

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KÜRESEL İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİNİN ENTEGRE SU YÖNETİMİ ÜZERİNDEKİ
OLASI ETKİLERİ

Kamer Ali KORKMAZ

ENTEGRE SU YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2024

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ENTEĞRE SU YÖNETİMİ ÜZERİNDEKİ OLASI ETKİLERİ

KAMER ALİ KORKMAZ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Entegre Su Yönetimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Alper Serdar ANLI

Artan nüfus oranları, fosil yakıtları, sanayileşme, buna bağlı olarak ormansızlaşma ve tarımsal arazilerin bilinçsiz bir şekilde kullanımlarından dolayısıyla atmosfer içerisindeki sera gazlarının hacimce oranları artmaktadır. Sera gazlarının artışı ile sıcakların artmasına bağlı olarak iklim değişikliklerinin gerçekleşmesi günümüzde doğa ve dolayısıyla canlı yaşamını etkileyen önemli bir sorun haline gelmektedir. İklim değişikliğinin, gelecek dönemlerde yaşam standartları üzerinde oldukça etkin rol oynayacağı tüm bilim camiası tarafından kabul görmüş bir gerçektir. Dolayısıyla bu çalışma, her geçen gün etkisini biraz daha hissettiren iklim değişikliğinin önüne geçilmesi amacıyla ile bu değişikliklere karşı alınması muhtemel tedbirlerin analiz edilmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda küresel iklim değişikliği incelenerek, küresel iklim değişikliğinin nedenleri, doğa ve dolayısıyla canlı yaşamı üzerindeki etkileri, gelecek nesiller üzerindeki etkileri; küresel iklim değişikliğinin entegre su yönetimi üzerindeki etkileri ve küresel iklim değişikliği gölgesinde entegre su yönetiminin sürdürülebilirliği çerçevesinde değerlendirilmiş, ve entegre su yönetiminin sürdürülebilirliğinin mümkün kılınması noktasında iklim değişikliğine karşı alınması gerekenler önlemler ortaya konulmuştur. Bu çerçevede küresel sıcaklık artışının 2 °C' altıda tutulması ve 1,5 °C ile sınırlandırılması hedeflenmektedir.

Mart 2024, 85 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sera gazı, Su ayak izi, Sürdürülebilirlik, İklim modelleri, Karbon ayak izi

ABSTRACT

Master Thesis

GLOBAL CLIMATE CHANGE AND ITS POSSIBLE IMPACTS ON INTEGRATED WATER MANAGEMENT

Kamer Ali KORKMAZ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Integrated Water Management

Supervisor: Assoc. Prof. Alper Serdar ANLI

Increasing rates of influence, fossil fuels, industrialization, consequent deforestation, and unsustainable use of agricultural lands result in an increase in the volume of greenhouse gases in the atmosphere. The rise in greenhouse gases leads to climate change, which has become a significant issue affecting nature and consequently, life on Earth, due to the corresponding increase in temperatures. It is widely accepted within the scientific community that climate change will play a significant role in future living standards. Therefore, this study aims to analyze the measures that could be taken to mitigate the effects of climate change, which are increasingly being felt every day. Within this scope, global climate change is examined, including its causes, effects on nature and consequently, on living beings, as well as its impacts on future generations. The effects of global climate change on integrated water management and the sustainability of integrated water management under the shadow of global climate change are evaluated. Furthermore, measures to be taken against climate change to ensure the sustainability of integrated water management are proposed. In this regard, it is aimed to keep the global temperature increase below 2°C and limit it to 1.5°C.

March 2024, 85 pages

Key Words: Greenhouse gases, Water footprint, Sustainability, Climate models, Carbon footprint

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca, engin tecrübeleri ile beni hem yönlendiren hem de yönlendirdiği yöne ışık olan, her daim sonuç odaklı yaklaşımlarıyla ve hiçbir zaman esirgemediği yakın alaka ve desteği ile yolumu açan, motivasyonumun düşmesine asla izin vermeyen ve katkıları eğitim ve bilimsel çalışmaların çok ötesinde insanlık onurunu okşayan ve bir ömür hatırlayıp saygıyla anacağım çok kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Alper Serdar ANLI' ya en derin şükranlarımı sunarım.

Yüksek lisans eğitimime başlama kararımı almam noktasında beni var gücüyle teşvik eden, bu süreçte hiçbir fedakârlıktan kaçınmadan beni her konuda destekleyen canım yoldaşım, hayat arkadaşım Alime Berfin KORKMAZ'a ve canımdan öte biricik kızlarım iki gözüm Eva KORKMAZ'a ve Lina KORKMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kamer Ali KORKMAZ
Ankara, Mart 2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. İKLİM VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAVRAMLARI	10
2.1 İklim	10
2.2 İklim Değişikliği	11
2.3 Küresel Isınma.....	14
2.4 Sera Gazı Etkisi ve Sera Gazları	15
2.4.1 Karbondioksit.....	17
2.4.2 Metan.....	19
2.4.3 Ozon.....	20
2.4.4 Su buharı.....	21
3. İKLİM SİSTEMİNDE GÖRÜLEN DEĞİŞİKLİKLER VE OLASI ETKİLERİ	23
3.1 Atmosfer.....	26
4. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNDE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER	29
4.1 Küresel İklim Değişikliği İçin Alınması Gereken Önlemler Kapsamında Yerel Yönetimlere Düşen Görevler	31
5. TÜRKİYE’DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN MEVCUT VE GELECEKTEKİ ETKİLERİ	36
5.1 Gözlenen Sıcaklık Değişimleri	42
6. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ	44
6.1 İklim Değişikliğinin Ekolojik Sistem Üzerindeki Etkileri.....	45
6.2 İklim Değişikliğinin Sosyoekonomik Etkileri.....	45
6.3 İklim Değişikliğinin Politik Etkileri	47
6.4 Barajlar ve Hidroelektrik Enerji.....	49
7. ENTEGRE SU YÖNETİMİ	53

8. ENTEGRE SU YÖNETİMİ KAVRAMININ ORTAYA ÇIKIŞI	56
8.1 İklim Değişikliğine Uyum	57
8.2 İklim Değişikliğinde İklim Modelleri	59
8.3 Tarihsel İklim Veri Setleri ve Eğilim Analizleri.....	61
8.4 İklim Değişikliğinde Kavramsal Çerçeve.....	62
9. ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ... 	65
9.1 Entegre Su Kaynakları Yönetiminde Su Kaynakları ve Suyun Dünya Üzerindeki Dağılımı	66
9.2 Su Yönetiminin Ekonomik, Sosyal ve Ekolojik Çerçevesi Altında İncelenmesi	70
10. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ.....	Error! Bookmark not defined.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrat
%	Yüzde
mm	Milimetre
ppm	Milyonda bir

Kısaltmalar

ABDUOAY	ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer Yönetimi
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CH ₄	Metan
CO ₂	Karbondioksit
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
ESKY	Entegre Su Kaynakları Yönetimi
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GCM	Küresel Sirkülasyon Modelleri
HES	Hidroelektrik Santrali
HFCs	Hidroflorokarbonlar
H ₂ O	Su
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
KİM	Küresel İklim Modelleri
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NASA	Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
N ₂ O	Diazotmonoksit
O ₃	Ozon
PFC	Perflorokarbonlar
RCP	Temsili Konsantrasyon yolları
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
UV	Ultraviyole

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Ülkelerin 2015-2020 yılları arasındaki ortalama CO ₂ emisyonları	3
Şekil 1.2 Ülkeler bazında küresel CO ₂ emisyonları.....	4
Şekil 1.3 Endüstriyel çalışmalar, çevre ile arazi alanlarının kullanımından doğan CO ₂ emisyonla.....	5
Şekil 1.4 Geçmiş ve gelecekteki atmosferik CO ₂ konsantrasyonları.....	6
Şekil 1.5 IPCC'ye 440,000 öncesi ile 100 yıl sonrasında ulaşılması istenilen atmosferdeki karbondioksit seviyelerinin karşılaştırılması	7
Şekil 1.6 1000-2100 yılları arasında dünya yüzeyindeki hava sıcaklıklarındaki değişimler	9
Şekil 2.1 2000 yılda kuzey yarımküre ortalama sıcaklıklarının zamana göre değişimi..	13
Şekil 2.2 Küresel Kara-Deniz sıcaklıkları indeksi	15
Şekil 2.3 Küresel karbon döngüsü	17
Şekil 2.4 Küresel karbon döngüsünün ekosistem üzerindeki gösterimi	18
Şekil 2.5 Küresel CO ₂ seviyesi	19
Şekil 2.6 Ozon'u etkileyen faktörler	21
Şekil 2.7 Küresel hidrolik çevrim	22
Şekil 3.1 Sıcaklık anomalileri	25
Şekil 3.2 Yıllık ortalama yüzey sıcaklığı projeksiyonları.....	26
Şekil 3.3 RCP 2.6 (Üst) ve RCP 8.5 (Alt) Senaryolarına Göre 1970-1999 yılları referans alındığında 2071-2099 dönemi boyunca ortalama yıllık yağış miktarlarındaki değişimler	28
Şekil 5.1 Türkiye 1991-2020 yılları arası donlu günler sayısı (www.cevreselgostergeler.csb.gov.tr)	37
Şekil 5.2 Türkiye donlu günler sayısının yıl ve gün bazında dağılımı (www.cevreselgostergeler.csb.gov.tr)	38
Şekil 5.3 Türkiye'nin 1961-2010 yılları arası yağış ve ortalama sıcaklıklarının aylık dağılımı (Bütüner 2019)	39
Şekil 5.4 Dünyada ve Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklıklar (MGM 2020).....	42

Şekil 5. 5 Yıllık toplam yağış için eğilim analizi (Jessup vd. 2016).....	43
Şekil 6. 1 Hidroelektrik enerji santrallerinin ana parçaları (Bonsor vd. 2019).	51
Şekil 7.1 Entegre su yönetimi bileşenleri.....	53
Şekil 8.1 MGM'ye ait 97 istasyon ile yıllık ortalama sıcaklıklarına (1961-2011 dönemi için) göre RH Test ile yapılan homojenlik sonuçları.....	62
Şekil 8.2 Su yönetimi araştırmalarındaki belirsizliklerle başa çıkmada dört pozisyonun kavramsal çerçevesi.....	63
Şekil 9.1 Dünyada su kullanımı dağılım grafiği	68
Şekil 10.1 Çin'de kurulan bir 40 MW yüzer GES	76
Şekil 10.2 Pompaj depolamalı hidroenerji	77
Şekil 10.3 Sıfır sıvı deşarjı.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

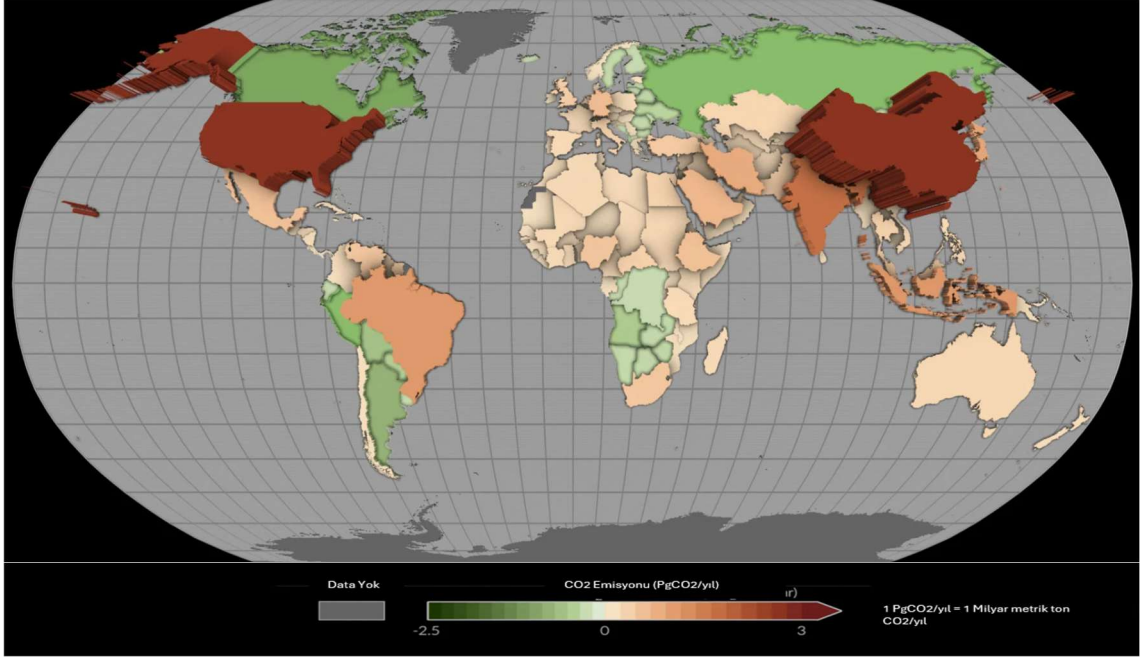
Çizelge 1.1 Sera gazı emisyonunu etkileyen faktörler.....	8
Çizelge 6.1 İklim değişiminin ekonomik etkileri.....	46
Çizelge 8.1 AR4 kapsamında geliştirilen 23 iklim modeli	60
Çizelge 9.1 Dünya üzerindeki toplam suyun yüzdelerik dağılımı	67
Çizelge 9.2 Türkiye’de sektörlere göre su tüketim miktar ve yüzdeleri.....	69
Çizelge 9.3 Suyun sektörel alanda kullanım oranları.....	70

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi, insanlık tarihinde önemli bir dönüm noktası olmuştur. 18. yüzyılın sonlarında başlayan bu dönemde, üretim süreçleri köklü bir değişim geçirmiş ve bedensel işçilikten makine gücüne dayalı bir modele evrilmiştir. Bu dönüşüm, endüstriyel üretimde kayda değer bir artış sağlamış ve birçok sektörde devrim niteliğinde değişikliklere yol açmıştır. Makinelerin yaygın olarak kullanılmaya başlanması, üretimlerin hem nitelik hem de nicelik bakımından büyük bir ivme kazanmasını sağlamıştır. Makinelerin daha verimli ve etkili bir şekilde çalışmasıyla, ürünlerin daha hızlı ve daha kaliteli bir şekilde üretilmesi mümkün olmuştur. Bu durum, sanayi üretiminde devrim niteliğinde bir gelişmeye sebep olmuş ve ekonomik büyümeyi tetiklemiştir. Ancak, sanayi devrimi sadece üretim süreçlerini değil, aynı zamanda toplumun yaşam tarzını da derinden etkilemiştir. Artan refah düzeyleri, insanların yaşam tarzlarını değiştirmiş ve tüketim alışkanlıklarını hızla artırmıştır. Endüstriyel üretimin artmasıyla birlikte, daha fazla mal ve hizmet talebi ortaya çıkmış ve bu da tüketim alışkanlıklarının artmasına yol açmıştır. İnsanlar, daha fazla çeşitlilikte ürüne ve hizmete erişim sağlayarak yaşamlarını daha konforlu hale getirmişlerdir (Küçükkalay vd. 1997).

Bununla birlikte, sanayi devrimi sadece üretim ve tüketimdeki bu değişikliklerle sınırlı kalmamıştır. Nüfus artışı da bu dönemde hız kazanmıştır. 19. yüzyılın başlarında dünya nüfusu yaklaşık bir milyar civarındayken, sanayi devrimi sonrasında yükselen refah seviyesi ile birlikte bu rakam hızla artarak günümüzde sekiz milyarın üzerine çıkmıştır. Kırsal kesimlerden şehirlere gerçekleşen göçler sonucunda, şehirlerdeki nüfus yoğunluğu artmış ve bu da yaşam koşullarının değişmesine neden olmuştur. Şehirlerdeki aşırı nüfus artışı, altyapıya olan talebi artırmış ve şehirlerin büyümesine yol açmıştır. Sanayi devriminin beraberinde getirdiği bu değişimler, doğal kaynakların kullanımında da büyük bir artışa neden olmuştur. Artan üretim ve tüketim, enerji ihtiyacını tetikleyerek doğal kaynakların daha yoğun bir şekilde kullanılmasına sebep olmuştur. Bu durum, kullanılan yakıtlar ve hammaddeler dolayısıyla oluşan sera gazları salınımını artırmış ve ekosistemin, çevrenin ve atmosferin büyük ölçüde kirlenmesine yol açmıştır (Bektaş vd. 2021).

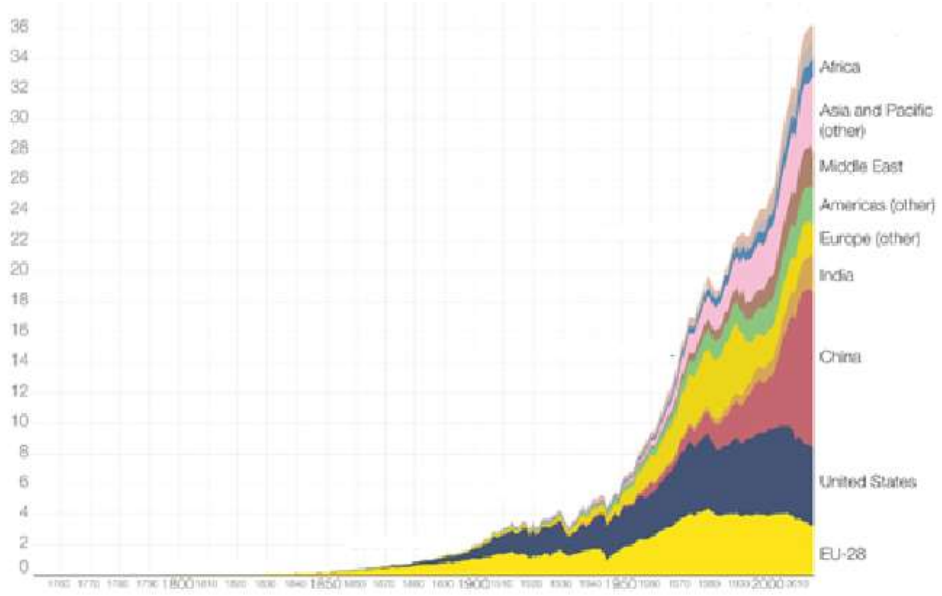
Sanayi devrimiyle birlikte, fosil yakıtların yaygın olarak kullanılması ve endüstriyel faaliyetlerin artması sonucunda atmosfere salınan sera gazı miktarlarında ciddi bir artış gözlemlenmiştir. Özellikle, kömür ve petrol gibi fosil yakıtların yanmasıyla atmosfere salınan karbondioksit (CO₂) gazı, sera etkisi yaratarak dünyanın ısınmasına neden olmuştur. Bu artışın, iklim değişikliği olarak adlandırılan süreci tetiklediği ve dünyanın ikliminin değişmesine yol açtığı bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Sanayi devrimi sonrasında atmosferdeki CO₂ seviyelerindeki artışın yanı sıra, diğer sera gazları da atmosfere salınmıştır. Metan (CH₄), azot oksitler (NO_x) ve kloroflorokarbonlar (CFC) gibi gazlar da sera etkisi yaratarak iklim değişikliğine katkıda bulunmuştur. Bugün, iklim değişikliğinin yarattığı etkiler çok net bir şekilde görülmektedir. Sıcaklık artışı, buzulların erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesi, ekstrem hava olaylarının sıklığının ve şiddetinin artması gibi olaylar, iklim değişikliğinin belirtileridir. Bu değişiklikler, doğal ekosistemleri, tarımı, su kaynaklarını ve insan sağlığını ciddi şekilde etkilemektedir. Küresel iklim değişikliğinin, temiz su kaynaklarını gelecek dönemde kötü etkileyerek zaten endişe verici seviyede bulunan koşulların dünya genelinde daha da korkutucu hale getirmesi herkes tarafından kabul edilen bir öngörü haline gelmiştir. Zira, yüksek nüfus artışı, yoğun sanayileşme, bilinçsiz tarım ve şehirleşme gibi etmenler dolayısıyla zaten hassas bir dönemde bulunan temiz su kaynaklarının kirlenmesine ve azalmasına yol açması kaçınılmazdır. Konu kısıtlı su kaynaklarının daha verimli bir biçimde kullanılmasının sağlanması açısından ele alındığında, “entegre su yönetimi” temelli uygulamalar sorunun çözümüne dair daha etkin yaklaşımlar ortaya koyacakları için önem kazanmaktadır. Sonuç olarak, sanayi devrimi dünya üzerinde önemli bir dönüşüme yol açmış ve birçok alanda büyük değişikliklere neden olmuştur. Dolayısıyla, bu dönüşümün getirdiği çevresel etkiler de göz ardı edilmemelidir. İklim değişikliği, çevre kirliliği ve doğal kaynakların tükenmesi gibi sorunlar, günümüzde hala ciddi bir şekilde ele alınması gereken konular arasındadır. Bu nedenle, sürdürülebilir bir gelecek için çevresel etkilerin minimize edilmesi ve doğal kaynakların korunması büyük önem taşımaktadır (Kadıoğlu vd. 2008). Şekil 1.1’de Ülkelerin 2015-2020 yılları arasındaki ortalama CO₂ emisyonları vermiştir.



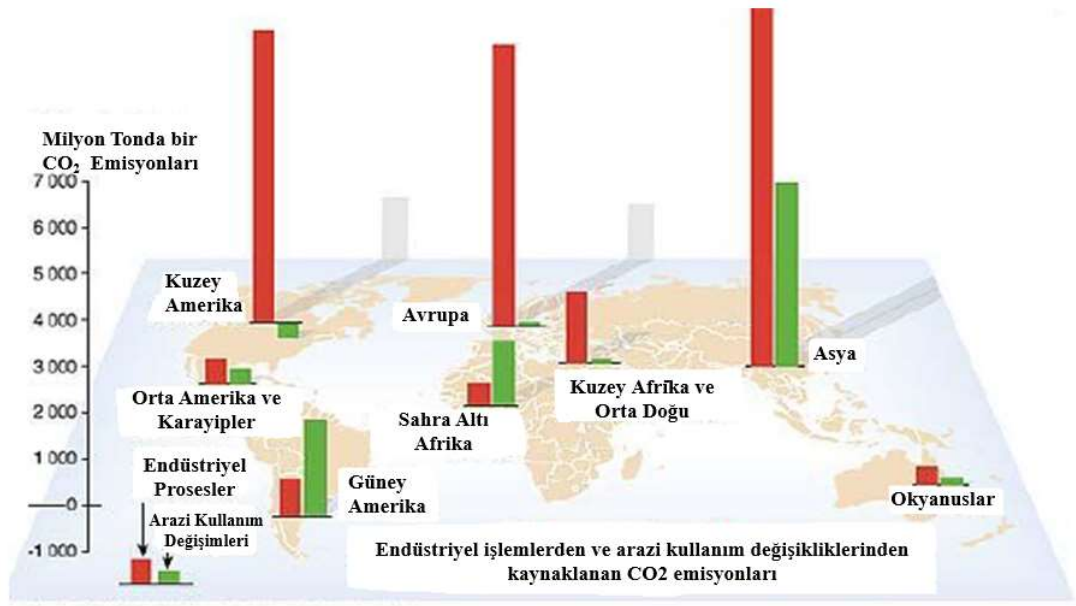
Şekil 1.1 Ülkelerin 2015-2020 yılları arasındaki ortalama CO₂ emisyonları (Kadıoğlu vd. 2008)

İnsan kaynaklı (antropojenik) etmenlerin etkisiyle hızlandığı bilinen iklim değişikiminin insanlara ve ekolojik sistemlere verdiği zarar, genellikle ortalama sıcaklıktaki artışın büyüklüğüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ortalama sıcaklık artışı, sera gazlarının atmosferdeki miktarları ile yakından ilişkilidir. Atmosferdeki sera gazlarının miktarındaki artış, dünya genelinde sera gazı salan ve aynı zamanda karbon depolayan doğal sistemlere zarar veren birçok faaliyetten kaynaklanmaktadır. Bu durum, insanoğlunun hassas dengede bulunan bir doğal düzeni bozması ve sera gazı salımının artırmasına sebep olmasıyla yakından ilişkilidir. Ağır ve hafif sanayi, enerji santralleri, ulaşım ve tarım faaliyetlerinde fosil yakıtların kullanılması sera gazlarının açığa çıkmasında önemli bir etken olarak görünmektedir. Buna paralel olarak kontrolsüz tarım ve şehirleşme, ormansızlaşma ve kentsel genişlemeyi tetiklemiş, dolayısıyla doğal karbon depolama sistemlerinin zarar görmesine ve sera gazlarının artmasına neden olmuştur. Başka bir deyişle, iklim değişikliği top yekûn insan hayatını ve tüm ekolojik sistemleri olumsuz şekilde etkilemektedir (Kadıoğlu vd. 2008)

Ortalama sıcaklıkların artması, aşırı hava olaylarının yaşanması, buzulların erimesiyle birlikte deniz seviyesinde yükselme, temiz su kaynaklarında azalma olması gibi ürkütücü sonuçlar iklim değişikliğinin insan sağlığına, tarıma, su kaynaklarına ve doğal yaşamın devamına olan tehdidini vurgulamaktadır. Şekil 1.2’de 1751-2015 yılları arasında ülkeler bazında küresel CO₂ emisyonları verilmiştir. Şekil 1.3’te ise endüstriyel çalışmalar, çevre ile arazi alanlarının kullanımından doğan CO₂ emisyonları verilmiştir.

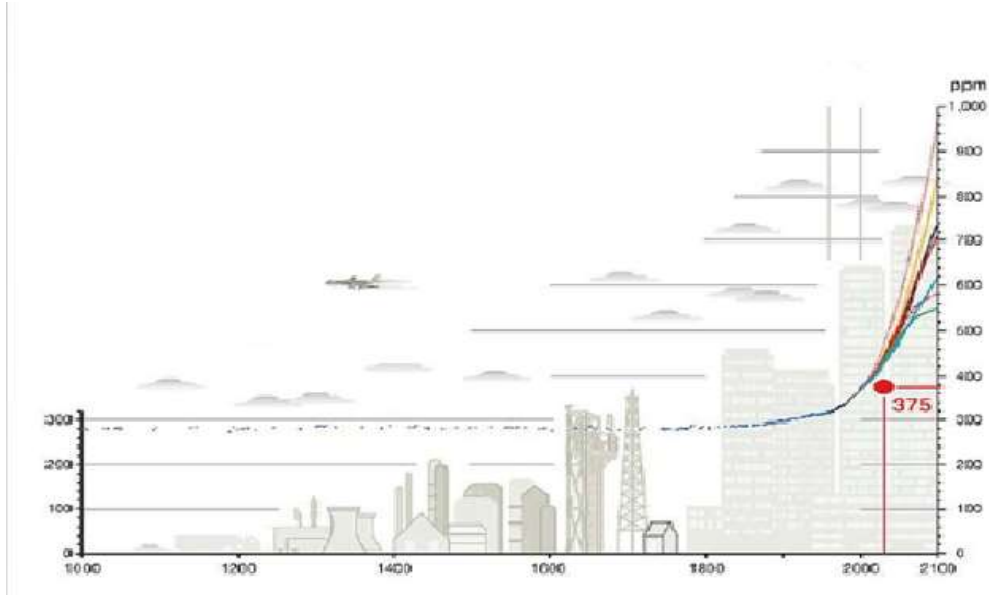


Şekil 1.3 Ülkeler bazında küresel CO₂ emisyonları, 1751-2015 (www.muse.union.edu)



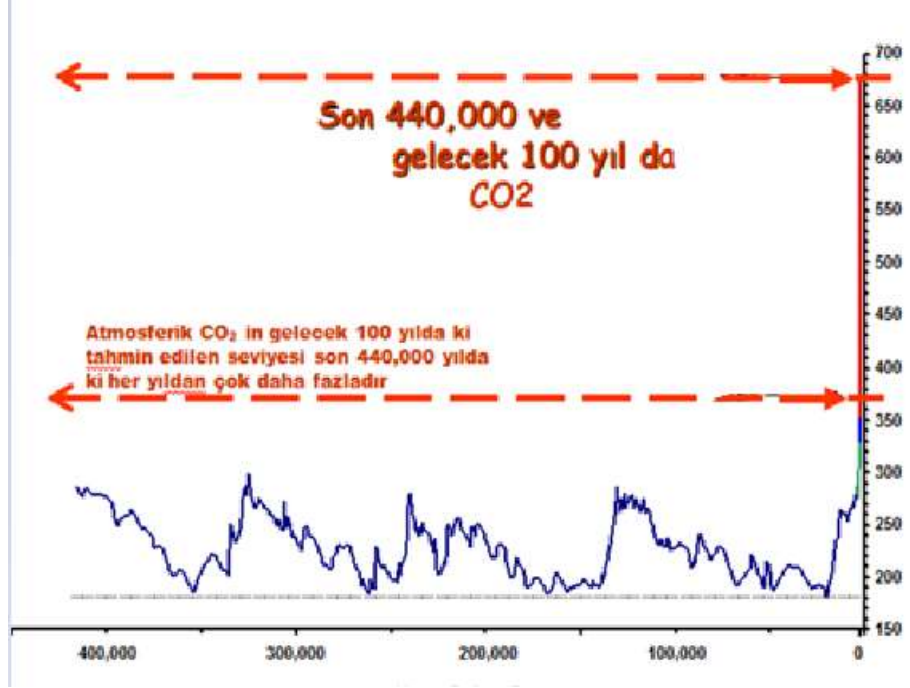
Şekil 1.4 Endüstriyel çalışmalar, çevre ile arazi alanlarının kullanımından doğan CO₂ emisyonları (Kadıoğlu vd. 2008)

Endüstri devriminden bu yana atmosferdeki sera gazı salınımlarının miktarı önemli ölçüde artmıştır. Örneğin, CO₂ konsantrasyonları yaklaşık %31, metan yaklaşık %150 ve azot oksitleri ise %16 oranında artmıştır (Watson vd. 2001). Mevzubahis artış Şekil 1.4'te gösterilmiştir.



Şekil 1.5 Geçmiş ve gelecekteki atmosferik CO₂ konsantrasyonları (Kadıoğlu vd. 2008)

Karbondioksit atmosfer katmanında mevcut olan atmosferin genel yapısında bulunan bir bileşiktir. Ancak buna rağmen kontrolsüz insan aktivitelerinden kaynaklı sera gazı etkisinin artan yönde olması nedeni ile karbondioksit miktarında da artış meydana gelmektedir. Günümüzde insanoğlunun kontrolsüz aktivitelerine bağlı olarak atmosferin doğal bileşenlerinden biri olan karbondioksit miktarında önemli bir artış yaşanmıştır. Bu artış temelde, fosil yakıt kullanımı, artan endüstriyel işletmeler, yeşil alanların kontrolsüz tahribatı ve bilinçsiz tarım gibi insan etkinlikleri kaynaklıdır. Özellikle enerji üretiminde ve ulaşımda kullanılan fosil yakıtlar karbondioksit salınımında önemli bir paya sahiptir. Ayrıca, tarım alanlarının genişletilmesi amacıyla yeşil alanların tahrip edilmesi, en önemli doğal karbon depolama sistemlerinin küçülmesine, dolayısıyla da karbonizasyonun azalmasına sebep olmaktadır. Atmosferdeki karbondioksit miktarı her geçen gün artış göstermekle birlikte, sera etkisi ve buna bağlı iklim değişikliği hız kazanmaktadır. Bu nedenle, karbondioksit emisyon değerlerinin düşürülmesi ve doğal karbon depoları olarak bilinen ormanlık alanların korunması, iklim değişikliğiyle yavaşlatılması hatta önlenmesi noktasında hayati bir anlam taşımaktadır. Şekil 1.5'te IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)'ye 440,000 yıl öncesi ile 100 yıl sonrasında ulaşılması istenilen atmosferdeki karbondioksit seviyelerinin karşılaştırılması verilmiştir. Sera gazı emisyonunu etkileyen faktörler ise Çizelge 1.1'de verilmiştir.

