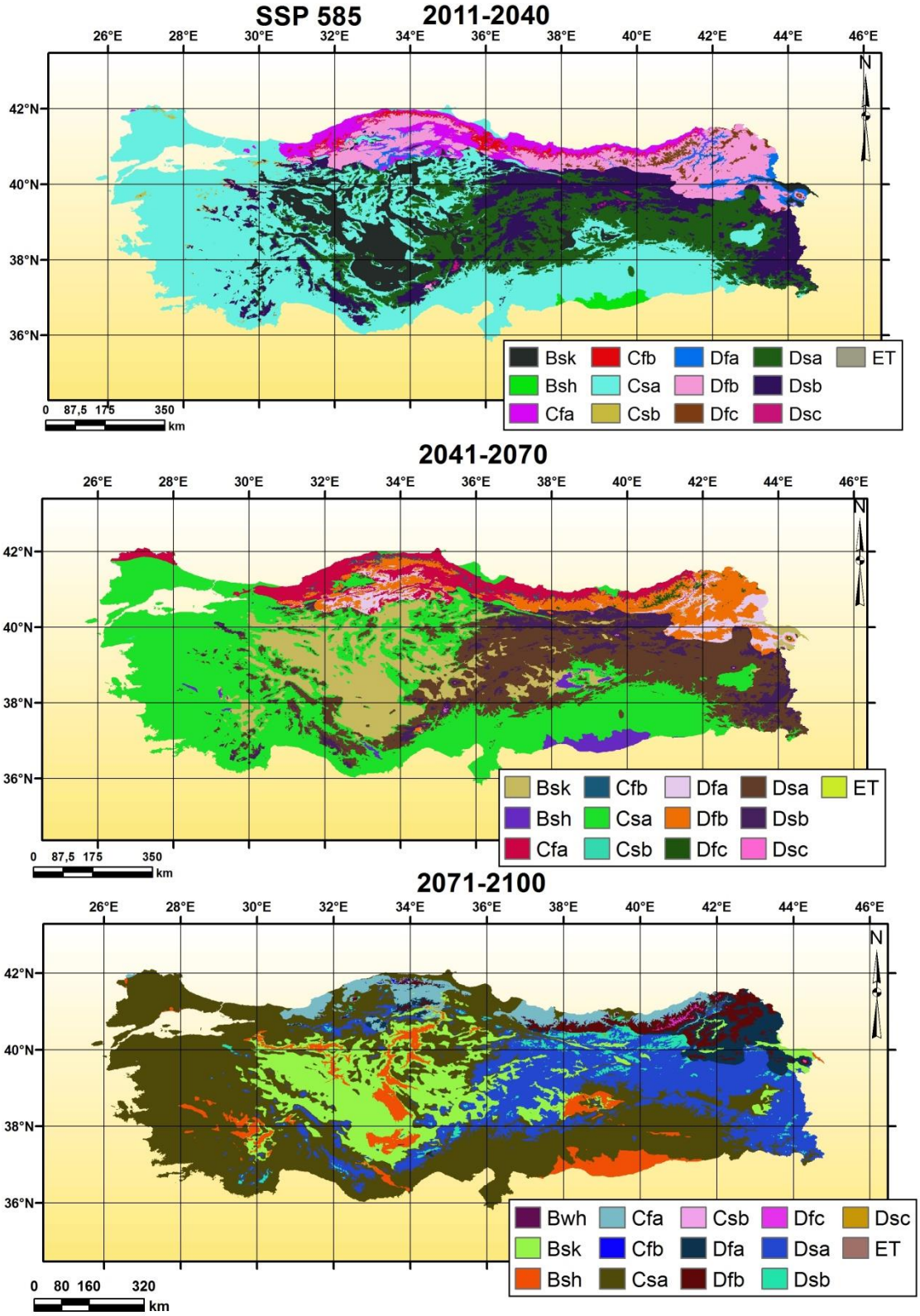
Tablo 3.11. Türkiye'de SSP 585 senaryosuna göre Köppen-Geiger ikim sınıflarının alansal ve oransal dağılımı.

İklim Sınıfı	İklim Tipi	2011-2040		2041-2100		2071-2100	
		Alan km^2	Oran (%)	Alan km^2	Oran (%)	Alan km^2	Oran (%)
Bwh	Kurak-Sıcak Çöl	0,00	0,00	0,00	0,00	37,27	0,004757
Bsk	Kurak-Soğuk Step	66034,35	8,43	101086,34	12,90	115211,34	14,70354
Bsh	Kurak-Sıcak Step	6183,81	0,79	12130,47	1,55	42755,79	5,456593
Cfa	Ilıman-Kurak Mevsim Yok, Sıcak yaz	31040,91	3,96	45395,65	5,79	29352,00	3,745971
Cfb	Ilıman-Kurak Mevsim Yok, serin Yaz	9429,77	1,20	3039,37	0,39	424,80	0,054214
Csa	Ilıman- Kurak Yaz, Sıcak Yaz	334688,58	42,71	333342,00	42,54	377859,58	48,22332
Csb	Ilıman- Kurak Yaz, Serin Yaz	2846,56	0,36	184,77	0,02	89,64	0,01144
Dfa	Soğuk- Kurak Mevsim Yok, Sıcak Yaz	10981,73	1,40	24686,50	3,15	27371,41	3,493203
Dfb	Soğuk- Kurak Mevsim Yok, Serin Yaz	72218,68	9,22	50662,21	6,47	23838,59	3,042336
Dfc	Soğuk- Kurak Mevsim Yok, Soğuk Yaz	6304,96	0,80	2182,26	0,28	816,94	0,10426
Dsa	Soğuk-Kurak Yaz, Sıcak Yaz	145372,91	18,55	168065,56	21,45	152067,62	19,40722
Dsb	Soğuk-Kurak Yaz, Serin Yaz	97317,36	12,42	42644,93	5,44	13794,71	1,760512
Dsc	Soğuk-Kurak Yaz, Soğuk Yaz	1052,46	0,13	219,11	0,03	48,03	0,00613
ET	Polar-Tundra	205,72	0,03	29,62	0,00	9,14	0,001167



Şekil 3.59. Türkiye'de SSP 585 senaryosuna göre Köppen-Geiger ikim sınıflarının alansal dağılımı.

