ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Durdane KURT

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ÇUKUROVA BÖLGESİ SU KAYNAKLARI ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2020

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ÇUKUROVA BÖLGESİ SU KAYNAKLARI ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Durdane KURT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 16/01/2020 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

…….....	……....……	..…….…….….....
Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK DANIŞMAN	Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU ÜYE	Doç. Dr. Kevser CIRIK ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ÇUKUROVA BÖLGESİ SU KAYNAKLARI ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Durdane KURT

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK
Yıl: 2020, Sayfa: 89
Jüri : Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK
: Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU
: Doç. Dr. Kevser CIRIK

İklim değişikliğinin nedenlerini ve sonuçlarını değerlendirmek amacıyla, Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kapsamında hazırlanan dördüncü değerlendirme raporuna göre (AR4), yeryüzünde pek çok bölgenin yağış ve özellikle sıcaklık değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı değişimler öngörülmektedir. Bu tez çalışmasında, iklim değişikliğinin Çukurova Bölgesinin su kaynakları üzerine olması beklenen muhtemel etkiler değerlendirilmiştir. Çalışma periyodu olarak 1970 – 2017 yılları arasındaki 47 yıllık süre seçilmiştir. Adana istasyonunda; Ocak, Şubat, Nisan ve Kasım aylarında minimum sıcaklıklarda, önemsiz azalmalar, bu ayların dışında kalan, diğer aylarda ise minimum sıcaklıklarda artma eğilimi görülmüştür. Çalışmaya konu olan meteoroloji istasyonlarının sıcaklık dizilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış ve yağış dizilerinde anlamlı bir azalış tespit edilmiştir. Ayrıca yıllık toplam yağış miktarlarındaki azalış yönündeki eğilim kıyı ve orta bölümlerde kalan istasyonlarda daha belirgin iken kuzey bölümde kalan istasyonlarda azalma belirsizdir. Elde edilen bu verilere dayanarak, Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Çukurova Bölgesinin su kaynakları ile ilgili yüzey akışı, sıcaklık ve yağış gibi hidrolojik bileşenlerin iklim değişikliği kapsamında maruz kalabilecekleri tehlike ve riskler tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklimsel Tehlikeler, İklim Risk Analizi, Doğu Akdeniz

ABSTRACT

MSc THESIS

EVALUATION OF THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON THE WATER RESOURCES OF ÇUKUROVA REGION

Durdane KURT

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK
Year: 2020, Pages: 89
Jury : Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK
: Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU
: Assoc. Prof. Dr. Kevser CIRIK

According to the fourth assessment report (AR4) prepared within the scope of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) to evaluate the causes and consequences of climate change, statistically significant changes are expected in precipitation and especially temperature values of many regions on earth. In this thesis, possible effects of climate change on the water resources of Çukurova Region were evaluated. The 47-year period between 1970 and 2017 was chosen as the study period. In Adana station; in January, February, April and November, there was a tendency to decrease at minimum temperatures, insignificant decreases, and to increase at minimum temperatures outside these months. A statistically significant increase in temperature sequences and a significant decrease in precipitation sequences were detected in the meteorological stations subject to the study. In addition, while the tendency towards decreasing annual total precipitation is more prominent in the stations located in the coastal and central sections, the decrease in the stations in the northern section is uncertain. Based on these data, the hazards and risks that hydrological components such as surface flow, temperature and precipitation of the Çukurova Region in the Eastern Mediterranean Region may be exposed to within the scope of climate change have been estimated.

Keywords: Climate Hazards, Climate Risk Assestment, Eastern Mediterranean

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

İklim değişikliği nedeniyle su kaynaklarının azalması, sıcaklıkların artması, suya olan istemi önemli ölçüde artıracaktır. Nüfus artışı ve endüstriyel gelişme gibi etkenler su stresine neden olacak buda tarımdaki su kullanımının azaltılmasını zorunlu kılacak, topraklarda tuzluluk/alkalilik gibi sorunlar da ortaya çıkacak ve sürekli artacaktır. Sıcaklık değişikliğinin pozitif yönde eğilim göstererek sıcaklığın artmasıyla beraber dünya genelindeki buzullar ve karla kaplı alanlar azalmış, eriyen buzulların deniz suyuna karışmasıyla dünya temiz su kaynağını kaybetmiş, hem de ısıl genleşmenin de etkisiyle yükselen su seviyesi, bazı kıyısal alanları ve ekosistemlerini tehdit etmeye başlamıştır.

Bu çalışmada iklim değişikliğinden etkilenecek olan su kaynakları Adana ili Çukurova bölgesi için ele alınmıştır. Seyhan Havzası için iklim projeksiyonlarından elde edilen sonuçlara göre iklim modeli kapsamındaki senaryo dönemleri boyunca sıcaklıkların artması yağışların ise yüzyılın ortasına kadar pozitif daha sonrasında negatif anomali sergilemesi beklenmektedir. Çalışma kapsamında, belirtilen farklı iklim senaryoları ve bu senaryolar altında çalıştırılan iklim modeli verileri kullanılarak her bir iklim modelinin havzadaki yağış ve sıcaklık değişimleri tespit edilmiştir. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRMCM5.1 iklim modelleri ile RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo verileri, 2015-2100 periyodu için gerçekleştirilen iklim projeksiyonları kullanılarak başta sıcaklık, yağış, rüzgar ve bağıl nem olmak üzere pek çok değişkenin değişimleri tespit edilmiştir. Bu dönem boyunca sıcaklıklarda en az 2°C, en fazla 5,3ºC civarında artış yaşanması beklenmektedir. Tüm model sonuçları için havzada en fazla %21 oranında yağış azalması beklenmektedir. Genel olarak bakıldığında ise havzada yağış eğiliminde azalma söz konusu olduğu tahmin edilmektedir ve bununla beraber trendlerdeki azalma sonucu baraj doluluk oranının düşeceği tespit edilmiştir. Çukurova Bölgesindeki Seyhan Havzası'nda toplam su ihtiyacının neredeyse tamamına yakınının sulama suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının

düşük seyrettiği 2015 yılından itibaren projeksiyon dönemi sonuna kadar su ihtiyacının havzada büyük ölçüde sağlanamadığı ve su açığının neredeyse tüm dönemler boyunca hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. Ayrıca havzanın yeraltı suyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %2 gibi düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Yağışın azalması sonucu yeraltı su miktarını azaltacak buda su istemini arttırarak sulama amacıyla kullanımı arttıracaktır. Buna bağlı olarak su potansiyelinde azalma yaşanacaktır.

1980'li yıllardan itibaren ise yağışların azalmasına bağlı olarak daha kurak koşullara doğru bir eğilim yaşanacağı belirlenmiştir. Yağış ve sıcaklık trendlerindeki değişimler havzanın kuzeyinden güneyine doğru takip edildiğinde kuraklaşmanın orta ve güney bölümde daha fazla olduğunu ve su açığının ileriki yıllarda fazlalaşacağını göstermektedir. Ayrıca ileriki yıllarda yarı kurak şartları yerini kurak iklim şartlarının yaşanacağı tespit edilmiştir. Bu faktörlerin etkisiyle yaşanacak sel, taşkın, deniz seviyesindeki yükselmeler gibi afetlerin su kaynakları üzerinde oluşturacağı riskler tespit edilmiştir. Meteorolojik veriler kullanılarak elde edilen sıcaklık, yağış vs. trendlerindeki değişimler sonucunda su miktarında azalma, su kalitesinde düşme, sulardaki oksijen seviyesinin düşmesi, yeraltı su kaynaklarında azalma ve buna bağlı olarak gelişen yeraltı sularına tuzlu su girişiminin yaşanması gibi risklerin oluşacağı tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanma aşamasında deneyimini, desteğini ve kıymetli zamanını bana ayıran, tezin şekillenmesinde katkı sağlayan değerli ve kıymetli tez danışmanım Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK'e teşekkür ederim.

Bölümümdeki kıymetli öğretim üyeleri hocalarıma desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Eğitim hayatıma başladığım günden itibaren maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen, her tökezlediğimde elimden tutan, yaşamımın her anında beni yüreklendiren, her zaman koşulsuz şartsız sevgilerini, desteklerini hissettiğim, onların sayesinde bu noktaya geldiğimi hiç unutmadığım canım aileme özellikle de eniştem Dr. Alper ACİL'e teşekkürü borç bilir ve saygılarımı sunarım.

Yüksek lisansa birlikte başladığımız her zaman zorluklara beraber göğüs gerdiğimiz kıymetli dostum Maliyeci Gülay Yazıcı'ya ve yeni tanımış olduğum benden desteğini esirgemeyen yüksek lisansa beraber başladığım arkadaşım Çevre Mühendisi Yegane AMİRLİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2020

Durdane KURT

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR V
İÇİNDEKİLER VI
ÇİZELGE DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
SİMGELER VE KISALTMALAR XII
1. GİRİŞ 1
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı 3
1.2. İklim Değişikliği 4
1.2.1. İklim Değişikliğinin Nedenleri 7
1.2.2. Sera Gazları ve Derişimlerindeki Zamansal Değişimler 10
1.2.3. Sıcaklık Artışının Zamansal Değişimi 12
1.3. Dünya İkliminde Gözlenen Değişiklikler ve Olası Etkiler 14
1.4. Türkiye İkliminde Gözlenen Değişiklikler ve Olası Etkiler 16
1.5. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi 20
1.5.1. Dünya'daki Su Kaynaklarının Mevcut Durumu 21
1.5.2. Türkiye' deki Su Kaynaklarının Mevcut Durumu 23
1.6. Küresel İklim Değişikliğinin Potansiyel Etkileri 24
1.6.1. Sektörel Olarak Su Kirliliği 25
1.6.2. Uluslararası Alanda Gelişmeler 26
1.6.3. Hidrolojik Etkiler 27
1.6.4. Su Kalitesindeki Etkiler 27
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 31
3. MATERYAL VE METOD 35
3.1. Çalışma Alanı 35

3.2. Metot 36
3.2.1. Risk Değerlendirme Metotları 36
3.2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler 42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 45
4.1. Bulgular 45
4.2. Adana İli İklim Parametre Verileri 45
4.2.1. Aylık Maksimum Sıcaklık 45
4.2.2. Aylık Ortalama Sıcaklık 47
4.2.3. Aylık Yağış Miktarı 50
4.2.4. Aylık Yağışlı Gün Sayısı 51
4.2.5. Aylık Maksimum Yağış Miktarları 53
4.2.6. Aylık Ortalama Rüzgar Hızı 54
4.2.7. Aylık Ortalama Bağıl Nem 56
4.3. Adana İli İklim Modeli ve Projeksiyonlarının Değerlendirilmesi 58
4.3.1. İklim Modeli Kavramı ve Senaryoları 58
4.3.2. İklim Modeli ve Projeksiyonu 60
4.3.3. Kuraklık 61
4.3.4. Deniz Seviyesinde Yükselme ve Sıcaklık Artışı 63
4.3.5. Seller 65
4.3.6. Orman Yangınları 66
4.3.7. Rüzgar 68
4.4. İklim Değişikliği ve Su Yönetiminde Risk Etmenleri 69
4.4.1. İklim Değişikliği ve Yeraltı Suyu Kaynakları 70
4.4.2. İklim Değişikliği ve Yüzeysel Akış 72
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 75
KAYNAKLAR 81
ÖZGEÇMİŞ 89

ÇİZELGE DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. Afet tipine göre doğal afetlerin sınıflandırılması. 5
Çizelge 1.2. Sera gazları değişim oranları. 12
Çizelge 1.3. Bölgelere göre yağış dağılımı ve geçmiş dönem karşılaştırmaları 18
Çizelge 1.4. Yerküre üzerinde su kaynakları dağılımı. 22
Çizelge 3.1. Su kaynaklarının risk ve tehlike analizi. 40
Çizelge 4.1. SRES ve RCP senaryoları için 2100 yılında yaklaşık eşdeğer CO_2 konsantrasyonlar (ppm). 59
Çizelge 4.2. Üç farklı iklim modeline göre sıcaklık ve yağış anomali değerleri. ... 61
Çizelge 4.3. Deniz seviyesi değişiminin Adana iline alansal etkisi. 64
Çizelge 4.4. 1970-2018 Yılları Arasında Akdeniz Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı 65

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Küresel yıllık ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerinin 1860-2005 dönemindeki değişimleri (Türkeş 2007). 10
Şekil 1.2. Sera etkisinin şematik gösterimi (WHO, 1996; Türkeş, vd., 1999a). 11
Şekil 1.3. Küresel yıllık ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerinin 1860-2005 dönemindeki değişimleri (Türkeş 2007). 13
Şekil 1.4. Yüzyılın sonuna doğru Avrupa ve Orta Asya bölgesindeki ülkelerin beklenen aşırı iklim olaylarına maruz kalma sıraları 20
Şekil 3.1. Adana ili haritası. 36
Şekil 3.2. Adana ili Ceyhan ve Seyhan havzalarının fiziki haritası. 43
Şekil 4.1. Adana ili 1970-2017 yılları arası maksimum sıcaklık trendi. 46
Şekil 4.2. Adana ili yaz mevsimi 1970-2017 yılları arası maksimum sıcaklık trendi. 46
Şekil 4.3. Adana ili kış mevsimi yıllara göre maksimum sıcaklık trendi. 47
Şekil 4.4. Adana ili 1970-2017 yılları arası ortalama sıcaklık değerleri. 48
Şekil 4.5. Adana ili 1970'li 1980'li 1990'lı ve 2010'lu yıllar ortalama sıcaklık değerlerinin trendi. 48
Şekil 4.6. Adana ili mevsimlere göre 1970'li, 1980'li, 1990'lı, 2000'li ve 2010'lu yıllardaki sıcaklık trendleri. 49
Şekil 4.7. Adana İli 1970' li, 1980' li, 1990' lı, 2000' li ve 2010' lu yıllardaki aylık yağış miktarları. 50
Şekil 4.8. Adana ili mevsimlere göre 1970'li, 1980'li, 1990'lı, 2000'li ve 2010'lu yıllardaki aylık yağmur miktarları ve trendi. 51
Şekil 4.9. Adana ili 1970-2017 yılları arasındaki yıllık yağışlı gün sayıları. 52
Şekil 4. 10. Adana ili mevsimlere göre 1970'li, 1980'li, 1990'lı, 2000'li ve 2010'lu yıllardaki aylık yağışlı gün sayısı ve miktarı. 53
Şekil 4.11. Adana İli 1970'li, 1980'li, 1990'lı, 2000'li ve 2010'lu yıllardaki aylık maksimum yağış miktarları. 54

Şekil 4.12. Adana ili 1970-2017 yılları arası rüzgar hızları. 55
Şekil 4.13. Adana ili mevsimlere göre 1970'li, 1980'li, 1990'lı, 2000'li ve 2010'lu yıllardaki rüzgar hızları..... 56
Şekil 4.14. Adana ili 1970-2016 yılları arası nispi nem oranları 57
Şekil 4.15. Adana ili 1969-2017 yılları arası orman yangınları sayısı. 67

SİMGELER VE KISALTMALAR

AB : Avrupa Birliği
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
CO^2 : Karbondioksit
^oC : Santigrat derece (Sıcaklık)
CRED : Centre for Research on Environmental Decisions
DSİ : Devlet Su İşleri
HadGEM2-ES : Hadley Centre Global Environment Model Version 2 (Hadley Merkez Küresel Çevre Modeli 2.Versiyon)
H_2O : Su
IPCC : Intergovermental Panel on Climate Change MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MPI-ESM-MR : Max Planck Meteorology Institute Earth System Model (Max Plank Meteoloji Enstitüsü Yer Sistem Modeli)
NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration
OMGİ : Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu
RCP : Representative Concentration Pathways (Temsili Konsantrasyon Rotaları)
RegCM : Regional Climate Model (Bölgesel İklim Modeli)
SPI : Standardized Precipitation Index (Standart Yağış İndeksi)
SRES : Special Report on Emissions Scenarios
TUDES : Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi
UNDP : Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı

1. GİRİŞ

Küresel ısınmanın mevcut artışla devam etmesi durumunda, 2030-2050 yılları arasında artışın 1.5 °C'ye ulaşması yüksek olasılıkla beklenmektedir. IPCC'nin 1.5°C Özel Raporu'na göre, sanayileşme öncesi dönemden günümüze insan kaynaklı ısınma yüzyıllar boyunca kalıcı olacak ve iklim sistemi üzerinde deniz seviyesindeki artış ve beraberinde oluşacak uzun dönemli değişimlere neden olacaktır. Ancak bu emisyonların tek başına 1.5 °C'lik küresel ısınmanın artmasında olası değildir. 1.5°C'lik artışta biyoçeşitlilik ve ekosistemler üzerinde, türlerin yok olması dahil olmak üzere beklenen etkiler 2 °C'lik artışa nazaran daha düşüktür. Projeksiyonlar, küresel ısınmanın 1.5°C ile sınırlandırılması durumunda, tatlı su ve kıyı ekosistemleri üzerindeki etkilerin 2°C'lik artışa kıyasla daha az etkiye neden olacağı yüksek güvenilirlikle sonuç vermektedir (IPCC 2018). Gelecek birkaç on yıldan sonraki değişikliğin boyutu küresel olarak sera gazı emisyonlarının miktarına ve dünyamızın duyarlılığına bağlıdır (NASA 2019e).

Küresel ısınma; tüm dünyayı ve canlı hayatını etkileyen önemli çevresel değişikliklere neden olan yeryüzündeki sıcaklık artışıdır. İklim değişikliği; karşılaştırabilir zaman diliminde incelenen doğal iklim değişikliğine ek olarak dolaylı veya doğrudan küresel atmosferin bileşimini bozan uzun süreli ve yavaş gelişen değişikliklerdir (Karaman vd., 2010). Küresel ısınmaya bağlı olarak iklim değişikliği günümüzde giderek artan bir tehlike durumuna dönüşmektedir. İklim değişikliğine neden olan birçok etken bulunmakla birlikte bunların en önde geleni insan kaynaklı sera gazı salınımıdır. Hızlı nüfus artışı, enerjiye olan gereksinimin artması, kullanım alışkanlıklarının değişmesi, üretim faaliyetlerinin artması doğal denge üzerindeki baskıyı arttırarak sera gazı salınımın artmasını tetiklemiştir. Ülkemizin üç tarafının denizlerle çevrili olduğu iklim değişikliği bakımından riskli ülkeler grubunda bulunmaktadır. Doğrudan veya dolaylı olarak iklim değişikliğinin sonuçlarından birisi olan su kaynaklarının azalması sürdürülebilir yaşamı tehlike

altına almaktadır ve suyun önemini arttırmaktadır. Dünyamızın sıcaklığı artmaya devam etmesi nedeniyle su kaynakları üzerinde önemli derecede olumsuz etkiler beklenmektedir (Calculator 2018).

Kalkınmakta olan ülkelerde hızlı nüfus artışına bağlı olarak su ihtiyacı; endüstri, tarım, kentsel gelişimdeki büyümeye bağlı olarak artmaya devam etmektedir. Bu nedenle su kaynakları ile ilgili risklerin belirlenmesi, korunması sürdürülebilirliğinin devam etmesi ve yönetilmesi önem kazanmıştır. Son yıllarda giderek artan bir şekilde iklim anormallikleri yaşanmaya başlanmıştır. Bu anormallikler yalnızca dünyanın belli bir bölgesini değil, tüm dünyayı kapsamaktadır. Yaşanan her türlü iklimsel anormallikler su kaynakları üzerinde ciddi baskılar oluşturmaktadır. Bu durum iklim değişikliğine bağlı olarak hidrolojik verilerin belirsizliği, su miktarındaki ve su kalitesindeki ani değişimler gibi pek çok sorunları ortaya çıkarmakta ve çoğu zaman bu sorunlara da çözüm üretilememektedir.

İklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışları büyük yüzeysel alana sahip su kaynaklarındaki yüzeysel buharlaştırmayı arttırmaktadır. Sıcaklığın artması çözünmüş oksijen miktarını azaltıp biyolojik oksijen miktarını arttırmaktadır. Bu olay suda yaşayan balıklar ve diğer canlılar için tehlikeli bir durum oluşturmakla beraber yağış ve buharlaşma miktarındaki değişim, suyun kimyasal yapısını değiştirmektedir (Göncü vd., 2017).

Çukurova bölgesi uygun iklim ve toprak yapısına sahip olmasından dolayı Türkiye'nin önde gelen tarımsal üretim bölgesi arasında yer almaktadır. Bu bölgede 1960'lı yıllardan başlayarak sulu tarım alanlarındaki gelişmelere eş olarak ürün deseni çeşitlilik kazanmış ve verim olarak önemli gelişmeler sağlanmıştır. Tarımsal üretim iklim ve hava koşulları ile doğrudan ilgilidir, son yıllarda iklim koşullarındaki değişimler ülkemizi olumsuz etkilemiştir. Yağış değişimi ve artan sıcaklıklar tarımda su ihtiyacını artırırken, su kaynaklarında da azalmaya neden olmaktadır (Şen 2009).

Gelecek aylarda su seviyesinin ne seviyede olduğu belirsiz kalmaktadır. Ani ve şiddetli yağışlar taşkın riskini arttırmaktadır ve tarım gelirlerini azaltmaktadır. Fazla kullanım ise tarım gelirinin artmasına rağmen göl gibi yüzeysel sularda kuruma riskini oluşturmakta, turizm gelirlerini azalmakta ve risk haritalarının oluşturulması ihtiyacını ortaya çıkmaktadır. Çukurova Yöresi'n de gelecekteki iklimi kestirmek ve bölgesel iklim modeliyle öngörülen iklim değişikliğinin bölgedeki su kaynakları üzerine olası etkilerinin belirlenmesi bu çalışmanın amacını oluşturmuştur. Canlılar için vazgeçilmez bir kaynak olan suyun iklim değişikliği sürecinde ne tür riskler oluşturduğu ve bu risk etkilerinin azaltılması için ne tür önlemler alınması gerektiği araştırılmıştır.

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

İklim değişikliğinin boyutlarına karşı önlem alınması etkilerin ve bu etkilerin boyutlarının belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. İklim değişikliğinin boyutlarının belirlenmesinde ise iklimsel modelleme kavramlarına değinilmiştir. Havzalarda yapılan modelleme çalışmalarıyla su kaynağının geçmişten günümüze iklimsel değişikliklerden nasıl etkilendiği incelenip iklim senaryolarına göre gelecekte nasıl bir durumla karşı karşıya kalınacağı tahmin edilebilmekte, gerekli planlamalar bu senaryolara göre yapılabilmektedir.

Tüm canlılar için vazgeçilmez bir unsur olan suyun küresel ısınma ve iklim değişikliği sürecinde nasıl krize dönüştüğünü ve bu krizden çıkmak için ne tür önerilerin olduğunu araştırmaktır. İklim değişikliği su kaynaklarını, ekosistemin diğer öğeleri kadar belki de diğerlerinden daha büyük ölçeklerde etkilemekte ve bu etkilerin pek çoğu yapılan çalışmalarla belirlenmiş olsa da, bu etkiler, farklı alanları farklı şekillerde ve farklı boyutlarda etkilemektedir. Özellikle iklim değişikliği çerçevesinde gelecekte sıcaklık ve yağış anomalileri ile su havzalarının su kaynakları projeksiyonu oldukça önem kazanmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar gerek yapılan değerlendirmeler ve havzaların suları iklim değişikliği

sürecinde su kaynakları değişimini inceleyerek etkin bir su kaynakları afet yönetimi nasıl olması gerektiğini ortaya çıkarması, gerekse tüm bu parametreleri bir arada yorumlaması açısından önem kazanmaktadır.

İklim değişikliğinin Çukurova bölgesindeki su kaynaklarına etkileri, havza üzerindeki etkileri ve gelecekte oluşabilecek etkilerin boyutu ve gelecekte oluşabilecek olumsuz etkilerin doğurabileceği muhtemel sonuçlar daha önce yapılmış olan farklı modellerinin çıktıları dikkate alınarak ortaya konulmaya çalışılmıştır. İklim değişikliğinin etkileri her bölgenin kendi coğrafik ve iklimsel koşullarına göre farklılık göstermektedir. Dolaysıyla Çukurova Bölgesi içinde bölgenin tüm özellikleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmalıdır. Buradan hareketle ortaya çıkması muhtemel iklimsel anomaliler dikkat alınarak tehlike ve riskler belirlenerek ortaya çıkan risk ile birlikte su kaynaklarında "ne olursa ne olur" yaklaşımıyla araştırma yapılmıştır.

1.2. İklim Değişikliği

Genel olarak iklim değişikliği geniş alan ve bölgelerde uzun zamanlarda gerçekleşen doğrudan ya da dolaylı olarak atmosferdeki bileşimi bozan insan faaliyetleri sonucunda ani, şiddetli ortalama hava koşullarındaki değişikliklerdir.

Bazen iklim değişikliği ve küresel ısınma kavramları karıştırılmaktadır. Küresel ısınma, insanoğlunun çeşitli etkinlikleri sonucu sera gazındaki artışı tetikleyerek yeryüzünün normalden daha fazla ısınmasına sebep olması durumudur (Türkeş 1997a).

Birleşmiş Milletler, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından ortaya konulan senaryolara göre, küresel olarak sıcaklıkta 2100 yılına kadar sıcaklığın 1 ila 3,5 derecelik artışın olacağı bilinmektedir. Bunun anlamı en iyimser senaryoya göre her on yılda yaklaşık olarak 0,1 derecelik bir artışın olacağı ön görülmektedir. Bunun sonucunda da deniz seviyelerinde yükselmeler, sıcaklık

ve yağış rejimlerinin değişmesinden kaynaklanacak yüksek seviyede afet boyutlarına ulaşacak çok değişik sonuçlar yaşanacaktır.

Afetlerin çeşitleri ve şiddetleri ülkelerden ülkelere değişmektedir. En önemli şiddetli afetlerin yaşandığı Asya ve Amerika kıtalarında kasırga, sel, fırtına, hortum, kuraklık, orman yangınları ve tayfun olayları sık sık yaşanmakta can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Ülkemizde ise en sık görülen meteorolojik doğal afetler ise don, sel, taşkın, orman yangınları, kuraklık, şiddetli yağış, kar ve fırtınalardır.