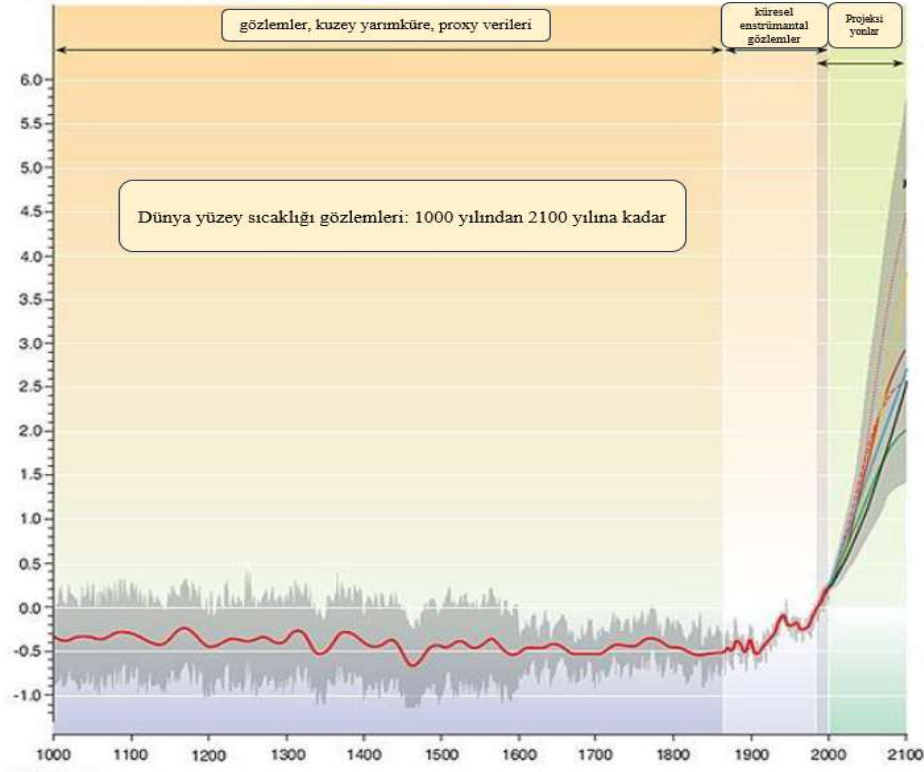


Şekil 1.6 IPCC'ye 440,000 yıl öncesi ile 100 yıl sonrasında ulaşılması istenilen atmosferdeki karbondioksit seviyelerinin karşılaştırılması (Kadioğlu vd. 2008)

Çizelge 1.2 Sera gazı emisyonunu etkileyen faktörler (Biberoğlu vd. 2007).

Fosil yakıtlar	Karbon içeriği, kalori değeri gibi yakıt özellikleri Madenin tipi ve yeri Yakıtın çıkarılma yöntemi Doğal gaz için boru hattı kayıpları Dönüşüm verimliliği Yakıt temini, tesisin kurulması ve sökülmesi için kullanılan elektriğin elde edildiği yakıt cinsi
Hidrolik	Baraj inşaatı için kullanılan enerji İnşaat malzemelerinin üretiminden kaynaklanan emisyonlar
Rüzgar	Bileşenlerin üretimi ve inşaat sırasında kullanılan enerji
Güneş	Pil üretiminde kullanılan silikonun miktarı ve niteliği Üretim için kullanılan elektriğin elde edildiği yakıt cinsi
Biyokütle	Yakıt özelliği (nem içeriği, kalori değeri) Yakıt hazırlamada kullanılan enerji (büyütme, hasat, taşıma) Tesis teknolojisi
Nükleer	Yakıtın çıkarılması, dönüştürülmesi, zenginleştirilmesi ve tesisin inşaatı ile sökülmesi sırasında kullanılan enerji Yakıt zenginleştirme için gerekli olan enerji (gaz difüzyon teknolojisi yakıtın zenginleştirilmesi aşamasında enerji yoğun bir işlemdir ve santrifüj işlemine göre 10 kat daha fazla sera gazına sebep olur. Lazer teknolojisi ise santrifüj işlemine göre daha az emisyonla sebep olur.) Yakıtın yeniden işlenmesi ve geri dönüştürülmesi yakıtın tek sefer kullanılmasına göre enerji üretim zincirinde %10-15 daha az sera gazı emisyonuna sebep olur.

Şekil 1.7’de 1000-2100 yılları arasında dünya yüzeyindeki hava sıcaklıklarındaki değişimler gösterilmiştir.



Şekil 1.8 1000-2100 yılları arasında dünya yüzeyindeki hava sıcaklıklarındaki değişimler (Kadıoğlu vd. 2008)

İnsan etkinliklerinin sorumlu olduğu küresel ısınma, 1°C'nin biraz altında seyretmektedir. Ancak, dünyanın bazı bölgelerinde ısınma, dünya ortalamasının çok üzerindedir. Bu ısınma, endüstriyel devrimden kaynaklanan ve ondan önceki doğal nedenlerle oluşan atmosferik sera gazlarının birikmesiyle ilişkilidir. Artan ısınmanın temel nedeni büyük ölçüde insan etkinlikleri sonucu gerçekleşen sera gazı salınımları ve arazi kullanımından kaynaklanmaktadır (IPCC 2001). Yüzyıldan günümüze kadar geçen süre içerisinde küresel ortalama hava sıcaklıklarında 0,3 ila 0,6 °C arasında bir artış gözlemlenmiştir. Yapılan araştırmalar, 1990 yılından sonra kaydedilen en sıcak dört yılın sırasıyla 1990, 1991, 1994 ve 1995 olduğunu göstermektedir. Gelecekte ise her 10 yılda bir 0,1°C minimum olacak şekilde ısınmanın artarak devam edeceği tahmin edilmektedir (Türköz 2015).

2. İKLİM VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAVRAMLARI

Günümüzde iklim değışikliği ile küresel ısınma kavramları sıklıkla karşılaştığımız ve genellikle birbiriyile karıştırlan terimlerdir. İklim, belirli bir bölge veya dünya genelinde uzun dönemli hava koşullarının genel ortalaması olarak değerlendirilmektedir. İklim, sıcaklık, nem, rüzgâr ve yağış gibi hava faktörlerinin uzun vadedeki ortalama değeriyle ilgilenir. Küresel ısınma ise, dünyanın genelindeki yıllık ortalama sıcaklık değeriindeki yükselme miktarını temsil eder ve iklim değışikliği ile ilişkilendirildiğinde istatistiksel bir neticeyi ifade eder. Küresel ısınma, insan faaliyetleri dolayısıyla hızlanan sera gazı salınımlarının atmosferde birikerek belli bir yoğunluğa erişmesi ile ortalama sıcaklıkların küresel anlamda artış göstermesidir. Yani sera gazları, yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarını atmosferde yakalamak suretiyle ısınmayı tetikler, bu durumun küresel ölçekte yaşanması ısınmanın da küresel ölçekte sonuçlanmasına neden olur. İklim değışikliği ise, belirli bir bölgedeki sıcaklık, nem ve yağış gibi hava değeriinin kalıcı olarak farklılık göstermesidir. Bu farklılaşma, küresel ölçekteki ortalama sıcaklıkların yükselmesine bağlı olabileceği gibi, atmosferin, okyanusların dinamiklerinde yaşanan birtakım değışikliklerden de kaynaklanabilir. İklim değışikliği, tarım alanları, su kaynaklarının yönetimi ve sürdürülebilirliği, sağlık, sosyal ve ekonomik gibi birçok hassas konuyu doğrudan etkilemektedir. Sonuç olarak, küresel ısınma ve iklim değışikliği arasında sık sık anlam karışıklığıyla karşılaşıması bir yana, bu terimlerin ifade ettiği anlam farklılıklarını ve ilişkilerini kavramak gerekmektedir. Özetle, iklim değışikliği, uzun süreli hava koşullarındaki değışimlerle, küresel ısınma ise bu değışimlerin bir sonucu olarak sıcaklıklarda gözlemlenen artışla alakalıdır (Kılıç vd. 2009).

2.1 İklim

Belirli bir alanda orta ve uzun vadede gözlemlenen meteorolojik koşulların istatistiksel ortalaması iklim olarak tanımlanır. Haliyle iklim çeşitli faktörlerin tesiri altındadır. Deniz-buz, deniz-hava ve deniz-kara etkileşimleri, arazilerin değerlendiriliş biçimleri, insan eylemleri, volkanlardan yayılan gazlar ve küresel sıcaklıklar gibi faktörler iklimlerin şekillenmesinde önemli bir paya sahiptir. Dolayısıyla sayılan faktörlerin tümü, iklimlerin yapısının belirlenmesinde önemli rol oynar.

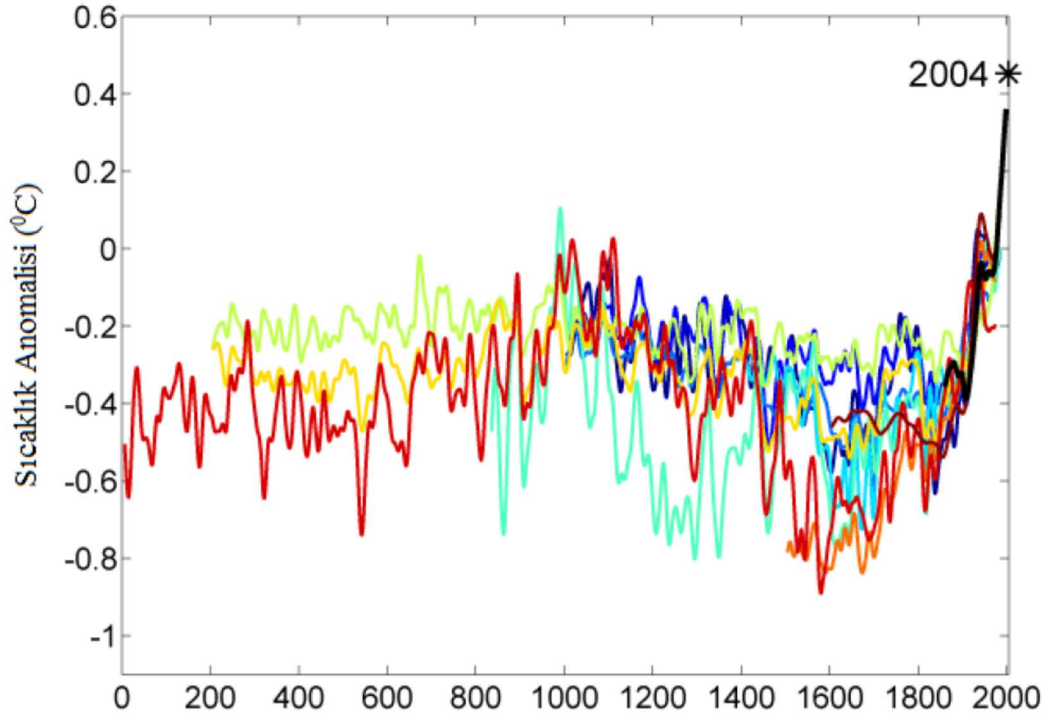
Deniz ve karalar arasındaki etkileşimlerin iklim karakteristiğine tesir ettiği, okyanusların, su buharı ve enerjiyi depolayan büyük bir termal depolama alanı gibi rol üstlendiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, deniz suyu sıcaklığındaki gözlemlenen farklılıklar, havadaki nem seviyelerini ve muhtemel yağış miktarını etkilemek suretiyle iklimlerin bir forma bürünmesine zemin hazırlar. Benzer şekilde, arazi yapısının şekillenmesi noktasında belirleyici rol oynayan faktörler arasında kabul edilen insan eylemleri, şehirleşme ve tarım gibi faktörler, yerel iklimin oluşması üzerinde etkilidir. Ormanların tahrip edilmesi, kentsel ısınma adası etkisi gibi bölgesel etkilere sebep olabilir. Volkanik faaliyetler de iklim dengesini kısa vadede gözlemlenebilir bir biçimde etkileyebilir. Volkanik patlamalarla, büyük miktarlarda kül ve gaz atmosfere verilir, atmosferde biriken bu kül ve gazlar güneş ışınlarının yer yüzüne erişmesini engelleyen bir tabaka oluşturmak suretiyle kısa vadeli bir bölgesel soğumaya neden olabilir. İklimin karmaşıklığının, bir bölgedeki uzun vadeli meteorolojik dinamiklerin tam olarak anlaşılmasını zorlaştırdığı aşikardır. Buna rağmen, iklimlerin şekillenmesinde rol oynayan her türlü faktörün dikkatle değerlendirilmesi, iklim değişikliği gibi önemli bir hususta geleceğe dair daha doğru projeksiyonların oluşturulmasında bu çerçevede en doğru politika ve eylem planlarının belirlenmesinde elimizi güçlendirecektir (Kadıoğlu vd. 2008).

2.2 İklim Değişikliği

İklimin uzun periyotlarda takip edilen ortalamasının dışında gerçekleşen değişiklikler iklim değişikliği olarak tanımlanmaktadır. Dünyamızın başlangıcından bugüne dek geçen sürede iklim sisteminde farklı zaman ölçeklerinde doğal nedenler ve süreçlerde birçok değişiklik meydana gelmiştir. 19. Yüzyıldan itibaren bu doğal değişim ve sürece sanayinin gelişmesiyle birlikte insan etkinlikleri de eklenmiştir. Fosil yakıtların kullanılması, tarımsal arazilerin daha yaygın ve bilinçsiz kullanımı, ormanların ve yeşil alanların tahribatı gibi insan temelli sorunlar nedeniyle atmosfere salınan sera gazında görülen artış sonucu, küresel ortalama sıcaklıklarda artış meydana gelmiştir. 2000 yıllık periyotta dünyanın ortalama sıcaklığındaki artış Şekil 2.1’de verilmiştir.

İklim değişikliği, hava olaylarının uzun dönemli ortalamalarda bir takım kalıcı sapmaların oluşmasıdır ve ilk çağlardan boyunca çeşitli doğal ve insan temelli etkenlerin sonucunda ortaya çıkmıştır. Doğal faktörler, genel olarak volkanik olaylar, güneş bünyesindeki dalgalanmalar ve deniz akıntılarındaki sapmalar gibi birçok etmen, iklimi belirleyen ortalama hava olaylarındaki sapmalara neden olmuştur. Bunların yanı sıra özellikle Sanayi Devrimi ile birlikte, insan etkinliklerinin iklim üzerindeki etkisi kayda değer biçimde artış göstermiştir. Sanayi Devrimi sonrasında, karbon esaslı fosil yakıtların tüketimi, endüstriyel faaliyetlerin artması ve ormanlık alanların ortadan kaldırılması gibi eylemler atmosferdeki kümülatif sera gazı seviyelerinin yükselmesine sebebiyet vermiştir. Artan sera gazları küresel ortalama sıcaklıkların yükselmesine sebep olmuş, küresel çapta artan ortalama sıcaklıklar da iklim değişikliğini tetiklemiştir. Özellikle son yüzyılda, artan tüketim alışkanlıkları dolayısıyla oluşan yüksek talebe cevap verebilmek için sanayi üretimlerine hız verilmiş bunun içine gereken enerjinin de sera gazı emisyonlarında ciddi artışlara sebep olan fosil yakıtlardan sağlanması yoluna gidilmiştir. Günümüzde, aynı şekilde fosil yakıtların yoğun bir biçimde kullanımına devam edilmesi, kontrolsüz endüstriyel faaliyetler, bilinçsiz tarım ve plansız şehirleşme gibi insan temelli icraatlar dolayısıyla sera gazı emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak, iklim değişikliği her geçen zaman daha hissedilir hale gelmekte ve küresel anlamda bir takım olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Sıcaklıklarda ve deniz seviyelerinde yükselme gözlemlenmesi, kuraklık, aşırı hava olayları muhtemel sonuçları arasında beklenmektedir. Bu nedenle, mümkünse iklim değişikliğinin önüne geçmeye çabalamak ve bu minvalde tedbirler alıp birtakım adımlar atmak hayati bir öneme sahiptir. Küresel boyutlara ulaşmış bir iklim kriziyle baş edebilmek aynı şekilde küresel birtakım eylemlere geçilmesiyle mümkün olabilecektir.

Bu çerçevede yenilenebilir enerji kaynaklarının öne çıkarılması ve sera gazı salınımlarının azaltılması gibi küresel ölçekte farkındalık oluşturulduğunda anlam ifade edebilecek eylemleri mümkün kılacak politikaların benimsenmesi ve teşvik edilmesi ancak uluslararası iş birliği ve ortak adımlar atılması neticesinde fark yaratabilecektir (Nandy vd. 2006). Şekil 2.1’de 2000 yılda kuzey yarımküre ortalama sıcaklıklarının zamana göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.2 2000 yılda kuzey yarımküre ortalama sıcaklıklarının zamana göre değişimi (Aletsel dönem siyah çizgi ile gösterilmiştir) (Nandy vd. 2006)

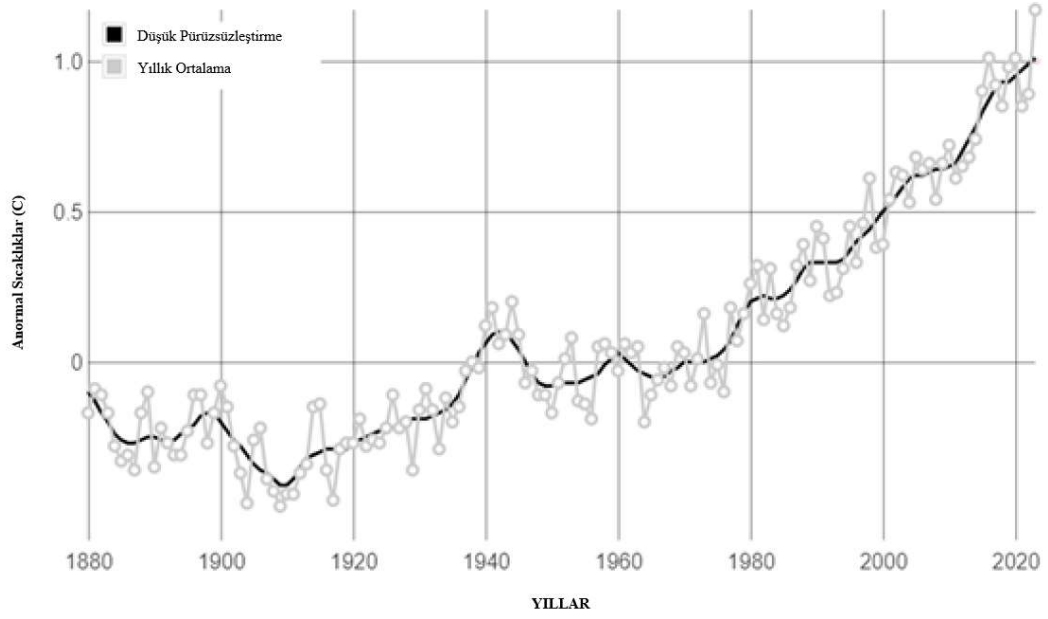
Hızla artan sıcaklıklar sonucunda yeryüzündeki iklim sistemlerinde de değişimler meydana gelmiştir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin yayınlamış olduğu son raporda 'iklim değişikliği bilimsel bir gerçektir' ve 'son dönemde meydana gelen sıcaklık artışının baş sorumlusu insan kaynaklı sera gazlarıdır' ifadelerine yer verilmiştir. Yerküredeki sıcaklığın artması ile birlikte Kuzey Kutup Denizindeki buzla kaplı alanlarda azalmalar ve bunun sonucunda da deniz seviyesinde yükselmeler meydana gelmiştir. Bu değişikliklerde son 50 yılda normalden çok daha fazla hızlanma olduğu tespit edilmiştir. 1961'deki deniz seviyesi değişimi yılda 1,8 mm iken 1993 sonrasında yıllık ortalama değişim 3,1 mm olarak ölçülmüştür. Kuzey Kutup Denizindeki kar ve buz kalınlıkları her on yılda ortalama %2,7 oranında azalma göstermektedir.

Bütün bunlara ek olarak son 50 yılda karasal alanlarda soğuk gün ve donlu gün sayıları azalma gösterirken sıcak gün sayılarında artış meydana gelmiştir (Nandy vd. 2006).

2.3 Küresel Isınma

Sanayi devrimiyle birlikte fosil yakıtların kullanımının artması, ormanların yok edilmesi ve şehirleşmenin hızlanması gibi insan faaliyetleri, atmosferdeki sera gazlarının miktarını önemli ölçüde artırmıştır. Bu artış, doğal sera etkisinin güçlenmesine ve dünyanın alt troposfer bölgesindeki sıcaklıkların artmasına yol açarak küresel ısınma olarak bilinen bir süreci tetiklemiştir. Küresel ısınma, dünya genelinde ortalama sıcaklık artışının normale göre daha hızlı gerçekleşmesi olarak tanımlanır. Dünya yüzeyindeki sıcaklık, çeşitli faktörlerin etkileşimi sonucunda belirlenir. Bu faktörler arasında güneşten gelen ışınların miktarı, yeryüzünden yansıyan ışınların miktarı, atmosferde tutulan sıcaklık ve su buharının döngüsü gibi unsurlar yer alır. Küresel ısınmanın etkileri arasında buzulların erimesi ve deniz seviyelerindeki yükselme, iklim kuşaklarının değişmesi, artan sel ve taşkınlar, erozyon, kuraklık, çölleşme ve tarım zararlılarının artışı gibi önemli sonuçlar bulunmaktadır. Bu durumlar, insanların yaşamını, sağlığını ve sosyo-ekonomik durumunu doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir (Kadıoğlu vd. 2008).

ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi'nin (UOAY) 2020 verilerine göre, 2019 yılı, 2016'dan sonraki en sıcak ikinci yıl olarak kaydedilmiştir. Ayrıca, UOAY verilerine göre, 2016 yılındaki ortalama sıcaklık, bir önceki yıla göre 0,04°C ve 20. yüzyıl ortalamasına göre ise 0,094°C daha yüksektir. Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) verilerine göre, kaydedilen en sıcak 8 yılın tamamı 2010'dan sonra yaşanmıştır. Ayrıca, atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonunun 2016 yılında kalıcı olarak 400 ppm'in üzerine çıktığı belirlenmiştir (www.noaa.gov). NASA verileri üzerinden hazırlanan Küresel Kara-Deniz sıcaklıkları indeksi Şekil 2.1' verilmiştir.



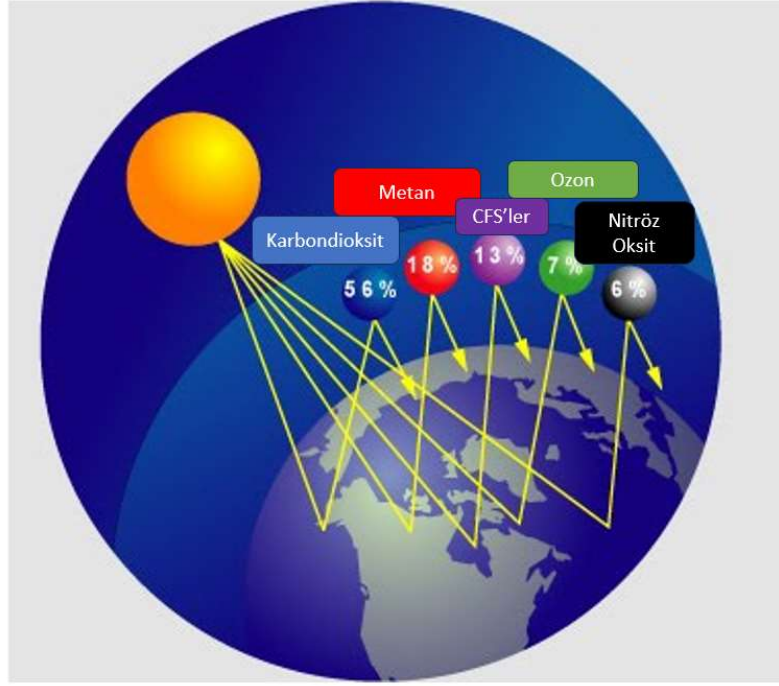
Şekil 2.3 Küresel kara-deniz sıcaklıkları indeksi (www.giss.nasa.gov)

2.4 Sera Gazı Etkisi ve Sera Gazları

Yeryüzündeki ve atmosferdeki ısı enerjisi, yine atmosferde ve okyanus dolaşımıyla yeryüzünde dağılarak radyasyonu atmosfere geri verir. Bulutlar ve atmosferdeki sera etkisinin düzenlenmesine yarayan gazlar tarafından soğurularak atmosferden geri salınır. Sera etkisini düzenleyen gazlar; su buharı (H₂O) metan (CH₄) ozon (O₃), karbondioksit (CO₂), diazotmonoksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFCs), perfloroKarbonlar (PFCs) vb. olarak sayılabilir. Sera gazları güneşten gelen ışınım ile birlikte geçirgenliğini arttırarak gelen ışınların yer yüzüne ulaşmasına izin verir. Bu özellik sayesinde yeryüzü ve alt atmosfer ısınır. Yeryüzünün normal değerinde ısınmasına imkân sağlayan ve bununla birlikte ısı dengesini düzenleyen bu duruma doğal sera etkisi adı verilmektedir. Sera etkisi olarak isimlendirilen ve yüzyıllardır yeryüzünün ısı dengesinin düzenlenmesini sağlayan bu doğal süreç doğal yaşamın devamı açısından hayati öneme haizdir, zira sürecin dengesinin bozulması durumunda yeryüzünün olduğundan daha yüksek veya daha düşük bir sıcaklık bir değerine sahip olması kaçınılmazdır.

Yani basit olarak ifade edildiğinde, yoğunluğun artmasına bağlı olarak küresel ortalama sıcaklıkları artırmasından mustarip olduğumuz sera gazları hiç var olmasaydı yerkürenin mevcutta 15°C olan ortalama sıcaklık değeri, -18°C olarak ölçülecekti. Dolayısıyla, sera gazlarının varlığı dünyanın yaşanabilir şartları sağlaması açısından önem arz etmektedir. Mevcutta var olan bu gazların insan etkisiyle bulunması gereken miktardan daha da fazla artış göstermesi küresel ısınma sorununun başlıca sebeplerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Sanayi devrimi sonrasında hızla artan enerji ihtiyacının, yer altı madenlerinden çıkarılan kömürlerin yakılmasıyla karşılanması yoluna gidilmiş, bu çerçevede büyük miktarda kömür sarfiyatı gerçekleşmiştir. Kömürün yanması sonucunda ortaya çıkan yüksek miktardaki karbon emisyonları atmosferde depolanarak atmosferdeki ısı miktarında artışa neden olmuştur. Biyokütle ve fosil yakıtlarının yüksek miktarda yakılması, insan faktörü, sera gazının oluşmasına etki eden en büyük kaynaklar arasında yer almaktadır. IPCC 5. Değerlendirme raporuna göre atmosferde bulunan CO₂, CH₄ ve N₂O gazlarının konsantrasyonları son döneme kadar oldukça yüksek düzeylere ulaşmıştır. Sera gazlarının en önemlisi olan CO₂'nin sanayi devrimi öncesi atmosferdeki birikimi yaklaşık 280 ppm iken 2019 yılında 412,43 ppm seviyesine ulaşmıştır (NASA 2020).

Arazilerin kontrolsüz bir biçimde tarım amaçlı kullanılması sonucunda yeryüzündeki koyu renkli alan miktarı artmış ve bu artış sonucunda güneşten gelen radyasyon yansımaktan ziyade absorbe edilmiştir. Buna ek olarak ormanların yok edilmesi ile birlikte O₂ ve CO₂ döngüsünde çok fazla önemi olan ağaç ve bitki sayısında da önemli oranda düşüş gerçekleşmiştir. Kuzey kutbundaki donmuş alanlarda çok sayıda çürümüş bitki, yosun vb. bulunmaktadır. Buzulların erimesi sonucunda bunlar ortaya çıkmakta ve çürüyerek atmosfere metan gazı salmaktadır. Metan gazı CO₂ gazına göre daha etkili bir sera gazı görevi görmektedir. Yapılan bir tahmine göre kuzey yarım kürede bir yılda salınan metan gazı aynı yıla ait ABD'de salınan metan gazından daha fazladır (Giddens vd. 2013). Sera gazlarının küresel sera üzerindeki etkisi Şekil 2.4'de gösterilmektedir.