Türkiye'nin Köppen-Greiger iklim haritasına bakıldığında 2011-2100 yılları arasında SSP 585 senaryosuna göre 2071-2100 yıllarında Bwh iklim tipi eklenerek Türkiye'de 14 alt iklim tipi tespit edilmiştir. Bu iklim tipleri Bwh, Bsk, Bsh, Cfa, Cfb, Csa, Csb, Dfa, Dfb, Dfc, Dsa, Dsb,Dsc, ET olarak sıralanmaktadır. SSP585 Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre kurak iklimler (Bsk, Bsh) 2011-2040 yıllarında %9,21, 2041-2070 yıllarında %14,44, 2071-2100 yıllarında ise %20,16; ılıman iklimler (Cfa, Cfb, Csa, Csb) 2011-2040 yıllarında %48,24, 2041-2070 yıllarında 48,74 ve 2071-2100 yıllarında %52,03oranları ile üç dönemde de artış göstermektedir. Nemli soğuk orta enlem iklimleri (Dfa, Dfb, Dfc, Dsa, Dsb, Dsc) 2011-2040 yıllarında %42,52'yken, 2041-2070 yıllarında %36,81 ve 2071-2100 yıllarında %27,81 oranına düşmüştür. Türkiye'de 2011-2100 yıllarında en az görülen Polar iklimler (ET) grubudur. SSP 585 senaryosuna göre en fazla alan kaplayan 2011-2040 yıllarında %42,71, 2041-2070 yıllarında %42,54 ve 2071-2100 yıllarında %48,22 oranı ile Csa olduğu görülmektedir. En fazla alan kaplayan ikinci iklim tipi 2011-2040 yıllarında %18,55, 2041-2070 yıllarında %21,45 ve 2071-2100 yıllarında %19,40 oranı ile Dsa grubu ve üçüncü en fazla alan kaplayan alt iklim tipi 2011-2040 yıllarında %8,43, 2041-2070 yıllarında %12,90,2071-2100 yıllarında %14,70 ile Bsk iklim tipidir (Şekil 3.59, Tablo 3.11).



Şekil 3.60. SSP 585 senaryosuna göre Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması.

Türkiye'de SSP 585 senaryosunun 2011-2100 yılları arasında Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre kurak iklim tipi (B) içerisinde yer alan Bsk, Bsh ve Bwh alt iklim tipleri görülmektedir. Türkiye'de Bsk iklim tipi İç Anadolu bölgesi, Ege'de Afyonkarahisar, Kütahya, Akdeniz de Burdur, Isparta Doğu Anadolu bölgesinde Elazığ, Malatya, Erzincan, Erzurum, Van, Iğdır, Ağrı, Orta Karadeniz ve Batı Karadeniz Bölümünün iç kesimlerinde görülmektedir. Bsh iklim tipi 2011-2070 yıllarında Gaziantep, Şanlıurfa, Mardin, Malatya, Elazığ, Mersin, Denizli, Uşak ve Manisa'da görülürken 2071-2100 yıllarında daha geniş alanlara yayılmıştır. Gaziantep, Şanlıurfa, Mardin, Diyarbakır, Malatya, Elazığ, Iğdır, Mersin, Burdur, Isparta, Denizli, Uşak, Aydın, Manisa, Bilecik, Eskişehir, Ankara, Çankırı, Kırıkkale, Çorum, Amasya, Kırşehir, Aksaray, Konya, Karaman illerinde görülmektedir. Türkiye'de Bwh iklim tipi 2011-2070 yıllarında görülmezken 2071-2100 yıllarında görüldüğü gözlenmektedir.

Ilıman nemli orta iklim tipi (C) SSP 585 senaryosunda da Türkiye'de en fazla görülen iklim tipidir. Türkiye'de C iklim tipi içerisinde yer alan Cfa, Cfb, Csa, Csb alt iklim tiplerinden Csa en geniş alana sahip iklim tipidir. Csa 2011-2070 yıllarında Marmara, Ege, Akdeniz, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu'da Bitlis, Van, Elazığ,, Tunceli, Malatya, Karadeniz bölgesinde Orta Karadeniz bölümünün iç kesimleri, Samsun ve Trabzon'un kıyı kesimlerinde görülmektedir. 2071-2100 yıllarında ise SSP 370 senaryosundaki gibi İç Anadolu bölgesinde alansal olarak azalma gözlenirken özellikle Karadeniz bölgesinde (Batı ve Orta Karadeniz bölümünde) alansal olarak artış meydana gelmiştir. Cfa ve Cfb 2011-270 yıllarında Karadeniz Bölgesinin kıyı kuşağı boyunca ve Yıldız Dağları bölümünü kıyı kuşağında görülür. 2070-2100 yıllarında Cfa ve Cfb iklim tipinin görüldüğü yerlerde alansal olarak azalma göstermiş ve en fazla azalma Yıldız Dağları bölümünü kıyı kuşağında, Orta Karadeniz ve Batı Karadeniz bölümünün kıyı kesiminde bulunan Cfa ve Cfb iklimleri yerini Csa iklimine bıraktığı gözlenmektedir.

Türkiye'de nemli orta iklim (D) tipi içerisinde yer alan Dfa, Dfb, Dfc, Dsa, Dsb, Dsc alt iklim tipleri görülmektedir. Dfa, Iğdır, Kars, Erzurum, Artvin, Çankırı, Kastamonu; Dfb, Karadeniz bölgesinde Kastamonu, Ordu, Giresun, Trabzon, Rize, Artvin ve Erzurum- Kars bölümünde, Dfc, Doğu Karadeniz Bölümünde; Dsa, Doğu Anadolu, İç Anadolu ve Akdeniz bölgesinin kuzey kesimlerinde(Batı ve Orta Toroslar); Dsb, İç Batı Anadolu Bölümü, Batı ve Orta Toroslar, Yukarı ve Orta Kızılırmak

Bölümleri, Karadeniz bölgesinin iç kesimleri ve Doğu Anadolu bölgesinde görülmektedir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Dünya iklimi tarihi boyunca sürekli değişmiştir ve gelecekte de değişmeye devam edecektir. Sanayi devrimine kadar yaşanan iklim değişimlere doğal olaylar neden olurken günümüzde hızlı bir şekilde yaşanan bu değişim insan faaliyetleri sonucunda meydana gelmiştir. İklim bilimciler günümüzdeki yüzey sıcaklıklarının artışın insan kaynaklı sera gazlarının artışına bağlanmaktadır. Sanayi devriminden önce CO2 miktarı 280 ppm'den günümüzde 420 ppm'e çıkmıştır. Yüzey sıcaklığı 1958 yılından itibaren günümüze kadar 1,1°C artmıştır. IPCC'nin 2023 raporuna göre 2100 yılına kadar sera gazlarına bağlı olarak sıcaklıklar 1,5°C ile 4,5°C arasında artışa neden olacağı tahmin edilmektedir. Bu sıcaklık artışı sonucu ortaya çıkan yıkıcı ve önlenmesi zor çevresel krizin sonuçları zengin ve fakir bütün ülkeleri etkileyecektir. Küresel ısınmanın doğal bir sonucu olan kuraklık meteorolojik kökenli doğal afetlerin içerisinde en tehlikeli olanıdır. Yarı-kurak iklime sahip olan ülkemizde kuraklığın izlenmesi ve önlem alınması önem arz etmektedir.

