T.C.

HARRAN ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANA BİLİM DALI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NİN KLİMATOLOJİK ZAMAN DİZİLERİNİN ÇÖZÜMLENMESİ VE ÇÖLLEŞMEYE EĞİLİMLİ ALANLARIN BELİRLENMESİ

Betul İZOL

ŞANLIURFA - 2023

T.C.

HARRAN ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANA BİLİM DALI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NİN KLİMATOLOJİK ZAMAN DİZİLERİNİN ÇÖZÜMLENMESİ VE ÇÖLLEŞMEYE EĞİLİMLİ ALANLARIN BELİRLENMESİ

Betul İZOL

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hurşit YETMEN

ŞANLIURFA - 2023

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAY SAYFASI

Dr. Öğr. Üyesi Hurşit YETMEN danışmanlığında, Betul İZOL'ün hazırladığı **"**Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Klimatolojik Zaman Dizilerinin Çözümlenmesi Ve Çölleşmeye Eğilimli Alanların Belirlenmesi**"** konulu bu çalışma 28/07/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Harran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

☒ Oybirliğiyle / ☐ Oy çokluğu ile

İmza

Danışman	Dr. Öğr. Üyesi Hurşit YETMEN	
Üye	Prof. Dr. Sabri KARADOĞAN	
Üye	Prof. Dr. Sedat BENEK	

Bu tezin Coğrafya Ana Bilim Dalında yapıldığını ve enstitümüz kurallarına göre düzenlendiğini onaylarım.

Prof. Dr. Şevket ÖKTEN
Enstitü Müdürü

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

b) Tez, HÜBAK'tan Bilimsel Araştırma Projesi mali destek ☐Almıştır ☐Almamıştır.

T.C.

HARRAN ÜNİVERSİTESİ

TEZLİ YÜKSEK LİSANS

ORİJİNALLİK RAPORU ve BEYAN FORMU

ÖĞRENCİNİN	
Öğrenci No	215225007
Adı / Soyadı	Betul İZOL
Anabilim Dalı/Programı	Coğrafya / Tezli Yüksek Lisans
Tez Konusu	Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Klimatolojik Zaman Dizilerinin Çözümlenmesi Ve Çölleşmeye Eğilimli Alanların Belirlenmesi

SOSYAL ENTSİTÜTÜ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Yukarıda başlığı belirtilen Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Klimatolojik Zaman Dizilerinin Çözümlenmesi Ve Çölleşmeye Eğilimli Alanların Belirlenmesi çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 99 sayfalık kısmına ilişkin, 20/06/2023 tarihinde şahsım/ danışmanım tarafından **Turnitin** adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, benzerlik oranı % 2'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
2- Kaynakça hariç
3- Alıntılar hariç/dâhil
4- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini ve Harran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü "Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Klimatolojik Zaman Dizilerinin Çözümlenmesi ve Çölleşmeye Eğilimli Alanların Belirlenmesi" adlı çalışması Orijinallik Raporu alınması ve kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim. Etik ihlal tespiti halinde, Enstitü yönetim kurulunca, diplomamın iptal edilmesini kabul ediyorum.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

28/07/2023
Hazırlayan:
Betul İZOL

Yukarıda yer alan raporun ve beyanın doğruluğunu onaylarım. 28./07/2023
Dr. Öğr. Üyesi Hurşit YETMEN
(Danışman)

ÖZET

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NİN KLİMATOLOJİK ZAMAN DİZİLERİNİN ÇÖZÜMLENMESİ VE ÇÖLLEŞMEYE EĞİLİMLİ ALANLARIN BELİRLENMESİ

İZOL, Betul

Yüksek Lisans Tezi

Coğrafya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hurşit YETMEN

Haziran, 2023, 99 sayfa

Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası arazi bozulumu ve çölleşme süreçlerinden diğer birçok bölgeye göre daha fazla etkilenmektedir. Özellikle ülkemizde Güneydoğu Anadolu Bölgesi bu açıdan etkilenebilirlik derecesi en yüksek olan hassas yerlerden biri olduğu için kuraklık olaylarına eğilimlidir. Ne yazık ki iklim değişikliği/değişkenliği ve kuraklıkla birlikte şiddetlenen çölleşmenin insan kaynaklı bir fenomen olduğunu kabul etmek önem arz etmektedir. Herhangi bir yere özgü biyofiziksel, ekonomik, politik, sosyal sistemlerle birlikte çölleşme, karmaşık ve çok yönlü doğası gereği çevre- insan etkileşimlerinden kaynaklanır. Küresel ısınma ve iklimdeki geniş dalgalanmalar yağış modellerini de etkilediği için yağışın mevsimsel dağılımında ve yoğunluğunda değişikliklere neden olmaktadır. Yıl boyunca veya mevsimsel olarak önemli ölçüde değişkenlik gösteren yağışlar kuraklık ve dolayısıyla çölleşme açısından pozitif bir geri besleme yaratmaktadır. Bu çalışmada çölleşmenin nedenleri, sonuçları ve kuraklık, aridite gibi kavramlar geniş literatür taranarak açıklanmaya çalışılmıştır. Araştırmanın ana amacı çalışma sahası olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çölleşme süreçlerinin ulaştığı boyutu tespit etmektir. Bu nedenle bölgeyi temsil eden 19 istasyona ait Meteoroloji Genel Müdürlüğünün uzun dönemli yağış ve sıcaklık verilerinden yararlanılmıştır. Çölleşmenin niceliğini ve alansal dağılımını ortaya koymak için Aridite indeksi (Aİ) kullanılmıştır. Uzun süreli yağış ve kuraklıkta meydana gelen dalgalanmalar ise yıllık kuraklık indeksi ve normalize edilmiş yağış anomalisi indeksi (NYİ) zaman serileri kullanılarak incelenmiştir.

Ayrıca yağış ve sıcaklık zaman dizilerinde gözlenen eğilimlerin istatistiksel anlamlılığı ve doğası parametrik olan en küçük kareler doğrusal regresyon (EKKD) ve parametrik olmayan M-Mann Kendall yöntemleri ile çözümlenmiş, istatistiksel olarak anlamlı olup olmadıkları da 0,05 anlamlılık (%95 güvenirlilik) düzeyinde sınanmıştır. Buna göre hem yıllık hem de mevsimlik açıdan sıcaklık ve yağış eğilimlerinde istasyonların çoğunda anlamlı sonuçlara ulaşılmıştır. Yağış değişkenliği açısından değişim katsayısı hesaplanarak alansal dağılımı jeoistatistiksel bir modelle haritalandırılmıştır. Öte yandan yapılan kuraklık indeksine göre bölge genelinin çölleşmeye açık olduğu saptanmıştır. Bu durumu bitki örtüsü dinamiklerindeki değişimler de desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Aridite indisi, çölleşme ve kuraklık, iklim değişikliği/değişkenliği, trend analizi, doğrusal regresyon, M-Mann Kendall

ABSTRACT

ANALYSIS OF CLIMATOLOGICAL TIME SERIES OF SOUTHEAST ANATOLIAN REGION AND DETERMINATION OF DESERTIFICATION PRONE AREAS

İZOL, Betul

Master's Thesis

Department of Geography

Advisor: Assoc. Prof. Dr Hurşit YETMEN

June, 2023, 99 pages

The Mediterranean Basin, including Turkey, is more affected than many other regions due to the processes of land degradation and desertification. Especially in our country, the Southeastern Anatolia Region is prone to drought events as it is one of the most vulnerable places in this respect. Unfortunately, it is important to accept that desertification, which is exacerbated by climate change/variability and drought, is an anthropogenic phenomenon. Desertification, together with biophysical, economic, political, and social systems specific to any location, results from environment-human interactions due to its complex and versatile nature. Global warming and wide fluctuations in the climate cause changes in the seasonal distribution and intensity of precipitation as they also affect precipitation patterns. Precipitation, which varies significantly throughout the year or seasonally, creates a positive feedback in terms of drought and thus desertification. This study tried to explain the causes and consequences of desertification and concepts such as drought and aridity by scanning the extensive literature. The main purpose of the study is to determine the extent of desertification processes in the Southeastern Anatolia Region, which is the study area. For this reason, long-term precipitation and temperature data of the General Directorate of Meteorology belonging to 19 stations representing the region were used. The Aridity index (AI) was used to reveal the quantity and spatial distribution of desertification. Long-term precipitation and fluctuations in drought were investigated using annual aridity index and normalized precipitation anomaly index (NPAI) time

series. In addition, the statistical significance of the trends observed in the precipitation and temperature time series were analyzed by parametric least squares linear regression and non-parametric M-Mann Kendall methods, and their statistical significance was tested at the 0.05 significance level (95% reliability). Accordingly, significant results were obtained in most of the stations in terms of temperature and precipitation trends, both annually and seasonally. The coefficient of variation in terms of precipitation variability was calculated and its spatial distribution was mapped with a geostatistical model. On the other hand, according to the aridity index, it was determined that the region in general is open to desertification. Changes in vegetation dynamics also support this conclusion.

Keywords: Aridity index, desertification and drought, climate change/variability, trend analysis, linear regression, M-Mann Kendall

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI II
ORİJİNALLİK RAPORU ve BEYAN FORMU III
ÖZET IV
ABSTRACT VI
İÇİNDEKİLER VIII
KISALTMALAR X
TABLOLAR LİSTESİ XI
ŞEKİLLER LİSTESİ XII
EKLER LİSTESİ XV
GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM

1.1. ÇALIŞMA SAHASININ YERİ, SINIRLARI VE GENEL COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ 5
1.2. ÇALIŞMANIN AMACI, ÖNEMİ VE SINIRLILIKLARI 8
1.3. LİTERATÜR ÖZETİ 10
1.4. MATERYAL, METOT ve TEKNİKLER 15
1.4.1. Sıcaklık, Yağış ve Uydu Verileri 15
1.4.2. Modifiye Mann- Kendall Yöntemi ve Sen Eğim Metodu (Sen's Slope) 16
1.4.3. En küçük Kareler Doğrusal Regresyon Yöntemi (EKKDR) ve *Student T* Sınaması 17
1.4.4. Aridite Kuraklık İndeksi 19
1.4.5. Thornthwaite Yöntemi İle Potansiyel Evapotranpirasyon Hesabı 20
1.4.6. Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) 21
1.4.7. Normalleştirilmiş Yağış Anomalisi İndisi 22
1.4.8. Yağış Değişkenlik Katsayısı 22
1.4.9. Kriging Yöntemi 22
1.4.10. NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) 23

İKİNCİ BÖLÜM

2.1. ÇÖLLEŞME, KURAKLIK VE ARİDİTE 24
2.2. ÇÖLLEŞMEYE NEDEN OLAN SÜREÇLER 27
2.2.1. Toprağın Bozulması 28
2.2.1.1. Fiziksel Bozulma 28
2.2.1.2. Kimyasal Bozulma 32
2.2.1.3. Biyolojik Bozulma 37
2.2.2. Kuraklık ve İklim Değişikliği / Değişkenliği 38

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3.1. ARAŞTIRMA BULGULARI 41
3.1.1. Yağış Özellikleri 41
3.1.2. Sıcaklık Özellikleri 45
3.1.3. Yıllık Yağış Dizilerindeki Eğilimler 50
3.1.4. Mevsimlik Yağış Dizilerindeki Eğilimler 51
3.1.5. Yıllık Ortalama Sıcaklık Dizilerindeki Eğilimler 59
3.1.6. Mevsimlik Ortalama Sıcaklık Dizilerindeki Eğilimler 60
3.1.7. Yıllık Ortalama Minimum Sıcaklık Dizilerindeki Eğilimler 65
3.1.8. Yıllık Ortalama Maksimum Sıcaklık Dizilerindeki Eğilimler 66
3.1.9. Aridite Kuraklık İndeksi Sonuçlarının Çölleşme Açısından Değerlendirilmesi 67
3.1.10. Normalleştirilmiş Yıllık Yağış Anomalisi indisi ve Yıllık Kuraklık İndisi Dizilerindeki Değişimler 70
3.1.11. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık ve Mevsimlik Yağış Değişkenliğinin Dağılışı 76
3.1.12. Bitki Örtüsü Dinamiklerindeki Değişim 81

SONUÇ VE TARTIŞMA 86
KAYNAKÇA 90
EKLER

KISALTMALAR

AI **:** Aridity Index (kuraklık indeksi)

BMÇMS **:**Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi

BMİDÇS **:** Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

CBS **:** Coğrafi Bilgi Sistemleri

CORİNE **:**Coordination of Information the Environment (Çevresel Bilginin Koordinasyonu)

CO_2 **:** Karbondioksit

ÇEM **:** Çevre ve Erozyonla Mücadele

EKKDR **:**En küçük Kareler Doğrusal Regresyon Yöntemi

FAO **:** Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)

H_2SO_4 **:** Sülfürik Asit

HNO_3 **:** Nitrik Asit

IPCC **:** Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)

NDVI **:**Normalized Difference Vegetation Index (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)

NYİ **:** Normalleştirilmiş Yağış Anomalisi İndisi

SO_2 **:** Kükürtdioksit

UNCCD **:** United Nations Convention to Combat Desertification (Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi)

