BURSA İLİ'NDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN OLASI ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Nilay KESKİNDEN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURSA İLİ'NDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN OLASI ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Nilay KESKİNDEN
ORCID ID: 0009-0007-2097-0193

Doç. Dr. Efsun DİNDAR
ORCID ID: 0000-0002-4572-2512
(Danışman)

Dr. Mesut DEMİRCAN
ORCID ID: 0000-0002-5334-7898
(2. Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

BURSA,2024
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi
BURSA İLİ'NDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN OLASI ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ
Nilay KESKİNDEN

Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Efsun DİNDAR

İkinci Danışman: Dr. Mesut DEMİRCAN (Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Iğdır)

İklim, uzun zaman dilimlerinde atmosferde meydana gelen, değişimlerin bir sonucu olarak mevsimlerin oluştuğu ve sıcaklık, yağış vb. parametrelerin uzun dönemli ortalamalarıyla ifade edilen bir sistem olarak tanımlanabilir. İklimdeki değişiklikler sonucunda, yüksek sıcaklıkların neden olduğu kuraklık ve alışılmışın dışında gerçekleşen yağış rejimleri gibi olaylar gözlemlenmekte olup, bu duruma iklim değişikliği denilmektedir. Son yıllarda etkisi giderek daha fazla hissedilen iklim değişikliğine uyum sağlamak amacıyla çeşitli araştırmalar ve modelleme çalışmaları yürütülmektedir. Bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmada, Bursa ili için HadGEM-AO modeli kullanılarak RCP 4.5, RCP 8.5, SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları çerçevesinde iklim değişikliği analiz edilmiştir. Bursa ilinde iklim değişikliğinin etkilerini değerlendiren bu çalışma, gelecekte alınması gereken önlemler konusunda yol gösterici olabilir ve daha etkili sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayabilir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, Bursa ilinde beklenen iklim değişikliği, tarım, su kaynakları ve yerel ekosistemler üzerinde önemli etkilere sahip olacak şekilde öngörülmektedir. Özellikle RCP 8.5 ve SSP5-8.5 senaryolarında, sıcaklık artışlarının ve yağışlardaki değişikliklerin daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, yerel yönetimler ve politika yapıcılar için uyum stratejileri geliştirilmesi, altyapıların güçlendirilmesi ve sürdürülebilir kalkınma planlarının revize edilmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, bu sonuçlar doğrultusunda kamuoyunun bilinçlendirilmesi ve toplumsal farkındalığın artırılması için eğitim programları ve kampanyalar düzenlenmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, İklim, Modelleme

ABSTRACT

MSc Thesis
DETERMINING THE POTENTIAL IMPACTS OF CLIMATE CHANGE IN BURSA PROVINCE
Nilay KESKINDEN

Uludağ University, Institute of Science and Technology, Department of Environmental Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Efsun DİNDAR

Co-Advisor: Dr. Mesut DEMİRCAN (Regional Directorate of Meteorology, Iğdır)

Climate is defined as a system expressed by long-term averages of parameters such as temperature and precipitation, which form seasons as a result of changes in the atmosphere over long periods. As a result of these changes in the climate, events such as droughts caused by high temperatures and unusual precipitation regimes are observed, which are referred to as climate change. In recent years, the impact of climate change has been increasingly felt, and various research and modeling studies have been conducted to adapt to climate change. In this thesis, climate change in the province of Bursa has been analyzed using the HadGEM-AO model under the scenarios RCP 4.5, RCP 8.5, SSP2-4.5, and SSP5-8.5. This study, assessing the effects of climate change in Bursa, could guide future measures to be taken and contribute to more effective outcomes. The results of this study predict significant impacts of climate change on agriculture, water resources, and ecosystems in Bursa. Especially, the RCP 8.5 and SSP5-8.5 scenarios show much more pronounced changes in temperature increases and precipitation patterns. Therefore, the development of adaptation strategies by local governments and policymakers is of great importance. Additionally, in light of these results, organizing educational programs and campaigns to raise public awareness and increase societal consciousness is recommended.

Keywords: Climate Change, Climate, Modeling

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Gerek tez, gerekse makale hazırlamamda danışmanım Doç. Dr. Efsun DİNDAR' a çalışmamın başından sonuna kadarki denetlemeleriyle birlikte vermiş olduğu önerileri, bana karşı olan anlayışı ve büyük sabrı için derinden minnettarım.

Bir diğer danışmanım olan Dr. Mesut DEMİRCAN' a tezimde ve makalemde tarafıma vermiş olduğu tüm önerileri, denetimleri, sabrı ve anlayışı için ayrıca teşekkür ediyorum.

Hiçbir zaman desteğini esirgemeyen ve daima yanımda olan, pes edecek bile olsam beni vazgeçirip yapabileceğime olan inançları sayesinde devam etmeme yardımcı olan arkadaşlarım İpek BOZKURT, Büşra SANIR ve Melisa ÖZDEMİR' e teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca desteklerini esirgemeyen, bıkmadan her zaman yanımda olan, bu süreçte duygusal olarak yıpransam da pes etmeden devam etmemi sağlayan Hasan TOPRAK'a teşekkür ediyorum.

Son olarak, hayatımın her anında yanımda olan, her zaman sevgiyle yaklaşan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve beni her zaman anlayışla karşılayan annem Mahide KESKİNDEN, babam Oktay KESKİNDEN ve ağabeyim Sercan KESKİNDEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER **Sayfa**

ÖZET.....i
ABSTRACT.....ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....iii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ.....vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....viii
1.GİRİŞ.....1
1.1. İklim Nedir? 2
1.2. İklim Değişikliği Nedir? 4
1.3. İklim Değişikliğinin Bilimsel Temelleri.....6
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....8
2.1. İklim Değişikliğinin Gözlemlenebilir Etkileri.....8
2.2.İklim Değişikliğinin Dünyadaki Etkileri.....8
2.3.İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri.....9
2.4.İklim Değişikliğinin İnsan Psikolojisine Olan Etkileri.....10
2.4.1. Doğrudan Psikolojik Etkiler.....10
2.4.2. Dolaylı Psikolojik Etkiler.....11
2.4.3.Psikososyal ve Toplumsal Etkiler.....11
2.4.4.Eğitim ve Farkındalığın Rolü.....12
2.4.5. Sosyal-Ekolojik Kaygı.....13
2.5.İklim Değişikliğinin Sanayiye Olan Etkileri.....13
2.6.İklim Değişikliğinin Tarıma Olan Etkileri.....14
2.7.İklim Değişikliğinin Sektörlere Olan Etkileri.....15
2.8.İklim Değişikliğinin Ekonomi Üzerindeki Etkileri.....16
2.9.Ekonomik Uyum Politikaları ve Çözüm Önerileri.....16
2.10. Yeşil İyileşme.....16
2.11. Yeşil Enerji Kullanımı ve Ekonomik Büyüme Üzerine Etkiler.....17
2.12. İklim Değişikliğinin Türkiye Üzerindeki Etkileri.....17
2.13. Sera Etkisi ve Küresel Isınma.....19
2.14. Küresel Isınmanın Etkileri.....21
2.15. İklim Değişikliği ve Sürdürülebilirlik.....22
2.16. Çevresel Yönetim Sistemleri ve İklim Değişikliği Risk Yönetimi.....23
2.17. İklim Değişikliğinin Meydana Getirdiği Kuraklık, Çoraklık ve Çölleşme 24
2.18. Türkiye'nin İklimi.....27
2.19. Güneydoğu Anadolu Karasal İklimi.....27
2.20. Güneydoğu Anadolu Karasal İklimi.....28
2.21. Doğu Anadolu Karasal İklimi.....28
2.22. İç Anadolu Karasal İklimi.....28
2.23. Trakya Karasal İklimi.....29
2.24. Akdeniz İklimi.....29
2.25. Marmara (Geçiş) İklimi.....29
2.26. Karadeniz İklimi.....29
2.27. Türkiye'de İklim Değişikliği İle İlgili Yapılan Çalışmalar 30
2.27.1. CMIP5 İklim Model Karşılaştırma Projesi.....31
2.27.2. RegCM-4.3.4 modeli.....32

2.27.3. İklim Değişikliği Projeksiyonları.....32
2.28. İklim Değişikliği Politikaları ve Uluslararası Uyum.....38
2.29. Yerel Yönetimlerin İklim Değişikliğine Uyumda Rolü ve Önemi.....39
2.30. Türkiye'nin İklim Değişikliği ile Mücadele Süreci.....40
2.31. Sera Gazı Emisyonları.....41
2.31.1. Sera Gazı Envanteri ve Hesaplamalar.....41
2.32. İklim Değişikliğine Dair Azaltım Projesi ve İDASEP.....41
2.33. Bursa İli Hakkında Genel Bilgiler.....43
2.33.1. Bursa'da Görülen Bitki Türleri.....44
2.33.2. Bursa İklimi ve Yaban Hayvanları.....44
2.34. İklim Sınıflandırması.....45
2.35. Bursa İli'nde İklim Değişikliğine Yönelik Yapılan Çalışmalar.....49
2.35.1. Bursa Osmangazi Belediyesi'nin Hazırlamış olduğu Karbon Ayak İzine Yönelik Çalışmalar.....49
2.35.2. Bursa'da Sera Gazı Çalışmaları.....50
2.35.3. Bursa'nın Iklim Değişikliği Ve Küresel Isınma Süreçlerinden Etkilenmesi.....50
3. MATERYAL VE YÖNTEM 52
2.3.Çalışma Alanı ve Genel Özellikleri.....52

4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....59

4.1.1. Sıcaklık Değişimleri.....77
4.1.2. Yağış Değişimleri.....77
4.1.3. Ekstrem Hava Olayları.....77
4.1.4. Bursa'da İklim Değişikliğinin Olası Sonuçları.....78
5. SONUÇ.....79
KAYNAKÇA.....87

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler Açıklama

℃	Santigrad Derece
%	Yüzde
°K	Kuzey
Km	Kilometre
km²	Kilometre kare
m³	Metreküp

Kısaltmalar Açıklama

CO_2	Karbondioksit
CH_4	Metan
N_2O	Diazot Monooksit
ppm	Karışımda toplam madde miktarının milyonda 1 birimlik maddesi
Mton	Metrik ton
AKAKDO	Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (Land Use, Land-Use Change, and Forestry - LULUCF)
BM	Birleşmiş Milletler (United Nations -UN)
BMİDÇS)	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC-United Nations Framework Convention on Climate Change)
CORDEX	Koordineli Bölgesel İklim Ölçek Küçültme Deneyi (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment)
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5
ICTP	Uluslararası Abdüsselam Teorik Fizik Merkezi (International Centre for Theoretical Physics)
IPCC	Hükûmetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
INDC	Niyet Edilmiş Ulusal Katkı Beyanı (Intended Nationally Determined Contribution)
KAMAG	Kamu Araştırmaları Destek Grubu
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NDC	Ulusal Katkı Beyanı
OVP	Orta Vadeli Program
RCP	Temsili Konsantrasyon Rotaları (Representative Concentration Pathways)
SSP	Ortak Sosyoekonomik Patikalar (Shared Socioeconomic Pathways - SSPs)
WCRP	Dünya İklim Araştırma Programı (World Climate Research Programme)

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 2.1	Kuraklık Türleri ve Etkileri (Çamalan G. vd.., 2021)	24
Şekil 2.2	İDASEP ve İklim Değişikliği	42
Şekil 2.3	Grid Sistemine Göre Bursa'nın Konum	45
Şekil 2.4	Aydeniz'e göre hazırlanan iklim sınıflandırması	46
Şekil 2.5	De Martonne'a göre Türkiye İklimi	47
Şekil 2.6	Erinç'e göre Türkiye İklimi	47
Şekil 2.7	Thornthwaite'e göre Türkiye İklimi	48
Şekil 2.8	Köppen'e göre Türkiye İklimi	48
Şekil 2.9	Köppen-Trewartha'ya Göre Türkiye'nin İklimi	49
Şekil 4.1	2020-2039 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri -RCP 4.5	55
Şekil 4.2	2020-2039 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri -RCP 8.5	55
Şekil 4.3	2040-2059 Yılları Arası Maksimum Sıcaklık Değişimleri -RCP 4.5	56
Şekil 4.4	2040-2059 Yılları Arası Maksimum Sıcaklık Değişimleri -RCP 8.5	56
Şekil 4.5	2060-2079 Yılları Arası Maksimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5	56
Şekil 4.6	2060-2079 Yılları Arası Maksimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 8.5	56
Şekil 4.7	2080-2099 Yılları Arası Maksimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5	57
Şekil 4.8	2080-2099 Yılları Arası Maksimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 8.5	57
Şekil 4.9	2020-2039 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5	58
Şekil 4.10	2020-2039 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5	58
Şekil 4.11	2040-2059 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5	58
Şekil 4.12	2040-2059 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 8.5	58
Şekil 4.13	2060-2079 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5	59
Şekil 4.14	2060-2079 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 8.5	59
Şekil 4.15	2080-2099 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5	59
Şekil 4.16	2080-2099 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 8.5	59
Şekil 4.17	2020-2039 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 4.5	60
Şekil 4.18.	2020-2039 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 8.5	60
Şekil 4.19	2040-2059 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 8.5	61
Şekil 4.20	2040-2059 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 8.5	61

Şekil 4.21	2060-2079 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 4.5	61
Şekil 4.22	2060-2079 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 8.5	61
Şekil 4.23	2080-2099 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 4.5	62
Şekil 4.24	2080-2099 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 8.5	62
Şekil 4.25	Maksimum Sıcaklık Değişimleri-RCP4.5	63
Şekil 4.26	Maksimum Sıcaklık Değişimleri-RCP8.5	63
Şekil 4.27	Minimum Sıcaklık Değişimleri-RCP4.5	63
Şekil 4.28	Minimum Sıcaklık Değişimleri-RCP8.5	63
Şekil 4.29	2020-2039 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5	64
Şekil 4.30	2020-2039 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5	64
Şekil 4.31	2040-2059 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5	64
Şekil 4.32	2040-2059 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5	64
Şekil 4.33	2060-2079 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5	65
Şekil 4.34	2060-2079 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5	65
Şekil 4.35	2080-2099 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5	65
Şekil 4.36	2080-2099 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5	65
Şekil 4.37	2020-2039 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5	66
Şekil 4.38	2020-2039 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5	66
Şekil 4.39	2040-2059 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5	66
Şekil 4.40	2040-2059 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5	66
Şekil 4.41	2060-2079 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5	67
Şekil 4.42	2060-2079 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5	67
Şekil 4.43	2080-2099 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5	67
Şekil 4.44	2080-2099 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5	67
Şekil 4.45	2020-2039 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP2 4.5	69
Şekil 4.46	2020-2039 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP5 8.5	69
Şekil 4.47	2040-2059 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP2 4.5	69
Şekil 4.48	2040-2059 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP5 8.5	69
Şekil 4.49	2060-2079 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP2 4.5	70
Şekil 4.50	2060-2079 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP5 8.5	70
Şekil 4.51	2080-2099 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP2 4.5	70
Şekil 4.52	2080-2099 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP5 8.5	70

1. GİRİŞ

İklim değişikliği, sera gazlarının artması, bilinçsizce doğal kaynakların kullanılması, endüstriyel çalışmalar, fosil yakıtlar gibi ekosistem üzerinde büyük değişiklikler meydana getirebilecek faaliyetler sonucu dünyanın doğal sera etkisi bozulmuş ve gezegenimizde ısınmaya yol açmış olup gündemin en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir.

İklim değişikliği, günümüzün en acil küresel çevre sorunlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Sanayi Devrimi'nden bu yana insan faaliyetlerinin hızla artması, atmosferdeki sera gazı yoğunluğunu tehlikeli seviyelere çıkarmış ve bu durum, dünya genelinde iklim sistemlerinin dengesini bozmuştur. İklim değişikliği, sadece sıcaklık artışlarıyla sınırlı kalmayıp, aşırı hava olaylarının sıklığını ve şiddetini artırmakta, deniz seviyelerinin yükselmesine, buzulların erimesine ve ekosistemlerin tahrip olmasına neden olmaktadır. Bu değişiklikler, insan sağlığı, gıda güvenliği, su kaynakları ve biyolojik çeşitlilik üzerinde derin etkiler yaratmaktadır. İklim değişikliği, aynı zamanda ekonomik, sosyal ve politik istikrarı tehdit eden bir kriz olarak da ele alınmalıdır. Bu bağlamda, küresel ısınmanın sebeplerini, etkilerini ve bu sorunla başa çıkmak için alınması gereken önlemleri derinlemesine anlamak, gezegenimizin geleceği için hayati bir öneme sahiptir.

Bursa, tarih boyunca farklı medeniyetlere ev sahipliği yaparak, Türkiye'nin kültürel ve sanatsal değerleri bakımından önemli bir merkez haline gelmiştir (Mülayim, 1999). Osmanlı İmparatorluğu'nun ilk başkenti olan şehir, bu dönemde inşa edilen Ulu Camii, Yeşil Türbe ve Cumalıkızık gibi eserlerle Osmanlı mimari mirasının başlangıç noktasını oluşturur. Bu yapılar, UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde yer alarak şehrin kültürel değerini uluslararası düzeyde tanıtmakta ve koruma altına almaktadır (Yıldız, 2019).

Bursa, sadece tarihi yapıları ile değil, sanatsal ve kültürel etkinliklerle de öne çıkar. II. Meşrutiyet ve Cumhuriyet dönemlerinde düzenlenen sergiler ve kültür etkinlikleri, Batı ile Doğu arasında bir kültür köprüsü görevi üstlenen Bursa'nın sanat ortamının gelişimine katkıda bulunmuştur (Uzuner & Kahraman, 2022).

Bursa, yoğun sanayileşme ve yüksek nüfus yoğunluğu nedeniyle küresel iklim değişikliğine karşı hassas bir bölgede yer alıyor. Bölgedeki sanayi tesisleri, özellikle termik santraller ve doğalgaz santralleri, sera gazı emisyonlarını artırarak iklim üzerindeki olumsuz etkileri güçlendirmektedir (Vardar vd., 2011).

Bu çalışmadaki amaç, iklim değişikliği göz önünde bulundurularak, Bursa'daki gelecek sıcaklık değişiklikleri ve buna bağlı olarak yağış değişimlerinin öngörülmesi üzerine analiz sunmaktır. Bu amaçla, HadGEM2 ailesinin bir versiyonu olan HadGEM2-AO modeli kullanılarak RCP 4.5, RCP 8.5, SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryolarından faydalanılmıştır. Bu senaryolardan yola çıkarak ve Bursa'nın coğrafi konumu ve topografik özelliklerinin iklim üzerindeki etkileri de dikkate alınarak, Bursa'nın gelecekte iklim değişikliği sebebiyle ne gibi durumlarla karşı karşıya kalacağı yorumlanmıştır. Ayrıca bu analizlerle, Bursa'nın iklim değişikliğine adaptasyon sürecinde karar alma ve politika oluşturma süreçlerine ışık tutulması hedeflenmiştir.

1.1.İklim Nedir?

Dünya, üzerinde birçok canlı yaşamının olması özelliği ile bilindiği üzere dünya dışındaki tüm gezegenlerden daha farklı şekilde nitelendirilmektedir. Canlılar doğal özellikleri itibariyle, yaşamlarını sürdürebilmeleri için her türlü mevsimi içerisinde barındıran ve su, besin, hava gibi temel ihtiyaçların karşılanabilmesi açısından iklime ihtiyaç duymaktadırlar (Demircan vd.., 2019).

İklim, dünyada uzun yıllar sonucunda atmosferde oluşan ve buna bağlı olarak mevsimlerin de oluştuğu ve ayrıca her türlü meteorolojik özellikleri içerisinde barındırmakta olup sıcaklık değişimleri, yağışlar vb. doğa olayların ortalaması olarak tanımlanmaktadır. İklim ayrıca, bahsedilen kürelerin birbiri ile etkileşmelerine ve bu kürelerin içerisindeki dinamik süreçlerdeki değişimlere bağlı olarak, sürekli bir değişim halindedir.

Tüm bunlar, dünyada var olan canlılarda değişimlere ayak uydurabilenlerinin hayatta kalmalarına ve varlıklarını sürdürebilmelerine, bunu başaramayanların ise yok olmalarına sebep olmuştur (Demircan vd.., 2019).
İklim, canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gereksinim duydukları en önemli bileşenlerden biridir. İklim aynı zamanda canlıların yeryüzündeki dağılımlarını ve çeşitliliğini belirlemektedir (Şensoy vd.., 2008).

Bu dağılımları ve çeşitlilikleri öğrenebilmek için canlıların yaşadıkları bölgelerdeki iklim farklılıklarını da bilmek gerekmektedir. İklim farklılıklarını öğrenebilmenin en kolay yolu ise endemik tür adı verilen türlerdir. Bu türler dünyanın belli bir bölgesinde, belirli bir iklim koşullarında yaşamakta olan canlı türleri olarak tanımlanır. Bir diğer türler de relik türlerdir. Relik türler de iklimdeki değişimlerin ve iklim tiplerinin gelişmesi sırasında oluşan yeni yaşam koşullarına uyum sağlayabilen, yaşamlarını sürdürebilen canlılardır. Aynı zamanda da relik türler iklim değişikliğinin zaman içerisinde meydana geldiğini gösteren canlılar olarak görülmektedir (Şensoy vd.., 2008).

Tüm bahsedilen canlıları içerisindeki en farklı canlı türü insanlardır. İnsanlar, doğal yapısı itibariyle iklime uyum sağlamakta diğer canlılara göre daha dayanıklıdırlar. İklimi olumlu ve olumsuz olarak değiştirebilir ve yaşanabilir ya da yaşanamayacak ortama dönüştürebilirler. İnsanlar, daha çok şeye sahip olma hırsıyla gerek doğa ve diğer canlılar olsun, gerekse kendi türlerine karşı olsun yapmış oldukları savaşlar ile dünyayı ve doğal olarak iklimin de değişmesine yol açmışlardır. İklimin değişmesine ve bugünkü hale gelmesine en büyük etki eden neden sanayi devrimidir. Sanayi devrimi ile birlikte tarım temelli ekonomiler, sanayi ve imalat odaklı hale geldi (Demircan vd., 2022).

İnsanlar daha fazla enerjiye ulaşabilmek adına fosil yakıt kökenli kaynaklar kullanmaya başladı. Tüm bunlar ile birlikte şehirleşme, tarımda yanlış gübre kullanımı vb. gibi bilinçsiz davranışlar, baraj ve yollar, kültürel ve donatılar vb. yapılaşmalar çevrenin doğal yapısını değiştirmiş ve böylelikle iklimin de değişmesine sebep olmuştur (Demircan vd., 2022).

1.2.İklim Değişikliği Nedir?

Küresel iklim değişikliği, fosil yakıtların yakılması, sanayi faaliyetleri ve ormansızlaşma gibi insan kaynaklı faaliyetler sonucunda, atmosferdeki sera gazlarının birikmesi ve Yerküre'nin enerji dengesinin bozulmasıyla oluşan bir süreçtir (Türkeş, 2008).

İklim değişikliği, sadece küçük bir alandaki canlılara değil küresel olarak ciddi etkilere sebep olan ve çevresel, sosyal, ekonomik sorunlara yol açan önemli bir durumdur. Ayrıca iklim sisteminde meydana gelen uzun süreli değişiklikler, normalin dışında oluşan yüksek sıcaklıklar, yağışlardaki anormal değişimler gibi olaylarla oluşmaktadır. Türkiye, iklim değişikliğine duyarlı bir bölgedir. İklim değişikliğinin oluşmasına yatkın olan ülkelerde kuraklık, çoraklık ve çölleşme gibi olağandışı durumlar meydana gelmektedir (İklim Değişikliği İhtisas Heyeti Raporu, 2013; Karaer, 2023).

İklim değişikliği günümüzde dünya üzerinde önemli kalıcı etkiler bırakan ve bırakacak olan çevreyle ilgili tartışılan en önemli konulardan birisidir. Bilim dünyasıyla başlayan bu tartışmalar, iklim değişikliğine karşı önlem alınabilmesi açısından Birleşmiş Milletlerin (BM) öncülüğünde dünya ülkelerinin gündemine taşınmış bulunmaktadır (Demircan vd.., 2019).

İklimde meydana gelen değişimlere "iklim salınımları" adı verilmektedir. İklim değişikliği ve küresel ısınma kavramları ise sanayi devrimi ile birlikte insanların hep daha fazla kazanma isteklerinin sonucu olarak çevrenin ve atmosferin kirletilmesi ile birlikte iklimde meydana gelen değişikliklere verilen isimdir. İklim değişikliğine neden olabilecek en önemli etkilerden biri de sera etkisidir. Buna örnek olarak dünyanın sıcaklığı -18℃ olması beklenirken doğal sera etkisi ile birlikte yaklaşık 14℃ olduğu görülmektedir (Demircan vd.., 2019).

Günümüzde de görmüş olduğumuz gibi insan faaliyetlerinden, örneğin sanayi, arazi kullanımı, yeşil alanlardan şehirlere geçiş gibi etkiler atmosferdeki sera etkisini arttırmakta ve böylelikle "Küresel Ortalama Sıcaklığı" nın da artmasına neden olmaktadır. Bu artışın ise 1,2 ℃ olduğu tespit edilmiştir (Demircan vd.., 2019).

Ayrıca iklim değişikliği hem çözümü zor hem de çözüm bulunsa bile gerekli önlemler alındığında etkisinin on yıllar boyunca sürebileceği sorunlardan biridir. Doğru bir iklim izlemesi, iklim değişikliğini önleme ve iklim değişikliğine uyum konularında başarıya ulaşmada olmazsa olmaz ilk şarttır (Demircan vd.., 2019).

Dünya genelinde ve yerel ölçekte, iklim takibi ve iklim değişikliklerinin tespiti ve tahmini için çok sayıda ulusal ve uluslararası kuruluş değerlendirmeler yapmaktadır. Dünya yüzeyinin sıcaklığında görülen değişiklikler, aşırı hava koşulları ve sıcaklık ekstremlerinde artışı tetiklemektedir (Demircan vd.., 2019).

Türkiye, su kaynakları açısından zengin bir ülkedir. Buna rağmen, iklim değişikliği sebebiyle önemli tehlikelerle karşı karşıya kalmaktadır. İklim çeşitliliği, her bölgeye ayrı oluşan su potansiyelleri, son yıllarda artışta olan nüfus, bilinçsiz su kullanımı ve iklim değişikliği gibi durumlar sebebiyle yeraltı suyu kaynakları tehlike altında kalmıştır (Harmancioglu & Altinbilek, 2019).

Tarım, içme suyu ve sanayi sektörlerinde su tüketimi artmaktadır. Bu kaynaklar, sürdürülebilirliğe uygun şekilde yönetilmelidir. Bu sektörlerden en önemlilerinden olan tarım sektöründe harcanan su miktarının büyük bir oranı kapsaması dolayısıyla su yönetimleri gözden geçirilmelidir (Harmancioglu & Altinbilek, 2019).

Türkiye'de sınırların aşıldığı su kaynakları bulunmaktadır. Bu sebeple de su paylaşımında zorluklar meydana gelmektedir. Aynı zamanda sadece su kaynaklarında değil, sosyal ve ekonomik konularda da zorluklara sebep olmaktadır (Harmancioglu & Altinbilek, 2019).

İklim değişikliği, özellikle meteorolojik karakterli doğal afetlerin sıklığında ve şiddetinde belirgin bir artışa yol açmaktadır. Türkiye'de yapılan bir araştırma, 1940 ile 2006 yılları arasında meteorolojik afetlerin, özellikle sel, dolu, fırtına ve kuraklık gibi olayların, belirli periyotlarla artış ve azalış gösterdiğini ortaya koymuştur. Özellikle 2000'li yıllardan itibaren bu tür afetlerin sayısında artış gözlenmiştir. Bu artış, kış aylarında Ege ve Marmara bölgelerinde yoğunlaşan seller, yaz aylarında ise İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde artan dolu ve fırtına olayları ile karakterize edilmiştir (Yılmaz & Demir, 2006).

1.3.İklim Değişikliğinin Bilimsel Temelleri

İklim değişikliği, iklim özelliklerinde ortaya çıkan uzun süreli değişikliklerin meydana gelmesiyle oluşan ve sera gazı emisyonlarıyla ilişkili olan bir doğa olayıdır. Sera gazlarına örnek olarak verilebilen karbondioksit gibi gazların birikmesi sonucu oluşan sera etkisi iklim değişikliğinin oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Sera gazları, güneşten dünyaya ulaşan ışınların bir kısmını hapsetmektedir Böylelikle gezegenin ısınmasına ve iklim değişikliğine sebep olmaktadır (NASA Science) (IPCC).

İnsan kaynaklı faaliyetler 20. yüzyılın ortalarından bu yana sera gazlarını arttırmış ve e dünya yüzeyinin sıcaklığında gözle görülür bir yükselişe neden olmuştur (NASA Science) (IPCC).

İklim değişikliğinin varlığına dair güçlü bilimsel kanıtlar, uydu verileri, yüzey sıcaklık ölçümleri, buz ve okyanus gözlemleri gibi çeşitli kaynaklardan elde edilmiştir. NASA ve IPCC gibi kurumlar, bu verileri analiz ederek insan kaynaklı iklim değişikliğinin etkilerini detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu veriler, küresel sıcaklık artışının yanı sıra, buzulların erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesi ve aşırı hava olaylarının artışı gibi birçok etkisi olduğunu göstermektedir (NASA Science) (IPCC).

Bilim insanları, iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerini tahmin etmek için gelişmiş iklim modelleri kullanmaktadır. Bu modeller, sera gazı emisyonlarındaki artışa bağlı olarak farklı senaryoları değerlendirmekte ve iklim değişikliğinin uzun vadeli etkilerini öngörmektedir (IPCC).

Dünyanın iklim sistemi, atmosfer, okyanuslar, kara yüzeyi ve biyosfer gibi birbirine bağlı birçok bileşenden oluşur. Bu sistemler arasındaki enerji akışı ve madde döngüleri, iklimin doğal değişkenliğini belirler. Ancak, insan faaliyetleri bu dengeyi bozarak küresel ölçekte önemli değişikliklere yol açmaktadır. Örneğin, atmosferdeki CO_2 seviyelerinin artışı, güneşten gelen enerji miktarının yeniden yansıtılmasını engelleyerek dünyanın ısınmasına sebep olur (IPCC).

İklim değişikliğinde önemli bir rol oynayan geri besleme mekanizmaları ise iklim sisteminde başlangıçta meydana gelen bir değişikliğin, bu değişikliği daha da artıracak şekilde geri dönmesini ifade eder. Örneğin, küresel ısınma nedeniyle kutup bölgelerindeki buzullar eridikçe, daha koyu renkli okyanus yüzeyi açığa çıkar ve daha fazla güneş ışığı emilir. Bu, daha fazla ısınmaya yol açarak buzulların daha da erimesine neden olur. Bu tür geri besleme döngüleri, iklim değişikliğinin etkilerini hızlandıran kritik süreçlerdir (IPCC).

Bunun dışında dijital teknolojiler, iklim değişikliğiyle mücadelede güçlü bir araç olarak görülmektedir. Örneğin, karbon izleme sistemleri ve çevresel verilerin analizi gibi dijital çözümler, iklim dostu üretim süreçlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Bu teknolojilerin adaptasyonu, yerel yönetimler ve endüstriyel işletmeler için sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kilit bir rol oynayacaktır (Popkova ve Shi, 2022).