Bu araştırmada; küresel iklim değişimi sürecinde, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve CHELSA sayısal iklim veri tabanları ile Türkiye kuraklık risk alanlarının 2011-2100 yılları arasındaki zamansal-mekânsal değişiminin belirlenmesi (haritalanması) ve yorumlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla araştırma alanının coğrafi özellikleri ve çalışma konusunu içeren literatür taraması yapılarak faydalanılmıştır.

İlk olarak araştırmada kullanılacak veri tabanları CHELSA internet adresinde bulunan 5 yöntemden (GFDL-ESM4, IPSL-CM6A-LR, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0 ve UKESM1-0-LL) çözünürlük ve semantik doğruluk açısından en iyi sonucu veren GFDL-ESM4 yöntemi belirlenmiştir. İkinci aşamada GFDL-ESM4 yönteminin içerisinde bulunan SSP126, SSP370 ve SSP585 senaryolarının 2011-2100 yıllarına ait veri tabanları indirilmiştir. Üçüncü aşamada belirlenen orta (SSP370) ve yüksek (SSP585) senaryolar seçilerek indirilen iklim

değişkenleri CBS içinde Türkiye Sınırları belirlenerek kesilmiştir (clip). Son aşamada Türkiye genelindeki SSP 370 ve SSP 585 senaryolarına göre 2011-2100 yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık ve yağış verileri değerlendirilmesi yapılmış, SSP 370 ve SSP 585 senaryolarına göre kuraklık risk haritaları oluşturularak yorumlanmıştır.

Bu çalışmada uzun dönemlerdeki aylık, yıllık ve mevsimlik yağış verileri kullanılarak haritalar hazırlanmıştır. Yağış verileri incelendiğinde 2011-2100 yılları arasındaki dönemlerdeki yıllık ortalama yağışlar iki senaryoda da Türkiye yıllık ortalama yağış miktarının altında kaldığı görülmüştür. İki senaryoda da 2011-2100 yılları arasında yağış dağılımında azalma gözlenmektedir. İki senaryoda yağışlar kıyılardan iç kesimlere doğru azalmaktadır. En fazla yağışlarda başta Doğu Karadeniz (Rize ve Artvin) olmak üzere Karadeniz Kıyıları, Bursa, Muğla, Antalya, Hatay, Hakkari Siirt, Bitlis, Muş, Bingöl, Tunceli ve Erzincan illerinde artış beklenmektedir. İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu'nun kuzey kısımlarında yağış miktarının en az olduğu yerlerdir.

Sıcaklık haritaları uzun dönemlerdeki aylık, yıllık ve mevsimlik veriler kullanılarak hazırlanmıştır. Türkiye'de 2011 yılından 2100 yılına kadar SSP370 ve SSP585 senaryolarında ölçülen Erlat ve Türkeş (2015) tarafından yapılan çalışmalarındaki gibi maksimum sıcaklık değerlerinde artış, minimum sıcaklık değerlerinde azalma gözlenmektedir. Bu durum, Deniz ve diğerleri(2017) çalışmalarında Türkiye genelinde yaz günü, tropikal gece sayısı, ekstrem sıcak gün sayıları artış yaşandığını ve ekstrem serin gecelerde anlamlı azalma, donlu ve buzlu gün sayılarında hafif azalma yaşandığını ortaya koyarak SSP 370 ve SSP585 senaryolarıyla tutarlı bir sonuç elde edilmiştir. Türkiye genelinde 2011-2100 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklık SSP 370 senaryosuna göre 2,4°C, SSP 585 senaryosuna göre 2,94°C artış göstermektedir. Türkiye'de ortalama sıcaklıklarda bütün dönemlerde artış eğilimi gözlenmektedir. Türkiye'de 2011-2100 yıllarında SSP 370 senaryosunda sıcaklık ortalamalarında en fazla artış yaz aylarında 3,77°C ile Ege bölgesinde, en az artış kış mevsiminde 1,7 °C ile Akdeniz bölgesinde meydana gelmiştir. SSP 585 senaryosunda 2011-2100 yıllarında en fazla sıcaklık artışı yaz mevsiminde 4,96°C ile Ege bölgesinde, en az sıcaklık artışı 1,6°C ile Karadeniz bölgesinde meydana gelmiştir. Öztürk ve

diğerleri (2011) araştırmalarında elde edilen bulgulara göre 2100 yılına kadar sıcaklıkların 3°C ile 7°C artacağını belirtmişlerdir.