UNESCO **:** United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: İstasyon Verilerine Ait Yıl Periyodları 15

Tablo 2: Türkiye'de Kurak ve Nemli Bölgeler 20

Tablo 3: Yıllık Ortalama Toplam Yağışların Modifiye Mann-Kendall (M-MK) Test Sonuçları 55

Tablo 4: Kış Mevsimi Yağışlarının Modifiye Mann-Kendall (M-MK) Test Sonuçları 56

Tablo 5: Sonbahar Mevsimi Yağışlarının Modifiye Mann-Kendall (M-MK) Test Sonuçları 57

Tablo 6: Yaz Mevsimi Yağışlarının Modifiye Mann-Kendall (M-MK) Test Sonuçları 58

Tablo 7: İlkbahar Mevsimi Yağışlarının Modifiye Mann-Kendall (M-MK) Test Sonuçları 58

Tablo 8: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin İlçe Düzeyindeki Bitki Örtüsünün 1990-2018 Yıllarına ait Corine Veri Kaynakları 85

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Lokasyon Haritası 6
Şekil 2: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Yağışın Mevsimlere Dağılışı 41
Şekil 3: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Yağış Miktarının Dağılışı 42
Şekil 4: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Kış Yağış Miktarının Dağılışı 43
Şekil 5: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin İlkbahar Yağış Miktarının Dağılışı 44
Şekil 6: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Sonbahar Yağış Miktarının Dağılışı 44
Şekil 7: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yaz Yağış Miktarının Dağılışı 45
Şekil 8: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Ortalama Sıcaklık Dağılışı 46
Şekil 9: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Kış Ortalama Sıcaklık Dağılışı 47
Şekil 10: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yaz Ortalama Sıcaklık Dağılışı 48
Şekil 11: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Sonbahar Ortalama Sıcaklık Dağılışı 49
Şekil 12: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin İlkbahar Ortalama Sıcaklık Dağılışı 50
Şekil 13: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin M-MK Yıllık Yağış Trendi 51
Şekil 14: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin M-MK Kış Yağış Trendi 52
Şekil 15: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin M-MK Sonbahar Yağış Trendi 53
Şekil 16: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin M-MK İlkbahar Yağış Trendi 53
Şekil 17: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin M-MK Yaz Yağış Trendi 54
Şekil 18: Ergani Yıllık Yağış Trendi 55
Şekil 19: Nusaybin Kış Yağış Trendi 56
Şekil 20: Çermik Sonbahar Yağış Trendi 57
Şekil 21: Siverek Yaz Yağış Trendi 58
Şekil 22: Cizre İlkbahar Yağış Trendi 59
Şekil 23: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Ortalama Sıcaklık Trendi (EKKDR) 60
Şekil 24: Siirt'in Yıllık Ortalama Hava Sıcaklığının Değişimi ve Doğrusal Eğilimi 60
Şekil 25: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Kış Ortalama Sıcaklık Trendi (EKKDR) 61
Şekil 26: Adıyaman'ın Kış Ortalama Hava Sıcaklığının Değişimi Ve Doğrusal Eğilimi 61
Şekil 27: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Sonbahar Ortalama Sıcaklık Trendi (EKKDR) 62

Şekil 28: Gaziantep'in Sonbahar Ortalama Hava Sıcaklığının Değişimi ve Doğrusal Eğilimi 62
Şekil 29: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin İlkbahar Ortalama Sıcaklık Trendi (EKKDR) 63
Şekil 30: Diyarbakır'ın İlkbahar Ortalama Hava Sıcaklığının Değişimi ve Doğrusal Eğilimi 63
Şekil 31: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yaz Ortalama Sıcaklık Trendi (EKKDR) 64
Şekil 32: Akçakale'nin Yaz Ortalama Hava Sıcaklığının Değişimi ve Doğrusal Eğilimi 64
Şekil 33: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Ortalama Minimum Sıcaklık Trendi (EKKDR) 65
Şekil 34: Şanlıurfa'nın Yıllık Ortalama Minimum Hava Sıcaklığının Değişimi ve Doğrusal Eğilimi 66
Şekil 35: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Ortalama Maksimum Sıcaklık Trendi (EKKDR) 67
Şekil 36: Mardin'in Yıllık Ortalama Maksimum Hava Sıcaklığının Değişimi ve Doğrusal Eğilimi 67
Şekil 37: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Kuraklık İndeksi 69
Şekil 38: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Kuraklık İndeksi 69
Şekil 39: Adıyaman-Mardin-Kâhta İstasyonlarının Normalleştirilmiş Yıllık Yağış İndeksi 71
Şekil 40: Adıyaman-Mardin-Kâhta İstasyonlarının Uzun Süreli Yıllık Kuraklık İndeksi 71
Şekil 41: Batman-Diyarbakır İstasyonlarının Normalleştirilmiş Yıllık Yağış İndeksi 72
Şekil 42: Diyarbakır-Batman İstasyonlarının Uzun Süreli Yıllık Kuraklık İndeksi 72
Şekil 43: Şanlıurfa-Nusaybin İstasyonlarının Normalleştirilmiş Yıllık Yağış İndeksi 73
Şekil 44: Şanlıurfa-Nusaybin İstasyonlarının Uzun Süreli Yıllık Kuraklık İndeksi 73
Şekil 45: Ceylanpınar-Akçakale İstasyonlarının Normalleştirilmiş Yıllık Yağış İndeksi 74

Şekil 46: Ceylanpınar-Akçakale İstasyonlarının Uzun Süreli Yıllık Kuraklık İndeksi 74
Şekil 47: Siirt-Ergani-Çermik İstasyonlarının Normalleştirilmiş Yıllık Yağış İndeksi 75
Şekil 48: Siirt-Ergani-Çermik İstasyonlarının Uzun Süreli Yıllık Kuraklık İndeksi 75
Şekil 49: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Yağış Değişkenliğinin Yıllık Dağılışı 77
Şekil 50: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Kış Yağış Değişkenliğinin Dağılışı 78
Şekil 51: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yaz Yağış Değişkenliğinin Dağılışı 79
Şekil 52: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin İlkbahar Yağış Değişkenliğinin Dağılışı 79
Şekil 53: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Sonbahar Yağış Değişkenliğinin Dağılışı 80
Şekil 54: Karacadağ'ın 1986 Yılı Haziran Ayına ait NDVI Analizi 82
Şekil 55: Karacadağ'ın 2022 Yılı Haziran Ayına ait NDVI Analizi 83
Şekil 56: Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1990 Yılı Bitki Örtüsü Haritası 84
Şekil 57: Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2018 Yılı Bitki Örtüsü Haritası 84

EKLER LİSTESİ

EK-1: Yıllık ve Mevsimlik Ortalama Hava Sıcaklık Değerlerinin Student t Sonuçları Ek. s1

EK-2: Yıllık Ortalama Hava Sıcaklık Değerleri (Siirt, Gaziantep, Kilis, Adıyaman, Şanlıurfa) Ek. s2

EK-3:Yıllık Ortalama Hava Sıcaklık Değerleri (Mardin, Batman, Ergani, Çermik, Kahta) Ek. s3

EK-4:Yıllık Ortalama Hava Sıcaklık Değerleri (Siverek, Hilvan, Bozova, Nusaybin, Cizre) Ek. s4

EK-5: Yıllık Ortalama Hava Sıcaklık Değerleri (Birecik, Ceylanpınar, Akçakale, Diyarbakır) Ek. s5

EK-6: Yıllık Ortalama Maksimum Hava Sıcaklık Değerleri (Siirt, Gaziantep, Kilis, Adıyaman, Şanlıurfa) Ek. s6

EK-7: Yıllık Ortalama Maksimum Hava Sıcaklık Değerleri (Mardin, Batman, Ergani, Çermik, Kahta) Ek. s7

EK-8: Yıllık Ortalama Maksimum Hava Sıcaklık Değerleri (Siverek, Hilvan, Bozova, Nusaybin, Cizre) Ek. s8

EK-9: Yıllık Ortalama Maksimum Hava Sıcaklık Değerleri (Birecik, Ceylanpınar, Akçakale, Diyarbakır) Ek. s9

EK-10: Yıllık Ortalama Minimum Hava Sıcaklık Değerleri (Siirt, Gaziantep, Kilis, Adıyaman, Şanlıurfa) Ek. s10

EK-11: Yıllık Ortalama Minimum Hava Sıcaklık Değerleri (Mardin, Batman, Ergani, Çermik, Kahta) Ek. s11

EK-12: Yıllık Ortalama Minimum Hava Sıcaklık Değerleri (Siverek, Hilvan, Bozova, Nusaybin, Cizre) Ek. s12

EK-13: Yıllık Ortalama Minimum Hava Sıcaklık Değerleri (Birecik, Ceylanpınar, Akçakale, Diyarbakır) Ek. s13

EK-14: Yıllık Ortalama Toplam Yağış ve Düzeltilmiş Evapotranspirasyon (MM) (Siirt, Gaziantep, Kilis, Adıyaman) Ek. s14

EK-15: Yıllık Ortalama Toplam Yağış ve Düzeltilmiş Evapotranspirasyon (MM) (Şanlıurfa, Mardin, Batman, Ergani) Ek. s15

EK-16: Yıllık Ortalama Toplam Yağış ve Düzeltilmiş Evapotranspirasyon (MM) (Çermik, Kahta, Siverek, Hilvan) Ek. s16
EK-17: Yıllık Ortalama Toplam Yağış ve Düzeltilmiş Evapotranspirasyon (MM) (Birecik, Ceylanpınar, Akçakale, Diyarbakır) Ek. s17
EK-18: Yıllık Ortalama Toplam Yağış ve Düzeltilmiş Evapotranspirasyon (MM) (Bozova, Nusaybin, Cizre) Ek. s18

GİRİŞ

Çölleşme süreci ve arazi bozulumu; küresel, bölgesel, yerel ölçeklerde ortaya çıkan ciddi bir çevresel ve sosyo-ekonomik problemdir (Higginbottom ve Symeonakis, 2014; Yang vd.; Brabant, 2010; Türkeş, 2012a). Dünya çapında bir olgu olan çölleşme, ekosistemlerin doğal potansiyelinde azalmaya neden olan ayrıca kırsal nüfusu iklim değişkenliklerine, gıda kıtlığına ve doğal afetlere karşı kırılgan hale getiren bir arazi degradasyonudur. Arazinin üretim potansiyeli açısından geri dönüşü mümkün olmayan sonuçlar doğurabilecek uzun vadeli bir süreçtir. Arazideki verimliliğin ve dolayısıyla gıda arzının azalması; yetersiz beslenme, kıtlık, yoksulluk ve göç hareketlerinin ortaya çıkması gibi olaylarla sonuçlandığı için toplum üzerinde derin bir etkiye sahiptir (Holtz, 2008).

Tanımı oldukça geniş olan bu kavram doğal çölleri kapsamamaktadır. Sadece çölleşmeye karşı savunmasız arazilerde meydana gelen bir süreçtir (FAO, 1995). Aslında arazinin bozulması, yeryüzünün herhangi bir yerinde meydana gelebilmesine rağmen kurak ve yarı kurak alanlarda meydana gelmesi çölleşme olarak kabul edilmektedir. Bu durum çölleşme ve arazi bozulumu arasındaki farkın coğrafi temelli olduğunu göstermektedir (IPCC, 2019).

Bu nedenle Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi raporunda çölleşme; iklim değişikliğinin ve insan kaynaklı süreçlerin neden olduğu kurak, yarı kurak, kuru yarı nemli bölgelerde arazinin bozulması şeklinde tanımlanmaktadır (UNCCD, 1994). Çölleşme kavramı ilk defa Aubreville (1949) tarafından kullanılmıştır. Araştırmacı özellikle Afrika'daki tropikal ve subtropikal ormanların yerini savanların aldığını gözlemlemiş ve bu olaya savanlaşma adını vermiştir (Verstraete, 1986). Öte yandan Afrika'daki bir dizi ekolojik bozulmanın ve çölleşmenin ana nedeninin iklimsel değil, insan kaynaklı faktörler olduğuna dikkat çekmiştir (Seboka, 2016; Dregne, 1986). 1960 ve 1970'lerde Afrika'da Sahel bölgesinde ortaya çıkan ciddi kuraklıklar nedeniyle bilim camiası, çölleşmeyi yerel bir kalkınma sorunu olarak görmüştür. Uluslararası işbirliğiyle yerel çözümler gerektiğini savunmuşlardır. O dönemde çölleşme kavramı yanlış şekilde çöl ilerlemesine benzetilse de gerçekte yoksulluğun artmasına ve çevresel verimliliğin azalmasına

neden olan (iklimsel, biyofiziksel, sosyo-ekonomik) çok boyutlu, kompleks bir süreç olduğu anlaşılmıştır (Requier ve Caron, 2005; Reynolds ve Stafford Smith, 2002).