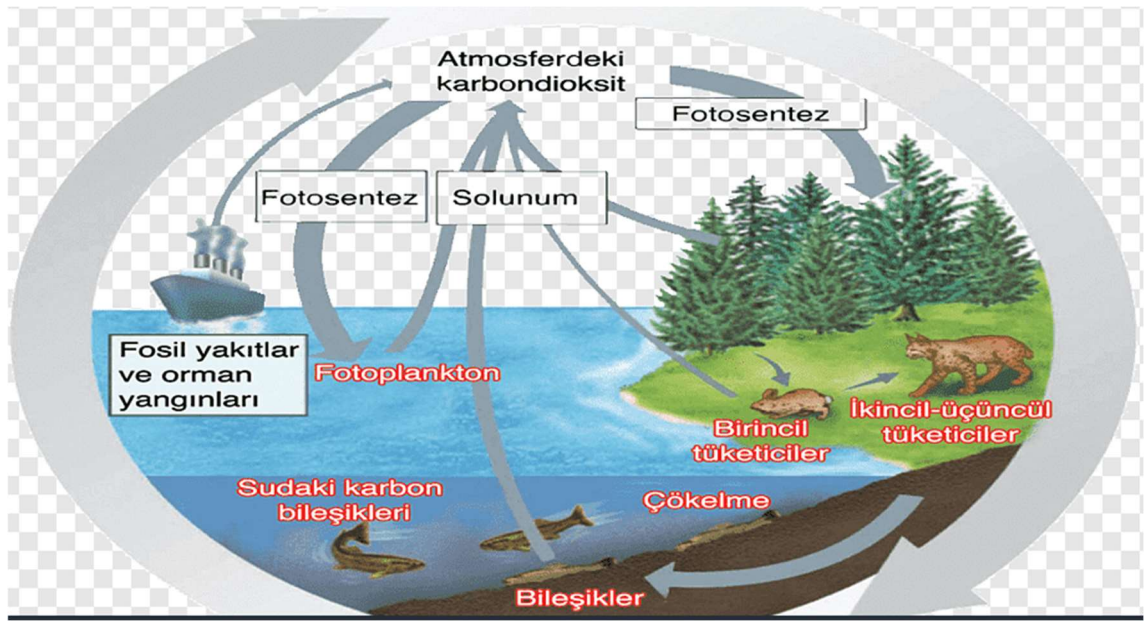


Şekil 2.5 Küresel sera etkisi (www.ciseunluer.blogspot.com)

2.4.1 Karbondioksit

Karbondioksit genellikle fosil yakıtların sanayi ve sosyal yaşamda sık ve bilinçsizce kullanılması sonucunda atmosfere karışmaktadır. Bir karbon ve iki oksijen atomunun birleşiminden oluşan karbondioksit, artan üretim ve enerji ihtiyacına cevap verebilmek noktasında sanayi ve enerji santrallerinde sorumsuzca kullanılan karbon esaslı fosil yakıtların tüketilmesi sonucunda açığa çıkmakta ve atmosfere bırakılmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı atmosfere büyük miktarda karbondioksit salınımının başlıca sebeplerinden biridir. Fosil yakıtların yanmasıyla açığa çıkan karbondioksit, atmosferde kalıcı bir etki yaparak sera etkisinin artmasına neden olur. Sera gazları, temelde güneşten gelen ışınların yeryüzüne erişmesine imkân sağlayan ve yüzeyden yansıyan ısıyı belli bir oranda atmosferde tutan gazlardır. Sera etkisi olarak anılan bu durum, dünyanın sıcaklığını dengeleyen doğal bir süreç olmakla birlikte, içeriğindeki sera gazlarının miktarındaki artışa paralel olarak daha fazla ısı tutmakta, bu dolayısıyla küresel sıcaklıklarda artışa neden olmaktadır (VijayaVenkataRaman vd. 2012).

İnsanların, hayvanların ve bitki örtüsünün solunumu ve organik maddelerin bozulması gibi olaylar atmosfere salınan karbondioksit miktarına katkı sağlamaktadır. Karbon döngüsü, karbonun çeşitli ortamlar arasında trafiğini ve dönüştüğünü açıklamakta kullanılan bir tanımlamadır. Atmosfer, okyanuslar, biyosfer ve litosfer gibi farklı ortamlar arasında gerçekleşen bu döngü, küresel karbon dengesinin oluşmasını sağlar. Ancak, insan faaliyetlerinin artmasıyla bu hassas döngüde birtakım dengesizlikler meydana gelir ve atmosferdeki karbondioksit seviyeleri yükselir. Şekil 2.4'te küresel karbon döngüsü ekosistem üzerinde gösterilmiştir.

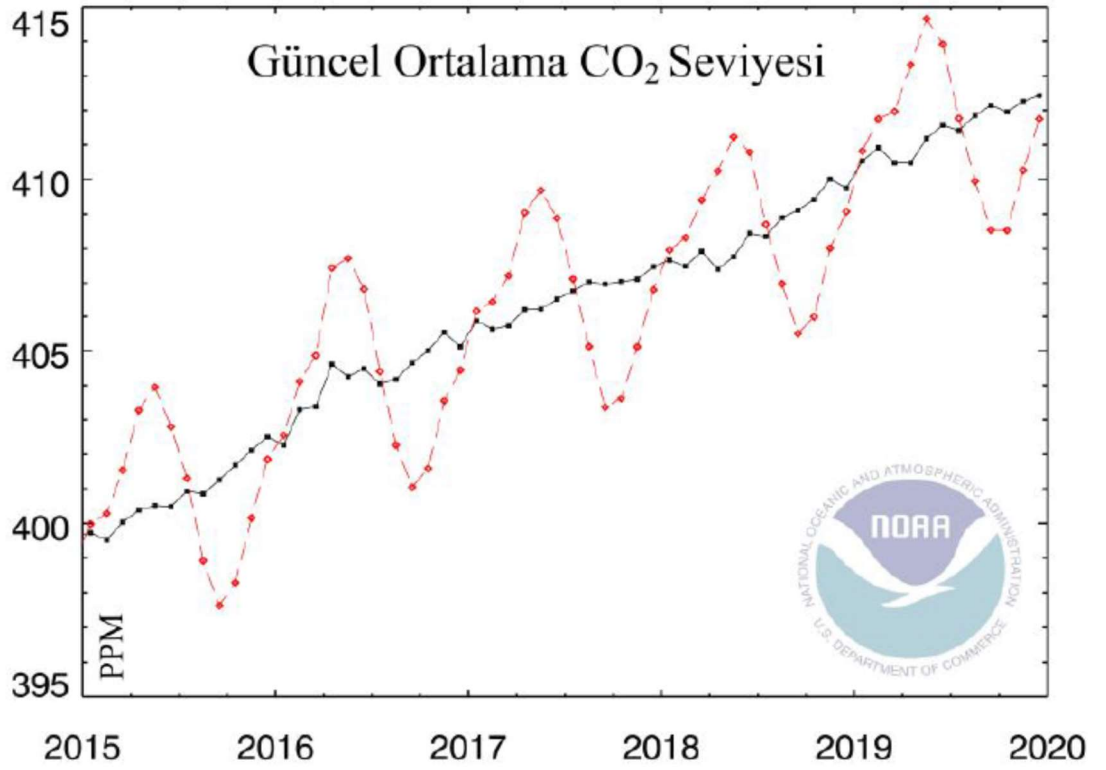


Şekil 2.6 Küresel karbon döngüsünün ekosistem üzerindeki gösterimi (www.pngwing.com)

Gerek insan etkinliklerinin gerekse de doğal süreçlerden salınan karbondioksit atmosferdeki toplam sera gazı seviyelerinin artımına neden olmakla iklim değişikliğini tetiklemektedir. Bu nedenle, karbondioksit salınımının kontrol altına alınması ve azaltılması, küresel boyutta ele alınmalı ve küresel ısınmanın etkilerinin azaltılması noktasında sınırlandırılmalıdır. Bilim insanlarının matematiksel modellemelerine göre atmosferdeki CO₂ yoğunluğunun iki kat artması halinde küresel sıcaklığın 3°C artabileceği hesaplanmıştır. 2015 ve 2020 UOAY verilerine göre aylık küresel karbondioksit konsantrasyonu Şekil 2.5'te verilmiştir.

Bu bilgiler ışığında karbondioksitin küresel ısınmadaki etkisi açıkça görülmektedir. Sera gazlarını oluşturan gazlar arasında karbondioksit, küresel ısınmada yarı yarıya bir paya sahiptir. Karbondioksitin ortaya çıkma miktarının çok olması ve atmosferdeki ömrünün 100 yıla kadar uzun olması bu durumun başlıca nedenidir. Küresel ısınmanın önüne geçilmesi için gereken başlıca aksiyonların başında karbondioksite karşı önlem alınması gelmektedir. Güncel ortalama CO₂ seviyeleri Şekil 2.5'te verilmiştir.

-



Şekil 2.7 Küresel CO₂ seviyesi (www.noaa.gov)

2.4.2 Metan

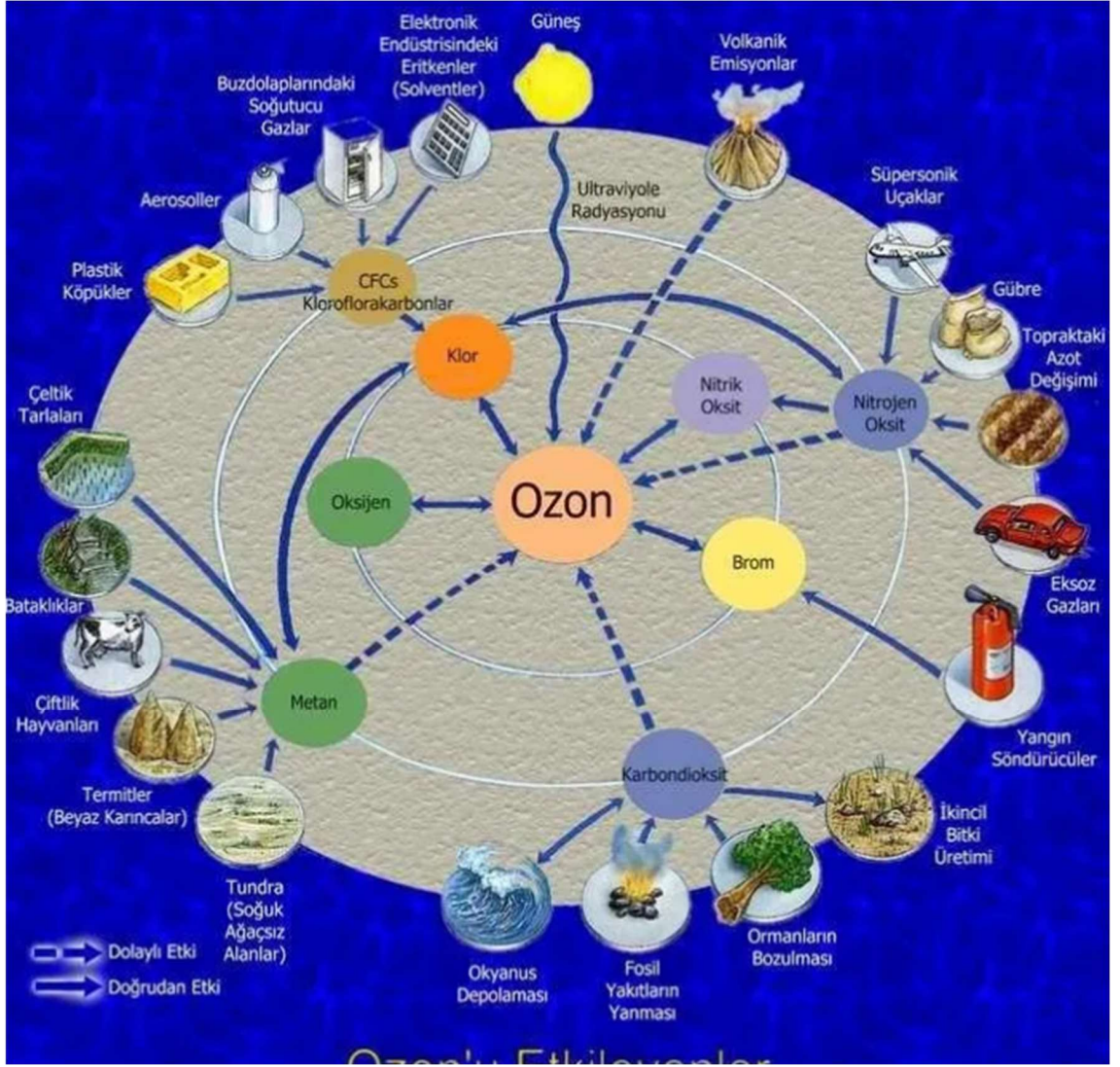
Metan gazı, bir karbon atomunun dört hidrojen atomuyla birleşmesi sonucunda oluşan bir bileşiktir. Kimyasal formülü CH₄ olan metan petrolün bileşiminde bulunan en basit hidrokarbonlardan biridir. Metan gazının oluşumu genellikle anaerobik organizmaların organik atıklarını ayrıştırması sonucunda gerçekleşir.

Özellikle bataklıklar, çöplükler ve hayvansal atıkların bozulması gibi süreçlerde metan gazı salınımı meydana gelir. Metan gazı, sera etkisine katkıda bulunan önemli bir sera gazıdır. Atmosferde bulunduğunda, güneş ışınlarının bir kısmını tutarak dünyanın ısısını artırır ve küresel ısınmaya katkıda bulunur (Galip vd. 2006).

2.4.3 Ozon

Ozon, üç oksijen atomundan oluşan bir moleküldür. Atmosferimizin üst katmanlarında, özellikle stratosfer (ozonosfer) tabakasında bulunan ozon, zararlı ultraviyole (morötesi) (UV) ışınlarının filtrelenmesi noktasında üstlendiği görevle hayati öneme sahiptir. Başka bir deyişle canlıların DNA'sını koruyarak cilt kanseri, katarakt ve diğer sağlık sorunlarının önlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Dünyadaki ozonun ana kaynağı, atmosferdeki kimyasal reaksiyonlardır. Özellikle, güneş ışınlarının etkisi altında atmosferde bulunan oksijen moleküllerinin parçalanmasıyla ozon oluşur. Bununla birlikte, son yıllarda insan faaliyetleri, ozon tabakasının incelmeye ve zarar görmesine neden olan bazı kimyasal bileşiklerin salınımına yol açmıştır. Özellikle, kloroflorokarbonlar (CFC'ler) ve benzeri insan yapımı bileşikler, ozon tabakasının parçalanmasına ve incelmeye katkıda bulunmuştur. Bu durum, ozon tabakasındaki deliklerin oluşmasına ve UV ışınlarının zararlı etkilerinin artmasına yol açmıştır.

Ozonun küresel ısınmadaki rolü de önemlidir. Stratosferdeki ozon tabakası, Güneş'ten gelen UV ışınlarını emerek, Dünya'nın yüzeyine ulaşmalarını engeller. Ancak, ozon molekülleri aynı zamanda atmosferde bulunan diğer gazlarla etkileşime girerek sera gazlarının oluşumuna katkıda bulunabilir. Bu nedenle, ozonun küresel ısınmadaki etkisi genellikle göz ardı edilmez. TÜBİTAK'ın 2008 tarihli raporuna göre, ozonun küresel ısınmadaki etkisi yaklaşık %7 civarındadır. Bu, ozonun sadece atmosferik bileşenler arasında değil, aynı zamanda iklim değişikliği üzerinde de önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Onat vd. 2004). Ozon'u etkileyen faktörler Şekil 2.8'de gösterilmiştir.

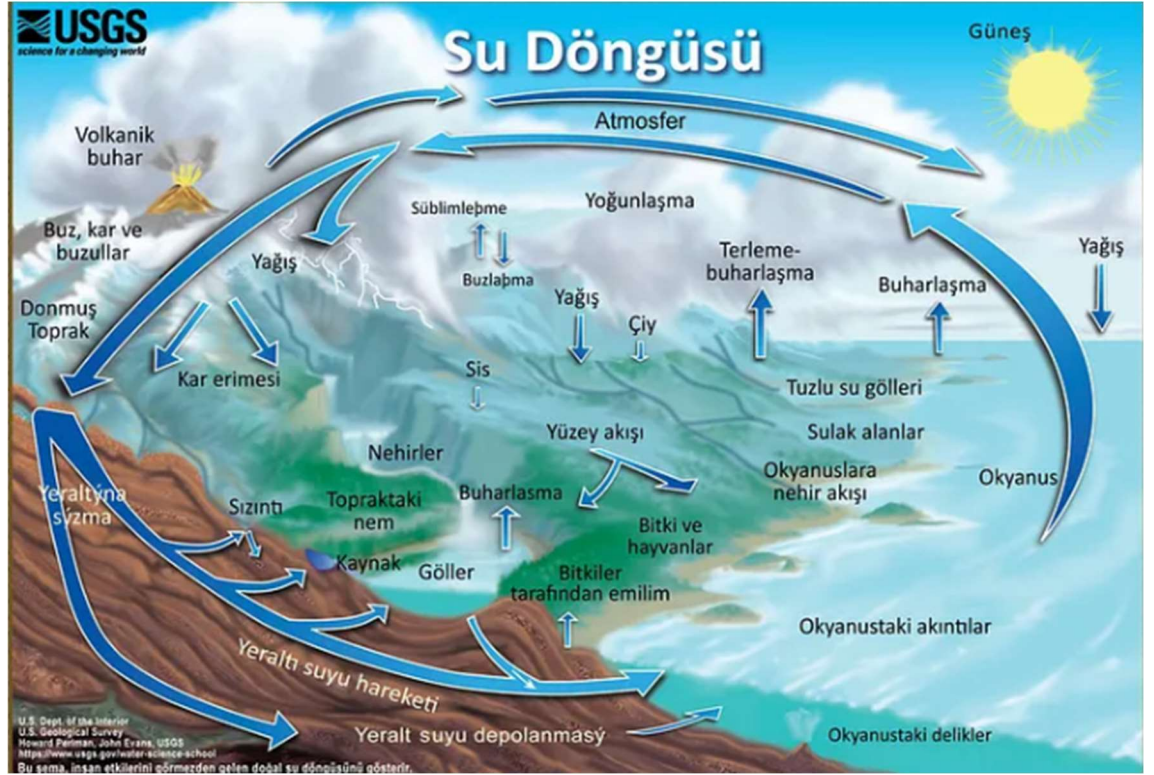


Şekil 2.9 Ozon'u etkileyen faktörler (www.matchmadison.edu)

2.4.4 Su buharı

Su buharı, sera gazları arasında en bol miktarda bulunanıdır ve atmosferdeki miktarı doğal olarak değişkenlik gösterir. Su buharının küresel ısınmadaki rolü, özellikle suyun buharlaşmasıyla atmosfere karışması ve burada bulunma süresiyle ilişkilidir. Su buharının yoğunluğu, sıcaklık, basınç ve rüzgâr gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişir. Su buharının atmosferdeki varlığı ve miktarı, gezegenimizin ısınma eğilimini belirlemede kritik bir rol oynar.

Su buharı, güneşten gelen ışınları tutarak ve yansıtarak sera etkisi oluşturur. Bu nedenle, su buharının atmosferdeki varlığı ve etkisi, iklim değişikliği üzerinde derinlemesine bir etkiye sahiptir. Su buharının etkisi, iklim bilimindeki araştırmaların odak noktalarından biridir. Su buharının atmosferdeki döngüsü, iklim modellerinin geliştirilmesi ve doğru tahminlerin yapılması için önemlidir. Ayrıca, su buharının etkisi, iklim değişikliği ile mücadelede politika ve stratejilerin belirlenmesinde de dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda, su buharının atmosferdeki varlığının ve etkisinin detaylı bir şekilde incelenmesi, iklim biliminin önemli bir parçasını oluşturur (Öztürk vd. 2002). Şekil 2.10'de Küresel hidrolik çevrim şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.11 Küresel hidrolik çevrim (www.gpm.nasa.gov)

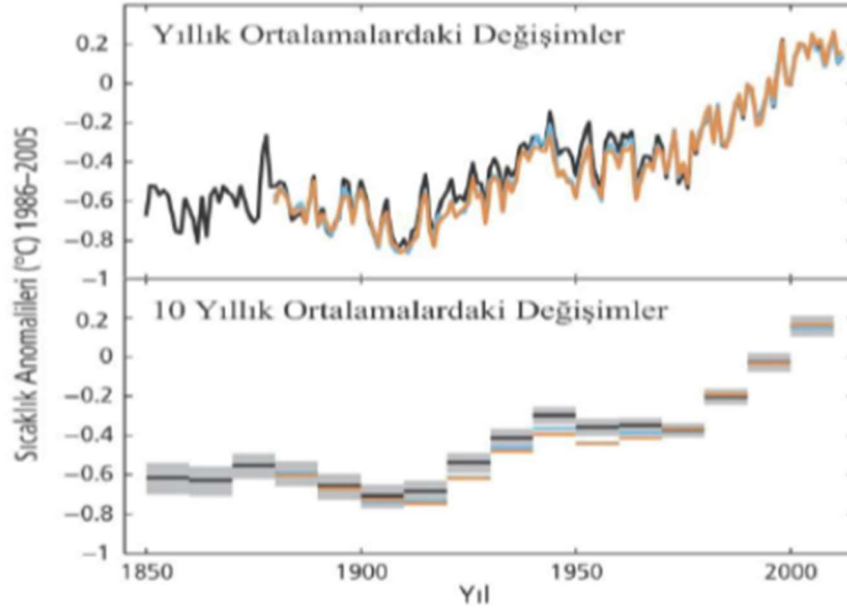
3. İKLİM SİSTEMİNDE GÖRÜLEN DEĞİŞİKLİKLER VE OLASI ETKİLERİ

Endüstrideki hızlı gelişmelerin bir sonucu olarak, atmosfere yayılan sera gazlarının miktarında belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Bu artış, küresel iklim dengesinin bozulmasında etkin bir rol oynamakta ve ortalama küresel sıcaklık değerlerinin yükselmesine sebep olmaktadır. 21. Yüzyıl başından beri ortalama küresel sıcaklıkta yaklaşık 0,89°C'lik bir yükselme tespit edilmiştir. Bununla birlikte sıcaklıklarda gözlemlenen yükseliş de hızlanmıştır. Endüstrinin gelişim gösterdiği ilk zamanlara karşılık gelen 1880-1970 arası süreçte her on yılda bir ortalama sıcaklıklarda 0,003°C'lik bir artış tespit edilmişken, 1970'lerden sonra bu artış hızının 0,20°C'ye yükseldiği gözlemlenmiştir (Earthobservatory vd. 2018). Her ne kadar, gece-gündüz döngüsü, yağış ve rüzgâr gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak kısa zaman aralıklarında bir takım sıcaklık değişiklikleri gözlemlense de yeryüzü temelde güneşten gelen ışınların emilmesi ve yansıtılması arasındaki dengeye bağlı olarak enerji depolar ve ısınır. Bahsedilen artışların küresel boyutta değerlendiriliyor olması dolayısıyla ortalama sıcaklıklardaki ufak değişiklikler bile yeryüzünde depolanan toplam enerjinin boyutu açısından oldukça hayati bir önem arz etmektedir. Başka bir deyişle ortalama sıcaklıkta görülen 1°C'lik bir değişiklik bile dünyanın çok büyük miktarda ısı enerjisi depoladığı anlamına gelir.

Dünya tarihi boyunca, iklimdeki hafif değişimlerin bile önemli sonuçlara yol açtığı bilim adamları tarafından ortaya konmuş bir gerçektir. 1-2°C gibi önemsiz sayılabilecek sıcaklık değişimlerinin bile, esasında geçmişte küçük buzul çağlarının ortaya çıkmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklıkların arttığı dönemlerde ise, buzulların erimesiyle deniz seviyesinde yükselme gözlemlenmiş, bunun da iklim sistemine kalıcı etkileri olmuştur. Bu durum doğrudan deniz seviyesindeki yükselme, kıyı erozyonu, tuzlu su taşkınları ve habitat kaybı gibi birtakım sorunları tetiklemiştir. Diğer bir taraftan buzulların erimesine bağlı olarak tatlı su kaynaklarının azalması da ayrıca bir sorun olarak ortaya çıkmıştır (Earthobservatory vd. 2018).

Ortalama küresel sıcaklığının artış göstermesi neticesinde gözlemlenen olumsuz etkiler iklimle sınırlı kalmamakta, ekosistemler üzerinde de negatif tesirler ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, artan sıcaklık dolayısıyla kutup buzullarında ciddi bir erime eğilimi başlamış, azalan buzul alanları kutup ayıları gibi yaşamını buzul alanları üzerinde sürdüren canlıların yaşam alanlarını kaybetmelerine hatta nesillerinin devamının tehlikeye girmesi sonucunu ortaya çıkarmıştır. Mercan resiflerinin zarar görmesi ve ekosistemdeki dengenin bozulma eğilimine girmesi de buzulların eriyip deniz suyu seviyelerinin artmasının sebep olduğu olumsuz gelişmeler arasında yer almaktadır. Aşırı hava olaylarının daha sık ve daha şiddetli gözlemlenmesi, kuraklık, ormanlık alanlardaki yangınlar, fırtınalar ve su taşkınları gibi doğal afetler ve buna bağlı olarak, tarımda verimlilik kaybı, temiz su ve gıdaya erişim kısıtı ile milyonlarca insanın evsiz kalması noktasında küresel iklim değişikliğinin beklenen sonuçları arasında yer almaktadır.

IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu, küresel ısınmanın yer yüzünün geleceği açısından artık göz ardı edilmeyecek gerçek bir tehdit haline geldiğini tartışmasız bir biçimde ortaya koymaktadır. Bu rapor, iklim değişikliğinin çevre ve sosyoekonomik yapılar üzerinde olumsuz etkilere sahip olması dolayısıyla iklim değişikliğine sebep sera gazı emisyonlarının azaltılması ve sürdürülebilir bir gelecek için acil eylem planlarının devreye sokulması gerektiğinin ifade etmektedir. Yine IPCC'nin 5. Değerlendirme raporuna göre 1950'li yıllardan bugüne iklimde görülen değişiklikler önceki yıllarda görülen değişikliklere hiç benzememektedir, buna göre küresel ısınma kesin bir tehdittir. Bahsedilen aralıkta kara suları ve atmosfer ısınmış, buzullar eriyerek deniz seviyesi yükselmiş ve atmosferde sera gazı birikimi artmıştır (Türkeş vd. 2013). IPCC verileri üzerinden hazırlanan sıcaklık anomalileri Şekil 3.1' de gösterilmiştir.



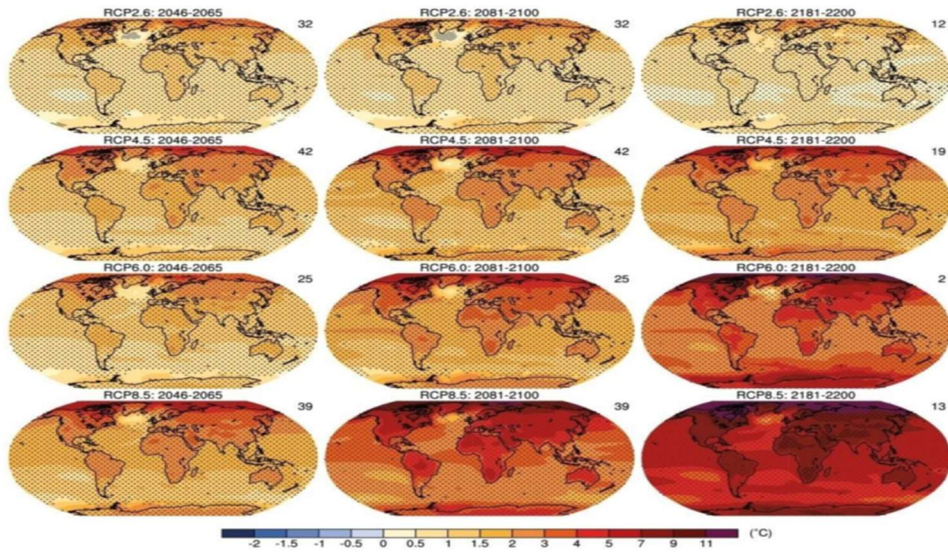
Şekil 3.2 Sıcaklık anomalileri (IPCC vd. 2014)

Bilim insanlarının iklim değişikliğinin gelecekteki olası etkilerini belirlemeye yönelik uzun vadeli çalışmaları, çok çeşitli sera gazı yayılım senaryolarına dayalı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu senaryolara göre farklı modellemeler geliştirilmiş ve projeksiyon çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmaların sonuçları, genel olarak beklenen etkilerin benzer olduğunu göstermektedir, ancak belirli sınır aralıklarında değişiklik öngörülmektedir. Yani, bütün modeller küresel sıcaklık artışında hemfikir olsa da artış miktarı konusunda farklılıklar görülebilir. Ortak bir diğer bulgu ise gelecekte iklim değişikliğinin varlığının ve etkisinin artarak devam edeceği yönündedir. IPCC raporlarında, mevcut CO₂ salınımının dahi bugün durdurulması halinde etkisinin yüzlerce yıl süreceği ifade edilmektedir. Farklı sera gazı salınım senaryolarına dayalı olarak yapılan çalışmalara göre, Kuzey Afrika ve Akdeniz bölgelerinin bir kısmı ile Türkiye ve Orta Doğu'da su kaynakları ve yağışlarda ciddi azalmalar öngörülmektedir.

Ayrıca, yüzey sıcaklığının artması ve ekstrem hava olaylarının sıklığında ve şiddetinde artış beklenmektedir. Bu bulgular, iklim değişikliğinin ciddiyetini ve aciliyetini vurgulamaktadır. İklim değişikliği ile mücadelede alınacak önlemlerin ve uyum politikalarının önemi, bu tür araştırmaların sonuçlarıyla daha da belirginleşmektedir. (Türkeş vd. 2013).

3.1 Atmosfer

1980'li yıllardan sonra atmosferdeki sera gazlarının birikiminde büyük artış meydana gelmiştir. Yapılan ölçüm kayıtlarına göre küresel sıcaklıklardan 12 en sıcak yılın 11 tanesi son 12 yıl içerisinde görülmüştür. 21. yüzyılın sonuna kadar gerçekleşecek küresel sıcaklık değişikliği IPCC senaryolarına göre 1,5 ile 2°C arasında olacağı öngörülmektedir. Buna göre temsili konsantrasyon yolları (RCP) 6.0 ve 8.5'e göre sıcaklık 2°C aşacak iken RCP 4,5'e göre 2°C aşmayacaktır. Bu durum küresel ısınma IPCC'nin RCP senaryolarına göre 2100 yılına dek sürecektir. Bu ısınma 10 yılda bir değişkenlik gösterecek ve bölgesel olarak benzerlik göstermeyecektir. 2016 ile 2036 yılları arasındaki sıcaklık artışı yüksek ihtimalle 0,3-0,7°C aralığında olacaktır (Türkeş vd. 2013). Şekil 3.1' de 2045-2200 yılları arasında RCP senaryolarına göre küresel ölçekteki sıcaklık değişimleri gösterilmektedir. Şekil 3.3' de yıllık ortalama yüzey sıcaklığı projeksiyonları verilmiştir.