Kuraklık risk haritaları 2011-2100 yıllarında en yüksek sıcaklık ve en düşük yağış verileri bulunduğu alanlar belirlenerek haritalandırılmıştır. Elde edilen verilere göre Türkiye'de SSP 370 senaryosunda kuraklık risk alanları 2011-2040 yıllarında 210221,36 km^2, 2041-2070 yıllarında215674,48 km^2 ve 2071-2100 yıllarında ise 214788,12 km^2 alan kaplamaktadır. 2011-2040 yıllarında %26,83'lük alana sahip olan kuraklık risk alanı 2041-2070 yıllarında %27,52'ye yükselmiş ve 2071-2100 yıllarında ise çok az bir değişiklikle %27,41'lik alana düşmektedir. Kuraklık risk alanı %95,77 oranı ile Güneydoğu Anadolu bölgesi başta olmak üzere %67,68 ile Marmara, %48,16 Ege, %31,23 Akdeniz, %9,30 İç Anadolu, %8,23Doğu Anadolu, %5,08 oranı ile Karadeniz bölgesinde görülmektedir. Türkiye'de SSP 585 senaryosunda kuraklık risk alanları 2011-2040 yıllarında 209620,63km^2, 2041-2070 yıllarında220957,51km^2 ve 2071-2100 yıllarında ise 215251,74km^2 alan kaplamaktadır. 2011-2040 yıllarında %26,75'lik alana sahip olan kuraklık risk alanı 2041-2070 yıllarında %28,20'ye yükselmiş ve 2071-2100 yıllarında ise çok az bir değişiklikle %27,47'lik alana düşmektedir. SSP 585 kuraklık risk alanı bölgesel sıralama olarak SSP370 senaryosu ile benzerlik göstermektedir. Kuraklık riski, %96,02 oranı ile Güneydoğu Anadolu bölgesi başta olmak üzere %65,46 ile Marmara, %49,07 Ege, %31,51 Akdeniz, %11,40 İç Anadolu, %8,24Doğu Anadolu, %4,44 oranı ile Karadeniz bölgesinde görülmektedir. Elde edilen bu sonuç Cebeci ve diğerleri (2019) çalışmalarında Türkiye'de çok kurak alanlar Güneydoğu Anadolu Bölgesinin tamamı, Marmara, Ege ve Akdeniz Bölgesinin büyük bir kısmında görülürken nemli ve yarı nemli alanlar sadece Karadeniz kıyılarında görüldüğü, İç ve Doğu Anadolu Bölgeleri kurak iklimden çok kurak iklime doğru geçiş yaptığı sonucu ile örtüşmektedir.

Köppen-Geiger iklim sınıflandırılması CHELSAGFDL-ESM4 veri tabanındaki SSP370 ve SSP 585 senaryolarının içerisinde bulunan Peel ve diğerleri2007 yılında güncellenmiş Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasının yer aldığı kg2 verileri kullanılmıştır. Türkiye'de 2011-2100 yıllarında Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre her iki senaryoda da B, C, D ve E ana iklim grupları yer alırken A iklim grubu olan tropikal iklim bölgesine ait bir alan bulunmamaktadır. Türkiye'de en geniş alan

kaplayan ana iklim tipi C, onu D, B ve E ana iklim grubu takip etmektedir. Her iki senaryoda da en fazla kaplayan Csa alt iklim tipidir. Türkiye'nin Köppen-Greiger iklim haritasına bakıldığında 2011-2100 yılları arasında SSP 370 senaryosuna göre Türkiye'de 13 alt iklim tipi tespit edilmiştir. Bu iklim tipleri Bsk, Bsh, Cfa, Cfb, Csa, Csb, Dfa, Dfb, Dfc, Dsa, Dsb, Dsc, ET olarak sıralanmaktadır. Türkiye'nin Köppen-Greiger iklim haritasına bakıldığında 2011-2100 yılları arasında SSP 585 senaryosuna göre 2071-2100 yıllarında Bwh iklim tipi eklenerek Türkiye'de 14 alt iklim tipi tespit edilmiştir. Bu iklim tipleri Bwh, Bsk, Bsh, Cfa, Cfb, Csa, Csb, Dfa, Dfb, Dfc, Dsa, Dsb, Dsc, ET olarak sıralanmaktadır. Yılmaz ve Çiçek (2018) Türkiye'de 250 meteoroloji istasyonlarının 2071-2100 yıllarındaki aylık ortalama sıcaklık ve yağış verilerine göre 10 farklı Köppen- Geiger iklim sınıfı bulunduğunu ve bunların Bsk, Bwh, Cfa, Cfb, Csa, Csb, Dfa, Dfb, Dsa ve Dsb iklim sınıfları olduğunu ortaya koymuşlardır. Model verilerinin elde edilen sonuçlara göre bu sınıflandırmaya Dfc, Dsc ve ET iklim tipleri eklenmiştir. Bu durum meteoroloji istasyonlarının Türkiye'nin ikliminin belirlemede yetersiz olduğunu ortaya koymuştur.

Küresel İklim Değişimi ve Küresel Isınma`nın Anlamı

İklim değişikliği, on yıllar veya daha uzun zaman dilimleri boyunca meydana gelen, hava koşullarında, okyanuslarda, kara yüzeylerinde ve buz tabakalarında meydana gelen değişikliklerdir. Doğal olarak meydana gelen iklim değişimi süreçleri, son zamanlarda çoğunlukla insan etkileriyle karbondioksit gibi ısıyı tutan gazlarının atmosferde artması ile hızlanmıştır. Küresel ısınma alçak ve yüksek basınç alanlarına doğrudan veya dolaylı etki ederek lokasyonlarda ani hava durumu değişikliklerine neden olmaktadır. Böylece dünyadaki farklı lokasyonlarda aniden çıkan şiddetli rüzgarlar, kısa süreli şiddetli yağışlar, aşırı sıcak ve kurak periyotlar yavaş yavaş olağan hale gelmektedir. Gün içinde, gece ve gündüz arasında, aylık ve yıllık normal sıcaklık değişimleri arasındaki farklılıkların uç noktalarda ve ani değişimler şeklinde olması iklim değişiminin en önemli göstergeleridir. Bu değişimler bölgenin coğrafi, topoğrafik ve ekolojik özelliklerine bağlı olarak da artmakta veya azalmaktadır. Okyanuslardaki sıcak ve soğuk su akıntılarındaki değişimler, buzulların erimesi, alçak ve yüksek basınç

hareketliliği ile bağlantılı olarak iklimsel düzensizlikler ortaya çıkmaktadır. Böylece yaz ve kış mevsim süreleri artarken bahar mevsimleri ortadan kalkmakta veya süresi kısalmaktadır. Sonuç olarak iklim istikrarsızlaşmakta, yaz içinde kış, kış içinde yaz, hatta gün içinde birkaç mevsimsel özellik görülebilmektedir. Şüphesiz bu değişimler Ekosferi de etkilemektedir.

Örneğin, yaşayan ve büyük kısmı canlılardan oluşan toprak bu değişimlerden ilk etkilenecek olan organik yapıdır. Bu organik yapının temel döngüleri canlılar tarafından (mantarlar, bakteriler, böcekler, solucanlar vb.) organize edilmektedir. Aşırı ve ani sıcaklık değişimleri öncelikle toprağın biyolojik yapısını bozacak ve kimyasal yapısını değiştirecektir. Bu durum toprağın verimliliğini olumsuz etkileyeceği gibi erozyonu da körükleyecektir. Toprak sıcaklığındaki ani değişim toprağın su dengesinin, azot dönüşümünün, termo-fiziksel özelliklerinin yanı sıra topraktaki mikroorganizmaların faaliyetine, buna bağlı olarak da organik maddenin mineralizasyonuna da etki edecektir. Topraktaki bu değişimler tarımı da olumsuz etkileyecektir.