Çölleşme ve arazi bozulumu, son yıllarda artan nüfus baskısıyla yoğun ilgi görmesine rağmen yeni bir olgu değildir. Tarih boyunca insanoğlu; Akdeniz, Mezopotamya ve Çin'in lös platosunda bitki örtüsü ve toprakta meydana gelen yıkıcı değişikliklere şahit olmuştur. Hatta insan kaynaklı hızlandırılmış erozyonun yaklaşık üç bin yıl önceye dayandığı tarihsel kayıtlarda açıkça görülmektedir (Dregne, 1986). Jacobsen ve Adams (1958), Mezopotamya'da yaptıkları bir araştırmada Fırat ve Dicle vadilerinde şiddetli tuzlanma, alüvyonlaşma ve sellenme sebebiyle yıllarca tahribatların yaşandığına dair kanıtlar sunmuşlardır. Dünya çapında kurak bölgelerin sorunlarına ve çölleşme potansiyeline dikkat çekmek için ilk çaba 1950'lerde gerçekleşmiştir. Birleşmiş Milletler Eğitim Bilim ve Kültür Örgütü-UNESCO 1951 yılında kurak topraklar üzerine özel bir bilimsel araştırma projesi yürütmüştür (UNESCO, 1958). Diğer önemli adım, 1970'lerin başında Afrika-Sahel bölgesinde binlerce insan ile hayvanın ölümüne yol açan ve büyük bir felakete neden olan uzun süreli kuraklığın etkisiyle Birleşmiş Milletler Uluslararası Çölleşme Konferansı'nın toplanmasıdır. BM'nin birçok ülkeye çağrıda bulunmasıyla konferans 1977 yılında Kenya'da (Nairobi) yapılmıştır. Bu kapsamda özellikle kurak bölgelerde çölleşmeyle mücadele etmek ve arazi tahribatına dikkat çekmek için bir eylem planı çizilmiştir (UN Secretariat, 1977; UN, 1978; Glantz ve Orlovsky, 1983).

Yapılan eylem planının ardından 1992'de Rio Konferansı düzenlenerek topraktaki biyolojik üretkenliğin arttırılması, iklim değişikliğinin ve çölleşmenin durdurulması için bir takım kararlar alınmıştır. Ardından BMÇMS (Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi) 1994'te Paris'te temsilciler tarafından imzalanmış ve 1996 Aralık ayında resmi olarak yürürlüğe girmiştir (ÇMUSEP, 2019). Dünyada bir milyardan fazla nüfusu tehdit eden çölleşme, ülkemizde de hem iklim değişkenliği bağlamında hem de insanın yıkıcı etkileriyle birlikte önemli bir sorun haline gelmiştir. Türkiye, içinde bulunduğu coğrafi konumu ve iklim koşulları nedeniyle kuraklık/çölleşme açısından kırılgandır. Dünya Çölleşme Risk Haritası'nda ülkemiz aşırı ve çok hassas olarak gösterilmiştir. Çölleşme ile mücadele süreçleri Türkiye'de Cumhuriyet döneminden beri var olsa da bu konuda atılmış en önemli adım BMÇMS'ye 1998 yılında resmi olarak taraf olmasıdır (ÇEM, 2012).

Birçok çalışma, ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nın çölleşme nedeniyle en çok tehlike altında olan bölgelerden biri olduğunu göstermektedir (Salvati vd., 2007; Ferreira vd., 2022; Rubio vd., 2009; Bermudez ve Gomez, 2006; Safriel, 2009). Akdeniz Bölgesi tektonik açıdan aktif olduğu için sık sık depremlere maruz kalmaktadır. Toprakları jeolojik olarak nispeten genç ve geçirimli, topografya genellikle engebeli ve erozyona karşı hassastır. Ayrıca yaz mevsiminin kurak ve sıcak olması ile birlikte meydana gelen orman yangınlarının da eklenmesiyle arazi bozulması için sayısız bileşene sahiptir (Zdruli, 2011). Akdeniz Havzası Pleistosen 'den günümüze birçok medeniyetin göçlerine, çöküşlerine, yükselişlerine tanıklık etmiştir (Abulafia, 2011; Leppard, 2019). Özellikle de Holosen boyunca artan antropojenik etkenler bu bölge üzerinde insan baskısının çevre üzerindeki etkisini kanıtlamaktadır (Abrantes vd., 2012; Zeder, 2008; Rick vd., 2020).

Bu bağlamda Akdeniz iklim kuşağında yer alan Türkiye Asya, Afrika ve Avrupa'nın kavşak noktasında yer alan eşsiz bir konuma sahiptir. İlk insan yerleşimlerinden çeşitli uygarlıklara ev sahipliği yapması da tarım arazileri ve ormanlar üzerinde bozulmanın izini bırakmıştır (ÇEM, 2017). Yeryüzü kara alanlarının yaklaşık % 41.3'ü kurak, yarı kurak, çok kurak ve kuru yarı nemli arazilerle kaplıdır. Bu alanların bir kısmı gerçek çölleri ve çölümsü step olarak bilinen yarı çölleri oluştururken bir kısmı da çölleşmeye karşı riskli alanları oluşturmaktadır. Türkiye topraklarının ise yaklaşık % 35'i çölleşme riski taşıyan yarı kurak, kuru yarı nemli alanlardan oluşur. Bu orana yarı nemli iklim alanları da dâhil edilirse yaklaşık % 60'lık bir alan çölleşmeye eğilimli olarak karşımıza çıkmaktadır (Türkeş, 1999, 2012b). Bu nedenle sürdürülebilir plan dâhilinde bu konuya hem küresel hem de bölgesel ölçekte öncelik verilmesi ve önem atfedilmesi gerekir.

Ülkemizde yarı kurak iklim kuşağında bulunan ve çölleşmeye karşı en savunmasız ve riskli alanlardan biri Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir. İklim değişikliği ile birlikte bu risk daha da artacaktır (Şahin ve Kurnaz, 2014, s.16). Bu nedenle bazı iklim çalışmalarında bu bölgeye özel olarak geniş kapsamlı yer verilmektedir. Örneğin Türkeş vd., (2005), yaptıkları çalışmada bölgenin sahip olduğu büyük ölçekli su kütlelerinin, insan kaynaklı yanlış arazi kullanımlarının ve bitki örtüsü tahribatlarının yer küre albedosunda değişikliklere neden olabileceğini ve dolayısıyla bölgesel/yerel ölçekte iklim değişikliğine maruz kalabileceğini vurgulamışlardır. Öte yandan iklim

değişikliği, kuraklık ve çölleşme arasında sıkı bir ilişkinin olduğu göz ardı edilmemelidir. Çünkü iklim değişikliği, değişkenliği ve uzun dönemli kuraklık olayları hem arazinin çölleşmeden etkilenebilirliğini artırabilir hem de çölleşme süreçlerini hızlandırabilir (Türkeş, 2012a, s.11).

Son yıllarda ülkemizi derinden sarsan ve birçok kişinin ölümüne sebep olan Covid-19 salgınını, 6 Şubat Kahramanmaraş merkezli depremleri ve sel felaketlerini bir kenara bırakırsak üzerinde birçok çalışmaların yapıldığı en güncel konuların başında kuraklık ve iklim değişikliği gelmektedir. Geçmişte milyonlarca yılda evrimleşen iklim, Sanayi Devrimi'nden beri hızlı bir şekilde değişmektedir. Özellikle antropojen etkenler yeryüzünün fiziki coğrafyasını tahrip etmekte ve iklimin kendi doğal değişkenliğini bozmaktadır. Bu nedenle gelecekte de daha sıcak ve kurak koşulların yaşanacağı öngörülebilir. Bu tez, kuraklık ve çölleşmeden ciddi bir şekilde etkilenen Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne odaklanmakta aynı zamanda bölgesel iklim çalışmalarının gerekliliğini ve önemini vurgulamaktadır. Bölgenin çölleşmeye ve iklim değişikliğinin getirdiği zorluklara yanıt verme düzeyini ortaya koymak için çölleşme göstergeleri olarak birçok iklim parametresi kullanılmıştır. Bu kapsamda çalışma sahasının hem bölgesel açıdan geniş sınırlara sahip olması hem de kullanılan yöntem ve tekniklerin güncel olması çalışmanın daha detaylı araştırılmasına olanak sağlamıştır.

Bu tez üç ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde çölleşme, kuraklık ve çalışma alanıyla ilgili literatür özeti verilmiştir. Ayrıca bu bölümde çalışmanın amacına, önemine, sınırlılıklarına ve çalışma sahasının genel coğrafya özelliklerine değinilerek araştırma analizlerinde kullanılan veri, yöntem ve teknikler açıklanmıştır. İkinci bölümde çalışma ile ilgili kavramsal çerçeveye (çölleşme, kuraklık ve diğer ilgili fenomenler) yer verilmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise elde edilen bulgular değerlendirilerek bölgesel iklim değişikliği ve çölleşme modellerine genel bir bakış sağlanmıştır.

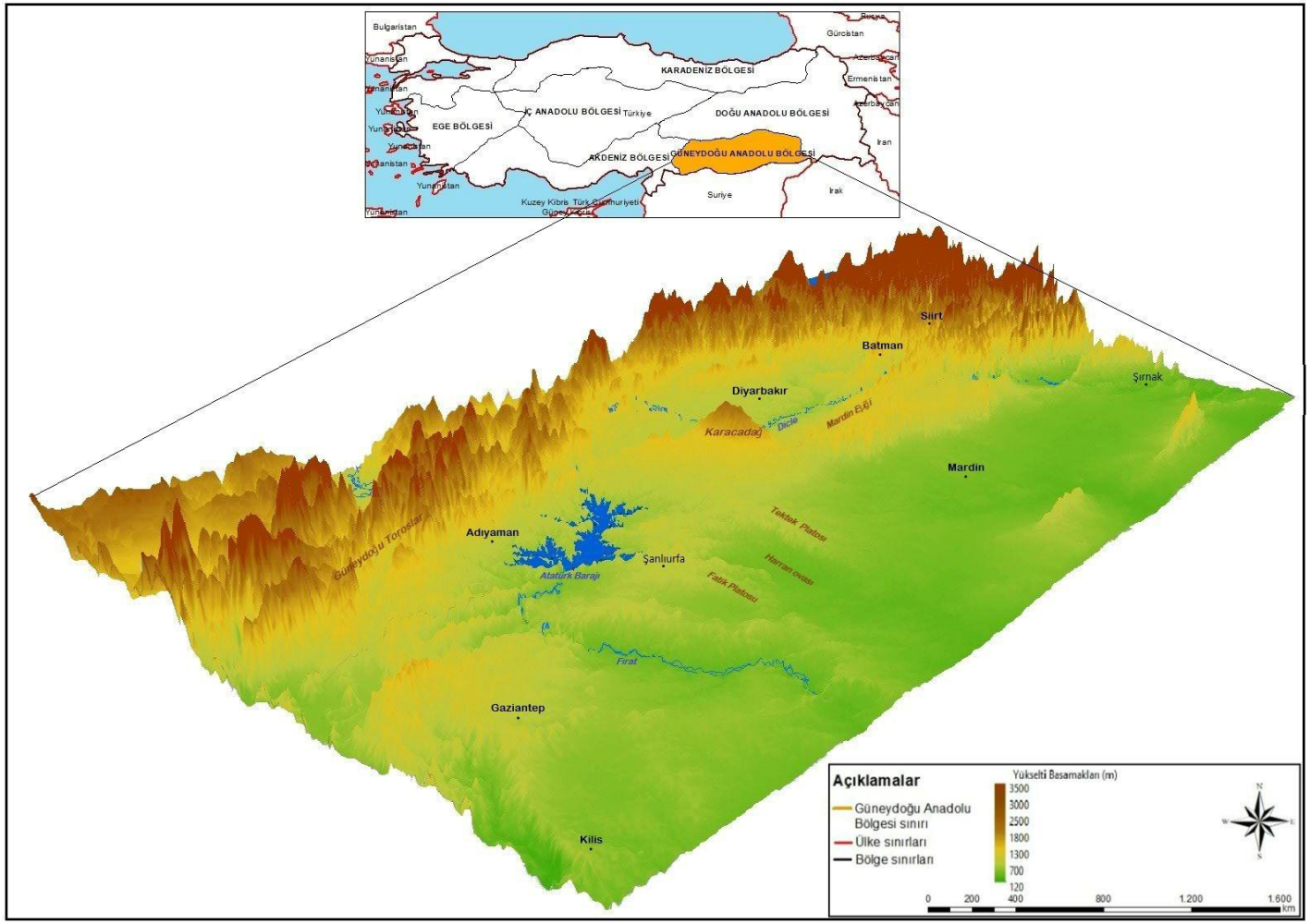
BİRİNCİ BÖLÜM

1.1. ÇALIŞMA SAHASININ YERİ, SINIRLARI VE GENEL COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi (GDAB), Güneydoğu Toros Dağları'nın güneyi ile Suriye sınırı arasında yer alan ve geniş ovalara, düzlüklere sahip az engebeli bir bölgedir (Şekil 1). Doğusunda Dicle Bölümü, batısında ise Orta Fırat Bölümü yer almaktadır. Bu iki bölümü ayıran sınır Karacadağ volkan konisidir. Bölgenin en önemli yükseltilerini kalkan şekilli volkanik bir dağ olan Karacadağ ve Mardin-Midyat eşiği oluşturmaktadır (Atalay ve Mortan, 2017, s. 399). Üzerinde birçok koni bulunduran ve bölgenin en yüksek noktası olan Karacadağ, geç Pliyosen ve Kuvaterner'de faylardan çıkan lavlardan oluşmuştur. Bu volkanik dağ doğuda Mardin-Midyat eşiği, güneyde Viranşehir, kuzeydoğuda Diyarbakır, batıda ise Siverek'le çevrilidir. Dağı çevreleyen bu alanlar bazalt platosu görünümündedir (Canpolat, 2005).