Şekil 3.4 Yıllık ortalama yüzey sıcaklığı projeksiyonları (IPCC vd. 2013)

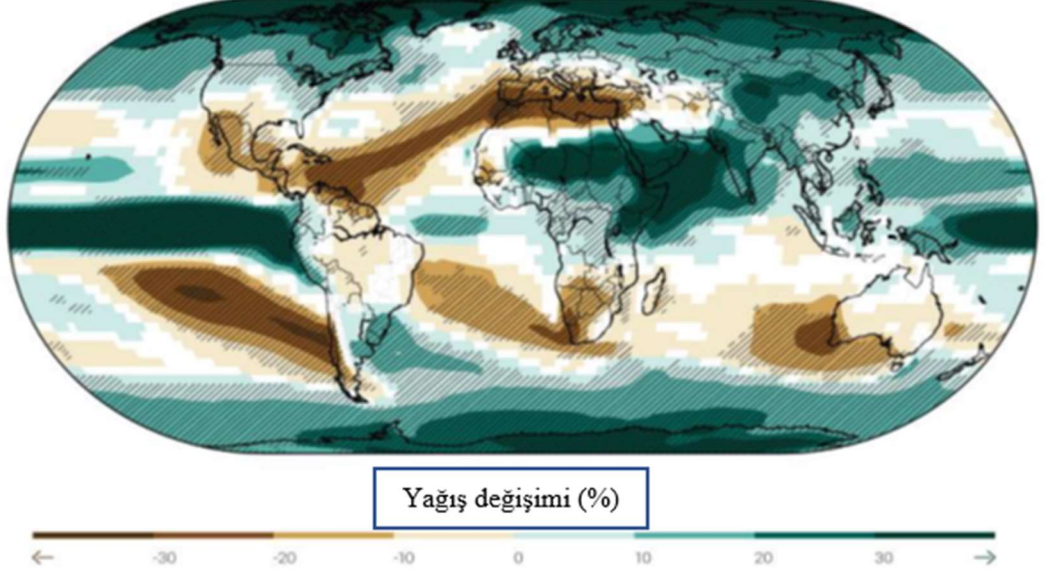
İklim değişikliğinin etkileri arasında yağışlar da önemli bir parametredir. IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu'na göre, Temsili Konsantrasyon Rotası (RCP) 8.5 senaryosunda, yüksek bölgelerde ve Pasifik Okyanusu'nda ortalama yıllık yağış miktarında artış beklenmektedir. Bu senaryoya göre, içinde bulunduğumuz yüzyılın sonlarına doğru orta enlemde farklı bölgelerde yağış miktarında değişiklikler öngörülmektedir. Ayrıca, aynı

rapora göre, bazı bölgelerde yağışların daha fazla artması, yoğunlaşması ve şiddetlenmesi beklenmektedir. Bu durum, özellikle tropikal bölgelerde ve muson iklimi etkisi altındaki alanlarda daha belirgin olabilir. Aşırı yağışlar, sellerin ve taşkınların sıklığını ve şiddetini artırabilir, bu da su baskınlarına ve altyapı hasarlarına neden olabilir. Bunun yanı sıra, aşırı yağışlar tarım alanlarını da olumsuz etkileyerek verim kayıplarına yol açabilir ve gıda güvenliğini tehdit edebilir. Bu değişiklikler, iklim değişikliğinin küresel ve bölgesel ölçekteki etkilerini daha iyi anlamamıza yardımcı olmaktadır (IPCC vd. 2013).

İklim değişikliğine uyum sağlamak ve riskleri azaltmak için, su yönetimi, altyapı iyileştirmeleri ve tarım uygulamalarının revize edilmesi gibi önlemler alınması gerekmektedir. Bu önlemler, gelecek nesiller için daha dirençli ve sürdürülebilir bir gelecek inşa etmede önemli bir rol oynayacaktır. Bir diğer kaynak ise, sera gazı emisyonlarında iyimser (RCP 2.6) ve kötümser (RCP 8.5) senaryoların baz alındığı zaman dilimlerindeki yıllık yağış miktarındaki değişiklikleri incelemiştir. Bu karşılaştırmalar, 1970-1999 ile 2071-2099 dönemlerini kapsamaktadır. Şekil 3.2'de sunulan verilere göre, beyaz renkle gösterilen bölgelerdeki değişikliklerin, beklenenden büyük olmayacağı görülmektedir. Özellikle Kuzeydoğu ve Alaska gibi bölgelerde daha fazla yağış beklenirken, daha güney bölgelerde ise yağış miktarında azalma öngörülmektedir. Bu durum, iklim değişikliğinin bölgesel olarak farklı etkilere sahip olabileceğini göstermektedir. Kuzey bölgelerindeki artan yağışlar, buzulların erimesini hızlandırabilir ve su kaynakları üzerindeki baskıyı artırabilirken, güney bölgelerindeki azalan yağışlar, kuraklık riskini artırabilir ve tarımsal üretimin olumsuz etkilenmesini tetiklemesi beklenmektedir. Bu tür genel yaklaşımlar neticesinde elde edilen bulgular, iklim değişikliğinin kısıtlı alanlarda bölgeden bölgeye farklılık gösterebileceğini fark etmemize ve farklılaşmanın nasıl olacağını anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Bununla birlikte, bölgesel iklim modelleri hazırlanması ve varılan sonuçlar uyarınca uyum stratejilerinin geliştirilerek, bölgesel düzeydeki etkilerin daha iyi irdelenmesi ve bu etkilere karşı ihtiyaç duyulan tüm önlemlerin alınması geç olmadan devreye sokulması gerekmektedir. Şüphesiz bu önlemler, beklenen farklı sonuçlara adapte olmak ve riskleri anlamak ve mümkün mertebe en aza indirmek açısından önemlidir. Şekil 3.5'de RCP 2.6

(Üst) ve RCP 8.5 (Alt) Senaryolarına Göre 1970-1999 yılları referans alındığında 2071-2099 dönemi boyunca ortalama yıllık yağış miktarlarındaki değişimler gösterilmiştir.



Şekil 3.6 RCP 2.6 (Üst) ve RCP 8.5 (Alt) Senaryolarına Göre 1970-1999 yılları referans alındığında 2071-2099 dönemi boyunca ortalama yıllık yağış miktarlarındaki değişimler (IPCC vd. 2014)

4. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNDE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

Dünya genelinde iklim değişikliğinin önüne geçebilmek için küresel bir çaba ve sorumluluk bilinci gerekmektedir. (Erdoğan vd. 2018) yaptıkları bir çalışma da bu noktaya dikkat çekmektedir. Herhangi bir devletin iklim değişikliğine karşı alacağı önlemler tek başına küresel iklim değişikliğinin önüne geçebilmesini mümkün kılmayacaktır. Küresel sorumluluk bilinci ile küresel iklim değişikliği çalışmaları sorumluluk bilinci ile etkin kılınmaktadır. Küresel sorumluluk bilinciyle, iklim değişikliği çalışmaları etkin hale getirilmektedir. Bu, uluslararası iş birliği ve ortak çabalarla gerçekleştirilmelidir. Her ülkenin, kendi sınırları içinde aldığı önlemlerin yanı sıra, küresel düzeyde iklim değişikliğini önlemeye yönelik politikaların oluşturulması ve uygulanması gerekmektedir. Karbon emisyonlarının azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi, ormansızlaşmanın önlenmesi ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının desteklenmesi gibi alanlarda ortak çabaların artırılması gerekmektedir. Ayrıca, iklim değişikliğinin etkileriyle başa çıkma konusunda gelişmekte olan ülkelerin desteklenmesi ve uyum sağlamalarına yardımcı olunması da önemlidir.

Bu çerçevede, uluslararası anlaşmaların ve iklim zirvelerinin önemi büyüktür. Paris Anlaşması gibi uluslararası anlaşmalar, ülkeler arasında ortak hedefler belirleyerek iklim değişikliğiyle mücadelede önemli adımların atılmasını sağlamaktadır. Ancak, bu anlaşmaların etkili bir şekilde uygulanması ve izlenmesi de gerekmektedir. Temelde, iklim değişikliğiyle mücadelede herkesin sorumluluk alması ve küresel çapta iş birliği içinde hareket etmesi gerektiği ve bu sorunun ancak küresel sorumluluk bilinciyle etkin bir şekilde çözülebileceğinin tüm paydaşlar tarafından kabul görmesi gerekmektedir. İklim değişikliğine karşı alınabilecek önlemler için ekonomik maliyetler, hükümetler arası uzlaşma ve iş birliklerinin oluşturulması, önlemlerin alınmasında oldukça önemli faktörlerden biridir. Küresel iklim değişikliğine karşı başlatılan, küresel iklimle mücadele bilincine karşı alınan tedbirlerde başında sanayi, ulaştırma, tarım gibi birçok sektör katılımı zorunlu kılınmaktadır.

İklim değişikliğine karşı alınacak önlemler için ekonomik maliyetler, hükümetler arası uzlaşma ve iş birliklerinin oluşturulması atılacak adımlar arasında yer almaktadır.

Sorunun çözümü noktasında atılacak ya da atılmayacak her bir adımın, ekonomik maliyetlerin yanı sıra, politik, sosyal ve çevresel etkileri de dikkate alarak planlanması özellikle, endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması için sıkı düzenlemeler ve teşviklerin uygulanması gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi, enerji verimliliğinin artırılması ve karbon emisyonlarının fiyatlandırılması gibi politikaların, bu hedefe ulaşmada önemli rol oynayacağı ortadadır. Uluslararası anlaşmalar ve iklim zirveleri, ülkeler arasında ortak hedefler belirleyerek iklim değişikliğiyle mücadelede önemli adımların atılmasını sağlamaktadır. 2015 yılında imzalanan ve 2016 yılında yürürlüğe giren Paris İklim Anlaşması, küresel ısınmaya sebep faktörlerin kontrol altına alınarak küresel ısınmanın 2 °C ile sınırlandırılması amaçlamayan dönüm noktası niteliğinde küresel bir girişim özelliği taşımaktadır. Bu tür girişimlerin desteklenmesi ve çoğaltılması iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlayacaktır. Küresel iklim değişikliği için gerekli başlıca önlemler konusunda ülkeler genelinde bilimsel, teknik, sosyolojik ve kültürel bilinç kazandırılmasına yönelik 1987 yılında IPCC paneli oluşturulmuştur (Davenport vd. 2008). Bu panelde temel amaç çevresel ve sosyoekonomik açıdan tehlikelerin farkına varılması ve kalıcı önlemlerin alınmasının sağlanması bilinciyle gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen panel sonucunda gelişmiş ülkeler arasında farkındalık oluşmuş, gerekli önlemlerin alınmasına yönelik çalışmalara başlanmak istenmiştir. Ancak devletler arasında görülen bilinç farklarından dolayı bu durum uluslararası mücadelenin zorlaşmasına neden olmuştur. Uluslararası anlaşmanın gerçekleştirilmesine yönelik devletlerin imzası sunulmuştur. Yeterli sayıda devlet tarafından onaylanan iklim değişikliği çerçeve konvansiyonu 1994 yılında yürürlüğe girmiştir. Sorumluluk bilinci ile başlatılan bu anlaşma sonucu dünya üzerindeki birçok ülkenin bu anlaşmanın bir parçası olması sağlamıştır. Bu kapsamda yapılan görüşmelerle hem sera gazlarının salınımının sınırlandırılmasına hem de küresel iklim değişikliğine karşı hükümetlerin ortak hareket etmesinin önemi vurgulanmıştır (Erdoğan vd. 2018).

1997 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolünde, iklim değişikliğine karşı alınması gereken aksiyonların ve mücadelenin gelişmesine katkıda bulunabilmek amacı ile gelişmiş ülkeler için mücadelede bulunma zorunluluğu getirilmiştir (Belis vd. 2015).

İklim değişikliğiyle m¼cadelede uluslararası siyasette artan bir bilinç gözlemlenmektedir. Bu süreçte, başlatılan mücadele için alınabilecek tedbirlerin başlangıç aşamasında, sorunun kaynağını ortadan kaldırmaya ve olumsuz etkilerle daha az etkilenmeye yönelik önlemler öncelikli olarak ele alınmaktadır. Bu önlemler, uluslararası düzeyde sera gazı salınımını azaltmayı hedeflemektedir.

Sera gazı salınımının azaltılması, küresel iklim değişikliğiyle mücadelede en etkili faktörlerden biridir. Bu çerçevede, ülkeler arasında sera gazı salınımını azaltmaya yönelik anlaşmaların ve politikaların oluşturulması ve uygulanması büyük önem taşımaktadır. Bu önlemlerin, eşzamanlı olarak uluslararası düzeyde hayata geçirilmesi, küresel ölçekte daha etkili sonuçlar doğuracaktır. Bununla birlikte, zararlı gazların salınımını azaltma hedefine ulaşmada toplumların sorumluluk bilincinin kazandırılması ve bireysel farkındalığın artırılması da kritik bir rol oynamaktadır. Toplumun bu konuda bilinçlenmesi ve harekete geçmesi, alınan önlemlerin başarılı olması için hayati öneme sahiptir. Ancak, bu bilincin topluma kazandırılmaması durumunda, alınan önlemlerin istenen sonuçları vermesi zorlaşacaktır. Sonuç olarak, iklim değişikliğiyle mücadelede alınacak önlemlerin uluslararası iş birliği ve toplumun katılımıyla eşzamanlı olarak hayata geçirilmesi, başarının anahtarıdır. Sorunun kaynağını ortadan kaldırma ve olumsuz etkilerle mücadele etme konusunda kararlılıkla hareket edilmesi, küresel iklim değişikliğinin etkilerini azaltmada önemli bir adım olacaktır.

4.1 Küresel İklim Değişikliği İçin Alınması Gereken Önlemler Kapsamında Yerel Yönetimlere Düşen Görevler

Küresel iklim değişikliği bilincinin topluma kazandırılması sürecinde gerçekleştirilecek olan faaliyetler, çeşitli alanlarda yapılacak iyileştirmeleri ve uygulamaları içermektedir. Bu bağlamda, çevre koruma politikalarının ve planlamalarının iyileştirilmesi önemli bir adımdır.

Ayrıca, ulaşım faaliyetlerinin daha çevreci ve sürdürülebilir hale getirilmesi, enerji üretimi ve tüketiminin yenilenebilir kaynaklara yönlendirilmesi, israfın önlenmesi için bilinçlendirme çalışmaları yapılması gerekmektedir. Farkındalık yaratacak eğitim

programları düzenlenerek, iklim değişikliği konusunda toplumun bilinç düzeyinin artırılması hedeflenmektedir. Atık miktarının azaltılması ve atıkların geri dönüşümünün artırılması da çevre koruma açısından önemli adımlardır. Bu bağlamda, imar planlarının planlı ve programlı bir şekilde düzenlenmesi, çevresel etkilerin minimize edilmesi için gereklidir. Yerel yönetimler düzeyinde de çevre koruma ve iklim değişikliğiyle mücadele konusunda etkin bir rol üstlenmelidir. Bu çerçevede, yerel yönetimler bünyesinde takip ve düzenleme birimlerinin kurulması ve merkezi ile yerel yönetimler arasındaki ilişkilerin yeniden ele alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, diğer öneriler de dikkate alınarak, kapsamlı bir strateji oluşturulmalı ve uygulanmalıdır. Bu faaliyetlerin etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir adım olacaktır. Ancak, bu sürecin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için kamuoyunun desteği ve katılımı da büyük önem taşımaktadır. Küresel iklim değişikliği bilincinin kazandırılması sürecinde gerçekleştirilecek olan faaliyetlerde çevre koruma politikalarının ve planlamalarının iyileştirilmesi, ulaşım faaliyetlerinin geliştirilmesi, enerji üretimi ve tüketimi, israfın önlenmesi, farkındalık yaratacak eğitim programları, atık miktarının azaltılması ve atıkların geri dönüşümünün artırılması, imar planlarının planlı ve programlı bir şekilde düzenlenmesi, yerel yönetimler bünyesinde takip ve düzenleme biriminin kurulması, merkezi ve yerel yönetimler arasındaki ilişkilerin yeniden ele alınarak değerlendirilmesi ve diğer öneriler gibi başlıklar altında incelenmesi gerekmektedir (Uysal vd. 2022).

İklim değişikliğine uyum sağlama sürecinde, kentlerdeki açık ve yeşil alanların planlanması ve tasarlanması önemli bir adımdır. Bu yeşil alanlar, çevresel etkileri absorbe ederek çevreyi korur ve sıcaklık düzenlemesine katkı sağlar. Ayrıca, zemin sularını emerek taşkın riskini azaltır, hava kirliliğini ve tozu absorbe ederek temiz hava sağlarlar. Dolayısıyla, yeşil alanların korunması ve artırılması, kentlerin iklim değişikliğine uyum sağlama çabalarında kritik bir rol oynamaktadır. Kentsel sera gazı salınımının azaltılması da iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir stratejidir.

Bu kapsamda, kentsel alanlarda sera gazı emisyonlarını azaltacak politikaların oluşturulması ve uygulanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, uluslararası iş birliği ve anlaşmaların sağlanması da küresel iklim değişikliğiyle mücadelede etkili bir yol olabilir. Hava kirliliği, iklim değişikliğinin yanı sıra sağlık üzerinde de olumsuz etkilere sahip

önemli bir sorundur. İçten yanmalı motorlar tarafından üretilen egzoz gazları, hava kirliliğinin ana kaynaklarından biridir. Bu nedenle, toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesi ve alternatif ulaşım yöntemlerinin teşvik edilmesi, hava kirliliğinin azaltılmasında önemli bir rol oynar. Ayrıca, bisiklet yolları gibi çevre dostu ulaşım altyapılarının oluşturulması da önemlidir. Sonuç olarak, kentlerde yeşil alanların artırılması, kentsel sera gazı salınımının azaltılması ve hava kirliliğinin önlenmesi gibi önlemler, iklim değişikliğiyle mücadelede ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kritik bir rol oynamaktadır. Bu önlemlerin hayata geçirilmesi, kentsel alanların daha yaşanabilir ve çevre dostu hale gelmesine katkı sağlayacaktır. Küresel iklim değişikliğinde ısınmaya sebep olan en önemli faktörlerin başında insan faktörü gelmektedir. İklim değişikliği ile mücadelede en etkili yöntemlerin başında bireyin konu hakkındaki bilinci ve bu bilincin kazandırılması yolunda gerçekleştirilecek olan eğitimdir. Eğitim programlarının hayata geçirilmesi yerel yönetimde ve küresel iklim değişikliği kapsamında, okullarda çevre dersinin konulması, çevre bilinci ve farkındalığının oluşturulması için medyanın gücünden yararlanılmalıdır. Bu bağlamda yenilebilir enerji kullanımının artırılması, atık yağların lavaboya veya çöpe dökülmemesi, temiz su israfının önlenmesi, ağaç dikme ve yeşil alanların genişletilmesi, enerji kullanımı ve enerji tasarrufunun sağlanması gibi farkındalık ve eğitim programlarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, çeşitli eğitim programları ve bilinçlendirme faaliyetleri hayata geçirilmelidir. Okul Programlarına Çevre Dersleri eklenip okullarda çevre ve iklim değişikliği konularını içeren derslerin düzenlenmesi, öğrencilere erken yaşta bu konuları öğretmek ve çevre bilinci oluşturmak için önemlidir. Bu dersler, öğrencilere doğal kaynakların korunması, enerji tasarrufu ve geri dönüşüm gibi konularda bilgi verebilir.

Geniş kitlelere ulaşabilen güçlü bir iletişim aracı olarak medya değerlendirilebilir. Bu çerçevede, televizyon, radyo, internet ve sosyal medya gibi medya platformlarından yararlanarak iklim değişikliği konusunda bilinçlendirme kampanyaları düzenlenmelidir. Bu kampanyalar, insanların günlük yaşamlarında nasıl çevreci davranışlar sergileyebileceklerini ve iklim değişikliğine karşı nasıl önlemler alabileceklerini anlatmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi ve fosil yakıtların yerine daha temiz enerji kaynaklarının tercih edilmesi için bilinçlendirme

kampanyaları düzenlenmelidir. Bu kampanyalar, insanların güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmalarını teşvik etmelidir. Temiz suyun israfının önlenmesi ve enerji tasarrufu sağlanması için bilinçlendirme programları düzenlenmelidir. Bu programlar, insanlara suyun verimli kullanımı, su tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanımı ve enerji tasarruflu cihazların tercih edilmesi konularında bilgi vermelidir. Yeşil alanlarla ilgili farkındalığın artması noktasında ağaç dikme kampanyaları ve yeşil alanların genişletilmesi projeleri yoluyla çevre bilinci oluşturulabilir. Bu projeler, insanları doğaya olan sorumlulukları konusunda bilinçlendirebilir ve doğal yaşamın korunması için önemli adımlar atılmasını sağlayabilir. Bu önlemlerin hayata geçirilmesi, toplumun iklim değişikliği konusunda bilinçlenmesini sağlayacak ve çevreye daha duyarlı bir yaşam tarzının benimsenmesine katkı sağlayacaktır.

Küresel iklim değişikliğiyle mücadelede atılacak adımların çeşitliliği ve etkinliği, israfların önlenmesi, atık miktarlarının azaltılması ve geri dönüşümün sağlanması gibi faktörlere dayanmaktadır. Bu önemli faktörlerin göz önünde bulundurulmasıyla, küresel iklim değişikliğinin etkileriyle mücadelede önemli ilerlemeler kaydedilmesi mümkündür. Tüketim alışkanlıklarının gözden geçirilmesi ve gereksiz tüketimin önlenmesiyle israfın azaltılması sağlanabilir. Bu, doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını ve çevresel etkilerin azalmasını sağlayacaktır. Atık üretimini azaltmak için ambalaj kullanımının azaltılması, yeniden kullanılabilir ürünlerin tercih edilmesi ve atık oluşumunu minimize eden üretim süreçlerinin benimsenmesi önemlidir. Böylelikle çöp depolama alanlarının dolması engellenir ve çevreye olan zarar azaltılacaktır. Geri dönüşüm, kaynakların yeniden kullanılmasını sağlayarak doğal kaynakların tükenmesini ve atık miktarlarının artmasını önler.

Geri dönüşüm programlarının teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılmasıyla ekonomiye katkı sağlanırken çevresel etkiler de azalacaktır. Şehir planlaması süreçlerinde çevresel etkilerin göz önünde bulundurulması ve sürdürülebilir kentleşme prensiplerinin benimsenmesi önemlidir. Bu, enerji verimliliğini artıran binaların inşa edilmesi, toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesi ve yeşil alanların korunması gibi önlemler iklim değişikliğiyle mücadeleye katkı sağlayacaktır. Bu önlemlerin bir araya gelmesiyle küresel

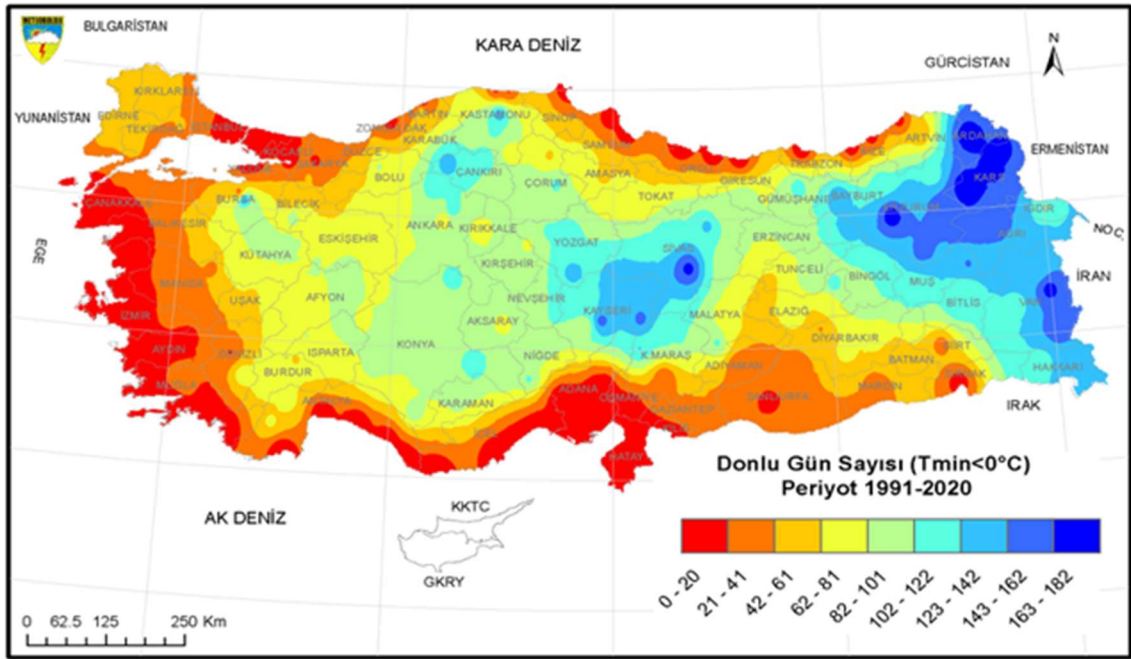
iklim değişikliğiyle m¼cadelede daha etkili ve kapsamlı bir yaklaşım benimsenmiş olur. İsrfların önüne geçilmesi, atık miktarlarının azaltılması ve geri dönüşümlerinin sağlanması, imar planlarının düzenlenmesi ve planlanması gibi faktörler göz önüne alındığında küresel iklim değişikliğinin büyük bir çoğunluğunda önüne geçilerek gerekli önlemlerin alınması sağlanabilmektedir.

5. TÜRKİYE'DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN MEVCUT VE GELECEKTEKİ ETKİLERİ

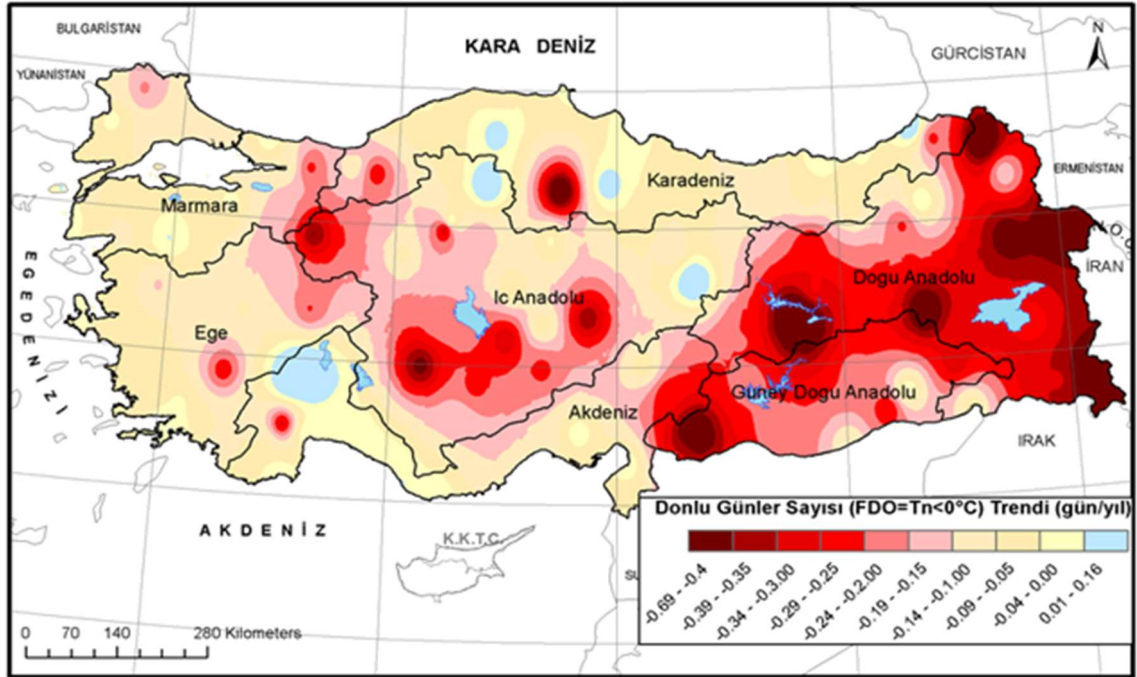
Son 150 yılda sera gazı konsantrasyonundaki artış, küresel sıcaklık üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Bilimsel araştırmalar, sera gazı emisyonlarının artmasıyla birlikte küresel sıcaklığın 0,99°C yükseldiğini ve bu artış trendinin devam ettiğini göstermektedir. Bu artışın etkileri sadece sıcaklıkta değil, aynı zamanda su kaynaklarının dağılımı ve hidrolojik döngüler üzerinde de belirgin değişikliklere neden olmuştur. Özellikle bölgesel ve küresel hidrolojik döngüler, sera gazı emisyonlarındaki artışın yol açtığı iklim değişikliğinden ciddi şekilde etkilenmiştir (Solomon vd. 2007). Son yıllarda, artan sıcak hava dalgaları, orman yangınları ve kuraklık gibi olaylar sık sık yaşanmaktadır. Bunlar, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak görülen doğal afetlerdir ve ülkemizin çeşitli bölgelerinde ciddi zararlara neden olmaktadır. Sıcak hava dalgaları ve kuraklık, tarımsal üretimi olumsuz etkilemekte, su kaynaklarının azalmasına ve kuraklıkla mücadelede zorluklara yol açmaktadır. Orman yangınları ise biyolojik çeşitliliğe zarar vermekte ve ekolojik dengeyi bozmaktadır. Ayrıca, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak ani ve şiddetli sağanak yağışlar da artmaktadır. Bu durum, sel ve taşkın gibi afetlerin sıklığını ve şiddetini artırmaktadır. Özellikle şehirleşmenin yoğun olduğu bölgelerde, altyapı ve afet yönetimi sistemlerinin yetersizliği nedeniyle bu tür olayların etkileri daha fazla hissedilmektedir. Ülkemizdeki iklim değişikliği etkilerinin giderek artması, ulusal düzeyde acil önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. İklim değişikliğiyle mücadelede daha etkili politikaların oluşturulması, sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin benimsenmesi ve çevresel duyarlılığın artırılması önemlidir. Ayrıca, iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamak için altyapı ve afet yönetimi sistemlerinin güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu şekilde, iklim değişikliğinin olumsuz etkileri en aza indirilerek ülkemizin ve insanların geleceği korunabilir.

Son yıllarda dünya genelinde ciddi bir endişe kaynağı olan iklim değişikliği ülkemizi de ciddi şekilde etkilemiştir. Bulunduğu konum itibariyle ülkemiz küresel iklim değişikliğinin en yoğun hissedilmesi beklenen ülkeler arasında yer almaktadır. Bu durum şimdiden kendisini hissettirmeye başlamış, iklim parametrelerinde kayda değer kalıcı değişiklikler oluşmaya başlamıştır. Bununla birlikte ülkemizde iklim değişikliği ile

mücadele kapsamında yeni bir bilinç oluşturulmaya çalışılmakta, politik, sosyoekonomik, enerji ver üretim gibi her alanda birtakım adımlar atılmaktadır. Özetle Türkiye iklim değişikliğinin etkilerini incelemekte ve bu etkilere karşı mücadele stratejilerini hassasiyetle değerlendirmektedir. Türkiye’de 1991-2020 yılları arası donlu günler sayısı Şekil 5.1’de, donlu günler sayısının yıl ve gün bazında dağılımı ise Şekil 5.2’de verilmiştir.