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1.İklim Değişikliğinin Gözlemlenebilir Etkileri

Bilim insanları, iklim değişikliğinin somut etkilerini dünya çapında gözlemlemektedir. Deniz seviyelerinin yükselmesi, ekstrem hava olaylarının artışı, okyanusların asitlenmesi ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi etkiler, iklim değişikliğinin yaşam üzerindeki geniş kapsamlı etkilerinin sadece birkaç örneğidir. Bu etkiler, özellikle hassas ekosistemler ve insan toplumları üzerinde ciddi sonuçlar doğurabilir (NASA Science) (IPCC).

İklim değişikliği üzerine yapılan bilimsel araştırmaların büyük çoğunluğu, bu olgunun insan kaynaklı olduğu konusunda hemfikirdir. 2013 yılında IPCC tarafından yayımlanan bir raporda, bilim insanlarının %95'inin insan faaliyetlerinin 1950'den bu yana gözlemlenen küresel ısınmanın ana nedeni olduğuna inandığı belirtilmiştir. Bu anlaşma, küresel ölçekte politika yapıcıların iklim değişikliği ile mücadeleye yönelik daha güçlü önlemler alması gerektiğini vurgulamaktadır (IPCC).

2.2.İklim Değişikliğinin Dünyadaki Etkileri

Dünyamız, değişken iklim koşullarını barındırmakta olup, bu değişikliklerden bazıları oldukça büyük değişikliklere sebep olurken, bazıları ise daha farklı döngüler içerisinde yer alan ve düzenli bir davranış gösteren olaylardır. Bu değişiklikler doğal değişimler yoluyla tetiklenmiş ve farklı doğa olaylarının gün yüzüne çıkmasına sebep olmuştur (Şensoy vd.., 2008).

Sıcaklık değişimleri, sanayi öncesine göre küresel, bölgesel olarak oldukça duyarlı farklılıkların oluşmasına sebep olmaktadır. Örnek olarak 2,7 C°'lik bir bölgesel artış, Grönland buzul örtüsünün erimesini tetiklemesi olarak gösterilebilir. Ayrıca 1 C°'lik artış ise yaygın mercan beyazlamasına neden olur (Şensoy vd.., 2008).

Dünya üzerinde en yıkıcı olan iklim etkileri, olağandışı olayların çokluğu, şiddetindeki artış gibi durumlarla bağlantılı olanlar olarak nitelendirilmektedir. 1980'lerin başlarında başlayan buzulların erimesi olayı yıkıcı etkilere en önemli örneklerden biridir. 2003 yazında ise Avrupa'yı etkileyen sıcak hava dalgası görülmüştür. Bir diğer örnek ise, 1990, 1997 yıllarında meydana gelmiş olan El Nino'ya ait tropikal bölgesindeki olağandışı olay gösterilebilir (Şensoy vd.., 2008).

Küresel ısınma en çok Türkiye'yi de kapsayan anakarada (40 °K, 70 °K enlemlerinde) görülmektedir. İklim değişikliğini gösteren en önemli küresel etkiler, iklim, atmosfer, yağışlar, deniz seviyesi, kara ekosistemi, biyoçeşitlilik, su miktarı, tarım sektörü, ekonomi ve canlı sağlığı olarak görülmektedir. Bu etkilerden en çok etkilenen sistem biyoçeşitliliktir. Buzulların erimesiyle kutup ayıları, kral penguen gibi türler yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır.Küresel ısınma, plankton, balık gibi türlerin zarar görmesine, bu canlıların göç etmeye başlamasına ve bundan dolayı oluşan besin zinciri kopmasının oluşması meydana gelmiştir. Bu tip durumların önümüzdeki 100 yıl boyunca devam etmesi öngörülmektedir (Şensoy vd.., 2008).

2.3.İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri

İklim değişikliği tüm dünyayı etkilediği gibi Türkiye'yi de oldukça etkilemektedir. Coğrafi konumu nedeniyle, su kaynakları oldukça geniş olmasına rağmen, nüfus artışı, su kullanımının çok artması, iklim değişikliği gibi durumlar dolayısıyla kaynaklar ciddi tehlikeler ile karşı karşıya kalmaktadır. İklim değişikliği sebebiyle su kaynakları baskı altında kalmaktadır. Bunların sebeplerinden biri tarımsal kullanımların yüksek oranlara çıkmasıdır. Tarımsal faaliyetler dolayısıyla su kullanımı %74'e kadar ulaşmış olup, önümüzdeki yıllarda bu oranın düşüşe geçmesi beklenmektedir. Bu da mevcut durumdaki kaynakların sürdürülebilirliğe uygun şekilde yönetilmesi gerektiğini göstermektedir (Harmancıoğlu & Altınbilek, 2019).

Yeraltı su kaynaklarının korunması ve bu kaynakların daha verimli kullanılması, ileride karşılaşılabilecek su krizlerini önlemek açısından hayati önem taşımaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin sınır aşan su kaynaklarına sahip olması, su paylaşımı ile ilgili politik ve hukuki zorlukları da beraberinde getirmektedir (Harmancıoğlu & Altınbilek, 2019).

2030 yılına kadar nüfusun 100 milyona ulaşacağı öngörülmekte ve bu durum, kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarının 1100 m³'e düşerek Türkiye'yi su stresi çeken bir ülke konumuna getireceği tahmin edilmektedir. Bu sebeple, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve koruma stratejileri, iklim değişikliği ile mücadelenin önemli bir parçasıdır (Entegre Havza Yönetimi, 2018; Susurluk Nehir Havzası Yönetim Planı, 2018).

2.4.İklim Değişikliğinin İnsan Psikolojisine Olan Etkileri

İklim değişikliği, sadece ekosistemleri değil, aynı zamanda insan psikolojisini de derinden etkileyen bir olgudur. Yapılan çeşitli araştırmalar, iklim değişikliğinin ruh sağlığı üzerinde ciddi sonuçlara yol açabileceğini ortaya koymuştur. Bu etkiler, doğrudan ve dolaylı olarak sınıflandırılmakta, ayrıca toplumsal ve psikososyal boyutları ile de ele alınmaktadır (Doherty & Clayton, 2011).

2.4.1. Doğrudan Psikolojik Etkiler

İklim değişikliğinin en belirgin ve doğrudan etkileri, aşırı hava olaylarına ve çevresel değişimlere bağlı olarak ortaya çıkan travmatik ruh sağlığı sorunlarıdır. Özellikle doğal afetler sonrası yaşanan travmalar, ani çevresel değişiklikler ve fiziksel çevrenin bozulması bu etkiler arasındadır. Örneğin, aşırı sıcaklıklar, sel felaketleri veya orman yangınları gibi olaylar, bireylerde akut stres bozukluklarına, travma sonrası stres bozukluğuna ve depresyona yol açabilir (Doherty & Clayton, 2011).

Araştırmalar, bu tür olayların sıklaşmasıyla birlikte zihinsel sağlık sorunlarının da artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda, iklim değişikliğinin neden olduğu uzun süreli çevresel bozulmalar da bireylerin yaşadığı yeri kaybetme hissi ile derin bir "yer bağlanma" kaybına neden olabilir (Doherty & Clayton, 2011).

2.4.2. Dolaylı Psikolojik Etkiler

Dolaylı etkiler, bireylerin iklim değişikliğinin sonuçlarını gözlemlemesi ve gelecekteki risklere dair belirsizlikten kaynaklanan kaygı ile ilgilidir. Bu tür etkiler, sadece iklim değişikliği felaketlerini doğrudan yaşamayanlar arasında da yaygın bir şekilde gözlenmektedir. İklim değişikliğine bağlı kaygı, bireylerin günlük yaşamlarını etkileyebilecek derecede derin bir psikolojik yük oluşturabilir. Bu durum, bireylerde uyku bozuklukları, yeme düzensizlikleri ve aşırı endişe gibi belirtilerle kendini gösterebilir (Innocenti vd.., 2023).

Dolaylı etkiler ayrıca eko-anksiyete kavramı ile açıklanabilir. Eko-anksiyete, bireylerin iklim değişikliğine dair sürekli bir kaygı ve korku duymaları ile tanımlanır. Bu duygu, hem iklim değişikliğinin doğrudan sonuçlarını yaşayanlar hem de bu sonuçları medya ve sosyal ağlar aracılığıyla izleyenlerde ortaya çıkmaktadır (Innocenti vd.., 2023).

Bu anksiyetenin, bireylerin çevresel sorunlara karşı harekete geçme motivasyonunu artırabildiği gibi, bazı durumlarda eko-paralizi olarak adlandırılan, bireyin harekete geçmekte zorlanmasına neden olan bir duygu durumuna da yol açabileceği ifade edilmiştir (Innocenti vd.., 2023).

2.4.3. Psikososyal ve Toplumsal Etkiler

İklim değişikliğinin psikososyal etkileri, toplulukların, sosyal yapıların ve bireyler arasındaki ilişkilerin iklim değişikliği kaynaklı stres ve zorluklar nedeniyle bozulmasını kapsar. Özellikle göç, yer değiştirme, kaynak çatışmaları ve toplumsal huzursuzluklar, bu süreçlerin önemli bileşenleridir (Doherty ve Clayton, 2011).

İklim değişikliği nedeniyle göç etmek zorunda kalan topluluklar, yeni yerleşim alanlarında uyum sorunları ve uzun süreli psikolojik baskılarla karşı karşıya kalmaktadır. Özellikle ekonomik olarak savunmasız gruplar, bu etkileri daha yoğun bir şekilde deneyimlemektedir (Doherty & Clayton, 2011).

Ayrıca, iklim değişikliğinin psikolojik etkileri arasında sosyal kimlik üzerindeki etkiler de dikkat çekmektedir. İklim değişikliği, bireylerin kendi kimliklerini ve topluluk aidiyetlerini sorgulamalarına neden olabilir. Bu da bireylerin sosyal çevrelerinde ve toplumsal katılımlarında değişikliklere yol açabilir. Bu bağlamda, toplumsal adalet konuları da iklim değişikliği psikolojisinin önemli bir bileşeni olarak görülmektedir, çünkü iklim değişikliğinin sonuçları daha çok ekonomik ve sosyal olarak dezavantajlı grupları etkilemektedir (Doherty & Clayton, 2011).

İklim değişikliğinin psikolojik etkilerine dair tartışmalara Katrina gibi büyük felaketlerin ruh sağlığı üzerindeki etkileri de örnek teşkil eder. Örneğin, Haskett vd.. (2008) Katrina kasırgası sonrası gönüllü olarak çalışan ruh sağlığı profesyonellerinin deneyimlerini incelemiştir. Bu felaketin ardından, bireylerin yoğun stres, travma ve psikolojik sorunlarla mücadele ettiği vurgulanmıştır. İklim değişikliği nedeniyle artan bu tür felaketler, insanların ruh sağlığına doğrudan ve dolaylı olarak zarar verebilir (Haskett, 2008).

2.4.4. Eğitim ve Farkındalığın Rolü

İklim değişikliği ile ilgili endişe ve kaygıları azaltmak için düzenlenen eğitimler ve farkındalıkların oluşturulması önemli bir rol oynamaktadır. İklim değişikliği hakkında bilgi sahibi olan bireyler, bu kaygıları daha yapıcı bir şekilde ele alarak harekete geçme eğiliminde olabilirler. Örneğin, eğitim seviyesi yüksek olan bireylerin, iklim değişikliği ile ilgili endişelerini daha problem çözücü bir yaklaşımla yönetebildikleri belirtilmiştir (Innocenti vd.., 2023).

2.4.5. Sosyal-Ekolojik Kaygı

Son yıllarda, iklim değişikliğinin gençler üzerindeki psikolojik etkileri giderek daha fazla araştırılmaktadır. Russell'ın (2024) çalışması, genç Avustralyalıların iklim değişikliğine dair duygusal tepkilerini ele alarak bu konudaki önemli bir boşluğu doldurmuştur (Russell, 2024).

Bu bağlamda Russell (2024), "yeşil ev etkisi" (greenhouse affect) olarak adlandırdığı bir kavramla gençlerin iklim değişikliğine karşı duyduğu karmaşık duygusal tepkilerin, bireysel deneyimlerin ötesinde, geniş bir toplumsal bağlamda değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu kavram, iklim değişikliğinin gençler üzerindeki etkisinin yalnızca kaygı veya ümitsizlikle sınırlı olmadığını, aynı zamanda umudu ve geleceğe dair karışık beklentileri de içerdiğini belirtmektedir. Bu bulgular, iklim değişikliğinin gençlerin gelecek planlarını, meslek seçimlerini ve aile kurma gibi önemli yaşam kararlarını nasıl etkilediğine dair önemli ipuçları sunmaktadır (Russell, 2024).

2.5.İklim Değişikliğinin Sanayiye Olan Etkileri

Sanayi sektörü, küresel sera gazı (GHG) emisyonlarının büyük bir bölümünü oluşturmakta ve bu durum, iklim değişikliğinin en büyük nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. IPCC'nin 2022 raporuna göre, sanayi kaynaklı sera gazı emisyonları enerji sektörü emisyonlarından sonra ikinci sırada yer almakta olup, dolaylı emisyonlarla birlikte küresel emisyonların %34'ünü oluşturmaktadır. Sanayinin sera gazı emisyonlarını azaltmak için enerji verimliliği, elektrikleşme, yakıt dönüşümü ve karbon tutma gibi çözümler önerilmektedir (IPCC, 2022).

Gelişen sanayi ve artan nüfusla birlikte enerji tüketimi büyük oranda yükselmiştir. Bu artış, enerji maliyetlerini sanayinin ana gider kalemlerinden biri haline getirmiştir. Enerji tüketiminin yoğun olduğu sektörlerden biri de Türkiye'deki tekstil sektörüdür.

Tekstil sektörü enerji yoğun bir sektördür ve geleneksel enerji kaynaklarının kullanımı, hem maliyetlerin yükselmesine hem de çevresel kirliliğe yol açmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelmek sanayi işletmelerinde maliyetleri düşürmekte ve çevresel etkileri azaltmaktadır (Yalılı Kılıç vd.., 2022).

Sanayi sektörü, küresel emisyonların büyük bir kısmından sorumludur ve bu durum iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir hedef haline gelmiştir. İklim değişikliğine uyum ve sanayi alanında sürdürülebilir üretim için eko-verimlilik, çevre dostu teknolojilerin kullanımı ve temiz üretim süreçlerinin benimsenmesi kritik öneme sahiptir. Bu tür uygulamalar, sanayi tesislerinin rekabet gücünü artırmakla kalmaz, aynı zamanda çevreye olan olumsuz etkileri de azaltır (Davarcıoğlu & Lelik, 2017).

2.6.İklim Değişikliğinin Tarıma Olan Etkileri

İklim değişikliği, tarımsal verimliliği doğrudan etkileyen sıcaklık, yağış miktarı ve atmosferdeki karbondioksit (CO_2) seviyelerindeki değişikliklerle tarımsal üretimi çeşitli açılardan etkilemektedir (Adams vd.., 1998).

İklim değişikliğine bağlı olarak ortalama sıcaklıklardaki artış, özellikle tahıl ve yem bitkilerinin verim ve kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Artan sıcaklıklar, bitkilerin büyüme ve olgunlaşma süreçlerini hızlandırarak biyokütle üretimini azaltmakta ve tohum oluşum süresini kısaltmaktadır. Örneğin, yüksek sıcaklıklar, tahıllarda tohum gelişim sürecini kısaltarak verim kaybına neden olmaktadır. Sıcaklık artışının tarımsal verim üzerindeki olumsuz etkisi, özellikle tropik ve subtropik bölgelerde daha belirgin olup, bu bölgelerde yaşayan nüfusun gıda güvenliği açısından endişe verici bir tablo çizmektedir (Adams vd.., 1998).

Atmosferdeki artan CO_2 seviyesi, bazı bitkilerde fotosentezi hızlandırarak büyüme hızını artırabilmektedir. (Adams vd..,1998). Ancak, bu durum tüm bitki türleri için geçerli olmamakla birlikte, farklı bitkiler arasında farklı etkiler gözlemlenmektedir.

Bu farklılıklar, iklim değişikliği karşısında tarımsal üretimde bölgesel ve tür bazında çeşitli stratejiler geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Yao vd.., 2011).

İklim değişikliği sadece tarımsal üretimi değil, aynı zamanda gıda fiyatları, kırsal kalkınma ve gıda güvenliği gibi ekonomik parametreleri de doğrudan etkilemektedir. Yapılan araştırmalar, gelişmiş ülkelerde belirli ürünlerde verim artışı yaşanabileceğini öngörürken, tropik ve yarı kurak bölgelerde ciddi verim kayıplarına işaret etmektedir (Adams vd., 1998) Bu durum, dünya genelinde gıda üretiminde dengesizlikler yaratma potansiyeline sahip olup, tarım ve gıda güvenliği politikalarının gözden geçirilmesini gerektirmektedir (Yao vd.., 2011).

2.7.İklim Değişikliğinin Sektörlere Olan Etkileri

İklim değişikliğinin etkileri, ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliği ve sektörlerin iklim değişikliğine uyum kabiliyetlerini doğrudan etkileyen kapsamlı değişimlere yol açmaktadır. Farklı sektörlerin iklim değişikliğine karşı uyum süreçleri ve risk yönetimi stratejileri, sektörel etkilerin derecesine ve doğasına göre değişiklik göstermektedir. Aşağıda sektörlerin iklim değişikliği ile karşılaştığı temel zorluklar ve uyum stratejileri açıklanmıştır:

- **Tarım:** Sıcaklığın artması, yağışlarda değişiklik, kuraklığın oluşması gibi iklim değişikliği sonuçları, tarımı ve dolayısıyla gıda güvenliğini oldukça etkilemektedir. Mahsul verimi düşerken aynı zamanda tarım ürünleri kalitesini olumsuz olarak etkilemektedir. Bu durumlar, gelişmekte olan ülkelerde çiftçiler üzerinde oldukça yıkıcı sonuçlara sebep olabilir (EPA, 2023). Bu nedenle tarımda, kuraklığa karşı dayanma gücü yüksek ürün çeşitlerinin geliştirilmesi, sulamanın arttırılması, iklim dostu uygulamaların yaygınlaştırılması gibi stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır (IPCC, 2022).

- **Enerji:** Enerjinin üretilmesi ve dağıtılması, su kaynaklarının iklim değişikliğine bağlı olarak azalması gibi durumlardan etkilenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik santralleri gibi su ile bağlantılı olan kaynaklar, düşen su seviyelerinden doğrudan etkilenmektedir. Ayrıca, yüksek sıcaklık enerji talebini arttırır ve elektrik altyapısının zorlanmasına sebep olabilir (Columbia Climate School, 2022).

- **Su Kaynakları ve Altyapı:** İklim değişikliğinden dolayı meydana gelen su döngüsündeki düzensizlikler, hem su kaynaklarının hem de şehir altyapısının üzerinde baskı yaratarak sel riski, ekonomik kayıplar gibi ciddi sorunlara sebep olabilir. Bu nedenle, su yönetimi yöntemleri, sel risklerinin azaltılması ve su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde kullanılması sağlanmalıdır (EPA, 2023).

- **İş Dünyası:** İklim değişikliğine bağlı olarak, tedarik zincirlerinde kesinti, malzeme fiyatlarında değişimler gibi riskler meydana gelmektedir. Şirketler, bu riskleri değerlendirmeli ve iklim değişikliğine uyum sağlanabilmesi açısından strateji geliştirmelidir. Örneğin; iklim dostu uygulamaların benimsenmesi sağlanabilir (Columbia Climate School, 2022).

2.8.İklim Değişikliğinin Ekonomi Üzerindeki Etkileri

İklim değişikliğinin ekonomi sektöründe de önemli etkileri bulunmakta olup, sıcaklık ve yağış koşulları endüstriyel üretimi de etkileyerek ekonomik dalgalanmaların oluşmasına sebep olmaktadır (Öztürk, 2009).

2.9.Ekonomik Uyum Politikaları ve Çözüm Önerileri

İklim değişikliğine uyum sağlanabilmesi açısından sürdürülebilirlik politikasıyla uyumlu planlar yapılmalı ve tarımsal üretim desteklenerek, iklim dayanıklı tarım yöntemleri uygulanmalıdır. Ayrıca, su tasarruflu sulama yöntemlerinin kullanılması ve yeşil enerji gibi uygulamalar benimsenmelidir (NBER, 2021).

2.10. Yeşil İyileşme

İklim değişikliği ile mücadelede pandemi bir yavaşlatma yaratmış olsa da, yeşil iyileştirme yöntemiyle ekonomide büyüme ve çevre koruma arasında dengenin sağlanması fırsatı doğmaktadır (Frontiers, 2022).

2.11. Yeşil Enerji Kullanımı ve Ekonomik Büyüme Üzerine Etkiler

Fosil yakıtlarının kullanılmasında oluşan bağımlılık, enerjide yeşil dönüşümün zorunlu hale gelmesine sebep olmaktadır. Sanayisi yoğun olan şehirlerde, yeşil enerjinin kullanılması çevresel ve ekonomik faydalar sürdürülebilirlik politikalarını şekillendirmektedir. Yeşil enerji kullanımı, karbon emisyonunu azaltarak sürdürülebilir uygulamalarını desteklemektedir (Wang, 2021).

Yeşil çatı ve duvarlar, binalardaki enerji tüketimini azaltarak kentsel ısı adası etkisinde de azalma meydana getirmektedir. Ayrıca, yaz aylarında enerji tüketimi azaltılarak enerji verimliliğine katkı sağlar. Kış aylarında ise bina yalıtımını arttırarak ısınma maliyetinde de düşme sağlanabilmektedir (Campiotti vd.., 2013).

2.12. İklim Değişikliğinin Türkiye Üzerindeki Etkileri

İklim değişikliğinin Türkiye'de ekosisteme, sosyoekonomik yapısına ve su kaynaklarına oldukça ciddi etkileri bulunmaktadır. Coğrafi konumu sebebiyle özellikle tarım iklim değişikliğine karşı yüksek hassasiyet göstermektedir. Türkiye'nin tarım sektörü, iklim değişikliğine özellikle duyarlıdır. Özellikle Akdeniz iklim kuşağında yer alan bölgelerde su kaynaklarının azalması, tarımsal ürün verimliliğini olumsuz etkileyecektir. Fujihara vd..nin çalışmasında, Seyhan Nehri havzasının gelecekteki su potansiyelinin önemli ölçüde azalacağı belirtilmiştir. Benzer şekilde, sıcaklık artışları ve yağış düzensizlikleri, bu bölgedeki tarımsal üretimi tehdit eden faktörler arasında yer almaktadır (Fujihara, vd.., 2008).

İklim değişikliği sadece çevresel sorunlar yaratmakla kalmamakta, aynı zamanda güvenlik tehditlerini de beraberinde getirmektedir. Albayrakoğlu'nun (2011) çalışmasında, Türkiye'nin komşu ülkeleriyle paylaştığı su kaynaklarının iklim değişikliğinden nasıl etkileneceği ve bu durumun güvenlik üzerindeki potansiyel etkileri analiz edilmiştir. Bu bağlamda, sınır aşan su kaynakları üzerindeki baskılar ve tarımsal faaliyetlerdeki azalma, bölgesel çatışma riskini artırabilir. Özellikle Ortadoğu'daki su kıtlığı ve tarımsal verimlilikteki düşüş, göç hareketlerini tetikleyebilir ve bu durum Türkiye'nin sosyal ve ekonomik istikrarını tehdit edebilir (Fujihara, vd.., 2008).

İklim değişikliğinin yol açabileceği güvenlik riskleri, sadece su kıtlığı ve göçle sınırlı değildir. Türkiye'nin kıyı bölgelerinde deniz seviyesinin yükselmesi, tarım arazilerinin kaybına ve şehirleşme baskılarına neden olabilir. Örneğin, Karadeniz ve Akdeniz kıyılarındaki deniz seviyesi artışının, kıyı şeridindeki ekonomik faaliyetler üzerinde olumsuz etkiler yaratacağı öngörülmektedir. İstanbul gibi önemli ekonomik merkezlerin bu etkilerden nasıl etkileneceği konusunda yapılan araştırmalar, deniz suyu yükselmesinin tuzlu su istilası ve kıyı erozyonu gibi ciddi sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir(Fujihara vd.,2008) .

İklim değişikliği ile mücadelede sadece devlet politikaları değil, aynı zamanda özel sektörün stratejik yaklaşımları da büyük önem taşımaktadır. Esen ve Çalışkan (2016), Türkiye'deki şirketlerin Paris Anlaşması'na uyum sağlaması ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkı sunması gerektiğini vurgulamaktadır. Şirketler, enerji verimliliğini artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmak ve karbon emisyonlarını azaltmak gibi stratejik hedeflerle iklim değişikliği ile mücadelede aktif bir rol oynayabilirler (Esen & Çalışkan 2016).

Türkiye'nin enerji ve tarım sektörleri, iklim değişikliği ile mücadelede kilit rol oynamaktadır. Örneğin, Türkiye'nin enerji verimliliği stratejilerinin bir parçası olarak, güneş ve rüzgar enerjisi kapasitesinin 2030 yılına kadar önemli ölçüde artırılması hedeflenmiştir.

Ancak bu tür politikaların başarılı olabilmesi için şirketlerin bu hedeflere uyum sağlaması ve karbon emisyonlarını düşürmek için yeni teknolojilere yatırım yapması gerekmektedir. Esen ve Çalışkan (2016) tarafından yapılan analiz, bu süreçte Türk şirketlerinin karşılaştığı zorlukları ve fırsatları detaylandırmaktadır (Esen & Çalışkan 2016).

2.13. Sera Etkisi ve Küresel Isınma

Sera gazları, küresel iklim değişikliğinin temel unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir. Atmosferde artan karbondioksit (CO_2), metan (CH_4) ve diazot monoksit (N_2O) seviyeleri, insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak küresel ısınmaya yol açmaktadır (Liu vd.., 2019).

Tarım sektörü, özellikle gübre kullanımı, hayvancılık faaliyetleri ve tarımsal uygulamalar sebebiyle önemli miktarda sera gazı salımı gerçekleştirmektedir. Örneğin, hayvan yetiştiriciliğinde metan, gübre uygulamalarında ise N_2O emisyonları ön planda yer almakta ve sera gazı salımlarında büyük paya sahip olmaktadır (Awasthi vd.., 2016).

Tarım, küresel sera gazı emisyonlarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Hayvan yetiştiriciliği ve pirinç tarlaları gibi uygulamalar, yüksek oranda CH_4 salımına neden olurken, gübre uygulamaları N_2O salınımını artırmaktadır (Jiang vd.., 2011).

Bu emisyonlar, atmosferde sera etkisi yaratarak sıcaklıkların yükselmesine sebep olmaktadır. İklim değişikliği ile mücadele etmek amacıyla, tarımsal uygulamalarda sera gazı emisyonlarının azaltılması büyük önem taşımaktadır (Speirs vd.., 2020).

Tarımsal sera gazı emisyonlarının azaltılmasında, çeşitli stratejilerin uygulanması önerilmektedir. Örneğin, azotlu gübrelerin kontrollü kullanımı ve biyogaz üretimi gibi yöntemler, N_2O ve CH_4 emisyonlarını azaltmada etkili olabilmektedir (Leahy vd.. 2020). Bunun yanı sıra, hayvancılık sektöründe metan emisyonlarının azaltılması için yem katkıları veya özel sindirim düzenleyicileri kullanılabilir. Yeni Zelanda gibi ülkeler, tarımsal emisyonları azaltmak için karbon fiyatlandırması gibi düzenleyici önlemler almayı tartışmaktadır (Leahy vd.., 2020).

Seraların genişlemesi, sadece ekosisteme zarar vermekle kalmayıp, aynı zamanda iklim değişikliğine katkıda bulunarak uzun vadeli çevresel sorunlara neden olmaktadır (Liu vd.., 2019).

Küresel ısınma, tarımsal ekosistemler üzerinde ciddi sonuçlara yol açmaktadır. Artan sıcaklıklar, su kaynaklarının azalması, toprak yapısının bozulması ve tarımsal verimlilikte azalma gibi etkiler yaratmaktadır (Awasthi vd.., 2016). Bu olumsuz etkiler, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği tehdit etmekte ve gıda güvenliğini tehlikeye sokmaktadır. Tarımsal emisyonların azaltılması, ekosistemlerin korunması ve iklim değişikliğinin yavaşlatılması açısından önem arz etmektedir (Jiang vd.., 2011).

Atmosfer, güneşten gelen kısa dalgalı ışınları geçirirken, yeryüzünden yansıyan uzun dalgalı ısı ışınlarını tutma yeteneğine sahiptir. Bu özellik, atmosferin sıcaklığı dengelemesini sağlarken, canlı yaşamının sürdürülebilir olmasına katkıda bulunur. Ancak, sanayi devriminden bu yana atmosfere salınan karbondioksit (CO_2), metan (CH_4) ve diazot monoksit (N_2O) gibi sera gazları, atmosferin doğal dengesini bozarak küresel ısınma sürecini hızlandırmıştır (Özmen, 2009).

Küresel ısınmanın muhtemel sonuçları arasında ortalama sıcaklık artışına bağlı olarak yağış oranlarında düşüş, kuraklık ve çölleşme süreçlerinin hız kazanması bulunmaktadır. Aynı zamanda, yer altı ve yer üstü su kaynakları üzerinde meydana gelen değişiklikler toprak yapısını olumsuz etkileyebilir. Küresel sıcaklık artışının etkisiyle, büyük okyanus akıntılarının özelliklerinde de önemli farklılıklar oluşabilir (Özmen, 2009).

Artan sıcak hava dalgaları, pek çok canlı ve bitki türünün yaşam döngüsünü bozabilir, bazı türlerin yok olmasına yol açabilir ve bu süreçte kitlesel ölümler gözlemlenebilir. Çeşitli modelleme çalışmaları, Kuzey Yarım Küre'de yer alan bitkilerin hayatta kalabilmek için her yıl yaklaşık 1 km kuzeye doğru yayılmak zorunda kalacağını göstermektedir. Ancak, bu bitki türlerinin hızla değişen koşullara adapte olmaları güçlükler yaratmaktadır (Özmen, 2009).

Ek olarak, küresel ısınmanın etkisi dünya ekonomisi üzerinde ciddi zararlar oluşturabilir; ülkelerin sosyoekonomik yapıları üzerinde baskı yaratarak küresel ölçekte ekonomik kayıplara yol açabilir. Bu durum, dünya genelinde çeşitli ekosistemleri tehdit etmekte ve iklim değişikliği sorununu ortaya çıkarmaktadır (Özmen, 2009).

Küresel ısınma, fosil yakıtların aşırı kullanımı, nüfus artışı ve sanayileşme gibi insan aktiviteleri sonucunda atmosfere salınan sera gazlarının etkisiyle yerkürede ortalama sıcaklıkların artması olarak tanımlanır. Karbondioksit (CO_2), metan (CH_4) ve azot oksit (N_2O) gibi gazlar güneşten gelen enerjiyi atmosferde tutarak bir sera etkisi yaratır. Bu durum, doğanın kendi dengesi içinde meydana gelen doğal ısınma sürecini bozar ve küresel çapta iklim değişikliklerine yol açar (Apaydın, 2005 ve Akın, 2006).

Sera gazları, güneşten gelen ışınları emer ve yeryüzüne geri yansıtır, bu da yeryüzünün belirli bir sıcaklıkta kalmasını sağlar. Ancak, sanayi devriminden bu yana insan faaliyetleri nedeniyle bu gazların atmosferdeki oranı hızla artmıştır. (Apaydın, 2005) Örneğin, sanayi devriminden önce CO_2 konsantrasyonu yaklaşık 280 ppm iken, günümüzde bu değer 400 ppm'yi aşmıştır. Atmosferdeki CO_2 artışının başlıca kaynakları arasında fosil yakıt kullanımı, ormansızlaşma ve endüstriyel faaliyetler yer alır (Akın, 2006).