Karacadağ'da bazik lavlar oldukça geniş yer kaplamaktadır. Neredeyse 120 km çapında bir alana yayılmışlardır. Lav yığınının volkanik dağdan çevreye doğru eğimi düşük olup sadece 2 derecedir. Dağın zirve kısmında çizgisel şekilde sıralanmış genç tefra koniler mevcuttur (Erinç, 2001/1960, s. 426, 431). Buradaki ilk bazalt çıkışının vallakien fazı sırasında meydana geldiği düşünülmektedir. Bu fazdan sonra lavların çıkışının fasılalarla devam ettiği tahmin edilmektedir. Çıkan lavlar bazı vadilerin içini doldurmuştur. Bu dağın güneyinde yer alan doğu-batı yönlü faylar (Urfa ve Mardin arası) boyunca yüzeye çıkan bazaltlar, Arap platformunun Güney Anadolu kıvrımları üzerine itildiği sırada oluşan kırıklar boyunca ortaya çıktığı düşünülür (Ardos, 1979, s. 170).

Şekil 1: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Lokasyon Haritası



Kuzey ve güney düzlükleri birbirinden ayıran Mardin-Midyat Eşiği, Dicle Nehri'nin kolları tarafından parçalanan bir plato görünümündedir. Burada dolin ve polye gibi karstik şekiller yaygın görülmektedir. Platolar üzerinde küçük karstik çukurlar ve geniş polyeler görülürken dağların yamaçlarında lapyalara rastlanmaktadır. Bölgenin güneyinde ovalar genellikle 500 metrenin altındadır. Bunların en büyükleri Harran ve Ceylanpınar ovalarıdır. Bölgedeki platolar ise 3. Jeolojik zamanda gelişmeye başlayan akarsuların derine yarılmalarıyla oluşmuşlardır. Örneğin Adıyaman, Gaziantep ve Şanlıurfa platoları Fırat Nehri'nin Toros Dağları'nı bir boğaz halinde yarması sonucu meydana gelmişlerdir (Atalay ve Mortan, 2017, s. 405). Bölgenin güneyinde bulunan Harran Ovası, eosen kalkerleri ile çevrili olup oluşum itibariyle bir graben özelliğindedir. Batısında horst karakterli Fatik platosu yer alırken, doğusunda Tektek (horst) platosu bulunmaktadır. Grabenin eğimi kuzeyden güneye doğru olup yaklaşık % 0-2 civarındadır. Harran ve Akçakale arasında yüzey eğimi de iyice azaldığı için bu durum drenaj problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bölge Orta Miyosen'de şiddetli tektonizmaya maruz kaldığı için birden çok grabenin oluşmasını sağlamıştır. Ovayı çevreleyen eosen kireçtaşları, faylanmadan ötürü yüksek eğimle ovaya dalmaktadırlar (Seyrek vd., 2013).

Bölgenin önemli akarsu şebekelerini, Fırat ve Dicle nehirleri ile bunların kolları oluşturmaktadır. Fırat Nehri, kuzeydoğu ve Doğu Anadolu'dan kaynağını alan Karasu ve Murat kollarının Keban civarında birleşmesiyle oluşmaktadır. Bu nehir Toroslar'ı dar ve derin vadiler şeklinde yararak Güneydoğu Anadolu'ya giriş yapar. Diğer önemli akarsu ise Maden Dağları'ndan kaynağını alan Dicle Nehri'dir. Diyarbakır havzasının doğusunda Botan Çay'ı ile birleşen bu nehir güneydoğuya doğru hareket ederek Cizre düzlüğüne ulaşır. Ardından Aşağı Mezopotamya bölgesinde Fırat Nehri ile birleşerek (Şatt-ül-Arab) Basra Körfezi'ne dökülmektedir (Sözer, 1984).

Bölge yaz ve kış dönemlerinde farklı hava kütlelerinin etkisindedir. Yaz döneminde, genellikle Muson (Basra) alçak basıncının batısındaki siklonik dolaşıma bağlı olarak güneydoğulu ve doğulu hava akımları hâkimdir. Sıcak ve kuru olan bu kontinental tropikal (cT) hava kütleleri yaz sıcaklıklarının artmasına neden olur (Yetmen, 2020, s.4). Özellikle Harran ve Akçakale ovaları, yazın şiddetli buharlaşmaya maruz kalmaktadır. Bu ovalar aynı zamanda ülkemizin de en sıcak

kesimleridir. Kış döneminde ise Orta Akdeniz'de meydana gelen cephelerin etkisindedir. Nisan ayına kadar devam eden bu cephesel faaliyetler, etkili yağışlar bırakmaktadır. Güneydoğu Toroslar'ın güney yamaçlarında engele uğrayan bu cepheler, uzun süre devam eden yağışlara neden olmaktadırlar. (Atalay ve Mortan, 2017, s. 407). Bölgenin bazı kısımlarında yıllık yağış miktarı (Örnek: Adıyaman, 712 mm) Türkiye ortalamasından (650 mm) daha fazladır. Hatta bölgede yıllık yağış tutarı az olan yerler (Örnek: Akçakale 285 mm) bile, Türkiye'nin en az yağış alan yerlerinden (Örnek: Konya-Karapınar, Iğdır), daha fazla yağış almaktadır. Fakat yağış miktarının tek başına az veya çok olması yanıltıcı durumlara sebep olmaktadır. Çünkü bölgedeki şiddetli hava sıcaklığı ve buharlaşma yağışın etkinliğini ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenle yağış miktarı Türkiye'nin bazı kesimlerinden fazla olsa bile yağışın etkinliği sözü edilen yerlerden daha düşüktür (Gürgen, 2002, s.120).

Bölgenin yerel topografik şartları, yağış ve sıcaklık dağılışını önemli düzeyde etkilemektedir. Genel veya bölgesel hava dolaşımıyla bağlantılı sistemlerin zayıfladığı dönemlerde hava olaylarını yerel etmenler kontrol etmektedir. Dağlar, depresyon alanlar, denizellik, karasallık gibi faktörler iklim özellikleri üzerinde belirleyicidir. Çevresine göre yüksekte kalan yerler daha fazla yağış alırlar ve sıcaklıklar çevreye göre görece daha düşüktür. Örneğin Karacadağ ve Mardin -Midyat Eşiği çevresine göre daha düşük hava sıcaklıklarına sahiptir. Aynı zamanda görece daha fazla yağış alırlar (Yetmen, 2020, s. 15). Öte yandan depresyon alanlar özellikle kış mevsiminde soğuk havanın çöktüğü sahalardır. Nitekim Diyarbakır havzası da batıda Karacadağ, güneyde Mardin-Midyat Eşiği, kuzeyde Toros Dağları ile çevrili çanak şeklinde bir alandır. Bu nedenle bölge genelinde tüm illerde sıcaklıklar düşük seyrettiğinde, Diyarbakır'da daha düşük sıcaklık değerleri ölçülmektedir. Bu durum yerel topografyanın yönettiği hava dolaşımının beklenen bir sonucudur (Yetmen, 2022).

1.2. ÇALIŞMANIN AMACI, ÖNEMİ VE SINIRLILIKLARI

Güneydoğu Anadolu Bölgesi sahip olduğu geniş tarım arazileri ile birlikte gıda güvenliğini korumak ve sürdürülebilir kalkınmayı devam ettirmek için hem büyük hem de küçük ölçekli bir takım faaliyetleri gerçekleştirme konusunda yüksek bir potansiyele sahiptir. Fakat bununla birlikte birçok sorun ve zorluk bölgenin potansiyelini sınırlamaktadır. İklim değişikliği, değişkenliği, sel ve kuraklık gibi

ekstrem hava olayları, arazi bozulması, çölleşme, arazi kullanım yönetimindeki eksiklikler, bu tür kısıtlamalardan bazılarıdır. Bu durum çalışmanın önemini artırmaktadır. Ayrıca bu çalışmadan elde edilen sonuçlar klimatolojik çalışmalara ve zirai faaliyetlere temel veri sağlayarak bir takım yerel politikaların geliştirilmesine katkı sunması amacıyla önem arz etmektedir. İklim çalışmalarında en az 30 senelik klimatolojik veriye ihtiyaç vardır. Bu nedenle çalışmada, belirtilen dönemi kapsayan uzun yıllık veri setine sahip istasyonların kullanımına özen gösterilmiştir. Veri seti eksik veya kesintili olan istasyonlar çalışmaya dâhil edilmemiştir.

Öte yandan bu tez çalışmasının hazırlanması esnasında karşılaşılan en büyük zorluk meteoroloji/klimatoloji istasyonlarının çoğunun kentleşmenin etkisinde kalmış olan alanlarda yer almasıdır. Bu nedenle çalışmada bölgenin görece yüksek platoluk/dağlık alanlarını (Karacadağ istasyonunun yeni olması veri setinin kısa dönemli olmasına neden olduğu için çalışmaya dâhil edilmesi engellenmiştir) ve oradaki bitki örtüsünün yetişme şartlarını denetleyen klimatolojik özelliklerini yansıtacak veya temsil edecek istasyon verileri kullanılamamıştır. Bu nedenle meteoroloji gözlem ve otomatik hava istasyonlarının Meteoroloji Genel Müdürlüğünün kullandığı ölçüm standartlarına uygun şekilde bölgedeki yüksek arazilerde (Örnek: Güneydoğu Toroslar, Mardin dağları) kurulması, çölleşme ve kuraklık olaylarının izlenmesi, belirlenmesi açısından büyük öneme sahiptir.

Bu çalışmanın temel amaçları;

1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çölleşme süreçlerinin hem alansal dağılışını hem de niceliğini Aridite Kuraklık İndeksi yöntemiyle ortaya koyarak bölgenin çölleşmeye karşı savunmasızlığını değerlendirmek
2. Bölge istasyonlarına ait uzun süreli normalleştirilmiş yağış anomalisi ile kuraklık indisi dizilerindeki yıllar arası değişimin nasıl dalgalandığını ortaya koymak
3. Bölgeyi temsil eden uzun dönemli ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verilerinin eğilimini belirlemek
4. Gözlenen uzun dönemli trendin, istatistiksel anlamlılığını ve doğasını parametrik olan en küçük kareler doğrusal regresyon ve non parametrik olan modifiye Mann-Kendall yöntemiyle incelemek

5. Çölleşmenin göstergelerinden biri olan bitki örtüsünün alansal değişimini saptamak ve yağışla ilişkisini belirlemek için örnek çalışma sahasında NDVI analizi uygulamak
6. Yağışın zamansal ve alansal değişkenliğini iklim değişikliği bağlamında ortaya koymak için değişim katsayısını hesaplamak
7. Bölgeye ait klimatolojik verilerin haritalanması için jeoistatistiksel bir model olan Kriging yönteminden ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yazılımından yararlanmak
8. 1990-2018 yıllarına ait bitki örtüsü tahribatını Corine sınıflama metodu ile belirleyerek çölleşmenin ulaştığı boyutu saptamak
9. Son olarak takip edilen bu aşamalardan sonra araştırma konusu ile ilgili sübjektif görüşlerin önüne geçilecek ve araştırma istatistiksel metotlarla bilimsel temele dayandırılmış olacaktır. Ayrıca elde edilen nesnel sonuçlar başka bilimsel çalışmalara ışık tutacaktır.

1.3. LİTERATÜR ÖZETİ

Ülkemizde kuraklık ile ilgili önemli çalışmalar 1940'larda başlamıştır (Koçman, 1993, s. 83). İlk önemli çalışma Tanoğlu (1943), tarafından De Martonne kuraklık indisi kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada izlenilen metot ile "Türkiye kuraklık indisi haritası" oluşturulmuştur. Türkiye'de kurak alanların tespiti için bu dönemde yapılan diğer önemli çalışma ise Erinç (1949, 1950)'in Thornthwaite metodunu kullanarak yapmış olduğu çalışmadır. Daha sonraki yıllarda Erinç (1965) önerdiği yeni formülle Türkiye'nin yağış etkinliği indislerini gösteren bir harita hazırlamıştır. Yaptığı çalışmada Türkiye'de tam kurak bir istasyonun olmadığını saptamış ve yarı kurak alanların bulunduğunu ifade etmiştir. Buna göre yarı kurak alanların Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgesi'nde oldukça geniş yer kapladığını belirtmiştir.

Kosmas vd., (1999), yaptıkları çalışmada Akdeniz Bölgesi'nde bulunan alanlarda çölleşme potansiyelini belirlemek için MEDALUS (Akdeniz çölleşme ve arazi kullanımı) olarak da bilinen çevresel duyarlılık indeksini (ESAI) kullanmışlardır. Bu indeks bitki örtüsü kalite indeksi, toprak kalite indeksi, iklim kalite indeksi ve insan faktörü olmak üzere dört temel parametreyi ele almaktadır. Araştırma sonucunda hem bölgesel/yerel hem de küresel ölçekte çevreye duyarlı alanların belirlenmesi için bu dört parametrenin çölleşme göstergesi olabileceği kanıtlanmıştır.