Canlıların başta sıcaklık ve nem olmak üzere farklı ekolojik parametrelere hoşgörüleri sınırlıdır. Bu sınırlar aşıldığında strese girerler, stres şartları devam ederse hastalanırlar, büyüme ve üreme performansları düşer veya ölürler. Ani hava durumu değişiklikleri tarımda dikim ve hasat zamanında kaymalara/ değişikliklere neden olur. Ayrıca ekim/hasat zamanının gecikmesine ve ürün yetiştirme elverişliliğinde azalmaya sebep olur. Ekim yapılmış tarım arazilerinde bitki çıkışları yani çimlenme olumsuz yönde etkilenir. Bitki köklerinin gelişimi durur ve bitkilerde besin eksikliği ile beraber kuruma görülür. Seller sonucunda toprakların havalanması ve tuzlanma gibi bir takım olumsuz sonuçlar ortaya çıkar ve bunun sonucunda da bitkiler olumsuz etkilenir. Bir gün güneş ertesi gün şiddetli yağışlar, bitkilerde hastalık ve zararlıların artışına da neden olur. Yüksek sıcaklıklarla birlikte, bitkiler strese dolayısıyla hızlı büyüme periyoduna girer, erken olgunlaşır ve buna bağlı olarak verimlerinde düşüş olur.

Ani sıcaklık değişimi, özellikle sıcaklıkların ani düşmesi bitkilerin gelişimi ve verimine olumsuz etki eder. Fizyolojik kuraklık, meyvelerde çatlamaya, kök gelişiminin

durmasına, meristemlerin (bitkilerin büyüme bölgelerinde bulunan ve sürekli bölünebilme yeteneğine sahip hücrelerden oluşan dokuların) kurumasına ve ölüme neden olur. Sonuçta hasat zamanında aksama ve kalitede kayıplar meydana gelir. Ani gelişen kurak periyotlar veya şiddetli ve kısa süreli yağışlar sonucu mahsul tamamen yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalabilir. Bu tür olayların artması ve şiddetlenmesi bir süre sonra beşeri coğrafyaya da etki edecek ve insanların göç etmesine de neden olabilecektir.

İklim Değişiminin Zararlarını Önlemek

İklim değişiminde en önemli materyal sudur. Bu nedenle ormanlar ve sulak alanlar ekolojik sistemleri ile birlikte öncelikle korunmalı, suyu kirleten ve suya bağımlı sektörlere yatırım yapılmamalıdır. Yeraltı ve yerüstü baraj sistemleri ile nehirlerin menderesli yapıları (yani denge profili) korunmalıdır.

Ayrıca Türkiye`deki gen merkezleri, önemli doğa alanları ve tarım alanları korunmalıdır. Örneğin önemli biyolojik rezerv ve tarım alanları (örneğin Kelkit Havzası, Amanoslar, Anadolu Anklavı) korunmalıdır. Ormanlar, sulak alanlar ve sucul ekosistemler restore edilmeli ve korunma altına alınmalıdır. Önemli mikroklimatik bölgeler öncelikle koruma altına alınmalıdır. Bu bağlamda, tıbbi aromatik bitkilere gereken önem verilmelidir. Yabancı ülkeler çeşitli firmalar aracılığıyla Türkiye`den elde ettikleri tıbbi aromatik bitkileri işleyerek nihai ürün veya etken madde olarak tüm dünyaya hatta tekrar Türkiye`ye pazarlamakta ve çok büyük kazançlar sağlamaktadır. Tıbbi aromatik bitkiler bakımından zengin olan Türkiye`de özellikle suya az ihtiyaç duyan ve susuz yetiştirilebilen tıbbi aromatik bitkilerin yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması ana hedeflerden biri olabilir. Buna ilaveten çevreyle ilgili özellikle yayılıcı kirleticilerle ilgili modelleme çalışmalarına ağırlık verilmesi gerekmektedir. Bu kirleticilerin azaltılması ve kontrol altına alınması için gerekli planlama çalışmaları hızla tamamlanmalı ve uygulanmalıdır. Çevre dostu üretime odaklanılmalıdır.

Tarımda sıcaklık ve diğer kuraklık koşullarına hoşgörülü türlere ve çeşitlere önem verilmelidir. Toprak organik maddesinin artırılması, sürdürülebilir toprak yönetimi, toprak karbonu depolanmasını artırmak için tarlaların ve otlakların yönetiminin sağlanması, toprakların aşırı yağış sonucunda oluşabilecek sorunlara karşı drenaj sisteminin yaygınlaştırılması, ani sıcaklık değişimine karşı dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi, iklim değişikliğine uyum kapasitesinin artırılması için iklim dostu tarım uygulamaları ve biyolojik çeşitliliğin korunması konularına önem verilmelidir. Özellikle Türkiye`de tarımda kullanılan vahşi sulama (karık sulama) yöntemlerinden vazgeçilmesi, suyu daha ekonomik kullanan damla sulama yöntemlerine geçişin sağlanması gerekmektedir. Değişen iklim koşulları dikkate alınarak öncelikle kuraklık riski taşıyan alanlarda tarımın planlanması ve geleceğe yönelik projeksiyonlar yapılması gerekmektedir. Bu planlamanın yapılabilmesi için CBS ve Uzaktan Algılama teknolojilerinden faydalanılması öncelikli olmalıdır.

En önemlisi, tarımsal faaliyetlerin daha ekonomik yapılabilmesi için, ayrıntılı ekolojik veri tabanları, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama (UA) teknolojileri kullanılarak pazar değeri yüksek ve istikrarlı olan önemli hedef tarım ürünleri için en uygun yetiştirme ortamlarının parsel bazında belirlenmesi ve planlanması, ayrıca en iyi yönetim uygulamalarına (the best managementapplications) ağırlık verilmesi gerekmektedir.