Metan gazı da küresel ısınmada önemli bir rol oynar ve büyükbaş hayvancılık, tarım, atık yönetimi gibi insan kaynaklı faaliyetlerle atmosferdeki metan oranı giderek artmaktadır. Metan, CO_2'den daha az miktarda bulunmasına rağmen, sera etkisi yaratma kapasitesi CO_2'ye göre 25 kat daha fazladır. Bu da metanı güçlü bir sera gazı yapmaktadır (Apaydın, 2005 & Akın, 2006).

2.14. Küresel Isınmanın Etkileri

Küresel ısınmanın etkileri çok boyutludur ve tüm ekosistemleri tehdit etmektedir. Deniz seviyelerinin yükselmesi, buzulların erimesi, su kaynaklarının azalması gibi doğrudan etkilerin yanı sıra, aşırı hava olaylarının sıklaşması ve tarımsal verimlilikte azalma gibi sonuçlar da küresel ısınmanın sonuçları arasındadır. Özellikle kutup bölgelerindeki buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesine yol açar ve kıyı bölgelerini tehdit eder.

Ayrıca, ekosistemlerde meydana gelen değişiklikler, bitki ve hayvan türlerinin yaşam alanlarını etkileyerek biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olur. Özellikle sıcaklık artışı ve su kaynaklarının azalması, birçok türün hayatta kalma koşullarını zorlaştırır ve göç etmelerine sebep olur. Bu durum, tarımsal alanlarda su sıkıntısına ve ürün veriminde azalmaya yol açar.

2.15. İklim Değişikliği ve Sürdürülebilirlik

İklim değişikliği, işletmeler üzerinde ve canlılar üzerinde doğrudan ya da dolaylı yoldan birçok etki yaratmıştır ve yaratmaya da devam etmektedir. Bu etkiler, doğal kaynakların azalmasına sebep olabildiği gibi, hava olaylarının normalin dışında meydana gelmesi, su kaynaklarında ve enerjide kıtlık gibi durumlarla işletmeleri negatif yönde etkileyebilmektedir. İklim değişikliği ile mücadele edebilmek için en etkili yöntem çevresel yönetim sistemleri (ÇYS)'dir. Bu bağlamda, işletmelerin iklim değişikliği ile mücadele etmek için çevresel yönetim sistemleri (ÇYS) gibi sürdürülebilirlik yaklaşımlarını benimsemesi gerekmektedir. ÇYS, işletmelerin çevreye olan etkilerini sistematik olarak izlemelerine, azaltmalarına ve iklim değişikliğiyle ilgili riskleri yönetmelerine yardımcı olur (Pechancova vd.., 2019).

Yaşam döngüsü yönetimi (LCM), ürünlerin çevresel etkilerini üretimden atık yönetimine kadar bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirir. Bu, işletmelerin iklim değişikliği üzerindeki etkilerini azaltmasına katkı sağlayan önemli bir yaklaşımdır. LCM sayesinde, işletmeler üretim süreçlerini optimize edebilir, enerji tüketimini azaltabilir ve karbon emisyonlarını minimuma indirebilir. Bu da iklim değişikliğiyle mücadeleye olumlu katkı sağlar (Bianchi vd.., 2021).

Dinamik yetkinlikler, işletmelerin değişen çevresel koşullara hızlı bir şekilde uyum sağlamasına olanak tanır. İklim değişikliğiyle mücadelede başarılı olmak için, işletmelerin hem iç operasyonlarını hem de tedarik zincirlerini yeniden yapılandırması gerekmektedir (Testa vd.., 2021) İklim değişikliğiyle mücadelede başarılı olan işletmeler, çevresel sürdürülebilirlik konusundaki bilinçlerini artırarak, sürdürülebilirlik yönetimini stratejik bir unsur olarak görmektedir.

2.16. Çevresel Yönetim Sistemleri ve İklim Değişikliği Risk Yönetimi

Çevresel yönetim sistemleri (ÇYS), iklim değişikliğiyle bağlantılı risklerin yönetiminde işletmelere destek sağlar. Örneğin, ISO 14001 gibi çevresel yönetim standartları, işletmelerin iklim değişikliğiyle bağlantılı riskleri önceden belirlemesine ve bu risklere karşı stratejik çözümler geliştirmesine yardımcı olur (Fet ve Knudson, 2021). ÇYS'lerin kullanımı, işletmelerin iklim değişikliği nedeniyle oluşabilecek olumsuz etkileri minimuma indirmesi için önemli bir araçtır.

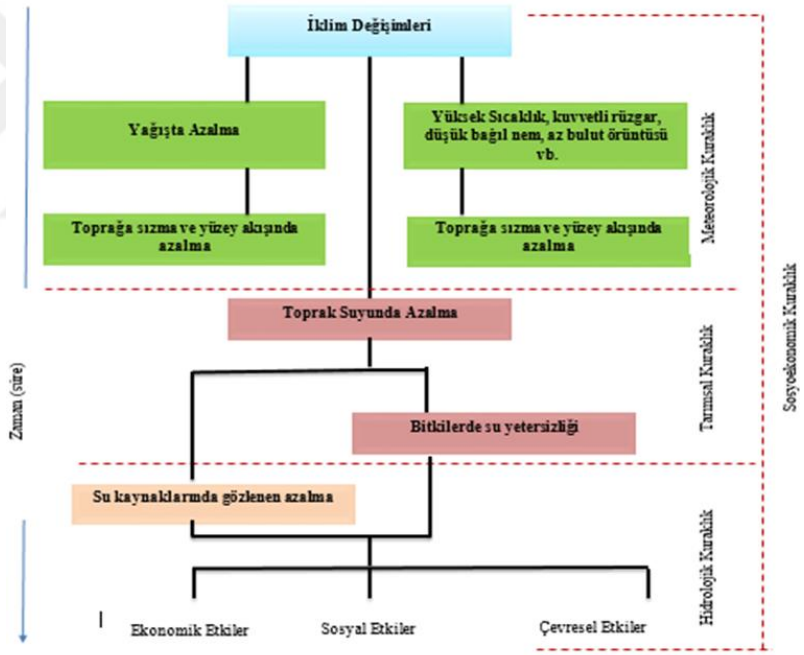
İklim değişikliğiyle mücadelede, yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA), çevresel ürün beyanı (EPD) ve karbon ayak izi (CFP) gibi araçlar işletmeler için oldukça önemlidir. Bu araçlar, işletmelerin iklim değişikliğine katkı sağlayan faaliyetlerini ölçmelerine ve raporlamalarına olanak tanır (Fet ve Knudson, 2021). Özellikle karbon ayak izi, işletmelerin üretim süreçlerinde meydana gelen sera gazı emisyonlarını takip ederek, iklim değişikliği üzerindeki etkilerini azaltmasına katkıda bulunur.

İklim değişikliği, günümüz işletmeleri için yalnızca çevresel değil aynı zamanda stratejik bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. ÇYS, LCM ve dinamik yetkinliklerin etkin kullanımı, işletmelerin iklim değişikliğiyle mücadelede proaktif bir yaklaşım benimsemelerini sağlar. Bu yaklaşımlar, hem çevresel sürdürülebilirliği artırarak işletmelere rekabet avantajı sağlar, hem de iklim değişikliği kaynaklı riskleri minimize eder. İklim değişikliğiyle mücadelede, işletmelerin yalnızca yasal zorunlulukları yerine getirmesi değil, aynı zamanda geleceğe yönelik çevresel sorumluluklar üstlenmesi de kritik önem taşımaktadır.

2.17. İklim Değişikliğinin Meydana Getirdiği Kuraklık, Çoraklık ve Çölleşme

Kuraklık, doğal bir iklim olayı olmakla beraber, herhangi bir yerde ve zamanda oluşabilmektedir. (Kapluhan vd.., 2023) Meteorolojik yönüyle bakıldığında öncelikle yetersiz yağış ile başlar. Bitki türlerinin ve toprağın ihtiyaç duyduğu su kapasitesinin gittikçe azalmasıyla birlikte tarımsal kuraklık oluşur. Daha sonra su kaynaklarının azalmasıyla meydana gelen hidrolojik kuraklık, canlı yaşamına etki eder.

Böylelikle bir diğer kuraklık tipi olarak sosyo-ekonomik kuraklık meydana gelir. Kuraklık türlerini gösteren şematik çizim aşağıdaki şekil 1'de verilmiştir (Çamalan vd.., 2021).



Şekil 2.1. Kuraklık Türleri ve Etkileri (Çamalan G. vd.., 2021)

Kuraklık, iklim değişikliği ile birlikte, meydana gelen ve bunun karşılığında oluşacak olan sonuçlar için günümüzde karşı karşıya kaldığımız ve kesinlikle ciddiye alınması gereken bir konudur.

Birleşmiş Milletler'in tanımına göre, çölleşme; iklim değişiklikleri ve insan faaliyetleri de dâhil olmak üzere, fiziksel, biyolojik, ve ekonomik etmenlerin karmaşık etkileşimler sonucu, özellikle kurak, yarı kurak ve kuru-yarı nemli alanlarda meydana gelen bir iklim değişikliği sorunudur (Türkeş, 2012).

Kuraklık, Türkiye'de özellikle Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde sıkça karşılaşılan bir sorundur. Artan sıcaklık ortalamaları ve değişen yağış modelleri, su kaynaklarının azalmasına ve tarım arazilerinin verimsizleşmesine neden olmaktadır (Türkeş, 2012).

Yağış miktarındaki değişiklikler ve su kıtlığı, tarımsal üretimi sınırlayan önemli faktörler arasında yer almaktadır. Kuraklık, bitkilerde ciddi fizyolojik strese yol açarak gelişimlerini olumsuz yönde etkilerken, aşırı yağış erozyon riskini artırmaktadır. Aynı zamanda, artan sıcaklıklarla birlikte sulama talebi de artmakta, bu durum özellikle su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde tarımsal üretimi zorlaştırmaktadır. (Yao vd.., 2011).

Bu nedenle, su kaynaklarının yönetimi ve sürdürülebilir sulama yöntemleri iklim değişikliğine uyum stratejilerinde kritik bir öneme sahiptir (Yao vd.., 2011).

Kuraklık, su kaynakları, tarım, orman sağlığı ve biyoçeşitlilik üzerinde ciddi etkilere sahip bir afettir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, özellikle güney ve iç bölgelerdeki yağış miktarlarında belirgin azalmalar ve sıcaklık artışları kaydedilmiştir. Bu değişimler doğrudan tarım sektörünü etkilemekte, su stresi nedeniyle tarımsal verimlilik düşmekte ve su kaynakları azalmaktadır (Turan, 2018).

Klimatolojik kuraklık olarak tanımlanan çoraklık ise zayıf sulak alan ya da normalden düşük yağış koşulları ile nitelendirilir. Çoraklıkla birlikte, sulak alanların azalması, yağışların seyrek ve az meydana gelmesi gibi olumsuz koşullar görülebilmektedir (Kapluhan vd.., 2023).

Çoraklık teriminin kullanılabilmesi için kuraklığın yeterli olmamasıyla birlikte kuraklığın kısa süreli değil, uzun vadeli olması ve sürekli olması gerekmektedir. Dolayısıyla kuraklık ile çoraklık ayrı tanımlara sahiptir. Yağışın iki durumda da az görülmesi mümkün iken çoraklık uzun süreli, kuraklık ise kısa süreli olarak meydana gelir. İklim değişikliği ile birlikte meydana gelen çoraklık, kuraklığın aksine daha uzun sürelerde meydana gelen ve kalıcı olan bir durumdur (Kapluhan vd.., 2023).

Küresel iklim değişikliği, atmosferdeki sera gazı birikimi ve artan sıcaklıklar nedeniyle dünya genelinde ekstrem iklim olaylarının sıklığını ve şiddetini artırmaktadır. Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla iklim değişikliğinden ciddi şekilde etkilenen bölgeler arasında yer almaktadır. Özellikle Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerinde kuraklık, bu etkilerin en belirgin hissedildiği doğal afetlerden biridir (Turan, 2018).

Çölleşme, bir bölgenin çöl haline ulaşması ve toprak üretkenliğinin kaybedilmesi durumudur. Ormansızlaşma, meralarda kapasitelerinin üzerinde otlatma, yanlış ve amaç dışı arazi kullanımları, tarım alanlarında aşırı üretim, aşırı gübreleme ve ilaçlama, anızların yakılması ve aşırı sulama gibi insan kaynaklı faaliyetler çölleşmeyi tetikleyen başlıca etmenler arasındadır. Ayrıca, endüstriyel atıkların kontrolsüz şekilde doğaya bırakılması da toprağın kimyasal yapısını bozarak verimliliğini azaltır (Türkeş, 2012).

Çölleşme sadece tarım alanlarını değil, aynı zamanda bozkırları, meraları, ormanları ve makilik/fundalık alanları da etkiler. Bu çeşitlilik, çölleşmenin ekolojik etkilerinin ne kadar geniş bir alana yayılabileceğini gösterir (Türkeş, 2012).

Çölleşme, bir yerde canlı yaşamının olmadığı, yağış azlığı nedeniyle bitki çeşitlerinin yok olduğu ve bolluk ve bereketin bulunmadığı bir süreçtir. Bir diğer deyişle, doğal etmenler, özellikle insan faaliyetleri gibi etmenlerden meydana gelen verimli toprakların yok olması ve toprak kalitesinin bozulmasıdır. Çölleşme ve kuraklık birbirine karıştırılsa da çoraklıkta olduğu gibi çölleşme daha uzun sürekli ve kronik, kuraklık ise daha kısa süreli olarak görülmektedir.

Nedeni ise, kuraklık olan bir bölgede belirli bir süre sonra yağışın olmasıyla birlikte sona erebilmektedir. Çölleşme ise kalıcı bir durumdur (Kapluhan vd.., 2023).

2.18. Türkiye'nin İklimi

Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye, ılıman kuşak ile subtropikal kuşak arasında yer almaktadır. Ayrıca dağların uzanışı, yeryüzü şekillerinin çeşitlilik göstermesi gibi durumlar farklı özelliklerde iklim tiplerinin oluşmasına yol açmıştır. Ülkemizin kıyı bölgelerinde doğal olarak denizlerin etkisi sebebiyle daha ılıman iklim özellikleri görülmektedir. Kuzey Anadolu Dağları ve Toros sıradağları deniz etkilerini engellemekte olduğundan iç kesimlerde daha çok karasal iklim görülmektedir (Şensoy vd.., 2008).

Dünya ölçüsünde yapılan iklim tasniflerinde kullanılan ölçütler esas alınarak, ülkemizde şu iklim tipleri ayırt edilebilir (Şensoy vd.., 2008):

- Karasal
- Akdeniz
- Marmara
- Karadeniz

2.19. Karasal İklim

Karasal iklimde, yaz-kış mevsimleri arasında sıcaklık farkı belirgin bir şekilde seyreder. Yağışlar ise ilkbahar ve kışın yoğun olarak gözlenmektedir. Ayrıca, yazları kuraklık görünmekte olup, bu iklim tipi genellikle Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde görülmektedir. Trakya'nın ise iç kesimlerinde gözlenir. Genel olarak dört alt tipe ayrılır. Bunlar; Güneydoğu Anadolu Karasal İklimi, Doğu Anadolu Karasal İklimi, Doğu Anadolu Karasal İklimi ve İç Anadolu Karasal İklimi olarak görülmektedir (Şensoy vd.., 2008).

2.20. Güneydoğu Anadolu Karasal İklimi

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde görülen bu iklim tipinde yazlar son derece sıcak, kışlar ise genellikle ılımandır. Düşük rakımlı düzlüklerde bozkırlar ve kuraklığa dayanıklı çalılıklar, yüksek kesimlerde ise daha yoğun bitki örtüleri gözlemlenir. Yağışlar genellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde görülür. Yaz yağışları yıllık yağış miktarının %2.6'sını oluşturur. Yıllık olarak bakıldığında nispi nem ortalaması %53.6'dır; bu düşük nem oranı, yaz kuraklığını ve buharlaşma miktarını artırmaktadır (Demircan vd.., 2022).

2.21. Doğu Anadolu Karasal İklimi

Doğu Anadolu Bölgesi'nde etkili olan bu iklim türünde, kışlar oldukça soğuk, yazlar serin geçer. Düşük rakıma sahip bölgelerde yaz sıcaklıkları yükselebilirken, yüksek rakımlı bölgelerde kar örtüsü ve don olayları yaygındır. Yağışların çoğu kış ve ilkbahar dönemlerinde gerçekleşir. Yaz yağışları yıllık toplamın %9.5'ini oluşturur. Yıllık olarak bakıldığında nispi nem ortalaması %60.2'dir (Demircan vd.., 2022).

2.22. İç Anadolu Karasal İklimi

İç Anadolu Bölgesi'nde gözlemlenen bu iklimde yazlar ılımlı sıcak, kışlar ise soğuktur. Soğuk havanın şiddeti bölgenin doğusuna doğru artar. Bitki örtüsü, yaz kuraklığı nedeniyle alçak kesimlerde bozkır, yüksek kesimlerde ise kuru ormanlarla karakterizedir. Yağışların çoğu kış ve ilkbahar dönemlerinde görülür. Yaz yağışları yıllık toplamın %14.7'sini oluşturur. Yıllık olarak bakıldığında nispi nem ortalaması %63.7'dir (Demircan vd.., 2022).

2.23. Trakya Karasal İklimi

Trakya Bölgesi'nde etkili olan bu iklimde yazlar sıcak, kışlar ise nispeten soğuktur. Bölgenin bitki örtüsü kuru ormanlardan meydana gelir. Yağışların çoğu kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde görülürken, yaz döneminde de az miktarda yağış gözlemlenebilir. Yaz yağışları yıllık toplamın %17.6'sını oluşturur. Yıllık olarak bakıldığında nispi nem ortalaması %69.6'dır (Demircan vd.., 2022).

2.24. Akdeniz İklimi

Akdeniz iklimi, Ege Bölgesi'nin geniş bir kısmında, İç Anadolu'nun batı bölgelerinde ve Akdeniz Bölgesi'nde Toros Dağları'nın güney yamaçlarında etkisini göstermektedir. Yaz aylarının sıcak ve kurak, kış aylarının ise ılık ve yağışlı geçtiği Akdeniz ikliminde, kıyı bölgelerinde kar yağışı ve don olayları nadir görülür. Yüksek bölgelerde ise kış mevsimi soğuk ve karlı geçer. Kıyılarda doğal bitki örtüsünü kızılçam ormanları ve makiler oluştururken, yüksek rakımlı alanlarda iğne yapraklı karaçam, sedir ve köknar ormanları yaygındır.

Yağışların çoğu kış mevsiminde gerçekleşir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı %5.7'dir. Yıllık olarak bakıldığında nispi nem ortalaması %63.2'dir (Demircan vd.., 2022.).

2.25. Marmara (Geçiş) İklimi

Marmara Bölgesi'nin güney kesimleri ile kuzey Ege'de etkili olan bu iklim tipi, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş özelliği taşır. Kışları Akdeniz iklimi kadar ılıman, yazları ise Karadeniz iklimi kadar yağışlı olmamakla birlikte, Marmara iklimi karasal ve Akdeniz iklimleri arasında bir geçiş sunar. Alçak kesimlerde doğal bitki örtüsünü Akdeniz kökenli bitkiler oluştururken, yüksek kesimlerde ise Karadeniz'in nemli orman toplulukları hakimdir. Yıllık olarak bakıldığında nispi nem ortalaması %73'tür (Demircan vd.., 2022).

2.26. Karadeniz İklimi

Marmara Bölgesi'nin güney kısımları ve kuzey Ege'de gözlemlenen bu iklim tipi, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş karakteri sergiler. Kış aylarında Akdeniz iklimi kadar ılıman, yaz aylarında ise Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir. Bu yüzden Marmara iklimi, karasal ve Akdeniz iklimi özelliklerini bir arada barındıran bir geçiş süreci sunar. Alçak kesimlerde doğal bitki örtüsü Akdeniz kökenli bitkilerden oluşurken, yüksek kesimlerde Karadeniz'e özgü nemli orman bitki toplulukları yaygındır. Yıllık olarak bakıldığında nispi nem ortalaması %71'dir (Demircan vd.., 2022).

2.27. Türkiye'de İklim Değişikliği İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Son yıllarda yapılan iklim simülasyon çalışmaları, Türkiye ve çevresindeki bölgelerdeki iklim değişikliklerini detaylı olarak incelemektedir. Örneğin, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde IPCC'nin A2 senaryosu, Önol ve Semazzi tarafından analiz edilmiştir. Bu çalışmaların bazı öne çıkan sonuçları, 2007 yılında hazırlanan ve Türkiye'nin Birinci Ulusal Bildirimi'nde (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı, 2011) raporlanmıştır. Raporda, yaz mevsimi için maksimum sıcaklık artışı 4,3°C olarak belirlenmiş; kış mevsiminde ise Karadeniz Bölgesi'nde sıcaklık artışı, Akdeniz Bölgesi'nde ise azalma gözlenmiştir(Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı, 2011).

Ayrıca, denizlerin iklimsel etkilerini daha iyi anlayabilmek amacıyla yapılan duyarlılık simülasyonları, deniz yüzey suyunun yaz ve sonbahar sıcaklıklarındaki artışın sel baskınları ve aşırı yağış olaylarını tetikleyebileceğini ortaya koymuştur. Önol'un model simülasyonları, Türkiye'de son yirmi yıldır yaz sıcaklıklarında belirgin bir artış olduğunu da tespit etmiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı, 2011).

Son dört yılda bölgesel iklim projeksiyonları önemli bir ivme kazanmış ve bu alandaki çalışmalar hızlanmıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi tarafından yürütülen iki önemli projeden ilki, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü iş birliğiyle ve TÜBİTAK desteğiyle gerçekleştirilen "Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları" Projesi'dir. İkinci proje ise "Türkiye'nin İklim Değişikliğine Uyum Kapasitesinin Geliştirilmesi" olup, Türkiye için iklim simülasyonlarının geliştirilmesi ve güvenilirliğinin artırılması amacıyla farklı iklim simülasyonları oluşturulmuştur (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı, 2022).

2.27.1. CMIP5 İklim Model Karşılaştırma Projesi

CMIP5 İklim Model Karşılaştırma Projesi kapsamında yapılan modelleme çalışmaları, farklı iklim modellerinin performansını değerlendirmek ve iklim değişikliği projeksiyonlarını geliştirmek amacıyla oluşturulmuştur. Bu çalışmalar, karbon döngüsü ve bulut geri bildirimleri gibi iklim sisteminde önemli rol oynayan süreçlerin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamıştır (WCRP, 2008).

Türkiye'deki bölgesel iklim projeksiyon çalışmalarında, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği öğretim üyeleri tarafından yapılan değerlendirmeler sonucunda HadGEM2-ES modeli, en uygun seçeneklerden biri olarak belirlenmiştir. HadGEM2-ES, atmosfer, okyanus, dinamik vejetasyon, okyanus biyolojisi ve atmosfer kimyası gibi bileşenleri içeren, kapsamlı bir yer-sistem modeli olup, IPCC 5. Değerlendirme Raporu (AR5) hazırlıklarında da kullanılmıştır (CMIP5, 2013). Bu modelin, özellikle Bursa bölgesine yönelik iklim değişikliği projeksiyonlarının belirlenmesinde önemli bir veri kaynağı olarak kullanılması planlanmaktadır.

İngiltere Meteoroloji Servisi'ne bağlı Hadley Centre tarafından geliştirilen HadGEM2-ES modeli, ikinci nesil küresel bir iklim modelidir ve atmosfer, okyanus, biyosfer ile kimyasal süreçler gibi karmaşık bileşenleri entegre ederek kapsamlı bir yer-sistem simülasyonu sunar. Model, yatayda 1,25 derece enlem ve 1,875 derece boylam çözünürlüğüne sahip olup, ekvator çevresinde 208x139 km, orta enlemlerde ise 120x139 km grid hücresi çözünürlüğü sunar. Bu özellikler, yerel ve küresel ölçekte iklim değişikliği projeksiyonlarının daha detaylı bir şekilde yapılmasına olanak tanır.

Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün bölgesel projeksiyon çalışmalarında da kullanılan bu model, Bursa bölgesi gibi yerel alanlar için iklim değişikliğinin olası etkilerinin belirlenmesinde kritik rol oynamaktadır. CMIP5 projesi kapsamında yapılan bu tür modelleme çalışmaları, iklim projeksiyonlarının doğruluğunu artırarak, karar alma süreçlerine bilimsel bir temel sunmayı hedeflemektedir (Demircan vd.., 2015).

2.27.2. RegCM-4.3.4 modeli

RegCM-4.3.4 modeli, bölgesel iklim modelleme çalışmalarında sıkça kullanılan bir sistem olup, Amerikan Ulusal Atmosfer Araştırmaları Merkezi (NCAR) tarafından geliştirilmiş ve Uluslararası Abdüsselam Teorik Fizik Merkezi'nin (ICTP) Yer Sistem Fiziği Bölümü tarafından sürekli olarak iyileştirilmiştir. İlk kez 1989'da RegCM1 olarak ortaya çıkan model, güncellemelerle RegCM4 versiyonuna ulaşmıştır. Bu model, 10 km çözünürlükle dünyanın herhangi bir bölgesi için geleceğe dönük iklim simülasyonları ve paleoklimatolojik çalışmalar yapmaya olanak tanır (Demircan vd.., 2015).

CORDEX (Koordineli Bölgesel İklim Ölçek Küçültme Deneyi) projesi çerçevesinde, küresel modellerin çıktıları bölgesel iklim modelleriyle ölçek küçültülerek daha yüksek çözünürlüklü projeksiyonlar elde edilmektedir. ICTP, CORDEX projesine katkı sağlayan kurumlar arasında yer almakta ve RegCM4 modelinin geliştirilmesinde öncü bir rol üstlenmektedir.

Bölgesel iklim modellerinde kullanılan grid sistemi, her bir bölge için iklimsel verilerin doğru bir şekilde yansıtılmasını hedefler ve model parametrizasyonunun doğruluğu bu yansıtmanın başarısında kritik bir rol oynar (Demircan vd.., 2015).

2.27.3. İklim Değişikliği Projeksiyonları

İklim modellemeleri, Türkiye'de önümüzdeki on yıllarda sıcaklıkların artmayı sürdüreceğini ve yağış rejimlerinde değişiklikler olacağını öngörmektedir. HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR gibi modellerle yapılan senaryo analizleri, kuraklık olaylarının daha sık ve şiddetli hale geleceğini göstermektedir. Bu projeksiyonlar, su kaynaklarının yönetimi ve tarım politikalarının planlanması açısından kritik bir öneme sahiptir (Çamalan vd.., 2021).

Türkiye'nin iklim değişikliğine uyum stratejileri, farklı küresel ve bölgesel iklim modellerinin analizlerine dayanmaktadır. Bu modeller, Türkiye'nin çeşitli coğrafi bölgelerine yönelik sıcaklık ve yağış projeksiyonları sunmaktadır. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 gibi modellerin kullanıldığı senaryo analizleri, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları çerçevesinde gelecekteki iklim değişikliklerinin değerlendirilmesine olanak tanır (Ballı Gözen & Çağlar, 2022).

Eylül 2008'de, Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) üyesi 20 farklı iklim modelleme grubu, yeni ve uyumlaştırılmış bir iklim modelleme çalışmaları seti oluşturmak amacıyla bir araya gelmiştir. Bu girişimin temel amacı, çok modelli bir kaynak meydana getirerek farklı iklim modellerinin çıktılarının değerlendirilmesini sağlamak olmuştur. Projenin hedefleri arasında iklim modellerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmak, özellikle karbon döngüsü ve bulutlar gibi iklim sisteminin çok iyi anlaşılmayan geri besleme mekanizmalarını daha ayrıntılı incelemek yer almıştır.

Ayrıca, iklim tahminlerinin on yıllık veya daha uzun dönemler için öngörü kapasitesini araştırmak ve farklı iklim modellerinin neden birbirinden farklı sonuçlar verdiğini ortaya koymak da temel hedefler arasında sayılabilir. Bu girişimin en önemli çıktılarından biri, "Birleştirilmiş Model Projesi Faz 5" (CMIP5) kapsamında yapılan model çalışmalarının sonuçlarının Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından değerlendirilerek 2013 yılı Eylül ayında yayınlanmış olmasıdır (MGM,2015).

CMIP5, özellikle iklim modelleme çalışmalarında standart bir model simülasyon seti oluşturarak önemli kazanımlar sağlamıştır. Bu kazanımlar şu başlıklar altında toplanabilir: İlk olarak, modellerin yakın geçmişteki iklim koşullarını ne derece doğru simüle ettiğinin değerlendirilmesi ve bu simülasyonların güvenilirliğinin artırılması hedeflenmiştir. İkinci olarak, kısa vadede (2035 yılına kadar) ve uzun vadede (2100 ve sonrası) iklim projeksiyonları üretilmiş, bu projeksiyonlar gelecekteki iklim değişikliklerinin potansiyel etkilerini tahmin etmek amacıyla kullanılmıştır. Üçüncü olarak, modeller arasında gözlemlenen farklılıkların altında yatan faktörlerin, özellikle karbon döngüsü ve bulutlanma gibi geri bildirim mekanizmalarının sayısal olarak belirlenmesi hedeflenmiştir (MGM,2015).

İklim modeli çalışmalarında kullanılan senaryoların geçmişi incelendiğinde, radyoaktif zorlama ve bu zorlamaların iklim sistemine etkileri gibi kritik unsurların dikkate alınmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır. İnsan kaynaklı (antropojenik) iklim değişikliği senaryoları, Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) çalışmalarında önemli bir rol oynamaktadır. IPCC, 25. Genel Oturumuna kadar senaryo geliştirme sürecini koordine etmiş, ancak bu oturumun ardından, senaryo geliştirme çalışmalarını araştırma camiasına devretmiş ve yalnızca kolaylaştırıcı bir rol üstlenmiştir (MGM, 2015).

Bu değişiklik, IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu kapsamında yeni emisyon senaryolarını geliştirme sorumluluğunu araştırmacılara bırakmıştır. Daha önce iklim değişikliği değerlendirme süreci, sıralı yaklaşım adı verilen bir yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde, öncelikle sosyo-ekonomik senaryolar oluşturulmuş, ardından bu senaryolara dayalı emisyon salımları hesaplanmış ve bu emisyonların yol açtığı radyatif zorlamalar belirlenerek iklim modellerine girdi olarak kullanılmıştır. Bu süreç, iklim parametrelerinde meydana gelecek olası değişimlerin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Ancak bu sıralı fazlardan oluşan yaklaşım, emisyon senaryolarının hazırlanması ile etki değerlendirme modellerinin sonuçlarının elde edilmesi arasındaki süreyi uzatmıştır. Bu süreç, IPCC'nin 3. ve 4. Değerlendirme Raporları'nda kullanılan Emisyon Senaryoları Özel Raporu (SRES) senaryolarıyla yürütülmüştür. Daha hızlı ve etkili sonuçlar elde etmek amacıyla yeni bir yaklaşım benimsenmiş ve Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP) adı verilen yeni nesil iklim değişikliği senaryoları geliştirilmiştir. RCP senaryoları, SRES senaryolarındaki sıralı değerlendirme yerine paralel değerlendirme yaklaşımını benimseyerek zamandan tasarruf sağlamıştır (MGM, 2015).

Bu yeni yaklaşımda, iklim modelleri, sosyo-ekonomik ve emisyon modelleri ile eşzamanlı olarak çalıştırılmakta, böylece daha hızlı ve verimli sonuçlar elde edilmektedir. Bu paralel modelleme yöntemi, projeksiyon sürecini hızlandırırken daha detaylı ve bütünleşik iklim analizi yapılmasına olanak sağlamaktadır. RCP senaryoları, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarına dayalı olarak iklim değişikliğini öngören projeksiyonlardır. RCP tipleri, 21. yüzyıldaki radyoaktif zorlama seviyelerine göre sınıflandırılmıştır ve dört ana senaryo öngörülmüştür: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5. Bu senaryoların her biri, gelecekteki iklim koşullarını farklı bir radyoaktif zorlama seviyesine göre tahmin etmekte ve bu doğrultuda projeksiyonlar oluşturmaktadır. (MGM,2015).