Hanafi ve Jauffret (2008), Tunus'ta yaptıkları çalışmalarında Güney Tunus bozkırlarındaki 1975-2000 dönemini kapsayan çölleşme süreçlerini izlemişlerdir. Araştırma sonucunda GIS veri tabanı kullanılarak bozkır alanlarının 25 yıl içinde %62'den %52'ye küçüldüğü tespit edilmiştir. Yıllık %0,4 kayba uğramıştır. Bozkır alanları daralırken tarım alanlarının da genişlediği gözlenmiştir.

Salvati ve Zitti (2009), yapmış oldukları çalışmada, Akdeniz ülkesi olan İtalya'daki arazi degradasyonununa hem bölgesel hem de yerel ölçekte kanıt sağlamak amacıyla 1990-2000 yıllarına ait iki tane çevresel indeks kullanmışlardır. Çölleşmeye karşı savunmasız alanların belirlenmesi amacıyla ESAI (Environmental Sensitive Area Index) ve LVI (Land Vulnerability Index) indeksleri kullanılmıştır. Buna göre arazi hassasiyetine bağlı olarak bölgesel eşitsizliklerin arazi kalitesi ve ekonomik performansına göre incelenen dönem boyunca artış eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Çölleşme riski (1990) Güney İtalya'da artarken Orta ve Kuzey İtalya'da azalmıştır. On yıl sonra ise tüm bölgede arttığı tespit edilmiştir.

Benek (2009), yaptığı bir çalışmada bu tezin araştırma sahası olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne odaklanmıştır. GAP'ın bölge ekonomisine dolayısıyla toprak ve su kaynaklarına etkileri geniş bir çerçevede ele alınmıştır. Başta tarım olmak üzere birçok ekonomik sektörün kalkınmasına katkı sunan projenin ortaya çıkışı ve gelişme seyri bölge özelinde açıklanmaya çalışılmıştır. Öte yandan bölge kavramı ve ayrımı birçok disiplinin yaklaşımıyla birlikte tanımlanmıştır.

Benabderrahmane ve Chenchouni (2010), yapmış oldukları bir araştırmada Aures bölgesinde (Doğu Cezayir) arazi degradasyonuna karşı farklı kırılganlığa sahip yerleri belirlemişlerdir. İzlenen metot çölleşmeye karşı hassas alanları belirlemek için kullanılan Medalus (Akdeniz çölleşmesi ve arazi kullanımı) modelinden esinlenmiştir. Bölgede düzensiz yağışlar ve sıklıkla meydana gelen kuraklıklar nedeniyle yüksek yoğunlukta çölleşme eğilimi tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bölgenin toplam alanının %27'sini düşük kabiliyetli toprak sınıfı oluştururken, %55'ini ise düşük bitki kalitesi sınıfı oluşturmaktadır.

Türkeş ve Akgündüz (2011), Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Kapadokya'nın çölleşmeye karşı savunmasızlığını kuraklık ve iklim süreçleriyle birlikte değerlendirmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Yarı kurak ve kuru yarı

nemli iklim şartlarıyla karakterize edilen Kapadokya bölgesinin çölleşme süreçlerine karşı hassasiyeti tüflerin geniş yer kapladığı litoloji ve arazi kullanım açısından da incelenmiştir. Thornthwaite, Erinç ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi (UNCCD) kuraklık indekslerinden yararlanılarak iklimsel veriler ayrıntılı olarak çözümlenmiştir. Sonuçta Kapadokya'nın hem doğal faktörler (erozyon, iklim değişikliği, tüf ayrışması) hem de insan baskısı (arazi degradasyonu, turizm vs.) sebebiyle çölleşme süreçlerine karşı savunmasız olduğu belirtilmiştir.

Türkeş (2011), yaptığı araştırmada Akhisar, Manisa, Turgutlu ve Salihli istasyonlarının uzun dönemli meteorolojik verilerinden yararlanarak çölleşme süreçlerinin ulaştığı boyutu tespit etmeye çalışmıştır. Çalışmada yağış ve kuraklık koşullarında meydana gelen değişimleri saptamak için Kuraklık indeksi (Kİ) ve normalleştirilmiş yağış indeksi (NYİ) kullanılmıştır. İklim sınıflandırması ve su bilançosunun hesaplanması için Thornthwaite yönteminden yararlanılmıştır. Ayrıca uzun dönemli iklimsel verilerin trendi, Mann-Kendall sıra ilişki katsayısı ve en küçük kareler doğrusal regresyon yöntemleri ile incelenmiştir. Sonuç olarak Akhisar ve Manisa'da kuraklık olaylarının 1980 yıllarından sonra kuvvetlendiği saptanmıştır.

Yetmen (2013), "Türkiye'nin Kuraklık Analizi" başlıklı doktora tezinde Türkiye'de bulunan 133 istasyona ait 1975-2008 dönemini kapsayan aylık ortalama toplam yağış verilerini kullanarak standart yağış indeksi (SYİ) ile kuraklık olaylarını incelemiştir. Kuraklığın olasılığı, şiddeti ve genliği gibi yaklaşımları benimseyerek hesaplamalar yapmıştır. Ayrıca Kuraklık oranına (KO) ek olarak yeni kuraklık oranını geliştirmiştir. Yaptığı çalışma sonunda Türkiye'de yağışlı olması gereken dönemlerde kuraklıkların meydana geldiğini saptamıştır.

Spinoni vd. (2015), yaptıkları bir çalışmada 05x05 yatay çözünürlükteki grid hücreleri kullanarak 1951-1980 ile 1981-2010 yılları arasını kapsayan dönemlere ilişkin çölleşme riski taşıyan alanları belirlemişlerdir. Metodoloji olarak Köppen-Geiger ve FAO aridite indeksi (AI) kullanılarak bir hesaplama yapılmıştır. Buna göre kurak alanların her iki dönemde de arttığı ortaya çıkmıştır. Araştırma özellikle Kuzeydoğu Brezilya, Sahel, Zambiya, Güney Arjantin, Zimbabwe, Akdeniz havzası, Hindistan ve Kuzeydoğu Çin'in önemli ölçüde çölleşmeye maruz kaldığına yönelik kanıtlar sunmaktadır.

Zhou W., vd. (2015), yapmış oldukları çalışmada, Kuzeybatı Çin'de 2001–2010 yıllarında iklim ve insan faktörlerinin çölleşme üzerindeki etkisini Net Primary Productivity (NPP) metodunu kullanarak incelemişlerdir. Çölleşmenin meydana geldiği alanların %70,3'ü antropojenik etkenlerden kaynaklanırken %21,7'nin ise iklim değişikliğinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bölgenin kuzeybatısında %55,8'lik bir alan çölleşme yaşarken %44'2'lik bir alanda ise çölleşmenin tersine bir durum yaşanmıştır. Bozulmaya uğrayan vejetasyonun %69'unun insan kaynaklı, %15,2'sinin iklim değişikliği olduğu ortaya çıkmıştır.

Seboka (2016), Etiyopya'da ki çölleşme üzerine yaptığı tez çalışmasında, bitki örtüsü eğiliminin uzun dönemde negatif olması durumunda çölleşme süreçlerinin bir işareti olabileceğini ortaya koymaktadır. Buna göre 1982-2006 dönemlerine ait NOAA AVHRR uydu sensöründen yararlanarak NDVI (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü) aracılığı ile Etiyopya'da çölleşme süreçlerini incelemiştir. Ayrıca bitki örtüsü doğal olarak yağışa bağımlı olduğu için yağış verilerini de kullanarak eğilimlerini analiz etmiştir. Buna göre bölgedeki 25 tane iklim istasyonunun % 80'inden fazlasında NDVI ile yağış arasında güçlü bir korelasyon (r) tespit etmiştir.

Ghebrezgabher vd., (2019), yapmış oldukları makalelerinde kurak, yarı kurak bölgelerde çölleşme dinamiklerinin izlenmesi için en etkili yollardan birinin uzaktan algılama olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle çölleşme göstergelerinden biri olan bitki örtüsünün değişimini incelemek için NDVI ve VCP (Vegetation cover proportion), SAVI (Soil adjusted vegetation index) gibi farklı indeksler kullanılmıştır. Çalışmada Eritre'de meydana gelen çölleşme süreçlerini tespit etmek için 1970, 1980 ve 2014 yıllarına ait ve 60 ve 30m çözünürlükteki landsat uydu verileri indirilmiştir. NDVI, VCP ve SAVI sonuçlarına göre Eritre'de 40 yıldır devam eden bir çölleşme sürecine rastlanmıştır. Şiddetli çölleşmiş arazinin %38,5'ten %66,9'a genişlediği görülürken hafif orta ve zayıf çölleşmiş arazilerin ise azaldığı saptanmıştır. Ayrıca 1960'lardan itibaren nüfusun artmasının yakacak odun, meracılık gibi artan talep nedeniyle çölleşmenin bir diğer nedeni olabileceği de vurgulanmıştır.

Emadodin vd., (2019), "Drought and Desertification in Iran" başlıklı çalışmalarında İran'da meydana gelen arazi tahribatının ve çölleşmenin kuraklıkla meydana geldiğini savunmuşlardır. Bu nedenle çölleşmenin boyutunu ve kuraklık

olaylarını incelemek için 12 istasyona ait uzun dönemli yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak De Martonne ve yağış değişkenlik indeksiyle hesaplama yapmışlardır. Yapılan sonuçlara göre tüm istasyonlarda şiddetli meteorolojik kuraklıklar yaşanmıştır. Kirmanşah ve Orumiye 1999-2017 yılları arasında uzun dönemli ve şiddetli kuraklıklar yaşarken Gorgan istasyonu 2008 ve 2014 yıllarında aşırı şiddetli kuraklıklar yaşamıştır. Zahidan istasyonu ise 1999-2005 yılları arasında şiddetli kuraklıklar yaşamıştır. Kuraklığın şiddeti ve süresindeki bu artışın göçlerle sonuçlanabileceği de varsayılmıştır.

Türkeş ve vd., (2020), Analitik Hiyerarşi Süreci modeli ile Türkiye'nin çölleşme riskinin değerlendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmalarında, Türkiye'ye özgü arazi bozulumunu ve çölleşme riskini tahmin etmek için arazi örtüsü, toprak, topografya ve iklim veri setlerine dayalı dokuz sınıflı (düşük, orta ve yüksek risk) çölleşme risk haritası üretmişlerdir. Buna göre Türkiye arazilerinin %12,7'si düşük risk, %53,2'si orta risk ve %25,5'i ise yüksek risk grubunu oluşturduğu saptanmıştır.

Wissal vd.,(2022), yapmış oldukları çalışmalarında Kuzey Doğu Cezair (Tebessa)'de çölleşmeye duyarlı alanları belirlemek için lojistiktik regresyon modeli (LRM) ve jeomatik tabanlı yaklaşımları benimsemişlerdir. Çölleşme göstergeleri olarak Bitkisel Toprak Tane Büyüklüğü İndeksi (TGSI), Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Aridite Kuraklık İndeksi (AI) ve Step ortamı üzerindeki insan baskısı (APSE) gibi çölleşme göstergeleri kullanılmıştır. Yapılan sonuçlar, hem AI hem de TGSI indekslerinin çölleşme riski açısından en önemli indeksler olduğunu göstermektedir. NDVI ve ASPE ikincil önemli indeksler olarak ortaya çıkmıştır. Bölgenin toplam arazisinin çölleşme risk analizi incelendiğinde %0,87'si hafif, %21,08'i orta, %19,33'ü yüksek ve %58,72'si çok yüksek riskli olarak belirtilmiştir.

Rivera-Marin vd., (2022), yapmış oldukları çalışmada çölleşme süreçlerini incelemek için uzaktan algılamayı kullanan çalışmaların, hem zamansal hem de küresel dağılımını araştırdılar. Çölleşmeyi incelemek için kullanılan temel yöntemleri değerlendirdiler. Buna göre dünyanın çölleşmeden etkilenen birçok bölgesinde uzaktan algılama tekniklerinin kullanıldığı tespit edildi. Fakat uzaktan algılama tekniği kullanarak çölleşme ile ilgili en çok çalışma yapan Ülkenin Çin olduğu belirtilmiştir. Arazi kullanımı ve bitki örtüsü değişikliklerini gösteren, sınıflandıran NDVI gibi

yöntemeler ise en çok kullanılan uzaktan algılama yöntemleridir. Landsat uydu görüntülerinin de kullanılan verilerin büyük bir bölümünü sağladığı ortaya çıkmıştır.