İklim değişiminin zararları önlemede Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama`nın Rolü

Küresel iklim değişimini yaşadığımız bugünlerde su havzalarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı en önemli gündem konularıdır. Diğer önemli bir gündem konusu ise havzalardaki yayılı kirlenmedir. Her iki gündem konusu da havzalarla ilgili ayrıntılı sayısal veri tabanlarının oluşturulmasını, bu veri tabanlarının analizini ve en önemlisi yönetimsel çözümlerin üretilmesini gerekli kılmaktadır. Bu gerekliliklerin yerine getirilebilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA)

günümüzde en yeni ve güçlü teknolojiler olarak konu uzmanlarına ve karar vericilere yardımcı olmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS "Geographic Information Systems: GIS"), karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; coğrafi konumu belirlenmiş verilerin toplanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görsel olarak sunulması işlemlerini kapsayan donanım, yazılım, personel ve yöntemler sistemidir. Tanımlardan görüleceği gibi CBS`nin ana teması karmaşık planlama ve yönetim sorunlarını çözmektir. Uzaktan Algılama ise herhangi bir objeye temas olmadan o obje hakkında veri toplamak anlamına gelmektedir. Uzaktan Algılama verileri denildiğinde hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri anlaşılmaktadır.

Günümüzde, karmaşık planlama ve yönetim sorunlarını çözmek için CBS`nin yanı sıra daha detaylı veri tabanlarına ve en önemlisi daha etkili yöntemlere gerek duyulmaktadır. Bu nedenle ülkesel boyutta yapılan çalışmalara yerelde yapılacak daha detaylı çalışmaların ilavesi gerekmektedir. Detay çalışmaların yapılabilmesi için de ayrıntılı veri tabanlarına, yeni yöntemlerin geliştirilmesine ve bu bağlamda karar vericiler ile üniversiteler ve teknopark kuruluşlarının yenilikçi Ar-Ge projeleri kapsamında işbirliği yapmalarına gerek duyulmaktadır.

5. KAYNAKÇA

Acar-Deniz, Z. A. ve Gönençgil, B. (2017). Türkiye sıcaklık ekstremlerindeki değişkenlikler. Coğrafya Dergisi, (35): 41-54.

Aegean Geographical Journal, 26/2 (2017), 1-19, Izmir—TURKEY

Akbaş, A. (2014). Türkiye üzerindeki önemli kurak yıllar. Coğrafi Bilimler Dergisi, 12(2): 101-118.

Akçakaya, A., Atay, H., & Demir, Ö. (2013). İklim Değişikliği Senaryolarında Yeni Dönem: Paralel Yaklaşım ve Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs). In 6th atmospheric science symposium-ATMOS.

Akın, G. (2006). Küresel Isınma Nedenleri ve Sonuçları. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 46(2), 29-43.

Arslan, E. S. (2019). İklim değişimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre kentsel yol ağaçlarının ekosistem hizmetleri bağlamında değerlendirilmesi: *Robinia pseudoacacia* L. örneği. Turkish Journal of Forestry, 20(2): 142-148.

Atalay, İ. (2011). Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği. İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.

Atwoli, L., Baqui, A. H., Benfield, T., Bosurgi, R., Godlee, F., Hancocks, S., et al. (2021). Call for emergency action to limit global temperature increases, restore biodiversity and protect health. Brain, 144: 2897-2899.

Aydın, O., Ünaldı, Ü. E., Duman, N., Çiçek, İ. ve Türkoğlu, N. (2017). Türkiye'de su kıtlığının mekânsal boyutlarının değerlendirilmesi. Türk Coğrafya Dergisi, 68: 11-18.

Bayraç, H.N . ve Doğan, E. (2016). Türkiyede iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerine etkileri. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, 11(1):23-48.

Beck, H. E., Wood, E. F., Mcvıcar, T. R., Zambrano-Bıgıarını, M., Alvarez-Garreton, C., Baezvıllanueva, O. M., et al. (2020). Bias Correction of Global High-ResolutionPrecipition Climatologies Using Streamflow Observations From 9372 Catchments. Journal of CLimate, 22(3), 1299-1315.

Berkeley Earth(2024). 2023 Global Temperature Report. Berkeley Earth.https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2023/ (Erişim tarihi: 13.01.2024).

Bölük, E. (2016). Köppen İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 1-18.

Buis, A. (2020). Milankovitch (Orbital) Cycles and Their Role in Earth's Climate. National Aeronautics and Space Administration (NASA). https://climate.nasa.gov/news/2948/milankovitch-orbital-cycles-and-their-role-in-earths-climate/ (Erişim tarihi: 10.11.2023).

Calda, B., An, N., Turp, M.T., Kurnaz, M.L. (2020). İklim değişikliğinin Akdeniz havzasındaki orman yangınlarına etkisi. International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences, 32(1): 15-32.

Cebeci, İ., Demirkıran, O., Doğan, O., Karagöz Sezer, K., Öztürk, Ö., & Elbaşı, F. (2019). Türkiye'nin iller bazında kuraklık değerlendirmesi. Toprak Su Dergisi, Özel Sayı: 169-176.

Çakmak, B. ve Gökalp, Z. (2013). Kuraklık ve tarımsal su yönetimi. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 4: 1-11.

Çelik, M.A, Kopar, İ, Bayram, H. (2018). Doğu Anadolu Bölgesi'nin mevsimlik kuraklık analizi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 22(3): 1741-1761

Çolak, H. E. ve Memişoğlu, T. (2021). Thornthwaite iklim sınıflandırma yöntemine göre Karadeniz Bölgesi iklim sınır haritasının CBS ile üretilmesi. Geomatik, 6(1): 31-43.

Dabanlı, İ. 2019. Kuraklık riskinin bulanık mantık yardımıyla Türkiye genelinde değerlendirilmesi. DÜMF Mühendislik Dergisi. 10(1):359-372.

Duvan, A., Aktürk, G., ve Yıldız, O. (2021). Meteorolojik Kuraklığın zamansal ve alansal özelliklerine iklim değişikliğinin etkisi, Sakarya örneği. Mühendislik Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(2): 207-217.

Duygulu, S. (2021). Milankoviç Döngüleri ve İklim Değişikliği. https://www.kozmikanafor.com/milankovic-donguleri-ve-iklim-degisikligi/ (Erişim tarihi: 11.09.2023)

Erlat, E. ve Türkeş, M. (2015). Türkiye rekor maksimum ve minimum sıcaklıklarının frekanslarında 1950-2014 döneminde gözlenen değişimler ve atmosfer koşullarıyla bağlatıları. Ege Coğrafya Dergisi, 24(2), 29–55.

Erlat,E. ve Türkeş, M. (2017). Türkiyede tropikal gece sayılarında gözlenen değişimler ve eğilimler. Ege Coğrafya Dergisi. 26(2): 95-106.