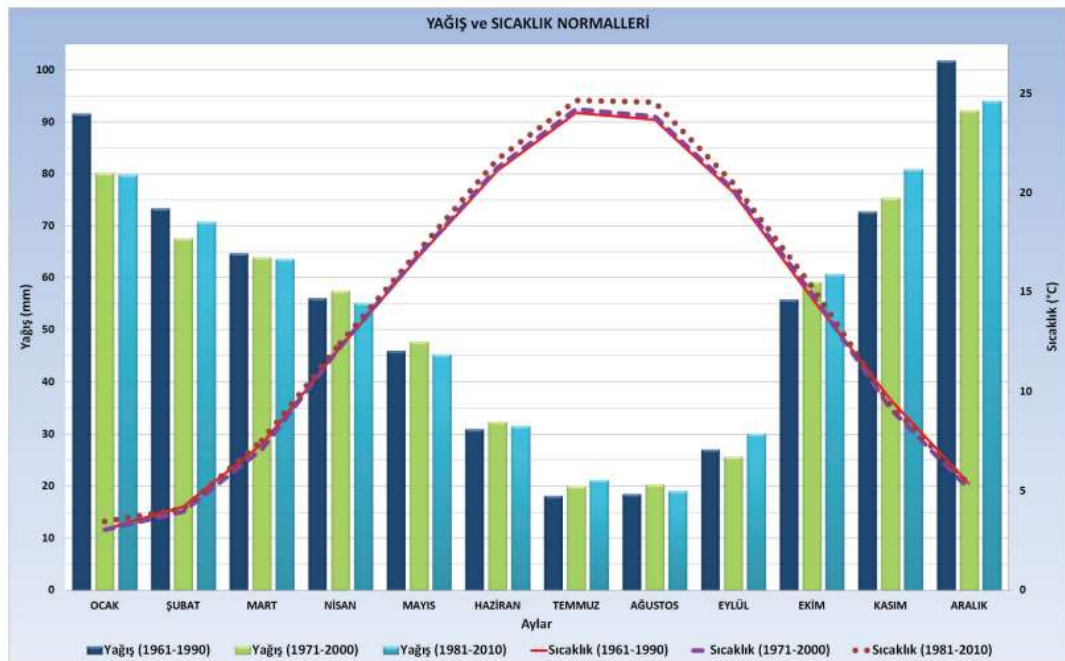
Şekil 5. 1 Türkiye 1991-2020 yılları arası donlu günler sayısı
(www.cevreselgostergeler.csb.gov.tr)



Şekil 5.2 Türkiye donlu günler sayısının yıl ve gün bazında dağılımı
(www.cevreselgostergeler.csb.gov.tr)

Küresel ısınma problemi dolayısıyla Türkiye'de gözlemlenen iklim değişikliklerinin etkileri günlük yaşamda gözlemlenir olmuştur. Türkiye'de son yıllarda artan sıcaklık trendleri gözlemlenmektedir. Bu durum, tarımsal üretim üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta ve su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan Türkiye'de yağış rejimlerinde belirgin değişiklikler yaşanmaktadır. Bazı bölgelerde yağış miktarında azalma görülürken, diğer bölgelerde artma trendleri gözlemlenmektedir. Bu durum sel, kuraklık ve erozyon gibi aşırı hava olaylarının görülme sıklığında artışa neden olmaktadır. Artan sıcaklık ve yağış değişiklikleri, Türkiye'de doğal afetlerin sıklığını ve şiddetini arttırdığı gözlemlenmektedir. Sel, taşkın, toprak kayması ve orman yangınları gibi afetler, ekonomik kayıplara ve insan sağlığına zarar vermesi açısından önem arz etmektedir. Akdeniz bölgesi, iklim değişikliği bakımından önemli ölçüde olumsuz etkilenen bölgeler arasında yer almaktadır. Yapılan araştırmalar, Türkiye'nin çeşitli havzalarında yağış oranlarının özellikle Akdeniz Bölgesi'nde azaldığını ve yağış rejiminin değişmekte olduğunu göstermektedir.

Bu değişimlerin sonucunda, ekstrem yağış olaylarının Şiddetinin ve sıklığının artması beklenmektedir. Bu da beraberinde, sel, taşkın gibi afetlerin geręekleşme olasılığını artırmaktadır. Bu afetler, önceden alınması gereken önlemlerin yanı sıra toplum ve çevre üzerinde ciddi yıkıcı etkilere neden olabilir. Özellikle Türkiye gibi iklim değişikliğinden etkilenecek ülkeler için gelecekte ekstrem yağışların sürelerinin ve yoğunluklarının artması, iklim değişikliğiyle mücadelede alınması gereken önlemlerin önemini ortaya koymaktadır. Bu önlemler arasında, afet risklerinin azaltılması için planlama, altyapı iyileştirmeleri, erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi ve toplum bilincinin artırılması gibi adımlar yer almaktadır. Ayrıca, Türkiye'de aylık sıcaklık ve yağış dağılışlarında da belirgin değişimler gözlemlenmektedir. Yaz aylarında sıcaklık artarken, yağış miktarı genellikle azalmaktadır. Bu durum, tarımsal üretim üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir ve su kaynaklarının yönetiminde zorluklar doğurabilir. Dolayısıyla, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve tarımsal yöntemlerin uyumlu hale getirilmesi gibi önlemlerin de hayata geçirilmesi gerekmektedir (Bütüner 2019). Şekil 5.3 Türkiye'nin 1961-2010 yılları arası yağış ve ortalama sıcaklıklarının aylık dağılımı verilmiştir.



Şekil 5.3 Türkiye'nin 1961-2010 yılları arası yağış ve ortalama sıcaklıklarının aylık dağılımı (Bütüner 2019)

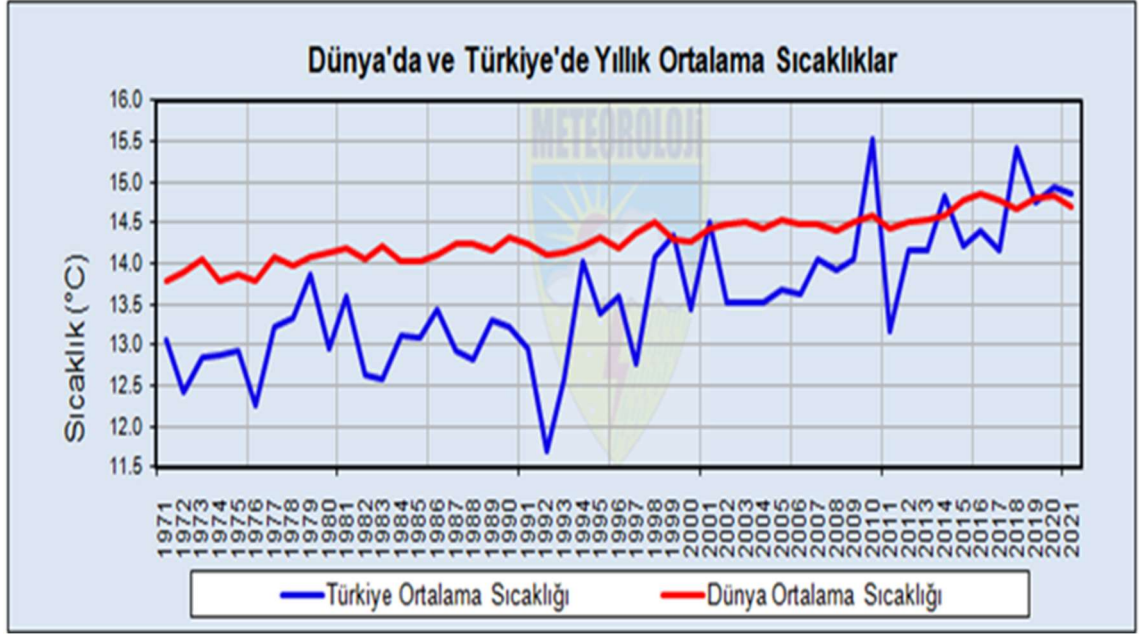
Yenilenebilir enerji kaynaklarında yağış, sıcaklık ve yağışa bağlı akış oranları yerel çevresel koşullara bağlı olarak değişmektedir. Hidroelektrik enerjiler, temiz enerjiyi sağlamak için temel parametredir. Yenilenebilir enerjilerde gerekli olan yağış, göl yükselti seviyesi ve enerji üretime göre verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) kurumlarından elde edilebilmektedir (Pir vd. 2024). Hidroelektrik üretimlerinde iki önemli senaryo vardır. En çok kullanıp, tercih edilen iklim değişikliği senaryosunda; RCP 8.5 ve RCP 4.5'tir. Küresel Sirkülasyon Modellerinde (GCM) enerji üretimlerinde, yağış ve ortalama sıcaklık verilerini, hidroelektrik enerji santrallerini (HES) tahmin etmek için kullanılmaktadır. Temiz yenilenebilir enerji kaynak kullanımının arttırımına yönelik, çevre dostu ve iklim açısından düşük potansiyel risk taşımaları nedeniyle Hidroelektrik santrallerinin kullanımı daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. Hidroelektrikten yararlanmanın çevresel ve ekonomik etkileri de göz önünde bulundurulduğunda son zamanlarda hidroelektrik, dünya çapında en önemli enerji kaynağı haline gelmiştir. Hidroelektrik, 2016 yılında kurulu kapasitenin 1.064 GW'ını temsil eden tüm yenilenebilir elektriğin %71'ini sağlamaktadır. İklim değişiminin sonucu olarak değişen kuraklıklar, taşkın miktarları, artan sıcaklıklar ve yağışların azalması, su kaynaklarını ve hidroelektrik potansiyelini arttırma yönelimindedir. Türkiye'de Hidroelektrik üretiminin büyük bir kısmı su kaynaklarına ve bu kaynakların durumuna bağlıdır. Türkiye'de sürekli nüfus artışı ve ekonominin büyümesi ülkemizdeki enerji talebinde artışa sebep olmaktadır. Elektrik açısından oluşan talep için Türkiye coğrafi konumu ve kaynakları gereği tüm ülkenin enerji ihtiyacını karşılayabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiplik yapmaktadır (Yüksel vd. 2008).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine (ETKB) göre, Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli 433 milyar kWh hidroelektrik potansiyeline sahiptir. Aynı şekilde hidroelektrik potansiyeli 140 milyar kWh/yıl'dır (İnci 2019). Enerji kaynaklarına göre mevcut santral sayısı 653 hidrolik, 320 doğal gaz, 48 jeotermal, 5868 güneş, 42 kömür, 249 rüzgâr ve 243 diğer santrallerden oluşmaktadır.

Hidroelektrik üretimi yaklaşık 33 milyar kWh'ye ulaşmıştır ve Türkiye'nin enerji üretiminin %22,4'ü hidroelektrik üretiminden tahmin edilmiştir (Geçen 2019). Küresel

iklim değişikliği, dñnyanın hidrolojik dñngüsñnde bñyñk bir değişiklik yapmıştır (Kang vd. 2015). İklim değişikliğinin, nehirlerdeki ve göllerdeki su seviyesinin modeli ve bñyñklñęñ ile baraj ve hidroelektrik üretiminin işleyişini etkileyen su kalitesi gibi hidrolojinin bazı taraflarında çeşitli etkileri vardır. 2008 yılından itibaren Türkiye üzerinde bölgesel iklim simñlasyonu çalışmalarını artırılmıştır. Türkiye, iklim değişikliği ile mücadele etmek için çeşitli stratejiler ve politikalar geliştirmektedir. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yaparak sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedeflemektedir. Rüzgâr, güneş ve hidroelektrik enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji üretimi teşvik edilmektedir. Temelde ama karbon salınımı azaltmak enerji de bağımsız olabilmektir. Ormanların korunması ve yeni alanların ağaçlandırılmasının, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynadığı bilinmekle birlikte, Türkiye, ormancılık politikalarını güçlendirmekte ve ormansızlaşmayı önlemek için çeşitli projeler yürütmektedir. Bu projeler temelde karbon tutucu alanların tahrip edilmesi önlemek ve yeni karbon tutucu yeşil alanların tesis edilmesi amaçlamaktadır.

Türkiye, iklim değişikliği konusunda toplumun bilinçlenmesini ve farkındalığını artırmak için eğitim ve kampanyalar düzenlemektedir. Çevre koruma, enerji tasarrufu ve geri dönüşüm gibi konularda toplumsal bilinci artırmak için çeşitli projeler hayata geçirilmektedir. Türkiye, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için stratejiler geliştirmektedir. Bu çerçevede Entegre Su Yönetimi yaklaşımı önem kazanmakta, yapılan hazırlıklar bu anlayışa uygun olarak planlanmaktadır. Bu kapsamda su tasarrufu önlemleri, sulama tekniklerinin iyileştirilmesi ve su kirliliğinin önlenmesi gibi adımlar atılmaktadır. Türkiye, iklim değişikliği ile mücadelede kararlı adımlar atmaktadır. Ancak, iklim değişikliğinin etkileriyle başa çıkmak için daha fazla ulusal ve uluslararası iş birliğine ve stratejik planlamaya ihtiyaç vardır. Türkiye'nin iklim değişikliği konusundaki çabaları, sadece ulusal düzeyde değil, aynı zamanda küresel düzeyde de önemli bir rol oynamaktadır. Şekil 5.4'te Dñnyada ve Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklık değerleri verilmiştir.



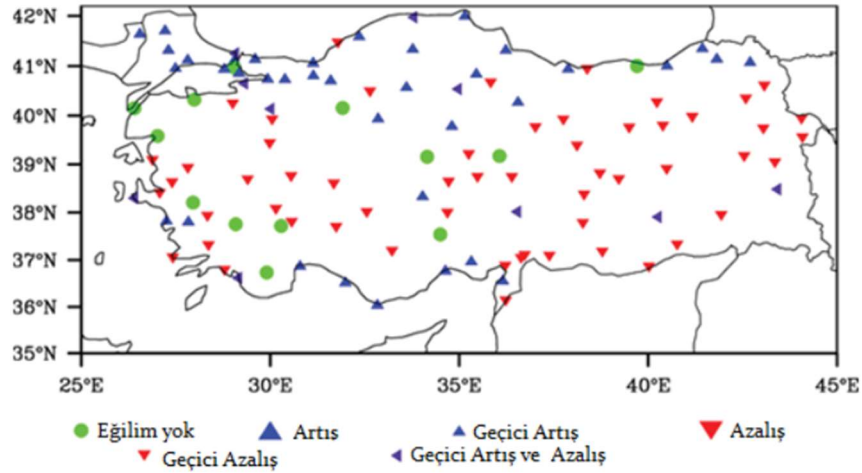
Şekil 5. 4 Dünyada ve Türkiye’de yıllık ortalama sıcaklıklar (MGM 2020)

5.1 Gözlenen Sıcaklık Değişimleri

Türkiye’deki Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 109 istasyonun 1960-2010 yıllarına ait verilerinde çeşitli iklim indisi eğilimleri tespit edilmiştir. Bunlardan sıcaklık ile ilgili olanları aşağıda verilmiştir.

- Türkiye’de yaz günleri sıcaklık sayısında artış görülmektedir. Kuzeyde bulunan istasyonların eğilimleri daha fazladır. Eğilimler %95 oranında istatistiksel olarak anlamlı seviyededir. Fırat havzası dışındaki havzalarda tropik gece sayısı artmaktadır. Keban barajının faaliyete geçmesinden sonra ciddi bir azalma eğilimine sahiptir. Hesaplara göre artış eğilimi 37 gün/100 yıldır. Eğilimler %95 oranında istatistiksel olarak anlamlı seviyededir. Türkiye’de sıcak gün sayısı artmaktadır. Bu artan eğilimler 14 gün/100 yıldır. Eğilimler %95 oranında istatistiksel olarak anlamlı seviyededir. Türkiye’de sıcak gece sayısı Fırat havzası dışında artmaktadır. Yükseliş eğilimi 15 gün/100 yıldır. Eğilimler %95 oranında istatistiksel olarak anlamlı seviyededir (Uysal vd. 2022).
- İstasyonların çoğunda serin gün ve gece sayısı azalmaktadır gün için hesaplanan 6 gün /100 yıl, gece için hesaplanan 15 gün/100 yıldır.

- Eğilimler %95 oranında istatistiksel olarak anlamlı seviyededir. Ülkemiz genelindeki 165 istasyonun 1961-2008 yılları arasında yapılan incelemelere göre günlük minimum ve maksimum sıcaklık değerlerinde artış görülmüştür. Türkiye'deki Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 109 istasyonun 1960-2010 yıllarına ait verileri incelendiğinde çeşitli iklim indisi eğrileri tespit edilmiştir. Bunlardan yağış ile ilgili olanları aşağıda verilmiştir.
- Yıllık toplam yağış kuzeyde artış gösterirken yurdun diğer bölümlerinde ise azalış eğilimindedir.
- Şiddetli yağışlı gün sayısı Güneydoğu Anadolu ve Ege bölgeleri hariç artış göstermektedir. Hesaplanan ortalama artış 17 gün/100 yıldır.
- Doğu Karadeniz'de görülen şiddetli yağışın olduğu gün sayısında ciddi bir artış görülürken Güneydoğu Anadolu bölgesinde ciddi bir azalma görülmektedir.
- Aşırı yağışlı gün sayısında Güneydoğu Anadolu ve Ege bölgeleri hariç artış görülmektedir. Ortalama artış 119mm/100 yıldır.
- Bir günlük maksimum yağış çoğu istasyonda artış eğiliminde olup hesaplanan ortalama artış 17mm/100 yıldır. Ülkemiz genelindeki 1950-2013 periyoduna ait toplam yağış analizi Şekil 5.1'de verilmiştir. Karadeniz ve Marmara başta bütün kıyı şeridinde yağışlarda artan bir eğilim görülmektedir. Bütün karasal bölgelerde ise yağışların azalması ile kuraklık ön belirtisi görülmektedir (Jessup vd. 2016). Şekil 5.5'de yıllık toplam yağış için eğilimleri verilmiştir.



Şekil 5. 5 Yıllık toplam yağış için eğilim analizi (Jessup vd. 2016)

6. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ

İklim değışikliği, dünyayı çeşitli şekillerde olumsuz etkileyen bir fenomendir. Bu değışiklikler, buzullardaki erimenin artması, deniz seviyelerindeki yükseliş, sanayileşme ve nüfus artışıyla birlikte sera gazlarının atmosferdeki artışı gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bu etkiler, ekolojik dengeyi yok etmektedir. İklim değışimi dünyayı birçok yönden olumsuz etkilemektedir. İklim değışikliği ile birlikte buzullarda görülen erime, buna bağlı olarak deniz seviyelerinde artış, sanayileşme ve nüfus artışı ile birlikte sera gazlarındaki yükselişler ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Isınma ve iklim değışikliğinin dünya üzerinde göstereceği etkiler konusunda çeşitli senaryolar mevcut olup bu senaryolar ekosistem, sosyoekonomik ve politik konu başlığı altında sınıflandırmak mümkündür (Biberoğlu vd. 2011).

Buzullardaki erimenin artması, küresel iklim değışikliğinin en belirgin göstergelerinden biridir. Bu erime, buzulların hacminde azalmaya ve deniz seviyelerinde artışa yol açmaktadır. Deniz seviyelerindeki artış, kıyı bölgelerinde yaşayan insanlar için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır, çünkü kıyı erozyonu, deniz suyu seviyesinin yükselmesiyle birlikte daha sık ve şiddetli hale gelmektedir. Ayrıca, sanayileşme ve nüfus artışıyla birlikte sera gazlarının atmosferdeki yoğunluğu artmaktadır. Bu sera gazlarının artışı, sera etkisi yoluyla atmosferdeki sıcaklığu artırmakta ve iklim değışikliğine katkıda bulunmaktadır. Bunun sonucunda, dünya genelinde iklimde belirgin değışiklikler görülmekte, kuraklık, seller, aşırı sıcaklar gibi olaylar daha sık ve şiddetli hale gelmektedir. Çeşitli senaryolar, iklim değışikliğinin dünya üzerindeki etkilerini farklı açılardan ele almaktadır. Bu senaryolar, ekosistem, sosyoekonomik ve politik açılardan incelenebilir. Örneğin, ekosistem açısından bakıldığında, iklim değışikliğinin biyolojik çeşitliliği nasıl etkilediği incelenebilir. Sosyoekonomik açıdan ise, iklim değışikliğinin insanların yaşam tarzlarına, gelir düzeylerine ve refahlarına etkileri ele alınabilir. Politik açıdan ise, iklim değışikliğiyle mücadelede uluslararası iş birliği ve politika oluşturma süreçleri değerlendirilebilir.

6.1 İklim Değişikliğinin Ekolojik Sistem Üzerindeki Etkileri

Yüksek sıcaklık ve buzulların erimesi gibi iklim değişikliğinin belirgin etkileri, aşırı buharlaşmaya neden olarak kuraklık oluşumunu hızlandırmaktadır. Kuraklık, su kaynaklarının azalmasına ve tarım alanlarının kurumasına yol açarak ciddi ekolojik ve ekonomik sorunlara neden olmaktadır. Bu kuraklık sorunuyla birlikte, orman yangınlarının sıklığı ve şiddeti artmakta, sıcaklık değişimine dayanamayan bitki türlerinin azalması veya yok olması gibi ekosistemde önemli değişiklikler gözlenmektedir. İklim değişikliği aynı zamanda bitki ve hayvan türlerinin dağılımını da etkilemektedir. Yüksek sıcaklıklar ve kuraklık, birçok bitki ve hayvan türünün yaşam alanlarını daraltmakta veya uygun olmayan hale getirmektedir. Bu durum, biyolojik çeşitliliği azaltmakta ve bazı türlerin yok olma riskiyle karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, iklim değişikliği bakteri ve virüs türlerini de etkilemektedir. Yüksek sıcaklıklar ve nem, bazı patojenlerin yayılmasını kolaylaştırarak insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Bununla birlikte tarım ve orman ürünlerinde çeşitlilik azalması, gıda güvenliği ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından ciddi endişelere yol açmaktadır. Sonuç olarak, iklim değişikliğinin ekolojik sistem üzerindeki etkileri giderek artmakta ve canlı yaşamının devamı için ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu nedenle, iklim değişikliğiyle mücadelede acil ve etkili önlemlerin alınması gerekmektedir (Biberoğlu vd. 2011).

6.2 İklim Değişikliğinin Sosyoekonomik Etkileri

İklim değişikliğinin çevresel ve sosyoekonomik etkileri, dünya genelinde hemen hemen tüm ülkeleri etkileyecektir. Ancak, bu etkilerin her ülke üzerindeki yoğunluğu ve türü farklılık gösterecektir. Sıcaklık artışı gibi belirgin değişimlerde, gelişmiş ülkeler ekonomik olarak avantaj sağlayabilirken, gelişmekte olan diğer ülkeler bu durumdan olumsuz etkilenebilir. Bu nedenle, iklim değişikliği ile mücadelede adil ve dengeli bir yaklaşım benimsenmesi önemlidir. Gelişmiş ülkeler, sıcaklık artışıyla birlikte tarım, turizm ve enerji gibi sektörlerde ekonomik kazançlar elde edebilirken, gelişmekte olan ülkelere tarım verimliliği düşebilir, su kaynakları azalabilir ve ekstrem hava olayları daha sık ve şiddetli olabilir.

Bu durum, ekonomik kayıplara ve sosyal dengenin bozulmasına neden olabilir. Öte yandan, sıcaklık artışının ekonomik zararları sadece gelişmekte olan ülkelerle sınırlı değildir. Gelişmiş ülkeler de iklim değişikliğinin etkileriyle karşı karşıya kalarak tarımsal üretimde düşüş, su kaynaklarında azalma ve doğal afetlerin artması gibi sorunlarla mücadele etmek zorunda kalabilirler. Bu nedenle, iklim değişikliği ile mücadelede küresel iş birliği ve dayanışma önemlidir. İklim değişiminin çevresel ve sosyoekonomik etkilerinde hemen hemen bütün ülkeler etkilenecektir. Ancak toplum etkisinin ülkeler üzerindeki etkisinde bu iklim değişikliği her bir ülke için farklı etkilerde olacaktır. Sıcaklık değişimlerinde gelişmiş ülkelerdeki sağladıkları ekonomik kazançlar, gelişmekte olan diğer ülkelerin zarara uğramasına neden olmaktadır. Ancak sıcaklık artışlarında ülkelerde, ülke bazında ayırt etmeksizin hepsinde ekonomik zarar ortaya çıkacaktır (Anbar vd. 2008). İklim değişikliğinin ekonomik etkileri Çizelge 6.1’ de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2 İklim değişikliğinin ekonomik etkileri (Anbar vd. 2008)

	Sıcaklık Artışı	Sıcaklık Artışının Etkisi
Gelişmekte Olan Ülkeler	Sıcaklıkların, herhangi bir derece artması	Genel Olarak, sıcaklıklar yükseldikçe, net ekonomik zarar
Gelişmiş Ülkeler	2 °C’ ye kadar bir sıcaklık artışı	Net ekonomik kazanç
	2 °C - 3 °C’ye arasında bir sıcaklık artışı	Nötr veya kazanç-kayıp
	3 °C’nin üzerinde bir sıcaklık artışı	Net zarar

İklim değişikliğinin çevresel ve sosyoekonomik etkileri konusunda ekonominin toplam maliyeti hakkında pek çok çalışma ve araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmalar, genellikle mevcut verilere dayanarak iklim değişikliğinin ekonomi üzerindeki etkilerini analiz etmekte ve bunların önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, sağlık, gıda güvenliği, yoksulluk, enerji ihtiyacı ve göç gibi sosyoekonomik faktörler, iklim değişikliğinin etkilerini değerlendirmede önemli bir rol oynamaktadır. Literatürdeki birçok çalışma, iklim değişikliğinin ekonomiye toplam maliyetini belirlemeye ve bu etkileri ölçmeye yöneliktir. Bu çalışmalar, iklim değişikliğinin neden olduğu çevresel ve sosyoekonomik zararların geniş bir yelpazesini ele almaktadır. Sağlık sektöründeki harcamaların artması, tarım verimliliğinin azalması, doğal afetlerin sıklığının ve şiddetinin artması, su

kaynaklarının azalması gibi faktörler, ekonominin üzerinde önemli bir baskı oluşturabilir. Yapılan bu çalışmalar Çizelge 6.1'i desteklemektedir.

Özellikle sağlık sektöründe artan maliyetler, tarımsal üretimde düşüş, su stresi ve göç gibi etkiler, ekonomik kalkınmayı olumsuz yönde etkileyebilir. Bu durum, bütün ülkeleri etkileyen bir sorun haline gelmektedir ve iklim değişikliğiyle mücadelede küresel iş birliği ve dayanışma önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, mevcut verilere dayalı olarak yapılan çalışmalar, iklim değişikliğinin ekonomik etkilerini anlamak ve uygun politika önlemlerini belirlemek için önemli bir kaynak teşkil etmektedir.

6.3 İklim Değişikliğinin Politik Etkileri

Gelişmekte olan ülkeler, sıklıkla hükümetlerinin yetersiz politikaları ve altyapılarının gelişimine açık olması gibi nedenlerle, halklarını küresel ısınmanın olumsuz etkilerinden yeterince koruyamamaktadırlar. Bu ülkelerde, iklim değişikliğinin getirdiği zorluklarla başa çıkmak için gerekli kaynaklar ve stratejiler genellikle eksik veya yetersizdir. Bunun sonucunda, gelişmiş ülkeler, politikasız ve zayıf altyapıya sahip olan gelişmekte olan ülkeleri, kendi çıkarları doğrultusunda fırsatçılık yapmak isteyebilirler. Bu, kriz dönemlerinden faydalanma çabaları olarak ortaya çıkabilir. Özellikle, iklim değişikliğinin neden olacağı kuraklık gibi felaketler sonucunda su kaynaklarına olan talebin artması, ülkeler arasında su savaşlarının patlak verme riskini artırabilir. Su kaynakları zengin olan ülkeler, göç baskısı altında kalabilir ve muhtemel kitlesel göç dalgalarıyla karşı karşıya kalabilirler. Tüm bu belirsizlikler, kaynak kullanımını olumsuz yönde etkileyerek, mevcut temiz suya erişim ve enerji sıkıntısını daha da artırabilir. Su kaynaklarının azalmasıyla parantezinde, su kaynaklarının kirlenmesi ve kuraklık nedeniyle su kaynaklarının tahrip olması gibi faktörler, çevresel sağlık risklerini artırabilir. Virüslerin mutasyona uğraması, hastalıkların artması, taşkınlar, seller gibi doğal afetlerin sıklığının artması, insan sağlığını ve yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu durum, özellikle gelişmekte olan ülkelerde sağlık sistemlerini ve toplumların dayanıklılığını daha da zorlayabilir. Dolayısıyla, iklim değişikliği ile mücadelede acil ve etkili politikaların benimsenmesi ve uygulanması gerekmektedir.

Geliştirilecek politikalar, temelde iklim değişikliği ile mücadelenin daha etkin bir biçimde sürdürülmesine zemin hazırlamak durumundadır. Ancak benzer politikaların kötü gidişatın değiştirilememesi durumunda ortaya çıkması muhtemel sorunların sevk ve idaresi için de hazırlanması gerekmektedir. Başka bir değişle şimdiden kara gün alınacak önlemler belirlenmeli ve gerekli eylem planları hazırlanmalıdır. İhtiyaç durumunda devreye alınacak iş bu eylem planlarının uygulanmasında ortaya çıkacak muhtemel karışıklıkların minimum seviyede tutulabilmesi noktasında gerekli tüm politik ve yasal adımlar önceden atılmış olmalıdır.

Küresel ısınma temelli iklim değişikliği üzerine yapılan araştırmalar uyarınca; IPCC tarafından yapılan çalışmaya göre karşılaşılabilecek muhtemel sorunlar,

- Hava sıcaklığındaki artışlar,
- Sıcaklık artışı ile oluşan orman yangınları,
- İklim değişikliği ile kuraklık,
- Şiddetli yağışlar,
- Artan virüs oranları ile birlikte hastalıkları taşıyan böceklerin buldukları bölgeden çıkarak virüsün giderek yayılmasına neden olmaları,
- Tarım, hayvancılık ve tatlı su depolamasının üzerindeki etkileri gibi durumların artışına neden olabilecektir.

İnsanlığın son 100 yıl içerisinde karada veya suda oluşturduğu kalıcı hasarlar su ve havanın da bileşimini önemi ölçüde değişerek bozulmuştur. Gelişen sanayi ile birlikte hızla artan karbondioksit, metan gibi sera gazlarının; çevre atmosferi üzerindeki büyük miktarda etkileri ve atmosferin kirlenmesi ve küresel ölçekte havanın ısınma eğiliminin giderek artmasına sebep olmuştur. Artan sera gazları ile meydana gelen, yeryüzüne gelen güneş ışınlarını fazla sönümleyip az miktarda yansımaya ve bu nedenle de buzulların erimesi ve denize seviyelerinin yükselmesine neden olmaktadır. Eriyen buzulların yerine artık oluşan kara parçaları, güneş ışınlarını absorbe etmesiyle birlikte buzullara oranlar yer yüzünün daha fazla ısınmasının şiddetini arttırmaktadır. Bunun sonucunda insan hayatı son üç bin yılda küresel iklim değişikliği problemi nedeni ile yüzleşmektedir.

Hava şartları ile iklim değişimi karıştırılmaktadır. Hava şartları ile iklim arasındaki farktan kısaca bahsederek; hava durumları, belirli bir zaman diliminde meydana gelen hava olaylarına denilirken, iklim ise hava şartlarının ortalamalarına ve eğilimine denilmektedir. Bir bölgenin iklimini belirleyen hava koşulları içinde aşırı sıcaklıklar, kuraklıklar, seller ve fırtınalar gibi etmenler yer almaktadır.