Uluslar arası ölçekte afet veri tabanı bulunan Afet Araştırma ve Epidemiyoloji Merkezi (CRED) tarafından afet tipine göre doğal afetler sınıflandırması yapmışlardır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Afet tipine göre doğal afetlerin sınıflandırılması (EM-DAT, 2005).

Jeofiziksel	Hidrolojik	Meteorolojik	Klimatolojik	Biyolojik	Dünya Dışı
Deprem	Sel-taşkın	Fırtına	Kuraklık	Hayvan Kazası	Etki
Kütle Hareketi (kuru)	Heyelan	Ekstrem Sıcaklık	Buzul Gölü Patlaması	Salgın	Uzay Havası
Volkanik Aktivite	Dalga Etkisi	Sis	Tahrip Edici Kırsal Yangın	Böcek İstilası	

Yirminci yüzyılda bölgesel ve küresel ölçeklerde sıcaklık artışı bilimsel verilerle ispatlanmıştır. Bu artışın iklim değişikliğine neden olacağı da genel olarak kabul edilmiştir ve kendini hissettirmeye başlamıştır (IPCC, 2001). Yeryüzü güneşten aldığı ve kendisinin uzaya yaydığı enerji bakımından dinamik konumundadır ve yeryüzündeki ısınmaları buna bağlı süreçleri, rüzgar, yağış, buharlaşma, okyanus akıntıları gibi faktörleri bu denge belirlemektedir. Yeryüzünün bu denge konumu değişmektedir güneşten gelen dalgalanmalar iç faktörleri yani volkanik patlamaları da etkilemektedir. Uzun vadeli küresel ısınma eğilimleri, 40°-70°K boylamları arasında ve yüksek rakımlı alanlarda daha

yüksektir. Ülkemiz de bu bölge içinde yer almaktadır. Özellikle Akdeniz bölgesi ülkeleri coğrafi olarak mevcut küresel değişimden en çok etkilenen alanların başında gelmektedir (Cosun vd., 2009).

Bugün dünyanın değişik bölgelerinde hakim olan iklim değişikliği etken faktörleri arasında sıcaklıktan daha çok, büyük ölçekte hava hareketleri bulunmaktadır. Dolayısıyla dünyanın bir çok ülkesinde olduğu gibi Türkiye de meteorolojik olaylardan etkilenmektedir. Atmosfer sıcaklıklarının artması alçak ve yüksek basınç merkezlerini, okyanus akıntılarını etkileyecektir. Basınç türlerinin bölgelerde fazla kalması örneğin, yüksek basıncın fazla kalması kuraklığa alçak basıncın fazla kalması ise yağışın daha çok olmasına neden olacaktır. Okyanus akıntılarının değişimi ise yağış rejimini değiştirecektir. Bazı bölgelerde aşırı yağış sel baskınına neden olacaktır. Türkiye gibi dere kenarına yakın yerlerde yaşamını sürdüren ülkeler sel baskınları sebebiyle can kaybı ve büyük ekonomik kayıp yaşayacaktır.

İklim değişimi hidrolojik döngüyle ve dünyadaki su kaynaklarına ulaşılabilirlikle doğrudan ilişkilidir ve bu sistemin önemi büyüktür. Sera gazlarının atmosferdeki artışının doğal bir sonucu olarak sıcaklık, buharlaşma, hava ve toprak nemindeki ile yağış rejimlerindeki değişimler hidrolojik süreci, su kaynaklarının durumunu, tarım, madencilik ve hidroenerji faaliyetlerini, göllerde ve nehirlerdeki sucul yaşamı ve insanoğlu da dahil karada yaşayan diğer canlıları etkilemektedir. İklim değişikliği yüzeysel sıcaklıklar, buharlaşma, yağış rejimindeki artış ve değişimler bu gibi faktörler küresel hidrolojik döngüyü hızlandırmaktadır.

Yağış miktarındaki sıklık ve artıştaki değişiklikler dere akışlarının miktarını ve sıklığını etkileyecek ve bölgesel ve yerel ölçekte su kaynaklarına etki ederek sel, taşkın ve kuraklık gibi olaylar yaşanacaktır.

Kuraklık, aşırı yağış gibi faktörler su miktarının yanı sıra su kalitesini de bozmaktadır. Kurak aylarda akarsu ve göllerin azalması durumunda noktasal kaynaklardan gelen kirleticilerin sudaki derişimi arttıracaktır. Bu durum da su

kalitesini bozacaktır. Suların sıcak olması sudaki oksijenin azalması anlamına gelir ve su kalitesi parametresinden olan çözünmüş oksijenin düşmesine beraberinde ciddi kirlenme sorunu getirir. Sel bakını sırasında ise örneğin bir baraj gölüne taşınan toprak ve taşınan diğer kirleticiler ile su kalitesinin düşük olduğunun göstergesidir. İklim değişimine bağlı olarak su kalitesinin düşmesi insan sağlığının tehlikeye düşmesiyle beraberinde ekonominin de yükünün artmasına neden olacaktır. Çukurova bölgesinde de yakın zamanda deniz seviyesinde yükselmeye bağlı olarak yeraltına tuzlu su girişiminin yaşanmasına ve su kalitesinde düşüşe neden olacaktır. Ayrıca sıcaklık değerlerinde ki artış sonucunda sudaki oksijen seviyesinde düşüş yaşanacağı ve şiddetli, ani yağışlar sonucu ise su kalitesinin bozulması, parazitel hastalıkların bulaşmasına neden olacaktır.

İklim değişikliği çevre sorunlarının yanı sıra sürdürülebilir kalkınma sorunudur. Bu konuda planlama yapılması ve bunlardan kaynaklanan risklerin yönetilmesi ülkelerin sürdürülebilir kalkınma ve ekonomik büyümeye destek sağlanması anlamına gelir. Toplumun can ve mal güvenliğini sağlamak insanların refah temel ihtiyaçlarından biridir. Bu yüzden toplumun refahını sağlamak sürdürülebilir kalkınmayla mümkündür. Ülkemiz yüksek yaşam kalitesi sunabilmek için karbon seviyesini azaltarak temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını arttırmayı iklim değişikliği politikalarını kalkınma politikalarıyla entegre etmeyi planlamaktadır (Kadıoğlu 2012).

1.2.1. İklim Değişikliğinin Nedenleri

Dünyamızın günümüze kadar ki tarihi süreci boyunca, yaklaşık 4,5 milyarlık bir periyotta iklim sisteminde, tüm zaman ölçeklerinde doğal etmenlerle ve doğal süreçlere bağlı olarak birçok değişim olmuştur. Jeolojik devirlerde ki iklim değişiklikleri, özellikle buzul hareketleri ve deniz seviyesindeki değişimlere bağlı olarak dünya coğrafyasını değiştirmekle kalmamış, ekolojik döngüde de kalıcı değişiklikler meydana getirmiştir. İklim sistemi zamanla, kendi iç

dinamiklerinin etkisinde ve iklim sistemini etkileyen dış etkenlerde ki değişikliklere bağlı olarak gelişme gösterir. Dış etkenler atmosferin yapısını değiştiren her ne kadar insan kaynaklı olsa da volkanik patlamalar, güneş sıcaklığındaki değişmeler de doğal olarak iklim sistemini etkilemektedir. Güneşten gelen kısa dalga radyasyonu dünyada ve atmosferde uzun dalga radyasyonu olarak tutulur; bir kısmı atmosfer ve okyanus hareketleriyle yeryüzüne dağılır ve yer radyasyonu olarak atmosfere geri verilir. Bunun bir kısmı sera gazı olarak soğurulurken bir kısmı da bulutlarca soğurulur ve atmosfere geri salınır. Böylece yer küre ve atmosfer ısınmış olur. Güneşten yayılan radyasyon iklim yapısının gücünü oluşturmaktadır. Yerkürenin radyasyon dengesini etkileyen, dolayısıyla iklimi değiştiren üç temel yol bulunmaktadır:

1. Gelen solar güneş radyasyonundaki değişiklikler (Güneşin kendisindeki ya da Yerkürenin yörüngesindeki değişiklikler)
2. Güneş radyasyonunun yansıtılan kısmındaki değişiklikler (bu kısım albedo olarak adlandırılmaktadır ve bulut örtüsü, aerosoller denilen küçük parçacıklar ya da arazi örtüsündeki değişiklikler)
3. Yerküreden uzaya geri gönderilen uzun dalgalı radyasyondaki değişiklikler (sera gazı salınımlarının atmosferdeki birikimlerine bağlı olarak).

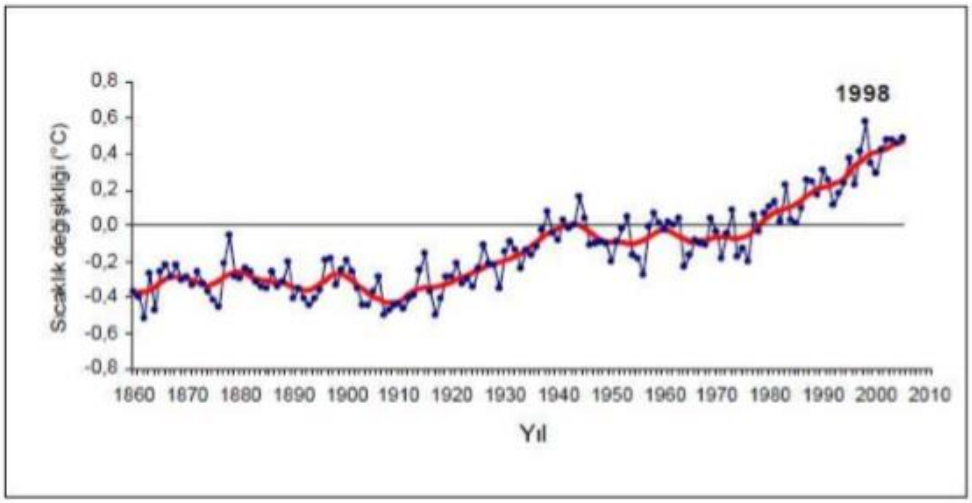
Bunların dışında, okyanus akıntıları, rüzgarlar, yerküre yüzeyi üzerindeki ısı dağılımı oynadıkları rol nedeniyle, iklim üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (http-1, 2019).

Dünyanın sıcaklığı atmosfere giren ve terk eden enerji arasındaki denge durumuna bağlıdır. Güneş ışınlarıyla atmosfere giren enerjinin absorpsiyonu arttıkça dünya ısınmış olur, tam tersi geri yansımayla enerji atmosferde tutulmadan uzaya dönmesi sonucunda ise ısınma önlenmiş olur. Dünyanın enerji dengesinin

değişmesinde doğal ve insan kaynaklı pek çok unsur neden olmaktadır. Sera etkisindeki değişme atmosferde tutulan enerji dalgasının boyutunu, dünya yüzeyinin ve atmosferin yansıtma özelliğindeki değişimleri etkiler (NRC, 2010).

Küresel ısınma sanayi devriminden itibaren, özellikle fosil yakıtların yakılması, tarımsal faaliyetler, ormansızlaşma, sanayi kademeleri gibi insan etkinlikleri ile atmosfere salınan sera gazlarının artışıyla beraber şehirleşmenin katkısıyla beraber doğal sera etkisinin şiddetlenmesi sonucunda yeryüzünde ve atmosferin alt katmanlarında saptanan sıcaklıkların artması' şeklinde tanımlanabilir. Tanımda da belirtildiği gibi insan kaynaklı iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya yol açan sera gazları; fosil yakıtların yakılması enerji ve çevrim gibi, sanayi yani kimyasal süreçler, çimento üretimi enerji ile alakalı, enerji dışı, ulaştırma, tarım arazilerinin kullanımının değişimi, atık yönetimi ve tarımsal (enerji üretimi; çeltik yakma, anız yakma, gübreleme vs. enerji dışı) etkinliklerden kaynaklanır (Türkeş 2008b).

Bu etkilerin en önemlilerinden biri de su kaynakları üzerine olan etkilerdir. Yapılan çalışmalara göre; geçtiğimiz bin yıl göz önünde bulundurulduğunda, son yüzyılda 0,6 ± 0,2 °C artmış ve artmaya devam etmektedir. 1860-2005 yılları arasındaki sıcaklık derişimleri şekil 1.1'de gösterilmiştir.



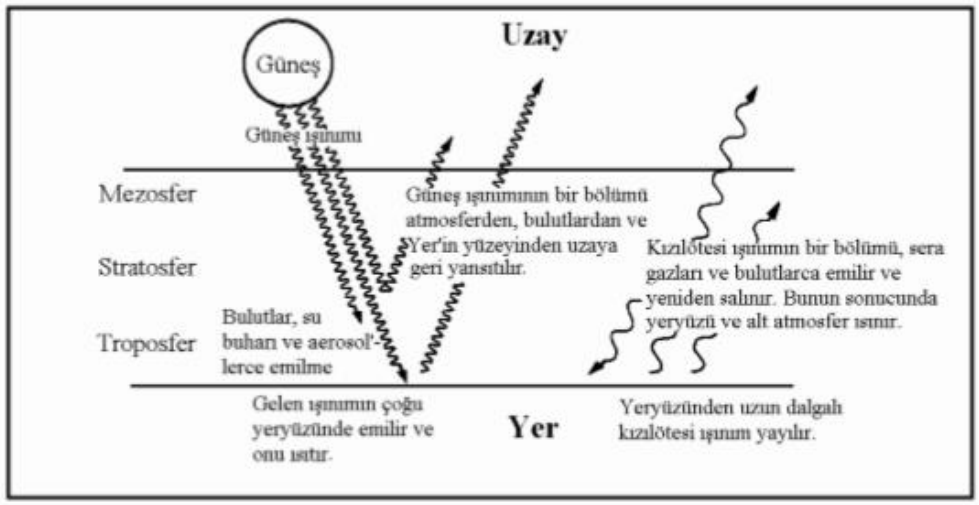
Şekil 1.1. Küresel yıllık ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerinin 1860-2005 dönemindeki değişimleri (Türkeş 2007).

Sıcaklıklardaki değişim, buharlaşmanın artmasına yağış rejiminin değişmesine sebep olduğundan ve bu durum su döngüsünü etkilediğinden mevcut su kaynaklarını, sucul ekosistemleri, endüstriyel, tarımsal faaliyetleri ve yaşamsal faaliyetlerini sürdürmek için suya ihtiyacı olan tüm canlı türlerini etkilemektedir.

1.2.2. Sera Gazları ve Derişimlerindeki Zamansal Değişimler

Yeryüzündeki tüm yaşamsal olaylar için vazgeçilmez bir ortam olan atmosfer birçok gazın birleşiminden oluşur. Atmosferi oluşturan bu ana gazlar azot (%78.08) ve oksijendir (%20.95) küçük bir miktara sahip olan üçüncü diğer gaz ise karbondioksittir (%0.93) atmosferdeki miktarları çok az olan diğer gazlar ise atmosferin kalan kısmını oluşturur. İklim sistemi için önemli olan doğal unsurların başında sera etkisi gelmektedir. Yeryüzünde ve atmosferde tutulan ısı enerjisi, atmosfer ve okyanus dolaşımıyla yeryüzüne yayılır ve uzun dalgalı yer radyasyonu olarak atmosfere geri gider. Bunun bir kısmını bulutlarca ve sera gazlarınca su buharı (H_2O), karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazotmonoksit (N_2O), ozon (O_3), vb. gazlarla atmosferden soğurularak geri salınır. Bu sayede atmosfer ve

yerküre yüzeyi ısınmış olur. Yerkürenin beklenenden fazla ısınmasını ve ısı etkisinin düzenlenmesini sağlayan bu sürece doğal sera etkisi denir.



Şekil 1.2. Sera etkisinin şematik gösterimi (WHO, 1996; Türkeş, vd., 1999a).

Sera etkisi olarak tanımlanan ve yüz milyonlarca yıldan beri yerküremizin ısı dengesini düzenleyen bu doğal süreç, yerküremizde bu sürecin olmadığı ortam koşullarında 33 ^{o}C sıcaklık ortalama sıcaklığa sahip olacaktır. Başka bir ifadeyle sera gazları olmasaydı günümüz yerküre sıcaklığı 15 ^{o}C'den -18 ^{o}C sıcaklığa sahip olacaktı (IPCC AR4, 2008).

Atmosferde insan kaynaklı sera gazı birikimi sanayi devrimiyle birlikte artışı devam etmektedir. Karbondioksit, metan, azotdioksit birikimleri yaklaşık 1750 yılından bu yana %30, %145, %15 oranlarında artış olmuştur. CO_2 salınımlarındaki antropojen kaynaklı artışların şimdiki hızıyla sürdürülmesi durumunda, sanayi öncesi dönemde yaklaşık 280 ppmv, 1994'de 358 ppmv olan CO_2 birikiminin 21. yüzyılın sonuna kadar 500 ppmv'ye ulaşacağı öngörülmektedir (IPCC, 1996a). Sera etkisinin artışından kaynaklanabilecek küresel ısınmasının büyüklüğü, sera gazlarının birikimlerinin artışının boyutuyla, gazların ışınımsal

yapılarıyla, atmosferin yaşam süreleriyle ve atmosferde var olan diğer gazların birikimleriyle bağlantılıdır.

Çizelge 1.2. Sera gazları değişim oranları (IPCC 5., 2013).

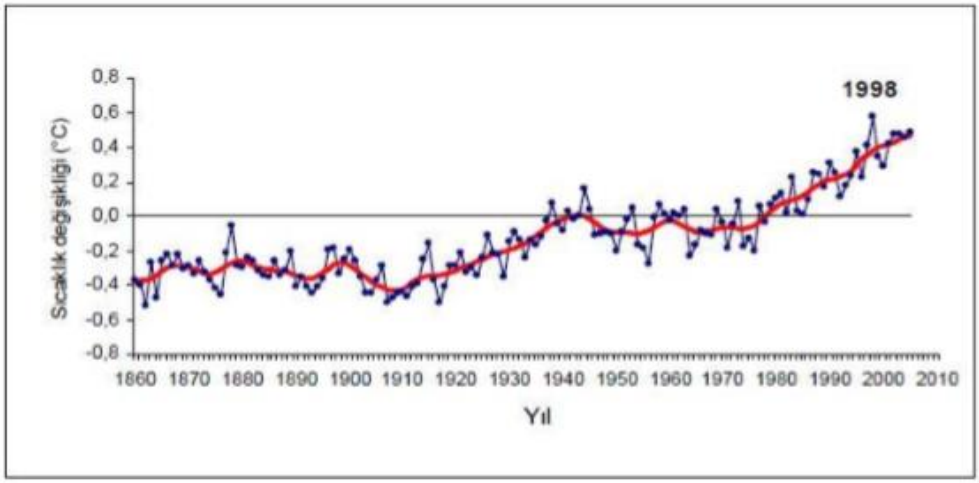
Sera Gazları	2011 Yılı Seviyeleri	Sanayi Devrimi Öncesine Göre Değişim Oranı
CO_2	391 ppm	%40
CH_4	1803 ppm	%150
N_2O	324 ppm	%20

Sera gazlarının en önemli kaynakları fosil ve biokütle yakıtlarının yakılması sonucu oluşan gazlardır. Metan gazı kaynakları da katı atık depolama sahaları ve tarım kaynaklı, çimento üretimi ise karbondioksit emisyonu kaynağıdır. Gübre kullanımı ve naylon yapımı diazotmonoksit ve buzdolabı ile klimalar da florine kaynaklı sera gazı salınımını arttırmaktadır. Tarım amaçlı arazilerin açılması ormanların tahrip edilmesi nedeniyle, CO_2' i tutan ve depolayan ağaç ve bitki gibi yapıların azalmasını meydana getirir.

1.2.3. Sıcaklık Artışının Zamansal Değişimi

Gerçekte küresel olarak sıcaklık, dünya yüzeyinde ısınma eğilimi coğrafi olarak eşit dağılım göstermemiştir ve bölgesel farklılıklar belirgindir. 1998 yılı, hem kuzey ve güney yarımküreler için hem de küresel olarak hesaplanan yıllık ortalama yüzey sıcaklıkları dikkate alındığında, güvenilir aletli gözlemlerin başladığı 1860 yılından beri yaşanan en sıcak yıl olmuştur. Başka ifadelerle, küresel ısınma 1998 yılında, hem küresel hem de yarım küresel olarak yüksek bir yeni sıcaklık rekoru daha kırmış şeklindedir. 1961-1990 klimatolojik anomalileri ile karşılaştırıldığındaki bu dönemin kendisi sıcak bir devreye karşılık gelmektedir, 1998'de Yerküre'nin yüzeye yakın yıllık ortalama sıcaklığının normalden 0.57 ^{0}C daha sıcak olduğu hesaplanmıştır (WMO, 1999).

Küresel sıcaklıklar 1861 yılından itibaren kayıt altına alınmaktadır. Bu yıllardan önceki sıcaklık değerleri ise ağaç halkalarından, buz tabaklarında ve deniz seviyesinde çeşitli ölçümler yapılarak belirlenmiştir. Bu ölçümler sonucunda dünyamızın 4 milyar yıldır belli sıcaklık ve soğuma dönemleri yaşadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 1.3. Küresel yıllık ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerinin 1860-2005 dönemindeki değişimleri (Türkeş 2007).

1950-1993 yılları arasında her 10 yılda ortalama maksimum gündüz ve gece hava sıcaklıkları 0.2 ^{o}C artmıştır. Birçok orta ve yüksek enlemlerde donsuz mevsimin artması artan sıcaklığın sonucu olarak görülmektedir. Bu dönemlerdeki su sıcaklığı yeryüzü sıcaklığının yarısı kadardır. Son yıllarda endüstrinin aşırı şekilde gelişmesi, fosil yakıt kullanımının artışı CO_2 salınımını arttırarak geçmişin 120 yıllık döneminde meydana gelen sıcaklık artışı günümüzdeki 20 yıllık sıcaklık artışına eşdeğer duruma gelmiştir (IPCC, 2001). 1860 ila 1980 yılları ve 1980 ila 2000 yılları arasında gerçekleşen küresel sıcaklık değerleri aynı 0.4 ^{o}C olması insan faaliyetlerin artarak iklim üzerinde olumsuz etkiler gösterdiğinin işaretidir.

Açıklanan nedenlere göre Türkiye küresel ısınmanın potansiyel etkilerinin görüldüğü risk grubu ülkelerden biridir. Türkiye' de göze çarpan değişikliklerin en başında gelen yaz sıcaklıklarındaki artıştır. Yaz sıcaklığı en fazla batı ve güneybatı bölgelerinde artış göstermeye başlamıştır. Bunun yanı sıra son 50 yılda kış mevsiminde Türkiye'nin batı kısmına düşen yağış miktarı önemli miktarda azalma göstermiştir.

1.3. Dünya İkliminde Gözlenen Değişiklikler ve Olası Etkiler

Yerküre ortalama sıcaklık değeri 15 ^{o}C'ye yaklaştığı zamandan itibaren doğal etkenler ile süreklilik gösteren dinamik bir yapıya sahiptir. Belirli periyotlar halinde doğal dinamikler sebebi ile sıcak ve soğuk dönemler birbirini takip ederek tekrarlanmakta; sıcak ve soğuk dönemlerde küçük dalgalanmalar görülmektedir. Soğuk ve sıcak dönemleri arasında sıcaklık değerleri +3 ila -6 ^{o}C aralığında olduğu saptanmaktadır. İçsel kuvvetlerin başında dünyanın eksen eğikliği ve yörüngesi yer almaktadır (Kump vd., 2009).

Temel olarak insan faaliyetleri sonucunda atmosferin bileşiminde ortaya çıkan önemli değişiklikler sonucunda yüzey sıcaklıklarında 19. yüzyılın sonuna doğru 1980 yılların başında başlayan ısınma belirginleşerek hemen her yıl bir önceki seneye göre artarak küresel sıcaklık rekorları kırmaktadır (IPCC, 2001, 2007; Türkeş 2001, 2008ab, 2012a). İklim değişikliğinin sınırlandırılması, sera gazlarının azaltılması ve sınırlandırılmasını gerektirecektir. 20. yüzyıldaki sıcaklıklardaki görülen ısınma bin yılın herhangi bir dönemindeki artıştan daha büyüktür. Atmosferin en alt katmandaki 8 km lik bölümündeki sıcaklık son 40 yıllık dönemde artmıştır. Orta enlem ve kutupsal kar örtüsü, kutupsal kar ve deniz buzları ile orta enlemlerin dağ buzulları 20. yüzyılda azalmıştır. 20. yüzyılda küresel ortalama deniz seviyesi yaklaşık 0.17 m (0.12-0.22 m arasında) yükseliş göstermiş ve okyanus ısınmaları artış göstermiştir (IPCC, 2001a, 2007).

1998 yılı aşırı hava olayları ve iklimle alakalı olarak önemli bir yere sahiptir. Bu yıl en sıcak yıl olmasının yanı sıra bu yılda daha önceki yıllara göre hiç görülmeyecek kadar çok ve etkili doğal afetler yaşanmıştır. 240 kuvvetli fırtına, 170 taşkın ve 190 orman yangını, sıcak ve soğuk hava dalgaları, çok sayıda kuraklık olayı bunlara örnek olarak verilebilir.

1990'lı yıllarda yaşanan bazı doğal afetlerden örnekler;

4-10 Ocak 1998, Kanada/ABD: Kanada sigortacılık sektörü için yıl rekor düzeyde kayıp yaşanmıştır. Kanada'nın doğusunda birkaç gün süren buz fırtınası aşırı soğu, yağan yağmurun soğukta donması sonucu buzun 10 cm kalınlığa ulaşmasına neden oldu. Bu olay Kanada'nın sigortacılık sektörü açısından büyük kayıplara sebebiyet vermiştir. Kanada tarihin en pahalı afeti olarak değerlendirilmiştir. Bu afet sırasında başta ABD gelmek üzere enerji sistemlerini zarara uğratmıştır.