1.4. MATERYAL, METOT ve TEKNİKLER

1.4.1. Sıcaklık, Yağış ve Uydu Verileri

Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni temsil eden 19 istasyonun (Tablo 1) uzun dönemli aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verilerinden yararlanılmıştır. Uzaktan algılama ve CBS yazılımı çalışmalarında uydu görüntüleri temel veri sağlamaktadır. Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) tarafından arazi örtüsü kullanımında meydana gelen değişimi incelemek ve sınıflandırma yapmak için geliştirilen CORINE (Coordination of Information on the Environment) projesi de, uydu görüntüleri üzerinden oldukça geniş bir veri ağı sunmaktadır. Bu çalışmada bölgeye ait bitki örtüsü değişimini tespit etmek için 1990 ve 2018 yıllarına ait CORINE vektör veri setleri kullanılmıştır.

Öte yandan NDVI analizi için USGB (ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu) sitesinden indirilmiş olan 30 metre çözünürlüğe sahip 2022 yılına ait Landsat 8 OLI/TIRS ve 1986 yılına ait Landsat 5 TM uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Tablo 1: İstasyon Verilerine Ait Yıl Periyodları

İstasyon No	İstasyon Adı	Yıllar
17210	Siirt	1947-2021
17261	Gaziantep	1940-2021
17262	Kilis	1959-2021
17265	Adıyaman	1963-2021
17270	Şanlıurfa	1944-2021
17275	Mardin	1941-2021
17280	Diyarbakır	1980-2021
17282	Batman	1959-2021
17847	Ergani	1965-2021
17874	Çermik	1981-2021
17910	Kâhta	1989-2021
17912	Siverek	1985-2021
17914	Hilvan	1999-2021
17944	Bozova	2000-2021
17948	Nusaybin	1966-2021
17950	Cizre	1962-2021
17966	Birecik	1964-2021
17968	Ceylanpınar	1957-2021
17980	Akçakale	1965-2021

1.4.2. Modifiye Mann- Kendall Yöntemi ve Sen Eğim Metodu (Sen's Slope)

İklimsel ve hidrolojik zaman serilerindeki değişimi saptamak için yaygın şekilde kullanılan araçlardan biri trend analizidir. Zaman serilerindeki eğilimi orta koymak için bir dizi istatistiksel test mevcut olsa da en yaygın kullanılan non-parametrik testlerden biri M-K trend testidir (Hamed ve Rao, 1998; Paul, 2011). Bu yöntemde öncelikle *i= 1,……,n-1'*e kadar Xi veri sütun serisi ve *j=i+1,.....,n'*e kadar sıralanmış Xj veri sütunu ayarlanır. Daha sonra işaret (sign) fonksiyonu kullanılarak Mann-Kendall test istatistiği toplam (S) değeri hesaplanır. Bu denklem *(Xj-Xi)* farkı sonucundan oluşan pozitif ve negatif sayıların toplamını ifade eder.

$$Sign(xj - xi) - \begin{cases} +1 & xj > xi \\ 0 & xj = xi \\ -1 & xj < xi \end{cases}$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \quad \sum_{j=i+1}^{n} sign(xj - xi)$$

Veri setindeki gözlem sayısı n>10 ise *Var(S)* =(n(n-1))(2n+5)/18) şeklinde varyans hesabı yapılır. Varyans hesaplandıktan sonra Mann- Kendall test istatistiğine (S) göre Z değeri hesaplanır.

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & S < 0 \end{cases}$$

Hesaplanan Z değeri normal dağılımın iki kuyruklu güven (%5 anlamlılık) düzeyine karşılık gelen 1.96 kritik Z değeriyle karşılaştırılır. Hesaplanan Z değeri +1.96 ve -1.96 kritik eşik değerleri arasında kalırsa "Trend yoktur." şeklinde kurulan H_0 (boş hipotez) hipotezi kabul edilir. Eğer +1.96 ve -1.96 kritik eşik değeri aşılırsa "Trend yoktur." şeklindeki H_0 hipotezi reddedilir. "Trend vardır" şeklindeki *H1* (alternatif hipotez) hipotezi kabul edilir.

Modifiye Mann-Kendall yönteminde otokorelasyonun M-K trend test istatistiğinin varyansına etkisi ele alınmaktadır. Ampirik anlamlılık düzeyi açısından

değiştirilmiş bu testin doğruluğunun, herhangi bir güç kaybı olmaksızın orijinal M-K eğilim testinden daha üstün yanlarının olduğu saptanmıştır (Hamed ve Rao, 1998). Modifiye Mann-Kendall yaklaşımına göre düzeltilmiş varyans aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$V(S) = Var(S) * \frac{n}{n_s^*} = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} * \frac{n}{n_s^*}$$

$$\frac{n}{n_s^*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-1} (n-i)(n-i-2)\rho_s(i)$$

Güneydoğu Anadolu Bölgesini temsil eden istasyonlara ait uzun dönemli yağış verilerinin eğilimini belirlemek için geliştirilmiş M-Mann-Kendall yöntemi kullanılmıştır. Sınama örneklem değerinin istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı 0.05 anlamlılık (%95 güvenirlilik) düzeyinde sınanmıştır. Ayrıca değişimin eğimi, R stüdyo açık kaynaklı programlama dili kullanılarak Sen metodu ile belirlenmiştir. Sen (1968), eğim tahmincisinin doğrusal ilişkileri geliştirmek için güçlü bir araç olduğunu belirtmiştir. Ayrıca büyük veri setlerinde hataların ve aykırı değerlerin fazla etkilenmemesi bağlamında regresyon eğilimine göre avantajları da olduğunu savunmuştur. Sen eğiminin tahmin edilmesi için aşağıdaki denklem kullanılır:

$$Q = \frac{(Y_j - Y_i)}{J - I}$$

Y_j ve Y_i sırasıyla j ve i (j>i) zamanlarındaki veri değerleridir. Q, N değerinin medyanıdır.

$$N = \frac{n(n-2)}{2}$$

$$Sen'in\ Eğim\ Tahmincisi = Q_{[(N+1)/2]} \quad \textbf{\textit{Eğer n tek ise}}$$

$$Sen'in\ Eğim\ Tahmincisi = \frac{1}{2}[Q_{(N/2)} + Q_{[(N+2)/2]}] \quad \textbf{\textit{Eğer n çift ise}}$$

1.4.3. En küçük Kareler Doğrusal Regresyon Yöntemi (EKKDR) ve *Student T* Sınaması

Doğrusal regresyon yönteminde değişkenlerden biri bağımlı değişken yani tahmin edilen (Y) olarak kabul edilirken, diğeri ise bağımsız değişken (X) yani tahmin edici olarak kabul edilmektedir. EKDDR modeli, bağımsız değişkenin (X) herhangi

bir değerinin bağımlı değişkenin (*Y*) istatistiksel olarak en iyi kestirimini verdiği doğrusal bir çizgi uydurmayı amaçlamaktadır (Türkeş, 2013a).

Çalışmada bölgeyi temsil eden istasyonlara ait sıcaklık verilerinin uzun süreli değişimlerini ve doğrusal eğilimini belirlemek amacıyla EKKDR yöntemi kullanılmıştır. Regresyon katsayısının (β) anlamlılığı için Student t sınaması yapılmıştır. Buna göre yapılan analizde yıllar X (bağımsız değişken), sıcaklıklar ise Y (bağımlı değişken) olmak üzere iki tane değişken kabul edilmiştir. Karar verme aşamasında sınama örneklem değerleri 0.05 anlamlılık (%95 güvenirlilik) düzeyinde sınanmıştır.

En küçük karelerin hesaplanması için gerekli temel eşitlikler:

i = 1,…,*n*'e kadar, *Xi* ve *Yi,* olmak üzere iki değişkene ait diziler ve bu *X* ve *Y* dizilerinin ortalamaları:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

$$\overline{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i}{n}$$

En küçük kareler doğrusal regresyon denklemindeki a ve b değerleri:

$$a = \overline{Y}$$

$$x_i = X_i - \overline{X}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i . Y_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i^{\,2}}$$

En küçük kareler doğrusal regresyon genel ve tahmin denklemleri:

$$Y = a + bx$$

$$\hat{Y} = a + b.x_i$$

$\hat{\beta}$' nin (*X* katsayısı) Anlamlılığı İçin *Student T* Sınaması:

Öncelikle *Y*'nin varyansı aşağıdaki eşitlikle kestirilir

$$s^2 = \frac{1}{n-2}\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

Denklemdeki $\hat{Y}i$, $\hat{Y}i = \alpha + \hat{\beta}$ xi tahmin denklemi ile kestirilen regresyon çizgisindeki *Y*'nin hesaplanan yani uydurulan değeridir. $\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{1}{2}(\alpha + \beta)\cos\frac{1}{2}(\alpha - \beta)$

β'nin (eğim) Anlamlılığı İçin *Student T* Sınaması:

$$t = \frac{\hat{\beta} - \beta}{\sqrt{s^2 / \sum_{i=1}^{n} x_i^2}}$$

Sınama örneklem değeri t, (n-2) bağımsızlık sayısıyla Student *t* dağılır

Azalan veya artan yönde bir eğilimin olup olmadığı saptanıyorsa α önem seviyesinde tespit edilen (Bu çalışmada α:0.05 anlamlılık düzeyine göre bir istatistiksel karşılaştırma yapılmıştır) kritik t değeri ile hesaplanan t değeri karşılaştırılarak bir karar verilir. Karşılaştırma sonucunda *t* student olasılık dağılımın iki kuyruklu şekline göre sınama örneklem değeri *t* (*t* hesap) ret bölgesine düşerse "Gözlemlerde herhangi bir eğilim yoktur" şeklindeki H0 (boş hipotez) reddedilerek belirli bir eğilimin olduğu kabul edilir. Hesaplanan *t* değeri negatifse azalan yönde, pozitif ise artan yönde bir eğilimin olduğu sonucuna varılır.

1.4.4. Aridite Kuraklık İndeksi

BMÇMS'de temel alınan bu indeks yıllık toplam potansiyel evapotiranspirasyon ve yıllık yağış toplamı değişkenlerine dayalı bir hesaplamadır. Türkeş (1999), Türkiye'de bulunan kurak arazilerin tiplerini ve çölleşmeden etkilenebilirliklerini belirlemek için aridite indeksini kullanmıştır.

AI = P / PE

Buradaki P, yıllık ortalama toplam yağışı (mm) göstermektedir. PE ise yıllık ortalama toplam düzeltilmiş evapotiranspirasyonu (mm) ifade etmektedir.

Tablo 2: Türkiye'de Kurak ve Nemli Bölgeler

Sınıflandırma	AI	Çölleşme açısından değerlendirme
Çok kurak	<0.05	Gerçek çöller (Türkiye'de yok)
Kurak	0.05-0.19	Çölleşmeye açık (Türkiye'de yok)
Yarı kurak	0.20-0.49	Çölleşmeye açık (Konya Ovası, Iğdır Yöresi)
Kuru-Yarı nemli	0.50-0.64	Çölleşmeye açık (Güneydoğu ve İç Anadolu)
Yarı nemli	0.65-0.79	Çölleşmeye açık (Batı'da kuru-yarı nemli çevresi)
Yarı nemli	0.80-0.99	Çölleşmeye eğilimli olabilir
Nemli	1.00-1.99	Çölleşme yok (Karadeniz Bölgesi)
Çok nemli	2.00 <	Çölleşme yok (Rize ve Hopa)

Kaynak: Türkeş, M. (1999). Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity condition. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science,* 363-380.

1.4.5. Thornthwaite Yöntemi İle Potansiyel Evapotranpirasyon Hesabı

Potansiyel Evapotranspirasyon, ideal bitki örtüsü ve toprak nemi koşullarında mümkün olan suyun atmosfere transfer miktarıdır (Thornthwaite, 1948). Suyun yeryüzünden atmosfere transferi iki farklı süreçle gerçekleşmektir. Bunlardan birincisi olan terleme (tranpirasyon), bitkilerin stomaları (yapraktaki gözenekler) aracılığıyla su buharının atmosfere geçiş sürecidir. Toprak tarafından emilen sıvı su bitkilerin kök ve gövdeleri vasıtasıyla yapraklara taşınır ve oradan da terleme ile atmosfere karışır. İkincisi buharlaşmadır (evaporasyon). Buharlaşma açık su yüzeyi veya toprak içerisinde bulunan suyun atmosfere su buharı olarak karışması sürecidir. Terleme ve buharlaşma süreçlerinin oluşum düzenekleri genellikle birbirine benzediği için bu iki kavram birleştirilerek birlikte ele alınmaktadır. Böylece hem bitki örtüsünden hem de toprak ve açık su yüzeylerinden gerçekleşen su kaybının bütünleşik süreci, evapotranspirasyon (buharlaşma-terleme) olarak ifade edilmektedir (Türkeş, 2021, s.242). Bu çalışmada bölge istasyonlarına ait uzun dönemli kaydedilen ortalama sıcaklık verileri kullanılarak aşağıdaki metoda göre potansiyel evapotranpirasyon hesaplanmıştır.

$$PE = 16*\left(\frac{10*t}{I}\right)^{a}*G$$

PE: Potansiyel Evapotranspirasyon (mm)

t: Ortalama sıcaklık

I: Yıllık sıcaklık indeksi

G: Enlem düzeltme katsayısı

$$\dot{I} = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

$$I = \sum_{1}^{12} i$$

$$a = 6.7510*10^{-7} * I^3 - 7.7110*10^{-5} * I^2 + 1.791210*10^{-2} * I + 0{,}49239$$

1.4.6. Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA)

İki grubun ortalamalarındaki farklılıklar, bir Student t-testi kullanılarak karşılaştırılıp elde edilebilirken, ikiden daha fazla grubun ortalamalarında bir farklılık olup olmadığını belirlemek için kullanılan en yaygın analitik yöntem tek yönlü varyans analizidir. Bu yöntemde kullanılan test istatistiğinde grup ortalamalarıyla birlikte varyansları da analiz edilmektedir. İlk olarak grupların ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak için nihai olarak bir anlamlılık olasılık değeri (P) belirlenir. Bu P olasılık değerini elde etmek için F testi kullanılır. F istatistikçi Ronald Fisher'in adından gelmektedir. F dağılımı varyans oranlarının oluşturduğu bir dağılımdır (Kim, 2017).