RCP2.6, sera gazı emisyonlarının azaltıldığı ve küresel olarak sıcaklık artışı 2°C'nin altında tutulduğu bir senaryo iken, RCP8.5 en kötü senaryo olarak kabul edilmekte ve sera gazı emisyonlarının hızla artması durumunda küresel sıcaklık artışının 3-5°C arasında olabileceği öngörülmektedir (MGM,2015).

İklim modeli çalışmalarında kullanılan bu projeksiyonlar, sadece küresel sıcaklık artışlarını öngörmekle kalmaz, aynı zamanda deniz seviyesinin yükselmesi, ekstrem hava olaylarının sıklığı ve şiddeti gibi iklim değişikliğinin diğer potansiyel etkilerini de değerlendirmektedir. Örneğin, RCP8.5 senaryosu, 2100 yılına kadar deniz seviyesinin yaklaşık 1 metreye kadar yükselebileceğini ve sıcak hava dalgaları, fırtınalar gibi ekstrem hava olaylarının sıklığının artacağını öngörmektedir. Bu tür projeksiyonlar, sadece iklim değişikliği bilimsel çalışmaları için değil, aynı zamanda tarım, su kaynakları yönetimi, enerji üretimi gibi sektörlerdeki risk yönetimi ve adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesi için de kritik öneme sahiptir (MGM,2015).

Genel Sirkülasyon Modelleri (GCM) ve Bölgesel İklim Modelleri (RCM), iklim değişikliği projeksiyonlarının oluşturulmasında kullanılan başlıca modelleme yaklaşımlarıdır. GCM'ler, küresel ölçekte atmosfer ve okyanusların fiziksel süreçlerini simüle ederken, RCM'ler daha yerel düzeyde ayrıntılı projeksiyonlar sağlamaktadır. Bu modeller, iklim değişikliği ile ilgili tahminlerin yapılmasında ve bu tahminlere dayalı uyum stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (MGM,2015).

Sonuç olarak, RCP senaryoları ve IPCC tarafından geliştirilen projeksiyonlar, gelecekteki iklim değişikliklerinin daha iyi anlaşılması ve buna yönelik önlemler alınması açısından büyük önem taşımaktadır. Küresel ve yerel düzeyde iklim politikalarının şekillenmesinde, bilimsel bulguların yanı sıra bu projeksiyonlar da önemli bir dayanak oluşturmaktadır (MGM,2015).

En yaygın kullanılan projeksiyon sistemlerinden biri, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından geliştirilen Temsili Konsantrasyon Yolları (RCP) senaryolarıdır. RCP senaryoları, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarındaki değişikliklere dayalı olarak, 21. yüzyıl boyunca iklimin nasıl evrileceğini öngörmektedir (van Vuuren vd., 2011).

Dört temel senaryo vardır:

- **RCP2.6:** Küresel ısınma sonucu sıcaklık artışı 2°C'nin altında tutulmasıyla oluşan senaryo olarak bilinmektedir.
- **RCP4.5 ve RCP6.0:** Sera gazı emisyonlarının devamının görüldüğü senaryolardır.
- **RCP8.5:** En kötü senaryo olarak bilinmektedir. 3-5 °C artış görünür.

Bu senaryolar, sıcaklık artışlarının yanı sıra deniz seviyesindeki yükselme ve ekstrem hava olaylarının sıklığı üzerinde de önemli etkilere sahiptir. RCP8.5 senaryosu altında, deniz seviyesinin 2100 yılına kadar 1 metreye kadar yükselebileceği öngörülmektedir (Church vd., 2013). Ayrıca, sıcak hava dalgaları, şiddetli fırtınalar ve aşırı yağış olaylarının artması da beklenmektedir (Knutti ve Sedlacek, 2013). İklim değişikliği projeksiyonlarının oluşturulmasında Genel Sirkülasyon Modelleri (GCM) ve Bölgesel İklim Modelleri (RCM) önemli bir rol oynamaktadır. GCM'ler, atmosfer ve okyanusların fiziksel süreçlerini simüle ederek küresel ölçekte iklim değişikliklerini öngörürken; RCM'ler, daha yerel ve bölgesel ölçekte ayrıntılı projeksiyonlar sunarak iklim değişikliğinin farklı bölgelerdeki etkilerinin daha net anlaşılmasını sağlar (Giorgi & Gutowski, 2015).

Bu projeksiyonlar, iklim değişikliğine karşı alınacak önlemlerin belirlenmesinde ve adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesinde kilit bir rol oynamaktadır. Tarım, su kaynakları yönetimi ve enerji üretimi gibi sektörler, iklim değişikliği projeksiyonlarına dayanarak risk yönetimi ve sürdürülebilirlik stratejileri oluşturmaktadır. Bu projeksiyonlar, iklim değişikliğinin etkilerine karşı dayanıklılığı artırmak ve uzun vadeli planlama yapmak için yol gösterici niteliktedir (Field vd., 2014).

Prof. Dr. Cumali Kınacı ve arkadaşlarının hazırladığı "İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi" raporu, Türkiye'deki su kaynaklarının iklim değişikliği etkilerine karşı savunmasız olduğunu vurgulamaktadır. Raporda, su kaynaklarının azalma potansiyelinin yanı sıra, yağış rejimlerindeki değişikliklerin de ciddi sonuçlar doğurabileceği belirtilmektedir. Senaryolara göre yapılan projeksiyonlarda, özellikle kuraklık ve su stresinin artacağı, bu durumun tarımsal sulama, enerji üretimi ve içme suyu teminini olumsuz yönde etkileyebileceği öngörülmektedir. Bu bağlamda, Bursa bölgesindeki iklim projeksiyonlarının değerlendirilmesi, su kaynakları yönetimi açısından kritik öneme sahiptir (Kınacı vd., 2016).

Projeksiyonlar, Türkiye'nin iklim değişikliğine adaptasyonu için kapsamlı politikalar geliştirmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu politikalarda, iklim değişikliği risk değerlendirmelerinin tüm kamu ve özel sektör projelerine entegre edilmesi, iklim dayanıklılığı yüksek altyapıların inşası ve yerel/bölgesel iklim eylem planlarının oluşturulması gibi adımlar öne çıkmaktadır (Ballı Gözen & Çağlar, 2022).

Gelecekteki iklim etkilerini anlamak ve yönetebilmek için, bilim insanları sosyoekonomik gelişmelerin iklim üzerindeki olası etkilerini modelleyen senaryolar geliştirmiştir. Bunlar arasında IPCC tarafından oluşturulan Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar (SSP) senaryoları bulunmaktadır. SSP senaryoları, iklim değişikliğinin farklı sosyoekonomik yörüngelerde nasıl şekillenebileceğini göstererek küresel ısınmanın etkilerini farklı projeksiyonlar altında inceleme fırsatı sunar (IPCC, 2021). SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 en yaygın kullanılan senaryolardandır; SSP2-4.5, orta düzeyde sera gazı emisyonlarının devam edeceği bir geleceği öngörürken, SSP5-8.5 hızlı artan emisyonlar ve daha yüksek ışınımsal zorlama (8.5 W/m^2) ile 3°C-5°C sıcaklık artışını işaret eder (Eyring vd.., 2016; IPCC, 2021).

Bu senaryolar, iklim değişikliğine hassas Türkiye ve Akdeniz gibi bölgeler için kritik veriler sağlamaktadır. Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklık artışının SSP2-4.5 senaryosunda 1.0°C-2.2°C, SSP5-8.5 senaryosunda ise 1.8°C-3.1°C arasında olacağı öngörülmektedir. Bu artış, yaz aylarında daha belirgin olup, kış aylarında daha sınırlı kalması beklenmektedir (Şeker, 2024).

Yağış miktarında ise SSP2-4.5 senaryosuna göre %15, SSP5-8.5 senaryosuna göre %20 azalma tahmin edilmektedir. Özellikle Türkiye'nin Akdeniz kıyıları ve dağlık bölgeleri, bu senaryolarda kuraklık açısından yüksek risk altındadır. Kuraklık ve sıcaklık değişimlerini analiz etmek için Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) gibi göstergeler kullanılmıştır. Bu göstergeler, bölgenin hassas noktalarını belirleyerek mekânsal ve zamansal kuraklık değişimlerini analiz etmektedir. SSP5-8.5 senaryosu altında kıyı bölgelerindeki kuraklık riski, dağlık alanlara göre daha belirgin hale gelmiştir (Şeker, 2024).

2.28. İklim Değişikliği Politikaları ve Uluslararası Uyum

Türkiye, iklim değişikliği ile mücadelede kayda değer adımlar atmış ve 2021 yılında Paris Anlaşması'nı onaylayarak 2053 yılına kadar karbon nötr olmayı hedeflemiştir. Bu çerçevede, enerji sektörü, tarım ve ulaşım gibi temel sektörlerde karbonsuzlaştırma çalışmalarının hızlandırılması planlanmaktadır. Dünya Bankası'nın Türkiye İklim Değişikliği ve Kalkınma Raporu'na göre, Türkiye, iklim değişikliğiyle mücadele stratejilerini güçlendirmek için çeşitli uluslararası iş birlikleri gerçekleştirmektedir (World Bank, 2022).

Bu girişimler, iklim değişikliğinin Türkiye'deki su kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini sağlamak açısından büyük bir önem taşımaktadır (World Bank, 2023).

2.29. Yerel Yönetimlerin İklim Değişikliğine Uyumda Rolü ve Önemi

İklim değişikliğiyle mücadelede yerel yönetimler kilit bir görev üstlenmektedir; çünkü bu yönetimler, iklim değişikliğinin doğrudan etkilerini yaşayan topluluklara en yakın idari yapılar olarak öne çıkar. Bu bağlamda, yerel iklim uyum stratejilerinin hayata geçirilmesinde başlıca aktörler arasında yer alırlar. Yerel yönetimler, aşırı hava koşulları ve çevresel etkiler karşısında toplulukları koruyabilmek için stratejik planlama, risk yönetimi ve uyum politikaları geliştirerek çeşitli engellerle karşılaşmaktadır (Measham vd.., 2011).

Yerel yönetimlerin bu çabaları genellikle finansman yetersizliği, veri eksikliği ve kurumsal engeller gibi sorunlarla sınırlanır. Sidney bölgesinde yapılan bir araştırma, yerel yönetimlerin uyum girişimlerinin mevcut politika gündemleriyle uyumsuzluk gösterdiğini, bu durumun ise uyum süreçlerini zorlaştırdığını ortaya koymuştur (Measham vd.., 2011). Almanya'nın Baden-Württemberg eyaletinde yapılan çalışmalar, belediyelerin iklim verilerini yerel uyum stratejilerine dahil etme konusunda zorlandığını, çünkü bu bilgilerin yerel gereksinimlere göre uyarlanmadığını göstermektedir (Hackenbruch vd.., 2017).

Bu çerçevede, iklim bilimi ile yerel yönetimler arasında daha güçlü bir bilgi paylaşımının sağlanması, yerel uyum politikalarının etkinliğini artırmak adına kritik bir öneme sahiptir. Belediye çalışanlarının yetersizliği, veri eksiklikleri ve finansman kaynaklarının sınırlı olması gibi içsel engeller, uyum sürecini zorlaştırmakta olup uyum programlarının finansal destekle güçlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca, liderlik, kurumsal yapı ve yerel politik önceliklerin de yerel düzeyde uyum sağlamada belirleyici faktörler olduğu vurgulanmaktadır (Measham vd.., 2011; Hackenbruch vd.., 2017).
Bu kapsamda, iklim değişikliğinin etkilerinin en çok hissedildiği yerel düzeyde başarılı uyum stratejilerinin oluşturulabilmesi için uzmanlar arası bilgi alışverişinin yoğunlaştırılması ve uyum süreçlerine yönelik açık rehberlik sağlanması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

2.30. Türkiye’nin İklim Değişikliği ile Mücadele Süreci

Türkiye, sürdürülebilir kalkınma hedefi doğrultusunda ekonomik, sosyal ve çevresel meseleleri dengede tutmayı amaçlamakta ve iklim değişikliğiyle mücadelede ulusal kaynaklarını kullanarak küresel çabalara destek vermektedir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı, 2022). IPCC'ye göre, Türkiye’nin içinde bulunduğu Akdeniz Havzası, iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek bölgeler arasındadır. 2010-2021 yılları arasında Türkiye'de toplam 8.274 meteorolojik afet kaydedilmiş olup, orman yangınları, sel ve fırtına gibi afetlerin artması beklenmektedir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı, 2024).

İklim değişikliğiyle mücadele kapsamında Türkiye, uluslararası anlaşmalara taraf olmuş; 2004 yılında BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ni (BMİDÇS) ve 2009 yılında Kyoto Protokolü’nü imzalamıştır. 2015’te Paris Anlaşması’na imza atan Türkiye, bu anlaşmayı 7 Ekim 2021’de onaylayarak 2053 yılı için Net Sıfır Emisyon Hedefi’ni açıklamıştır. Bu hedef doğrultusunda yeşil kalkınma süreci hızlandırılmış ve tüm sektörlerde dönüşüm planlanmıştır. Bu sürecin yönetimi için Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bünyesinde İklim Değişikliği Başkanlığı oluşturulmuştur (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı, 2024).

Türkiye'nin Paris Anlaşması kapsamında sunduğu Ulusal Katkı Beyanı (NDC), sera gazı emisyonlarının 2030 yılına kadar referans senaryoya göre %41 oranında azaltılmasını hedeflemektedir. Güncellenmiş Birinci Ulusal Katkı Beyanı, Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefini destekleyen kapsamlı eylem ve uyum planlarını içerir. Bu hedefler, Türkiye'nin iklim değişikliğine yönelik uzun vadeli stratejilerinin bir parçasıdır ve her beş yılda bir BMİDÇS’ye güncellenmiş taahhütlerin sunulması gerekmektedir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı, 2024).

2.31. Sera Gazı Emisyonları

Türkiye'de enerji sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları 2021 yılında %9,8 artışla 402,5 Mton CO_2 eşdeğerine ulaşarak 1990 yılına göre %188,4'lük bir artış kaydetmiştir. Aynı yıl, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından kaynaklanan emisyonlar 75,1 Mton CO_2 eşdeğeri olarak belirlenmiş ve 2020 yılına göre %10,6 artış göstermiştir. Tarım sektöründeki emisyonlar 72,1 Mton CO2 eşdeğeri, atık sektöründeki emisyonlar ise 14,7 Mton CO_2 eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı, 2024).

2.31.1. Sera Gazı Envanteri ve Hesaplamalar

Türkiye, ulusal sera gazı envanterini 2006 IPCC Kılavuzları doğrultusunda hazırlamakta ve bu envanterde doğrudan sera gazları olarak CO_2, CH_4, N_2O ve florlu gazlara (HFC'ler, PFC'ler, SF6 ve NF3) yer vermektedir. Envanter çalışmaları, enerji, endüstri, tarım ve atık sektörlerinin yanı sıra, arazi kullanımı, arazi değişikliği ve ormancılık (AKAKDO) kaynaklı emisyonları ve bu emisyonların uzaklaştırma kapasitelerini de kapsamaktadır. AKAKDO hariç tutulduğunda, 2021 yılı itibarıyla Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonları 564,4 milyon ton CO_2 eşdeğerine ulaşmış; bu miktar, 2020 yılına kıyasla %7,7, 1990 yılına göre ise %157,1'lik bir artışı göstermektedir. Bu güncellenmiş taahhütler, Türkiye'nin iklim değişikliğiyle mücadeledeki kararlılığını ve uzun vadeli net sıfır emisyon hedeflerine yönelik artan çabalarını yansıtmaktadır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı, 2024).

2.32. İklim Değişikliğine Dair Azaltım Projesi ve İDASEP

Türkiye'nin Paris Anlaşması'na taraf olması, iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik ulusal çalışmalara önemli bir hız kazandırmıştır. 21-25 Şubat 2022 tarihleri arasında gerçekleştirilen ilk Türkiye İklim Şurası'nda, 2053 yılı için net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda bir vizyon belirlemek amacıyla 217 öneri kararı alınmış, bunların içinden 76'sı öncelikli kararlar olarak seçilmiştir.

Bu tavsiyeler kamuoyuna sunularak İklim Kanunu, Ulusal Katkı Beyanı (NDC), İklim Değişikliği Azaltım ve Uyum Eylem Planları ile Uzun Vadeli İklim Stratejisi hazırlıkları için temel oluşturmuştur.

12. Kalkınma Planı (2024-2028) ve 2024-2026 Orta Vadeli Program (OVP) çerçevesinde, "Çevrenin Korunması" ve "Yeşil Dönüşüm" başlıkları altında Türkiye'nin net sıfır emisyon hedefine ulaşmak için sera gazı salınımının azaltılması ve uyum kapasitesinin güçlendirilmesi hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, yerel teşviklerin artırılması ve uluslararası finansal kaynaklardan azami ölçüde yararlanılması öngörülmektedir.

29 Ekim 2021 tarihli ve 85 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadele stratejileri ve politikalarının belirlenmesi görevi İklim Değişikliği Başkanlığı'na verilmiştir. İklim Şurası kararları, 12. Kalkınma Planı ve OVP doğrultusunda başlatılan İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (İDASEP) 2024-2030, katılımcı bir yaklaşımla oluşturulmuştur. Bu eylem planı; enerji, sanayi, inşaat, ulaşım, atık, tarım, arazi kullanımı ve ormancılık gibi yedi temel azaltım alanını kapsarken, aynı zamanda adil geçiş ve karbon fiyatlandırma gibi iki yatay temayı da içermektedir.

Bu kapsamda, Türkiye'nin iklim stratejisi sektörel ve tematik düzeyde detaylandırılmış ve uzun vadeli hedefler doğrultusunda bütüncül bir yaklaşımla (Şekil 2) aşağıda şekillendirilmiştir:



Şekil 2.2. İDASEP ve İklim Değişikliği

2.33. Bursa İli Hakkında Genel Bilgiler

Bursa ili, Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda, 28º 10' - 30º 10' doğu boylamları ve 39º 35' - 40º 40' kuzey enlemleri arasında yer alır. Marmara Denizi'nin güneydoğusuna konumlanmış olan Bursa, kuzeydoğusunda Sakarya, doğusunda Bilecik, güneydoğusunda Kütahya, güneybatısında Balıkesir ve kuzeyinde Yalova ile Kocaeli illeriyle komşudur (ABİ, 2021).

Türkiye'nin dördüncü büyük şehri olarak öne çıkan Bursa, tarihî zenginlikleri ve Uludağ ile kış turizmine yaptığı katkıyla bilinir (T.C. Bursa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, n.d.). Ayrıca İznik ve Uluabat gölleri gibi doğal güzelliklerin yanı sıra kaplıcaları ve güçlü tekstil sektörü ile de dikkat çeker (T.C. Bursa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü)

Genel olarak ılıman bir iklime sahip olan Bursa, coğrafi konumuna göre farklı iklim özellikleri gösterir. Kuzey kesimlerinde Marmara Denizi'nin etkisiyle daha yumuşak bir iklim hakimken, Uludağ'ın eteklerinde daha sert iklim koşulları gözlenir. Yapılan 52 yıllık incelemelere göre, ilin en sıcak ayları Temmuz ile Eylül, en soğuk ayları ise Şubat ve Mart olarak kaydedilmiştir. Bursa'nın yıllık yağış ortalaması 706 mm, nispi nem oranı ise %69 olarak belirlenmiştir (Erişim:10.08.2024, https://www.bursa.com.tr/).

Bursa'nın coğrafyası, çöküntü alanları ve dağlık yapılarla şekillenmiştir. İznik ve Uluabat gölleri, Yenişehir, Bursa ve İnegöl ovaları bu çöküntü alanlarına örnektir (Go To Bursa, n.d.). İlin topraklarının %17'si ovalardan, %35'i ise doğu-batı doğrultusunda sıralanan dağlardan oluşur. Bu dağlar arasında Samanlı, Mudanya, Katırlı, Karadağ ve Marmara Bölgesi'nin en yüksek noktası olan 2.543 metre yüksekliğindeki Uludağ bulunmaktadır (Erişim:10.08.2024, https://www.bursa.com.tr/).

Başlıca akarsuları arasında Mustafakemalpaşa Çayı ve Uludağ'ın güney yamaçlarından doğarak Nilüfer Çayı'na ulaşan çeşitli küçük dereler yer almaktadır. Ayrıca Göksu Çayı, Koca Dere, Kara Dere ve Aksu Deresi de ilin diğer önemli akarsularıdır (Erişim:10.08.2024, https://www.bursa.com.tr/).

Toplam yüzölçümü 10.819 km² olan Bursa'nın kıyı uzunluğu 135 km'dir, ancak bunun yalnızca 22 km'lik bölümü kullanıma uygundur; geri kalan kıyı alanları ekonomik olarak değerlendirilememektedir (Erişim:10.08.2024, https://www.bursa.com.tr/).

2.33.1. Bursa'da Görülen Bitki Türleri

Bursa'nın Marmara Denizi'ne dönük kısımlarında maki bitki örtüsü baskındır; özellikle zeytinlikler bu bölgede geniş alanlara yayılmaktadır. Ormanlık alanlarda sıklıkla ıhlamur, kızılağaç, gürgen ve kestane ağaçları bulunurken, dağların yüksek bölgelerinde değişik bitki türleri bulunmakta olup en çok rastlanan bitki türü meşe ağaçlarıdır. Ayrıca, göknar, karaçam gibi bitkilerde bulunmaktadır. Uludağ'ın yüksek kesimleri, özellikle saf göknar ormanları ile dikkat çekmektedir.

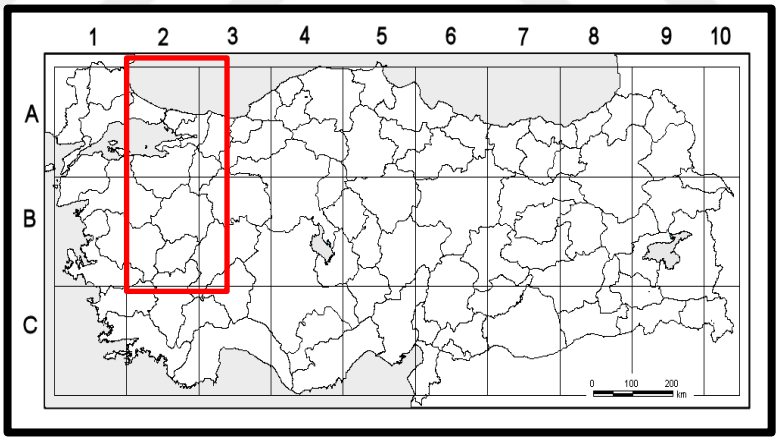
Bursa'nın ova kısımlarında ise zeytin ağaçları, bağ alanları ve sebze-meyve bahçeleri geniş bir yer kaplar. Bölgenin su kaynaklarının tuzsuz olması, tarım alanlarının rahat sulanmasını sağlamakta ve bu da verimli ürün elde edilmesine olanak tanımaktadır. Deniz seviyesinden yalnızca 9 metre yüksekte olan Bursa, geniş yüzölçümü ve farklı yükseklikliere sahip arazisi ile oldukça karmaşık ve zengin bir bitki örtüsüne sahiptir.

2.33.2. Bursa İklimi ve Yaban Hayvanları

Bursa'nın kıyı kesimlerinde Akdeniz iklim türü hakimken, iç kesimlerinde karasal iklimin etkileri hissedilmektedir. Dağlık bölgeler ise çeşitli yabani hayvan türlerine ev sahipliği yapmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, Bursa'da 50 farklı kuş türü, 43 farklı kelebek türü, 11 farklı yılan türü, 11 farklı kertenkele türü ve 10 farklı kurbağa türü bulunmaktadır. Memeliler arasında; ayılar, gelincikler, karacalar, geyikler, porsuklar, dağ keçileri, kunduzlar, sansarlar ve sincaplar gibi canlılar görülebilmektedir.

Bursa, sahip olduğu tarih zenginlikleri ve elverişli iklimiyle turistler için cazip bir yer haline gelmiştir. Şehrin doğal güzelliklerinin yanı sıra bitki örtüsünün zenginliği, turistlerin ziyaret etmesi için tercih edebilecekleri yerler arasında bulunmaktadır.

Grid sistemine göre Bursa'nın konumu aşağıdaki şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2.3. Grid Sistemine Göre Bursa'nın Konumu

2.34. İklim Sınıflandırması

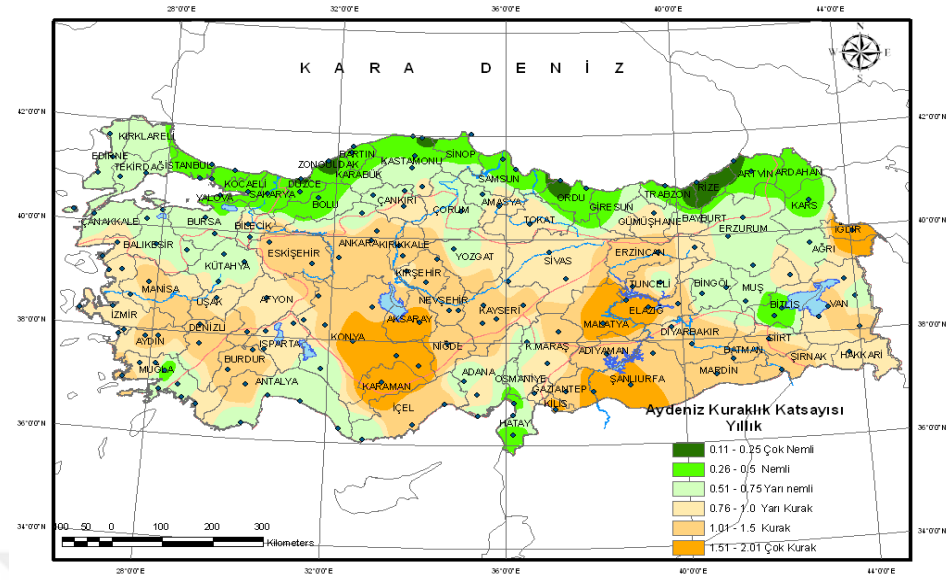
Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) hazırladığı iklim sınıflandırmasında farklı farklı iklim sınıflandırma yöntemi kullanılmış olup, Bursa ilinde yer alan meteoroloji istasyonunda yapılan gözlemler kullanılmıştır (https://www.mgm.gov.tr/).

Aşağıdaki tablo 4'te Bursa'ya ait iklim sınıflandırması gösterilmiştir. Bursa'nın iklimi, farklı iklim sınıflandırma yöntemleri kullanılarak hesaplanmış ve sınıflandırılmıştır. Bu yöntemler, sıcaklık, yağış ve nem gibi faktörler üzerinden Bursa'nın iklim yapısını detaylandırmakta, bölgenin kıyılarında Akdeniz iklimi özellikleri, iç kısımlarda ise karasal iklim etkilerinin hakim olduğunu göstermektedir. Bursa'ya ait farklı iklim sınıflandırmaları aşağıdaki tablo 1'de yer almaktadır.

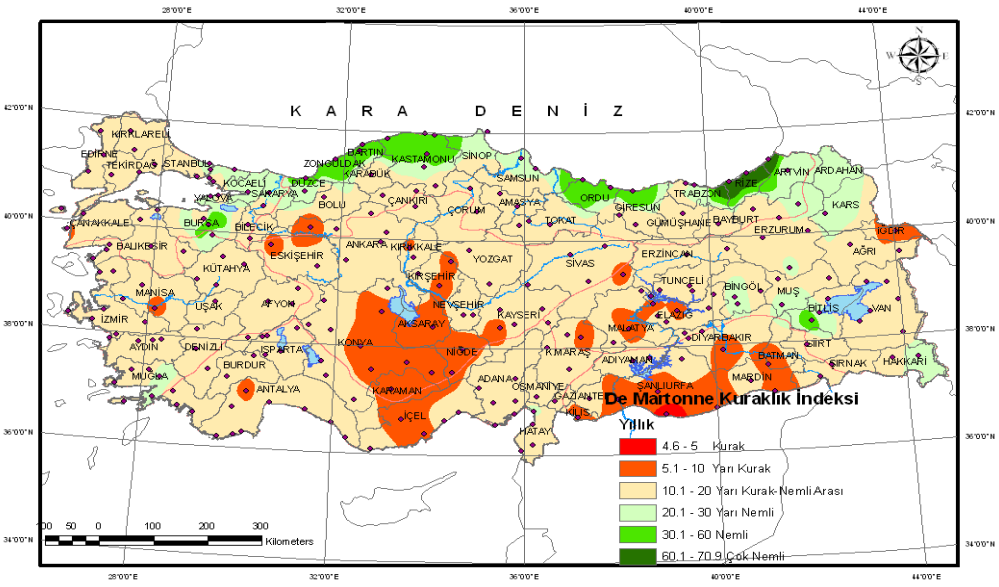
Tablo 1. İklim Sınıfları

İklim Sınıflandırması Yöntemi	Sınıfı
Aydeniz'e göre	Az nem
Erinç'e göre	Az nem
DeMartonne' e göre	Yarı kurak-nemli
Trewartha'ya göre	Kışın serin, yazın kurak
Thornthwaite'e göre	Diğerlerine nazaran karmaşık

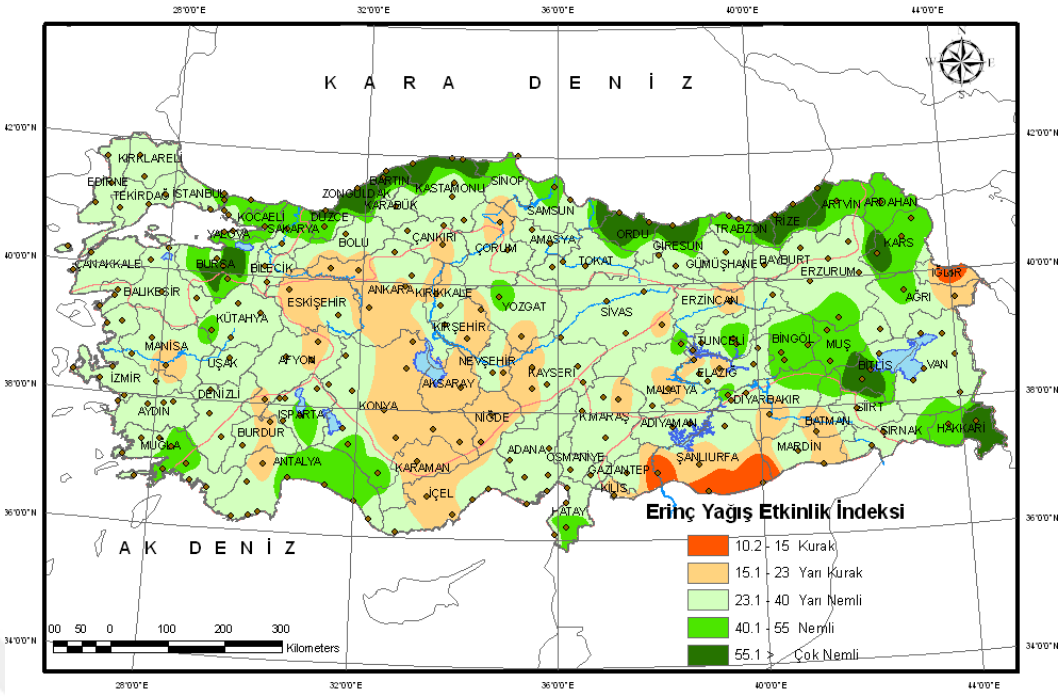
Aşağıda yer alan şekil 3-8'de iklim sınıflandırmaları farklı bilim insanlarına göre gösterilmiştir.