15-16 Mayıs 1998, ABD: Minneapolis bölgesinde oluşan dolu fırtınası yerleşim alanlarının ve birçok sanayi kuruluşunun zarar görmesine, çok sayıda aracın zarar görmesine sebep olmuştur. Aradan aylara sonra bile oluşan hasarın bilançosu tam olarak doğru bir şekilde çıkarılamamıştır. Bu dolu afeti ABD' denin sigortacılık tarihinin en pahalı afet olayı olarak değerlendirilmiştir.

Mayıs ve Eylül 1998, Çin: Yang-Çe Nehri boyunca çok geniş yerler aylarca sular altında kaldı. 10 milyon insan bu bölgeden uzaklaştırılmasına ve etkin koruma önlemlerine rağmen, bölgede hasarlar büyük afetler boyutuna ulaşmıştır. Taşkınlar sonucunda ortalama 3600 kişi hayatını yitirdi; 22 milyon ev yıkıldı ve milyonlarca insan evsiz kaldı.

9-10 Haziran 1998, Hindistan: O3A siklonu yani tropikal kuşak okyanuslarında oluşan çok yıkıcı bir fırtına ya da alçak basınç, saatte 190 km ye ulaşan rüzgarlarla birlikte, Hindistan'ın batı eyaletlerinden birinde devam etmekte olan iki petrol rafinerisini, altı rüzgar tarlasını ve bir tuz üretim kuruluşunu yok etmiştir.

10 Temmuz-30 Eylül 1998, Bangladeş, Hindistan ve Nepal: Kuvvetli muson yağmurları özellikle son 20-30 yılın en yıkıcı taşkınlarına sebep olmuştur. Bu taşkınlar sonucunda bölgede temiz içme suyu, yeterli gıda ve sağlıklı ortam koşulları sağlanamadığından salgın hastalıklar baş göstermeye başlamıştır. Afetlerden etkilenen bölgelerdeki ekonomik hasarlar yıllık gayri safi milli hasılanın yaklaşık %10 unu oluşturmaktadır.

15 Eylül-1 Ekim 1998, Karayipler ve ABD: Georgis kasırgası kendilerine verilen özel isimler dışında, Karayip Denizi, Meksika Körfezi ve orta Atlantik bölgelerindeki siklonlara ve fırtınalara siklon adı verilmektedir. Bu kasırga Puerto Rico, Hispaniola, Küba ve ABD'nin Florida vs. gibi eyaletlerini yıkıma uğratmıştır. Bu fırtına Karayip bölgesini uğrattığı hasar sebebiyle rekor kırmıştır.

22 Ekim-5 Kasım 1998, Orta Amerika: Mitch kasırgası yaklaşık 10000 insanın ölümüne yüzbinlerce kişinin ölümüne neden olmuştur. Kasırgadan etkilenen bölgeler ekonomik kalkınma açısından çok büyük sıkıntılarla karşı karşıya kalmıştır, sosyoekonomik durumun karşılanması ve kalkınmanın yeniden başlatılması için uzun zamanlara ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir (Türkeş 1998c, 1999).

Günümüze baktığımızda 2018' deki en çok zarar veren afetler ise; Ekim'de ABD' deki Camp Fire (Kamp ateşi), Japonya'daki aşırı yağışlar sel felaketlerine , Hindistan Kerala eyaletinde yaz sezonu musonları ile beraber gelen sel, Kuzey ve Orta Avrupa yaz boyunca yaşanan kuraklık ve kuraklığın çoğu tarımda olmak üzere yaşanılan afetler sonucu hasarlar için ABD doları ödemeler rekor kırarak tarihteki en maliyetli yıllar olarak kayıtlara geçmiştir (http-2 2019).

1.4. Türkiye İkliminde Gözlenen Değişiklikler ve Olası Etkiler

Ülkemiz geniş coğrafyaya ve farklı iklimsel bölgelere sahiptir. Türkiye karmaşık iklim yapısına sahip olduğundan dolayı küresel iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkelerden birisidir. Türkiye'nin farklı bölgeleri farklı bir biçimde

iklim değişikliğinden etkilenecektir. Örneğin sıcaklık artışından yarı kurak ve kurak bölgelerle yarı nemli bölgeler, yeterli suya sahip olmayan yerler etkilenecektir. 1970'li ila 1990'lı yılların başı arasındaki kurak koşullardan en fazla, Güney Doğu, Akdeniz, İç Anadolu ve Ege bölgeleri etkilenmiştir (Türkeş 1998).

Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği yalınız küresel değildir ve bunlarla da sınırlandırılamaz. Örneğin gelecekte dünyanın bazı bölgelerinde aşırı yağış, kasırgalar ve bunlara bağlı taşkınlar ve seller gibi meteorolojik afetlerin şiddetinde ve sıklıklarında artış yaşanırken, bazı bölgelerde de aşırı ve şiddetli kuraklık, bunlarla ilişkili çölleşme olayları etkili olacaktır. Türkiye, küresel ısınmanın özellikle su kaynaklarının zayıflaması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı bozulmalar gibi etkenlerin olumsuz yönlerinden etkilenecektir ve küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeleri arasındadır.

Kış mevsiminde yağışlar dikkate alındığında kuraklığın en şiddetli ve geniş alanlara yayılışlı olanlarının 1973, 1974, 1983, 1989, 1990 ve 2001 yıllarında oluştuğu görülür. Bu yıllarda oluşan yağışlar uzun süreli ve ortalamanın altında meteorolojik kuraklıkların bir sonucuna bağlı olarak Türkiye'de tarımsal ve hidrolojik kuraklıklar ortaya çıkmıştır. Su eksikliği ve sıkıntısı, sadece tarım ve enerji üretimi açısından değil, sulamayı, içme suyunu, diğer hidrolojik çevrimi ve sistemleri içeren su kaynakları yönetimi açısından da kritik bir noktaya ulaşmıştır. Diğer yandan karasal yağışa sahip iç bölgelerdeki bazı yerlerde ilkbahar ve yaz yağışlarında ve yıllık kuraklık indislerinde ise bir artış eğilimi, diğer bir ifadeyle daha nemli koşullara doğru bir gidiş gözlenmiştir. Türkiye'nin karasal iç bölümü, doğu bölümü ve güneydoğu Anadolu bölgesi iklim faktörleri ve bitki örtüleri de dikkate alınırsa çölleşmeye eğilimli araziler olarak değerlendirilebilir (Türkeş vd., 2003, 2005, 2006). Çalışmalarının sonucunda Doğu Akdeniz Havzası'nın ve Türkiye'nin yıllık ve özellikle kış yağışlarında gözlenen önemli azalma eğilimlerini, bu bölgede egemen olan cephesel orta enlem ve Akdeniz basınçlarının

özellikle kışın gözlenen azalma ile yüksek basınç koşullarında gözlenen artışlarla ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerindeki yağışlar normale ve geçen yıla göre oranı %20'nin üzerinde azalma göstermiştir (Çizelge 1.3). En fazla azalma güneydoğu bölgesinde görülürken, normallere göre de Marmara bölgesi normalin üzerinde diğer bölgeler ise normalin altında yağış göstermiştir. Ülkemiz 2017 yılında ise 506,6 mm yağış alarak yağışlar normalin %11,7, geçen yıl yağışından da %15,2 daha az gerçekleşme göstermiştir.

Çizelge 1.3. Bölgelere göre yağış dağılımı ve geçmiş dönem karşılaştırmaları (MGM, 2017).

Bölgelerimizin Yağış Durumları (01 Ocak 2017- 30 Aralık 2017)					
Bölge	Yağış 2017 (mm)	Normali 1981,2010 (mm)	Geçen Yıl 2016 (mm)	Normale Göre (mm)	Geçen Yıla Göre (mm)
TÜRKİYE GENELİ	506,6	574,0	597,6	-11,7 Azalma	-15,2 Azalma
Marmara	686,5	659,2	646,6	4,1 Artma	6,2 Artma
Ege	592,9	595,3	555,5	-0,4 Azalma	6,7 Artma
Akdeniz	590,9	663,7	559,3	-11,0 Azalma	5,6 Artma
İç Anadolu	359,8	407,8	436,5	-11,8 Azalma	-17,6 Azalma
Karadeniz	637,7	698,0	882,6	-8,6 Azalma	-27,7 Azalma
Doğu Anadolu	428,8	565,2	583,6	24,1 Azalma	-26,5 Azalma
Güneydoğu Anadolu	363,8	549,1	509,9	-33,7 Azalma	-28,7 Azalma

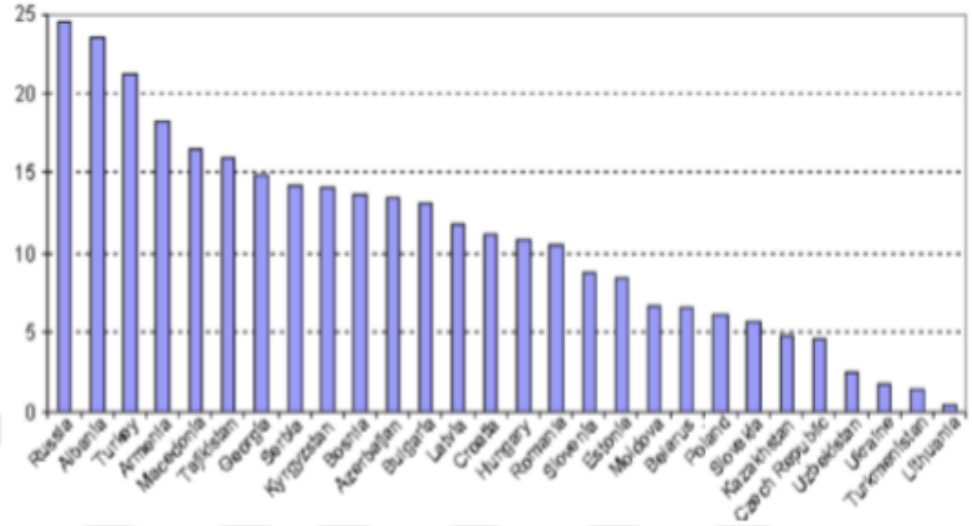
Türkiye' de ki şiddetli ve geniş bölgeli kış kuraklıklarının önemli bir bölümü Azorlar bölgesinde subtropikal yüksek basınç ile Grönland ve İzlanda üzerinde orta enlem alçak basıncı arasındaki geniş ölçekli atmosferik basınç dalgalanması olarak tanımlanan Kuzey Atlantik Salınımı (NOA) kuvvetli pozitif anomali indisi dönemlerine karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Türkiye Ulusal Deniz

Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) kapsamında 4 mareograf istasyonunun 18-19 yıllık deniz seviyelerindeki değerlerin değişimleri izlenmiş ve bu istasyonların hepsinde de lokal yani bağıl 3-10 mm/yıl oranında deniz seviyesi yükselme trendi bulunmuştur (Yıldız vd., 2003).

Türkiye'nin batı illerindeki kış yağışları son 50 yılda azalım göstermiştir. Diğer yandan İç Anadolu'nun kuzey taraflarında yağış artış göstermiştir. 1951 ve 2004 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklık değerleri için Mann-Kendall trend analizi uygulanmış ve yaz sıcaklıklarında artış olacağı belirlenmiştir. Türkiye'nin batı ve güney batı kısımlarında yaz sıcaklıklarında artış belirlenmiştir (Ezber vd., 2006). Kentsel ısı adası çalışmaları kentleşmeye bağlı sıcaklığın en çok Akdeniz illerinde bölge yüksek basınca girdiğinde yaşanacağı belirlenmiştir (Ezber vd., 2006). Bu yüzden ülkenin batı kesimde ki yaygın artışın yaşanmasının sebebi olarak da görülmektedir. Türkiye' de kış sıcaklıklarında genel bir düşüş olduğu belirlenmiştir. En önemli düşüşler ise kıyı istasyonlarında yaşanacağı belirlenmiştir. Mevsim değişikliklerinde önemli eğilimlerde bulunan istasyonların genellikle yapısı itibariyle nadir olup tutarlı bir bölgesel davranış göstermediği bildirilmiştir.

IPCC AR4 raporunda Akdeniz havzasında sıcaklık artışının 1-2 ^{o}C'ye ulaşacağı, kuraklığın geniş alanlarda hissedileceği ve iç kesimlerde özellikle sıcak hava dalgalarının ve aşırı sıcak günlerin sayısının artacağı belirtilmektedir. Türkiye' de ise yıllık ortalama sıcaklığın 2,5-4 ^{o}C'ye ulaşacağı Ege ve Doğu Anadolu bölgelerinde 4 ^{o}C, İç Anadolu bölgesinde ise 5 ^{o}C'yi bulacağı tahmin edilmektedir. Gerek IPCC raporu gerek model çalışmalarına göre Türkiye'nin yakın gelecekte aşırı sıcak, aşırı kurak ve şiddetli yağışlar açısından belirsiz bir iklim yapısına sahip olunacağını ortaya konmuştur.

Dünya Bankası (2009) tarafından yayınlanan rapora göre Türkiye, 21. yüzyılın sonlarına doğru Avrupa ve Orta Asya Bölgesinde ekstrem iklim olaylarına en çok maruz kalacak 3. ülke olacaktır (Dünya Bankası Raporu, 2010).



Şekil 1.4. Yüzyılın sonuna doğru Avrupa ve Orta Asya bölgesindeki ülkelerin beklenen aşırı iklim olaylarına maruz kalma sıraları (Baetting vd., 2007).

1.5. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi

Küresel boyutta su sıkıntısı değerlendirmeleri, su kullanımı ile ilgili verilerin genellikle var olan bir alan olduğu için, ülke çapında yapılmaktadır. 1990 yıllında dünya nüfusunun yaklaşık üçte biri, su kaynaklarının %20' sinden fazlasını kullanan ülkelerde yaşıyordu. 2025 yıllarına kadar ise daha büyük bir toplamın %60'ı ise, iklim değişmesi olmaksızın su sıkıntısı çeken ülkelerde yaşıyor olacaktır (WMO, 1997).

Dünyanın çok sayıda önemli türlerin rezervuarı olan sulak alanlar dünyadaki tüm türlerin %40'ını, hayvan türlerininse %12'sini barındırmanın yanı sıra taşkın kontrolü, yeraltı sularının beslenmesi, kıyı çizgisinin korunması, fırtınalardan koruma, besin depolama, iklim değişikliğinin kontrolü, su arıtımı gibi birçok faktörün yanında, sulak alan ürünleri, dinlenme ve turizm gibi birçok değeri barındırmaktadır (WWF, 2008). Var olan büyüme hızı, su tüketim alışkanlıkları su tüketimi üzerinde baskı oluşturmaktadır.

1.5.1. Dünya'daki Su Kaynaklarının Mevcut Durumu

Yerküre üzerinde yer alan su kaynakları dünya yüzey alanın üçte ikisinden fazlasını kaplamaktadır. Dünyada yer alan su kaynakları dağılımı litosfer üzerinde bulunan ve karasal yüzeyi oluşturan kıtalara göre bakıldığında, Asya Kıtası'nın dünya tatlı su kaynaklarının en büyük kısmı olan % 36'sına tek başına sahip olduğu anlaşılmaktadır. Kıtaların yüz ölçümleri dikkate alındığında en büyük ikinci kıta olan Afrika Kıtası dünya tatlı su kaynaklarının % 11'ine sahip olduğu ve tatlı su kaynakları için sıralamada ancak dördüncü sırada yer aldığı belirlenmiştir. Aynı şekilde dördüncü sırada yer alan Güney Amerika Kıtası ise su kaynakları açısından değerlendirildiğinde ikinci sırada yer aldığı görülmektedir.

Dünyadaki toplam su miktarı yaklaşık 1,4 milyar km^3 olup, bu suyun 1,3 milyar km^3'ü yani %97,5'i tuzlu su, 0,035 milyar km^3'ü %2,5 ise tatlı su kaynaklarından oluşmaktadır. Tatlı suların %97'si yeraltı sularından oluşur (Çizelge 2.1). Dünyadaki toplam suyun yaklaşık 500.000 km^3'ü ise denizlerde ve toprak yüzeyinde her yıl meydana gelen buharlaşmalarla atmosfere geri dönmekte ve hidrolojik çevrimle yağış olarak tekrar yeryüzüne düşmektedir. Yeryüzüne düşen yağış yılda 110.000 km^3'tür bunun 42.700 km^3'ü yüzeysel akışla beraber nehirlere oradan denizlere ve kapalı havzalardaki göllere ulaşır (Şahin 2013).

Çizelge 1.4. Yerküre üzerinde su kaynakları dağılımı (Gleick 1996).

SU KAYNAKLARI		
Tuzlu Su Kaynakları	Miktar (m^3)	Yüzde (%)
Deniz ve Okyanuslar	321.000.000	96,55
Yeraltı Suları	3.088.000	0,93
Göller	2.049	0,0006
Tatlı Su Kaynakları	Miktar (m^3)	Yüzde (%)
Buzullar ve Kalıcı Kar	5.773.000	1,74
Yeraltı Suları	2.526.000	0,76
Göller	2.183	0,0007
Nehirler	509	0,0002
Atmosfer Toprak Nemi ve Sürekli Donuk Toprak	79.024	0,02
Genel Toplam	332.470.765	100,00

İklim değişikliği pek çok fiziksel etki yarattığı gibi, bu etkilerin doğurduğu sonuçlarla toplumların su kullanma alışkanlıklarını da etkilemiştir. Dünya tarihinde su egemen güçlerin kontrolü altında tutulmaya çalışılmıştır. Devletin egemenliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için su kontrolünün ayrı bir önemi bulunmaktadır. Bu sebeple günümüz devlet yönetimi içinde su yönetimi, stratejik bir alan olup, devletler bu alanda yatırımlarına devam etmektedir. Örneğin, Örneğin, ABD ile Meksika'nın sularını paylaştığı Colorado nehri bu nehirlerinin sularının paylaşımı üzerine yapılan antlaşmada ABD, Meksika'ya vereceği suyun miktarını iklim şartlarına bağlamıştır. Colorado Nehriyle Meksika'ya verilecek su miktarı kuraklık şiddetine göre azaltılacaktır. Yoksa şiddetli bir kuraklıkta 500 metreküp/saniye gibi baraj ve nehirde olmayan veya

barajların işletilmesini tehlikeye sokabilecek sabit miktarda bir suyu bulup vermek gibi bir problemle karşı karşıya kalabilirler (Kadıoğlu 2008).

1.5.2. Türkiye' deki Su Kaynaklarının Mevcut Durumu

Türkiye'nin yüzölçümünün %1,6'sını yüzey sularından oluşur ve nehirlerin çoğu ülkeyi çevreleyen denizlere dökülmektedir. Ülkemiz için su enerji ve tarımsal açıdan son derece önemlidir. Su potansiyeli dört ana sektör arasında içme ve kullanma suyu, sanayi suyu, sulama suyu ve ekosistem hizmetleri ihtiyacı şeklinde dağılmaktadır. Türkiye'de 906 000 hektarlık bir alanı kaplayan 200 tane doğal göle ek olarak 380 000 hektara karşılık gelen baraj gölleri bulunmaktadır.

Türkiye ye yılda 501 milyar m^3 yağış düşmekte, bunun %37'sine karşılık gelen 186 milyar m^3'ü akışa geçerek, 95 km^3'ü ekonomik olarak kullanılabilir duruma gelmektedir. Yılda ülkeye düşen yağış ortalama 630-643 mm ye karşılık gelen yenilenebilir su potansiyeli 234 km^3 olup, bunun 41 km^3'ü yeraltı suları, 193 km^3'ü ise akarsulardan oluşmaktadır. Türkiye'de çeşitli amaçlara yönelik kullanımlarda tüketilebilir yerüstü ve yer altı suyu miktarı, akarsulardan 95 km^3'ü yurt içinden, komşu ülkelerden gelen ise 3 km^3 olmak üzere yılda ortalama toplam 98 km^3 yerüstü ve 12 milyar m^3 yer altı suyu olmak üzere toplam 110 milyar m^3 olarak belirlenmiştir. 2000 yılında belirlenen nüfusa göre kişi başına düşen yenilenebilir su potansiyeli, yaklaşık 3.500 m^3'tür. Dünya ortalaması olan 7.600 m^3'ün yaklaşık yarısına karşılık gelen bu değer nedeniyle su sıkıntısı çeken ülkeler arasında sayılmaktadır. Türkiye'de kişi başına su potansiyeli 1519 m^3/yıl civarındadır. Türkiye'de tüketilen tarımsal sulamada kullanılan suyun %74'ü , içme ve kullanmada %16'sı, %10'u ise sanayide kullanılmaktadır (Hekimoğlu vd., 2008).

Sulama ve enerji amaçlı ülkemizde çok sayıda su yapısı inşa edilmiş olup bu su yapılarının amaçlarına uygun faaliyet gösterebilmesi, ancak yeterli miktarda yağışın düşmesi ile mümkündür. Ülkemizin çoğunluğu ise yarı kurak iklime

sahiptir. Meteorolojik faktörlerdeki değişiklikler birbirinden bağımsız olmadığından sıcaklıktaki artış kendini buharlaşmada da artma olarak hemen gösterecektir. Toprak su içeriğindeki azalma ve kuraklığı beraberinde getirecektir. Yağış rejimi ve dağılımı bölgelere göre farklılık göstermektedir. Su kaynaklarının ekonomik olarak değerlendirilmesini sınırlandıran en önemli faktörler düzensiz akım ve yağış şartlarıdır. Şu andaki iklim şartları devam ederse IPCC Türkiye'yi gelecekte ciddi biçimde su sorunu yaşayacak ülkeler sınıfına sokmuştur (IPCC 2007). Türkiye'nin, Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan en büyük doğal gölü olan Van Gölü, 374 000 hektarlık bir alanı kaplamaktadır. Tuzlu ve sığ göllerin çoğu Orta Anadolu Bölgesinde yer alır bunlar arasında 128 000 hektarlık bir alanı kaplayan Türkiye'nin ikinci büyük gölü olan Tuz Gölü de yer almaktadır (Şahin 2013).

Türkiye hidrolojik havzaları su potansiyelleri ve havzaların yüz ölçümleri incelendiği zaman havza yüz ölçümleri ile beslenim arasında doğrudan bir ilişki olmadığı anlaşılmaktadır. Yüz ölçümü açısından Türkiye'nin en büyük ikinci havzası olan Kızılırmak Havzası, brüt su potansiyeli açısından on birinci sırada yer alırken, yüz ölçümü açısında en büyük dördüncü havza olan Dicle Havzası Türkiye brüt su potansiyelinin % 11,46'sını tek başına oluşturarak, Fırat Havzası'ndan sonra ikinci havza olarak karşımıza çıkmaktadır (Köle 2012).

1.6. Küresel İklim Değişikliğinin Potansiyel Etkileri

Küresel iklim değişikliğinin, küresel ve bölgesel boyutta bir takım etkilerinin ortaya çıkacağı bilinmektedir. Küresel iklim değişikliğinin tarımda ürün kayıpları, sulama problemleri, temiz su kaynaklarında rekabet, kalitesinde düşüş, deniz seviyesi yükselmesinde kıyı erezyonu, verimli toprakların yok olması, tuzlu su girişim, insan sağlığında salgın hastalıklar, hava kalitesinde düşüş ve bio çeşitlilik üzerinde önemli etkileri olacaktır. Bununla beraber, küresel iklim

değişikliğinin sosyal ve ekonomik yaşamda bir takım zincirleme etkilerin olması da beklenmektedir.

1.6.1. Sektörel Olarak Su Kirliliği

İnsanlar suyu sadece fizyolojik bir gereksinim olarak kullanmamakta, toplumsal, ekonomik, kültürel ve yaşamın her alanında çok yönlü olarak kullanmaktadır. Günümüzde suyun kullanıldığı yerler tarım, sanayi ve kentsel alanlardır. Dünya genelinde sosyal ve ekonomik gelişmeye eş olarak evde, sanayide ve tarım alanlarında suya fazla miktarda gereksinim duyulmaktadır. Üretim için kullanılan su miktarı artmış ve su kullanımına doğrudan bağlı hale gelmiştir. İklimin etkisiyle kuru olan bölgeler, yağışlı bölgelere göre su gereksinimine daha fazla ihtiyaç duymaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ve sanayileşmiş ülkelerde de su ihtiyacı farklılıklar göstermektedir.

Sanayinin kurulabilmesi ve gelişmesi için su son derece önemli olan enerji üretiminin de kaynağıdır. Yüzey sularını kontrol etme çabaları hız kazanmıştır. İklim değişikliği nedeniyle su kaynaklarında yaşanan sıkıntılar nedeniyle suların paylaşımı ve kullanımı konusu dünya politikasında daha çok gündeme gelmeye başlamıştır. Suyun kullanım alanının artmasına paralel olarak suyun kirlenme sıklığı da arttığından su kirliliği bütün ülkeleri tehdit eden bir sorun haline gelmiştir. Su kaynaklarının yapay olarak kirlenmesi, kentsel, sanayi ve tarım aktivitelerinden kaynaklanan kirlikler şeklinde sınıflandırılabilir. Çarpık kentleşme, tarımda aşırı gübreleme ve deniz taşımacılığında oluşan kazalar suların kirlenmesinde önemli bir etkendir. Bunun dışında asit yağmurları, foseptik ve çöplüklerden sızan atıkların sulara karışması su kalitesini tehdit eden unsurlardandır (Yıldız vd., 2005).

Türkiye gibi ülkelerde su kalitesinin bozulmasının başlıca nedeni hızlı kentleşme ve sanayileşmedir. Tarımdan kaynaklanan çeşitli kalıntılar, erozyona neden olan yanlış tarımsal uygulamalar ve ormansızlaşma suları kirleten diğer

faktörledir. Dünyada su kirliliğinin fazla olmasına rağmen suların iyileştirilmesi düşüncesi hakimdir. Tatlı suların kullanma için hijyen, teknik, estetik ve politik kriterlere göre sınır değerleri bulunmaktadır. Bu yüzden mevcut suların kalitesini artırmak bir yana, içinde bulunduğumuz sosyal ve ekonomik yapı, teknolojik faaliyetlerin artmasıyla da onların kalitesini daha da kötüleştirmektedir (Kılıç 2008).