Erol, O. (2010). Genel Klimatoloji. Ankara: Çantay Kitabevi.

Geymen, A. ve Dirican, A.Y. (2016). İklim değişikliğine bağlı deniz seviyesi değişiminin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak analiz edilmesi. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8 (1): 65-74.

Gönençgil, B. (2017). Küresel İklim Değişikliği ve Doğal Afetler. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.

Guterres, A. and Espinosa, P. (2021). Carbon inequality in 2030 per capita consumption emissions and the 1.5°c goal. Oxfam GB, Oxfam House. https://doi.org/10.21201/2021.8274.

Gümüş, V. (2017). Akım kuraklık indeksi ıle Asi Havzasının hidrolojik kuraklık analizi. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 5(1), 65-73.

Güney, E. (2001). Türkiye Hidrorofyası. Diyarbakır: Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayınları.

Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., & Yazici, B. (2016). GFDL-ESM2M modeli temelinde RCP4. 5 ve RCP8. 5 senaryolarına göre Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları. Coğrafi Bilimler Dergisi, 14(2): 77-88.

Hayaloğlu, P. (2018). İklim değişikliğinin tarım sektörü ve ekonomik büyüme üzerindeki etkileri. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi, 9(25), 51-62.

IPCC (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

IPCC5 (2014). AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014 Synthesis Report. The Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/ (Erişim tarihi: 7.09.2023)

IPCC6 (2022). IPCC Sixth Assessment Report. The Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/ (Erişim tarihi: 7.09.2023)

İrcan, M. R. ve Duman, N. (2021). Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Şanlıurfa iklimi. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 61(1): 68-93.

Kandilci, G. N. ve Koçak, K. (2021). Türkiye için global güneş radyasyonu persistans haritalarının oluşturulması. İklim Değişikliği ve Çevre, 6(1): 8–13

Kapluhan, E. (2013). Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. Marmara Coğrafya Dergisi, 27: 487-510.

Karger, D. N., & Zimermann, N. E. (2021). Climatologies at High Resolution for The Earth Land Surface Areas CHELSA V2.1: Technical Specification. Swiss Federal Research Institute Wsl, Birmendorf, 16pp.

Karger, D. N., & Zimmerman, N. E. (2019). Climatologies at High Resolution for The Earth Land Surface Areas CHELSA V1.2: Technical Specification. Swiss Federal Research Institute Wsl, Birmendorf.

Karger, D. N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Sorıa-Auza, R. W., et al. (2017). Data Descriptor: Climatologies At High Resolution For The Earth's Land Surface Areas. Scientific Data, 122.

Karger, D. N., Schmatz, D. R., Dettling, G., & Zimmermann, N. E. (2020). High-Resolution Monthly Precipitation and Temperature Time Series From 2006 To 2100. Scientific Data, 7, 248.

Karger, D. N., Wilson, A. M., Mahony, C., Zimmermann, N. E., & JetzW. (2021). Global Daily 1 km Land Surface Precipitation Based on Cloud Cover-Informed Downscaling. Scientific Data, 8, 307.

Kelley, C.P., Mohtadi, S., Cane, M.A., Seager, R., & Kushnir, Y. (2015). Climate change in the Fertile Crescent and implicationsof the recent Syrian drought. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 112 (11): 3241-3246.

Keskiner, A. D. ve Çetin, M. (2022). Kuraklık gidiş ve büyüklüğünün zaman ve mekan boyutunda belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) alanında bir uygulama. Politeknik Dergisi, 26(3): 1079-1089.

Koç, D.E., Dalfes, H.N., ve Avcı, M. (2022). Anadoluda Konifer Ağaçların Yayılış Alanlarındaki Değişimler. Coğrafya Dergisi. 44: 82-95.

Köse, N., Akkemik, Ü., & Dalfes, H. N. (2005). Anadolu'nun iklim tarihinin son 500 yılı: Dendroklimatolojik ilk sonuçlar. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu-TURQUA–V, 2-5 Haziran 2005, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, pp. 136-142.

Li, Y., Ye, W., Wang, M., & Yan, X. (2009). Climate change and drought: a risk assessment of crop-yield impacts. Climate Research, 39(1): 31-46.

Liberto, T. D. (2020). Can volcanic eruptions cause El Niño? Maybe, maybe not. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Climate. https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/can-volcanic-eruptions-cause-el-ni%C3%B1o-maybe-maybe-not (Erişim tarihi: 05.12.2023)

MGM (2023a). İklim Değişikliği ve Mevcut Durum. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx (Erişim tarihi: 12.07.2023)

MGM (2023b). Türkiye Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi (2010-2021). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. https://mgm.gov.tr/FILES/genel/raporlar/meteorolojikafetler2010-2021.pdf (Erişim tarihi: 14.07.2023)

MGM (2023c). 2022 Yılı Yağış Değerlendirmesi. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2022yagisdegerlendirmesi.pdf (Erişim Tarihi: 25.10,2023)

MGM (2024a). 2023 Yılı Aralık Ayı Ortalama Sıcaklıklarının 1991-2020 Normallerine Göre Mukayesesi. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx (Erişim tarihi: 15.01.2024).

MGM (2024b). 2018 Yılı İklim Değerlendirmesi. Meteoroloji Genel Müdürlüğü.https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2018-iklim-raporu.pdf (Erişim tarihi: 15.01.2024).

MGM (2024c). 2023 Yılı İklim Değerlendirmesi. Meteoroloji Genel Müdürlüğü.https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2023-iklim-raporu.pdf(Erişim tarihi: 15.01.2024).

Milanković, M. 1934. O pomeranju zemljinih polova, Uspomena na Alfreda vegenera [on the wandering of the Earth's poles – a remembrance of Alfred Wegener]. Godišnjak našeg neba, 5: 163–171.