6.4 Barajlar ve Hidroelektrik Enerji

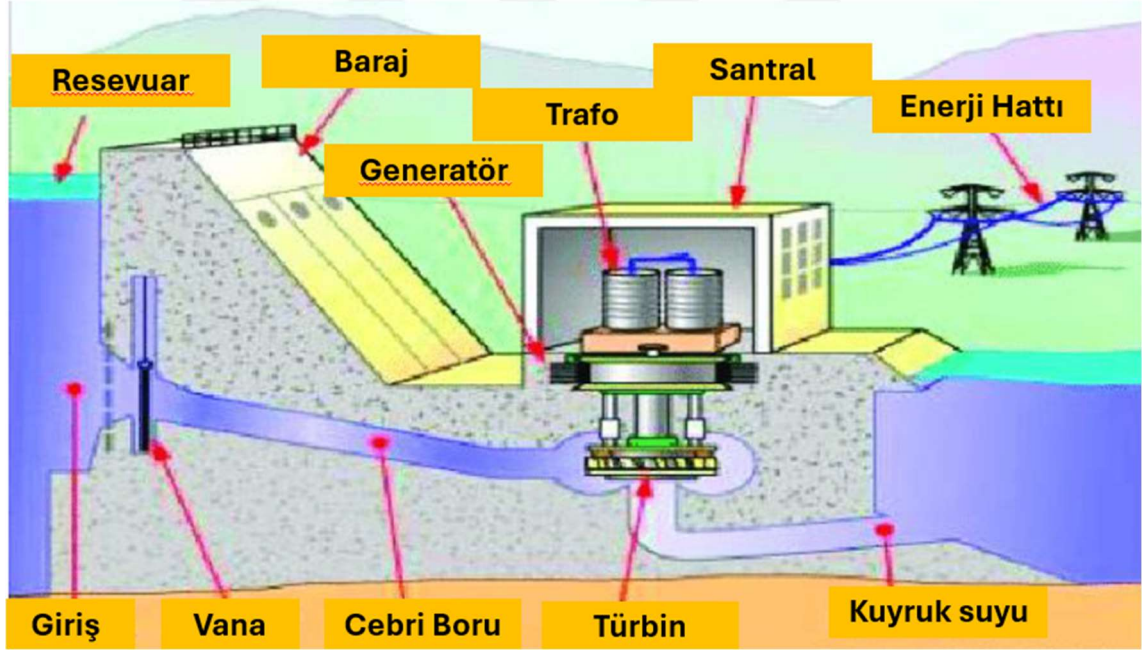
Barajlar, su kaynaklarının etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesine önemli katkılar sağlayan insan eliyle inşa edilen büyük su depolama yapılarıdır. İnsan yaşamının pek çok yönünde kullanılan bu yapılar, içme suyu temini, sanayi faaliyetleri, nehirlerde ulaşım, rekreasyon alanlarının oluşturulması, tarımsal sulama ve hidroelektrik enerji üretimi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bu çok yönlü kullanım, su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve insan yaşam kalitesinin artırılması için kritik bir rol oynamaktadır. Barajlar, özellikle aşırı yağış veya kar erimeleri gibi dönemlerde oluşan su bolluğunu kontrol altına alarak suyun etkin bir şekilde yönetilmesine imkân sağlarlar. Bu zamanlarda fazla suyun depolanması, kurak dönemlerdeki su ihtiyacını karşılamak için önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Aynı zamanda, barajlar suyun kontrollü bir biçimde salınmasına imkân sağlamak kaydıyla taşkın ötelemede kullanılmakta, böylece sel riskini azaltıp ve nehirlerin taşıma kapasitesini artırmaktadır. Bu sayede, suyun doğru zamanda ve doğru miktarda kullanılmasına olanak tanır, su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır.

Bununla birlikte, barajlar suyun sürdürülebilir kullanımını teşvik eder ve su tasarrufu stratejilerine önemli bir katkı sağlarlar. Depolama kapasiteleri sayesinde, suyun verimli bir şekilde kullanılması ve israfının önlenmesi mümkün olur. Özellikle tarımsal sulamada, suyun doğru ve ekonomik bir şekilde kullanılması için barajların sağladığı su depolama imkanları büyük önem taşır. Bu sayede tarımsal verimlilik artar, su kaynakları daha etkin bir şekilde kullanılır ve çevresel sürdürülebilirlik sağlanır. Başka bir değişle barajlar su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetilmesine ve suyun sürdürülebilir kullanımına önemli katkılar sağlarlar. Su ihtiyacının karşılanmasında ve suyun çeşitli

alanlarda kullanımında stratejik bir rol oynarlar. Ancak, bu yapıların planlanması ve işletilmesi aynı zamanda çevresel etkilerin ve ekosistemlerin korunmasına da dikkat edilmesi gereken bir husustur. Bu nedenle, baraj projeleri çevresel etkilerin en aza indirilmesini ve sürdürülebilir su kaynaklarının yönetilmesini sağlayacak şekilde planlanmalı ve uygulanmalıdır. Depolanan suyun potansiyel enerjisinden elektrik enerjisi üretilmesi amacıyla da kullanılabilen barajlar enerjinin üretimi ve güvenilirliği noktasında hayati öneme sahiptir. Hidroelektrik güç, sürekli akan suyun enerjiye dönüştürülmesiyle elde edilen bir enerji kaynağıdır. Yeryüzündeki suyun sürekli olarak hidrolojik döngü içinde dolaşımında olması dolayısıyla, suyun hidrolik gücü dolayısıyla üretilen enerji yenilenebilir enerji olarak kabul edilmektedir. Hidroelektrik enerji santralleri genellikle bir baraj, bir rezervuar ve bir elektrik santralinden oluşmaktadır. Barajlar, su akışını kontrol etmek ve rezervuar suyunu depolamak için kullanılırken, suyun potansiyel enerjisi elektrik santralinde elektrik enerjisine çevrilmektedir (Bonsor vd. 2019).

Hidroelektrik enerji santralleri, suyun belirli bir yükseklikten düşürülmesiyle potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi prensibine dayanmaktadır. Bu kinetik enerji, türbinler tarafından mekanik enerjiye çevrilir ve ardından jeneratörler tarafından elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Bu süreç, sürekli akan suyun doğal hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştürerek temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı sağlamaktadır. İklim değişikliği, hidrolojik döngüdeki herhangi bir değişiklikten etkilenerek hidroelektrik üretimini buna bağlı olarak havzalardaki yağış ve su miktarlarını etkilemektedir.

Özellikle yağış rejimindeki değişiklikler, hidroelektrik potansiyelini etkileyebilir ve bu da hidroelektrik enerji santrallerinin verimliliğinde düşüşe sebep olmaktadır. Yağış miktarındaki değişiklikler, rezervuarların doluluk oranlarını etkileyebilir ve bu da hidroelektrik santrallerinin verimli kullanılmasını zora sokmaktadır. Bir hidroelektrik santralının ana parçaları Şekil 6.5’de gösterildiği gibidir.



Şekil 6.1 Hidroelektrik enerji santrallerinin ana parçaları (Bonsor vd. 2019).

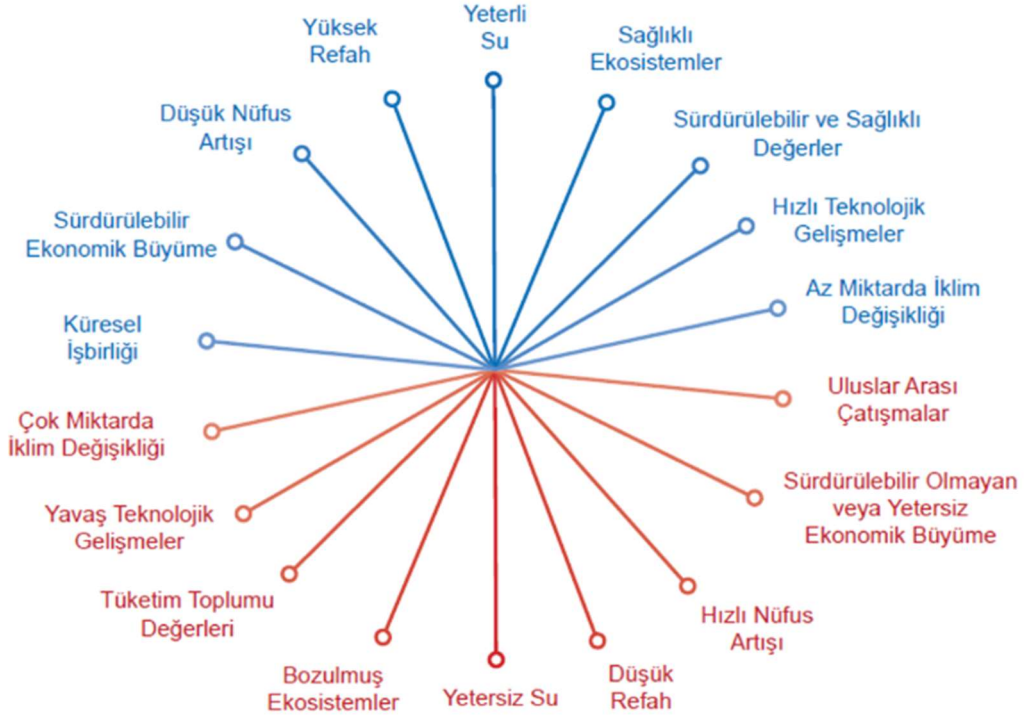
Hidroelektrik enerjisinin kirlilik emisyonları, düşük maliyeti ve pik yüklerine vermiş olduğu hızlı tepki yetenekleri bu enerjiyi önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı haline gelmektedir (Madani vd. 2009). Ancak birçok ülke ekonomik, teknik ve çevresel koşulları nedeni ile hidroelektrik enerjisini tercih etmektedir (Huang vd. 2009). İklim değişikliğindeki durumlar, hidroelektrik sistemlerinin planlanmasında, tahmin edilmesinde ve işletilmesinde oldukça öneme sahiptir. Günlük veya mevsimsel değişimler enerjinin değişkenliğine ve enerji miktarının iklim modelleri üzerinde kayıt altında tutulmaktadır. Barajlar, taşkına sebep olabilecek suların korunması ve su tasarrufu için oldukça kritiktir. Küresel iklim değişikliğinin Türkiye'deki etkisine bağlı olarak gerekli önemlerin alınarak bu bağlamda yapılacak olan çalışmalar sorumluluk bilinci ile küresel iklim değişikliğinin önüne geçilmesinde bizlere ışık tutacaktır.

İklim değişikliği, hidroelektrik sistemlerinin planlanması, tahmin edilmesi ve işletilmesinde büyük öneme sahiptir. Günlük veya mevsimsel iklim değişimleri, hidroelektrik enerji üretimindeki değişkenlikleri ve enerji miktarını etkilemektedir. Bu nedenle, hidroelektrik santrallerinin işletilmesi sırasında iklim modelleri üzerindeki

değişimler dikkate alınmalı ve enerji üretimindeki değişkenliklere uyum sağlayacak şekilde yapılmalıdır. Barajlar, özellikle taşkın riskini azaltmak ve suyun depolanması ve tasarrufu açısından da hayati öneme sahiptirler. Ancak, küresel iklim değişikliği tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'deki hidroelektrik sistemlerini olumsuz etkilemektedir. Artan kuraklık riski ve yağış rejimindeki değişimler, hidroelektrik santrallerinin verimliliğini ve güvenliğini etkilemekte, bu nedenle, iklim değişikliğine uyum sağlamak için hidroelektrik sistemlerinin planlanması ve işletilmesi sürecinde yeni modellerin geliştirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin küresel iklim değişikliğine bağlı olarak yaşadığı etkileri anlamak ve bu bağlamda önlemler almak, küresel iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir adımdır. Sorumluluk bilinciyle yapılacak çalışmalar, hidroelektrik sistemlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak ve iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirmek için önemli bir kılavuz olacaktır. Bu çerçevede, iklim değişikliğine uyum sağlamak için su kaynaklarının daha verimli kullanılmasını ve hidroelektrik santrallerinin güvenliğinin artırılmasını içeren stratejiler geliştirilmesi bir zaruret haline almaktadır.

7. ENTEGRE SU YÖNETİMİ

Entegre su yönetimi, su kaynaklarının etkili ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini sağlamayı amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, içme suyu, suyun tarımda kullanımı, suyun endüstride kullanımı, çevre koruma gibi suyun farklı kullanım alanlarının bir arada planlanması ve yönetilmesi gerektiği hususu üzerinde durur. Ayrıca, mevcut su kaynaklarının saptanması, korunması, kullanılabilirliği noktasında kalitesinin sürdürülmesi, eksikliği dolayısıyla baş göstermesi muhtemel su krizlerinin önlenmesi ve dolaylı olarak ekosistemlerin korunması da bu yaklaşımın hedef aldığı hususlar arasındadır. Entegre su yönetimi bileşenleri Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



Şekil 7.2 Entegre su yönetimi bileşenleri (www.hidropolitikakademi.org)

Entegre su yönetimi, su kaynaklarının verimli kullanılmasının mümkün kılınması noktasında detaylı bir biçimde planlanması ve yönetilmesi süreçlerinde hükümetler, yerel yönetimler, sivil toplum örgütleri, özel sektör, akademik kuruluşlar ve bölge halkı gibi farklı paydaşların katkı sağladığı eşgüdümlü bir çalışmayı teşvik eder.

Bulunla birlikte, suyun yönetimi ve kullanımıyla ilgili alınacak her türlü kararın bilimsel verilere dayandırılması ve bu kararların sosyoekonomik ve çevresel sonuçlarının da değerlendirildiği bir yaklaşım gösterir. Bu yaklaşımın temel amacı, temiz su kaynaklarının korunarak sürdürülebilirliğinin güvence altına alınması ve insanların suya erişimini her daim mümkün kılmak, suyun ihtiyaç sahipleri arasında etkin ve adil bir şekilde dağıtılmasını sağlamak ve gelecek nesillere temiz ve yeterli su kaynakları bırakmaktır. Günümüzde kullanılabilir su kaynaklarının önemi ile paralel olarak su kaynaklarının yönetimi de giderek daha karmaşık hale gelmektedir. Su kaynaklarının yönetiminden gelen olumsuzluklar kapsam ve boyut açısından iki ana başlıkta ele alınmaktadır. Yönetim kapsamı açısından, suyun miktarına ve suyun kalitesine etki eden etmenler göz önünde bulundurulmalıdır. Su kaynakları geniş kapsamda “çevre” adı altında ele alınarak çevre içeriğinde etki edeceği tüm unsurlar değerlendirilerek incelenmelidir. Kısacası çevre bütünü olarak değerlendirilmelidir. Bu açıdan su kaynakları yönetiminde kaynak yönetiminin havzalar ve diğer doğal kaynaklarla entegre olacak şekilde gerçekleştirilmesidir. Entegre havza yönetiminin temel hedefi, havzanın su miktarı ile birlikte tüm yönlerini ve kaynaklarını inceleyip, buna bağlı olarak daha sağlıklı yönetim kararlarının verilmesini amaçlamaktadır. Su kaynakları yönetiminde bir diğer çeşit olan boyut açısından değerlendirildiğinde, kullanılabilir kaynaklar ile ilgili büyüklüklerin sadece belli noktalarda zamana göre değişkenliklerinin incelenmesi yeterli olmayıp, alan bazında değişkenliklerinin de dikkate alınması zorunlu hale gelmiştir. Su kaynakları yönetiminde kapsam ve boyut değişikliklerine yönelik yapılacak olan geliştirilme ve gerek çözümler aynı kapsam ve boyutta ele alınması gerekmektedir. Su kaynakları günümüzde artık küresel sorunlardan doğan nedenlerden dolayı önemli bir problem halinde olup, su kıtlığı yaygın bir sorun haline gelmiştir. Bu problemler 6. bölüm iklim değişikliğinin etkileri başlığı adı altında anlatılmıştır. Ekosistemde yaşamın sürdürülebilirliğinin tehdit altında olması, su kaynaklarının geliştirilememesi, kontrolünün sağlanamaması ve su kaynakları yönetiminde yeni yaklaşımlara yaklaşılmaması halinde insanlık adına ciddi problemler beklemektedir. Bu problemlerin önüne geçmek amacıyla birleşmiş milletler çevre ve kalkınma dünya zirve konferansı gerçekleştirilmiştir.

Konferansta ele alınan konuda küresel iklim değışikliği için bir yaklaşım getirilmiş ve çevresel sorunlara yönelik karar verme süresinin sosyal ve ekonomik açıdan bütünleştirilmesi öngörölmüştür. Rio'da varılan sonuçlara yönelik bir duyuru paylaşılmıştır. 1990'lı yıllardan günümüze kadar aksiyon niteliği taşıyan bu duyuruda, tüm ölkelerin entegre yaklaşım ve stratejilerle, ekosistemin korunması ve sürdürülebilir kalkınmanın mümkün hale getirilmesinde etkin kaynak yönetim planlarının oluşturulması amaçlanmıştır. Yayımlanan raporda, su kaynaklarının çevre bütünlüğü içinde değerlendirilmesi gerektiği, kaynak yönetiminde havza ve doğal kaynaklarla entegre olacak şekilde gerçekleştirilmesi zorunluluğuna değinilmiştir. Akarsu havzalarındaki gibi günümüzde karşılaşılan sorunlar karmaşık hale gelmesi ile birlikte havza yönetimi etkilemiş ve zorlaşmıştır. Bu açıdan havza çalışmalarında yeni çalışmalara ihtiyaç olmuştur. Bu yeni yaklaşımların gelişmiş ölkelerde olduğu gibi entegre yönetimi kavramını esasına dayandırılması gerekli görölmüştür. Entegre yönetimi kavramı her ne kadar ölkemizde gerekliliği ve önemi yeni yeni anlaşılmaya başlamasıyla birlikte bu tür entegre yönetimin anlatımı ve aktarımı konusunda halen daha eksik veya hatalı yorum ve yaklaşımlarla karşı karşıya kalınmaktadır. 1990 yılından itibaren entegre su yönetimine yönelik bilimsel araştırmalar geliştirilerek revize edilmiştir.

8. ENTEGRE SU YÖNETİMİ KAVRAMININ ORTAYA ÇIKIŞI

1970'lerde, su kaynaklarının planlanması ve yönetimi alanında belirlenen temel hedefler, suyun ihtiyaçlarının karşılanması, su temininin güvence altına alınması, su kaynaklarının geliştirilmesi ve iyileştirilmesi, aynı zamanda su kaynaklarının neden olduğu zararların giderilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, bu dönemde çevre kirliliği sorunlarının artmasıyla birlikte su kaynakları büyük ölçüde etkilenmiştir. Su kalitesinin bozulması ve içilebilir veya kullanılabilir su kaynaklarının azalması gibi sorunlar ortaya çıkmıştır. Çevre kirliliğine neden olan unsurların belirlenmesi ve kontrol altına alınması, özellikle araziden yayılarak akarsulara ulaşan kirleticilerin izlenmesi ve kontrol edilmesi açısından zorluklar ortaya çıkmıştır. Bu kirleticilerin kaynağının tespit edilmesi ve akarsulara ulaşım şekillerinin izlenmesi, günümüzde hala takip edilmesi güç bir uğraş olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, akarsu kirliliğinin anlaşılması ve önlenmesi için su-toprak ilişkilerinden başlayarak insan etkisinin incelenmesi gerekmektedir.

1990'ların başlarından itibaren çevre genel bakış açısıyla su kaynakları daha bütünsel bir yaklaşımla ele alınmaya başlanmıştır. Bu dönemde su kaynakları, çevresel etkileri ve sürdürülebilirlik ilkesi göz önünde bulundurularak daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, su kaynaklarının sadece su temini açısından değil, aynı zamanda çevresel etkileri ve insan etkisiyle birlikte ele alınması gerekliliği vurgulanmıştır. Dünya genelindeki nüfus artışı ve kentleşme gibi faktörler, su kıtlığı, artan çöp miktarı gibi sorunları beraberinde getirmiştir. Özellikle endüstriyel gelişmelerin artmasıyla birlikte su kirliliği gibi çevresel sorunlar da artmıştır. Endüstriyel faaliyetlerin yanı sıra tarım ilaçları ve zehirli kimyasalların kullanımı da çevresel etkileri artırmıştır. Bu durum, ozon tabakasının incelmeye başlaması ve küresel iklim değişikliklerine yol açmıştır. İnsan etkinliklerinin sonucu olarak toprak yapısının bozulması, toprak erozyonu, çölleşme ve bitki örtüsünün kaybı gibi sorunlar ortaya çıkmıştır. Özellikle tarım alanlarının aşırı kullanımı, ormansızlaşma ve arazi kullanımını değişiklikleri bu sorunları derinleştirmektedir.

Bahsedilen bu çevresel sorunlar, çevrenin korunması ile ekonomik kalkınmanın bir arada ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Çünkü çevre kirliliği ve doğal kaynakların aşırı

kullanımı, uzun vadede ekonomik kalkınmayı olumsuz etkilemekte ve sosyal refahı tehdit etmektedir. Bu nedenle, çevre ve kalkınma arasındaki dengeyi sağlamak için sürdürülebilir kalkınma politikaları ve çevre koruma stratejileri benimsenmelidir. Entegre su yönetimi, su talep eden sektörler arasındaki su kullanımlarını daha etkin ve optimize edilmiş bir şekilde yönetmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu kavram, 1980'lerde ortaya atılmıştır ve su sistemlerinin daha karmaşık hale gelmesiyle birlikte önem kazanmıştır. Özellikle iklim değişikliğinin etkisiyle küresel su döngüsünde meydana gelen değişiklikler, su yönetimini daha da zorlaştırmaktadır. İklim değişikliğinin su ihtiyacı ve taşkın gibi riskli durumlar üzerinde önemli bir etkisi vardır. İklim değişikliğinin yağış ve buharlaşma modellerini etkileyerek potansiyel olarak küresel su döngüsü üzerindeki etkisi büyük ölçüde önemlidir. Bu durum, su kaynaklarının yönetiminde ve suyun sürdürülebilir kullanımında dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Ancak, iklim değişikliğinin su ihtiyacı üzerindeki net etkisi belirli bölgelere göre değişiklik gösterebilir. Bazı bölgelerde su ihtiyacının artması beklenirken, diğer bölgelerde ise azalması beklenmektedir. Bu nedenle, iklim değişikliğiyle ilgili daha fazla araştırma yapılmalı ve su yönetimi politikaları bu değişkenlikler göz önünde bulundurularak oluşturulmalıdır.

8.1 İklim Değişikliğine Uyum

Entegre Su Kaynakları Yönetimi (ESKY) ve su yönetim sistemlerinin incelenmesi, geçmişte genellikle sistemin durağan olarak işlediği ve tarihsel iklim ve hidrolojik verilere dayandığı varsayımına dayanmaktadır. Ancak, günümüzde iklim değişikliğinin etkilerinin giderek daha belirgin hale gelmesiyle birlikte, su kaynakları üzerindeki etkileri daha karmaşık hale geldiği gözlemlenmektedir. Bu değişimler, geleneksel yöntemlerle ele alınması zor olan dinamik ve belirsiz bir ortam oluşmasına sebep olmaktadır. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkilerini anlamak ve yönetmek için yeni yaklaşımlar ve stratejiler geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu yeni yaklaşımlar, eski durağanlık ve varsayımlardan vazgeçmeyi gerektirir ve gelecekteki belirsizlikleri ve değişkenlikleri dikkate almayı hedeflemektedir.

İklim değişikliğine uyum sağlamak için su yönetiminin de ele alınıp değişken parametrelerin dikkatlice sorgulanması gerekmektedir. Bu, su kaynaklarının daha etkili bir şekilde yönetilmesini ve gelecekteki risklere karşı daha dirençli hale gelmesini sağlayamaya yardımcı olacaktır. Bununla birlikte, entegre su yönetimi karmaşık bir süreçtir olup ve bilimsel analizler, modelleme çalışmaları ve etki değerlendirmeleri gerektirmektedir. Su sektöründe yapılan etki analizleri genellikle bilgisayar destekli modelleme yöntemleri kullanılarak yapılmaktadır. Bu analizler, küresel iklim modelleri ve hidrolojik modeller kullanılarak yapılan simülasyonlar vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu modeller, farklı iklim senaryolarını ve su kaynaklarının gelecekteki durumlarını değerlendirmek için kullanılır ve su yönetimine yönelik stratejilerin belirlenmesine yardımcı olur. Bu şekilde, su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve iklim değişikliğine uyum sağlanması için bilimsel temelli bir yaklaşım benimsenmesi sağlanmalıdır. Yukarıdan aşağı yaklaşım, iklim değişikliğinin etkilerini değerlendirmek için genellikle kullanılan bir yöntemdir. Bu yaklaşım, genellikle iklim modellerinin ve büyük ölçekli biyofiziksel etkilerin analizine dayanır. Büyük belirsizlikler ve geniş ölçekli etkiler söz konusu olduğunda, aşağıdan yukarı bir yaklaşım tercih edilebilir. Bu yaklaşım, iklim değişikliğinin neden olabileceği faktörlere karşı yerel düzeyde planların geliştirilmesine odaklanır. Aşağıdan yukarı yaklaşımın esası, daha çok sosyo-ekonomik konulara dayanır. Bu yaklaşımda, iklim değişikliğinin toplumlar üzerindeki etkileri ve uyum stratejileri incelenir. Biyofizik bilimler genellikle yukarıdan aşağıya yaklaşımı benimserken, sosyal bilimler daha çok aşağıdan yukarıya yaklaşıma odaklanır.

Uyum açısından, aşağıdan yukarıya yaklaşımlar genellikle sosyo-ekonomik durumu azaltmaya odaklanırken, yukarıdan aşağıya yaklaşım daha çok fiziksel etkilere odaklanarak olası olumsuz etkileri azaltmayı hedefler. Bu nedenle, iklim değişikliğine uyum stratejileri belirlenirken, hangi yaklaşımın kullanılacağı dikkatlice değerlendirilmelidir. Daha küçük ölçeklerde ve kırsal alanlarda, aşağıdan yukarıya yaklaşım yaygın olarak kullanılır. Bu, yerel toplulukların ihtiyaçlarını ve önceliklerini dikkate alarak daha etkili uyum stratejileri geliştirmeyi sağlar. Ancak, daha büyük ölçeklerde ve kentsel alanlarda, aşağıdan yukarıya yaklaşım genellikle uygulanmaz çünkü karmaşık şehir sistemleri ve çeşitli paydaşların katılımı nedeniyle bu yaklaşımın uygulanması zor olabilir.

8.2 İklim Değişikliğinde İklim Modelleri

İklim modelleri, günümüzde iklim biliminde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu modeller, atmosfer, okyanus, araziler ve buzullar gibi çeşitli iklim bileşenleri arasındaki etkileşimleri matematiksel olarak temsil eder. Amacı, mevcut iklim koşullarının analizine dayanarak gelecekteki iklim değişikliklerini tahmin etmektir. Bu tahminler, genellikle nicel verilere dayanır ve modern fizik kanunlarına dayanarak oluşturulur. İklim modelleri, geçmişte, mevcut durumda ve gelecekteki iklim değişikliklerini doğru bir şekilde tahmin etmemize yardımcı olabilir. Bu modeller, gerçekleşmekte olan iklim değişikliklerini ve olası sonuçlarını analiz ederek politika yapıcılarına ve karar alıcılara rehberlik edebilir. Ancak, bu tahminlerde bazı belirsizlikler bulunmaktadır ve modellerin sonuçlarına güvenmeden önce bu belirsizliklerin dikkate alınması önemlidir. Özellikle, iklim modellerinin belirsizlikleri, modelin karmaşıklığından, kullanılan girdi verilerinin doğruluğundan ve gelecekteki değişiklikleri tahmin etme zorluğundan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, modellerin sonuçları genellikle bir aralık veya olasılık dağılımı şeklinde sunulur ve belirli bir derecede belirsizlik içerir.

Son yıllarda, iklim modelleri alanında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Örneğin, Dördüncü Değerlendirme Raporu (AR4) kapsamında, farklı ülkeler tarafından desteklenen ve her birinin kendine özgü çözünürlüğe sahip birçok iklim modeli geliştirilmiştir. Bu modeller, iklim değişikliği ile ilgili politika yapıcılarına ve karar alıcılara daha güvenilir ve ayrıntılı bilgiler sunmak için kullanılmaktadır. Ancak, bu modellerin sınırlılıklarının ve belirsizliklerinin farkında olmak önemlidir. AR4 kapsamında farklı ülkelere desteklenmiş her bir ülke kendine özgü çözünürlükte 23 iklim modeli geliştirilmiştir (Biberoğlu vd. 2011). AR4 kapsamında geliştirilen 23 iklim modeli Çizelge 8.1'de listelenmiştir.