1.6.2. Uluslararası Alanda Gelişmeler

Birçok ülke için günümüzde su kaynaklarının yetersizliği, temel sorunların başını çekmektedir. Ayrıca suyun önemli bir bölümü de ekosistemlerin devamlılığı için gereklidir. Dünyada birçok canlı bu yetersizlik nedeniyle biyolojik ihtiyacı için gerekli olan suyu dahi bulamamakta ya da suya oldukça zor şartlarda ulaşmaktadır. BM eski genel sekreteri suyun önemine dikkati çekmek için Orta Doğu'da olabilecek savaşların petrolden değil, su nedeniyle çıkabileceğini söylemiştir. Çünkü pek çok ülkelerde hatta kimi sanayileşmiş ülkelerde de su sıkıntısı çekmektedir. Başta AB içerisinde bulunan ülkeler olmak üzere, birçok sanayileşmiş ülkede şimdilik su sıkıntısı yok, ancak orada da artan iklim değişikliği nedeniyle çevre sorunlarına bağlı ciddi bir kalite sorunu vardır. Diğer yandan diğer ülkeleri etkileyen su krizinin, küresel bir ekonomi içerisinde gelişmiş ülkeleri de etkilemesi kaçınılmazdır. Gelecek 20 yılda hem ülkelerin kendi içinde hem de ülkeler arasında su paylaşımı sorunları artacak ve özellikle su sıkıntısı olan ülkelerde tarım, sanayi ve yerleşim birimleri arasında suyun paylaşımı sorunu sık sık gündeme getirilmektedir. Eğer bilimsel ve teknolojik gelişmeler, gıda ve su dengesi arasındaki denge çözülmezse, insanın geleceği tehlikeli bir döneme girecektir. Eleştirel bakış açısının ön plana çıkardığı bir tanımlama olan yapısal su kıtlığı ile var olan kısıtlı su kaynaklarının toplumun ya da toplumlar arasında eşit dağılmadığı aksine ayrımcı ve adaletsiz tahsis politikaları nedeniyle yoksul kitlelerin su kaynaklarına erişemedikleri vurgulanır (Kibaroğlu 2002).

Su sıkıntısı yalnız coğrafi konumlarından kaynaklanmamakta, aksine yönetimlerin almış oldukları sosyal, ekonomik, siyasal kararlarla da alakalıdır. Su sıkıntısı yanlış kararlardan, mevcut politikalardan, iktidar çatışmalarından da kaynaklanabilmektedir. Ülke içinde de kimi zaman çiftçilerle şehirliler arasında, bazı zamanlarda çeşitli yerleşim birimleri arasında çatışma çıkmaktadır. Örneğin Bangladeş fakir bir ülke olup insanlar su ihtiyaçlarını oldukça zor şarlar altında karşılamaktadır. Bu yüzden ülkede su arzını artırmak ve bunu paylaştırmak başlıca sorundur. Özellikle dünyanın kurak ve yarı-kurak yerlerinde ulusal seviyede, mevcut sınırlı ya da kıt kaynaklarının artan ihtiyaçlara cevap verebilmesi için etkin ve adil kurumsal ve yasal çerçevede düzenlenmiş su politikası çerçevesinde tahsisi giderek önem kazanmaktadır (Kibaroğlu 2002).

1.6.3. Hidrolojik Etkiler

İklim değişikliğinin hidrolojik olarak etkisi su kaynaklarının kullanılabilirliği ve su kalitesinde yaşanan değişikliklerdir. Bu değişikliklerden akarsu akımları ve yeraltı suyu seviyeleri önemli ölçüde etkilenmektedir. Toprak nemliliğindeki değişiklikler ve artan CO_2 konsantrasyonuna bitkilerin göstereceği tepki nedeniyle toprak ve bitkilerin yüzeyinden olan buharlaşma ve bunun sonucunda yüzey akışında olan değişiklikler de oldukça önemlidir. İklim değişikliğiyle hidrolojik çevrimde meydana gelen önemli değişiklikler şöyledir: yağışın şiddetinde ve yoğunluğunda artış, buharlaşmada artış ve toprak neminde azalma, buzul erimesinde artış, deniz seviyesi yükselmesi ve yeraltı sularının tuzlanması vb. şeklindedir (Silkin 2014).

1.6.4. Su Kalitesindeki Etkiler

Su kalitesindeki düşüş su kıtlığının yaşanmasının asıl nedeni olabilir. Tatlı su kaynakları sanayi, kentleşme ve tarımsal faaliyetler sonucu kirlendiğinde kendi kendini temizlemesi sınırlıdır. Yağışın artması ve su akışının hızlanmasıyla su

kalitesindeki düşüş yaşanmaktadır. Bu durum oluştuğunda su daha fazla oranda madde, patojen ve kirlilik taşıyacaktır. Kirleticiler yeraltındaki suda bulunmakta ve yağışların artmasıyla deşarj edilen sulara karışmaktadır. Kurak koşulların sürdüğü ve yeraltı su rezervlerinin az miktarda bulunduğu yerde de su kalitesi düşüktür (Tuğaç 2014).

Yoğun yağışlarda sedimentler ve yayılı kirleticiler dere yataklarına taşımaktadır. Taşkın olayları özellikle kanalizasyonların taşması, tarımsal alanlar ve kentsel yüzey akışları ile su kaynaklarının kalitesinin bozulması riskini artırır. Taşkın olaylarına bağlı olarak tuzluluk düzeyi yüksek ya da kirli suyun alt katmanlara geçmesi veya yakında yer alan su kütlelerinin bu kirleticilerden yüksek oranda taşıması ile açıklanabilir. İklim değişikliğinin su kaynaklarının kalitesine etkisi fizikokimyasal parametreler, mikro kirleticiler ve biyolojik parametrelerle (sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, çözünmüş organik madde vb.) izlenebilir (Delpla 2009).

Yağış ve akışta azalmanın olması sudaki kirlilik konsantrasyonunun artmasına ve böylece su kanalları ve içme suyu rezervuarlarında mikropların artmasına neden olmaktadır. Patojen mikroorganizmalar, siyanobakteriler ve balıklar, yeşil algler, diyatomlar gibi su kalitesi göstergeleridir ve bunların su kaynaklarının kalitesine etkisi su kütlesi tipine ve su kütlesi özelliklerine göre değişmektedir (Delpla 2009). Su sıcaklığının artması da su kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Sıcaklığın artması bakteri popülasyonunu arttırarak insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Suda ki sıcaklığın artması ekosistemi olumsuz etkilemektedir. Su sıcaklıklarındaki artış çözünmüş oksijen miktarını düşürecek, bu durum su kalitesini ve su canlılarını olumsuz etkileyecektir.

1.6.5. Su Depolaması ve Sosyoekonomik Etkiler

Su potansiyellerinde azalma kuraklık, içme suyu, tarım, enerji ve ormancılık olmak üzere çoğu sektörde riskli sonuçlar doğurabilir. Suyun

çekilmesini gerektiren aktiviteler akış rejimlerinin değişmesi ve yıllık su miktarının azalmasıyla sulama, sanayi, hidroelektrik üretimini etkileyecektir. Birçok bölgede sulanan alanda ve sulama için su çekiminde atış yaşanacağından sulak alanlar ve sucul ekosistemler sağladıkları mal ve hizmetlere bağlı olarak da zarar görecektir. Değişen iklim şartlarından kış aylarındaki kar yağışındaki azalma suyun daha az depolanmasına sebep olacağından hidroelektrik potansiyeli ve aşırı akımlardan düşmeler yaşanacaktır bu nedenle, sürdürülebilir su sistemleri olumlu veya olumsuz yönde etkilenecektir (Özgür 2019).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kadıoğlu ve ark (1994), Türkiye'de 18 yağış gözlem istasyonunun (YGİ) yıllık ve mevsimlik yağış serilerinin eğilimlerinin belirli bir yönde olmamasına rağmen, önemli olmasa da özellikle kış aylarında bir azalma, ilkbaharda ise artma olduğu sonucuna varmışlardır.

Türkeş (1998), "Influence Of Geopotential Heights, Cyclone Frequency And Southern Oscillation On Rainfall Variations İn Turkey" adlı çalışmasında Türkiye'deki 49 istasyonun 1930-1990 dönemindeki yıllık ve mevsimlik yağış dizileri için gerçekleştirdiği çalışmasında Türkiye'de yıllık yağışların El Nino ve La Nino olaylarından bir önceki yıllarda artış, olayların başladığı yıllarda genel olarak bir azalış gibi olayları genel olarak bir azalış eğilimi gösterdiğini belirtmiştir.

Türkeş (2001) "Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma" adlı çalışmasında, genel olarak, iklim ve iklim değişikliğinin hava durumuyla alakalı kavramlarını ele alıp açıklayarak, şiddetli hava olaylarının küresel iklim değişikliği ile ilişkilerini tartışmıştır. Şiddetli hava olaylarına örnekler vererek, bu şiddetli hava olaylarının nerdeyse tamamının birer afete dönüşmesinde, topoğrafik koşulların, yanlış yerleşme ve yanlış arazi kullanımı uygulamaları gibi yerel ya da bölgesel coğrafya etmenlerinin yanı sıra, temel olarak insan sistemlerinin 'olası' yerel hava tiplerine karsı hazırlıklı olma ve önlemler almadaki başarısızlığının doğal bir sonucu olduğunu belirtmiştir.

Şen (2005), ''Kuraklık, Afet ve Modern Hesaplama Yöntemleri'' adlı makalesinde, İklim değişiminin, dere akışları ve zemin suyu beslenmesi üzerindeki etkisi her bölgede yağışlarda görülen değişmelere göre etkisinin olduğunu ve su kalitesinin, genel olarak daha yüksek su sıcaklığına bağlı olarak bozulmaya uğrayabileceğini, ancak bölgesel olarak daha yoğun akışların etkisi bunu tölere edebileceğini daha düşük akışların ise su kalitesi bozulmalarını arttıracağını

bildirmiştir. Çoğu bölgede, su baskınlarının büyüklüğü ve sıklığı artabileceğini bazı yerlerde düşük akış olaylarının azalacağını anlatmıştır. İklim değişiminin su kaynakları üzerindeki etkisi, sadece nehir akışında ki hacim, zamanlama veya kar erimesi, nitelik ve zemin suyu beslenmesinde meydana gelen değişmelere bağlı olmadığını bildirmiştir.

Türkeş ve Erlat (2006), "Influences of the North Atlantic oscillation on precipitation variability and changes in Turkey" adlı çalışmasında; NAO'nun Türkiye'deki yağış değişiklikleri ve değişimi üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve önceki Türkeş ve Erlat (2005) ile aynı sonuçlara ulaşmışlardır. Negatif NAO evresi ile ilişkili 500 hPa dolaşımı, Türkiye'nin uzun dönem ortalama yağışlarını artırır. Öte yandan kuzey Avrupa ve Atlantik'teki NAO deseni, pozitif NAO evresi boyunca Türkiye'de uzun dönem olarak gerçekleşen koşulları denetlemişlerdir.

IPCC (2007), ''IPCC 4.Değerlendirme Raporu'' çalışmada, Hükümetler arası panelin dördüncü raporuna göre havaların ileriki zamanlarda ne kadar ısınacağı belli olmadığının ayrıca raporda 21. yüzyılda sıcaklık artışları ve deniz seviyelerindeki yükselmenin gelecek yıllardaki karbon kullanımına göre değişebileceğini belirtmişlerdir. Bilim adamları şu anda iklim değişikliğinin düşünülenden daha hızlı ilerleyeceğinden endişe ettiklerini bildirmişlerdir.

Kadıoğlu (2008), ''Küresel iklim değişikliği ve uyum stratejileri'' adlı çalışmasında, suyun kısıtlı, yağışların bazı bölgeler dışında miktar ve dağılımının düzensiz olduğunu, içme, kullanma suyu kalitesinin gün geçtikçe artan çevre kirlilikleri neticesinde düştüğü ve küresel ısınma düşünülürse, ülkemizin kuraklığın şiddetini çok yakın bir zamanda bugünkünden çok daha fazla hissedeceğini açıkça belirtmiştir.

Kılıç (2008), ''Küresel İklim Değişikliği Sürecinde Su Yönetimi'' adlı çalışmasında, havada meydana gelen ısınma suyun ve toprağın ısınmasına neden olmaktadır. Toprağın önceki dönemlere göre yıl içinde ısınma süresinin artması, flora ve faunanın değişmesi anlamına gelecektir. Suda verimlilik artışının

sağlanması, tarımda doğrudan verim artışına yol açacaktır ancak gübrenin tarımda verimliliği artırdığının keşfedilmesiyle birlikte, suni gübre kullanımı geçen yüzyılın son yarısından günümüze yaklaşık 10 kat artmıştır. Buda artışa bağlı olarak su kullanımı arasında yakın bir ilişki olduğu bilinmektedir. Nitekim aynı dönemde su kullanımında da 3 kata varan bir artış yaşanmıştır. Bu verimlilik artışının devamını sağlamak amacıyla başlangıçta yüzey sularından yoğun olarak yararlanılmıştır sonrasında ise sular yetersiz kalınca yeraltı suları devreye sokacağını bildirmiştir.

İçel (2009). ‘‘Türkiye’nin Doğu Akdeniz kıyılarında sıcaklık ve yağış trend analizleri ve ekstrem hadiseler’’ adlı çalışmasında, 1975-2006 yılları arasını kapsayan 11 istasyonun yıllık yağışları tek yönlü varyans analizine tabi tutulmuş ve istatistiksel olarak önemli ve anlamlı farkların olduğu belirlenmiştir. Yıllık yağışlarda, yıllık toplam yağışlı gün sayılarında, kış ve ilkbahar mevsimlerinde de azalma eğilimlerinin yaşandığını belirtmiştir.

Baştuğ ve ark, (2010). ‘‘Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynakları ve Tarımsal Sulamaya Etkileri’’ adlı çalışmalarında, iklim değişikliğine bağlı bir çok tarım ürününün üretim alanı, ekim yani dikim zamanları değişecektir. Kış sıcaklıklarının artmasıyla, buğday Aşağı Seyhan Ovası (ASO)’nda ekilmeyecektir. İklim değişikliği sebebiyle sıcaklıkların artması, su kaynaklarının azalması, suya olan istemi önemli ölçüde artıracaktır. Buna bağlı olarak, nüfus artışı ve endüstriyel gelişme nedeniyle, önemli ölçüde su stresine neden olacaktır. Anılan durum, Türkiye’de tarımdaki su kullanımının azaltılmasını zorunlu kılacaktır. Ayrıca, küresel ısınma nedeniyle topraklarda tuzluluk-alkalilik gibi sorunlar da ortaya çıkacak ve sürekli artacağını bildirmişlerdir.

Karaman ve Gökalp, (2010). ‘‘Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri’’ adlı çalışmalarında, küresel ısınma ve iklim değişikliği su kaynaklarının sadece miktarını değil kalitesini de etkileyecektir. Su kalitesinin belirleyicilerinden olan çözünmüş oksijen düzeylerinin düşmesi,

beraberinde ciddi kirlenme sorunları getirmektedir. Sıcaklığın fazla olduğu suda erimiş oksijen konsantrasyonları daha düşük olup, artan sıcaklık çürüdüklerinde oksijeni tüketen alg menevişlerinin çoğalmasını da teşvik etmektedir. Nehir suyu sıcaklığı, hava sıcaklığına göre az farkla daha az artmaktadır. En az artışlar, büyük miktarda zemin suyu katkısı olan havzalarda oluşmaktadır. Biyolojik ve kimyasal süreçler büyük oranda su sıcaklığına bağlıdır. Yalnız daha yüksek sıcaklıklar bazı kimyasal türlerin konsantrasyonunda artış, bazılarında azalmayla sonuçlanacağını belirtmişlerdir.

UNDP (2012), ‘‘Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi’’ adlı çalışmada, Türkiye küresel iklim değişikliğinin potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasında yer aldığı belirtilmiş ve Türkiye’de iklim değişikliğine bağlı olarak artması öngörülen doğal afetler ise aşırı hava olayları, orman yangınları, fırtınalar, seller, dolu, sıcak hava dalgaları, heyelan ve çığ sonucuna varmıştır.

OGM (2016), ‘‘İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi’’ adlı nihai raporunda, Havzadaki yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarının mevcut kullanımı ile kaynakların kullanım alanları, oluşan evsel ve endüstriyel atıksuların deşarj edildiği yerler ve miktarları; kısacası havzadaki su hareketlerinin durumu belirtilmiştir. Havzadaki yeraltı ve yüzeysel suların hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri ile senaryoları çerçevesinde bazı oranlarda azalacağı ve kurak gün sayısında artış yaşanacağını belirtilmiştir.

MGM (2017), ‘‘Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler 2017 Yılı Değerlendirmesi’’ adlı raporda; Meteorolojik afetler, özellikle son yıllarda giderek artan bir şiddette, sıklıkta, sürede ve farklı yaşanacağı ve günümüzde sanayileşme, çarpık kentleşme, doğanın tahrip edilmesi gibi insan etkileri bu tür afetlerin etkilerini artırmasına veya yenilerinin oluşmasına neden olabileceğini belirtmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Çalışma Alanı

Çukurova Deltası; Türkiye'nin güneyinde Akdeniz'in en doğusunda Mersin şehri ile İskenderun körfezinin arasında yer almaktadır. Tipik Akdeniz iklimine sahip delta yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağmurlu hava hakimdir. Adana 2.2 milyon nüfusa sahip 6. büyük şehrimizdir (http-3, 2018).

Türkiye de neredeyse en verimle alan olan Çukurova, Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin birikintisi ile oluşan 20.000 km^2' den fazla alanı kapsayan havzaya sahiptir. Bölgede Akyatan ve Yumurtalık lagünleri olmak üzere dört tane lagün bulunmaktadır. Bu iki lagün Ramsar antlaşması tarafından önemli sulak alanlar olarak belirtilmiştir. Delta önemli bitki ve hayvan çeşitliliğine sahip alan olarak bildirilmiştir. Bölgenin büyük bir kısmı tarım amaçlı kullanılmakta ve özelliklede mısır, soya, pamuk, fıstık yetiştirilmektedir. Bölgede sayılı kumsallar, nesli tükenmekte olan deniz kaplumbağaları ve göçmen kuşların konaklama yeri olarak kullanılmaktadır (http-4, 2018).

Yumurtalık ve Karataş alanları yaklaşık 110 km kıyı uzunluğu olmasına rağmen Antalya gibi şehirle kıyaslandığında kıyı turizmi fazla gelişmemiştir. Mersin ile Karataş arasında tarım faaliyet göstermekte doğuda Ceyhan ve Yumurtalık limanları ise Doğu-Batı (Kerkük-Yumurtalık) ve Kuzey-Güney (Bakü-Tiflis-Ceyhan) ham petrol borularının bittiği nokta olup deniz stratejisi için önemli konuma sahiptir.

Seyhan nehri Akdeniz'e dökülen akarsuların en uzunu ve en büyüğüdür. Havza, Göksu ve Zamantı kollarının su toplama alanlarını da içine alır. Seyhan Havzası, Toros Dağlarının yamaçlarından, Akdeniz'e kadar verimli tarım topraklarının bulunduğu alana, Doğuda Ceyhan Havzası, Batıda Berdan Nehri, Kuzeyde Kayseri sınırları içinde bulunan Develi'ye kadar uzanmakta ve tüm havza yaklaşık 21.000 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır (Berberoğlu vd., 2007b).



Şekil 3.1. Adana ili haritası.

3.2. Metot

3.2.1. Risk Değerlendirme Metotları

Bugün tüm ülkeler iklim değişikliğine sebep olan sera gazı salınımını azaltacak ya da tamamen durduracak yönde faaliyet gösterseler bile atmosferdeki sera gazı tamamen bitmeyecek ve atmosferdeki birikimleri uzunca süre kalacaktır. Bu da iklimdeki değişiklerin ve artmakta olan meteorolojik olayların halen devam edeceği anlamına gelmektedir. Bu sebeple hidrometeorolojik afetlerin etkilenebilirlik düzeyini azaltma, afet risklerinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyumun sağlanması temel hedef olarak görülmelidir. Küresel ısınma tamamen durdurulamayacağı için ısınmanın etkilerini azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır ve bu azaltmaya yönelik çalışmalara uyum denilmektedir (UNFCCC, 2007).

Adana ili meteorolojik afetlerden ve meteorolojik kaynaklı sorunlardan etkileneceği literatür kaynaklarında da bildirilmiştir. Direk meteorolojik ve meteorolojik kaynaklı bir çevre sorununun meydana getireceği tehlikenin belli bir zaman ve belirli bir alanda gerçekleşmesi durumunda tehdit altında olan su kaynakları ve su kalitesine etki edecek unsurların alacağı hasar düzeyine bağlı olarak meydana gelecek kalite ve kaynaklardaki kayıplar ise bu tehlikelerin oluşturduğu risklerdir.

Risk = Tehlike Olasılığı x Maruziyet x Savunmasızlık

ya da

Risk = Tehlike Olasılığı x Zarar Görebilirlik

Küresel iklim değişikliğinin arttırdığı afetlerin meydana gelmesinde iki faktör rol oynar. Birincisi tehlikenin bulunması, ikincisi tehlikenin meydana getireceği olaydan riske girecek birşeylerin ya da bir canlı topluluğunun var olmasıdır. Bu çalışmada var olan tehlike su kaynakları ve riske girecek olan ise su verimin azalması ve kalitesinin düşmesidir. Su kaynaklarının azalması ve kirlenmesi sonucu zarar görecek canlı topluluğu insanlar, hayvanlar ve tarım ürünleridir. Tehlikelerin ve risklerin yani iklim değişikliği ve iklim değişikliğinin yaratacağı meteorolojik ve çevresel etkilerin iyi derecede anlaşılması için iklim değişikliğinin su kalitesini, miktarını, kaynaklarını ve potansiyel durumunu etkileyebilecek iklimsel parametrelerin çok iyi bilinmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir.

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), iklim değişikliğine uyum, afetlerin önlenmesi çalışmalarının geliştirilmesi için yapılan Afet Risk Yönetimi çalışmaları ile afet zararlarının azaltılması veya önlenmesi için yapılan projelerde takip edilmesini tavsiye ettiği adımlar şu şekildedir; (UNDP, 2010a, b).

- İklim Analizi
- Risk ve Etkileri Belirleme
- Karar Analizi ve Destek
- Kurumsal ve Politika Araştırmaları
- Kapasite Geliştirme

Bu çalışmada iklim değişikliğinin analizleri, riskleri belirleme üzerinde faaliyet gösterilecektir. Adana ilinin iklim faktörleri, etkileri, değişimleri, doğal afetin potansiyel etkilerinin Adana ilinde su kaynakları üzerine olan etkileri riskleri ve etkileri değerlendirilecektir. Buna göre iklim analizi; var olan iklim özellikleri, iklim parametre trendleri ve eğilimleri, iklim senaryoları ve projeksiyonlarının yerel olarak belirlenmesi ve değerlendirilmesidir. Risk ve etkileri belirleme ise; iklim değişiklişinin meydana getireceği çevresel ve fiziksel etkileri ve risklerinin mevcut ve olası gelecek koşullarının değerlendirilmesi ve belirlenmesidir.

Çalışmadaki risk su kaynaklarının ve potansiyellerinin durumunun nasıl olacağının değerlendirilmesidir. Çalışmada ki tehlike ise iklim koşulları ve ekstrem hava şartlarına bağlı olarak su kaynaklarının azalması, sel, kuraklık, deniz seviyesinde yükselme, ekosistemdeki canlılar üzerindeki göstereceği olaylardır.

Doğal afetler ve iklim olayları, iklim değişikliği sonucu doğrudan meteorolojik ya da iklimsel olan etkiler ile bu iklimsel ve meteorolojik etkilerin yaratacağı çevresel ve fiziksel afetler olarak adlandırılır. Bunlar;

- Orman Yangınları
- Sıcak Hava Dalgaları
- Yıldırım
- Fırtına
- Heyelan
- Kuraklık

- Seller
- Dolu
- Don
- Çiğ

Bu tehlikelerin yaratacağı risk şiddetleri yukarıda belirtildiği üzere zarar görebilirlilik ve olayın sıklığı ile değişebilmektedir. Buna göre Adana ili iklim özellikleri ve ildeki değişen iklim parametrelerinin değişkenliği ve trendi sonucu meydana gelebilecek çevresel ve fiziksel afetler gözönünde bulundurulduğunda tehlike olarak; kuraklık, orman yangınları, aşırı sıcak hava olayları ve beklenmedik aşırı yağışlar, kum ve toz fırtınaları üzerinde durulacaktır.

Adana ilinin yani Çukurova Bölgesenin iklim değişikliğine bağlı olarak doğal afetlerden yani ekstrem meteorolojik afetlerden ve meteorolojik kaynaklı olayların meydana getireceği çevresel sorunlardan etkileneceği IPCC raporunda ve bir çok uluslararası kaynaklarda, makalelerde, dergilerde çıkarım yapıldığında görülmektedir.

Çizelge 3.1. Su kaynaklarının risk ve tehlike analizi.