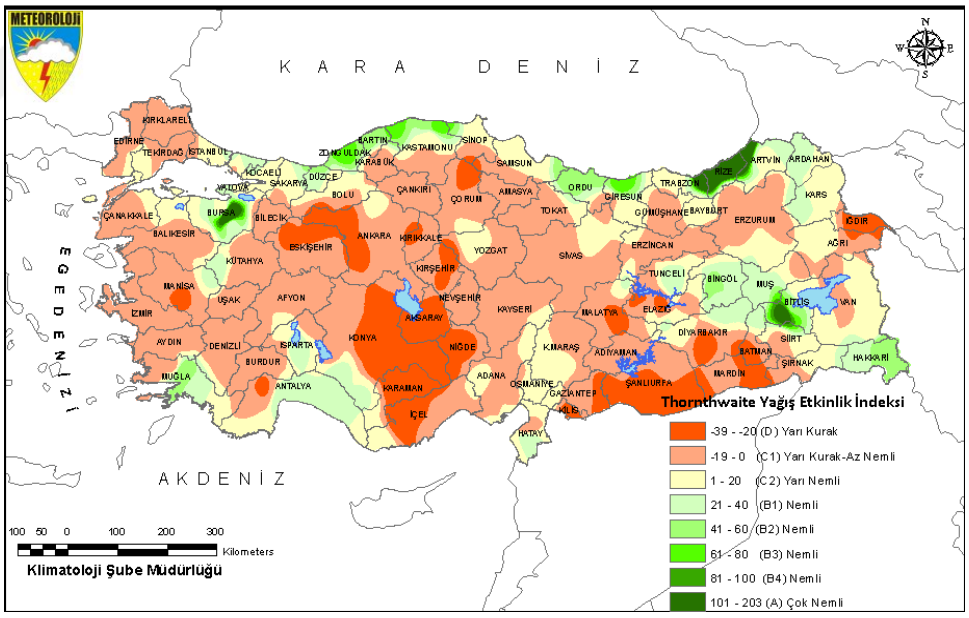
Şekil 2.4. Aydeniz'e göre hazırlanan iklim sınıflandırması



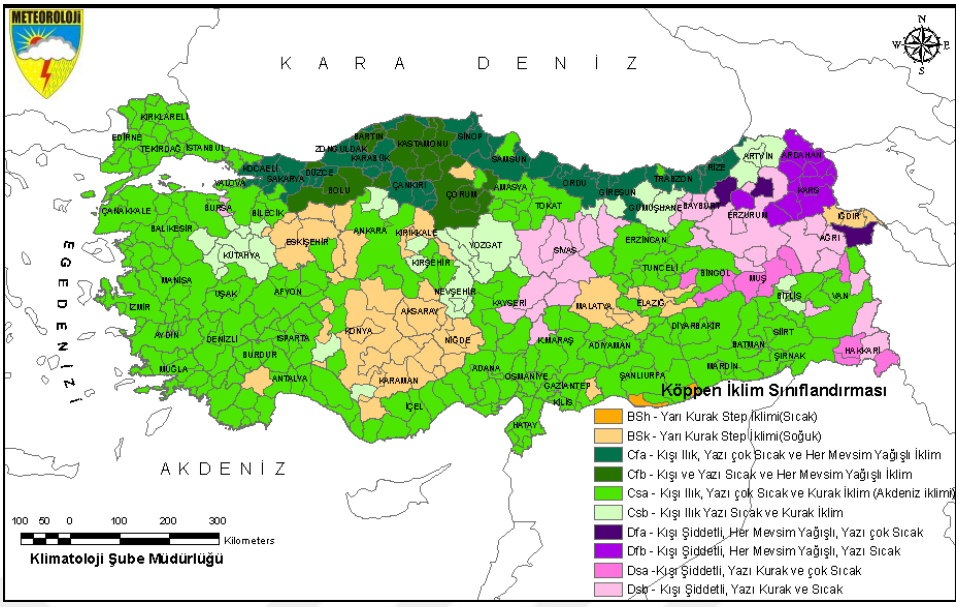
Şekil 2.5. De Martonne'a göre Türkiye İklimi



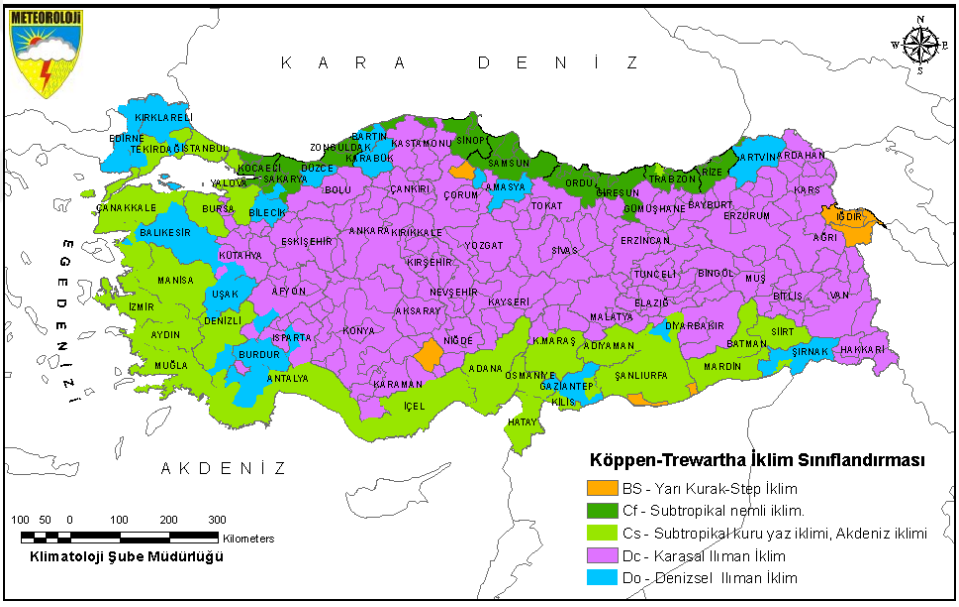
Şekil 2.6. Erinç'e göre Türkiye İklimi



Şekil 2.7. Thornthwaite'e göre Türkiye İklimi



Şekil 2.8.Köppen'e göre Türkiye İklimi



Şekil 2.9.Köppen-Trewartha'ya Göre Türkiye'nin İklimi

2.35. Bursa İli'nde İklim Değişikliğine Yönelik Yapılan Çalışmalar

2.35.1. Bursa Osmangazi Belediyesi'nin Hazırlamış olduğu Karbon Ayak İzine Yönelik Çalışmalar

Bursa İli'nin Osmangazi ilçesinde iklim değişikliği uyum çalışmaları yapmak üzere Osmangazi Belediyesi merkez binasında karbon ayak izi hesaplanmıştır. Yapılan çalışmaya göre 2014-2017 yıllarında merkez binasından toplam 2.537,03 ton CO_2 salınımı yapılmış olup, 2014 yılında kişi başına düşen karbon ayak izi 1,60 ton CO_2/kişi.yıl olarak görülmekteyken, bu değer 2017'de 1,73 CO_2/kişi-yıl'a yükselmiştir. Bahsi geçen dört seneye bakıldığında karbon salınımında %8,12 oranında bir artış olduğu görülmektedir. Osmangazi Belediyesi ise, hesabı gerçekleştirilen karbon miktarını azaltmayı hedeflemiş, 2009-2014 yılları arasında "1.000.000 Fidan Dikim Kampanyası" gibi projeler gerçekleştirmiştir. Bu miktardaki fidanların yaklaşık bir yıl içerisinde 7.275 ton CO_2 yok etme kapasitesine sahip olduğu hesaplanmış olup bu miktar merkez binasından 4 senede salınan karbonun yaklaşık olarak 2,9 katıdır**.**

2.35.2. Bursa'da Sera Gazı Çalışmaları

Bursa Büyükşehir Belediyesi, iklim değişikliğiyle mücadelede öncü bir rol üstlenmiş ve özellikle sera gazı emisyonlarını azaltma yönünde önemli adımlar atmıştır. 2015 yılında "Bursa Sera Gazı Envanteri ve İklim Değişikliği Eylem Planı" oluşturulmuş, 2017 yılında ise "Bursa Sürdürülebilir Enerji ve İklim Değişikliği Uyum Planı (BUSECAP)" hazırlanmıştır. Bu planlar kapsamında 7 farklı sektörde sera gazı emisyonlarını azaltmak için önlemler belirlenmiş ve Bursa'nın iklim değişikliği ile ilgili dirençlilik stratejileri geliştirilmiştir.

2.35.3. Bursa'nın Iklim Değişikliği Ve Küresel Isınma Süreçlerinden Etkilenmesi

İklim değişikliği, dünya genelinde olduğu gibi Türkiye ve Bursa üzerinde de ciddi ekonomik etkiler oluşturmaktadır. Sanayi, tarım ve turizm gibi alanlarda önemli bir potansiyele sahip olan Bursa, iklim değişikliğine karşı özel bir duyarlılık sergilemektedir. Bu bağlamda, artan sıcaklıklar, düzensiz yağışlar ve kuraklık gibi iklim olayları, tarımsal üretimde verim düşüşlerine neden olarak ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Öztürk, 2009).

Bursa merkez, Uludağ zirvesi, Yenişehir ve Keles meteoroloji istasyonlarından alınan veriler kullanılmıştır. 1975-2005 yıllarına ait sıcaklık, basınç, rüzgar hızı ve yağış gibi meteorolojik veriler incelenmiştir. Sonuçlara göre, özellikle yaz aylarında belirgin bir sıcaklık artışı gözlemlenmiştir. 1980'lerden itibaren sanayileşme süreci sıcaklık artışına yol açmıştır ve bu durum Bursa'daki iklim değişikliğinin yerel etkilerini açıkça ortaya koymaktadır. 30 yıllık iklim verileri, son 12 yılın, önceki 18 yıldan farklı olarak, uzun vadeli ortalama sıcaklık değerlerinden daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Bursa Büyükşehir Belediyesi ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan Temiz Hava Eylem Planı, Bursa'da hava kirliliği ve iklim değişikliği ile mücadele için önemli bir yol haritası olarak kabul görmektedir. Planın ana hedefi, Bursa'daki sanayi, ulaşım ve ısınmadan kaynaklanan hava kirleticileri azaltarak sürdürülebilir bir şehircilik anlayışını benimsetmektir. Bu hedef doğrultusunda sanayi tesislerinin emisyonlarını azaltmak, doğalgaz kullanımını yaygınlaştırmak, elektrikli araçları teşvik etmek ve toplu taşıma sistemlerini güçlendirmek, planın temel bileşenleri arasında yer almaktadır (Bursa Temiz Hava Eylem Planı, 2020).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı ve Genel Özellikleri

Bu tez çalışması, Bursa ilinde iklim değişikliğinin potansiyel etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Türkiye'nin Marmara Bölgesi'nde yer alan Bursa ili üzerine odaklanılmıştır. Bursa, coğrafi konumu nedeniyle karasal ve denizel etkilerin birleştiği bir geçiş bölgesi olup, iklim değişikliğinden etkilenme potansiyeli yüksek bir bölgedir. Çalışma alanı 40°11'K – 29°03'D koordinatları arasında yer almakta olup, deniz seviyesinden 155 metre yükseklikte bulunmaktadır. Şehir, tarımsal faaliyetler, sanayi ve su kaynakları açısından büyük bir öneme sahip olduğundan, iklim değişikliği senaryolarının etkilerini incelemek için uygun bir bölgedir.

İklim öngörüleri, gelecekte oluşacak olan iklimde olası durumları meydana getiren ve kamunun sektörel strajilerinin belirlenmesine yardımcı olacak olan iklim ürünleri olarak bilinmektedir. İklim öngörüleri, nüfus değişikliği, sanayi sektörü, kentleşme, arazi kullanımı, orman varlığı ve tarım sektörü gibi sosyo-ekonomik koşulların iklim modeli aracılığı ile iklim verilerine dönüştürülmüş halidir. İklim tahminleri meteorolojik parametrelerin mevcut durumunun, geleceğe doğru sayısal yöntemlerle ilerletilerek bir günden bir yıla kadar ortaya konması anlamına gelmektedir.

Bursa ilinin iklimsel yapısını analiz etmek amacıyla, https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/turkiye/climate-data sitesinden faydalanılarak alınan veriler ve grafikler kullanılmıştır. ~~olup, tez çalışmasında herhangi bir model çalışması yapılmamıştır.~~ İklim projeksiyon verileri, Dünya İklim Araştırma Programı tarafından denetlenen Birleşik Model Karşılaştırma Projeleri (CMIP'ler) küresel iklim modeli derlemelerinden elde edilen modellenmiş verilerdir. SSP senaryoları için sunulan veriler, CMIP'lerin Altıncı aşamasından türetilen CMIP6'dır. CMIP'ler, IPCC Değerlendirme Raporlarının veri temelini oluşturur. CMIP6, IPCC'nin Altıncı Değerlendirme Raporunu destekler. Veriler 0.25º x 0.25º (25km x 25km) çözünürlükte sunulmaktadır.

CMIP5 veri tabanından seçilen Had-GEM2-ES küresel iklim modeli için ise RCP4.5 ve RCP8.5 temsili konsantrasyon rotalarına dayanan simülasyonlar ile RegCM4.3 bölgesel iklim modeli ile 2015-2100 yılları arasında 20x20km çözünürlükteki iklim öngörülerini elde edilmişlerdir (Demircan, 2022). Bu veriler, Bursa ilindeki uzun vadeli iklim değişikliklerinin analizinde kullanılmıştır.

Tez çalışması, Bursa ilinin iklim değişiklikleri açısından detaylı bir analizini içermektedir. Veriler arasında, son 50 yıllık döneme ait sıcaklık, yağış miktarı ve nem oranları bulunmaktadır. Bursa ilindeki iklim değişikliğinin yorumlanabilmesi için Dünya Bankası tarafından kullanılan HadGEM-AO modeli ve RCP (Representative Concentration Pathways) modellemeleri ve RCP (Representative Concentration Pathways) 4.5, RCP 8.5, SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları ile hazırlanan grafikler kullanılmıştır.

Bu çalışmada RCP 4.5 ve RCP 8.5 (Representative Concentration Pathways – Temsilci Konsantrasyon Yolları) senaryoları HadGEM2-ES küresel iklim modeli çıktılarıyla 2020-2039; 2040-2059, 2060-2079 ve 2080-2099 dönemlerine ait yıllık anomali değerleri elde edilerek bahsi geçen dönemler için sıcaklık ve yağış değişimleri analiz edilmiştir. Bursa'daki RCP 4.5 ve RCP 8.5 ve SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryolarına göre ortalama maksimum ile ortalama minimum sıcaklık projeksiyonları ve yağış projeksiyonları; Dünya Bankasının iklim değişikliği çalışmaları için bir araç olarak hazırladığı https://climateknowledgeportal.org World Bank (Erişim:31.08.2024) sitesinden erişim sağlanarak harita ve grafikler oluşturulmuştur. Model çıktıları, mevcut iklim verileriyle karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Bu süreç, modelin tahminlerinin gerçek dünya verileriyle ne kadar uyumlu olduğunu test etmek için kritik öneme sahiptir.

HadGEM-AO modeli, yüksek çözünürlüğü ve çeşitli iklim değişkenlerini kapsayıcı doğruluğu nedeniyle tercih edilmiştir. HadGEM-AO iklim modelinin seçilmesinin başlıca sebepleri arasında, bu modelin karmaşık iklim sistemlerini simüle edebilme kabiliyeti ve yüksek çözünürlüklü çıktıları sunması bulunmaktadır.

Hadley Centre Global Environment Model version AO (HadGEM-AO), küresel iklim değişiklikleri üzerine yapılan çeşitli bilimsel çalışmalarda geniş bir kabul görmüş ve bu alandaki güvenilirliği kanıtlanmış bir modeldir. Model, atmosferik, okyanusal ve kriyosferik bileşenleri kapsamlı bir şekilde ele almakta ve iklim değişikliği senaryolarının detaylı analizleri için gerekli olan dinamikleri ve etkileşimleri detaylı bir şekilde işleyebilmektedir. Özellikle, RCP 4.5 ve RCP 8.5 gibi senaryolar altında gelecekteki iklim değişikliklerini tahmin etme konusunda yüksek doğruluk ve tutarlılık sunması, bu modelin tercih edilmesinin bir diğer önemli nedenidir. Bu özellikler, Bursa ili gibi iklim değişikliğinin etkilerinin çeşitli boyutlarıyla incelenmesi gereken bir bölge için, HadGEM-AO modelini ideal bir seçim haline getirmektedir.

Bu çalışmada RCP 4.5, RCP 8.5, SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryolarının tercih edilme nedeni, Bursa'nın iklim değişikliğine karşı duyarlılığını değerlendirmek ve gelecekte karşılaşabileceği olası iklim senaryolarına yönelik kapsamlı bir analiz sunmaktır. Bursa, sanayi ve tarım sektörlerinin yoğun olduğu, aynı zamanda hızla artan nüfusuyla su kaynakları üzerinde büyük bir baskı oluşturan bir kenttir. Bu nedenle, bölgesel iklim değişikliği etkilerini farklı emisyon seviyeleriyle modelleyebilmek için hem ılımlı (RCP 4.5, SSP2-4.5) hem de yüksek emisyonlu (RCP 8.5, SSP5-8.5) senaryolar tercih edilmiştir. RCP 4.5 ve SSP2-4.5 senaryoları, karbon emisyonlarının kontrollü bir şekilde yönetildiği ve küresel ölçekte sürdürülebilir kalkınma politikalarının uygulandığı bir gelecek projeksiyonu sunarken, RCP 8.5 ve SSP5-8.5 senaryoları herhangi bir emisyon azaltımı yapılmadığında Bursa'nın nasıl bir iklim değişikliği riskiyle karşı karşıya kalacağını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, seçilen senaryolar, Bursa'nın mevcut çevresel ve sosyo-ekonomik koşullarına en uygun şekilde iklim değişikliği tahminlerini belirlemek için kullanılmıştır.

RCP 4.5 ve RCP 8.5, İklim Değişikliği Araştırmalarında kullanılan iki önemli senaryodur. Bunlar, gelecekteki sera gazı emisyonlarını ve atmosferdeki konsantrasyonlarını tahmin etmek için oluşturulan Yol İzleme Senaryolarıdır (Representative Concentration Pathways - RCP). RCP 4.5 senaryosu, orta düzeyde bir emisyon senaryosudur. RCP 4.5, 2100 yılına kadar atmosferdeki radyatif zorlamanın (iklim sistemine uygulanan enerji dengesi etkisi) 4.5 W/m²'ye ulaşacağını varsayar. Bu senaryo, küresel ısınmanın ortalama sıcaklık artışını sınırlamak için emisyonların önemli ölçüde azaltılmasını gerektirir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması, enerji verimliliğinin iyileştirilmesi ve sera gazı emisyonlarının azaltılması gibi politikalar RCP 4.5 senaryosunun temelini oluşturur. RCP 8.5 senaryosu ise yüksek sera gazı emisyon senaryosudur. RCP 8.5, 2100 yılına kadar atmosferdeki radyatif zorlamanın 8.5 W/m²'ye ulaşacağını öngörür. Bu senaryo, sera gazı emisyonlarında önemli bir azalma olmaksızın, ekonomik büyümenin fosil yakıtlara dayalı olduğu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yeterince geliştirilmediği bir geleceği temsil eder. RCP 8.5, küresel ısınmanın daha dramatik etkilerini ve daha yüksek sıcaklık artışlarını modellemek için kullanılır.

Her iki RCP senaryosu da, iklim değişikliği üzerine yapılan çalışmalarda ve politika karar süreçlerinde kullanılmak üzere, gelecekte muhtemel iklim değişiklikleri senaryolarını tahmin etmek amacıyla geliştirilmiştir. RCP 4.5 ve RCP 8.5, iklim bilimcilerine sera gazı emisyonlarına bağlı olarak olası iklim değişikliklerinin çeşitli senaryolarını analiz etme fırsatı verir. Bu, iklim değişikliğine adaptasyon ve mitigasyon stratejilerinin planlanmasında kritik bir rol oynar.

RCP 4.5 ve RCP 8.5 gibi eski senaryoların yanı sıra SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 gibi yeni senaryolar kullanılmaktadır. Bu senaryolar, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı Sözleşmesi kapsamında, Sözleşmeye taraf olan ülkeler her 4 yılda bir ulusal bildirimi ile emisyonlarının durumu ve Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkılar (INDC'ler) ile sunulan azaltım taahhütleri ve planları Konferansın Sekretaryasına bildirilen veriler kapsamında belirli dönemlerde senaryolar güncellenmektedir.

Her iki senaryo ailesinin karşılaştırılması benzerliklerinin ve ayrımlarının incelenmesi/ belirlenmesi iklim değişikliği uyum çalışmaları açısından; yapılan çalışmalara güveni de artıracaktır. SSP (Shared Socioeconomic Pathways) senaryoları için multimodel grafiklerin kullanılmasının nedeni, iklim projeksiyonlarında daha geniş bir belirsizlik aralığını ve çeşitliliği kapsayıcı bir yaklaşım sunmasıdır. Ayrıca, yapılacak uyum çalışmalarının maliyet analizlerine de katkı sağlayabilecektir.

CMIP6, 49 farklı modelleme grubunda üretilen yaklaşık 100 ayrı iklim modelinin çalışmalarından oluşur. İklim modelleme çalışmalarında, modellerin farklı başlangıç koşulları, parametreleştirmeler (Bir atmosferik modelde parametrelendirme, modelde fiziksel olarak temsil edilemeyecek kadar küçük ölçekli veya karmaşık süreçlerin basitleştirilmiş bir süreçle değiştirilmesi yöntemidir. Örnekğin konvektif bulutlar, atmosferik radyasyon transferinin basitleştirilmesi, bulut mikrofiziği ve benzerleridir.) ve fiziksel temsilleri nedeniyle ortaya çıkan sonuçları bir araya getirir. Multimodel ensemble yaklaşımı, bütün modellerin sonuçlarının bir bant halinde gösterilmesidir. Bu nedenle tek bir modelin öngörülerine dayanarak alınabilecek riskleri azaltır ve çeşitli modellerden elde edilen sonuçların birleştirilmesiyle daha güvenilir ve genel geçer çıkarımlarda bulunmayı mümkün kılar. Bu, belirli bir bölge için olası iklim değişiklikleri hakkında daha kapsamlı bir görünüm (en az ve en çok olası değişimi gösteren bir bant şeklinde) sağlar ve model belirsizliklerinin daha iyi anlaşılmasına olanak tanır. Özellikle SSP senaryoları gibi uzun vadeli projeksiyonlar için bu yaklaşım, gelecekteki çeşitli sosyo-ekonomik gelişmelerin potansiyel etkilerini daha iyi yansıtabilir.

Her bir SSP senaryosu, farklı gelecek enerji, nüfus ve ekonomi senaryolarını temsil eder ve bu senaryoların iklim sistemine etkilerini anlamak için geniş bir model yelpazesi kullanılması önemlidir. Bu nedenle, multimodel ensemblelar, iklim bilimcilerine ve politika yapıcılara, iklim değişikliğine karşı stratejiler geliştirirken daha bilinçli kararlar verme olanağı sağlar.

SSP senaryoları için multimodel grafiklerin kullanılması, belirsizlikleri azaltma, sonuçların güvenilirliğini artırma ve farklı senaryolar altında olası iklim değişiklikleri hakkında daha geniş bir perspektif sunma amacı taşır.

SSP senaryolarından:

- SSP1: Sürdürülebilirliği baz alan büyüme ve buna bağlı eşitliğin olduğu bir dünya,
- SSP2: Senaryoların tarihsel tarafını baz aldığı dünya,
- SSP3: Parçalanan ve tekrardan meydana gelen dünya,
- SSP4: Eşitsizlik oluşan dünya,
- SSP5: Ekonomik ve enerji kullanımının olduğu bir dünya

şeklinde tanımlanmaktadır. (Nacar vd.., 2024)

Bu çalışmada RCP 4.5, RCP 8.5, SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryolarının tercih edilmesinin temel nedeni, Bursa'nın iklim değişikliği karşısında maruz kalabileceği farklı senaryoları kapsamlı bir şekilde değerlendirmek ve bu doğrultuda bilimsel temelli projeksiyonlar oluşturmaktır. RCP senaryoları, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarına dayalı olarak iklim değişikliğinin gelecekte nasıl şekilleneceğini analiz ederken, SSP senaryoları ise sosyo-ekonomik değişkenleri göz önünde bulundurarak insan faaliyetlerinin ve politikalarının etkisini de modellemektedir. Bu iki senaryo grubu bir arada kullanılarak, Bursa'nın sanayileşme düzeyi, nüfus artışı, su kaynakları üzerindeki baskılar ve tarımsal faaliyetler gibi faktörlerin gelecekte nasıl etkileneceği daha iyi anlaşılmaya çalışılmıştır.

RCP 4.5 senaryosu, sera gazı emisyonlarının 2050 yılına kadar zirve yapacağını ve sonrasında düşüşe geçeceğini öngörerek, orta seviyeli bir emisyon azaltım yolunu temsil etmektedir. Bu senaryoya göre, Bursa'da sıcaklık artışlarının 2 ila 2,5 derece arasında değişmesi beklenmektedir. Buna karşın, RCP 8.5 senaryosu, en kötü senaryo olarak kabul edilmekte ve sera gazı emisyonlarının artmaya devam ettiği bir durumu yansıtmaktadır. Bu durumda Bursa'da sıcaklık artışlarının 2080-2099 yılları arasında 3,8 dereceyi aşabileceği öngörülmektedir.

SSP2-4.5 senaryosu, tarihsel eğilimlerin devam ettiği, orta seviyeli sosyo-ekonomik bir gelişim modeline dayanmakta olup, Bursa'da sıcaklık artışlarının yaklaşık 2,1 derece olacağı tahmin edilmektedir. Buna karşılık, SSP5-8.5 senaryosu, yoğun fosil yakıt tüketimi ve hızlı ekonomik büyüme temelli bir model öngörerek, sıcaklık artışlarının 4 dereceyi aşabileceğini ve özellikle yaz aylarında aşırı sıcak dalgalarının artış göstereceğini ortaya koymaktadır.

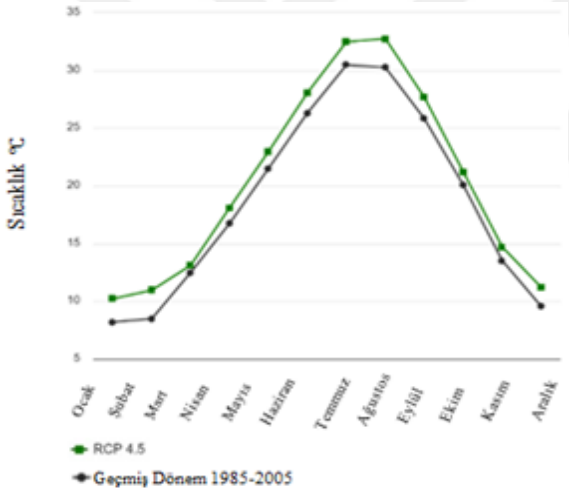
Bursa ilinde sosyo-ekonomik ve çevresel faktörler dikkate alınarak seçilen iklim senaryoları, bölgenin karşı karşıya olduğu özel iklimsel zorlukları ve toplumsal dinamikleri göz önünde bulundurarak belirlenmiştir. Bu bağlamda, Bursa'nın yüksek sanayileşme düzeyi, kentleşme oranları, tarım ve su kaynakları üzerindeki baskılar gibi sosyo-ekonomik faktörler temel alınmıştır.
Çevresel faktörler olarak ise, bölgenin mevcut iklim koşulları, su kaynaklarının durumu ve biyolojik çeşitlilik gibi unsurlar değerlendirilmiştir. Örneğin, Bursa'nın sanayileşmiş yapısı ve yoğun nüfusu, çevresel baskıları artırmakta ve su kaynakları üzerindeki talebi maksimize etmektedir. Buna ek olarak, tarım faaliyetlerinin yoğun olduğu bir bölge olması ve tarımsal sulamanın su kaynakları üzerinde yarattığı yük, iklim senaryolarının belirlenmesinde dikkate alınan önemli bir çevresel faktördür. Bu faktörler, özellikle su kaynakları ve yerel ekosistemler üzerinde beklenen streslerin anlaşılmasında kritik öneme sahiptir.

Senaryo seçimlerinde, RCP 4.5 ve RCP 8.5 gibi temsili konsantrasyon yolları ile SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 gibi ortak sosyoekonomik yollar kullanılmıştır. Bu senaryolar, Bursa'nın gelecekteki olası iklim değişikliklerini ve bu değişikliklerin sosyo-ekonomik ve çevresel sonuçlarını değerlendirmek için kullanılmıştır.

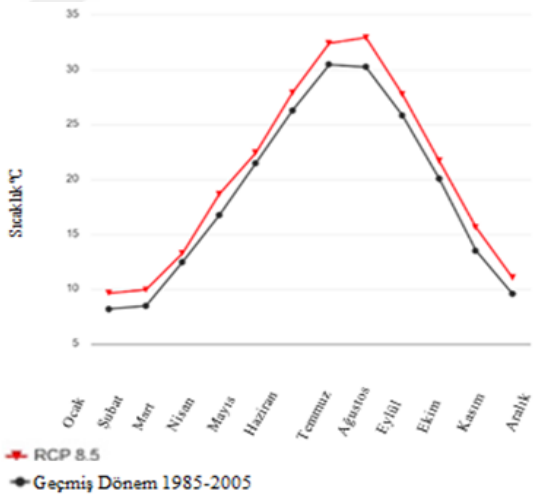
RCP ve SSP senaryoları, sera gazı emisyonları, ekonomik büyüme, nüfus artışı, enerji tüketimi ve teknolojik gelişme gibi çeşitli faktörleri içerir ve bu faktörler, Bursa'nın gelecekteki iklim koşulları ve bu koşulların sosyal ve çevresel sonuçları üzerinde önemli etkilere sahiptir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

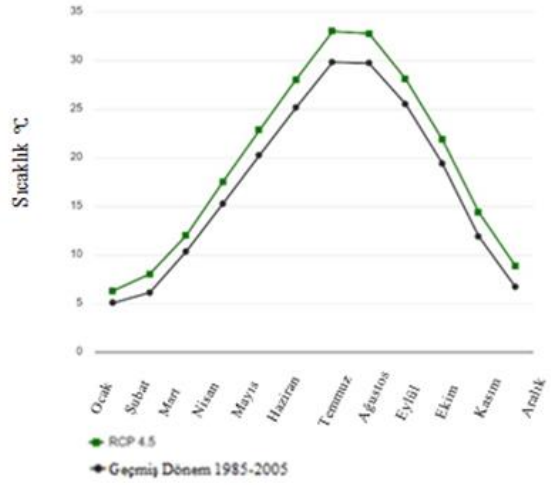
Bu çalışmada iklim modeli çıktıları kullanılarak yapılan analizler doğrultusunda 2020-2039 yılları arasındaki maksimum sıcaklık değişimleri en iyi ve en kötü senaryolar kapsamında Şekil 9-16'da görselleştirilmiştir. Ortalama maksimum sıcaklık değerleri, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre analiz edildiğinde, en düşük kış aylarında ve en yüksek yaz aylarında gözlemlenmiştir. 2020-2039 döneminde 5-10°C (Şekil 12) ile 30-35°C (Şekil 13) aralığında olduğu belirlenmiştir. 2060-2079 döneminde sıcaklık değişimleri 8-10°C (Şekil 14) ile 34-36°C (Şekil 15) arasında değişirken, 2080-2099 döneminde 15-25°C (Şekil 16-17) ile 35-40°C aralığında gerçekleşmesi öngörülmektedir.