F test istatistiği:

$$F = \frac{Gruplar\ arası\ kareler\ toplamı/k-1}{Gruplar\ içi\ kareler\ toplamı/N-k}$$

Yukarıdaki denklemde k grup sayısını ifade ederken, k-1 gruplar arası değişimin serbestlik derecesini gösterir. N-k ise grup içi değişimin serbestlik derecesidir.

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (Grupların ortalamaları arasında herhangi bir fark yoktur)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ veya $\mu_2 \neq \mu_3$ veya $\mu_1 \neq \mu_3$ (Gruplardan en az bir tanesinin ortalaması diğer gruplardan farklıdır.

F testi sonucu elde edilen P olasılık değerinin 0.05' ten küçük olduğu saptanırsa sıfır hipotezi reddedilir ve grupların istatistiksel açıdan anlamlı şekilde birbirinden farklılık gösterdiği alternatif hipotez kabul edilir.

1.4.7. Normalleştirilmiş Yağış Anomalisi İndisi

Normalleştirilmiş yağış anomalisi indisi, uzun dönemli toplam yağış verilerinin normal dağıldığı varsayılarak hesaplanır (Türkeş ve Tatlı, 2010). Bu çalışmada, bölgedeki uzun süreli yağış koşullarında gözlenen değişimler bu yöntem kullanılarak izlenmiştir. Normalleştirilmiş yağış anomalisi indisi; bir istasyonun herhangi bir yılına ait toplam yağış miktarının, o istasyona ait uzun dönemli yıllık toplam yağış dizilerinin ortalamasından farkının standart sapmaya bölünerek standartlaştırılması ile elde edilmektedir.

NPAI (Normalleştirilmiş yağış anomalisi indisi) = $(P - \bar{P})/\sigma$

1.4.8. Yağış Değişkenlik Katsayısı

Yağış dizilerindeki yıldan yıla ya da mevsimsel değişkenliğin ortalama koşulları, değişkenlik katsayısı ile (DK, %) hesaplanmaktadır.

$DK = (\sigma/\bar{P})$*100

Bu denklemde $\bar{P}$ yıllık veya mevsimlik uzun dönemli yağış ortalamasını ifade eder. σ ise yağış dizisinin standart sapmasını gösterir. DK bir bölgede uzun dönem boyunca kaydedilen yağış değerlerinin uzun süreli ortalama etrafında olası yüzde değişimini ifade eder. Uzun süreli ortalama etrafında görece az saçılan yağış değişkeninin değişkenlik katsayısı küçüktür. Buna karşılık ortalama etrafında görece fazla saçılması da değişkenliğin yüksek olacağının göstergesidir (Türkeş, 2022, s.577).

1.4.9. Kriging Yöntemi

Klimatolojik değişkenlerin yeryüzünün her noktasında ölçümü yapılamadığı için birtakım jeoistatistiksel metotlar kullanılmaktadır. Kriging yöntemi de yaygın kullanılan jeoistatistik yöntemlerden biridir. Ölçüm yapılan bir noktanın değeri

dikkate alınarak çevredeki yerlerin bu noktaya olan uzaklığına göre alabilecek en yakın değerin kestirimini belirler (Yetmen, 2013). Bu çalışmada Arcgis yazılımının jeoistatistiksel analiz modülü (kriging) kullanılarak yağış, sıcaklık ve kuraklık değerlerinin alansal dağılımı belirlenip haritalandırılmıştır.

1.4.10. NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)

NDVI, yeşil bitki örtüsünün değişimini tahmin etmek için uzaktan algılanan görüntülerin spektral bantlarının kullanıldığı kombinasyondur (Tucker, 1979). Aynı zamanda Çölleşme süreçlerini izlemek ve çölleşmiş arazileri sınıflandırmak için kullanılan yaygın yöntemlerden biridir (Ma vd., 2011). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde çölleşmenin değerlendirilmesinde uzaktan algılamanın önemi büyük çapta kabul görmüştür. Dünya yüzeyinden yansıyan elektromanyetik radyasyonun uydu üzerindeki sensörler tarafından kaydedilmesini içermektedir. Dünyanın yüzeyi farklı özelliklere sahip olduğu için gelen elektromanyetik radyasyona farklı tepkiler vermektedir. Başka bir deyişle bu farklı özellikler belirli dalga boylarında yansıtılan, absorbe edilen ve iletilen enerjinin oranını belirler. Bitki örtüsünün yansıması, iletilmesi veya soğurulması yaprakların klorofil içeriğine, su içeriğine ve fizyolojik yapısına bağlıdır (Seboka, 2016).

NDVI'de kırmızı (R) ve yakın kızılötesi (NIR) dalga boyu kullanılır. NDVI algoritması, yakın kızıl ötesi değerlerini kırmızı bantlardan çıkararak ve bunu yakın kızıl ötesi ile kırmızı bantların toplamına bölerek hesaplanmaktadır (Tucker, 1979).

$$NDVI = (NIR-R)/ (NIR+R)$$

Elektromanyetik spektrumun görünür ve yakın kızılötesi bantlarını kullanan, sayısal bir gösterge olan NDVI, -1 ve +1 arasında değişen değerler almaktadır. Çok düşük NDVI değerleri genellikle bulut, kar, kaya, kum gibi alanlara karşılık gelirken, orta değerler ise çalılık ve otlak alanları temsil etmektedir. Buna karşılık yüksek değerler ılıman ve tropik yağmur ormanlarını göstermektedir. Çıplak topraklar sıfıra yakın değerler alırken su kütleleri negatif NDVI değerleri almaktadır (Bid, 2016). Bu araştırmada örnek çalışma sahası olan Karacadağ'ın vejetasyon değişimini görmek amacıyla 1986-2022 yıllarına ait haziran tarihli Landsat uydu görüntüleri kullanılarak NDVI analizi yapılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

2.1. ÇÖLLEŞME, KURAKLIK VE ARİDİTE

Çölleşme ve aridite kavramlarından farklı olan kuraklık, dünyanın herhangi bir yerinde yağışların uzun dönemli ortalamanın altında seyretmesine bağlı olarak aylarca veya yıllarca sürebilen bir su açığı periyodunu ifade eder ve iklimin olağan bir durumu olarak kabul edilir (Türkeş, 1990). Bununla birlikte yeryüzünde meteorolojik koşullar çok değişken olduğu için kuraklığa kesin ve nesnel tek bir tanım atfetmek sorun yaratmaktadır. Örneğin Libya'da yıllık yağış miktarı 180 mm'den az düştüğü zaman bu durum meteorolojik kuraklık sayılırken, Bali'de altı günlük yağmursuz bir dönem kuraklığı işaret etmektedir. Bu sebeple kuraklığa yaklaşık 150 tane tanım yapılmıştır (Wilhite ve Glantz, 1985).

Yüksek yağışlı veya düşük yağışlı hemen hemen tüm iklim bölgelerinde görülebilen ve doğası gereği iklimin yinelenen bir özelliği olan kuraklık; sürekli düşük yağışın olduğu alanlarla sınırlı olan ve iklimin kalıcı bir özelliği olan ariditenin aksine geçici bir olgudur. Kuraklık aynı zamanda yağışın etkinliği (Örnek: yağış yoğunluğu) ve zamanı (yağış mevsiminin başlangıcındaki gecikmeler) ile ilgili olaylarla da bağlantılıdır (Wilhite, 2000). Kuraklığın tanımında kullanılan anahtar kelimeler "geçici" ve "tekrarlayan" dır. Buradaki "tekrarlayan" terimi, kuraklıkların anormal olaylar olmadığını aksine kuraklığın iklim döngüsünün normal bir parçası olduğunu belirtmektedir. Kuraklığın şiddeti ise su açığının büyüklüğüne ve süresine bağlıdır. Yani bir bölgedeki uzun süreli su kıtlığı kuraklığın başlıca nedenidir. Fakat kurak geçen bir dönemin kuraklığa (afet boyutunda) dönüşmesi için gereken süre evrensel olarak tanımlanamamaktadır ve nihai olarak yerel koşullara bağlı olabilir (Maliva ve Missimer, 2012).

Kuraklık süreçlerini denetleyen aynı zamanda hidrolojik döngünün en önemli parametrelerinden biri olan yağış; konvektif, orografik, cephesel süreçlere bağlı olarak gelişmektedir. Dünyanın herhangi bir yerinde gezici alçak basınç sistemleri veya orta enlem siklonları gibi atmosferik karışıklıkların sıklığının azalması veya bulunmaması durumu yağışsız hava şartları yaratmaktadır. Bazı koşullarda havada yeterince nem olsa bile yağış gerçekleşmeyebilir. Bu durum, yağış üretecek yükselici hareketin olmamasından kaynaklanmaktadır (Türkeş, 1990). Bir bölgede yüksek basınç

koşulları, uzak-bağlantı paternleri, yer şekilleri ve havanın kararlı olma durumu kuraklığa neden olabilmektedir. Termik veya dinamik kökenli troposferde oluşan bir antisiklon çekirdeği, havanın adyabatik olarak alçalmasına ve ısınmasına, dolayısıyla doyma noktasından uzaklaşmasına neden olur. Bu durumda bağıl nem düştüğü için ve bulut oluşumu da engellendiği için yağışsız ve açık bir gökyüzü oluşur. Bulut örtüsünden yoksun olan ve güneşlenmeye maruz kalan toprak, kuruyarak ve ısınarak kurak koşulların gelişmesine neden olabilmektedir (Yetmen, 2022a, s.32).

Dünya üzerinde bazı alanlar çok soğuk ve kurak koşullara hâkimken aynı anda binlerce kilometre uzaklıktaki bazı alanlar sıcak ve yağışlı olabilmektedir. Dünyanın uzak bölgelerinde oluşan iklimdeki eş zamanlı zıt değişiklikler tele-connection olarak adlandırılır. Bu uzak-bağlantı paternlerinden Kuzey Yarım Küre'nin orta ve yüksek enlemlerinde en belirgin olanı NAO (Kuzey Atlantik Salınımı) dur. NAO'nun en etkili olduğu aylar, özellikle atmosferik karışıklıkların arttığı kasım-nisan aylarıdır (Hurrel vd., 2003). Bu atmosferik salınım, yağış klimatolojisini ve dolayısıyla kuraklık koşullarını etkileyen önemli bir etmendir. Kuzey Atlantik Salınımı pozitif fazdayken Azor adalarında merkezlenmiş olan yüksek basınç değerleri normal değerinden daha yüksektir. Eş zamanlı olarak İzlanda adasında ise merkezlenmiş olan alçak basınç değerleri normal değerinin altındadır. Bu evrede iki aksiyon merkezi arasında basınç gradyanı güçlenir ve Batı rüzgârlarının hızı artar. Böylece yağış getiren nemli hava kütleleri Kuzeybatı Avrupa'ya taşınırlar. Bu dönemde ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası, Grönland ve Arktik Doğu Kanada nemli hava kütlelerinden yoksun kaldıkları için kurak koşulların etkisinde kalırlar. Öte yandan NAO negatif fazdayken Akdeniz Havzası ve Türkiye Batı rüzgârlarının taşımış olduğu nemli hava kütlelerinin etkisine girdikleri için yağışlı bir dönem geçirirler (Yetmen, 2020, s.7).

Bir bölgenin topografik etmenleri bölgesel sübsidansa neden olabileceği için kuraklık olayları üzerinde belirleyicidir. Bir hava parseli bir dağ engeli ile karşılaştığı zaman dağın dulda yamacı, kuytu yamaç sübsidansının etkisiyle daha az yağış almaktadır. Örneğin Kuzey Anadolu Dağlarının güney eteklerinde yer alan vadi tabanları ve depresyonlar kuzey yamaçlara göre daha kuraktır (Türkeş, 1990). Çünkü bir dağ yamacı boyunca yükselmeye zorlanan hava parseli doyma noktası sıcaklığına ulaşana kadar kuru adyabatik şartlara (lapse-rate: 1°C/100 m) göre soğumaktadır. Yoğunlaşmanın gerçekleştiği esnada gizli ısının salınmasıyla nemli adyabatik (0,5°C

/100 m) koşullara göre soğuma devam edecektir. Yani yükseldikçe soğuma oranı azalmaktadır. Öte yandan bu hava parseli nemini rüzgâr alan yamaçta bıraktığı için dağın rüzgâr altı yamacında alçalırken tamamen kuru adyabatik şartlara (fön etkisi) göre ısınacaktır. Başka bir deyişle yükselirken gerçekleşen toplam soğuma oranına göre alçalırken daha hızlı bir ısınma oranı gerçekleşecektir (Türkeş, 2022, s.283).