NASA (2023a). What Are Climate and Climate Change? National Aeronautics and Space Administration. https://www.nasa.gov/learning-resources/for-kids-and-students/what-are-climate-and-climate-change-grades-5-8/ (Erişim tarihi: 6.11.2023)

NASA (2023b). Global Climate Change, Graphic: Carbon dioxide hits new high. National Aeronautics and Space Administration. https://climate.nasa.gov/climate_resources/7/graphic-carbon-dioxide-hits-new-high/#:~:text=The%20level%20of%20CO2,ppm%20by%20the%20year%202040 (Erişim tarihi: 6.11.2023)

NASA (2023c). How is Today's Warming Different from the Past? National Aeronautics and Space Administration. https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming/page3.php (Erişim tarihi: 10.11.2023)

NASA (2023d). Vital Signs: Ocean Warming. National Aeronautics and Space Administration. https://climate.nasa.gov/vital-signs/ocean-warming/ (Erişim tarihi: 07.12.2023)

NDMC (2023). Types of Drought. National Drought Mitigation Center. https://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/TypesofDrought.aspx (Erişim tarihi: 30.11.2023)

NOAA (2023a). Global Monitoring Laboratory. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). https://gml.noaa.gov/aggi/aggi.html (Erişim tarihi: 12.05.2023)

NOAA (2023b). Understand Drought and Know How to Respond. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). https://www.weather.gov/safety/drought (Erişim tarihi: 30.11.2023)

NWS. (2023, 11 30). 2023 tarihinde National Weather Service: https://www.weather.gov/ adresinden alındı

Oğuz, K., Pekin, M. A., Gürkan, H., Oğuz, E., & Coşkun, M. (2017). Doğu Akdeniz Havzasında kuraklığın Era-interim verileri ile belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, (32): 229-236.

OXFAM (2021). Carbon Emissions of Richest 1% Set to be 30 Times the 1.5°C Limit in 2030. Oxford Committee for Famine, International. https://www.oxfam.org/en/press-releases/carbon-emissions-richest-1-set-be-30-times-15degc-limit-2030 (Erişim tarihi: 09.20.2023)

Önol, B., Ünal, Y. S., ve Dalfes, H. N. (2011). İklim değişimi senaryosunun Türkiye üzerindeki etkilerinin modellenmesi. İTÜDERGİSİ, 8(5): 169-177.

Özdemir, S., Özkan, K., & Mert, A. (2020). Ekolojik bakış açısı ile iklim değişim senaryoları. Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma , 13 (3): 361-371.

Özey, R. (2012). Türkiye Coğrafyası Jeopolitiği. İstanbul: Aktif Yayınevi.

Öztürk, K. (2002). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22(1): 47-65.

Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri. Cğrafya Dergisi, 35, 17-27.

Öztürk, T., Türkeş, M., & Kurnaz, M. L. (2011). RegCM4. 3.5 iklim modeli benzetimleri kullanılarak Türkiye'nin gelecek hava sıcaklığı ve yağış klimatolojilerindeki değişikliklerin çözümlenmesi. Ege Coğrafya Dergisi. 20(1): 17-27.

Partigöç, N. S. ve Soğancı, S. (2019). Küresel iklim değişikliğinin kaçınılmaz sonucu: kuraklık. Dirençlilik Dergisi, 3(2): 287-299.

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the K¨oppen-Geiger climate classification. Hydrology Earth System Sciences(11), 1633-1644.

Primack, R.B. (2010). Essentials of Conservation Biology. Sinauer Associates, Inc.: Massachusetts, USA. 601 pages.

Riahi, K., Van Vuuren, DP, Kriegler, E., Edmonds, J., O'neill, BC, Fujimori, S., ... & Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. Global Environmental Change, 42: 153-168.

Riebeek H. (2010). Global Warming. NASA Earth Observatory. https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming/page1.php (Erişim tarihi: 6.11.2023)

Sırdaş, S. ve Şen, Z. (2003). Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması. İTÜ Mühendislik Dergisi, 2(2): 95-103.

Şahin, G., & Onurbaş Avcıoğlu, A. (2016). Tarımsal Üretimde Sera Gazları ve Karbon Ayak İzi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 12(3), 157-162.

Şensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, Y., Balta, İ. (2008). Türkiye İklimi. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, P.H.Box: 401, Ankara, Türkiye.

Tuğrul, T., Doğan, S., & Dursun, Ş. (2019). Güneydoğu Anadolu bölgesindeki illerin kuraklık analizi. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(4): 705-712.

Turan,E. S. (2018). Türkiyenin iklim değişikliğine bağlı kuraklık durumu, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi.4(1):63-69.

Türkeş M., (2008), Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler, İklim Değişikliği ve Çevre, 1, 26-37

Türkeş, M. (2001). Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel isınma. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi(1): 187-205.

Türkeş, M. (2006). Küresel iklimin geleceği ve Kyoto protokolü. Jeopolitik, 29: 99-107.

Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. İklim Değişikliği ve Çevre, 1: 26-37.

Türkeş, M. (2012). Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 4(2): 1-32.

Türkeş, M. (2013a). İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ: KAMBRİYEN'DEN PLEYİSTOSENE, GEÇ HOLOSEN'DEN 21. YÜZYIL'A. Ege Coğrafya Dergisi, 22(1): 1-25.

Türkeş, M. (2013b). İklim Verileri Kullanılarak Türkiye'nin Çölleşme Haritası Dokümanı Hazırlanması Raporu. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü.

Türkeş, M. (2017). Türkiye'nin iklimsel değişkenlik ve sosyo-ekolojik göstergeler açısından kuraklıktan etkilenebilirlik ve risk çözümlemesi. Ege Coğrafya Dergisi, 26(2): 47-70.

Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. (2000). Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24.

UNEP (2021). Emissions Gap Report 2021. United Nations Environment Programme (UNEP). https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021 (Erişim tarihi: 10.07.2023).

Watanabe, T., & Kanber, R. (2007). The Final Report of The Research Project on the Impact of Climate Changes on Agricultural Production System in Arid Areas (ICCAP). Research Institute for Humanity and Nature, and The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK). ICCAP Publication:10 (ISBN4-902325-09-8), 331pp.

Wilhite, D. A. ve Glanz, M.H. (1985). Understanding drought: the role of definitions. International Water, 10(3): 111-120.

WMO (2023a). Rate and impact of climate change surges dramatically in 2011-2020. World Meteorological Organization. https://wmo.int/media/news/rate-and-impact-of-climate-change-surges-dramatically-2011-2020 (Erişim tarihi: 16.04.2023).

WMO (2023b). Drought. World Meteorological Organization. https://wmo.int/topics/drought (Erişim tarihi: 03.12.2023)

World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). (2016). Handbook ofDrought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought ManagementProgramme (IDMP). Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva.

Yılmaz, E. ve Çiçek, İ. (2018). Türkiye'nin detaylandırılmış Köppen-Geiger iklim bölgeleri. Journal of Human Sciences, 15(1), 225-242.