Tehlike (olay)	**Zarar görebilirlik (sosyal faktörler)**	**Risk (sonuç)**
Kuraklık	Su Kaynakları Tarım Ürünleri	• Su strsesi • Su miktarında azalma • Artan sulama ihtiyacı • Sağlık sorunlarında artma • Ürün değişimi
Seller	Su Kaynakları	• Su Kalitesinin Düşmesi • Yeraltı su kalitesinin bozulması • Can Kaybı
Deniz Seviyesi Yükselmesi ve Deniz Yüzey Sıcaklığının artması	Su Kaynakları	• Tuzlu suyun yer altı sularına karışması • Toprak kaybı • Su ürünleri için elverişli alanların kaybı • Tatlı su balıkçılığında düşüş • Daha az çözünmüş O_2 • Paraziter hastalık artışı
Orman Yangını	Su Kaynakları	• Verimde Azalma • Can kaybı
Sıcak Hava Dalgaları ve yağış	Su Kaynakları	• Verimde Azalma • Su kaynaklarında azalma ve su kalitesinin bozulması • Tuzlu su
Aşırı Rüzgar		• vb. olası kayıplar

Su kaynaklarının risk etmenleri göz önünde bulundurularak tükenmez bir kaynak olmadığı bilinmelidir. Su kaynaklarında iklimle alakalı olarak belirlenen riskler genel olarak;

- Yağışların bölgelere göre dağılımının ve şiddetinin değişmesi
- Kuraklık
- Taşkın

- Deniz seviyesine bağlı olarak yeraltı sularının tuzlanması

Ayrıca Adana ili kıyı etkilenebilirlik seviyesi de yüksektir yani deniz seviyesi yükselmesine duyarlıdır. Bunun sonucunda da kıyı erezyonu, sel baskını ve toprak tuzlanması yaşanmaktadır. Sıcaklıkların artmasıyla birlikte ise suların ısınması sonucu balık türlerin değişmesine ve miktarlarında azalmaya sebep olmaktadır.

Su sektörlerinde adaptasyonun (uyum) sağlanması durumu diğer sektörlerle de kesişmektedir. Örneğin sağlık, tarım, enerji ve alt yapı gibi sektörler su kaynaklarında herhangi bir değişiklik bunları etkilemektedir (Özdemir vd., 2009).

Risk değerlendirmesi; belirli bir kapsamda tehlikeli potansiyeli bulunan ve bu tehlike sonucu oluşabilecek riske maruz kalabilecek maddelerle ilgili her türlü bilimsel veri, bilginin düzenlenmesi ve değerlendirmesine yönelik sistemli bir yaklaşımdır. Başka bir deyişle risk değerlendirmesi riskin büyüklüğünü veya şiddetini tahmin etmek için uygulanan bilimsel bir prosedürdür. Sistematik olarak tehlikeleri saptamak, riskleri bulmak ve kontrol etmek için nitel ve nicel prosedürlere dayanan çalışmaların bütünüdür.

İklim değişikliği sonucu meydana gelen ekstrem olayların Adana ilindeki su kaynakları üzerindeki genel risk değerlendirmesi ile yapılacak ve bu bağlamda yorumlanacaktır. Bu değerlendirmelerde aşağıdaki meteorolojik faktörler dikkate alınacaktır.

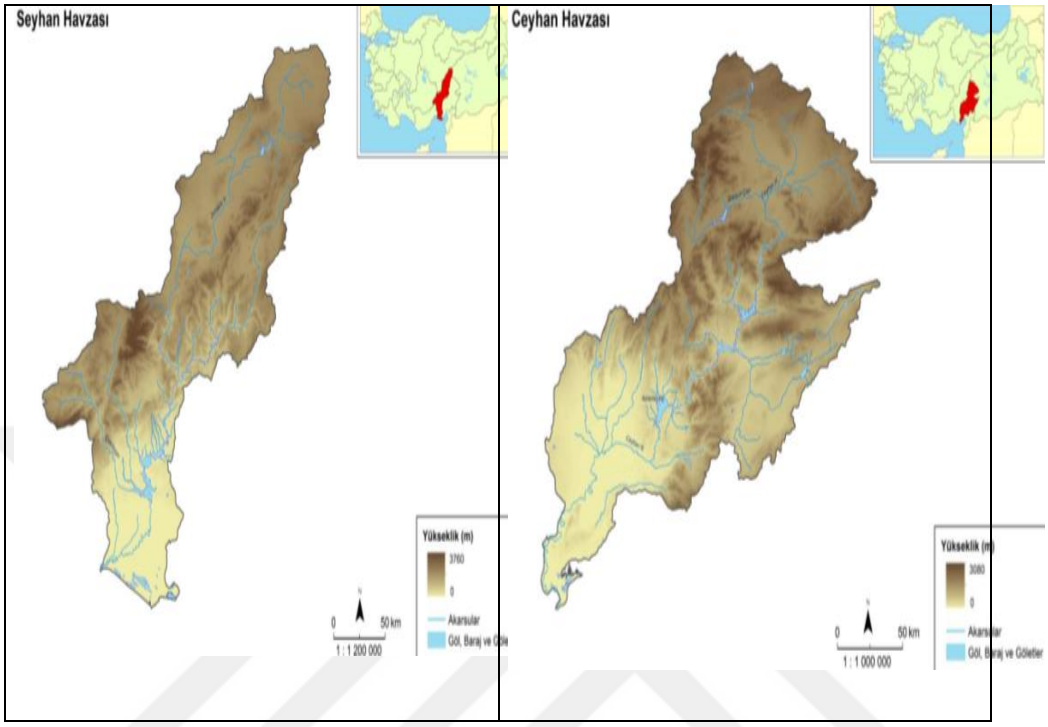
- Buharlaşma
- Ortalama Rüzgar Hızı
- Aylık Maksimum Sıcaklık
- Aylık Maksimum Yağış (mm/m^2)
- Aylık Ortalama Nispi Nem (%)

- Aylık Ortalama Sıcaklık
- Aylık Toplam Yağış Düşüşü
- Yağışlı Gün Sayısında Artış
- Kuraklık

3.2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

Çalışma Adana ili 6. Bölge Meteoroloji Genel Müdürlüğü sayfasında 17351 numaralı gözlem istasyonunda 150 OMGİ gözlem türü verileri kullanılmıştır. Kuzey 36º 33'- 39º 12' ve Doğu 34º 24' - 36º 56' istasyon koordinatları Google Earth programı kullanılarak aşağıda gösterilmiştir. Elde edilen veriler Excel programı yardımıyla ortalama 1970 ila 2017 yılları dönemlere ayrılarak grafikler oluşturularak yapılmıştır.

Bu metot da amaç ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere mevsimlere göre değişen iklim parametreleri ve belirli zaman aralıklarında iklim de meydana gelen değişimlerin daha iyi belirlenebilmesi ve anlaşılması için bu yol seçilmiştir. Bu grafiklerin trendi de çıkartılarak gelecekte nasıl bir artış veya azalış olacağına dair çıkarımlar ve iklim parametrelerindeki muhtemel değişimleri gösteren projeksiyon çalışmaları ve verileri ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün ve T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın hazırladığı projeksiyon verileri kullanılmıştır.
Meteoroloji 6. Bölge müdürlüğünden elde edilen veriler ve Adana ili 6. Bölge Müdürlüğü Devlet Su İşleri web sitesinden elde edilen su potansiyeli istatistiksel verileri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılırken su kaynaklarının potansiyeli, miktarı, kalitesi, verimi de göz önünde bulundurularak Adana bölgesinde gelecek yıllarda su kaynakları üzerinde iklim değişikliği risk değerlendirilmesi yapılmıştır.



Şekil 3.2**.** Adana ili Ceyhan ve Seyhan havzalarının fiziki haritası.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

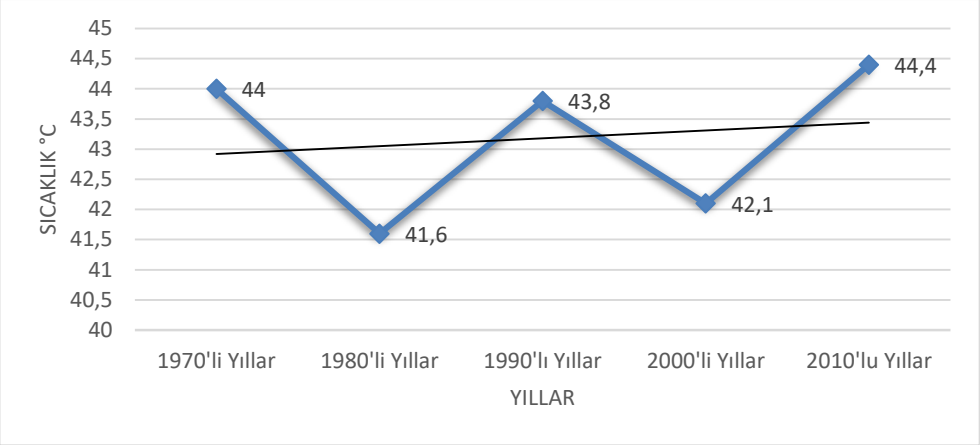
Bilimsel veriler ve analizler dünyanın iklim değişikliğini azaltma, durdurma gibi çabalarının benimsenmesine rağmen gelecekte yaşanacak olan buzulların erimesi, sıcaklıkların artması, deniz seviyelerinin yükselmesi, kuraklıkların yaşanmasının kaçınılmaz olduğunu göstermektedir. İklim değişikliği ile ilgili risklerin tespit edilmesi, risk yönetim stratejilerinin mevcut bulunan risklerin uygunluğu için tespit edilmesinde yardımcı olur. Yaşanacak afetlerin boyutunun risk yönetimi altında tespit edilmesi örneğin, deniz seviyesinin yükselmesiyle fırtına olayı sırasında bir alanın su basma sıklığı ve su kaynaklarının kalitesi için potansiyel bir tehlike oluşturmaktadır ve bu yüzden afet boyutunun tespit edilmesi önem arz eder.

4.2. Adana İli İklim Parametre Verileri

4.2.1. Aylık Maksimum Sıcaklık

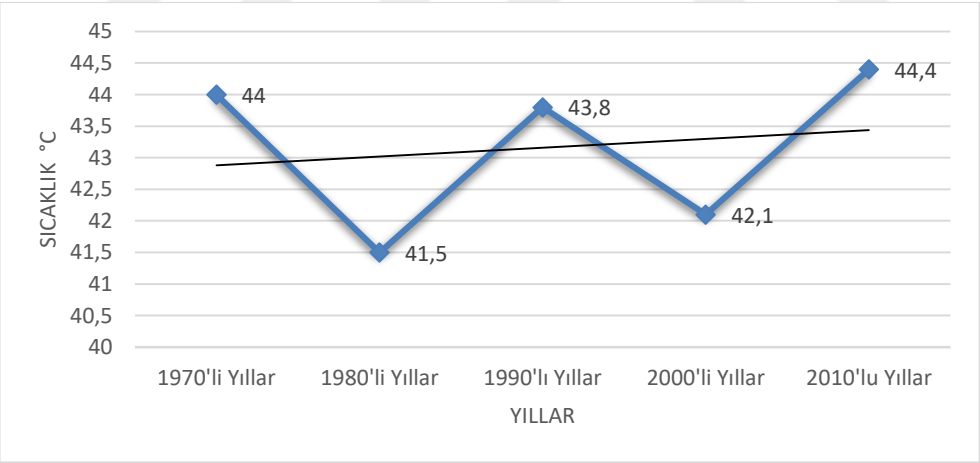
IPCC'nin 4. Değerlendirme raporunda Akdeniz havzasında sıcaklığın artacağını bildirmiştir. 2010 yılı ise Türkiye de en sıcak yıl olarak belirlenmiştir.

Adana da 1978 yılında en sıcak yıl olarak belirlendikten sonra 2010 yılı en sıcak yıl olmuştur. Şekil 4.1'de gösterildiği üzere Adana'da son 47 yılda maksimum sıcaklık değerlerinin arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Adana ili 1970-2017 yılları arası maksimum sıcaklık trendi.

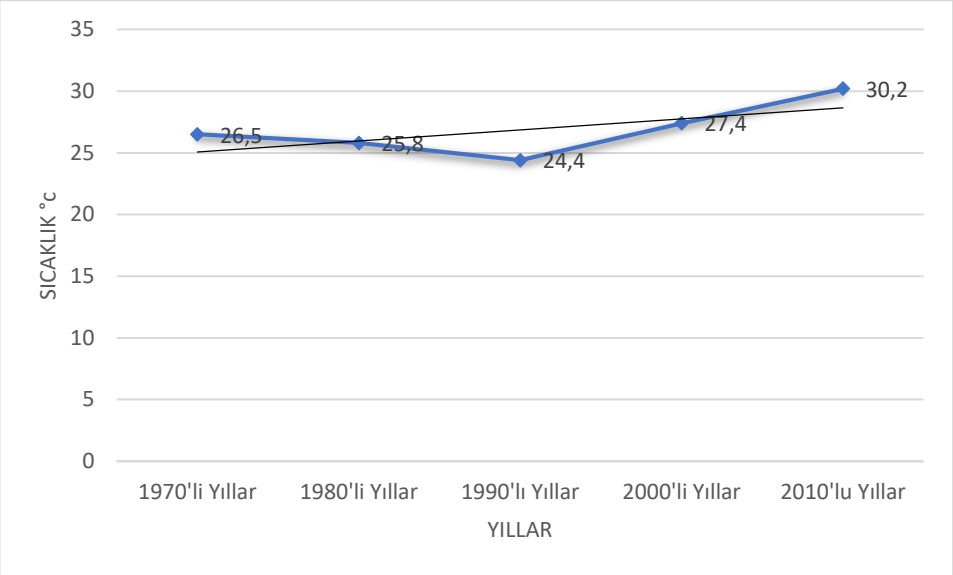
Şekilde verilenlere göre 1980'li yıllar ila 2000'li yıllar da maksimum sıcaklıklarda azalma görülürken 2010'lu yıllarda maksimum sıcaklık zirve yapmıştır.



Şekil 4.2. Adana ili yaz mevsimi 1970-2017 yılları arası maksimum sıcaklık trendi.

Adana ili yazın aşırı sıcaklık ve neme bağlı olarak bilinen ünlü bir şehirdir. Genel olarak iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklıklardaki artış kendini göstermiştir. Şekil 4.2'deki verilere göre yaz sıcaklıkları 2010'lu yıllarda zirve

yaparak kendini göstermiştir. Yaz mevsimindeki maksimum sıcaklıkların verilere dayanarak diğer mevsimlerdeki sıcaklıklara paralellik göstererek maksimum sıcaklıkların yaz mevsiminde yaşandığının göstergesidir. Özellikle de yazın maksimum sıcaklıkların 2010 yıllarında 45 ºC kadar yükseldiği görülmüştür.



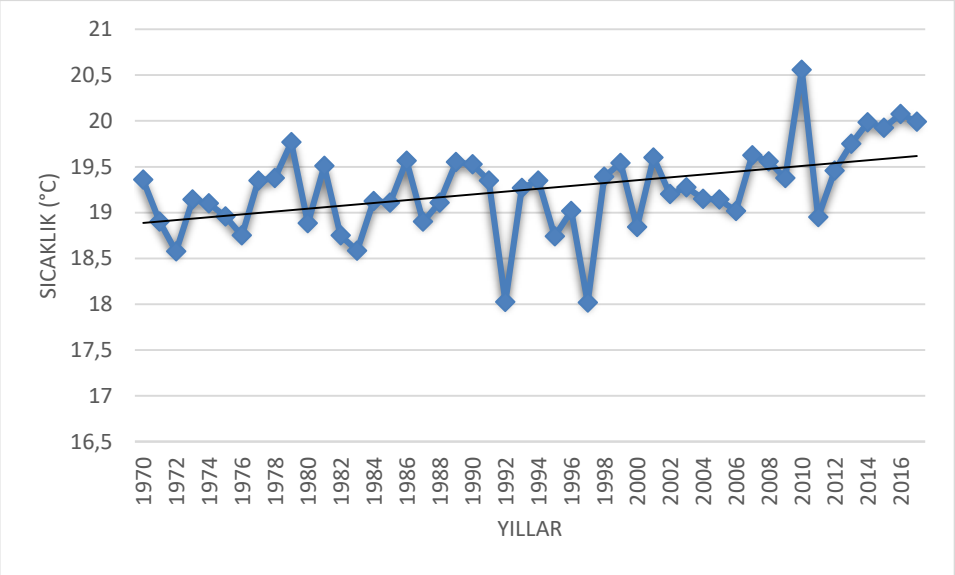
Şekil 4.3. Adana ili kış mevsimi yıllara göre maksimum sıcaklık trendi.

Son zamanlarda verilere dayanarak sıcaklık artışı sadece yaz mevsimiyle sınırlı kalmamıştır. Kış mevsiminde de yaz mevsiminde olduğu gibi maksimum sıcaklık değerlerinde artışlar yaşanmıştır. Özellikle 2010 yıllarında maksimum sıcaklık trendi 30 ºC ve biraz üzeri değerlere çıktığı görülmüştür. Buda iklim değişikliği etkisinin sıcaklık üzerinde anormal bir etkiye sahip olduğunun göstergesidir.

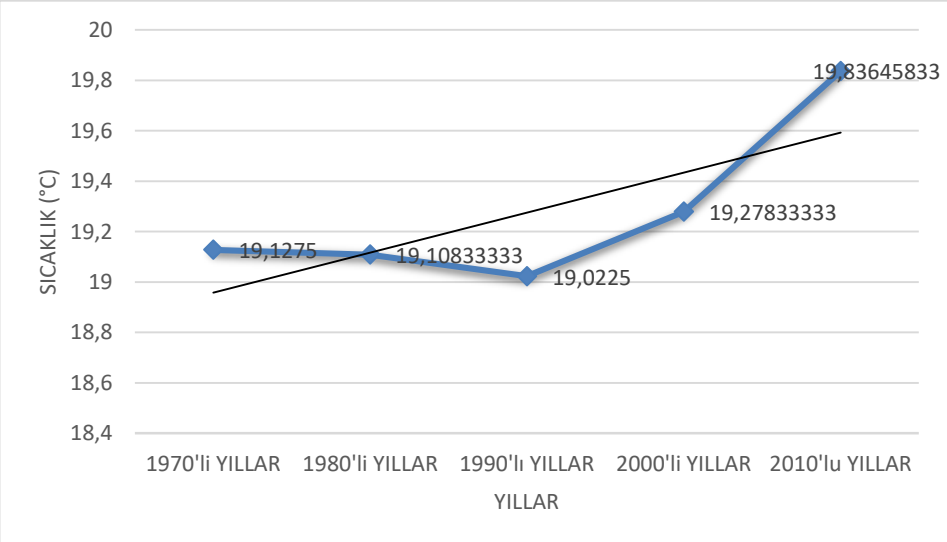
4.2.2. Aylık Ortalama Sıcaklık

İklimle uğraşan bilim adamlarının, dünyada canlıların yaşam döngülerini etkileyen üzerinde durduğu en önemli parametrelerden bir tanesi hiç kuşkusuz

sıcaklıktır. IPCC'nin değerlendirme raporunun üzerinde durduğu ortalama sıcaklık trendinin bütün dünyada artacağına dair yüksek güven söz konusudur.



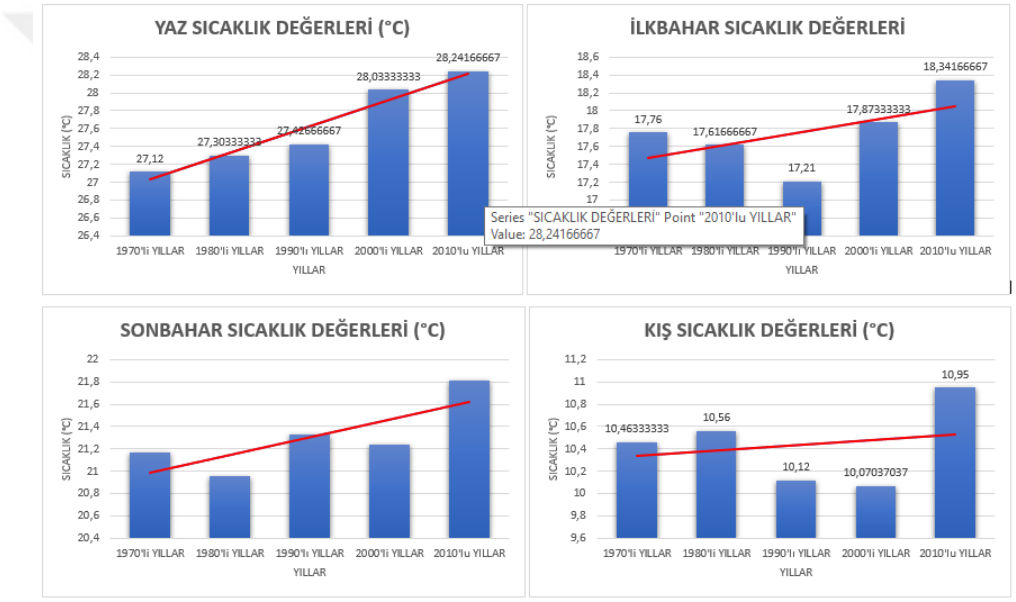
Şekil 4.4. Adana ili 1970-2017 yılları arası ortalama sıcaklık değerleri.



Şekil 4.5. Adana ili 1970'li 1980'li 1990'lı ve 2010'lu yıllar ortalama sıcaklık değerlerinin trendi.

Adana ilinde son 47 yıldaki periyotta ortalama sıcaklık değerine şekil 4.4'e bakıldığında 2010 yılında 20,5 ºC olduğu görülerek en sıcak zaman olduğu görülmüştür. 2016 yılı ise 20 ºC ile ikinci en sıcak yıl olmuştur.

Adana ili için şekil 4.5'e bakıldığında 1970 yılından 2010 yılına kadar ortalama sıcaklık artışı 0,71 ºC artış gösterdiği görülmektedir. Dünyada son 100 yılda görülen sıcaklık değeri Adana da son 47 yılda görülmüştür. Buradan Adana ilinin dünya ortalamasından daha hızlı ve daha çok ısındığı sonucunu çıkartabiliriz.



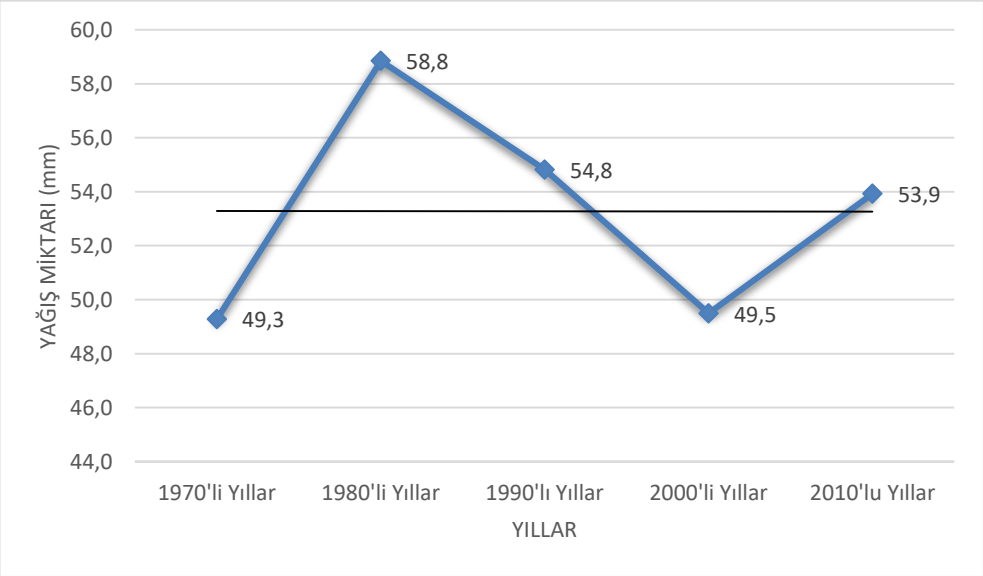
Şekil 4.6. Adana ili mevsimlere göre 1970'li, 1980'li, 1990'lı, 2000'li ve 2010'lu yıllardaki sıcaklık trendleri.

Şekil 4.6'da verilen yaz, ilkbahar, sonbahar, kış sıcaklık trendlerine göre sıcaklık artışlarının en çok yaz mevsiminde artış gösterdiği görülmektedir. Mevsimlerin geneline bakıldığında ise sıcaklık artışlarının yaşandığı görülmektedir.

4.2.3. Aylık Yağış Miktarı

İklim değişikliğinin yağışlar üzerinde etkisinin en önemli sonuçlarından birisi hiç kuşkusuz su potansiyelidir. İklim değişikliğinde sıcaklığın artmasına paralel olarak yağışlarda da önemli azalmalar yaşanmaktadır. Yağışlarda aşırılık yani ekstrem durumlar söz koşudur aynı sıcaklıkta olduğu gibi. 2017 yılında yağışlar son üç yılda artış yaşanmasına rağmen bu yılda yağışlar normalin altında gerçekleşmiştir. Bu yüzden maksimum yağış miktarı artarken toplam yağış miktarında azalmalar yaşanması ekstrem bir durum olarak kabul edilir.

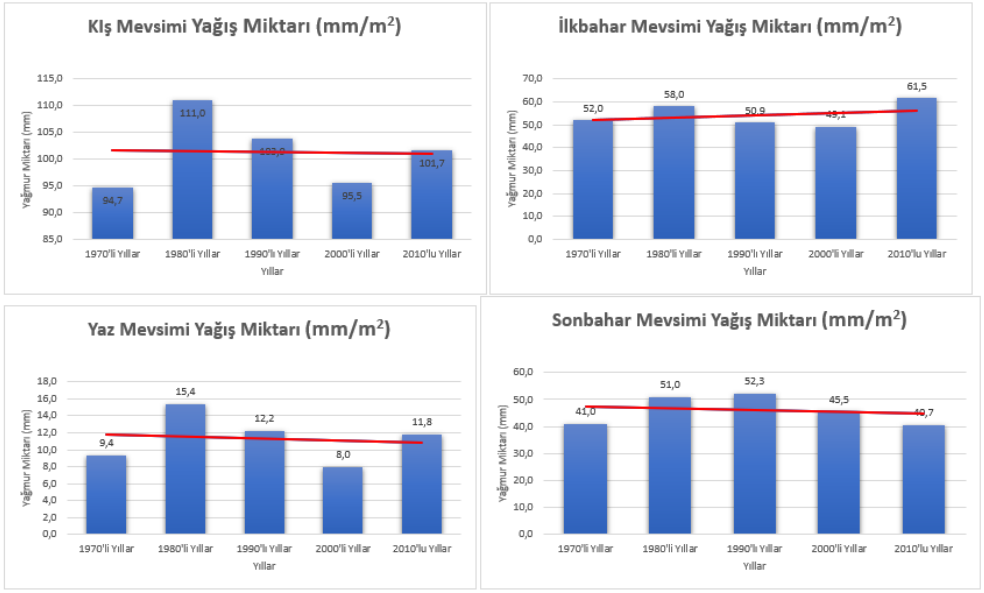
IPCC değerlendirme raporlarına ve birçok bilimsel çalışmalara dayanarak yağış ekstremlerinin normalin altında seyredeceğinin Akdeniz bölgesinde de meydana geldiğinin ve geleceğinin altı çizilmiştir.