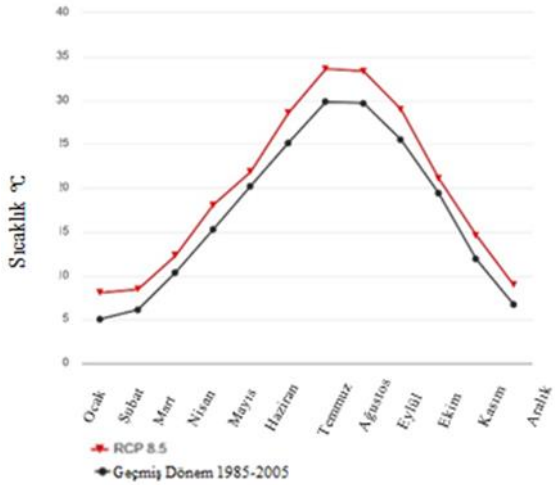
Şekil 4.1.2020-2039 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri -RCP 4.5



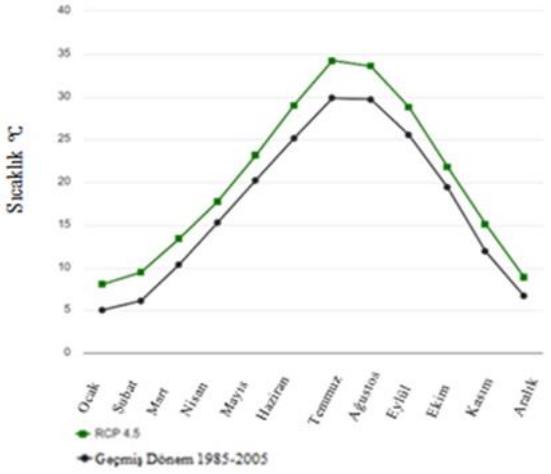
Şekil 4.2.2020-2039 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri - RCP 8.5



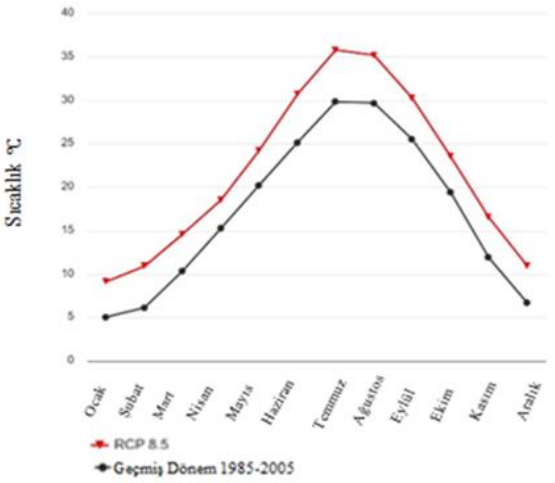
Şekil 4.3.2040-2059 Yılları Arası Maksimum Sıcaklık Değişimleri -RCP 4.5



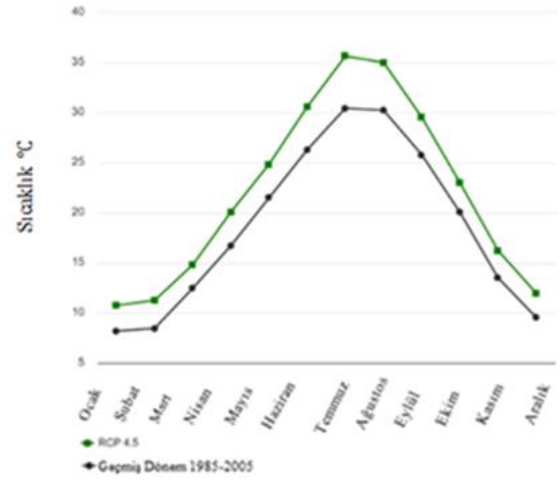
Şekil 4.4.2040-2059 Yılları Arası Maksimum Sıcaklık Değişimleri -RCP 8.5



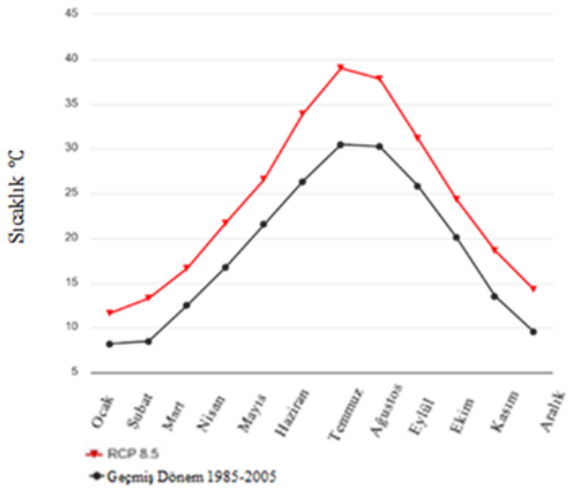
Şekil 4.5.2060-2079 Yılları Arası Maksimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5



Şekil 4.6.2060-2079 Yılları Arası Maksimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 8.5

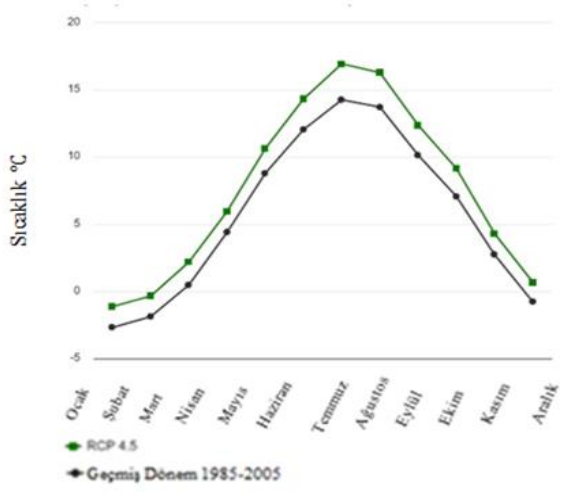


Şekil 4.7. 2080-2099 Yılları Arası Maksimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5

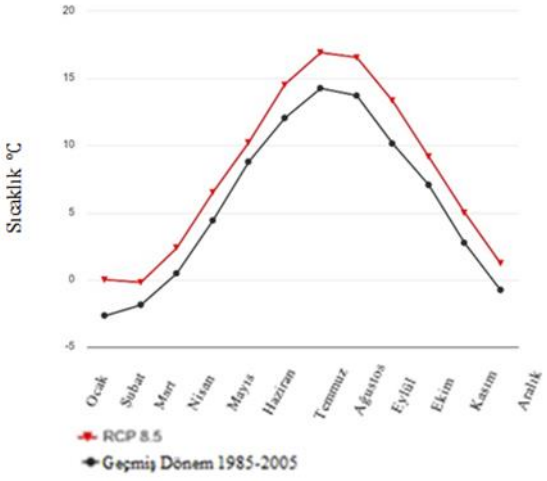


Şekil 4.8.2080-2099 Yılları Arası Maksimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 8.5

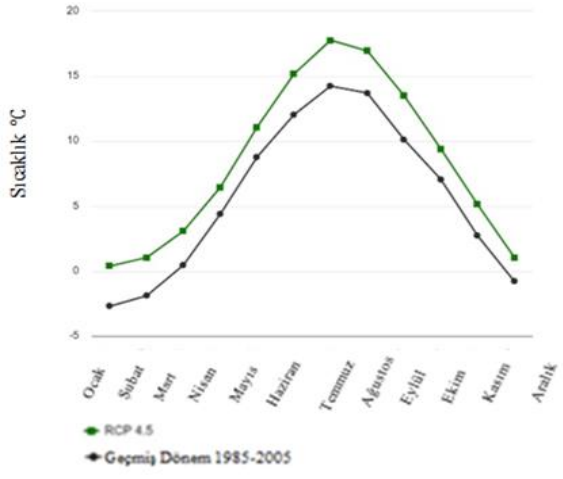
Şekil 17-24'te minimum sıcaklık değişimleri en iyi ve en kötü senaryoya göre gösterilmektedir. Ortalama minimum sıcaklıklar, RCP 4.5 ve RCP 8.5 grafiklerine göre sırası ile en düşük kış ayları ve en yüksek yaz ayları olmak üzere; 2020-2039 döneminde -5 (Şekil 18)- 4°C (Şekil 19) ile 15-20°C Aralığında, 2040-2059 döneminde 0-4°C (Şekil 20) ile 16-20°C (Şekil 21) aralığında, 2060-2079 döneminde 2-5°C (Şekil 22) ile 18-20°C (Şekil 23) aralığında ve 2080-2099 döneminde ise 0-5°C (Şekil 24) ile 18-25°C (Şekil 25) aralığında olduğu görülmektedir.



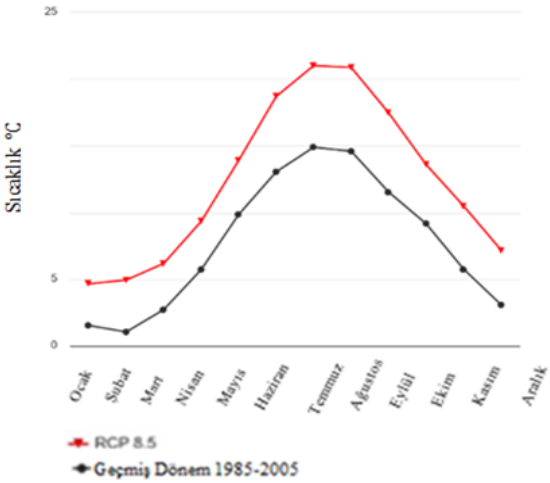
Şekil 4.9.2020-2039 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5



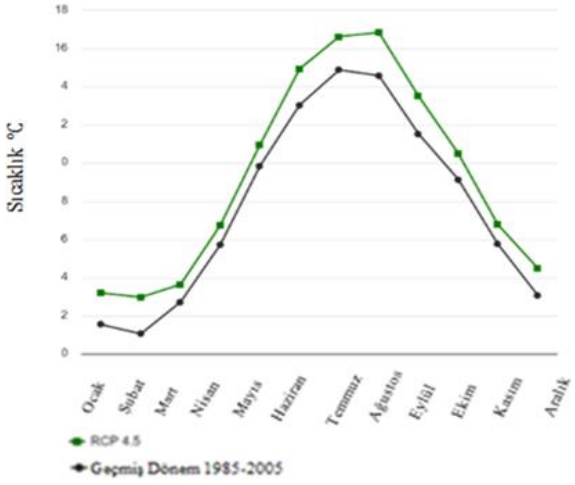
Şekil 4.10.2020-2039 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5



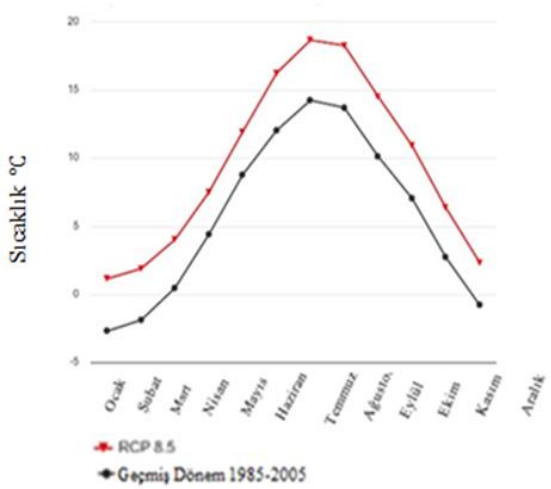
Şekil 4.11.2040-2059 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5



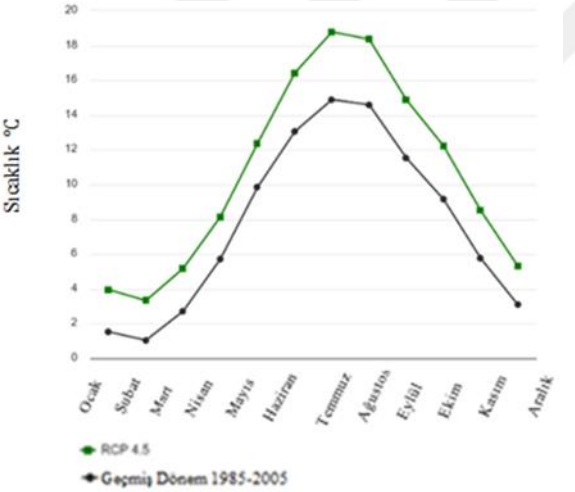
Şekil 4.12.2040-2059 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 8.5



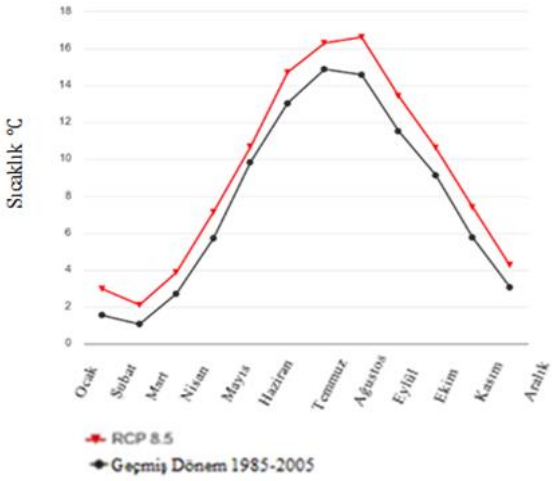
Şekil 4.13.2060-2079 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5



Şekil 4.14.2060-2079 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 8.5



Şekil 4.15.2080-2099 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 4.5



Şekil 4.16.2080-2099 Yılları Arası Minimum Sıcaklık Değişimleri Ortalamaları-RCP 8.5

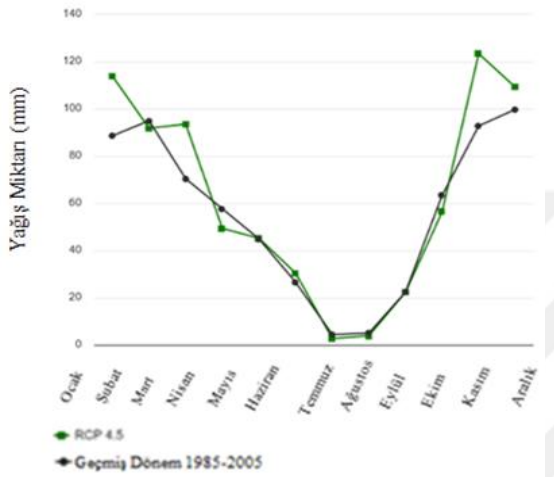
RCP 4.5 Senaryosuna bakıldığında Bursa'da 2080-2099 yılları arasında maksimum sıcaklıkların 2,5°C kadar artması beklenmektedir. Özellikle yaz aylarında sıcak hava dalgalarının süresi uzayarak sıcaklık rekorları kırılabilir. RCP 8.5 Senaryosuna göre ise maksimum sıcaklıklar 3,8°C'yi aşabilir. Minimum sıcaklık artışlarının 1,8°C civarında olması beklenmektedir. Bu durum kış aylarında daha ılıman hava koşullarına neden olabilir. Minimum sıcaklıklar 2,9°C'ye kadar artabilir, bu da kış aylarında don olaylarının azalmasına ancak tarımda zararlı organizmaların artmasına neden olabilir. Bitkilerin soğuklama ihtiyaçlarının karşılanamamasına neden olacaktır.

Aşırı sıcak hava dalgaları yaz aylarında yaşam koşullarını zorlaştırabilir ve enerji talebini artırabilir. Maksimum sıcaklıklar açısından yaz aylarında daha büyük değişiklikler beklenmektedir. Yazın yüksek sıcaklıkların etkisinin daha belirgin olması, sıcak hava dalgalarının sıklık ve süresinin artmasından dolayı yaz aylarında daha büyük bir değişiklik beklenmektedir. Ayrıca, güneş ışınımının yaz aylarında daha yoğun olması, sıcaklık yükselişini hızlandırmaktadır. Minimum sıcaklıklar açısından kış aylarında daha büyük değişiklikler beklenmektedir. Bunun sebebi, iklim değişikliğinin gece sıcaklıkları ve kış soğuklarının azalmasına olan etkisinin daha belirgin olmasıdır. Artan sera gazı etkisi, geceleri daha fazla ısı tutulmasına neden olmakta ve bu durum özellikle kış aylarında minimum sıcaklıkların yükselmesine yol açmaktadır.

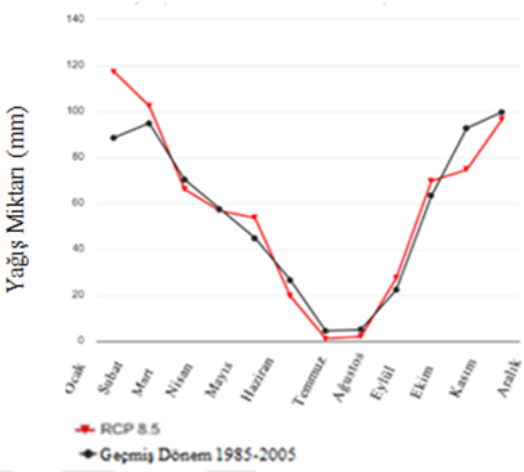
RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları kullanılarak 2020-2039, 2040-2059, 2060-2079 ve 2080-2099 periyodik dönemleri için yıllık yağış ortalamaları Şekil 26-33'te verilmiştir. 2020-2039 yılları arasında en iyi ve en kötü senaryoya göre yağış miktarı en düşük yaz aylarında 0-20 mm arasında ve en yüksek kış aylarında 120-140 mm arasında olduğu görülmektedir (Şekil 26,27).

2040-2059 döneminde yine en iyi ve en kötü senaryoya göre yağış miktarı en düşük Yaz aylarında 0-20 mm arasında ve en yüksek kış aylarında 100-120 mm arasında olduğu görülmektedir (Şekil 28,29).

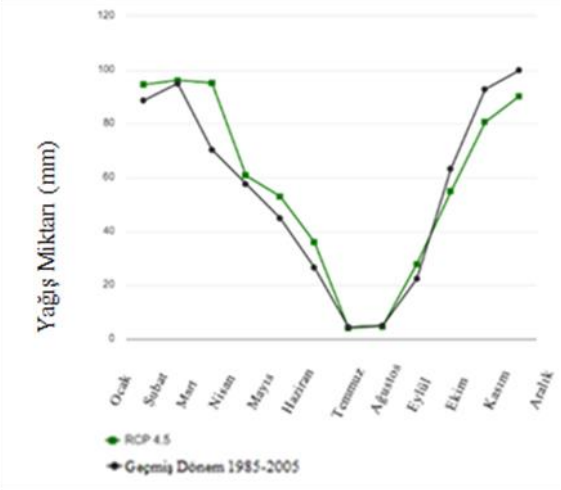
2060-2079 döneminde yine en iyi ve en kötü senaryoya göre yağış miktarı en düşük Yaz aylarında 0-20 mm arasında ve en yüksek kış aylarında 80-100 mm arasında olduğu görülmektedir (Şekil 30,31). 2080-2099 döneminde yine en iyi ve en kötü senaryoya göre yağış miktarı en düşük yaz aylarında 0-20 mm arasında ve en yüksek kış aylarında 80-100 mm arasında olduğu görülmektedir (Şekil 32,33).



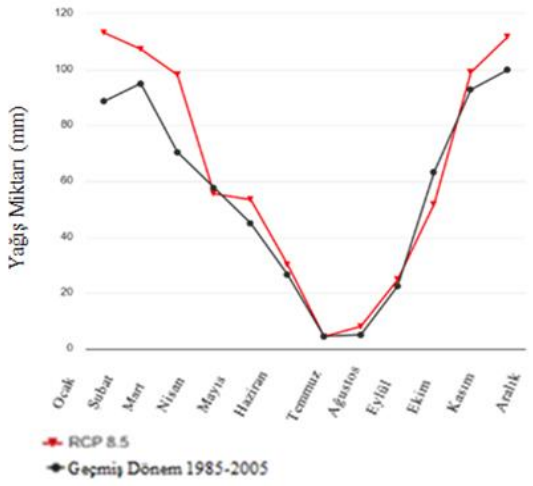
Şekil 4.17.2020-2039 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 4.5



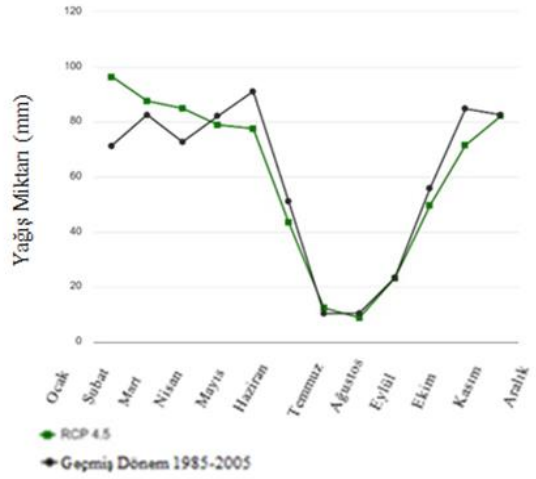
Şekil 4.18.2020-2039 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 8.5



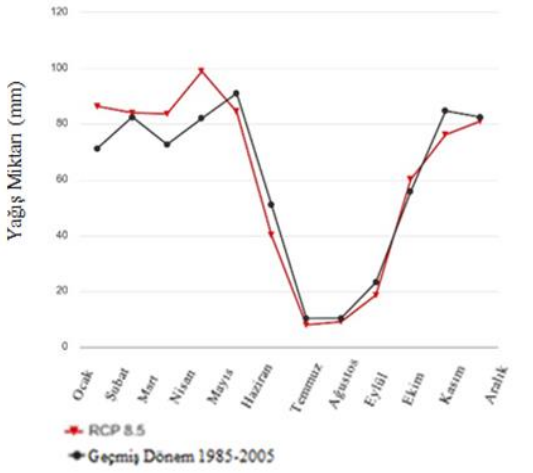
Şekil 4.19.2040-2059 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 4.5



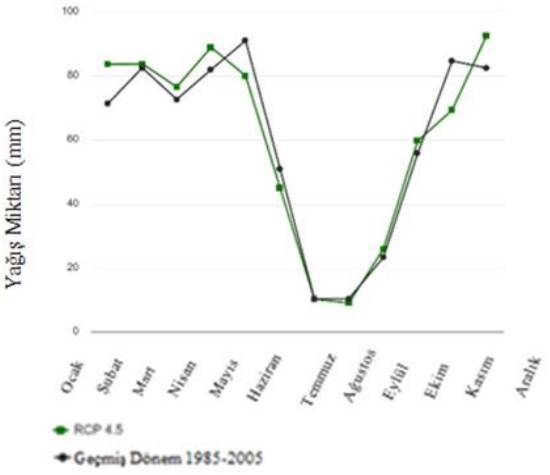
Şekil 4.20.2040-2059 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 8.5



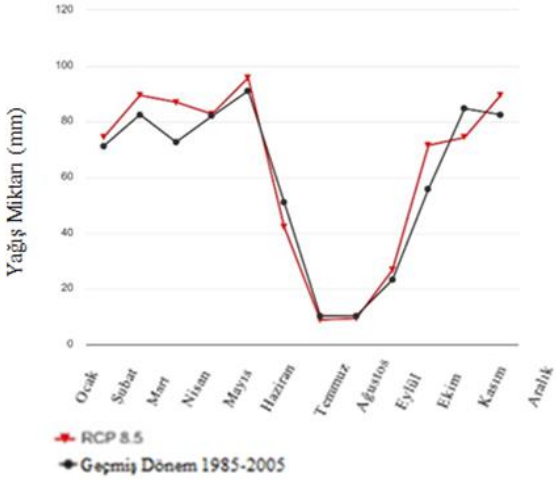
Şekil 4.21.2060-2079 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 4.5



Şekil 4.22.2060-2079 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 8.5



Şekil 4.23.2080-2099 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 4.5



Şekil 4.24.2080-2099 Yılları Arası Yağış Değişiklikleri-RCP 8.5

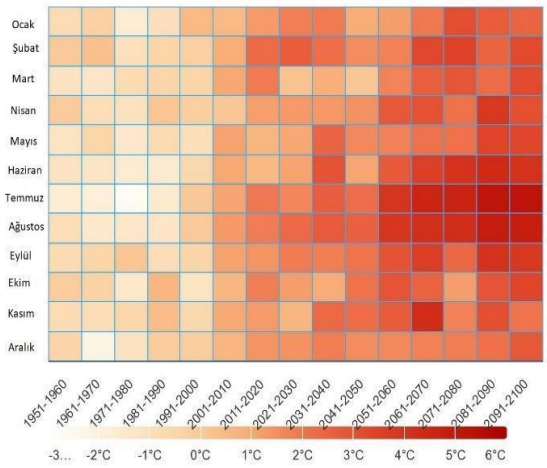
Yukarıda verilen grafiklere göre maksimum sıcaklık ortalamalarına bakıldığında 2020-2039 zaman dönemi için RCP 8.5 senaryosunda en yüksek sıcaklık ortalamalarına bakıldığında, en yüksek sıcaklıklar ağustos aylarında ~33°C civarında, en düşük sıcaklıklar ise ocak aylarında ~10 ℃ olarak görülmektedir. Aynı şekilde maksimum sıcaklık ortalamaları RCP 8.5 senaryosuna göre 2080-2099 zaman döneminde, en yüksek sıcaklık temmuz aylarında ~39℃, ocak ayında ~12℃ olarak görülmesi beklenmektedir. İki zaman dönemi kıyaslandığında 2080-2099 tarih aralığında başlangıç dönemi olan 2020-2039 tarih aralığına göre yaklaşık 5°C'lik bir artış olacağı gözlemlenmektedir.

Minimum sıcaklık ortalamalarına bakıldığında ise 2020-2039 zaman döneminde ve RCP 8.5 senaryosunda, en yüksek sıcaklıklar ağustos aylarında ~16°C civarında, en düşük sıcaklıklar ise ocak aylarında ~3°C olarak görülmektedir. Aynı şekilde minimum sıcaklık ortalamaları RCP 8.5 senaryosuna göre 2080-2099 zaman döneminde, en yüksek sıcaklık yine temmuz aylarında ~21 ℃, Ocak ayında ~5℃ olarak görülmesi öngörülmektedir. İki zaman dönemi kıyaslandığında 2080-2099 zaman dönemindeki sıcaklık ortalamalarında, 2020-2039 dönemine göre 5°C'lik bir artış olacağı gözlemlenmektedir.

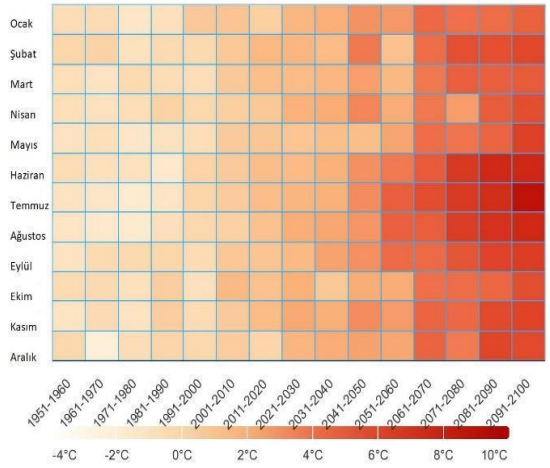
RCP 4.5 senaryolarına bakıldığında kış yağışlarında %5-10 oranında bir düşüş beklenirken, yaz aylarında değişken yağış desenleri öngörülmektedir. RCP 8.5 senaryosuna göre ise yağışlarda %12'ye varan azalma beklenmektedir. Şiddetli yağış olayları artarken toplam yağış miktarında düşüş gözlemlenebilir.

Yağış değişimlerinde kış aylarında daha büyük etkiler beklenmektedir. Bunun nedeni, soğuk mevsimlerde yağış rejiminin daha belirgin değişikliklere uğramasıdır. Artan sıcaklıklar, kış yağışlarının kar yerine yağmur olarak düşmesine neden olabilir ve bu durum su kaynaklarının mevsimsel dengesini değiştirebilir. Ayrıca, yağış miktarının azalması kurak dönemleri uzatabilir ve su kaynakları üzerindeki baskıyı artırabilir.

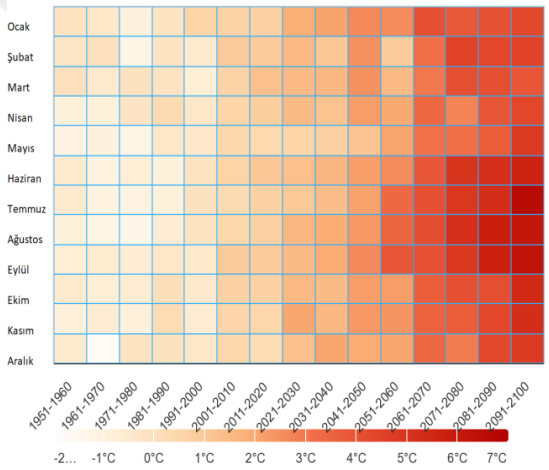
Yukarıda belirtilmiş olan ve grafikleri verilen minimum ve maksimum sıcaklık ortalamalarının tek grafik haline getirilmiş şekilleri aşağıda verilmiştir.



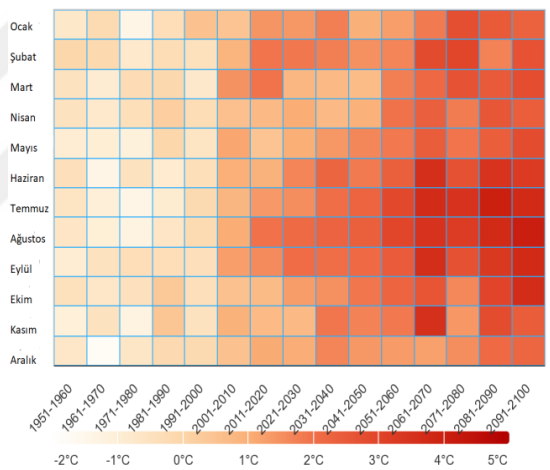
Şekil 4.25. Maksimum Sıcaklık Değişimleri-RCP4.5



Şekil 4.26. Maksimum Sıcaklık Değişimleri-RCP8.5

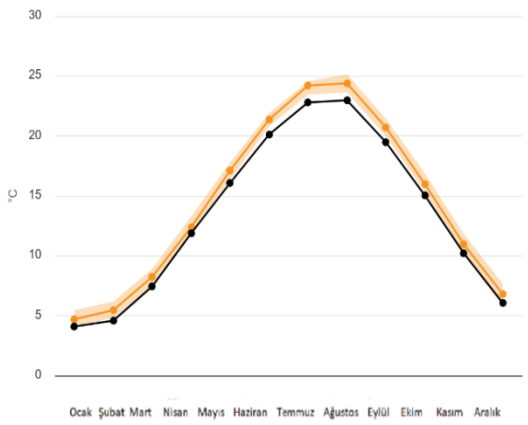


Şekil 4.27. Minimum Sıcaklık Değişimleri-RCP4.5

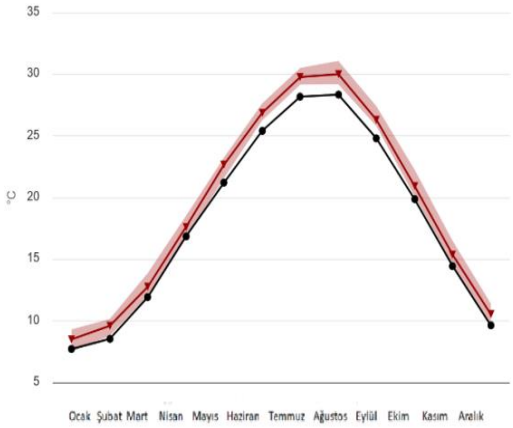


Şekil 4.28. Minimum Sıcaklık Değişimleri-RCP8.5

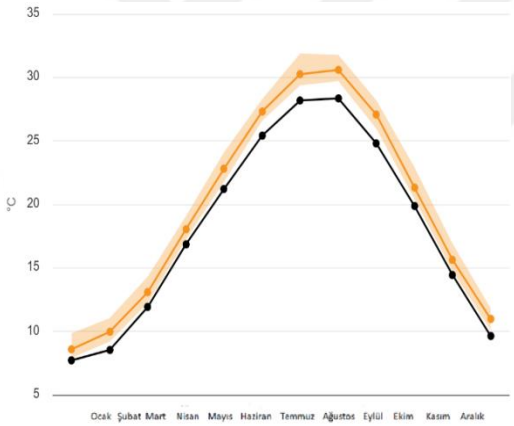
Aşağıda SSP2 4.5 ve SSP5 8.5 maksimum ve minimum sıcaklık ortalamaları değişimleri aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir.