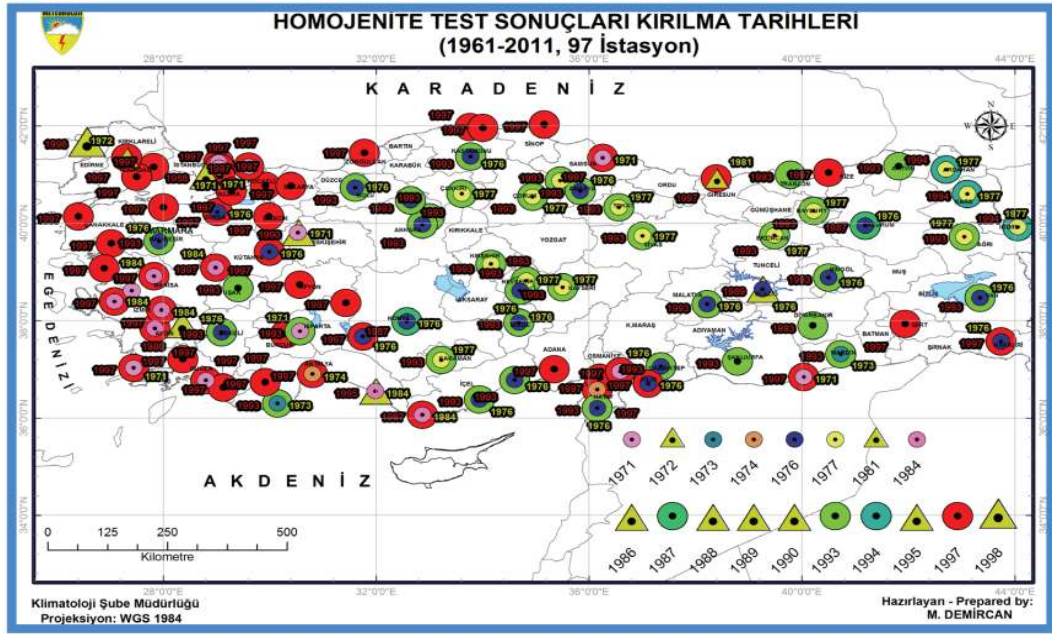
Çizelge 8.2 AR4 kapsamında geliştirilen 23 iklim modeli (Solomon vd. 2007)

Modeller	Sponsor, Ülke	Çözünürlük
BCC-CM1	Beijing Climate Center, China	1,9 °x 1,9 °
BCCR-BCM2.0	Bjerknes Centre for Climate Research, Norway	1,9 °x 1,9 °
CCSM3	National Center for Atmospheric Research, USA	1,4 °x 1,4 °
CGCM3.1(T47)	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Canada	2,8 °x 2,8 °
CGCM3.1(T63)		1,9 °x 1,9 °
CNRM-CM3	Météo-France/Centre National de Recherches Météorologiques, France	1,9 °x 1,9 °
CSIRO-Mk3.0	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Atmospheric Res. Australia	1,9 °x 1,9 °
ECHAM5/MPI-OM	Max Planck Institute for Meteorology, Germany	1,9 °x 1,9 °
ECHO-G	Meteorological Institute of the University of Bonn, Meteorological Research Institute of the Korea Meteorological Administration (KMA), and Model and Data Group, Germany/Korea	3,9 °x 3,9 °
FGOALS-g1.0	National Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics (LASG)/Institute of Atmospheric Physics, China	2,8 °x 2,8 °
GFDL-CM2.0	U.S. Department of Commerce/ National Oceanic and	2,0 °x 2,5 °
GFDL-CM2.1	Atmospheric Administration (NOAA)/Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), USA	2,0 °x 2,5 °
GISS-AOM	National Aeronautics and Space Administration (NASA)/ Goddard Institute for Space Studies (GISS), USA	3,0 °x 4,0 °
GISS-EH		4,0 °x 5,0 °
GISS-ER	NASA/GISS, USA	4,0 °x 5,0 °
INM-CM3.0	Institute for Numerical Mathematics, Russia	4,0 °x 5,0 °
IPSL-CM4	Institute Pierre Simon Laplace, France	2,5 °x 3,75
MIROC3.2(hires)	Center for Climate System Research (University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change (JAMSTEC), Japan	1,1 °x 1,1 °
MIROC3.2(medres)		2,8 °x 2,8 °
MRI-CGCM2.3.2	Meteorological Research Institute, Japan	2,8 °x 2,8 °
PCM	National Center for Atmospheric Research, USA	2,8 °x 2,8 °
UKMO-HadCM3	Hadley Centre for Climate Prediction and Research/Met Office, UK	2,5 °x 3,75 °
UKMO-HadGEM1		1,3 °x 1,9 °

Modeller, gelecekteki iklimin nasıl etkilenebileceğini anlamamıza yardımcı olan araçlardır. Bu modeller, sera gazı emisyonlarının artışının farklı senaryolarını inceleyerek gezegenimizi nasıl etkileyebileceğini öngörmemize olanak sağlar. İklim modellerinin temel çıktıları arasında atmosferin farklı katmanlarının sıcaklık, nem ve yağış miktarı bulunmaktadır. Ayrıca, modeller okyanus hakkında da bilgi sağlar; bu bilgiler arasında sıcaklık, tuzluluk, pH ve buzulların genişliği ve örtüsü yer almaktadır. Küresel iklim modellerinden elde edilen sonuçlar, doğal kaynakların nasıl etkileneceğini anlamak için diğer modellere girdi olarak kullanılır. İklim modelleri tarafından öngörülen sıcaklık ve yağış değişiklikleri, kar örtüsü, tarım üretimi, ormanlar ve meralar gibi unsurlar üzerindeki etkileri hesaplamak için diğer model türleri tarafından kullanılmaktadır. Kuzeybatıda, tüm modeller sıcaklıkların artacağını öngörmektedir. Yağış tahminleri ise daha az kesin olmakla birlikte, modellerin çoğunluğu hafif bir yağış artışı, daha ıslak kışlar, daha kuru yazlar ve daha fazla aşırı yağış olayı öngörmektedir (www.climatehubs.usda.gov).

8.3 Tarihsel İklim Veri Setleri ve Eğilim Analizleri

Temel iklim elemanları olarak adlandırılan hava sıcaklığının değişimi, rüzgârın yönü ve hızındaki değişim, su buharı, basınç, yağış ve yüzey radyasyonu bütçesi, 19. yüzyıldan bu zaman dilimine kadar ölçülmüştür (Demircan vd. 2014). 20. yüzyıl sonlarında ise gelişen yeni teknolojik ve otomatik gözlem sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Gözlem sistemlerinde, gözlem yerlerinde oluşabilecek değişimler zor olduğundan gözlem ağlarından elde edilen veriler arşivlenerek o noktalara ait veri setleri oluşturulur. Veri setleri, istatistiksel yöntemler kullanılarak incelenmektedir. Veri setleri adımı ile geçmişte ve gelecekte iklimde meydana gelen değişimlerin hangi yönde meydana geldiği, hangi büyüklükte olduğuna yönelik verileri ortaya koyabilmektedir. Bu verileri ortaya koyma çalışmaları ise iklim izleme ve eğilim analizleri altında incelenebilmektedir. Bu çalışmalarda en önemli husus veri setlerinin türdeş olması olup, türdeş olmayan veri setlerindeki türdeşlik sorunları, eğilim analizlerinde yanlış sinyallere yol açabilmektedir. Eğilim analizlerinde veri bilgisi (metadata) ve bazı farklı yöntemler kullanılarak bu türdeşlik sorunlarını giderilmesi sağlanabilmektedir. MGM'ye ait Türkiye üzerinde dağılım gösteren 97 istasyonda yapılan sıcaklık ölçümleri sonucunda 1961-2010 yılları arasında uzun yıllar boyunca sıcaklık veri sitesinden her istasyon için aylık bazda ortalama sıcaklık veri setleri görülebilmektedir. Şekil 8.1'de MGM'ye ait 97 istasyon ile 1961-2011 yılları arası yıllık ortalama sıcaklıklarına göre homojenite sonuçları verilmiştir.



Şekil 8.2 MGM'ye ait 97 istasyon ile yıllık ortalama sıcaklıklarına (1961-2011 dönemi için) göre homojenlik sonuçları

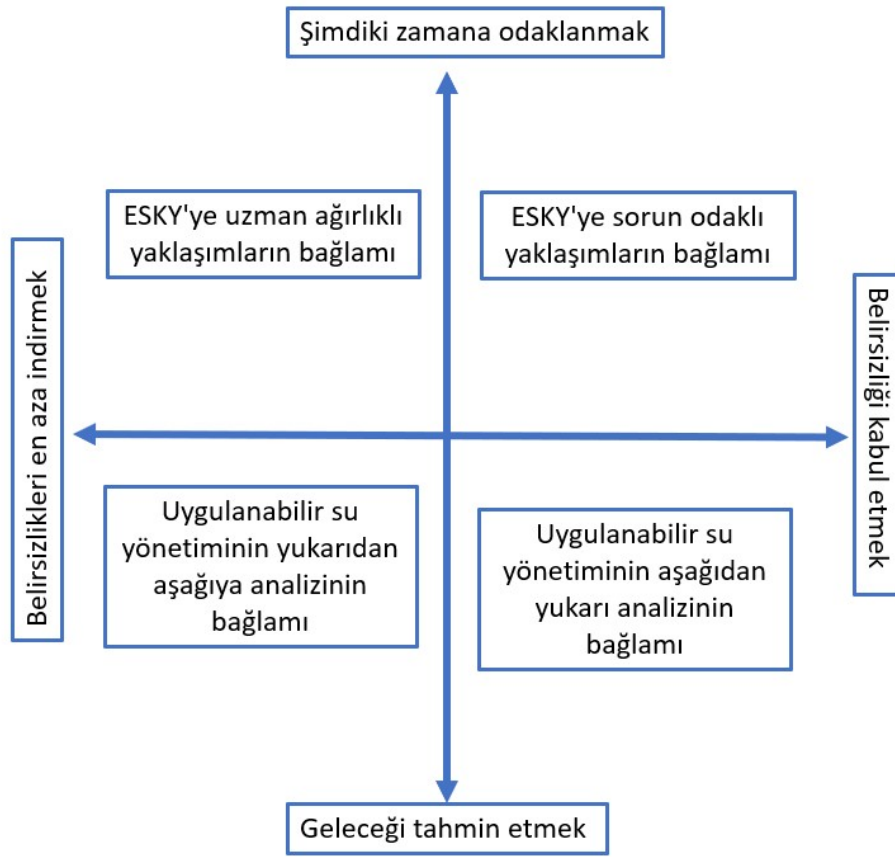


Veri setlerinden elde edilen ortalama sıcaklığında 1997 yılı Türkiye'de ortalama sıcaklıkta artış olduğu görülmektedir (Demircan vd. 2014).

8.4 İklim Değişikliğinde Kavramsal Çerçeve

Entegre Su Kaynakları Yönetimi (ESKY), temel olarak planlama ve karar alma sürecine odaklanan bir yaklaşımdır. ESKY, bilgi temeline dayanır ve genellikle iki uç arasında değişen bir durumu ifade eder. Bu yaklaşımın birinci yönü, su sorunlarını çözmek için uzmanların sahip olduğu bilgiyi temel alır. Bilimsel ve paydaş bilgileri bir araya getirerek entegre bir şekilde kullanmayı amaçlar. Bu yaklaşım, su kaynakları yönetiminde karar alma sürecine bilimsel ve kapsamlı bir temel sağlamayı hedefler. Bu sayede, su kaynaklarının sürdürülebilir ve etkili bir şekilde yönetilmesi için uygun politika ve uygulamaların belirlenmesine katkıda bulunur.

Bununla birlikte belirsizliklerin azaltılarak gerekli önlemlerin alınmasının amaçlanmasıdır. İkincisi için ise problem odaklı olarak çalışılarak planlamacıların ve karar verecek olan ekibin algılarındaki ve bilgilerindeki belirsizliklerin giderilmesine yönelik oluşturulan stratejiler ve alınan aksiyonların kabul edilmektedir. Şekil 8.3'de su yönetimi araştırmalarındaki belirsizliklerle başa çıkmada dört pozisyonun kavramsal çerçevesi gösteriştir.



Şekil 8.4 Su yönetimi araştırmalarındaki belirsizliklerle başa çıkmada dört pozisyonun kavramsal çerçevesi (Ludwig vd. 2014)

İklim değişikliğine uyum, gelecekteki iklim koşullarına hazırlık yapmayı ve bu değişikliklere uygun önlemleri almayı içeren bir ileriye dönük harekettir. Bu kapsamda, iklim değişikliği ile başa çıkmak için atılacak adımlar, gelecekte beklenen değişiklikleri dikkate alarak planlanmalıdır. Şekil 8.2'de sunulan kavramsal çerçeve, entegre su

kaynakları yönetiminde adaptasyonun, mevcut duruma odaklanmak yerine geleceği öngörerek tasarlanmasını vurgular.

Gelecekteki iklim değışikliklerinin tahmin edilmesi ve bu değışikliklere uyum sağlanması için bilimsel araştırmalar ve modellemeler önemlidir. Bu doğrultuda, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için yapılan planlamalar, iklim değışikliğinin etkilerini azaltmaya ve su kaynaklarını korumaya yönelik olmalıdır. Bunun için, su kaynaklarının mevcut durumu değil, gelecekteki ihtiyaçları ve değışimleri göz önünde bulunduran esnek ve uzun vadeli stratejiler geliştirilmelidir. Bu stratejiler, su kaynaklarının korunması, etkin kullanımı ve adaletli dağıtımını gibi temel prensiplere dayanmalıdır Şekil 9.2'de oluşturulan kavramsal çerçeve, su kaynakları yönetimindeki farklı yaklaşımları ve bu yaklaşımların belirsizliklerle nasıl başa çıktığını göstermektedir. Yukarıdan aşağıya yaklaşım, genellikle bilgi temellidir ve su kaynakları problemlerini çözmek için mevcut bilgi ve uzmanlık alanına güvenir. Ancak bu yaklaşım, yüksek belirsizliklerle karşı karşıya kalabilir ve bu nedenle belirsizliklerle mücadele etmek için çaba gerektirebilir. Öte yandan, aşağıdan yukarıya yaklaşım, belirsizlikleri kabul eder ve gelecekteki belirsizlikleri göz önünde bulundurarak uygulanabilirlik kapasitelerini artırmayı amaçlar. Bu kavramsal çerçeve, ESKY uzmanlarının sahip olduğu bilgi ve problem çözmeye becerileri ile örtüşmektedir. ESKY uzmanları, su kaynaklarının yönetimi konusunda geniş bir bilgiye sahiptir ve bu bilgiyi çeşitli yöntemlerle kullanarak su kaynakları problemlerini çözmeye çalışırlar. Bu çerçeve, su kaynakları yönetimindeki farklı yaklaşımları anlamamıza ve belirsizliklerle başa çıkmamıza yardımcı olurken, gelecekteki su kaynakları yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine de katkı sağlayabilir.

9. ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Dünya nüfus artışının hızlanması, su, gıda ve sağlık gibi temel ihtiyaçlarda artan taleplerle birlikte su yönetimi üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Bu durum özellikle tarımsal su yönetiminde su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Su, özellikle kuraklık dönemlerinde stratejik bir kaynak haline gelmektedir. Bu nedenle, suyun bolluk dönemlerinde depolanması ve kıtlık dönemlerinde kullanılabilmesi için suyun etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Entegre su yönetimi, sürdürülebilirlik ilkesiyle uyumlu olarak, su kaynaklarının korunması, suyun verimli kullanımının sağlanması ve olası felaketlerin önlenmesi üzerine odaklanmaktadır. Bu yaklaşım, bilimsel ve mühendislik çalışmalarının yanı sıra bütüncül bir perspektifle uygulanmalıdır. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için iklim değişikliği, eko hidroloji ve su yönetimi gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda, araştırma ve mühendislik çalışmaları, su kaynaklarının etkin yönetimi için kritik öneme sahiptir. Su depolama ve dağıtım sistemlerinin geliştirilmesi, suyun bolluk ve kıtlık dönemlerinde dengeli bir şekilde kullanılmasını sağlayabilir. Ayrıca, entegre su yönetimi stratejileri, suyun sürdürülebilir kullanımını teşvik etmek ve su kaynaklarının gelecek nesillere aktarılmasını sağlamak için hayati öneme sahiptir. Bu nedenle, su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için daha fazla araştırma ve uygulama gerekmektedir.

Gelecekte artması beklenen gıda ve su ihtiyaçlarının sürdürülebilir bir şekilde karşılanabilmesi için entegre su yönetimi bilinciyle çevre duyarlılığına sahip bir yaklaşım benimsenmesi gerekmektedir. Bu, daha fazla yerel, ulusal ve uluslararası çaba sonucunda yapılacak iş birliği ve yatırımla mümkün kılınabilecektir. Sürdürülebilir entegre su yönetimi süreçlerinde, devam eden projelerin sağlanması temel amaç olup, ESKY sisteminin daha iyi tanımlanması ve gereken adımların atılması önem taşımaktadır. Bu bağlamda, eğitim materyallerinin hazırlanması, içilebilir suyun, enerjinin ve gıda güvenliğinin sağlanması için entegre su kaynakları yönetiminin önemi üzerinde vurgu yapılmaktadır.

Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, suyun temin edilmesi ve ekosistemdeki ihtiyaçların karşılanmasıyla başlar. Örneğin, ormanlar ve sulak alanlar yağmurlarla birlikte su depolayarak, yeraltı sularının doluluk oranlarını artırır ve kurak mevsimlerde akarsuların ve pınarların beslenmesine katkı sağlar. Ancak sürdürülebilir su kaynakları yönetimi, sadece doğal ekosistemlerin korunmasına dayanmaz. Aynı zamanda suyun insan kullanımıyla dengelenmesi ve adaletli bir şekilde dağıtılması da önemlidir. Bu, su kaynaklarının ekonomik, sosyal ve çevresel gereksinimleri dikkate alınarak yönetilmesi anlamına gelir. Entegre su yönetimi, suyun sadece bir kaynak olarak değil, aynı zamanda bir hizmet sağlayıcı olarak da ele alınmasını gerektirir. Böylece suyun tarım, enerji üretimi, endüstri, içme suyu temini ve ekosistemler için sağladığı faydaların anlaşılmasını ve bu faydaların sürdürülebilir bir şekilde optimize edilmesi amaçlanır. Özetle, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için bütüncül bir yaklaşım benimsenmesi, çevresel, ekonomik ve sosyal faktörleri içeren kapsamlı bir stratejinin gelecek nesillerin ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurularak hazırlanması gerekmektedir. Küresel iklim değişikliğinin etkileri arasında, su kaynaklarının sosyal kalkınma açısından kritik öneme sahip olduğu belirgin bir şekilde görülmektedir. İklim değişikliği ile birlikte meydana gelen aşırı hava olayları, nehirler, göller, yeraltı suları ve ekosistemde bulunan su miktarında azalmaya ve su kalitesinde değişime neden olmaktadır. Bu durum, canlı ekosistemlerde doğrudan su kıtlığına ve dengesizliklere yol açmaktadır. Dolayısıyla, entegre su yönetiminin sürdürülebilirliği, ekosistemin dengesi açısından önemli bir rol oynamalıdır. Bu, su kaynaklarının etkili bir şekilde korunması, yönetilmesi ve dağıtılması için aktif bir yaklaşımın benimsenmesi gerekmektedir.

9.1 Entegre Su Kaynakları Yönetiminde Su Kaynakları ve Suyun Dünya Üzerindeki Dağılımı

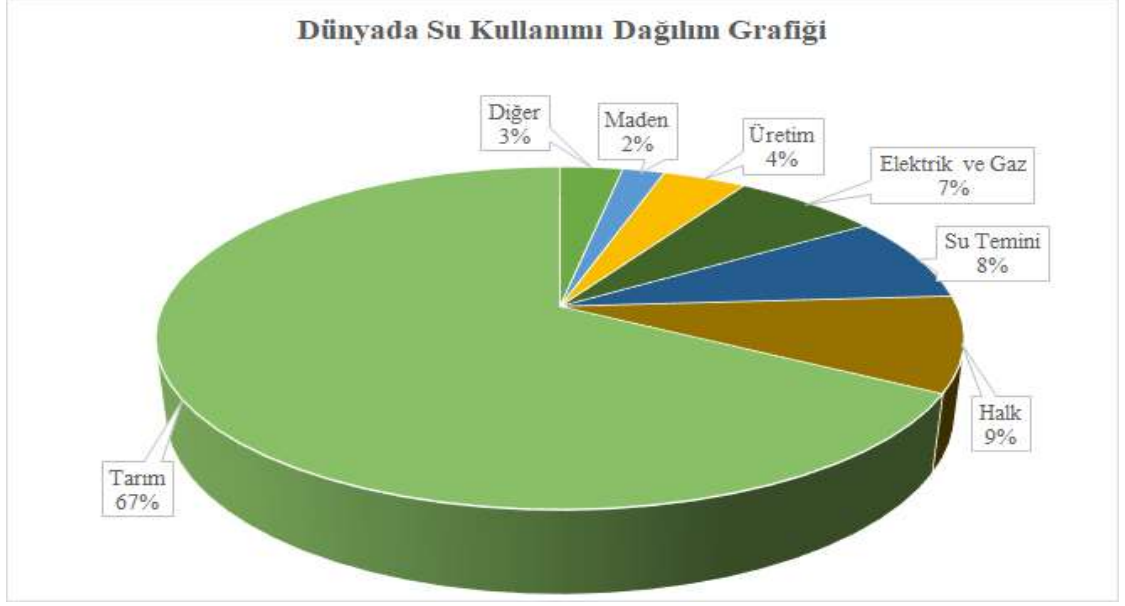
Dünya yüzeyinin dörtte üçü su ile kaplı olmasına rağmen, tatlı su kaynaklarına olan erişimimiz sınırlıdır, özellikle de insan etkisiyle artan su kullanımıyla birlikte. Küresel ölçekte, tatlı su kaynaklarının toplam dağılımı çeşitli bölgeler arasında farklılık göstermektedir ki bu da su kaynaklarının etkili ve adil bir şekilde yönetilmesini zorlaştırmaktadır. Dünya genelindeki dağılım açısından bakıldığında, su kaynaklarının bölgesel bazda farklı stres seviyelerinde olduğu ve bu kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda, su kaynaklarının korunması ve etkin bir şekilde yönetilmesi, küresel su güvenliği ve ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Çizelge 9.1, dünya genelindeki tatlı su kaynaklarının dağılımını göstermektedir.

Çizelge 9.1 Dünya üzerindeki toplam suyun yüzdelik dağılımı (Mishra vd. 2023)

Su Kaynağı	Dünya Üzerindeki Toplam Suyun %'si
Okyanuslar	97,2
Buzullar	2,38
Yeraltı Suyu	0,397
Yüzey Suyu	0,222
Atmosfer	0,001

Yapılan araştırmalar, su stresinin arttığı ve bu stresin çeşitli etkilere neden olduğunu göstermektedir. Özellikle kuraklıkla mücadelede, su stresine dayanıklı bitki türlerinin tanımlanması büyük önem taşımaktadır. Bu türlerin belirlenmesi, su stresinin azaltılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Su stresine dayanıklı bitki türlerinin belirlenmesi, kurak bölgelerde daha verimli ve etkili peyzaj planlarının oluşturulmasına olanak tanır. Bu planlar, suyun etkin kullanımını teşvik ederek kuraklıkla mücadeleye destek olabilir ve ekosistemlerin sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilir. Dünya üzerinde bulunan suyun dağılımı Şekil 9.1’de gösterilmiştir.



Şekil 9.1 Dünyada su kullanımı dağılım grafiği (Mishra vd. 2023)

Kuraklık ile mücadelede suyun doğru kullanımı için gerçekleştirilecek olan planlamalarda bir diğer önemli faktör iklimsel faktörlerdir. Bu iklimsel faktörler sıcaklık, rüzgâr, yağmur ve kuraklık doğrudan suyun doğru kullanımı ve planlamasında oldukça önemli rol oynamaktadır. İnsan faktörünün kültürel açıdan bu açıdan geliştirilmesi ve suyun kullanımının planlanması ve yönetiminin insanlar üzerinde doğru yapılarak bu bilincin kazandırılması ile hem mevcut arazilerin kullanımlarının hem de gelecekte kullanılacak su için deniz seviyesindeki olası yükselişin önüne geçilmesi sağlanmış olacaktır. Türkiye iklim bakımından ılıman, yarı kurak ve sıcaklıkların aşırı görüldüğü iklim kuşağındadır. Türkiye’de 1991-2020 yılları arası yıllık ortalama yağış miktarı 573,4 mm olup (cevreselgostergeler.csb.gov.tr), dünya ortalamasına nazaran altında yer almaktadır. Yıllık ortalama olarak hesaplandığında 201 km³ suya karşılık geldiği görülmektedir. Suyun 274 km³’ü toprak ve su yüzeyi ile buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönmektedir. Kuraklıkla mücadelede suyun etkin kullanımı için planlama yapılırken, iklimsel faktörlerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu faktörler arasında sıcaklık, rüzgâr, yağış ve kuraklık gibi unsurlar öne çıkmaktadır. İklimsel değişkenlerin su kullanımı ve planlaması üzerindeki etkileri, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından dikkate alınmalıdır.

Ayrıca, kültürel faktörlerin de su kullanımı ve yönetimi üzerinde belirleyici bir rolü bulunmaktadır. Bu bağlamda, insanların su kullanımı konusunda bilinçlendirilmesi ve doğru yönlendirilmesi, mevcut arazilerin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayabilir ve gelecekteki su talebine karşı önlem alınmasına yardımcı olabilir. Özellikle, deniz seviyesindeki olası yükseliş gibi iklimsel risklere karşı alınacak tedbirler, su yönetimi stratejilerinin belirlenmesinde kritik bir öneme sahiptir. Türkiye'nin iklim yapısı incelendiğinde, ılıman, yarı kurak ve sıcaklıkların aşırı olduğu bir iklim kuşağında yer aldığı görülmektedir. Bu durum, Türkiye'nin su kaynaklarının yönetimi açısından dikkatle planlanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Yapılacak olan planlamalarda, yağış rejimi ve iklim değişkenlerinin gelecekteki değişimleri de göz önünde bulundurularak sürdürülebilir su kaynakları yönetimi hedeflenmelidir. Türkiye'de sektörlere göre su tüketim miktar ve yüzdeleri Çizelge 9.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 9.2 Türkiye'de sektörlere göre su tüketim miktar ve yüzdeleri (Kırtorun vd. 2018)

Sektör	2010 Yılı (milyar m ³)	%
Sulama	32	74
İçme Suyu	6	15
Sanayi	5	11
TOPLAM	43	100

Suyun sektörel kullanım oranları incelendiğinde Türkiye'de tarımsal alanda %74, evsel %15 ve endüstriyel oranda %11 olduğu görülmüştür. Gelişen ülkelerde ise bu oranlar sırasıyla tarımsal alanda %82, evsel %8 ve endüstriyel oranda %10'dur. Gelişmiş ülkeler için bu oranlar tarımsal %30, evsel %11 ve endüstriyel oranda %59'dur. İlgili veri Çizelge 9.3'te verilmiştir.

Çizelge 9.3 Suyun sektörel alanda kullanım oranları (Kırtorun vd. 2018)

Ülkeler	Tarımsal	Evsel	Endüstriyel
Türkiye	%74	%15	%11
Gelişmekte Olan Ülkeler	%82	%8	%10
Gelişmiş Ülkeler	%30	%11	%59

9.2 Su Yönetiminin Ekonomik, Sosyal ve Ekolojik Çerçevesi Altında İncelenmesi

Suyun havza bazında yönetilmesi ile ekonomik verimliliğin artırılması, sosyal eşitliğin sağlanması, çevresel sürdürülebilirliğin gerçekleştirilmesi ile mümkündür. Ekonomik verim suyunu kayıp ve kaçaklarının önlenmesi, tarımsal alanlarda modern sulamanın yapılması, sanayide su tasarrufu ile yeni teknoloji uygulamaları vb. faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi ile mümkündür.

Sosyal eşitlikte ise suyun sosyal eşitlik gözetilerek tahsis edilmesi, kırsal veya endüstriyel alanlarda su kullanımlarında fırsat sağlamaktadır. Çevresel sürdürülebilirlikte ekonomik faaliyetler sonucu suyun miktar, kalite ve ekolojik açılarından iyileştirilmesinin sağlanması ile mümkündür. Suyun sürdürülebilir kullanım uygulamalarında su tüketiminin en önemli konusu tarımsal üretimdir. Tarımsal tüketim alanında ağırlıklı olarak sulama yönetimi kullanılmaktadır. Tarımsal alanda ürünlerin su ayak izlerinin küçültülmesi için öncelikle yağmur ile, damla sulama yöntemi gibi verimli sulama uygulamalarına geçilmesi gerekmektedir. Bu durumda yağmur suyu toplama sistemleri geliştirilmesi gerekmektedir. Günümüzde birçok ülkede kullanılıyor olmasına rağmen su sorunu yaşayan ülkelerde henüz bu alanda çalışmaların geliştirildiği söylenememektedir. Yağmur suyu depolama çalışmaları geliştirildiğinde bina içi yağmur suyu yönetimi ile, binaların çatılarından yağmur suyu toplanması ile depolanan bu sular yeşil alanların sulanmasında, tuvaletlerde, araba yıkanması gibi birçok amaç için kullanılabilir (Kırtorun vd. 2018).

10. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında küresel ısınma ve iklim değişikliği süreci genel hatları ile incelenmiş, iklim değişikliğinin entegre su yönetimi üzerindeki olası etkileri çalışılmıştır. Dünya üzerinde insan faktörü ile oluşan zararlı atıkların kütlelerinin küresel ölçekte artış göstermekte ve bu artış sera etkisi gibi oldukça hassas bir dengede bulunan atmosferik bir sistemin dinamiklerinde bir takım değişime sebep olmaktadır. Sera etkisi, yeryüzünün yaşanabilir iklim koşullarına sahip olmasına mümkün kılan önemli bir doğal sistem olduğu ve bu sistemin genel olarak sera gazları olarak bilinen karbondioksit, metan, ozon hidroflorokarbonlar, perflorokarbonlar, diazotmonoksit ve su buharı gibi gazlar marifetiyle yeryüzüne düşen güneş ışınlarının bir kısmının emilmesine bir kısmının ise uzaya yansımaya olanak sağlaması bakımından iklimlerin şekillenmesi noktasında kritik bir öneme sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu sera etkisinin son 200 yıldır sera gazlarının miktarlarının normalin üzerine çıkması dolayısıyla bozulma eğilimindedir bu sebeple ortalama yeryüzü sıcaklıkları küresel boyutta kalıcı olarak artmıştır.

Ortalama sıcaklıkların küresel ölçekte kalıcı olarak yükselmesi ise iklim değişikliğini tetiklemiş, yüksek sıcaklık, şiddetli yağış ve kuraklık gibi aşırı hava olayları farklı boyutlarda sık sık görünür olmuştur. Bu açıdan bakıldığında sera gazlarının atmosferde yüksek miktarlarda birikmesinin iklim değişikliğinin ana sebebi olarak ortaya çıkmaktadır. İnsan oğlunun sanayi devrimini gerçekleştirmesi ile endüstri çağının başladığı bilinmektedir. Endüstri çağında makineler hayatın her alanına dağılmış bu da haliyle makinelerin çalıştırılması için ihtiyaç duyulan enerji talebinin katlanarak artmasına neden olmuştur. İnsanoğlu geçen 200 yıllık süre zarfında enerji ihtiyacını fosil yakıtlardan karşılama yoluna gitmiş, ilk zamanlar buhar üretiminde kullanılan kömür başta olmak üzere karbon esaslı fosil yakıtlar, teknolojinin gelişmesiyle birlikte ulaşım, enerji, endüstri vb. gibi birçok alanda yoğun bir biçimde kullanılmıştır. Makineli üretimlere bağlı olarak her alanda arzın artmasıyla birlikte insanoğlunun tüketim alışkanlıkları değişmiş refah seviyesinde artış yaşanmıştır. Dünya nüfusu çok kısa bir sürede 9 milyara yaklaşmıştır.

Dünya nüfusunun bu kadar hızla artması, oturmayan çevre bilinci dolayısıyla, temiz su kaynaklarının zarar görmesi ve yeşil alanların tahrip edilmesi gibi olumsuzlukları tetiklemiştir. Sürdürülebilir çevre ve ekolojik denge bilinci dünya gerektiği kadar hızlı kabul görmediğinden, küresel ısınma sorunu baş göstermiş iklimler kalıcı olarak değişmeye başlamıştır. Yüksek sera gazı emisyonları, ormansızlaşma gibi tamamen insan kaynaklı eylemler küresel ısınma ve beraberinde gelen iklim değişikliğinin en önde gelen sebepleri olarak ortaya çıkmaktadır. Küresel ısınmaya bağlı olarak değişikliğe uğrayan iklimlerin gelecek açısından endişe barındıran sonuçlar doğurması beklenmektedir. Buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, aşırı hava olaylarının görülmesi ve kuraklık beklenen olası etkilerin başında gelmektedir. Buzulların erimesiyle birlikte buzullardan eriyen sular deniz seviyelerini arttıracak kıyı şeritleri sular altında kalacak, tatlı su kaynakları zarar görecek, temiz suya erişim zorlaşacaktır. İklim değişikliği aşırı hava olaylarını tetikleyecek, buna bağlı seller su baskınları, orman yangınları ve uzun süreli kuraklıklar baş gösterecektir.