Şekil 4.7. Adana İli 1970'li, 1980'li, 1990'lı, 2000'li ve 2010'lu yıllardaki aylık yağış miktarları.

Adana ilinde şekil 4.7'de 1970'ten 1980 yıllarına doğru yağışlarda önemli artışlar yaşanmıştır. Daha sonra 2000'li yıllarda anlamsız azalmalar görülmüş ve

2010 yıllarında da tekrardan artış yanmıştır. Fakat son 47 yılda yağış trendlerinde azalma söz konusudur. Verilen şekilde de bu durum görülmektedir.



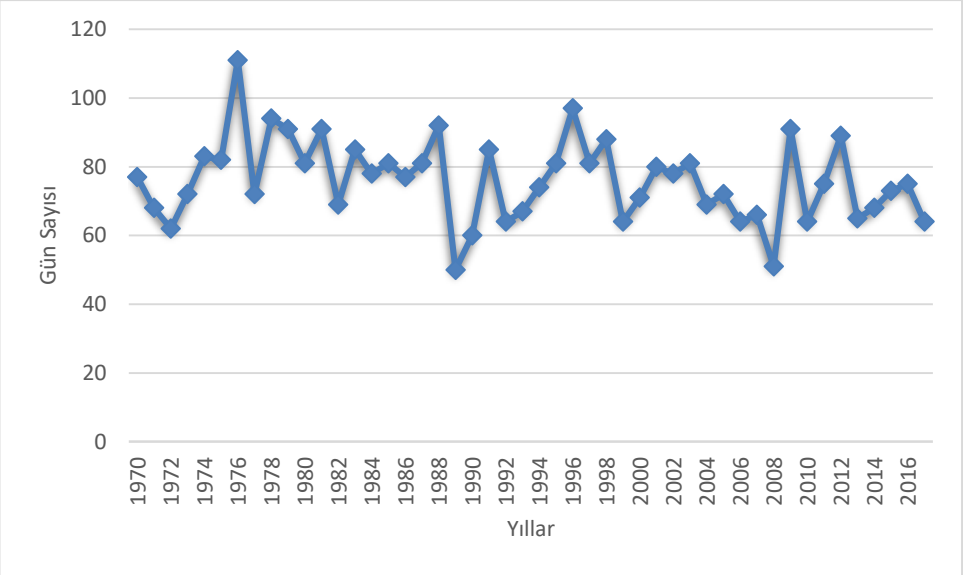
Şekil 4.8. Adana ili mevsimlere göre 1970'li, 1980'li, 1990'lı, 2000'li ve 2010'lu yıllardaki aylık yağmur miktarları ve trendi.

1970 ila 2017 yılları arasında kış, yaz, sonbahar mevsimlerinde yağışlarda azalma görülürken ilkbahar mevsiminde yağışlarda artış görülmektedir. Yaz mevsiminde yağış miktarının giderek azalması kuraklığın yaşanacağının bir göstergesidir. 2010'lu yıllarda yağış ortalamasının 8 mm civarında olması bu zaman diliminin kurak geçtiğinin bir göstergesi sayılabilir.

4.2.4. Aylık Yağışlı Gün Sayısı

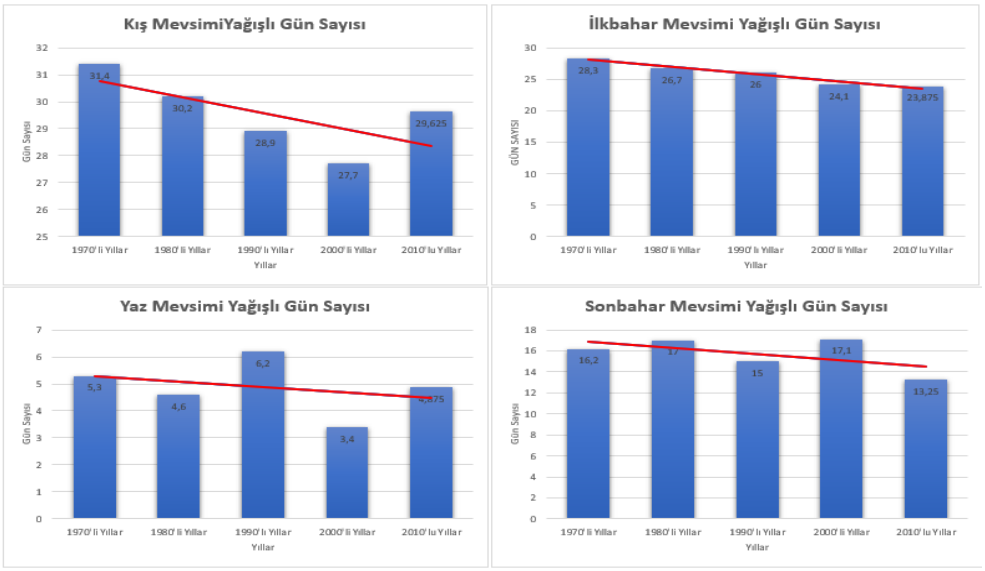
Aylık yağış miktarının yanında yere düşen yağış sayısı da önemlidir. Bazı durumlarda 1 aylık yağış birkaç saatte düştüğü görülmüştür yani yağış şiddetinin önemli olduğu yaşam kaynağımızın vazgeçilmezi suyun kaynağını etkiler. Hatta geçmiş dönemlere bakıldığında yerleşim yerlerini, tarımsal üretim türlerini ve

savaşları su kaynakları etkilemiştir. Bu yüzden yağış trendlerinin belirlenmesi, tahmin edilmesi gelecek için önem arz etmektedir.



Şekil 4.9. Adana ili 1970-2017 yılları arasındaki yıllık yağışlı gün sayıları.

Şekil 4.9'a bakıldığında yağışlı gün sayıları 1970 ile 2016 yılları arasında azalıp artmalar görülmüştür. 1970 yılından günümüze doğru yağış miktarında azalmalar görüldüğünden Adana ilinde kuraklık riskini gözler önüne sermektedir.

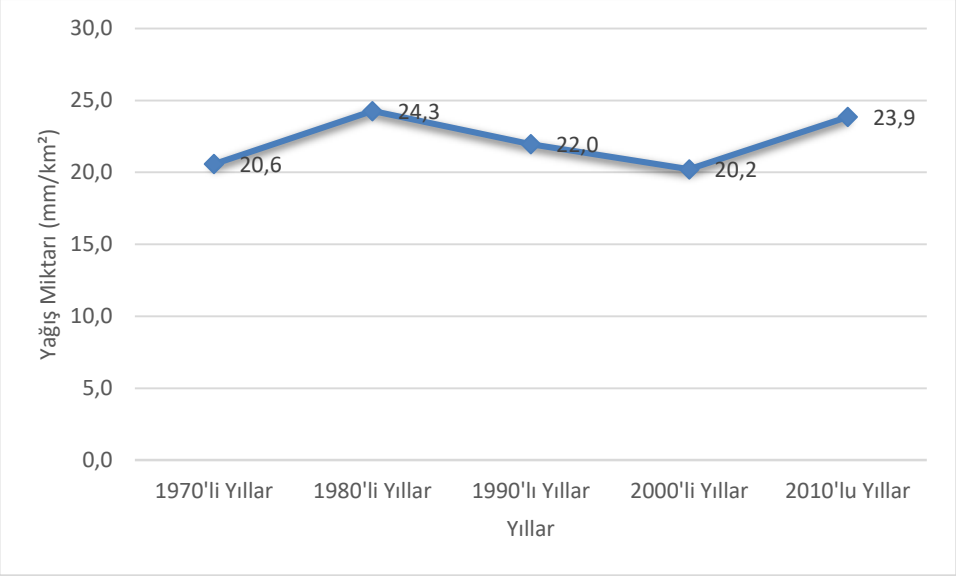


Şekil 4. 10. Adana ili mevsimlere göre 1970'li, 1980'li, 1990'lı, 2000'li ve 2010'lu yıllardaki aylık yağışlı gün sayısı ve miktarı.

Adana ilinde kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerine bakıldığında bütün mevsimlerde yağışlı gün sayılarında düşüşler yaşanmaktadır. Yağışlı gün sayısına ve yağış miktarları karşılaştırıldığında, ilkbahar mevsiminde yağış miktarı artarken yağışlı gün sayısında azalmalar yaşanmıştır. Bu duruma göre Adana ilinde aşırı yağış sel riskini ortaya koymaktadır.

4.2.5. Aylık Maksimum Yağış Miktarları

Az yağış ve kuraklık yerüstü ve yeraltı su kaynakları, bitki örtüsü ve insan faaliyetleri için ihtiyaç duyulan su kaynakları için olumsuz bir durum oluşturmaktadır ve aynı zamanda aşırı yağışlarda istenmeyen bir durumdur. Birkaç saatte meydana gelen yağışlar ise bazı tahribatlara yol açmaktadır.



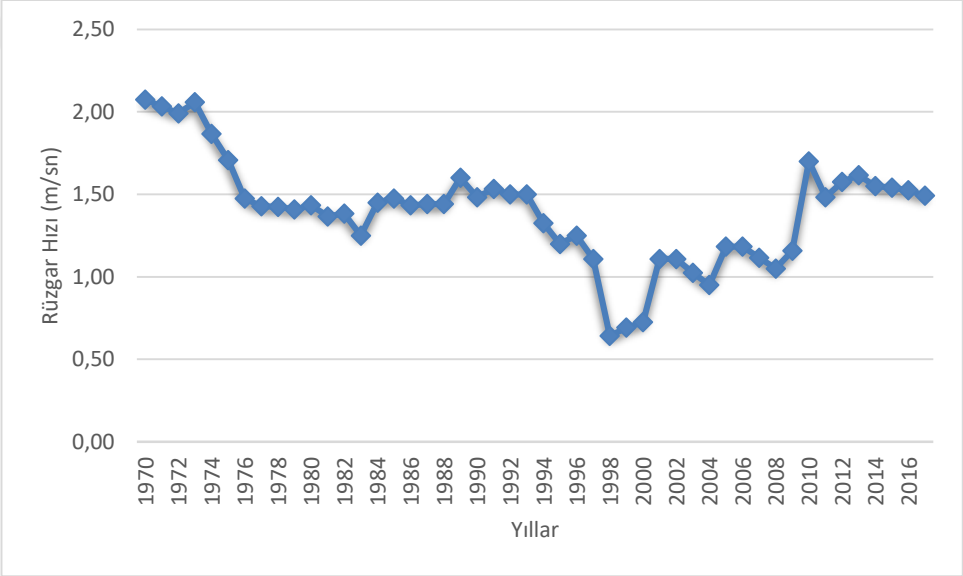
Şekil 4.11. Adana İli 1970'li, 1980'li, 1990'lı, 2000'li ve 2010'lu yıllardaki aylık maksimum yağış miktarları.

Adana ili için şekil 4.11'de verilenlere göre 1970-2017 yılları arasında yağış miktarlarında azalma varken; yağışlı gün ve aşırı yağış miktarında artış yaşanmaktadır. Bu duruma göre yağışlarda ekstrem durumlar yaşanmakta ve bunlara bağlı olarak sel riskinin sık sık yaşanacağı görülmektedir.

4.2.6. Aylık Ortalama Rüzgar Hızı

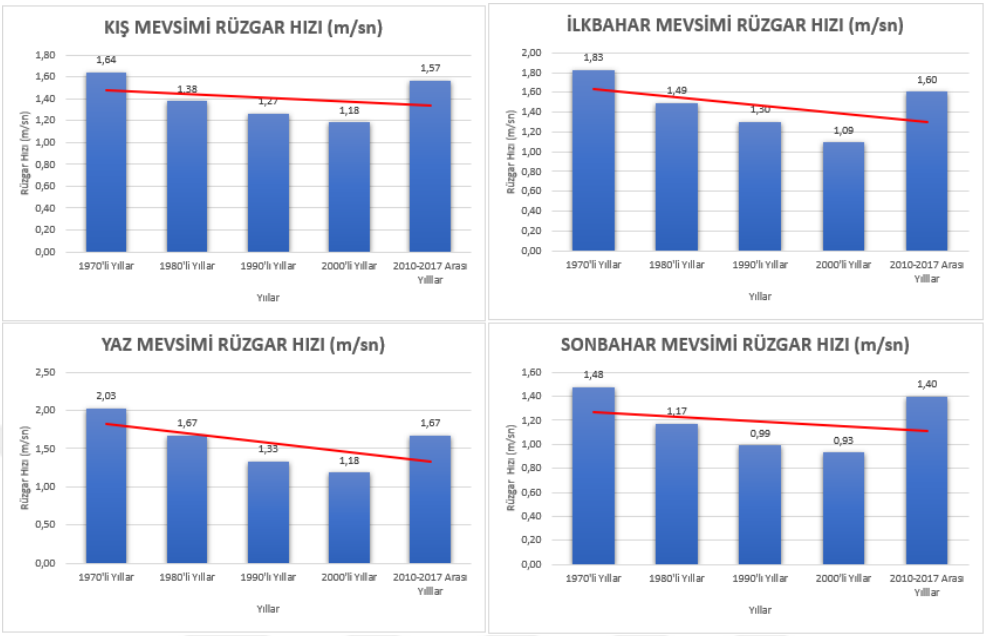
İklim değişikliğinin önemli parametrelerinden biride rüzgardır. Değişen iklim şartlarına göre rüzgar hızında, şiddetinde ve yönünde değişmeler yaşanacağına dair çalışmalar bulunmaktadır. Ve rüzgar hızının artmasıyla beraberinde kar, dolu, yağmur getirir. Küresel iklim değişikliği rüzgar hızında değişmelere sebep olmuştur bu yüzden bazı alanlarda rüzgar hızında artış yaşanırken genel olarak düşüşler yaşanacaktır. Akdeniz bölgesinde 1970 yılları ve 2017 yılları arası baz alındığında negatif trend söz konusudur. Rüzgarlar toplum hayatında da önemli bir yere sahiptir.

Ortalama rüzgar hızındaki değişimler potansiyel buharlaşmayı ve buna bağlı olarak su kaynaklarını ve kuraklığı etkileyebilir. Rüzgarın şiddetlenmesi sonucu kuvvetli yağmurlarla beraber sel riskine neden olmaktadır. Buda yüzey aşınmasına ve kuraklaşma da ormansızlaşmaya neden olmaktadır. Yağışların azalmasıyla sıcaklığın artmasına bağlı olarak rüzgar hızıyla beraber tarımsal ürünlerde azalma, orman yangınlarında artma, su seviyelerinde azalma, otlak ve orman alanlarında azalmalar görülür.



Şekil 4.12. Adana ili 1970-2017 yılları arası rüzgar hızları.

Adana ili için şekil 4.12'ye bakıldığında rüzgar hızının 1998 ila 2008 yılları arası ortalaması son 47 yılın en düşük rüzgar hızına sahip zaman aralığı kabul edilmiştir. Şekil de genel olarak aylık rüzgar hızında düşüşler yaşandığı görülmektedir.



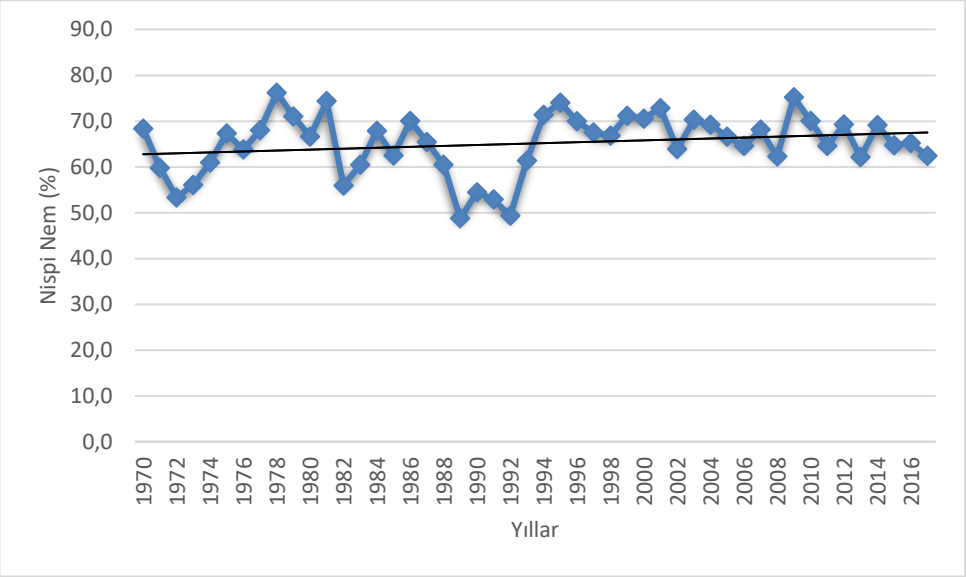
Şekil 4.13. Adana ili mevsimlere göre 1970'li, 1980'li, 1990'lı, 2000'li ve 2010'lu yıllardaki rüzgar hızları.

Şekil 4.13'te görüldüğü gibi rüzgar hızında azalmalar kış, ilkbahar, yaz, sonbahar mevsiminde de meydana gelmiştir. Özellikle sıcaklığın yaz ve ilkbahar mevsiminde fazla olmasından dolayı rüzgar hızında da azalmalar olduğundan kuraklık riskinin artmasında uygun iklim koşullarını oluşmaktadır. Bilhassa yaz ve ilkbahar mevsimlerinde ortalama rüzgar hızı değerleri 1,4 m/sn ile 1,1, m/sn civarlarındadır.

4.2.7. Aylık Ortalama Bağıl Nem

Büyük alana sahip su kütlelerinden buharlaşma sonucu transfer edilen nemin iklim parametreleri açısından önemi büyüktür. Nem havdaki su buharına bağlıdır ve bununla ifade edilir. Bağıl nem; mevcut sıcaklıkta ve basınçta havadaki su buharının mevcut sıcaklık ve basınçtaki havanın alabileceği maksimum su buharına oranına denir (Eken vd., 2008). Yüzde olarak belirtilen bağıl nem havanın

doygunluğa olan miktarını göstermiş olur. Bağıl nem atmosferdeki su buharı miktarına ve hava sıcaklığına bağlı olarak değişim göstermektedir. Atmosferin başlıca nem kaynakları okyanus, göller, denizlerdir. Göller, göletler, su kanalları, sulak alanlar ve barajlar ise ikincil nem kaynağı olarak değerlendirilirler.



Şekil 4.14. Adana ili 1970-2016 yılları arası nispi nem oranları

Şekil 4.14'e bakıldığında 1970 ila 1992 yılları arası nispi nem oranlarına bakıldığı zaman ortalamanın üzerinde bir trend gösterdiği görülmektedir. Bu artışın yüksek olmadığı da görülmektedir.

Sıcak havanın nem taşıma kapasitesi soğuk havanın nem taşıma kapasitesinden fazla olduğu için havanın su buharının miktarın da değişme olmadığı zaman sıcaklık azaldığında zaman bağıl nemde artma olur. Adana ilinde iklim özellikleri düşünüldüğünde yüksek nem oranlarının yaşandığı söylenebilir. Bu yüzden bu nem fazlalığı sıcaklığı yüksek oranda hissettirdiği için insanlara sıkıntı vermektedir.

Adana ili gerek coğrafi konumu gerek denize olan yakınlığı, barajları ve nehirleri aynı zamanda Çukurova'daki sulama sistemleri nem miktarının artmasına ve havanın ağırlaşmasına neden olmaktadır (Aksu 2016).

Her bir 1°C ısınmada hava %7 oranında daha fazla nem tutmaktadır. Bilim insanları, havanın sıcak olarak daha fazla nem tutma kabiliyeti nedeni ile atmosferik nemde bir artış gözlemlemişlerdir. Adana ili için Meteoroloji 6.Bölge Müdürlüğü'nden elde edilen 1970-2017 yılları arası nem verilerine bakıldığında çok az bir artıştan söz edebiliriz.

Daha sıcak bir atmosfer daha fazla su buharı tutabilir ve bu nedenle yağmur yağdığında daha fazla su alabilir. Bu durum Adana ilinde, ortalama yağış trendi azalan bir eğilim gösterse bile ani şiddetli yağışların miktarı ve sayısında artış meydana getirebilir.

4.3. Adana İli İklim Modeli ve Projeksiyonlarının Değerlendirilmesi

4.3.1. İklim Modeli Kavramı ve Senaryoları

Gelecekteki iklim değişikliklerinin sonuçlarını şimdiden kestirebilmek için iklim değişikliği senaryolarından faydalanılır. Küresel iklim modelleri (GCMs, genel dolaşım modelleri) küresel ortalama yüzey sıcaklığı gibi küresel iklim istatistiklerinin vasıflandırılmasında çok önemli bir işlevi yerine getirmektedirler. Ve bunlar atmosferdeki, okyanuslardaki, kriyosferdeki ve arazi yüzeyindeki fiziksel süreçleri temsil etmektedirler. GCMs modeli artan sera gazı salınım emisyonlarına iklim etkilerinin tepkisini göstermede en gelişmiş araçlardır.

IPCC 4. Değerlendirme Raporu'nun yayınlanmasının ardından gerçekleştirilen toplantıda IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda yer alan senaryolar ile ilgili bir dizi kararlar alınmış ve senaryoların ana hatları yeniden belirlenmiştir. Yeni iklim değişikliğinde SRES senaryolarının oluşturulmasında sıralı değerlendirme metodu yerine paralel değerlendirme metodu kullanılmıştır.

Geçmişte sıralı yaklaşım yönteminde çalışmalar uzun zaman aldığından, emisyon senaryolarının geliştirilmesi ve iklim model sonuçlarının etki değerlendirme araştırmalarında kullanımı arasındaki zamanı kısaltmak için yeni bir değerlendirme yaklaşımı oluşturulması düşünülmüştür. Sıralı değerlendirmenin aksine paralel yaklaşım eş zamanlı olarak çalışmaktadır.

Yeni konsantrasyon senaryoları Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP: Representative Concentration Pathways) olarak adlandırılmıştır. Işınımsal zorlama seviyeleri ve rotaları için 4 adet RCP tipi tanımlanmış ve bunlar ışınımsal zorlama değerleri en küçükten en büyüğe sırası ile RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5'tir (MGM, 2015).

RCP'ler SRES senaryoları açısından karşılaştırıldığında RCP8.5 senaryosunun A1F1 ve A2 ile RCP6.0 senaryosunun A1B ile yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1). B2 ve A1T senaryolarının RCP4.5 ve RCP6.0 arasında yer almaktadır. RCP4.5 ise B1 senaryosu ile paralellik göstermektedir ve RCP2.6 ise hiçbir senaryolar ile uyuşmamaktadır.

Çizelge 4.1. SRES ve RCP senaryoları için 2100 yılında yaklaşık eşdeğer CO_2 konsantrasyonlar (ppm) (IPCC, 2007).

SRES	RCP	2100 Yılında Yaklaşık Eşdeğer CO_2 Konsantrasyonları
A1FI		1550
	8.5	>1370
A1B		850
	6.0	850
B2		800
	4.5	650
B1		600
	2.6	490

Daha uzun dönemlerde iklim değişikliğinin anlaşılması amacıyla RCP senaryoları 2300 yılına kadar emisyon ve konsantrasyon seviyeleri uzatılmıştır. 2100 sonrasında RCP 2.6 ve RCP8.5 için sabit CO_2 emisyon ve konsantrasyon

seviyeleri öngörürken, RCP4.5 ve RCP6.0 2150'ye kadar kademeli şekilde CO_2 emisyon ve konsantrasyon değerlerinin sabitleneceği öngörülmektedir. 2250 yılında RCP8.5 CO_2 konsantrasyonunun 2000 ppm civarında sabitleneceğini öngörmektedir ve bu seviye endüstri öncesi seviyenin neredeyse 7 katı kadardır. 2070'ten sonra RCP2.6 ise emisyonların azalmaya başlayacağını, buna bağlı olarak konsantrasyonlarında 2300'e kadar zaman içerisinde azalarak 360 ppm seviyesini yakalayacağını öngörmektedir.

RCP8.5 yüksek, RCP2.6 ise düşük ışınımsal zorlama ve konsantrasyon rotasıdır. 2100 ila 2150 yılları arasında RCP4.5 4.5W/m^2'de sabitleneceği varsayılmaktadır. 2100 yılından sonra RCP6 6W/m^2'de sabitleneceği varsayılmaktadır. Ayrıca RCP4.5 ve RCP6 orta dengede tutuma rotasıdır. Ayrıca iki farklı orta rota konsantrasyonun olması RCP'lerin çalıştırılmasında büyük kolaylık sağlayacaktır (MGM, 2015).

4.3.2. İklim Modeli ve Projeksiyonu

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) Türkiye için ürettiği bölgesel ikilim projeksiyonları CMIP5 projesi kapsamındaki küresel modellere ve IPCC tarafından oluşturulan RCP senaryolarına dayanmaktadır. Senaryolardan orta olarak nitelendirebileceğimiz RCP4.5 ve kötümser olarak nitelendirebileceğimiz RCP8.5 seçilmiştir.

MGM'nin Türkiye ve bölgesi için ürettiği iklim projeksiyonları CMIP5 kapsamında üretilen küresel model veri setlerinden yaygın olarak kullanılan ve bölgeler için uygun 3 tanesinin; HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M, MPI-ESM-MR verilerinin kullanılması kararlaştırmıştır (MGM, 2015).