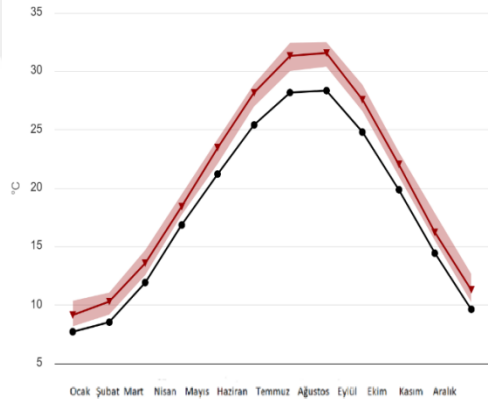
Şekil 4.29.2020-2039 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5



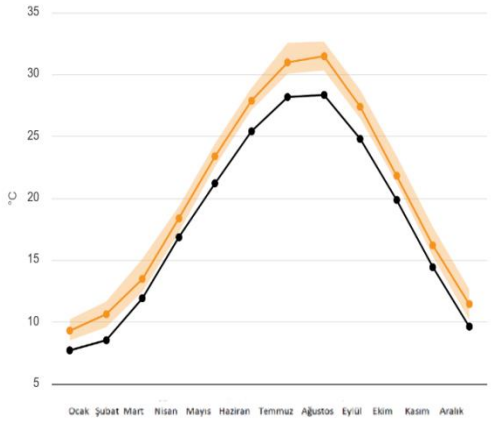
Şekil 4.30.2020-2039 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5



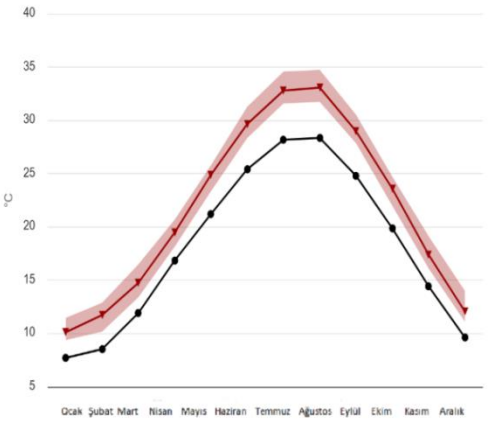
Şekil 4.31.2040-2059 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5



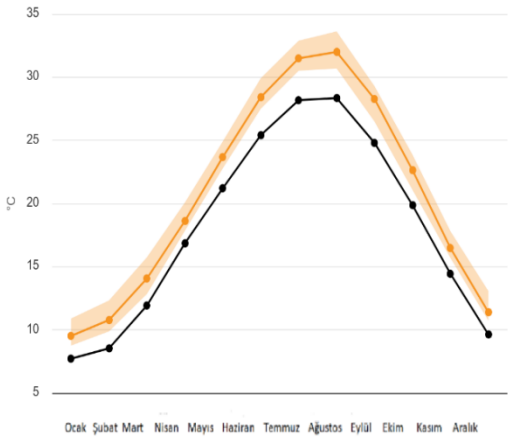
Şekil 4.32.2040-2059 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5



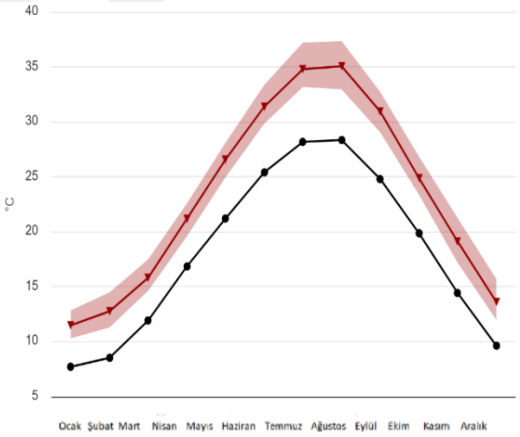
Şekil 4.33.2060-2079 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5



Şekil 4.34.2060-2079 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5



Şekil 4.35.2080-2099 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5

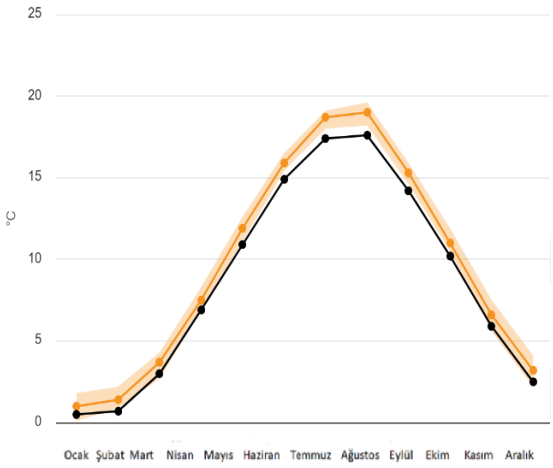


Şekil 4.36.2080-2099 Yılları Arası Ortalama Maksimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5

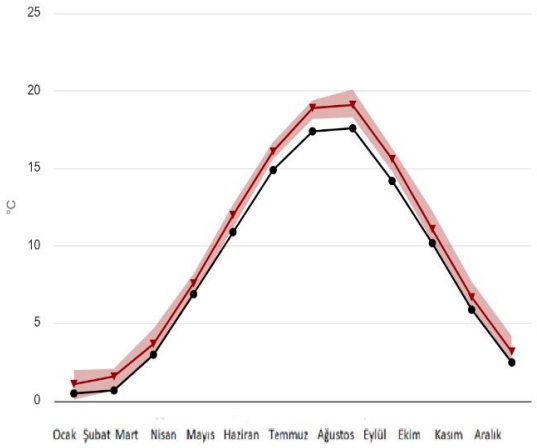
Yukarıda verilen grafiklerde siyah çizgi mevcut sıcaklık koşullarını ve multimodel ensemble bant aralığı ile ortalamasını göstermektedir. Yukarıda verilen grafiklere göre maksimum sıcaklık ortalamalarına bakıldığında 2020-2039 zaman dönemi için SSP5-8.5 senaryosunda en yüksek sıcaklık ortalamalarına bakıldığında, en yüksek sıcaklıklar ağustos aylarında ~31°C civarında, en düşük sıcaklıklar ise ocak aylarında ~5 °C olarak görülmektedir. Aynı şekilde maksimum sıcaklık ortalamaları

SSP5-8.5 senaryosuna göre 2080-2099 zaman döneminde, en yüksek sıcaklık temmuz aylarında ~33°C, ocak ayında ~7°C olarak görülmesi beklenmektedir.

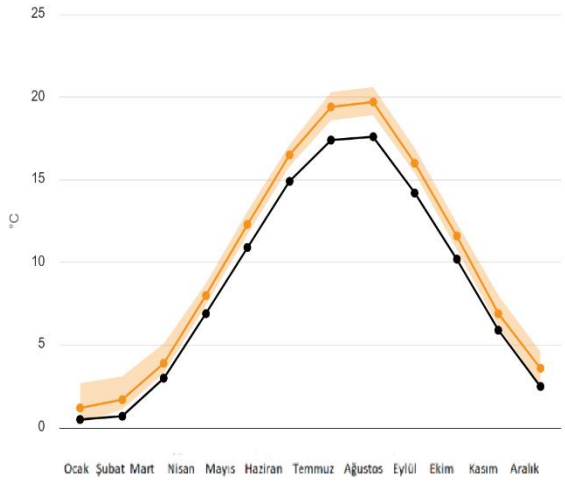
İki zaman dönemi kıyaslandığında 2080-2099 tarih aralığında başlangıç dönemi olan 2020-2039 tarih aralığına göre yaklaşık 2°C'lik bir artış olacağı gözlemlenmektedir.



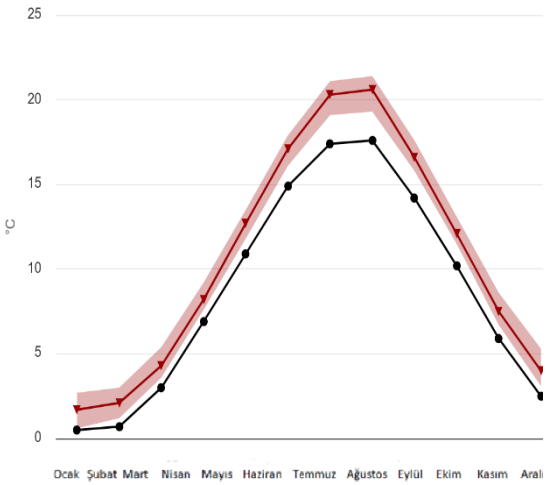
Şekil 4.37.2020-2039 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5



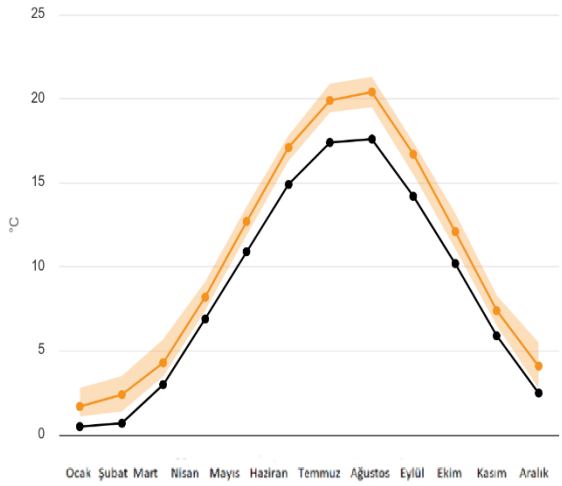
Şekil 4.38.2020-2039 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5



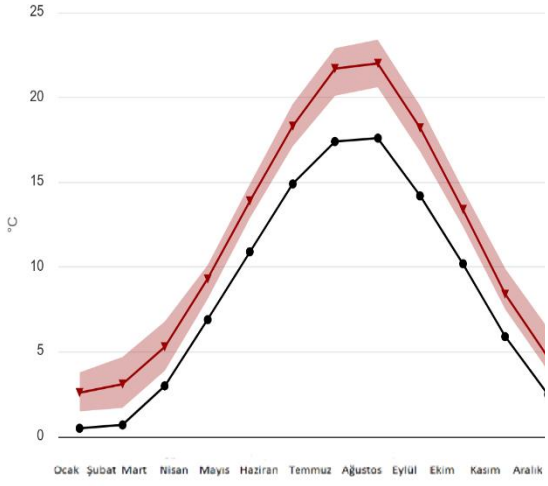
Şekil 4.39.2040-2059 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5



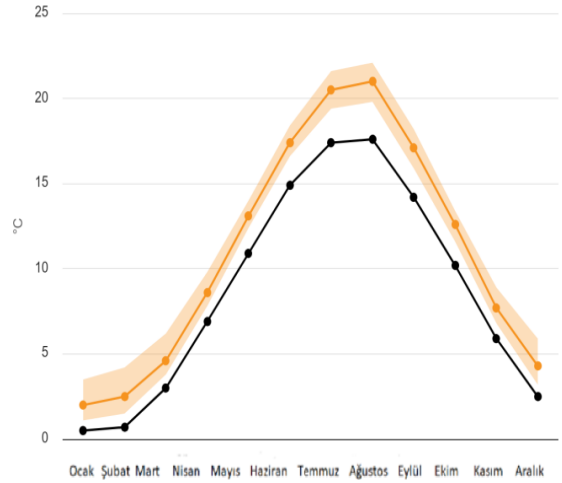
Şekil 4.40.2040-2059 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5



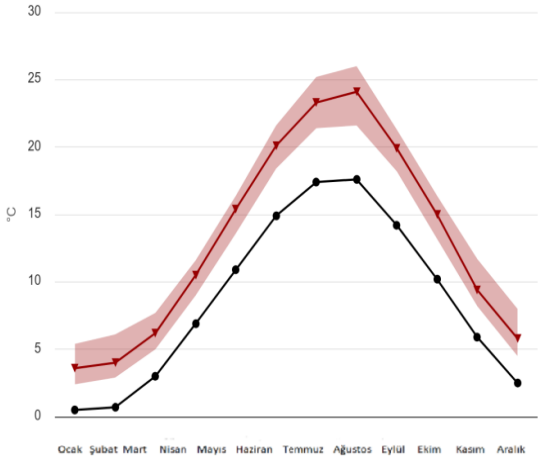
Şekil 4.41.2060-2079 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5



Şekil 4.42.2060-2079 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5



Şekil 4.43.2080-2099 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP2 4.5



Şekil 4.44.2080-2099 Yılları Arası Ortalama Minimum Sıcaklık Değişimleri –SSP5 8.5

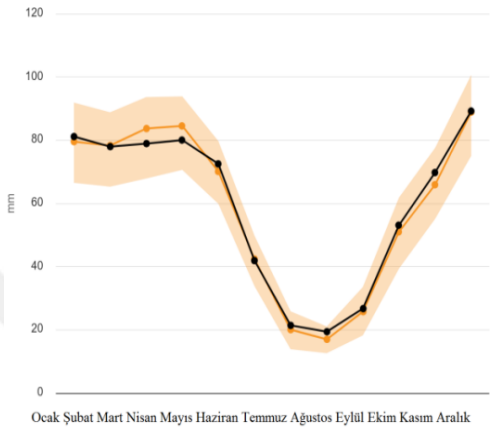
Minimum sıcaklık ortalamalarına bakıldığında ise 2020-2039 zaman döneminde ve SSP5 8.5 senaryosunda, en yüksek sıcaklıklar ağustos aylarında ~18°C civarında, en düşük sıcaklıklar ise ocak aylarında ~ -2°C olarak görülmektedir. Aynı şekilde minimum sıcaklık ortalamaları SSP5 8.5 senaryosuna göre 2080-2099 zaman döneminde, en yüksek sıcaklık yine temmuz aylarında ~23 °C, Ocak ayında ~0°C olarak görülmesi öngörülmektedir. İki zaman dönemi kıyaslandığında 2080-2099 zaman dönemindeki sıcaklık ortalamalarında, 2020-2039 dönemine göre 2°C'lik bir artış olacağı gözlemlenmektedir.

SSP2-4.5 Senaryosuna bakıldığında maksimum sıcaklık artışı 2,1°C seviyelerinde tahmin edilmektedir, bu da ılımlı bir sıcaklık artış trendine işaret etmektedir. SSP5-8.5 Senaryosuna göre, 4°C'yi aşan sıcaklık artışları öngörülmektedir ve özellikle yaz aylarında sıcaklık stresine bağlı sağlık riskleri artabilir. Maksimum sıcaklıklar açısından yaz aylarında daha büyük değişiklikler beklenmektedir. Yazın güneş ışınımının daha yoğun olması, sıcaklık yükselişini hızlandırmaktadır. Ayrıca, sıcak hava dalgalarının sıklığı ve süresi artacağından, yaz mevsimi daha fazla etkilenecektir. Minimum sıcaklıklar açısından ise kış aylarında daha büyük değişiklikler beklenmektedir. Artan sera gazı ve şehirleşme (Şehir Isı Adası) etkisi, geceleri daha fazla ısı tutulmasına neden olmakta ve bu durum özellikle kış aylarında minimum sıcaklıkların yükselmesine yol açmaktadır.

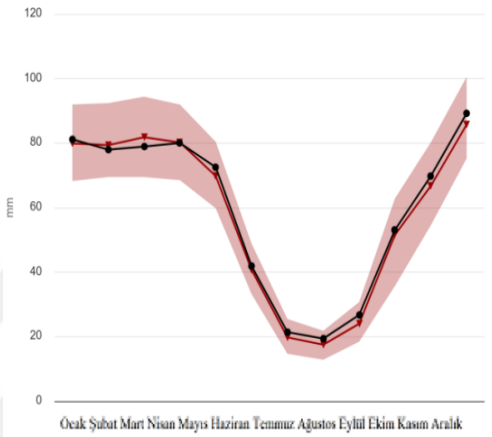
RCP4.5 ve RCP 8.5 senaryoları ile kıyaslandığında SSP 2-4.5 ve SSP 5-8.5 senaryolarında RCP senaryolarına göre daha yüksek bir değişme olabileceğinin tahmin edildiği görülmektedir.

SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları kullanılarak 2020-2039, 2040-2059, 2060-2079 ve 2080-2099 periyodik dönemleri için yıllık yağış ortalamaları Şekil 45-52'de verilmiştir. 2020-2039 yılları arasında en iyi ve en kötü senaryoya göre yağış miktarı en düşük yaz aylarında 0-20 mm arasında ve en yüksek kış aylarında 100-120 mm arasında olduğu görülmektedir (Şekil 45,46). 2040-2059 döneminde yine en iyi ve en kötü senaryoya göre yağış miktarı en düşük Yaz aylarında 0-20 mm arasında ve en yüksek kış aylarında 100-120 mm arasında olduğu görülmektedir

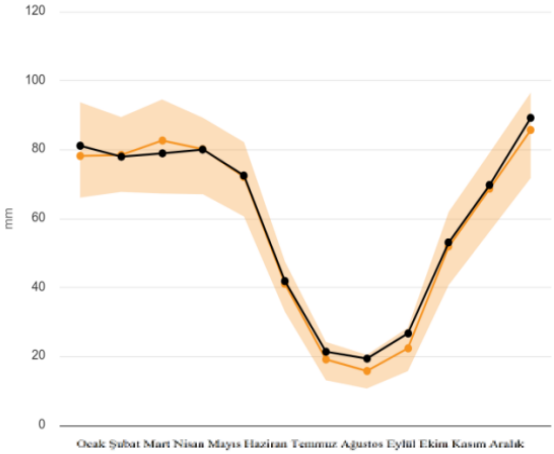
(Şekil 47,48). 2060-2079 döneminde yine en iyi ve en kötü senaryoya göre yağış miktarı en düşük Yaz aylarında 0-20 mm arasında ve en yüksek kış aylarında 100-120 mm arasında olduğu görülmektedir (Şekil 49, 50). 2080-2099 döneminde yine en iyi ve en kötü senaryoya göre yağış miktarı en düşük yaz aylarında 0-20 mm arasında ve en yüksek kış aylarında 100-120 mm arasında olduğu görülmektedir (Şekil 51,52).



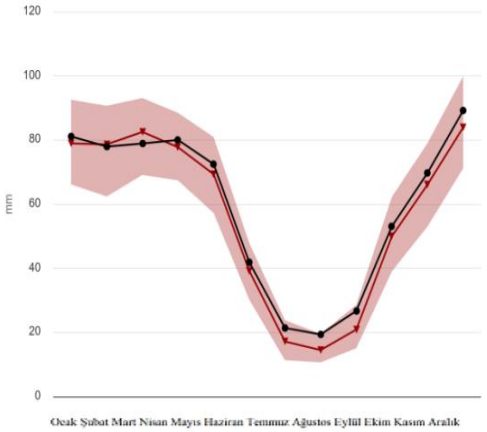
Şekil 4.45.2020-2039 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP2 4.5



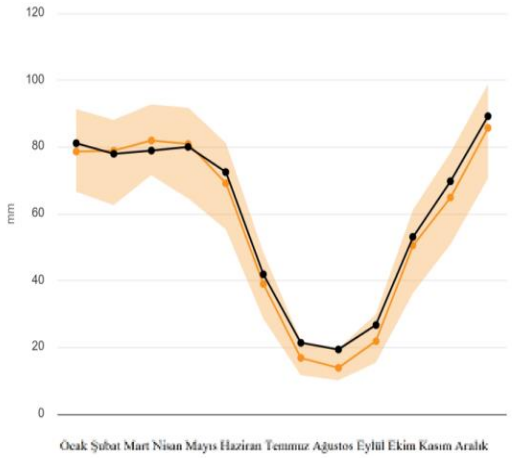
Şekil 4.46.2020-2039 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP5 8.5



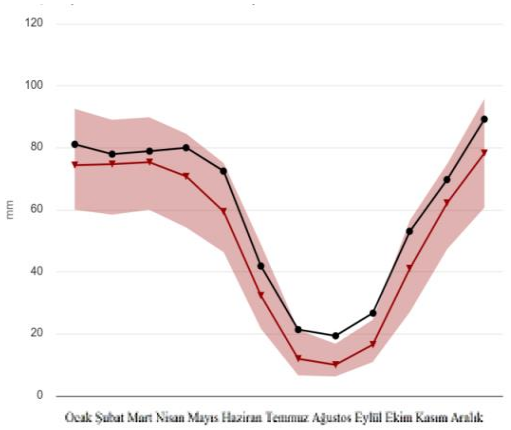
Şekil 4.47.2040-2059 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP2 4.5



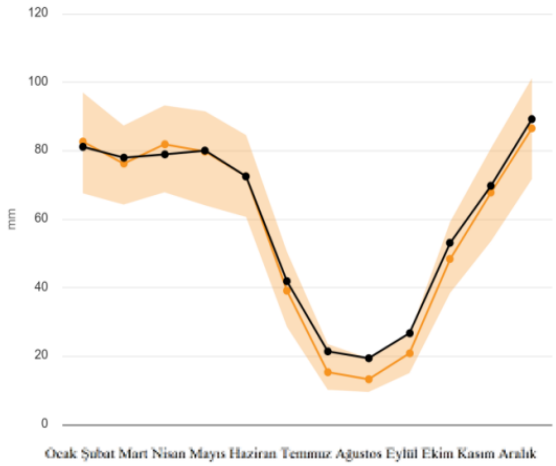
Şekil 4.48.2040-2059 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP5 8.5



Şekil **4.49.**2060-2079 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP2 4.5



Şekil **4.50.**2060-2079 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP5 8.5



Şekil 4.51.2080-2099 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP2 4.5



Şekil 4.52.2080-2099 Yılları Arası Yağış Değişimleri –SSP5 8.5

Yağış değişimleri %3-7 arasında olacak şekilde tahmin edilmektedir, mevsimsel yağış dalgalanmaları daha belirgin hale gelebilir. Yağış rejiminde büyük değişiklikler beklenmektedir. Kuraklık süreleri uzayabilir ve sel riski artabilir, bu durum Bursa'nın su yönetimi açısından ciddi önlemler almasını gerektirir.

4.1.1. Sıcaklık Değişimleri

Çalışmada kullanılan HadGEM-AO modeli, RCP 8.5 senaryosu altında Bursa'da 2080-2099 yılları arasında ortalama sıcaklık artışının 3,8°C'yi aşabileceğini göstermektedir. Daha ılımlı bir senaryo olan RCP 4.5'te ise sıcaklık artışının 2,1°C ile sınırlı kalması beklenmektedir. Mevsimsel analizler, en büyük sıcaklık artışının yaz aylarında meydana geleceğini göstermektedir, bu da özellikle tarım ve enerji tüketimi açısından önemli riskler doğurmaktadır.

4.1.2. Yağış Değişimleri

Bursa'da yağış rejiminde önemli değişiklikler gözlemlenmektedir. 2020-2039 yılları arasında RCP 8.5 senaryosu altında kış yağışlarında %12'lik bir azalma beklenirken, yaz aylarında yağışların daha değişken hale geleceği öngörülmektedir. 2040-2059 yılları arasında ise mevsimsel yağış farklarının artacağı ve şiddetli yağış olaylarının daha sık görüleceği tahmin edilmektedir.

4.1.3. Ekstrem Hava Olayları

Senaryo projeksiyonları, şiddetli sıcak hava dalgalarının süresinin ve sıklığının artacağını ortaya koymaktadır. Örneğin, 2080-2099 yılları arasında sıcak hava dalgalarının bugüne kıyasla %60 daha uzun sürebileceği belirlenmiştir. Bu durum, insan sağlığı, tarım ve su kaynakları açısından büyük riskler içermektedir.

Yapılan çalışma, Bursa’da şiddetli yağışlar, fırtınalar ve sel olaylarının sıklığının artacağını göstermektedir. Aşırı yağışlar, kentsel altyapıya zarar verebilir ve sel baskınlarına yol açabilir. Bu durum, özellikle şehir merkezinde altyapı yatırımlarının ve yağmur suyu drenaj sistemlerinin iyileştirilmesini gerektirmektedir.

Bursa ili Türkiye'nin önemli şehirlerinden biridir. İklim değişikliği ile birlikte meydana gelen aşırı hava olayları Bursa ilini önemli seviyede etkilemektedir. Aşırı hava olayları artan sıcaklık veya aşırı yağışlar ile birlikte kendini gösterebilir. Aşırı yağışlar ile birlikte sel ve su baskınları meydana gelebilir. Bu olumsuzluklar şehrin kanalizasyon ve drenaj sistemleri gibi alt yapı unsurlarında sorun yaşanmasına sebep olabilir.

Ayrıca, artan sıcaklık ve ısı dalgalarının şiddeti kent merkezinde ısı adası etkisi meydana getirebilir. Aşırı hava olayları ile birlikte şehirde erozyon ve toprak kayması gibi sorunlar da görülebilir. Bu nedenle bu olumsuzlukların yaşanmaması adına altyapının güçlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca insan faaliyetlerinin tehlike yaratmaması için yeşil alanların koruma altına alınması önem arz etmektedir.
Özellikle 2050 sonrası yağış miktarındaki azalış ve artan kış sıcaklıkları nedeniyle yağış cinsi değişimi, yani kar yerine yağmur yağışına dönmesi, kış turizmini olumsuz etkileyebilecektir.

Şehir planlamasında da iklim değişikliğine uyum sağlanabilmesi adına uygulanacak olan stratejilerin entegre edilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, altyapı projeleri tasarlanırken kullanılacak olan malzemelerin hava koşullarına dayanıklı olması için önem gösterilmeli ve yol ve köprü yapımları gibi kritik yapılar daha sıkı mühendislik standartlarına göre tasarlanmalıdır. Oluşacak olan doğal olaylara karşı önlem alınabilmesi açısından Bursa ilindeki altyapı çalışmaları güçlendirilmeli ve kentleşmeler de su kaynaklarının korunması yönünde devam ettirilmelidir. Bunlarla birlikte, ulaşım sistemlerinde düşük karbon emisyonu kullanılmalı ve çevre dostu çözümler üretilmelidir.

4.1.4 Bursa'da İklim Değişikliğinin Olası Sonuçları

Bulgular, Bursa'nın önümüzdeki yıllarda sıcaklık artışı ve yağış rejimindeki değişikliklerden doğrudan etkileneceğini göstermektedir. Özellikle RCP 8.5 senaryosu altında gerçekleşecek olan sıcaklık artışları, Bursa'nın tarımsal üretimini, su kaynaklarını ve kentsel yaşamı ciddi şekilde tehdit etmektedir**.**

Bursa'nın tarım sektörü açısından değerlendirilmesi gerektiğinde, kurak dönemlerin uzaması ve yağış rejimindeki değişikliklerin zeytin, üzüm ve tahıl üretimini olumsuz yönde etkilemesi beklenmektedir**.** Uzun yıllık bitkilerde soğuklama ihtiyacının karşılanamaması nedeniyle verim düşüklüğü, bazı bitkiler için doğal iklim ihtiyaçlarının karşılanamaması nedeniyle üretim maliyetlerinde artış (örneğin su ihtiyacı vb.) ve yeni koşullarda ortaya çıkabilecek bitki zararlılarındaki artış ve çeşitlenme tarım sektörünü etkileyebilecektir.

Benzer şekilde, aşırı sıcaklar, su kaynaklarındaki buharlaşma ve kullanım artışı sebebiyle; daha hızlı tükenmesine neden olacak ve bu durum şehirde su arz-talep dengesini bozacaktır.

Çalışmanın bulguları, literatürdeki diğer araştırmalarla uyumludur. Örneğin, IPCC'nin 2021 yılı raporu**,** Akdeniz Havzası'nın iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek bölgeler arasında olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, Demircan ve arkadaşlarının (2020) çalışması, Türkiye'nin özellikle yaz aylarında daha sıcak ve kurak bir iklim yapısına doğru ilerlediğini göstermektedir.

Bursa ilinin ekonomik sektörlerinin en başında tarımcılık ve sanayi gelmektedir. Bursa 1.081.954 hektar alan üzerinde bulunup, bunun % 40'ı olan 429.323 hektar alanda tarımsal faaliyet yapılmaktadır. Bursa'nın topraklarının yüzde on yedisini ovalar kaplar. Volkanik yapıdaki arazisi, dereler tarafından taşınan alüvyonların birikmesiyle oluşmuştur. Marmara Bölgesi'nin az engebeli olması sebebiyle, Bursa, yüzölçümü itibarıyla ekili ve dikili arazilerin en geniş olduğu ilimizdir. Ülke genelinde zeytin ve bahçe ürünleri üretimi, hem miktar hem de kalite açısından büyük önem taşır; bu üretim sadece yerel tüketimi karşılamakla kalmaz, aynı zamanda ülkenin önemli bir gıda ihtiyacını da karşılar ve dış satım sayesinde önemli miktarda döviz kazandırır. (Vural, Turhan, & Erdal, 2013)

Bursa ilinde tarımda öne çıkan ve en çok yetiştirilen bitkiler arasında zeytin, şeftali ve incir bulunmaktadır. Zeytin üretimi, özellikle kalite ve miktar açısından Bursa'nın tarım sektöründe önemli bir yer tutar. Şehir, Türkiye'nin zeytinyağı ve sofralık zeytin ihtiyacının büyük bir kısmını karşılar. Ayrıca, şeftali ve incir üretimi de Bursa'da yoğun olarak gerçekleşir ve bu ürünler, hem iç pazarda hem de ihracatta değerli bir yer tutar. Bursa aynı zamanda çeşitli sebze ve meyvelerle de tanınan bir tarım merkezidir. (Vural, Turhan, & Erdal, 2013)

İklim değişikliği, tarım sektörü üzerinde ciddi etkilere sahip olabileceğinden, Bursa gibi tarımın can damarı olduğu bölgelerde çeşitli adaptasyon stratejileri uygulanabilir. Öncelikle, kuraklık ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi ve kullanılması, tarımın sürdürülebilirliğini artırmak için kritik öneme sahiptir. Su kaynaklarının etkin yönetimi, özellikle damlama sulama sistemleri gibi su tasarrufu sağlayan modern teknolojilerin benimsenmesi, su sıkıntısı çeken dönemlerde büyük bir fark yaratabilir. Toprak yönetimi, özellikle toprağın su tutma kapasitesini artırma ve erozyonu önleme yolları, toprağın verimliliğini korumak için hayati önem taşır. Ayrıca, çiftçilere iklim değişikliği ve sürdürülebilir tarım uygulamaları hakkında eğitim verilmesi, bu süreçte bilinçlenmelerini ve adaptasyon kapasitelerini artırmalarını sağlayabilir. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması da iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir adımdır.