Bu çerçevede, zaten kısıtlı olan temiz su kaynaklarının da son 200 yıl da oldukça zarar gördüğü, kaynaklarda ciddi azalmalar yaşanacağı ve kullanılabilir su kaynakları miktarının gelecekte en büyük sorunlardan biri olacağı ön görülmektedir. Suyun insan hayatındaki önemine binaen, su ve su sistemleri ayrı bir parantezde çalışılmış ve iklim değişikliğinin su sistemleri üzerindeki olası etkileri değerlendirilmiştir. Buna göre, su hayatın devamlılığı açısından olmazsa olmaz bir yapı taşı olup tarım, sağlık, ulaşım, enerji, endüstri gibi yaşamın her bir karesinde kullanılmaktadır. Ancak, bilinçsiz tarım, kontrolsüz kaynak kullanımı, çevre kirliliği gibi sebepler korunamaya temiz su kaynakları iklim değişikliğiyle birlikte alarm vermeye başlamış, kaynağından kullanıldığı son noktaya kadar tüm aşamalarının bir bütün halinde ele alınmasını ve hidrolik döngü içerisinde bütüncül bir anlayışla yönetilmesi savunan Entegre Su Yöntemi anlayışı öne ortaya çıkmıştır.

Entegre su yönetimi, konuyu havza ölçeğinde ele alıp bu havza içerisindeki hidrolik döngünün başından sonuna her aşamasıyla ayrı ayrı ilgilenir. Temelde amaç suya erişimi her daim mümkün ve verimli kılmaktır. Bu açıdan bakıldığında zaten kısıtlı olan su kaynaklarının iklim değişikliği dolayısıyla büyük baskı altında kaldığı ve büyük bir

hassasiyet gerektirdiği, aksi durumda temiz su kaynaklarının yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalacağı, bu durumda küresel ölçekte sonuçlar doğuracağı ön görölmektedir. Temiz su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin, ancak ve ancak bütünleşik bir yaklaşımla sağlanabileceği, bunun içinde temelleri bilimsel çalışmalar dayanan kararlı bir su yönetim politikası oluşturulması gerektiği öne çıkmaktadır. İklim değişikliği ve entegre su yönetim anlayışının benimsenmesi açısından değerlendirildiğinde, ölkemizin bu konuda hatırı sayılır bir gelişme gösterdiği gerek iklim değişikliği gerekse de entegre su yönetimi konusunda ciddi bir farkındalığın oluştuğu ortaya çıkmaktadır. İklim değişikliği ile mücadelede somut adımlar atılırken entegre su yönetim anlayışı 1990'lı yıllardan beri aktif olarak uygulandığı gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, gezegenimiz bugün iklim değişikliği dolayısıyla büyük bir tehdit altındadır. Daha da kötüsü yeterli ve etkin tedbir alınmayan her gün bu tehdidin boyutu artış göstermektedir. Hali hazırda 1,36 °C olan küresel ısınmanın yakın ve orta vadede oldukça ağır sonuçları olacağı bilinmektedir. Ancak, küresel ısınmanın devam etmesi durumunda karşılaşılabilecek sonuçların yıkıcı boyutlara varacağı insanlığın yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalması kaçınılmaz olacaktır. Neyse ki tüm bu olumsuz tabloya rağmen, küresel ısınma, iklim değişikliği ve su yönetimi konularındaki kötü gidişatın tamamen tersine döndürölmesi mümkün olmasa bile sınırlandırılması hatta durdurulması teknik olarak mümkün görünmektedir. Zaman kaybetmeden aksiyon alınmalı, iklim değişikliği ile mücadele kararlılıkla sürdürölmelidir.

Öncelikli toplumun sürdürülebilir çevre konusunda bilinçlendirilmesi ve farkındalığının artırılması gerekmektedir. Bunun için, merkezi hükümetlerin ve yerel yönetimlerin birlikte hareket etmesi ve eğitim programları düzenlemesi yerinde olacaktır. Uluslararası farkındalığın yaratılabilmesi noktasında ise küresel boyutta kampanyalar düzenlenmelidir. Sera gazları salımının başlıca kaynağı olan fosil yakıtların kullanımına dair radikal kararlar alınmalı, bu tür yakıtların tüketimi kesin bir şekilde sınırlandırılmalıdır. Fosil yakıt kullanılmaya devam edilmesi zaruret arz eden tesislerde is mutlak suretle filtrasyon sistemleri kurulması zorunlu hale getirilmelidir. Fosil yakıtlara olan bağımlılığın mümkün olan en kısa sürede azaltılmasını mümkün kılmak noktasında alternatif teknolojiler üzerinde durularak çevre dost kaynak kullanımı

arttırılmalıdır. Güneş, rüzgâr, su gibi temiz ve yenilenebilir kaynaklarla üretim yapan enerji santralleri yatırımlarına hız verilmesi, yenilenebilir enerji üretimi ve tüketimine özen gösterilmelidir.

Enerji kayıplarının önüne geçilmeli ve verimliliğini arttıracak önlemler alınmalıdır. İletim kayıplarının azaltılması yüksek tüketimi olan tesislerin enerji kaynaklarına yakın tesis edilmesi, verimli motor ve ekipmanların seçilmesi, gereksiz kullanımların sonlandırılması, binaların ısı yalıtımlı yapılması, endüstriyel tesislerde atık ısı geri kazanım sistemlerinin uygulanması, iklimlendirmede ısı pompalarının tercih edilmesi, data merkezlerinin soğuk iklimli bölgelerde tesis edilmesi, enerji takip ve yönetim sistemlerinin uygulanması, tasarruflu aydınlatma materyalleri kullanımı gibi adımlar alınacak önlemler arasında olmalıdır.

Tarım ve hayvancılıkta sürdürülebilir yöntemler tercih edilmelidir. Değişen iklim koşulları göz önünde bulundurularak yeniden oluşan iklim şartlarına uygun bir anlayışın oluşturulması gerekmektedir. Tarım alanlarının kontrolsüz genişlemesi sürdürülebilir bir çevrenin varlığını tehlikeye atacaktır. Muhtemel kuralıklara hazırlık yapılı, yetiştirilecek ürünler değişen koşullara uygun olarak çeşitlendirilmelidir. Bununla birlikte, ormanlar en büyük karbon tutucular olduğu bilinciyle koruma altına alınmalı, ormansızlaştırma alışkanlıklarına kati suretle son verilmelidir. Sürdürülebilir bir çevreyi mümkün kılabilmek ormanlar olmadan mümkün olmayacaktır. Bu çerçevede, ormanlaştırma çalışmaları yapılması ağaç dikimi teşvik edilmelidir. En fazla metan salımına sebep olan sektörlerin başında gelen büyük baş hayvancılıkta metan emisyonlarını azaltacak önlemler alınmalıdır. Ulaşımdan kaynaklanan sera gazı salınımlarını azaltılması için toplu taşıma sistemlerinin yaygınlaştırılmasına ağırlık verilmeli, toplum toplu taşımaya sistemlerini kullanmaya yönlendirilmelidir. Bisiklet kullanımının yaygınlaştırılması ulaşım sorunun çözümüne yardımcı olacak bir yaklaşım olacaktır. Ancak bunun için gerekli altyapı çalışmalarının tamamlanması, sürücülere güvenli bisiklet yolları tahsis edilmesi gerekmektedir.

İklim değişikliği çerçevesinde küresel ısınma ile mücadelenin başarıya ulaşabilmesi için kararlı bir duruşun benimsenmesi ve bunun küresel bir boyut kazanması önem arz

etmektedir. Bunun için tüm hükümetler gerekli politik ortamın yaratılmasını sağlamak durumundadır. Küresel ısınmayla mücadelede atılacak adımlar politika yapıcılar tarafından çıkarılacak kanunlarla güvence altına alınması ve uzun vadede kalıcı olabilmesi sağlanmalıdır. Yine çıkarılacak kanunlarla sürdürülebilir bir çevre anlayışının yerleşmesine gayret edilmeli bu çerçevede, karbon ve su ayak izinin azaltılması desteklenmesi, yenilebilir enerji üretimi ve tüketiminin desteklenmesi gibi bir takım teşvik mekanizmaları hazırlamalıdır. Bunun yanı sıra, hükümetlerin küresel ısınma ve iklim değişikliği konularını hükümetler üstü bir husus olarak değerlendirmeli ve küresel çapta toplu hareketi desteklemelidir.

İklim modelleri kullanılarak muhtemel iklim koşullarının tahmini gerekmektedir. Zira, entegre su yönetim politikaların ve eylem planları yeni koşulların zorlayıcı şartları göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Aksi durumda yağış rejimin sağanak şeklinde olacağı beklendiğinden sel, su baskınlarına sebep olacak olması ve düzenli bir rejimi olamayacağından verimli değerlendirilememesi riskini doğuracaktır. Diğer taraftan uzun süren kuralıklar beklendiği de bir gerçektir. Kuraklıkla mücadele ve tarım endüstrisinin sürdürülebilirliğinin mümkün kılınabilmesi için değişen koşullara uyarlanmış entegre su yönetimi anlayışıyla hareket edilmelidir.

Mevcut su kaynaklarının farklı su kullanıcıların tarafından kullanımın dikkatlice planlanması gereksiz sarfiyatının ve önlenemez tüm kayıplarının önüne geçilecek tedbirler alınmalıdır. Yağışların daha azalma ve kısa sürelerde yüksek miktar şeklinde yer yüzüne düşme eğiliminde olduğu beklendiğinden, İçme suyu, Sulama ve Enerji üretiminde kullanılan barajların bu çerçevede beklenen ekstrem durumlara uygun tasarlanması, ani yağışlarda bile gelen suyun kontrollü bir biçimde depolanarak kaybının önlenmesi noktasında rezervuar tasarımlarına yeni bir bakış açısı getirilmelidir. Diğer taraftan aşırı sağanakların geçmiştekine oranla çok daha kısa sürelerde çok daha fazla yağış bırakma rejiminde olduğu ve bu durumun daha da kötüleşmesi beklenmektedir. Buna bağlı olarak dere ve akarsu yataklarında beklenen taşkın debi hesaplamaları iklim değişikliği modellerinin sonuçları göz önünde bulundurularak yenilenmeli, dere ve akarsu yatakları bu çerçevede yeniden planlanmalıdır. Kuru dere yatakları da dahil olmak tüm akarsu yataklarının yeni sınırlara güncellenmeli, olası can kayıpları başta olmak üzere

maddi ve manevi tüm kayıpların önlenmesi için bu sınırlar içerisinde bulunan yapılar kaldırılmalı yeni herhangi bir yapılaşmaya izin verilmemelidir. Buna ilave olarak yine bu akar yatakları üzerinde bulunan menfez ve köprü gibi su yapılarının yeni yaklaşımla hesap edilecek debilerin gelmesi açısından güvenilirliği sorgulanmalı yeteli olmadığı tespit edilen tüm su yapıların gerekli önlemler alınmalıdır.

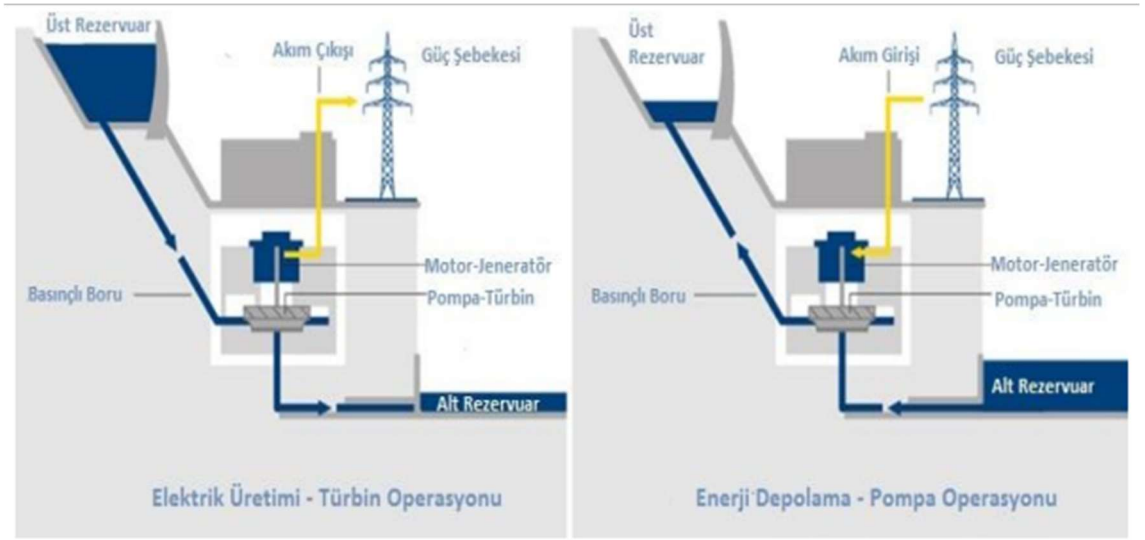
Baraj rezervuarları ve göler gibi geniş yüzey alanlarına sahip alanlarda beklenen buharlaşma kayıplarının önüne geçmek için hem buharlaşmanın azaltıldığı hem de sürdürülebilirlik anlayışına katkı sağlayan akılcı çözümler hızla yaygınlaştırılmalıdır. Bu noktada yüzer güneş santralleri makul bir çözüm olarak görünmektedir. Zira su yüzeyi doğrudan gelen güneş ışınlarından korunduğundan buharlaşma miktarı oldukça azalmakta, temiz ve yenilenebilir enerji üretimi olan güneş santralleri için uygun alanları bulunmuş olmaktadır. Su yüzeyindeki sıcaklıkların aşırı yükselmemesi ise bu tür santrallerin yüksek verimde çalışmasına imkân sağlamaktadır. Çin’de kurulan bir 40 MW yüzer GES Şekil 10.1’de örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 10.2 Çin’de kurulan bir 40 MW yüzer GES (www.weforum.org)

Yüzer Güneş Santrallerine benzer bir yaklaşımla, tarımsal sulamada kullanılan açık kanalların yüzeylerinin güneş panelleri ile kaplanması aynı şekilde hem bu kana yüzeyinden buharlaşma yoluyla yaşanacak su kayıplarını azaltacak hem de temiz enerji üretimi için çevresel bir yaklaşıma olanak sağlayacaktır. Buna ilave olarak, sulamada kullanılan pompaların için ihtiyaç duyulan enerjinin kaynağında üretimi sağlanacak enerji üretim kayıplarının önüne geçmek suretiyle enerji verimliliğinin artırılmasına katkıda bulunmuş olacaktır. Hidroelektrik santrallerinin temiz ve yenilenebilir enerji

üretimdeki öneminde bahisle, geliştirilen tüm Projelerin ekonomik fizibilitesinin iklim değişikliği ve iklim değişikliğinin doğuracağı olacak koşullar göz önünde bulundurularak yapılması projelerin karlılığını artırırken sudan maksimum verim alınmasını sağlayacak mühendislik yaklaşımları öne çıkarılmalıdır. Bu çerçevede, pompaj depolamalı hidroelektrik santrallerinin yaygınlaştırılması anlamlı olacaktır. Zira bu yaklaşım mevcut suyun enerji üretiminde birden çok kez kullanılmasına imkân sağlayarak suyun verimliliğini arttırmaktadır. Şekil 10.3 Pompaj depolamalı hidroenerji genel görünümü verilmiştir.



Şekil 10.4 Pompaj depolamalı hidroenerji (www.mmo.org.tr)

Pompaj depolamalı Hidroelektrik santralleri, suyun daha verimli kullanılmasına olanak sağladığı gibi enerji tüketim noktalarının kesintisiz iletilmesinin mümkün kılınması noktasında hayati önemdeki üretim ve tüketim dengesinin korunmasına katkı sağlamaktadır. Zira arz ihtiyacına binaen hemen yük alıp üretmekte sağlayabilmekte veya arz fazlası olması durumunda pompaja geçip enerji tüketmez üretim ve tüketmektedir. Suyun talep edenlere ulaştırılması aşamasında yaşanan kayıpların önüne geçilmesi de önem arz etmektedir. Bu çerçevede, alt yapıların yenilenmesine daha fazla kaynak ayrılması, yeni tesis edilecek altyapılarda yeni mühendislik uygulamaları kullanılmalıdır. Ayrıca bu yapılarda oluşacak muhtemel kaçakların tespitine yönelik takip ve izleme sistemleri kurulmalı gerektiğinde hemen müdahale edilmelidir.

Evsel ve endüstriyel kullanımları neticesinde kirletilen suların geri kazanılması oldukça önemlidir. Hali hazırda bu amaçlarla kullanılan sular ilgili yönetmelikler uyarınca belirlenen deşarj kriterlerine getirilip alıcı ortamlara geri bırakılmaktadır. Anca su kaynaklarının azalacak olması gerçeğinden hareketle, mevzu bahis suların mümkün geri kazanılması prensibine geçilmesi gerekmektedir. Günümüzde arıtma teknolojisi geldiği nokta itibariye ne tür kirleticiler dolayısıyla kirlenmiş olursa olsun kullanım sularının büyük bir kısmının geri kazanılmasına imkân sağlamaktadır. Şekil 10.5’de Sıfır sıvı deşarjı kosepti verilmiştir.



Şekil 10.6 Sıfır sıvı deşarjı (www.setascevre.com.tr)

İleri membran teknolojilerinin kullanıldı bu tür sistemlerde kullanım suyunun %95’ inden fazlası arıtılarak yeniden çevrim içerisine alınmaktadır. Yüksek yoğunluktaki kalan su ise vakum altında buharlaştırılıp yeniden yoğunlaştırılmaktadır. Bu teknolojinin sağladığı imkanların kullanılması şartıyla su geri kazanım oranlarının %95’in üstüne çıkarılması hedeflenmelidir.

Sonuç olarak insanlığın küresel ısınma dolayısıyla ortaya çıkan iklim değışikliği soruna karşı tedbir almada gecikme şansı yoktur. Paris iklim anlaşmasında küresel ısınmanın sanayileşme öncesine kıyasla 2 °C' nin altında ve mümkünse 1,5 °C ile sınırlandırılması hedefi konmuştur. Bu noktada Paris iklim anlaşmasına taraf ülkelerin iş bu sözleşmeden kaynaklanan sorumluluklarını yerine getirip getirmediği takip edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Adger, W. N. 2006. *Adaptation, Adaptive Capacity And Vulnerability*. Elsevier 268-281.
- Agarwal, A., de los Angeles, M. S., Bhatia, R., Chéret, I., Davila-Poblete, S., Falkenmark, M., ... & Wright, A. 2000. *Integrated Water Resources Management*. Global water partnership içinde, 1-67. Stockholm.
- Akademi, Hidro Politik. 2019. *Hidro Politik Akademi*.
<https://www.hidropolitikakademi.org/tr/>. Giriş Tarihi.09.08.2023
- Albayrak, D. 2021. *The Impact of Climate Change on Future Extreme Precipitation*. Turkey.
- Aykır, D. 2017. Türkiye’de Ekstrem Sıcaklık İndislerinin Eğilimlerinde Şehirleşmenin Etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi* 47-57.
- Bates, B., Kundzewicz, Z., Wu, S. 2008. *Climate change and water*.
- Batı, O. 2014. Küresel Isınma Konusunda “Karbon Vergisi Etkisi” Nin Değerlendirilmesi. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*.
- Belis, D., Joffe, P., Kerremans, B., Qi, Y. 2015. *China, the United States And The European Union: Multiple Bilateralism And Prospects for A New Climate Change Diplomacy*. Jstor 203-218.
- Berktaş, S., ORAKLIBEL, R. D. 2021. Sanayi Devrimi ile Gelen Değişim: İş Bölümü ve yabancılaşma . *Atlas Sosyal Bilimler Dergisi* 112-121.
- Biberoğlu, B. 2011. Küresel iklim değişikliğinin Türkiye yağış ve sıcaklıkları üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. *Istanbul*.
- Biyoloji sitesi. 2024, 10 02. <http://www.biyolojisisitesi.net/uniteler/dunyamiz/karbon-dongusu.html>. Giriş Tarihi.07.12.2023
- Bouwer, H. 2002. *Integrated Water Management For The 21st Century: Problems And Solutions*. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 193-202.
- Bouwer, H. 2000. *Integrated water management: emerging issues and challenges*. *SciencDirect* 217-228.
- Bouwer, H. 2000. *Integrated Water Management: Emerging Issues And Challenges*. Elsevier 217-228.
- Britannica. <https://www.britannica.com/>. Giriş Tarihi.03.05.2023
- British Geological Survey. <https://www.bgs.ac.uk/>. Giriş Tarihi.14.07.2023
- Bütüner, M. 2019. Küresel İklim Değişikliğinin Fındık ve Çay Tarımına Etkisi. *Türkiye*.
- Canseven, A. 2013. *Avrupa Birliği'ne (AB) Uyum Süreci Kapsamında Ülkemizdeki Entegre Havza Yönetimi Çalışmaları ve Mevcut Durumun İncelenmesi*. Sivas.

- Climate Hubs. (www.climatehubs.usda.gov). Giriş Tarihi.11.09.2023
- Dale, V. H. 1997. The Relationship Between Land Use Change And Climate Change. Ecological applications içinde, yazar V. H. Dale, 753-769. USA.
- Davenport, D. 2008. The international dimension of climate policy. In Turning Down the Heat: The Politics of Climate Policy in Affluent Democracies. Springer 48-62.
- Değer, A. ve Anbar, A. 2008. İklim Değişikliğinin Finansal Hizmet Sektörüne Etkileri. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi 223-253.
- DEMİR, İ., KILIÇ, G., COŞKUN, M. 2008. Türkiye ve Bölgesi İçin PRECIS Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları. Dergipark 11-17.
- DEMİR, İ., KILIÇ, G., COŞKUN, M. 2008. Türkiye ve Bölgesi İçin PRECIS Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları. İklim Değişikliği ve Çevre 11-17.
- Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Akçakaya, A. 2014. Climate change projections for Turkey with new scenarios. In The climate change and climate dynamics conference. Turkey. 8-10.
- Demirel, M. 2009. Su Kaynakları Yönetimindeki Politika ve Sorunlar: Denizli Örneğinde Bir Değerlendirme. Turkey.
- Dessai, S., Adger, W. N., Hulme, M., Turnpenny, J., Köhler, J., Warren, R. 2004. Defining And Experiencing Dangerous Climate Change. Springer 11-25.
- Energy. <https://www.energy.gov/science/office-science>. Giriş Tarihi.10.10.2023
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. 10 02. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik>. Giriş Tarihi.15.11.2023
- Erdoğan, S. 2018. İklim Değişikliğine Karşı Verilen Küresel Mücadele ve Avrupa Birliği. MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi 1-16.
- Form, World Economic. 2024. World Economic Form. <https://www.weforum.org/>. Giriş Tarihi.10.10.2023
- Galip, A. K. I. N. 2006. Küresel Isınma, Nedenleri ve Sonuçları. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 29-43.
- Geçen, R. 2019. Hatay İlinde Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanlarının Belirlenmesi. Türkiye.
- Giupponi, C., Gain, A. K. 2017. Integrated Water Resources Management (IWRM) For Climate Change Adaptation. Springer 1865-1867.
- Global Change. <https://www.globalchange.umich.edu/globalchange1/>. Giriş Tarihi.10.10.2023
- Global Precipitation Measurement. <https://gpm.nasa.gov/>. Giriş Tarihi.12.08.2023
- Gökgöz, F., Filiz, F. 2018. Deep Learning for Renewable Power Forecasting: An Approach Using LSTM Neural Networks. World Academy of Science Engineer And Tecnology 416-420.

- Harmancıoğlu, N. B., Gül, A., Fıstıkoğlu, O. 2002. Entegre Su Kaynakları Yönetimi. TMH 35-39.
- Hernández-Bedolla, J., Solera, A., Paredes-Arquiola, J., Pedro-Monzonís, M., Andreu, J., & Sánchez-Quispe, S. T. 2017. The Assessment of Sustainability Indexes And Climate Change Impacts On Integrated Water Resource Management. MDPI 213.
- İnci, U. İ. 2019. Mikro Pelton Türbin Tasarımı, Sayısal Analizleri ve Dneysel Olarak İncelenmesi . Türkiye.
- Jessup, A. T., Asher, W. E. . 2016. 7th International Symposium on Gas Transfer at Water Surfaces. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 7th International Symposium on Gas Transfer at Water Surfaces. USA. 1-4.
- Kadıoğlu, M. 2008. Günümüzden 2100 Yılına İklim Değişimi. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu.
- Küresel İklim Değişimi ve Etik. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu 2008 . Ankara. 1-28.
- Kang, B., Kim, Y. D., Lee, J. M., & Kim, S. J. 2015. «Hydro-environmental Runoff Projection Under GCM Scenario Downscaled By Artificial Neural Network in the Namgang Dam Watershed.» KSCE Journal of Civil Engineering içinde, 1622-1640. Korea.
- Kiliç, C. 2009. Küresel İklim Değişikliği ve Çerçevesinde Sürdürülebilir Kalkınma Çabaları ve Türkiye. Cumhuriyet Üniversitesi Journal of Economics & Administrative Sciences (JEAS) 1-23.
- KIRTORUN, E., KARAER, F. 2018. Su Yönetimi ve Suyun Sürdürülebilirliği. Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi 151-159.
- KÜÇÜKKALAY, A. G. A. M. 1997. Endüstri devrimi ve ekonomik sonuçlarının analizi. . Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi.
- Lenton, R., Muller, M. 2012. Integrated Water Resources Management in Practice: Better Water Management for Development. . Londra.
- Lou, Y., Zhang, C., Zheng, Y., Xie, X., Wang, W., Huang, Y. 2009. Map Matching for Low Sampling Rate GPS Trajectories. Association for Computing Machinery 352-361.
- Ludwig, F., & Swart, R. 2010. Tools For Climate Change Adaptation In Water Management Inventory And Assessment Of Methods And Tools. Wageningen Universiteit içinde, 1-80. Netherlands.
- Ludwig, F., Swart, R. 2010. Inventory And Assessment of Methods And Tools for Supporting The Development And Implementation of Adaptation Plans Addressing Climate Change Impacts on Water Management. 1-37. Holland.

- Ludwig, F., van Slobbe, E., Cofino, W. 2014. Climate change adaptation and Integrated Water Resource Management in the water sector. Elsevier 235-242.
- Madani, K., & Lund, J. R. 2009. Modeling California's High Elevation Hydropower Systems in Energy Units. Water Resources Research 1-12.
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Zhou, B. 2021. Contribution Of Working Group I To The Sixth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Clima. 1-16.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 10 02. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx>. Giriş Tarihi.10.10.2023
- Nacar, M. 2018. Fotovoltaik Dizilerin Modellenmesi ve Simülasyonu. İstanbul.
- Nacar, S., Betül, M. E. T. E., Tokgöz, B. S., Bayram, A. 2024. İklim Değişikliğinin Deniz Suyu Sıcaklıkları Üzerindeki Olası Etkilerinin Değerlendirilmesi: Orta Karadeniz Örneği. International Journal of Engineering Research and Development 27.
- Nandy, D., Martens, P. C. H. 2006. «Unraveling long-term solar variability and its impact on space climate: The stars as suns project. Proceedings of the ILWS Worksop 158.
- National Aeronautics and Space Administration. <https://www.giss.nasa.gov/>. Giriş Tarihi.12.10.2023
- Odası, TMMBO Makine Mühendisleri. tarih yok. TMMBO Makine Mühendisleri Odası. <https://www.mmo.org.tr/>. Giriş Tarihi.13.10.2023
- Onat, A., İmal, M., İnan, A. T. 2004. Soğutucu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkilerinin Araştırılması ve Alternatif Soğutucu Akışkanlar. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 32-38.
- Oxford to Cambrige. <https://www.oxcamlncp.org/>. Giriş Tarihi.13.10.2023
- Öztürk, K. 2002. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi.
- Pahl, C., Möltgen, J., Kabat, P. 2011. Adaptive And Integrated Management of Water. Water Resources Planning And Management içinde, 292-310. Almanya.
- Pir, H., Ceribasi, G.,Ceyhunlu, A. I. 2024. The effect of climate change on energy generated at hydroelectric power plants: A case of Sakarya river basin in Turkey. Turkey.
- Preston, B. L., & Stafford-Smith, M. 2009. Framing vulnerability and adaptive capacity assessment: Discussion paper. CSIRO Climate Adaptation National Research Flagship içinde. Australia.
- Reidsma, P., Wolf, J., Kanellopoulos, A., Schaap, B. F., Mandryk, M., Verhagen, J., & van Ittersum, M. K. 2015. Climate change impact and adaptation research requires integrated assessment and farming systems analysis: a case study in the Netherlands. IOPscience 1-13.

- Sawadogo, A. 2021. Sulama Yönetiminin İyileştirilmesi İçin Uzaktan Algılama Yaklaşımı İle Sulama Projelerinin Performansının Değerlendirilmesi. Turkey.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K., Miller, H. 2007. IPCC Fourth Assessment Report (AR4). Climate change içinde, 374. USA.
- Steiger, R., Mayer, M. 2008. Snowmaking And Climate Change. Mountain Research and Development 292-298.
- Stern, S. W. 2013. The IRS'Double-Bogey: Goosen v. Commissioner Remains a Fairway to Characterize Endorsement Income for Nonresident Alien Athletes in Garcia v. Commissioner. HeinOnline 605.
- Şanlı, Ö. 2008. Su Kaynakları Sistemlerinin Etkinlik ve Performans Analizi. Manisa. Teknolojileri, Setas Su ve Enerji. 2023. Setas Su ve Enerji Teknolojileri. <https://setascevre.com.tr/>. Giriş Tarihi.17.12.2023
- Türkeş, M., Şen, Ö. L., Kurnaz, L., Madra, Ö., Şahin, Ü. 2013. İklim Değişikliğinde Son Gelişmeler: IPCC 2013 Raporu. Sabancı Üniversitesi, İstanbul Politikalar Merkezi.
- Türkiye Cumhuriyeti çevre ve şehircilik ve iklim değişikliği bakanlığı . <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/>. Giriş Tarihi.16.12.2023
- Türköz, K. 2015. Türkiye'de CO2 Salınımları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi . Balıkesir. Union College. 1795. <https://muse.union.edu/>. Giriş Tarihi.20.12.2023
- Uysal, Y. 2022. İklim Değişikliği ve Küresel Isınma İle Mücadelede Yerel Yönetimlerin Rolü: Tespitler ve Öneriler. Kesit Akademi Dergisi 324-354.
- ÜNLÜER, ÇİSE. 2012. ÇİSE ÜNLÜER. <https://ciseunluer.blogspot.com/>. 20.12.2023.
- VijayaVenkataRaman, S., Iniyar, S., Goic, R. 2012. A Review of Climate Change, Mitigation and Adaptation. Elsevier 878-897.
- Yüksel, I. 2008. Hydropower in Turkey for A Clean And Sustainable Energy Future. Elsevier 1-19.