Adana ili için RCP4.5 ve RCP8.5 temsili konsantrasyon rotaları için elde edilen gelecek iklim simülasyonları ve incelenen parametrelerin referans dönemine göre 2100 yılına kadar farkları 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 yıllık dönemler için yıllık ortalama yağış ve sıcaklık trenleri halinde hesaplanmıştır. RegCM4.3

bölgesel iklim modelinin başlangıç ve sınır koşullarını oluşturan modeller hesaplanmıştır. Tabloda üç farklı küresel iklim modeli kullanılarak sıcaklık ve yağış anomalileri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Üç farklı iklim modeline göre sıcaklık ve yağış anomali değerleri.

	ZAMAN ARALIĞI	HADGEM2-ES		MPI-ESM-MR		GFDL-ESM2M	
		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RECP8.5
SICAKLIK °C	2016-2040	+1,5°C ile +2°C	+1,5°C ile +2°C	+1°C ile +1,5°C	+1,5°C ile +2°C	+1,5°C ile +2°C	+1,5°C ile +2°C
	2041-2070	+2°C ile +2,5°C	+3°C ile +3,5°C	+1°C ile +1,5°C	+2°C ile +2,5°C	+1,5°C ile +2°C	+3°C ile +3,5°C
	2071-2099	+3°C ile +3,5°C	+5°C ile +5,5°C	+1°C ile +1,5°C	+3,5°C ile +4°C	+1,5°C ile +2°C	+3,5°C ile +4°C
YAĞIŞ mm %	2016-2040	%5 - %10 düşüş	%5 - %10 artış	%25 - %30 düşüş	%15 - %20 düşüş	%10 - %15 düşüş	%10 - %15 düşüş
	2041-2070	%10 - %15 düşüş	%15 - %20 düşüş	%25 - %30 düşüş	%20 - %25 düşüş	%20 - %25 düşüş	%20 - %25 düşüş
	2071-2099	%10 - %15 düşüş	%15 - %20 düşüş	>%30 düşüş	>%30 düşüş	%15 - %20 düşüş	%25 - %30 düşüş

Doğu Akdeniz Bölgesi içerisinde bulunan Adana ili için bütün modellerde havza geneli ortalama sıcaklığında, 2071-2100 döneminde en az 2°C, en fazla 5,3ºC civarında artış yaşanması beklenmektedir. 2071-2100 döneminde referans döneme göre %15 oranında daha az yağış alacağı öngörülmektedir (Çizelge 4.2). Referans dönemler ise yukarılardaki daha önceki verilen trenlerdir. Sıcaklıklardaki artış ve yağışlardaki azalış son periyodlarda oldukça belirgin hale geleceği beklenmektedir.

4.3.3. Kuraklık

Kuraklık; normalin altında yağış, düşük toprak nemi, sıcak kuru hava gibi birçok etkenin bileşimine bağlıdır. Bunun için sıcaklık, yağış, toprak nem içeriği

gibi iklim ve hidrolojik değişkenler izlenmeli ve sapmaların trendleri gözlenmelidir. Kuraklığın bir diğer tanımı ise su arzının talebi karşılayamaması durumudur. Yağışların normal seviyelerin altına düşmesine bağlı olarak arazi ve su kaynakları olumsuz etkilenecektir. Sıcaklıklarda ki artış buharlaşmayı arttıracağından toprak su içeriğinde azalma ve kuraklık, sıcaklık artışıyla beraber gelen olaylar olacaktır. Kuraklık akarsular için düşük akımı ifade ettiğinden akım hızının azalması akarsuyun havalandırma potansiyelini azaltır. Akarsudan su sağlama, akarsuda ulaşım, elektrik üretimi, akarsuda balıkların ve diğer canlıların yaşamı ile çevre estetiği olumsuz şekilde etkilenir; akarsudaki erimiş madde yoğunluğu artar. Ve bu yüzden suyun kalitesi bozulmuş olur (Kadıoğlu 2012).

Türkiye gibi yarı kurak ve kurak iklim kuşaklarında bulunan ülkelerde en büyük problemlerden birisi kuraklıktır. İklim değişikliğine bağlı olarak ekolojik dengenin bozulması sonucu yeraltı ve yer üstü su kaynaklarının kuraklık nedeniyle yeterince beslenemediği ve yetersiz kaldığı, hatta bazı göllerin kuruduğu ve su seviyelerinin düştüğü görülmektedir.

Standart yağış indeksi (Standardized Precipitation Index - SPI) metodu ile yapılan kuraklık analizi sonuçlarına göre 2017 yılında Adana ilinin bulunduğu Akdeniz Bölgesinin doğusunda yer yer değişen şiddetlerde kuraklık yaşanmıştır. Ekstrem olaylardan olan kuraklık etkisi uzun sürer fakat yavaş gelişir. Akdeniz bölgesinde olduğu kadar ülkemizde de kış yağışları önemlidir. Aralık, ocak, şubat aylarında azalan yağış sadece tarımsal kuraklığa yol açmamakla beraber tarımsal verim düşüklüğünü, birçok üründe fiyat artışlarını, yer altı ve yer üstü sularının debilerinde azalmayı da getirmektedir. İlkbahar yağışlarının azalması ise tam bir felaketi getirmektedir. Buna bağlı olarak ilkbahar sıcaklıklarında ki artış yaz sıcaklıklarını takiben orman yangınlarının artmasında da etkili olacaktır (İçel 2009).

Seyhan Havzasında SYİ yöntemi ile yapılan kuraklık analiz sonuçlarına göre, 10 yıl ve daha büyük yinelenme yıllarında oluşacak kuraklıklar havzanın

tamamını etkileyecek yayılıma sahip olup, havzanın tamamı su kaynakları yönetimi bakımından risk altında olacaktır. Şen ve arkadaşlarının 1961-1990 yılları iklim parametrelerini (maksimum sıcaklık, rüzgar hızı ve günlük yağış, vb.,) referans alarak yapmış olduğu kuraklık projeksiyonunda 2071-2100 yılları arasında SPI değerlerinde Adana İli için 3 kata kadar kuraklıkta artış beklenmektedir (Şen vd., 2012).

Kuraklık riskiyle başa çıkmak için su havzalarının korunması, yağmur suyunun toprakla olan buluşmasını engelleyecek uygulamalardan uzak durmak gerekir çünkü bu uygulamalar yağmur suyunun yeraltına sızmasını engelliyor. Kuraklık riskinin sebep olduğu can ve mal kaybı için sosyo ekonomik çevresel etkenler belirlenmelidir. Tarım bitkilerinin suyu daha az çeken bitki desenleri kullanılmalıdır.

Tarımsal kimyasalların aşırı kullanılması ve drenajın sağlanamaması durumunda yağışlarla beraber yeraltı suyu kalitesine önemli zararları vardır. Örneğin; nitrat seviyelerinin yüksek olması, yeraltı suyunda pestisit oluşumu, göl ve rezervuarların ötrofikasyonu, toprak tuzlanması, yeraltı suyu seviyesinin düşmesi ve akarsulardaki düşük akım oluşması sorunlar arasında sayılmaktadır (Kadıoğlu 2008).

4.3.4. Deniz Seviyesinde Yükselme ve Sıcaklık Artışı

IPCC'nin beşinci değerlendirme raporuna göre; dünya genelinde deniz seviyesi, 1901 yılındaki seviyesinden 19 cm'den daha yüksektir ve halen ortalama 3,2 mm/yıl yükselmektedir. Kıyıların, iklim değişikliğine bağlı deniz seviyesinin yükselmesi sebebiyle kıyı erozyonu da dahil olmak üzere artan risklere maruz kalacağı tahmin edilmektedir. Deniz seviyesinin yükselmesi sonucunda verimli toprakların kaybı, yeraltı sularına tuzlu su girişimi yaşanacaktır. Deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı habitatlarının kaybına ve tatlı su kaynaklarına tuzlu suyun girmesine neden olabilmekte bunun sonucunda da kıyı deniz ve tatlı su

sistemlerinin ve buna bağlı balıkçılık üretiminin azalmasına neden olabilmektedir (Atar vd., 2018).

Çizelge 4.3. Deniz seviyesi değişiminin Adana iline alansal etkisi (Geymen vd., 2016).

Senaryo yılı	Deniz Seviyesi Değişimi (m)	Adana ili yüzölçümü (km^2)	Deniz seviyesi etki alanı (km^2)	Etki alanın il yüzölçümüne oranı (%)
2100	0.83	13844	113	0.82
2200	2.03	13844	382	2.76
2300	3.59	13844	652	4.71
2400	5.17	13844	899	6.49
2500	6.63	13844	1013	7.31

Çizelge 4.3'e bakıldığında deniz seviyesi değişiminin en çok etkilendiği kıyı ili olan Adana iline ait alansal etki boyutlarını göstermektedir. Su seviyesindeki bu yükselme doğanın yaşam dengesinin bozulmasına neden olacaktır. Bu alansal değişimler, kıyı bölgelerinde gelecekte nerelerin risk altında olacağını göstermektedir.

Deniz suyunun fiziksel özelliklerinden sıcaklık artışı ile diğer fiziksel ve kimyasal özellikler de zincirleme olarak birbirini etkilemektedir. Deniz sularının ısınması ile yetiştiricilik yapılan özellikle su kütlelerinde ötrofikasyon, alg patlamaları, çözünmüş O_2 miktarında azalma, karasallaşma ve bunlara bağlı olarak paraziter hastalık potansiyelinde artış ve sonrasında ise plankton varlığında değişiklikler olacağı öngörülebilir. Denizlerdeki sıcaklık artışına bağlı olarak biyoçeşitlilik değişim göstermiş ve Akdeniz'de daha önce rastlanmayan lesepsiyen türlere rastlanmaya başlamış ve tür sayısının da artış yaşanmıştır. Deniz sıcaklığının yüksek olması resif ekosisteminin zarar görmesi riskini taşır ve El

Nino olayının etkisiyle dünya mercanlarının yaklaşık % 16'sının yok olmasına neden olduğu bildirilmektedir (Handisyde vd., 2006).

Çizelge 4.4. 1970-2018 Yılları Arasında Akdeniz Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı (http-5, 2018).

Akdeniz Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı (ºC)				
1970 li yıllar	1980 li yıllar	1990 lı yıllar	2000 li yıllar	2010 lu yıllar
20,9 °C	21,1 °C	21,1 °C	21,7 °C	22,0 °C

Çizelge 4.4'e bakıldığında ortalama deniz suyu sıcaklığında 2018 yıılına geldiğinde giderek arttığı görülmektedir.

4.3.5. Seller

Akdeniz Bölgesi, daha çok kış mevsiminin sonları ile ilkbahar mevsiminin başlarında en kuvvetli yağışlarını alırken, seller en fazla kısa süreli sağanak yağışlardan kaynaklanmaktadır. Adana ili için yağış trendlerine bakıldığında özellikle ilkbahar mevsiminde yağışlar artan bir trend sergilerken yine bu mevsimde yağışlı gün sayılarının azaldığı görülmektedir. Bu durum daha fazla yağışın daha az zaman diliminde düşmesi anlamına gelip Adana ili için İlkbahar mevsiminde sel riskinin artan bir trendde seyrettiği söylenebilir.

Kış mevsiminde Akdeniz (Cenova, Doğu Akdeniz) ve İzlanda üzerinden gelen hava akımları ve bunlara bağlı olarak meydana gelen yağışlar ile ilkbaharda kar erimeleri sellere neden olur. Seyhan ve Ceyhan havzalarında özellikle ilkbahar aylarında Doğu Toroslar üzerinde yükselen hava kütleleri orografik yağışlara, bu yağışlar ve taşınan ılık hava, yükseklerdeki kar örtüsünün hızla erimesine neden olur. Böylece Seyhan ve Ceyhan akarsu havzalarında ilkbahar mevsiminde sık sık taşkınlar meydana gelir (Özcan 2006).

Sel felaketi sonucu salgın hastalıklar insanlara içme ve kullanım suları aracılığı ile çok daha etkili bir şekilde bulaşırken, tornado (hortum) gibi felaketler

su kaynaklarına daha az etki ederek sularla yayılan bulaşıcı hastalık riskini düşük düzeylerde tutmaktadır. Şiddeti ölümcül düzeyde olsun ya da olmasın meydana gelen sellerin taşıdığı sular insan ve hayvan atıklarıyla temasta bulunarak içme ve kullanma sularını kirletmekte ve insan sağlığını büyük ölçüde tehlikeye atmaktadır (Özcan 2006).

Meteoroloji 6. Bölge Müdürlüğü'nden elde edilen verilerle hazırlanan maksimum yağış ve yağışlı gün sayılarına bakıldığında; maksimum yağış grafiklerinde genel anlamda bir artış trendi mevcut iken, yağışlı gün sayıları ve ortalama aylık yağış miktarlarında azalma meydana gelmesi Adana ili için sel riski trendinin gittikçe artış gösterdiği yorumu yapılabilir.

4.3.6. Orman Yangınları

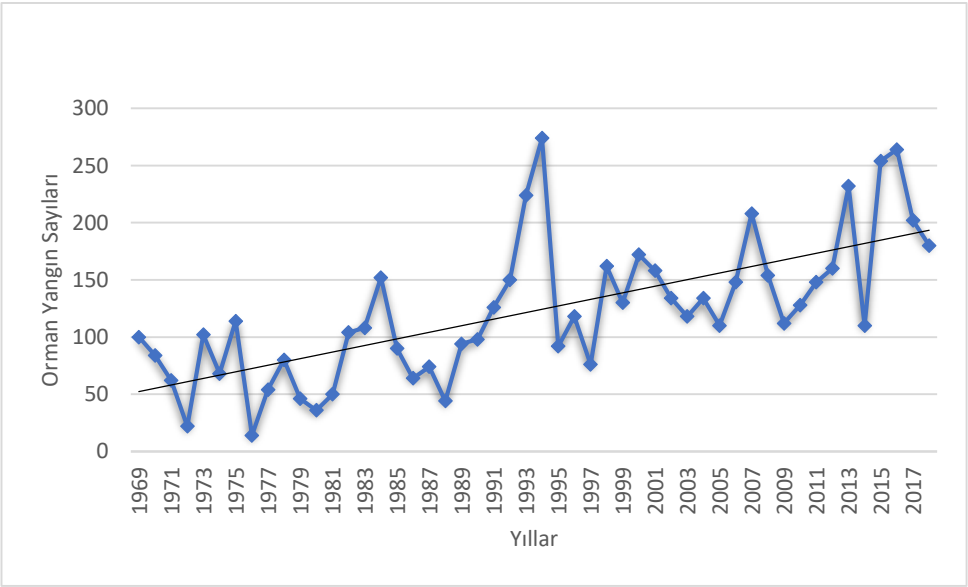
IPCC'ye göre gelecekte meydana gelecek olan iklim değişikliği Türkiye'de; sıcak ve kurak dönemin uzunluğundaki ve şiddetindeki artışa bağlı olarak, orman yangınlarının sıklığını, etki alanını ve süresini artırabilecektir. Türkiye'de orman sayılan alanların % 58'ini oluşturan 120 milyon dönüm, orman yangını çıkma ihtimalinin en yüksek olduğu Ege ve Akdeniz Bölgeleri'nde bulunmaktadır.

Özellikle yaz aylarında iklim değişikliğine bağlı sıcaklık değerlerinin artmasıyla yaşanan ormanlar için büyük tehdit oluşturan yangınlar, çok uzun bir sürede yetişebilen ağaçların bir anda elden gitmesine, doğal dengenin bozulmasına, ormanda yaşayan tüm canlı türlerinin ve doğal yaşam ortamlarının yok olmasına, topraktaki organik maddelerin yitirilmesine neden olmaktadır.

Orman yangınları, orman arazileri ile bitkilerin yapısını, gelişimini, büyümesini ve bulunuş yerlerini etkileyerek özellikle karbon döngüsünde ve biyojeokimyasal döngüler üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır (UNDP). Bitkilerde büyüme döneminde su içeriğinin en düşük düzeyde olması ve fön rüzgarlarının etkisiyle toprak üzerindeki yanıcı maddelerin nem içeriğinin

azalması, orman yangınlarında bu dönemde bir artış oluşturur (UNDP). Orman ve çalı yangınlarının oluşmasında ve ilerlemesinde yüksek hava sıcaklığı, düşük nispi nem ve yüksek rüzgar hızı rol oynamaktadır.

Önemli yangınlarda ölü örtülerin ve bitki örtüsünün çoğu yok olabilir. Bu nedenle toprak yüzeyine ulaşan net yağış miktarı artış gösterir. Ölü örtü ve çürümüş organik maddeler toprağın yüzeyini örtmesinden dolayı yangından sonra bu koruyucu tabakaların ortadan yok olması ile birlikte toprak erozyonu ve yüzey akış miktarlarında artış meydana gelir. Sonuç olarak yangının yaşandığı sahalarda evapotranspirasyonun azalması ile birlikte gerçekleşen yağışın daha fazla kısmı toprağa ulaşarak yüzeysel akışa geçmektedir. Buda yüzeysel akış ile beraber toprak kayıplarını ve akarsulara daha fazla sediment taşınımına neden olmaktadır (Aydın vd., 2017). Yüzeysel su kaynaklarına ulaşan bu sedimentler su kalitesi üzerinde çeşitli olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Öte yandan yangın sırasında oluşan dumanın su kaynaklarının üzerine çökmesi sonucu da su kalitesinde değişiklikler olabilmektedir.



Şekil 4.15. Adana ili 1969-2017 yılları arası orman yangınları sayısı.

Şekil 4.15'e bakıldığı zaman Adana ili içerisinde meydana gelen orman yangınlarının yıllara göre artan bir trend içerisinde olduğu görülmektedir. Artan sıcaklık ve yağış grafikleriyle bu durumun paralellik gösterdiği görülmektedir. Artan sıcaklıklar ve azalan yağışlar orman yangın sayısını pozitif yönde etkileyecektir. Adana ilindeki sıcaklık ve yağıştaki yerel değişiklikler, orman yangınlarının oluşumunu, zamanlamasını, sıklığını, kapsamını ve yoğunluğunu etkileyebilir. Orman yangınları direk insan kaynaklı olmamakla beraber iklim değişikliği ile beraber Adana ilinde beklenen yağıştaki azalışlar, artan sıcaklık ve kuraklıklar orman yangınlarının artmasında tetikleyici bir faktör olması beklenmektedir. Bu değerlendirmeler ışığında Adananın içme suyunun sağlandığı Çatalan Baraj gölünün de zaman içerinde bu olumsuzluklardan etkilenmesi olasıdır. Göle ulaşan sediment ve diğer atmosferik kirleticilerin suyun arıtılması sırasında farklı davranışlar göstermesi beklenmelidir.

4.3.7. Rüzgar

İklim değişikliğine bağlı olarak meteorolojik olay olan rüzgarların hızında ve yönünde değişiklikler yaşanacaktır. Rüzgar hızı değişikliklerinin kurak ve yarı kurak ortamların gelişimine, toprak nemine, buharlaşmaya ve su kaynaklarına olan etkisi önemlidir. Rüzgarların hızı arttıkça beraberinde şiddetli yağmur, kar ve dolu yağışını getirdiği görülür ve doğaya, insana vermiş olduğu zararlar da artar. Fırtına afet riskinin insanlara ve çevreye verdiği hasar dışında, etkileri ile diğer afetleri tetiklemesi de önemli bir olaydır. Örnek olarak orman yangınlarının en önemli nedenlerinden birisi de fırtına sonucu zarar gören enerji nakil ve dağıtım hatlarının yangınların başlangıcına yol açmasıdır (UNDP).

Fırtınaya sebep olan termodinamik parametrelerden olan atmosferdeki su buharında ve sıcaklıktaki artışlar fırtınaların da arttığını göstermektedir. Ekvator ve kutuplar arasındaki sıcaklık gradyanı rüzgarı küresel seviyede devam ettirmekten sorumludur. Bu tür küresel rüzgar düzenindeki değişiklik, daha etkili yerel

gradyanlar nedeniyle yerel rüzgar koşullarını değiştirebilir. Ayrıca topoğrafya, nem, arazi kullanımı, su kütleleri, El Nino /La Nina fenomenleri gibi bölgeye özgü faktörler bölgesel sıcaklığı ve dolayısıyla rüzgarı etkileyebilir (Kulkami vd., 2013).

Küresel iklim değişikliğiyle sıcaklık trendlerinde artışlar yaşanmıştır. 1940 ila 2010 yılları arasındaki zamanlarda ise meteorolojik karakterli doğal afetler içerisinde fırtınalar ve kuvvetli fırtınaların yüzdesi % 6 artmıştır ve gerçekleşme oranı % 33'e çıkmıştır (UNDP). Denizler üzerinde oluşan fırtına olayları, gemilerde büyük can ve mal kayıplarına, sahil ve sahile yakın yerleşim alanlarında, özellikle rüzgar yönündeki dağ yamaçlarında aşırı yağışlara, sellere ve bu nedenlerden dolayı insan ve hayvan kayıpları ile birlikte büyük maddi zararlara yol açarlar.

Sıcaklık artışları kutuplarda ekvatorlara göre daha hızlı arttıkça, sıcaklık gradyanının daha küçük hale gelmesi Akdeniz Bölgesi gibi orta ve üst enlemlerdeki bölgelerde rüzgar hızını azaltabileceğini gösterir. Bu olay Adana ilindeki rüzgar hızlarının neden bir azalma trendinde olduğunu açıklayabilir. Yine aynı durumda fırtına izlerinde yapılan çalışmalarda kuzey yarım kürede fırtınaların kuzeye doğru kaydığı görülmektedir. Bu durum yüksek enlemlerde şiddetli veya aşırı rüzgarları arttıracakken, Akdeniz Bölgesi gibi güney bölgelerde yer alan bölgelerde aşırı rüzgar ve şiddetli fırtınaların sayısını azaltacaktır (Kulkami vd., 2013).

4.4. İklim Değişikliği ve Su Yönetiminde Risk Etmenleri

Nüfus artışıyla beraber su kaynaklarına olan talebin artması, ekonomik sektörlerin su ihtiyacının gittikçe artma eğilimi ve su kalitesinin düşmesi gibi faktörler nedeniyle su kaynaklarının doğru bir şekilde kullanılması ve yönetilmesinin önemi su ve iklim güvenliğinin sağlanması açısından daha da artmaktadır. Su güvenliği, bir toplumun içme ve kullanma suyuna erişiminin sürdürülebilirliğinin sağlanması denilebilir. Küresel ölçekte yaşanan iklim

değişikliği ile ilgili tüm göstergeler durumun giderek kötüleştiğini ve risk etmenlerinin belirlenerek düzenleyici önlemler alınmazsa su sıkıntısının daha da artacağına işaret etmektedir.

İklim değişikliği sonucu yaşanacak su sıkıntısına karşı geliştirilebilecek çözümlerin temelinde, su sıkıntı oluşturacak bileşenlerin iyi irdelenerek, etkisinin azaltılmasına yönelik önlemlerin alınması gerecektir. Toplumun enerji, gıda, içme ve kullanma suyu amaçlı taleplerini karşılamaya yönelik çok sayıda baraj ve sulama kanallarını içeren su kaynakları yönetimi anlayışı benimsenmiştir. Su kaynakları, sürdürülebilirliğinin ve ekolojik prensipler çerçevesinde geliştirilen ve iklimle ilişkili risk ve etkilerin de bir arada değerlendirildiği havza yönetimi yaklaşımı ile yönetilmektedir. Su kaynaklarındaki değişiklik tarım, sağlık, enerji, altyapı gibi sektörleri de önemli derecede etkilemektedir (Tuğaç 2014).

İklim değişikliği sonucunda meydana gelecek olan su kaynaklarının azalması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme, gibi çevresel sorunlarla birlikte atmosfer giderek ısınacak, aşırı hava olaylarının sayısı ve sıklığı artacaktır. Şüphesiz ki bu olaylar su kaynakları üzerinde direk ve dolaylı yönden olumsuz etkiler yaratacaktır. Adana ilinde artan sıcaklıklar, azalan yağışlar, artan nem tarım sektörü üzerinde direk ve dolaylı etkilerinin olması beklenmektedir. Bu durum iklim değişikliği neticesinde dolaylı olarak meydana gelen su kaynaklarındaki azalmalar yine su potansiyelleriyle alakalı olarak risk teşkil etmektedir.

4.4.1. İklim Değişikliği ve Yeraltı Suyu Kaynakları

Seyhan Havzası için yeraltı suyu hidrojeolojik rezervi hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu potansiyeli 112 km^3 olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı 70 km^3 olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda senaryolara göre havzanın hidrojeolojik rezervinde %5 ve mümkün rezervinde ise %8 oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir (OGM, 2016).

Aşağı Seyhan Ovası yeraltı suyu kaynakları, iklim değişikliklerinden önemli derecede etkilenecektir. Havza akiferi için iklim modellerine göre yeraltı suyu kaynaklarının iklim değişikliklerine karşı yüksek derecede duyarlı oldukları anlaşılmıştır. Bu sebeple iklim değişikliğinin, yeraltı suyu potansiyelinde önemli azalmalara neden olacağı beklenmektedir. Havzadaki akifer, kuzeyden yeraltı suyu akışı ile havza üzerine düşen yağışlardan beslenmektedir. Her iki kaynakta yağış azalmasına bağlı görülecek düşme, Seyhan havzası yeraltı su miktarının azalmasına neden olacaktır.

Yüzey su potansiyelinin azalmasıyla yeraltı su kaynaklarının sulama amacıyla kullanımını artıracaktır. Bunun sonucu olarak da daha çok su çekimi yapılacağından yeraltı suyu seviyesinde önemli düşmeler ve tuzlu su girişleri meydana gelecektir. Yeraltı suyu modeline göre, tuzlu su girişim uzunluğunun yeraltı suyu düzeyindeki düşüme karşı duyarlı olduğunu göstermektedir ve bu durum yeraltı suyunun tuzluluğu deniz tuzluluğunun %25'ine ulaşacağını gösterir. Gelecekte yeraltı suyunun kuyularla çekiminde %50 oranında oluşacak artışın, 2080 yılı sonunda tuzlu su girişiminin kara içine doğru 10 km kadar ilerlemesine neden olacağını göstermektedir Depolamada ki azalma, doğal olarak yeraltı suyu kalitesinde de bozulmaya sebep olacaktır (Baştuğ vd., 2010).