Devlet tarafından desteklenen araştırma ve geliştirme faaliyetleri, yeni tarım teknolojileri ve yöntemlerinin geliştirilmesine olanak tanırken, çevre dostu politikalar ve yönetmelikler de çiftçileri destekleyerek tarımsal üretimin uzun vadede sürdürülebilir olmasını sağlayabilir.

Zeytincilik yerine fındık üretimi gibi daha yüksek gelir potansiyeli sunan ve geniş pazarlara hitap eden tarım ürünleri de Bursa'da düşünülebilir. Tıbbi ve aromatik bitkiler de, organik tarım uygulamaları ile bölgenin tarımsal çeşitliliğini ve ekonomik değerini artıracak başka bir seçenektir. Böylece, Bursa'nın zengin tarım potansiyeli, farklı ürünlerle daha da geliştirilebilir.

Tarım sektöründe yaşanan sorunlar dışında Bursa'nın su kaynakları da iklim değişikliğinden etkilenmektedir. Bursa il, Nilüfer Çayı ve çevresindeki barajlar gibi su rezervlerinden beslenmektedir. Ancak azalan yağış miktarları, bu kaynakların doluluk oranını azaltabilir ve su yönetimi konusunda ek önlemler alınmasını zorunlu hale getirebilir. Sürdürülebilir su yönetimi stratejilerinin uygulanması ve su tasarrufunun artırılması, bu projeksiyonlara uyum sağlama konusunda kritik öneme sahiptir.

5. SONUÇ

Bu tezde, Bursa ili için iklim değişikliği projeksiyonları HadGEM2-AO iklim modeli kullanılarak, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları yanı sıra SSP2 4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları üzerinden de incelenmiştir. Elde edilen projeksiyonlar, iklim değişikliğinin bölge üzerindeki olası etkilerini ortaya koymuş ve gelecekteki iklim koşullarının nasıl şekillenebileceği konusunda önemli veriler sunmuştur.

Bu çalışmada kullanılan RCP ve SSP senaryoları, Bursa ilinin gelecekteki iklim koşulları hakkında çeşitli senaryolar sunmaktadır. RCP 4.5 ve SSP2 4.5 senaryoları daha iyimser bir projeksiyon sunarken, RCP 8.5 ve SSP5-8.5 senaryoları iklim değişikliğinin daha ciddi etkilerle bölgeyi etkileyebileceğini göstermektedir. Her iki yüksek emisyon senaryosu, aşırı sıcak hava olaylarının artacağını, yağış miktarlarının azalacağını ve bölgenin su kıtlığı gibi ciddi sorunlarla karşı karşıya kalabileceğini ortaya koymaktadır.

RCP 4.5 senaryosu, daha ılımlı emisyon azaltımları öngörmekte olup sıcaklık artışının yüzyıl ortasından sonra dengeleneceğini göstermektedir. Bu senaryoda sıcaklıkların kademeli bir artış gösterse de, aşırı hava olaylarının sıklığının görece daha düşük olacağı tahmin edilmektedir. RCP 8.5 senaryosu ise yüksek emisyonların devam etmesi durumunda, sıcaklık artışlarının daha şiddetli olacağını ve özellikle yaz aylarında aşırı sıcaklıkların görüleceğini ortaya koymaktadır.

SSP2 4.5 senaryosu, RCP 4.5 ile benzer şekilde orta düzeyde emisyon azaltımlarını öngörürken, sosyo-ekonomik gelişmelerin sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak yönetileceği varsayılmaktadır. Bu senaryoya göre sıcaklık artışları daha sınırlı olacak ve aşırı hava olaylarının şiddeti nispeten düşük kalacaktır. Ancak, yine de sıcaklık artışları ve yağış azalmaları gözlemlenecek olup, bölgenin iklim değişikliğine karşı tedbir alması gerekmektedir. SSP2 4.5 senaryosuna göre, Bursa ili orta düzeyde bir sıcaklık artışı ile karşı karşıya kalacaktır.

Sıcaklık artışlarının 21. yüzyılın ortalarına kadar devam etmesi, özellikle tarım ve turizm sektörleri için belirli zorluklar yaratabilir. Ancak SSP5-8.5 senaryosunda, bölge çok daha yüksek sıcaklıklarla karşılaşacaktır. Özellikle yaz aylarında aşırı sıcak hava dalgalarının görülme sıklığı artacak ve bu durum, insan sağlığı, enerji tüketimi ve su kaynakları üzerinde ciddi baskılar yaratacaktır. SSP5-8.5 senaryosu, en yüksek emisyon senaryolarından biridir ve ekonomik büyüme odaklı bir gelecek varsayımına dayanmaktadır. Bu senaryo, mevcut sera gazı emisyonlarının hızlı bir şekilde artmaya devam edeceğini ve sıcaklık artışlarının yüzyıl sonuna kadar önemli seviyelere ulaşacağını öngörmektedir.

SSP5-8.5 senaryosuna göre, 2080-2099 döneminde yaz aylarında sıcaklıkların 33°C'ye kadar çıkabileceği, minimum sıcaklıkların ise kış aylarında 0°C'nin üstüne çıkabileceği tahmin edilmektedir. Bu senaryonun olası etkileri arasında aşırı sıcaklık dalgaları, kuraklık ve su kıtlığı önemli bir yer tutmaktadır.

İklim projeksiyonlarına göre Bursa ilinde, özellikle yaz aylarında yağışlarda azalma beklenmektedir. SSP5-8.5 senaryosunda bu azalış çok daha belirgin hale gelecektir. Kış aylarında nispeten artış görülse de, yaz aylarındaki kuraklık su kaynaklarını ciddi şekilde etkileyecektir. Su kıtlığı, hem tarımsal sulama hem de içme suyu temininde sorunlara yol açabilir. RCP 4.5 senaryosunda yağış miktarlarında kısmi bir azalma beklenirken, RCP 8.5 senaryosunda ise bu azalış daha dramatik seviyelere ulaşacaktır. Özellikle yaz aylarında yağış miktarındaki ciddi düşüşler, su kaynakları ve tarımsal faaliyetler için büyük risk teşkil etmektedir. SSP5-8.5 senaryosunda ise yaz aylarında yağışların önemli ölçüde azalacağı, kış aylarında ise artışın yetersiz kalacağı öngörülmektedir. Bu durum, özellikle tarım ve su kaynakları açısından büyük tehdit oluşturmaktadır.

İklim değişikliği, tekstilden tarım sektörüne kadar tüm sektörleri etkileyen, canlı yaşam alanlarına ciddi tehlike arz eden küresel bir sorundur. Bu nedenle çevresel kaynakların korunarak iklim kaynaklı doğal afetlerin azaltılması gerekmekte olup, canlıların bu değişikliklere karşı uyum sağlaması için uygun yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bursa, verimli tarım alanları ile bilinen bir şehirdir. Sadece tarım alanlarıyla değil aynı zamanda hayvancılık faaliyetleri de görülmektedir. Son yıllarda iklim değişikliği sebebiyle sıcaklık ve yağışlardaki değişiklikler ve kuraklık ile birlikte tarımsal üretim olumsuz etkilenmeye başlamıştır. Bu olumsuz koşullar göz önünde bulundurulduğunda tarım alanlarında suyun verimli kullanılabilmesi amacıyla damlama yöntemiyle sulama ve modern sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması gerekmekte olduğu görülmektedir. Bunun dışında bölgede iklim değişikliği göz önünde bulundurularak uygun bitki türlerinin tercih edilmesi gerekmektedir.

Bursa'nın tarım alanları, yüksek sıcaklıklardan özellikle etkilenecektir. Bölgedeki zeytin ve şeftali gibi tarım ürünlerinin veriminde azalmalar yaşanabilir. Aynı zamanda, sıcak hava dalgalarının artması, şehir içi yaşamda enerji talebini artıracak ve soğutma ihtiyacı nedeniyle enerji altyapısında baskılara neden olacaktır.

Bursa'daki tarım sektöründe iklim değişikliğine uyum sağlama kapasitelerini artırmak için dinamik yetkinliklerin geliştirilmesi gerekmektedir. İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için erken uyarı sistemleri ve hava durumu tahminlerine dayalı bir tarım modeli geliştirilebilir. Bursa'da iklim değişikliğinin tarım sektörüne etkilerini en aza indirmek için, yerel yönetimlerin ve tarımsal işletmelerin iklim değişikliğine uyum sağlamaları ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını benimsemeleri kritik öneme sahiptir. Bursa Ovası ve çevresindeki tarım alanlarında su kaynaklarının azalması, tarımsal sulama açısından önemli bir sorundur. Bursa'daki ürünlerin suya duyarlılığı dikkate alınarak, su yönetimi ve sürdürülebilir sulama yöntemlerinin nasıl iyileştirilebileceği değerlendirilebilir.

Bursa, zeytin, şeftali ve bağcılık gibi tarımsal faaliyetlerde önemli bir rol oynayan bir şehir olup iklim değişikliği bu ürünlerin rekoltesi, kalite ve coğrafi dağılımını etkilemektedir. Artan sıcaklık ve değişken yağış koşulları, tarımsal üretimi zora sokarak kalite kayıplarına ve üretim düşüşlerine neden olmaktadır.

Bursa ilinde yapılacak bir diğer öneri yeşil bina uygulamaları olabilir. Yeşil bina uygulamaları, iklim değişikliği adaptasyon ve mitigasyon stratejilerinde önemli bir merkezi rol oynar. Bu binalar enerji ve su tüketiminde azaltma sağlayarak, atık üretimini minimize eder. İç mekan hava kalitesini iyileştirir ve çevresel etkilerinin en aza indirilmesini sağlar. Özellikle, yüksek verimli pencereler enerji verimliliğine oldukça katkı sağlamaktadır. Yalıtım ve enerji tasarrufu sağlayabilen cihazlar da kullanılmaktadır. Su verimliliği, yağmur suyu toplama sistemleri ve su tasarrufu sağlayan armatürler ile desteklenerek sürdürülebilir malzemelerin korunması doğal kaynakların korunmasında önemli katkı sağlamaktadır. Ayrıca, iç mekandaki hava kalitesinin iyileştirilmesi ile birlikte sağlıklı bir yaşam ortamı da sağlanmış olur. Bu nedenle Bursa ilinde iklim değişikliğine uyum sağlanabilmesi açısından yeşil bina sistemlerinin uygulanması önemli bir çözüm yolu olabilir.

İklim değişikliğine en çok etki eden faktörlerden biri olan hava kirliliği ile birlikte Bursa ilinde, sıcak hava dalgası ve sel gibi olayların da daha fazla yaşanması beklenmektedir. Bu durum sadece doğa olaylarının meydana gelmesine değil insan ve canlı sağlığına da etki etmektedir. İklim değişikliği ile birlikte ortaya çıkabilecek ve iklim göçleri ile tüm dünyaya yayılabilecek bulaşıcı hastalıklar, aşırı iklim ve meteorolojik olaylarına bağlı psikolojik hastalıklar da görülmektedir.

Bursa doğal güzellikleri ve tarihi açısından turizmde önemli bir şehirdir. Sıcaklık artışı ve yağışlardaki değişiklikler nedeniyle su kaynaklarındaki azalma, kış turizmine yönelik riskler, bölgedeki turizm faaliyetlerini etkiler.

Oteller, kayak merkezleri ve diğer turistik tesisler, yenilenebilir enerji sistemleriyle entegre hale getirilmeli ve su tasarrufunu destekleyen sistemler kullanılmalıdır. Kış turizmi için kar yağışı azalmasına karşı önlemler geliştirilmelidir. Turizm sektöründe su ve enerji tüketimini optimize edecek sürdürülebilir çözümler geliştirilmelidir. Bursa için iklim değişikliğine uyum konusunda kapsamlı bir yerel eylem planı oluşturulması, gelecekte yaşanabilecek risklerin minimize edilmesine katkı sağlayacaktır. Tarımdan sanayiye, şehircilikten turizme kadar her alanda paydaşların katılımıyla geliştirilecek sürdürülebilir stratejiler, Bursa'nın iklim değişikliğine karşı dirençli bir şehir olmasını sağlayacaktır.

İklim değişikliğine yönelik uyum politikalarının hızlandırılması ve erken dönemde etkin önlemler alınması, bölgenin bu olumsuz etkilerden korunması açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle tarım, su kaynakları yönetimi ve altyapı planlamalarında iklim değişikliği senaryoları göz önünde bulundurulmalı ve uzun vadeli stratejiler geliştirilmelidir. İklim değişikliğine karşı dirençli bir Bursa için su yönetimi ve sürdürülebilir tarım uygulamaları gibi alanlarda önemli adımlar atılmalıdır.

Bu çalışmanın sonuçları, Bursa ili için iklim değişikliğine karşı etkin adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesinin zorunlu olduğunu göstermektedir. Özellikle tarım, su kaynakları ve şehir planlaması alanlarında erken dönem tedbirlerin alınması, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin hafifletilmesine katkı sağlayacaktır.

Su yönetimi, iklim değişikliğiyle mücadelede en kritik konulardan biridir. Sulama sistemlerinin modernizasyonu, su tasarrufu teknolojilerinin benimsenmesi ve şehir içi su altyapısının güçlendirilmesi, bu bağlamda öncelikli adımlar olmalıdır. Ayrıca, enerji verimliliğini artırmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak, bölgedeki enerji talebinin sürdürülebilir şekilde karşılanmasına katkı sağlayacaktır.
Bursa sadece tarım alanları ve hayvancılıkla değil aynı zamanda sanayi şehri olmasıyla da bilinir. Sanayi tesisleri, iklim değişikliğine sebep olan en önemli sebeplerden biridir. Sanayi ile birlikte, şehirdeki sıcaklık artışları ve su kıtlığı sorunları daha çok artmaya başlamıştır. Bu nedenle, var olan sanayide enerji verimliliğini arttırabilmek amacıyla, yeşil enerjinin tercih edilmesi ve düşük karbon emisyonlu üretim teknolojisini tercih edilmesi yaygınlaştırılmalıdır. Bursa'nın sanayi merkezi olması nedeniyle çevresel yönetim sistemleri, iklim değişikliğine uyum sağlamada önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Çevre dostu üretim teknikleri benimseyen işletmeler, enerji verimliliğini artırarak karbon salınımını azaltabilir. Bursa gibi büyük bir sanayi şehri, iklim değişikliğiyle birlikte doğal afetlere karşı daha savunmasız hale gelebilir. Sanayi bölgelerinin sel baskınlarına karşı dayanıklı hale getirilmesi ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi, sanayi faaliyetlerinin devamlılığını sağlamak adına önemlidir.

Yeşil enerji kullanımının ekonomik büyümeye katkısını sürdürülebilir hale getirmek için yenilenebilir enerji projelerine daha fazla yatırım yapılması ve bu projelerde yerel kaynakların kullanılmasına özen gösterilmesi önerilebilir. Ayrıca, yeşil enerji teknolojilerinde nadir toprak elementlerinin kullanımı konusunda daha dikkatli bir yaklaşım benimsenerek, geri dönüşüm ve yenilikçi malzeme çözümleri ile bu elementlerin çevresel maliyetleri en aza indirilebilir. Yeşil çatı ve duvar uygulamaları gibi yenilikçi yapı teknolojileri, Bursa'daki sanayi ve konut yapılarında enerji verimliliğini artırmak için yaygınlaştırılabilir. Bu uygulamalar, yalnızca enerji maliyetlerini düşürmekle kalmayıp aynı zamanda Bursa'nın sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Ankara Üniversitesi. (2023). Türkiye iklim araştırmaları. Erişim adresi: http://geography.humanity.ankara.edu.tr/turkiye-iklim-arastirmalari/

Aydın, T. (2022). Doğal ve beşeri bölümler açısından Iğdır. Astana Yayınları.

Aydoğdu, G. (2020). İklim Değişikliği ve Tarımsal Uygulamalar Etkileşimi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnsan Bilimleri Dergisi.

Apaydın, A. (2005). Sera Etkisi Yapan Gazlar ve Küresel Isınma. *DSİ Bölge Müdürlüğü Raporu*.

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

Awasthi, M. K. et al. (2016). Influence of zeolite and lime as additives on greenhouse gas emissions and maturity evolution during sewage sludge composting. Bioresource Technology, 216, 172-181. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.05.065

Balcıoğlu, Y. E., Kaya, C. & Demircan, M. (2022). İklim Değişikliğinin Malatya İlinde Kayısı Rekoltesi ve Coğrafi Dağılışına Etkileri . JENAS Journal of Environmental and Natural Studies, 4 (2), 119-146. DOI: 10.53472/jenas.1136337

Ballı Gözen, C., & Çağlar, F. (2022). İklim Projeksiyonlarının Analizleri ve Değerlendirilmesi. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.

Bianchi, G., Testa, F., Tessitore, S., & Iraldo, F. (2021). How to embed environmental sustainability: The role of dynamic capabilities and managerial approaches in a life cycle management perspective. Business Strategy and the Environment, 31, 312-325. https://doi.org/10.1002/bse.2889

Bursa Büyükşehir Belediyesi. (2017). Bursa Sürdürülebilir Enerji ve İklim Değişikliği Uyum Planı (BUSECAP). Bursa: Bursa Büyükşehir Belediyesi.

Campiotti, C. A., Schettini, E., Alonzo, G., Viola, C., Bibbiani, C., Scarascia Mugnozza, G., Blanco, I., & Vox, G. (2013). Building green covering for a sustainable use of energy. Journal of Agricultural Engineering, 44(s2), e50. DOI: 10.4081/jae.2013.s2.e50.

Church, J. A., Clark, P. U., Cazenave, A., Gregory, J. M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M. A., Milne, G. A., Nerem, R. S., Nunn, P. D., Payne, A. J., Pfeffer, W. T., Stammer, D., & Unnikrishnan, A. S. (2013). Sea level change. In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, & L. L. White (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1137-1216). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.026

Cindoruk, S., & vd. (2022). *Bursa sürdürülebilir enerji ve iklim değişikliği uyum planı izleme ve değerlendirme raporu (sera gazı emisyonu ve eylem planı)*. Bursa Büyükşehir Belediyesi. https://www.bursa.bel.tr/haber/iklim-degisikligiyle-mucadele-28257

Columbia Climate School. (2022). How Climate Change Impacts the Economy. State of the Planet. Erişim: https://news.climate.columbia.edu/2022/02/23/how-climate-change-impacts-the-economy/

Çamalan, G., vd. (2021). *Türkiye kuraklık projeksiyonları*. Araştırma Dairesi Başkanlığı Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü.
Davarcıoğlu, B., & Lelik, A. (2017). Sanayide İklim Değişikliğine Uyum ve Eko-Verimlilik Programı: Örnek Uygulamalar.
Demircan, M., Türkoğlu, N., ve Çiçek, İ. (2017). İklim değişikliği: Modelden sektörel uygulamalara. *Türk Coğrafya Kurumu 75. Yıl Uluslararası Kongresi*, Ankara.
Demircan, M., vd. (2015). Yeni senaryolar ile Türkiye iklim projeksiyonları ve iklim değişikliği. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Matbaası.
Demircan, M., Arabacı, H., Gürkan, H., Eskioğlu, O., & Coşkun, M. (2017). Climate change projections for Turkey: Three models and two scenarios. *Türkiye Su Bilimi ve Yönetimi Dergisi*, 1(1), 1-17. https://doi.org/10.2536/twsj.2017.6777
Demircan, M., vd. (2015). *Yeni senaryolar ile Türkiye iklim projeksiyonları ve iklim değişikliği*. Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü.
Demircan, M. (2022). İklim, iklim değişikliği ve su ilişkisi. In A. Bektaş (Ed.), Küresel İklim Değişikliği ve Sosyo-Ekonomik Etkileri (pp. 47-71). TASAV.
Demircan, M. (2022). İklim Değişikliğinin Türkiye Denizlerine ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğine Etkisi. JENAS Journal of Environmental and Natural Studies, 4 (2) , 96-108 . DOI: 10.53472/jenas.1096917
Demircan, M. (2022). *İklim, iklim değişikliği ve su ilişkisi*. A. Bektaş (Ed.), *Küresel iklim değişikliği ve sosyo-ekonomik etkileri* (ss. 47-84). Türk Akademisi Siyasi Sosyal Stratejik Araştırmalar Vakfı (TASAV). ISBN 978-605-73812-8-6.
Demircan, M. (2023). Iğdır İklim Değişikliği Kapsamında; Iğdır için Uyum Önerileri (Igdır's Climate And Climate Change), Doğal ve Beşeri Bilimler Açısından Iğdır – II, Taner Aydın, Gülşen Bayat ve Mehmet Hakkı ALMA [Editör],Sayfa 29-58, ISBN 978-605-254-752-6, Detay Yayıncılık, Mart 2023, Kitapta Bölüm.
Dikmen, B., vd. (2022). *Sakarya ve Susurluk havzaları kuraklık yönetim planının hazırlanması projesi*. Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı. tarimorman.gov.tr
Doherty, T. J., ve Clayton, S. (2011). The psychological impacts of global climate change. *American Psychologist*, *66*(4), 265-276. https://doi.org/10.1037/a0023141
Entegre Havza Yönetimi (2018). Uludağ Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
Esen, E., ve Çalışkan, A. Ö. (2016). Company policies to adapt climate change plan: A case study on Turkey. *Advances in Sustainability and Environmental Justice*, 19, 159-175. https://doi.org/10.1108/S2051-503020160000019008
Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. Geoscientific Model Development, 9(5), 1937–1958. doi:10.5194/gmd-9-1937-2016
EPA. (2023). Climate Change Impacts by Sector. U.S. Environmental Protection Agency. Erişim: https://www.epa.gov/climate-change/climate-impacts-sector
Fet, A. M., & Knudson, H. (2021). An approach to sustainability management across systemic levels: The capacity-building in sustainability and environmental management model (CapSEM-Model). Sustainability, 13(4910), 1-13. https://doi.org/10.3390/su13094910
Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R., & White, L. L. (Eds.). (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global*

and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415379

Fujihara, Y., Simonovic, S. P., Topaloğlu, F., Tanaka, K., & Watanabe, T. (2008). An inverse-modelling approach to assess the impacts of climate change in the Seyhan River basin, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 53(6), 1121-1136. https://doi.org/10.1623/hysj.53.6.1121

Frontiers. (2021). Economics of climate change and digital technology integration. Frontiers in Environmental Economics.

Giorgi, F., ve Gutowski, W. J. (2015). Regional dynamical downscaling and the CORDEX initiative. *Annual Review of Environment and Resources*, 40, 467-490. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021217

Go To Bursa. (n.d.). Nüfus, Konum, İklim ve Coğrafya. Erişim tarihi 3 Kasım 2024, https://www.gotobursa.com.tr/tr/sayfa/nufus-konum-iklim-ve-cografya-47/

Hackenbruch, J., Kunz-Plapp, T., Müller, S., & Schipper, J. W. (2017). Tailoring climate parameters to information needs for local adaptation to climate change. Climate, 5(2), 25. https://doi.org/10.3390/cli5020025

Hayaloğlu, P. (2018). İklim değişikliğinin tarım sektörü ve ekonomik büyüme üzerindeki etkileri. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 9(25), 52-62.

Haktanır, K. (2000). Çevresel değişimlerde tarımın etkileri ve yönetim arayışları. *Ankara Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 1, 1-15.

Harmancioglu, N. B., ve Altinbilek, D. (Eds.). (2019). *Water Resources of Turkey*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11729-0

Haskett, M. E., Scott, S. S., Nears, K., ve Grimmett, M. A. (2008). Lessons from Katrina: Disaster mental health service in the Gulf Coast region. Professional Psychology: Research and Practice, 39(1), 93-99. https://doi.org/10.1037/0735-7028.39.1.93

Innocenti, M., Perilli, A., Santarelli, G., Carluccio, N., Zjalic, D., Acquadro Maran, D., Ciabini, L., ve Cadeddu, C. (2023). How does climate change worry influence the relationship between climate change anxiety and eco-paralysis? A moderation study. Climate, 11(190), 1-16. https://doi.org/10.3390/cli11090190

IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

IPCC. (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change. Erişim: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

İklim Değişikliği Başkanlığı. (2024). 2024 Yılı Performans Programı. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.

İklim Değişikliği İhtisas Heyeti Raporu (2013). https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2013/iklim-Degisikligi-ihtisas-Raporu-2013.pdf

Jiang, M. et al. (2011). Life cycle greenhouse gas emissions of Marcellus shale gas. Environmental Research Letters, 6(3), 034014. https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/3/034014

Kapluhan E. vd.. (2023). "Kuraklık ve Türkiye Tarımına Etkileri" İksad Yayınevi, Ankar

Karaer, F. (2023). Küresel Isınma ve İklim Krizi. Bursa Uludağ Üniversitesi.

Kınacı, C., vd. (2016). *İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi projesi*. Proje Nihai Raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Knutti, R., ve Sedlacek, J. (2013). Robustness and uncertainties in the new CMIP5 climate model projections. *Nature Climate Change*, 3(4), 369-373. https://doi.org/10.1038/nclimate1716

Leahy, S., Clark, H., & Reisinger, A. (2020). Challenges and Prospects for Agricultural Greenhouse Gas Mitigation Pathways Consistent With the Paris Agreement. Frontiers in Sustainable Food Systems, 4, 69. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00069

Liu, X. & Xin, L. (2023). Spatial and temporal evolution and greenhouse gas emissions of China's agricultural plastic greenhouses. Science of the Total Environment, 863, 160810. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160810

Measham, T. G., Preston, B. L., Smith, T. F., Brooke, C., Gorddard, R., Withycombe, G., ve Morrison, C. (2011). Adapting to climate change through local municipal planning: Barriers and challenges. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 16(8), 889–909. https://doi.org/10.1007/s11027-011-9301-2

Nacar, S., Mete, B., Tokgöz, B. S., & Bayram, A. (2024). İklim Değişikliğinin Deniz Suyu Sıcaklıkları Üzerindeki Olası Etkilerinin Değerlendirilmesi: Orta Karadeniz Örneği. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 16(1), 279-289. https://dx.doi.org/10.29137/umagd.1402913

National Bureau of Economic Research. (2021). The economic cost of sea level rise and other impacts of global warming. NBER Reporter. https://rossihansberg.economics.uchicago.edu

North, C. S., Weaver, J. D., Dingman, R. L., Morgan, J., ve Hong, B. A. (2000). The American Red Cross Disaster Mental Health Services: Development of a cooperative, single function, multidisciplinary service model. Journal of Behavioral Health Services & Research, 27(3), 314-329. https://doi.org/10.1007/BF02291712

Obiora, C.J., ve Madukwe, M.C. (2011). *Climate Change Mitigation: The Role of Agriculture*. Journal of Agricultural Extension, 15(1), 51-57. doi: 10.4314/jae.v15i1.6.

Öztürk, M. Z. (2009). Uludağ (Zirve) ve Bursa Meteoroloji İstasyonlarının Karşılaştırmalı İklimi. Türk Coğrafya Dergisi, 55, 13-24.

Özmen, M. T. (2009). Sera Gazı - Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü. TMH, 453(142), 143-146.

Pechancová, V., Hrbáčková, L., Dvorský, J., Chromjaková, F., & Stojanovic, A. (2019). Environmental management systems: an effective tool of corporate sustainability. Entrepreneurship and Sustainability Issues, 7(2), 825-841. https://doi.org/10.9770/jesi.2019.7.2(3)

Popkova, E. G., ve Shi, X. (2022). Economics of climate change: Global trends, country specifics, and digital perspectives of climate action. Frontiers in Environmental Economics, 1, Article 935368. https://doi.org/10.3389/frevc.2022.935368

Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., 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. doi:10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009

Rosenbaum, S. (2006). US health policy in the aftermath of Hurricane Katrina. JAMA, 295(4), 437-440. https://doi.org/10.1001/jama.295.4.437

Russell, T. (2024). A 'greenhouse affect'? Exploring young Australians' emotional responses to climate change. Climatic Change, 177, 75. https://doi.org/10.1007/s10584-024-03737-y

S. Sensoy, M Demircan, U Ulupınar, I Balta (2008). Türkiye İklimi, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ), Ankara, https://mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/13_turkiye_iklimi.pdf

Speirs, J. et al. (2020). Natural gas fuel and greenhouse gas emissions in trucks and ships. Progress in Energy, 2(1), 012002. https://doi.org/10.1088/2516-1083/ab56af

Şener, Ş., Şener, E., ve Davraz, A. (2017). Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). *Science of The Total Environment*, 584-585, 131-144. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.133

Şeker, M. (2024). Farklı İklim Değişikliği Senaryoları Altında Akdeniz Bölgesindeki Kuraklığın Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

T.C. Bursa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. (n.d.). Bursa İli Genel Bilgiler. Erişim tarihi 3 Kasım 2024, https://bursa.ktb.gov.tr/TR-70228/bursa-ili-genel-bilgiler.html

Turan, R. B., ve Karaer, F. (2019). Bursa Osmangazi Belediyesi kurumsal karbon ayak izi hesabı ve iklim değişikliği uyum çalışmaları. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 4(1), 17-24.

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 İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4(2), 1-32.

Ustaoğlu, F., Taş, B., Tepe, Y., ve Topaldemir, H. (2019). Comprehensive assessment of water quality and associated health risk by using physicochemical quality indices and multivariate analysis in Terme River, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(44), 62736-62754. https://doi.org/10.1007/s11356-019-06989-4

Yılmaz, E., ve Çiçek, İ. (2016). Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3973-3994. https://doi.org/10.14687/jhs.v13i3.3920

World Bank Group. (2023). Climate Change Knowledge Portal. Erişim adresi: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/turkiye/cmip5

Vardar, A., Kurtulmuş, F., ve Darga, A. (2011). Local indications of climate changes in Turkey: Bursa as a case example. *Climatic Change*, *106*(2), 255-266. https://doi.org/10.1007/s10584-010-9904-8

van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J. F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J., ve Rose, S. K. (2011). The representative

concentration pathways: An overview. *Climatic Change*, 109(1), 5-31. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z

Vural, H., Turhan, Ş., & Erdal, B. (2013). Bursa tarımının sosyo-ekonomik yapısı. Bursa: Bursa Ticaret Borsası Kültür Yayınları

Yao, F. M., Qin, P. C., Zhang, J. H., Lin, E. D., ve Boken, V. (2011). Uncertainties in assessing the effect of climate change on agriculture using model simulation and uncertainty processing methods. Chinese Science Bulletin, 56(8), 729-737. doi: 10.1007/s11434-011-4374-6.

Yalılı Kılıç, M., Adalı, S., & Aydın, M. (2022). Elektrik İhtiyacının Sağlanmasında Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistem Tasarımı: Bursa Tekstil Fabrikası Örneği. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 27(3), 897-907. DOI: 10.17482/uumfd.1161361.

Yılmaz, E., & Çiçek, İ. (2016). Türkiye Thornthwaite İklim Sınıflandırması. Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi.

Yılmaz, V., & Demir, M. (2006). Türkiye'de meteorolojik afetlerin iklim değişikliği ile ilişkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 55(1), 15-24.

Wang, Y. (2021). Research on the Relationship Between Green Energy Use, Carbon Emissions and Economic Growth in Henan Province. Frontiers in Energy Research, 9, 701551. DOI: 10.3389/fenrg.2021.701551.

World Bank. (2022). *Türkiye İklim Değişikliği ve Kalkınma Raporu*. https://www.worldbank.org/en/country/turkey/publication/climate-change-and-development-report-for-turkey

World Bank. (2023). *Charting a Course to Climate Action and Green Transition in Türkiye*. https://www.worldbank.org/en/news/brief/2023/10/30/climate-action-and-green-transition-in-turkey