İklim değişikliğinin sonucu olarak havzadaki yeraltı su kaynaklarının hacimlerinde küçülme ve kalitesinde azalma beklenmektedir. Bu olaylar olmaya başladığında su kaynağında fazla oranda madde, patojen ve kirlilik taşıma riski başlayacaktır. Bu kirleticiler aslında yer altı suyu rezervlerinde bulunmaktadır ancak yağış trendlerinde ki artış bunları deşarj edilen sulara aktaracaktır. Kuraklık koşulların yaşanacağı yerlerde bulunan az miktarlardaki sularda düşük kalitede olacaktır. İklim değişikliğinin sonucu olarak yağış ve akıştaki azalma sudaki kirlilik konsantrasyonunun artmasına neden olmakta ve böylece su kanalları ve içme suyu rezervuarlarında mikropların artma riskini ortaya koymaktadır (Tuğaç., 2014).

4.4.2. İklim Değişikliği ve Yüzeysel Akış

Seyhan havzası için DSİ verisine göre havzanın ortalama brüt su potansiyeli 8.711 milyon m^3/yıl olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile 2071-2100 döneminde iklim projeksiyonlarına göre havzanın brüt su potansiyelinde ortalama %30'lara varan azalma meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, verilen dönemlerde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, su açığının yaklaşık 2.325 milyon m^3/yıl olması beklenmektedir (OGM, 2016).

Tatlı su kaynakları sanayi, kentleşme ve tarımsal faaliyetler sonucu kirlendiğinde kendi kendini temizlemesi konusunda sınırlı kapasiteye sahiptir ve iklimin etkisiyle kirlenme riskini tetikleyerek arttırmaktadır. İklim değişikliğine bağlı olarak gelişim gösteren su kalitesindeki azalma su kıtlığının asıl kaynağı olabilir. Ayrıca su kalitesindeki düşüş, yüzey suyu akışının hızlanması ve yağışın fazlalaşmasından da kaynaklanabilir. Çünkü bunlar olduğunda su daha fazla oranda madde, patojen ve kirlilik taşımaya başlayacaktır. İklim değişikliğine bağlı su sıcaklığındaki artış da benzer biçimde su kalitesindeki düşüşün en önemli kaynaklarından biridir. Sıcaklık artışı bakteri ve mikropları aşırı miktarda arttırmakta bu da insan sağlığı riskini ortaya koymaktadır. Ayrıca sıcaklığa bağlı olarak ekosistemde yer alan başka canlılar zarar görebilmektedir. Su kütlesinin sağlığı, biyolojik bozunma karşısında kendini ve sudaki çözünmüş oksijen oranını yenileme kapasitesine bağlıdır. Sudaki sıcaklık arttıkça taşıdığı oksijen miktarı azalmaktadır. Dolayısıyla yağış olduğunda kirleticiler su kanallarına ve içme suyu rezervuarlarına gitmekte ve bu da sağlığımızı negatif yönde etkilemektedir (Tuğaç 2014).

İklim değişiminin, Adana ilindeki Aşağı Seyhan Sulama sistemi üzerine olan etkisi nehirdeki akış miktarına bakılarak gerçekleşen su çekimi, su sağlama ve su istemi gibi konular üzerinde durulmuştur. Nehirlerden gerçekleştirilen su çekimi ile var olan akış arasındaki oran su stresini göstermektedir. Bu oranın 0.4'ü aştığı

bir bölgede yüksek su stresinin olduğu; yani suya aşırı bir istemin bulunduğu varsayılmaktadır. Şimdiki koşullarda Seyhan Nehri için, anılan değer, 0.4 dolayındadır. Gelecek dönemde iklim değişikliği senaryolarına göre, 0.6-0.8 arasında 0.6-1.2 arasında olacağı kestirilmiştir. Çalışmada Seyhan Barajı'nın doluluk oranı da, iklim değişimi sürecinde irdelenmiştir. Barajdaki su miktarına göre, gelecekte senaryo 4,5'e göre barajın doluluk oranı, daha az ve bazı durumlarda boş senaryo 8,5'e göre ise sıklıkla boşalacağı belirlenmiştir (Baştuğ vd., 2010).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye'nin Doğu Akdeniz Kıyılarında sıcaklıklarda artış ve yağış trendlerinde azalış görülmektedir. Yağış trendlerinde yaşanan yıllar arası değişim ile birlikte kuraklaşma, sel ve ormansızlaşma eğilimleri arasındaki ilişki detaylı olarak ele alınmıştır. Çalışma alanında uzun yıllar içindeki meteorolojik özellikleri, yer altı ve yer üstü sularında meydana gelen değişimler, topraklarda meydana gelen sıcaklık değişimleri ve aralarındaki ilişkiler ortaya konulmuştur.

Küresel iklim değişikliğinin oluşturduğu kuraklık günümüzde birçok şehrimizi büyük risklerin tehdidi altında bulundurmaktadır. Meteoroloji kaynaklı afetler sonucunda ortaya çıkabilecek kayıp ve zararların, can, mal, mülk ve çevre açısından çok büyük boyutlarda olabileceği bilinmektedir. Bu su yapılarının amaçlarına uygun faaliyet gösterebilmesi ancak yağışın yeteri kadar düşmesi ile mümkündür. Bilindiği gibi buharlaşma, küresel ısınmanın artmasıyla beraber şiddetli ve uzun süreli kuraklıklar görülecektir. Bu nedenle su kaynakları, yağışa bağlı olan kuru tarım ve hidroelektrik enerji üretimi ciddi bir şekilde etkilenecektir.

Hidrolojik döngüdeki değişimler, sulama ve su sağlama problemlerinin yanı sıra ani sel olaylarında da artış yaşanacaktır. Suların ısınması, tarımsal kirlilik ve atık suların neden olduğu ötrofikasyon, denizlerde su seviyesinin yükselmesi ile birlikte su bitkilerinin artmasına, karasallaşma problemleri ve suda oksijen yetersizliği gibi sorunlara yol açtığı bu nedenlerle kitle halinde balık ölümlerine sebep olduğu görülmüştür hatta bazı yeni türlere rastlanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, iklim değişikliğinin etkisi altında ülkemizin en önemli havzalarından biri olan Doğu Akdeniz Bölgesi Çukurova Deltasında meteorolojik faktörlerin (sıcaklık, yağış, nem vb.,) havza bünyesindeki su kaynaklarına etkilerinin ne boyutta olduğu ve olacağının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2100 yılı için elde edilen göreli deniz seviyesi artışının Çukurova Deltası ortalama deniz seviyesinin 3.4 ± 0.1 mm/yıl hızla yükseldiği öngörülmüştür. Çukurova Deltası kıyısal alanındaki tarım alanlarının % 68'inin, lagünler dahil sulak alanların tamamının, yerleşim yeri/sahiller ve çıplak alanların %77'sinin ve ormanlık alanların ise %62'sinin su baskınından etkilenmesi beklenmektedir. Burada deniz seviyesi yükselme hızları dikkate alındığında, Çukurova Deltası kıyısal alanında kıyı çizgisinin yıllık ortalama 41 cm, karaya doğru ilerlediği 45000 m^2 kumsalın erozyona maruz kalabileceği tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak su seviyesinin yükselmesi ile birlikte su bitkilerinin artmasına, karasallaşma problemine ve suda oksijen yetersizliğine yol açtığını kitle halinde balık ölümlerine ve biyoçeşitliliğin değişimine de sebebiyet verecektir. Su sıcaklığının artması sonucunda ise tarımsal kirlilik ve atık suların neden olduğu ötrofikasyona neden olacaktır.

Adana ili Seyhan Havzası'na ait iklim değişikliği senaryoları ve söz konusu değişikliğin havzadaki su potansiyeli üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Havzadaki yüzeysel ve yeraltı suyu kaynaklarının mevcut durumu ile söz konusu kaynakların havzadaki su hareketleri incelenmiştir. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRMCM5.1 iklim modelleri ile RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları verilerine göre 2015-2100 periyodu için gerçekleştirilen iklim projeksiyonları kullanılarak sıcaklık, yağış, ve bağıl nem olmak üzere pek çok trendlerin değişimleri elde edilmiştir.

Tüm model sonuçlarına göre en fazla %21 oranında yağış azalması, en fazla sıcaklık ise 5,3 ^0C olacağı öngörülmektedir. Projeksiyonlar için model sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, havzada yağışın azaldığı ve bu azalma değerlerinin, havzanın güney ve orta kesimlerinde daha yoğun hissedileceği tahmin edildiği belirlenmiştir. Bu nedenle havzadaki su potansiyelinin azalması ve su ihtiyacının artması ile sonuçlanmıştır. Model sonuçlarına göre yağışlardaki değişimlere bağlı olarak havzadaki toplam kullanılabilir su rezervinde de

değişimler olacağı öngörülmektedir. 2015'ten itibaren projeksiyon dönemi sonuna kadar su ihtiyacının havzada büyük ölçüde sağlanamadığı ve su açığının neredeyse tüm dönemler boyunca hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. Tüm senaryolarda maksimum %27 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmüştür. Havzada ki senaryolara göre yeraltı suyu potansiyelinin genel olarak azalacağı öngörülmektedir. Yeraltı suyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %2 gibi düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Ayrıca değişik iklim modelleri ve senaryoları çerçevesinde sırasıyla %5 ve %8 oranında azalacağı tahmin edilmektedir.

Yağış eksikliği nedeniyle görülecek düşme, Çukurova Deltası yeraltı su miktarının azalmasına neden olacaktır. Su potansiyelindeki azalma, yeraltı su kaynaklarının sulama amacıyla kullanımını artıracaktır. Bunun sonucunda daha çok su çekimi yapılacağından yeraltı suyu düzeyinde önemli düşmeler ve tuzlu su girişleri meydana gelecektir. Depolamadaki azalma, doğal olarak yeraltı suyu kalitesinde de bozulmaya neden olacaktır. Barajdaki su miktarına göre, şimdiki zamanda su istemi karşılanmakta fakat senaryolara göre gelecekte barajın doluluk oranın su isteminin artması ve yağışın azalmasıyla beraber giderek azaldığı tespit edilmiştir.

Yağış miktarı ve şiddetine bağlı olarak Adana ilinde son yıllarda sel ve taşkınların görülme sıklığı daha da arttığı belirlenmiştir. Birkaç yılda bir defa gerçekleşen sel ve taşkın afeti son yıllarda yılda bir iki defa gerçekleştiği tespit edilmiştir. Kısa süreli ve ani yağışlar, erozyonu arttırdığı gibi, insan faaliyetlerinin etkisi ile sel riskini de arttırmaktadır. Yağış değişimlerine bağlı olarak meteorolojik kaynaklı kuraklaşma dikkati çeken önemli noktalardan biridir.

Çarpık şehirleşme, aşırı nüfus artışı ve sanayinin yarattığı su talebi, şehir su şebekelerinde su sızıntıları, su sıkıntısının tek çözümünün baraj yapmak ve boru döşemek olarak algılanması, su havzalarının amaç dışı kullanılması ve kirletilmesi

ile iklim değişiminin etkilerinin görülmeye başlamasının işaretlerinden birisidir. Kuraklığın, selin, taşkının afet sayılmaması, kuraklığa, sele ve taşkına gerekli önemin verilerek izlenmemesi, bu afetlerle mücadele planları ile mücadele edilmemesi, risk yönetimi yerine kriz yönetimi uygulanıyor olunması, su kullanımında doğru teknoloji kullanılmaması ve uygulamalarda bulunulmaması kaynaklarımızın azalmasını tetiklemektedir.

Su Kaynaklarının Korunması Noktasında Alınması Gereken Önlemler:

Su kaynaklarının kirlenmesini önlemek amacıyla suyun verimli kullanılmasını sağlayacak, tedbirler geliştirilmeli ve yanlış sulama önlenmelidir.

Yer altı su kaynaklarının aşırı kullanımı ve yanlış yönetim organizasyonundan kaynaklanan sorunlar çözümlenmelidir. Bozulmuş yeraltı akiferlerin restorasyonu planlanmalıdır.

Gelecekte özellikle kıyı kesimlerinde oluşabilecek tuzluluk sorununu önlemek için, ilgili bölgelerdeki çiftçilerin yeraltı suyu kullanmayı durdurmaları ve doğru tekniklerle sulama yapmaları gerekecektir.

Su havzalarının planlaması yapılarak tarım alanlarında suyu daha az tüketen bitkilerin yetiştirilmesine dikkat edilmeli ve damla sulama gibi sistemler teşvik edilmelidir.

Kuraklık problemleri için dayanıklı bitki türleri geliştirilmeli ve üretimi yapılmalıdır.

Su kullanımında evlerde, işyerlerinde, tarım ve sanayi de tasarruf tedbirleri ve sulama tekniklerinin iyileştirilmesine yönelik tedbirler alınmalıdır.

Dere yataklarının üzerine taşkınların önlenmesi amacıyla sel kapanları gibi taşkın önleme teknikleri uygulanmalıdır. Ayrıca taşkın riski taşıyan derelerin ıslahına öncelik verilerek etkiler azaltılmalıdır.

Göçlere bağlı nüfus artışı ve çarpık kentleşme faktörleri göz önünde bulundurularak yerleşim planlarının oluşturulması, yerleşmelerde alt yapı sorunlarının giderilmesi sağlanmalıdır.

Barajlarda buharlaşmayı azaltıcı önlemler alınarak kullanılabilir su potansiyelinin arttırılması sağlanmalıdır.

Elde edilen verilere göre su kaynaklarında yaşanacak riskler için iklim değişikliğine uyum faaliyetleri ve afet yönetim planları oluşturulmalıdır.

Su kaynakları yatırımlarının ve tesislerin planlanması ve işletilmesinde iklim değişimi etkilerinin de göz önünde bulundurulmalıdır.

Su şebekesindeki kayıp kaçak oranlarının azaltılması toplam su tüketimini azaltacaktır.

Endüstrilerin üretim proseslerini daha az su kullanan prosesler ile değiştirmesi ve halkın daha az su kullanımı konusunda tasarruflu ev aletleri kullanımının arttırılması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Aksu, H.H. (2016). Adana'nın Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Nem Dağılışı, TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, International Geography Symposium 13-14 Ekim 2016 /13-14 October, Ankara s. 845-858.

Atar, H.H., Kızılgök, A. B. (2018). Küresel Isınmanın Balıkçılığa Etkileri. Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi, 2018,53 (3) :1102-1125.

Aydın, M., Ugış, A., Akkuzu, E., Ünal, S. (2017). Orman Yangınlarının Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri. KÜ, Orman Fakültesi Dergisi. 17 (4): 554-564 Derleme Makale, Kastormanu.

Baetting, M.B., Wild, M., Imboden, D.A. (2007). A climate change index: Where climate change may be most prominent in the 21st century. Geophysical Research Letters,Vol.34, No.1.Bannayan, M., Parisa.

Baştuğ, R., Büyüktaş, D., Ünlü, M., Kapur, B., Kanber, R. (2010). Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynakları ve Tarımsal Sulamaya Etkileri. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi; s 83-118.

Berberoğlu, S., Dönmez, C., Özkan, C., (2007b). Seyhan Havzası Orman Verimliliğinin Envisat MERIS Veri Seti kullanarak Modellenmesi, 1. Türkiye İklim Değişikliği Sempozyumu, İstanbul.

Calculator, W. (2018). The Impact of Climate Change on Water Resources.https://www.watercalculator.org/water-use/climate-change-water-resources/

Delpla, I., Jung, A. V., Baures, E., Clement, M., Thomas, O. (2009). Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. Environment International, 35(8), 1225-1233.

Dünya Bankası Raporu, (2010). Hallegatte S, Lecocq F, Perthuis C, Policy Research Working Paper 5568, Designing Climate Change Adaptation Policies An Economic Framework, Dünya Bankası.

Eken, M., Ceylan, A., Taştekin, A.T., Şahin, H., ve Şensoy, S. (2008). Klimatoloji II, DMİ Yayınları, Ankara.

EM-DAT, (2005). The OFDA/CRED International Disaster Database - www.em-dat.net, Univeriste Catholique de Louvain-Brussels-Belgium.

Ezber, Y., Lütfi, Ö., Karaca, M. (2006). Investigation of urbanization effects on climate in İstanbul: Using statistical and dynamical techniques. Geophysical Research Abstracts.

Geymen, A., Dirican, A.Y. (2016). İklim Değişikliğine Bağlı Deniz Seviyesi Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Analiz Edilmesi, Harita Teknolojileri Elek. Der., 8(1), 65-74. doi: 10.15659/hartek.16.04.308.

Gleıck, P.H. (1996). Water resources. In Encyclopedia of Climate and Weather. vol. 2. ; 817-823.

Göncü, S., Albek, E.A., Albek M. (2017). Burdur, Eğirdir, Sapanca ve Tuz Gölleri Su Seviyelerinin Nonparametrik İstatistik Yöntemler ile Eğilim Analizi, Araştırma Makalesi AKÜ FE MÜBİD 17 025401 ss. 555-570.

Handisyde, N.T., Ross, L.G., Badjeck, M.C., Allison, E.H. (2006). The effects of climate change on worldaquaculture: A global perspective, The threat to fisheries and aquaculture from climate change, World Fish Center, Policy Brief, Penang, Malaysia.

Hekimoğlu, B., Altındeğer, M. (2008). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Samsun: T.C. Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü.

http-1, 2019. https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx > alındığı tarih 25.03.2019

http-2, 2019. http://bit.ly/if-annual-report-2018 > alındığı tarih 20.10.2019

http-3, 2018. http-1. (2018, Temmuz 28). *Nufusu*. https://www.nufusu.com/il/adana-nufusu adresinden alındı

http-4, 2018.http-2 <http:// www.cukurovadeltasi.org/index.html > alındığı tarih 02.12.2018

http-5, 2018. Meteoroloji Genel Müdürlüğü: http://www. meteor.gov.tr.

IPCC, (1996a). Climate Change 1995, The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton J, T., et al., eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.

IPCC, (2001). Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of Interngovernmental Panel on Climate Change. s. 398-400.

IPCC, (2001a). Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

IPCC, (2007). IPCC 4.Değerlendirme Raporu, www.ipcc.ch.

IPCC, (2008). IPCC AR4, SYR Appendix Glossary, Retrieved 14 December 2008.

IPCC, (2013).IPCC 5. Değerlendirme Raporu- 1. Çalışma Grubu: İklim Değişikliğinin Fiziksel Bilim Temeli Climate Change: The Physical Science Basis).

IPCC, (2018). IPCC Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Org., Geneva, Switzerland, 32 pp.

İçel, G., (2009). Türkiye'nin Doğu Akdeniz Kıyılarında Sıcaklık ve Yağış Trend Analizleri ve Ekstrem Hadiseler, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kadıoğlu, M., (2008). Küresel İklim Değişikliği ve Uyum Stratejileri. Kar Hidrolojisi Konferansı, 27-28 Mart, DSİ VII. Bölge Müdürlüğü Erzurum s. 69-94.

Kadıoğlu, M. (2012). Türkiye'de İklim Değişikliği Risk Yönetimi. Türkiye'nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi.

Karabulut, M., Cosun, F. (2009). "Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi", Coğrafi Bilimler Dergisi, s. 7 (1), ss. 65-83.

Karaman, S., Gökalp, Z. (2010). Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi,3 (1): 59-66.

Kılıç, S. (2008). Küresel İklim Değişikliği Sürecinde Su Yönetimi. İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi ss. 161-186.

Kibaroğlu, A. (2002). Küresel İklim Değişikliğinin Sınıraşan Su Kaynakları Politikasına Etkileri, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi. ss. 347,355.

Köle, M.M. (2012). İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Yönetimine Etkisi, (Doktora Tezi), Ankara Örneklemi Üzerinde.

Kulkami, S., Deo, M. C., Ghosh, S. (2013). Impact ıf Climate Change on Local Wınd Conditions. *Proceedings of HYDRO 2013 INTERNAIONAL*. Madras, Indıa.

Kump, R.L., Kastıng F.K., Grane, G.R. (2009). The Earth System - New Jersey: Third ed.;241,242.

MGM, (2015). Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği, Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara.

MGM, (2017). Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı Hidrometeoroloji Şubesi.

NASA, (2019e). The Effects of Climate Change https://climate.nasa.gov/effects/a > alındığı tarih: 12.10.2019

NRC, (2010). Advancing the Science of Climate Change, National Research Council. The National Academies Press, Washington, DC, USA.

OGM, (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu Yönetici Özeti. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Özcan, E., (2006). Sel Olayı ve Türkiye., Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, GÜ, Cilt 26, Sayı 1 35-50.

Özdemir, A.D., Yazıcı, D. D., Yağımlı, N., Pılgır, F. (2009). İklim Değişikliği Etkilerine Uyum (Adaptasyon). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, Ocak.

Özgür, B. (2019). The Assessment of Socıo-economıc Impacts of Clımate Change ın Rural Areas: The Case of Konya. A Thesıs Submıtted to The Graduate School of Natural and Applıed Scıences of Mıddle East Technıcal Unıversıty. 1-259.

Silkin, H. (2014). İklim Değişikliğine Uyum Özelinde Bazı Uygulamaların Türkiye Açısından Değerlendirilmesi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Orman ve Su İşleri Uzmanlık Tezi, Ankara.

Şahin, S. (2013). Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye'deki Su Kaynaklarına Etkileri, (Yüksek Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, , ss 61.

Şen, B., Topçu, S., Türkeş, M., Şen, B., Warner, J. F. (2012). Projecting Climate Change, Drought Conditions and Crop Productivity In Turkey. *Climate Research*, 175-192.

Şen, Z. (2009). Kuraklık, Afet ve Modern Hesaplama Yöntemleri 1. Baskı. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.

Tuğaç, Ç. (2014). İklim Güvenliği Açısından Su Kaynaklarının Yönetimi. Çağdaş Yerel Yönetimler, Cilt 23, Sayı 3 Temmuz, s. 1-30.

Türkeş, M., (2007). "Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen Ve Öngörülen Değişiklikler", I. İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK, 38-53.

Türkeş, M., Erlat, E. (2003). Precipitation Changes And Variability In Turkey Linked To The North Atlantic Oscillation During The Period 1930-2000. International Journal Of Climatology, 23: 1771-1796.

Türkeş, M., Erlat, E. (2005). Climatological Responses Of Winter Precipitation In Turkey To Variability Of The North Atlantic Oscillation During The Period 1930-2001. Theoretical And Applied Climatology 81: 45-69.

Türkeş, M., Erlat E. (2006). Influences Of The North Atlantic Oscillation On Precipitation Variability And Changes In Turkey. Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics And Space Physics 29: 117-135.

Türkeş, M., Sümer, U. M., Çetiner, G. (1999a). 'İklim Değişikliğinin Bilimsel Değerlendirilmesi', Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, Çevre Bakanlığı, Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrol Genel Müdürlüğü, 52-66, Ankara.

Türkeş, M. (1998). İklimsel Değişebilirlik Açısından Türkiye'de Çölleşmeye Eğilimli Alanlar, DMİ/İTÜ, II. Hidrometeoroloji Semp. Bild., Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü, Ankara.

Türkeş, M. (1997a). Hava Ve İklim Kavramları Üzerine, TÜBİTAK Bilim Ve Teknik Dergisi, 355, 36-37, Ankara.

Türkeş, M. (1998c). A Preliminary Assessment of the Western Black Sea Floods in May 1998, Turkey, Unpublished Study, July 1998. State Meteorological Service, Ankara.

Türkeş, M. (1999). Vulnerability Of Turkey To Desertification With Respect To Precipitation And Aridity Conditions. Tr. J. Of Engineering And Environmental Science, 23:363-380.

Türkeş, M. (2001). Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi: 1: 187-205, Ankara

Türkeş, M. (2008a). Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen Ve Öngörülen Değişiklikler. İklim Değişikliği Ve Çevre, Su Vakfı, 1:45-64.

Türkeş, M. (2008b). İklim değişikliği ve küresel ısınma olgusu: Bilimsel değerlendirme. İçinde: E. Karakaya (ed.), Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi, 21-57, Bağlam Yayınları No. 308: İstanbul.

Türkeş, M. (2012). Türkiye'de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi 4(2), 1-32 (2012).

UNDP, (2010a). *UNDP-Thematic Brief: Climate Risk Management (CRM).* Bureau for Crisis Prevention and Recovery Bureau for Development Policy/Energy and Environment Group**.**

UNDP, (2010b). Climate Risk Management Technical Assistance.

UNFCCC, (2007). Climate Change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries. Boon. Pp.25.

WHO, (1996). Climate Change and Human Health, McMichael, A. J., et al., eds., An Assessment Prepared by a Task Group on behalf of the World Health Organization (WHO), the World Meteorological Organization (WMO) and the United Nations Environment Programme (UNEP), Geneva.

WMO, (1997). Extreme Agrometeorological Events, CagM-X Working Group, WMO/TD-No. 836, Geneva, Switzerland.

WMO, (1999). WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1998, WMO-No. 896, World Meteorological Organization, Geneva.

WWF, (2008). Kuraklık Değerlendirme Raporu.

Yıldız, H., Demir, C., Gürdal, M.A., Akabalı, O.A., Demirkol, E.Ö., Ayhan, M.E., Türkoğlu, Y. (2003). Erdek Ve Menteş Mareoğraf İstasyonlarına Ait 1984-2002 Yılları Arası Deniz Seviyesi Ve Jeodezik Ölçülerin Değerlendirilmesi, Antalya-II, Bodrum-II, Harita Dergisi Özel Sayı No:17, Ankara.

Yıldız, K., Sipahioğlu, Ş., Yılmaz, M. (2005). Çevre Bilimi, Gündüz Yayıncılık, Ankara, s.126.

ÖZGEÇMİŞ

Durdane KURT, 24.04.1993 tarihinde Osmaniye' de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini bu şehirde tamamladı. Lisans öğrenimine 2013 yılında Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde başladı ve 2017 yılında mezun oldu. 2017 yılında Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı ve 2020 yılında öğrenimini tamamladı.