Havanın kararlığı yağış ve kuraklık koşullarını denetleyen diğer bir atmosferik olaydır. Atmosferin kararlılık durumu hava sıcaklığının yükseklikle değişme oranına (lapse-rate) bağlıdır. Troposferde yükseldikçe hava sıcaklığı artıyorsa sıcaklık enversiyonu gelişir. Bu durum, atmosferin kararlı olduğunu göstermektedir. Havanın kararlı olup olmama durumu bir hava parselinin yükselip yükselmeyeceğini belirleyen en önemli faktördür. Kararlı havada terselme katmanına yükselmeye çalışan hava parseli çevresindeki havadan daha soğuk ve yoğun olduğu için dikey hava hareketi gerçekleştiremez. Bu durumda yağış ve bulutluluk koşulları ortadan kalkar (Türkeş, 2022, s.347).

Dünya genelinde tekrar eden bir iklim olayı olan aynı zamanda can kayıplarına, gıda kıtlığına, yetersiz beslenmeye ve kitlesel göçlere neden olan kuraklık, çölleşmenin de ana nedeni olarak kabul edilmektedir (Masih vd., 2014). Yani küresel ölçekte tarımsal üretimi etkileyerek habitat kaybını tetiklemektedir. Kuraklığın sonuçları tahmin edilebilse de dünyanın birçok yerinde bu ciddi etkilerini önlemek için yeterince tedbir alınamamaktadır. Yine de artan gıda talebi ve su kıtlığı nedeniyle rekabet, afet risk yönetimi konusunu küresel siyasi gündemin üst sıralarına taşımaktadır (Smakhtin ve Schipper, 2008). İklim değişikliklerinin ve iklimsel dalgalanmaların göz ardı edildiği aridite ise dünyanın herhangi bir yerinde hâkim olan fiziki coğrafya etmenlerinin ve uzun dönemli hava dolaşım düzeneklerinin meydana getirdiği sürekli nem ve yağış açığı olarak ifade edilmektedir (Türkeş, 2007).

Bir iklimin kurak veya nemli olması hem yağış miktarına bağlıdır hem de yağışın buharlaşmayı ve bitki terlemesini dengelemek için (evapotiranspirasyon) gereken sudan daha az ya da daha fazla olup olmamasına bağlıdır. Aridite genel olarak hem potansiyel evapotiranspirasyon oranının hem de yağışın bir fonksiyonudur. Ariditeye yol açan en önemli süreçlerden biri yüksek basınçla bağlantılı bir atmosferik dolaşım modeli olan hadley hücresidir (Maliva ve Missimer, 2012). Ekvatorda ısınan

hava yükselip yoğunlaşma gizli ısısı salarak kutuplara doğru hareket eder. Sıcak yükselici havanın saldığı bu gizli ısı aynı zamanda hücrenin devamlılığı için gerekli olan enerjiyi de sağlamaktadır. Yükseldikçe radyasyon kaybeden ve yoğunluğu artan hava, enlemsel olarak ekvatordan uzaklaştıkça koriyolisin etkisi ile sapmaya uğrar (batılı akışlara döner) ve 25-35 derece enlemleri arasında alçalmaya zorlanır. Bu alanlarda subtropikal yüksek basınç kuşakları meydana gelir. Bu bölgeler aynı zaman subtropikal çöllerin (Örnek: Sahra Çölü, Sonoran Çölü, Namib ve Kalahiri çölleri) bulunduğu alanlara karşılık gelmektedir (Türkeş, 2021, s.194-198). Ayrıca bu bölgelerde karaya yakın soğuk okyanus akıntıları alt atmosferi soğutarak ve dolayısıyla havanın yükselmesini engelleyerek sıcaklık enversiyonu yaratırlar. Bu durumda havadaki bağıl nemin daha da azalmasıyla yağış oluşma düzenekleri de ortadan kalkar (Maliva ve Missimer, 2012). Öte yandan çölleşme ise potansiyel olarak şiddeti hafiften çok şiddetliye değişebilen, toprak erozyonundan tuzlanmasına, bitki örtüsünün bozulmasına, toprakta toksik kimyasal birikime kadar insan kaynaklı bir arazi degradasyon sürecidir (Dregne ve Chou, 1992). Başka bir deyişle çölleşme daha çok antropojen etkinliklerin dâhil olduğu kurak, yarı kurak, kuru-yarı nemli bölgelerde biyolojik açıdan üretken bir arazinin bozulması olayıdır (Türkeş, 2012a).

2.2. ÇÖLLEŞMEYE NEDEN OLAN SÜREÇLER

Çölleşme süreci; çevresel, sosyal, ekonomik baskıların etkisiyle toprakta fiziksel, kimyasal, biyolojik değişimlerin bir sonucu olabildiği gibi şiddetli kuraklık koşullarında hızlanabilen farklı arazi degradasyonu süreçlerinin etkileşiminin uzun vadeli bir sonucudur. Her disiplin çölleşme sürecini kendi bakış açısıyla değerlendirmektedir. Örneğin Agronomistlere göre bir toprağın %1,7'den daha az organik madde içermesi çölleşme öncesi bir aşamada olduğunun göstergesidir. Öte yandan çölleşme birçok farklı iklim koşullarında görülebilmesine rağmen UNEP ve FAO çölleşmeyi kurak, yarı kurak iklim bölgelerinde antropojen faaliyetler sonucu arazideki bozulma olarak tanımlamaktadır. Oysa İzlanda topraklarının geniş alanları organik madde kaybıyla çölleşmeye maruz kalmıştır (Bowyer vd., 2009, s.1). Bu konunun karmaşık ve geniş doğası göz önüne alındığında çölleşmeye yönelik yaklaşımların tartışmalı olduğunu düşündürmektedir. En temelde çölleşmeye neden olan süreçler:

2.2.1. Toprağın Bozulması

Dünya yüzeyinin ince bir tabakasını örten toprak; litosfer, biyosfer, hidrosfer ve atmosfer arasındaki enerji ve kütle transferinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik bir sürecin sonucu olan topraklar biyoçeşitliliğin ana havuzlarıdır (FAO, 2015). Küresel ölçekte gıda üretiminin yaklaşık % 95'ini destekleyerek insan yaşamı için hayati bir ortam sağlar. Bu nedenle insanoğlu tarımsal üretim ve hayvancılık faaliyetlerini sürdürmek için büyük oranda toprağa bağımlıdır (Borrelli vd., 2020).

Ayrıca hem biokütle üretimi ve ham madde temini, hem de kirleticilerin filtrelenmesi gibi ekosistem hizmetleri sağlayarak Dünya'daki yaşamın sürdürülmesine katkı sağlar. İklim değişikliğinin, sürdürülebilir olmayan yönetim uygulamalarının, artan nüfusun ve buna bağlı sosyo-ekonomik faaliyetlerin sığ topraklar üzerinde yüksek baskılar oluşturması toprakların çölleşmeye karşı hassasiyetini tehdit etmektedir (Ferreira, 2022). Arazi bozulması ve toprak bozulması kavramları genellikle birbirinin yerine kullanılır. Toprak ve arazi özdeş kavramlar olmasa bile her ikisi de Dünya yüzeyinin üst tabakasında meydana gelen bozulmayı ifade eder. Fakat Adam Kertész (2009), yine de bu kavram karışıklığını önlemek için peyzaj bozulması (landscape degradation) kavramını kullanmayı önermektedir. Araştırmacıya göre bu kavram, Dünya'nın kabuğunun en üst tabakasının bozulmasından çok daha fazlasını ifade etmektedir.

2.2.1.1. Fiziksel Bozulma

Toprağın Sızdırmazlığı ve Sıkışması: Toprak sıkışması bir takım tarımsal uygulamalar (tekerlekler, silindirler, hayvan tarafından uygulanan baskılar) nedeniyle toprağın mekanik basınçla yapısının değişmesi sürecidir (Alaoui ve Diserens, 2018). Ayrıca kentsel gelişmeyle birlikte alt yapı inşaatları sonucunda toprak yüzeyinin geçirimsiz malzemeyle örtülmesi toprakta sızmayı engeller (Kibblewhite vd., 2008). Herhangi bir nedenle toprakta oluşan sıkışma sızma kapasitesini, gözenekliliği, biyolojik aktiviteyi azaltarak toprağın fonksiyonlarını bozar. Bu durum bitkilerin su ve besin emilimini sınırlayarak köklerini saldıkları alanları azaltır (Ferrara vd., 2015). Dolayısıyla bitki toplulukları, mahsul verimliliği ve çevre kalitesi üzerinde olumsuz etkileri vardır (Beck and Wurst, 2013). Çünkü infiltrasyon kapasitesi düşük olan

toprağın atmosferle teması olmadığı için toprak işlevlerini yerine getiremez. Toprak yüzeyine gelen su sızmadan artan hacim ve hızla yüzeyden akar (Kertész, 2009).

Toprağın tekstürü (kum, kil, mil oranı), strüktürü (topraktaki tanelerin dizilişi) ve porozitesi sızma kapasitesiyle yakın ilişkilidir. Çeşitli nedenlerden dolayı sıkışmaya uğrayan toprağın zamanla tanecikleri arasındaki mesafe ve boşluklar küçülür. Bu durum sızma kapasitesinin azalmasına neden olduğu için, hava ve su sirkülasyonunu zayıflatır ve yağışların yer çekimi (gravitasyon) ile aşağı yönlü hareketini sınırlar. Nitekim yağışlar yüzeysel akışa geçerek erozyonu tetikler. Sonuçta erozyona uğrayan verimli üst toprak taşınır (Semenderoğlu vd., 2006).

Toprağın bünyesi (tekstür), toprak profili boyunca hava ve su sirkülasyonu üzerinde belirleyici bir faktör olduğu için bitkilerin yaşamsal faaliyetlerinde ve kök hareketlerinde etkilidir. Örneğin kil bitkilerin kökleri vasıtasıyla topraktan besin maddesi almasına aracılık eder. Ayrıca katyon değiştirme kapasitesi yüksek olduğu için toprağın fiziksel görünümünü iyileştirir. Kil minerali eksi yüklü olduğu için artı yüklü katyonları kendine doğru çeker. Öte yandan aşırı killi toprak sızma kapasitesini düşürerek toprağı sıkıştırır. Çünkü kilin tanecikleri küçük olduğu için suyu tutarak gözeneklerin dolmasına neden olmaktadır. Bu durum suyun ve havanın hareketini engelleyerek topraktaki mikroorganizmal faaliyetlerin durmasına neden olur. Böyle topraklar ağır bünyelidir ve işlenmesi zordur (Atalay, 2016).

Toprağın Kabuklaşması: Özellikle kurak, yarı-kurak bölgelerde toprak yüzeyinde oluşan sert ince tabakalar, kabuklaşmanın göstergesidir. Kalınlıkları 1 mm ile 5 cm arasında değişmektedir. Yağmur damlalarının darbe etkisi ve onu takip eden kuruma süreciyle toprağın alt katmanlarından daha kompakt daha sert ve daha kırılgan bir tabaka oluşur (Evans ve Boul, 1968). Bu durum gözenek sistemlerinin sadece düzenini bozmakla kalmaz aynı zamanda gözeneklerin hem boyutunu küçültür hem de sayısını azaltır. Dolayısıyla suyun infiltrasyonu azalarak alt katmanlara geçişi engellenir. Sulamada ciddi sorunlar yaşanır. Su yüzeysel akışa geçerek erozyona ve çevresel bir takım risklere yol açar. Aynı zamanda sert katman, toprak-atmosfer arasındaki gaz alışverişini de engelleyerek biokütle üretiminin düşmesine neden olur (Pagliai, 2010).

Kalsiyum karbonat içeriği yüksek ve killi, milli malzemeden oluşan kalsimorfik topraklar, suyla temas ettiğinde bünyesindeki $CaCO_3$ çözülerek kil ve mil ile karışır ve toprak yüzeyinde bir kaymak tabakası oluşur. Bu tabaka zamanla kuruyarak kabuklaşır ve tohumların çimlenme döneminde çimlenmesini engeller. Tohum çimlenmişle bile yüzeye çıkmasına engel olur (Semenderoğlu vd., 2006).

Toprak Erozyonu: Toprağı veya jeolojik materyali bir noktadan ayıran ve uzaklaştıran rüzgâr, yağış, sıcaklık değişimi, buz, yer çekimi gibi doğal veya antropojen etkenlerin neden olduğu fiziksel kuvvetler tarafından arazi yüzeyinin aşındırılmasıdır (Bowyer vd., 2009, s.2). Başka bir deyişle toprak erozyonu, verimli üst toprağın dış kuvvetlerin (su, rüzgâr vs.) etkisiyle ortamdan uzaklaştırılması sürecidir. İklim değişikliği ile birlikte özellikle Akdeniz ikliminin hâkim olduğu birçok alanda, toplam yağış miktarının azalma eğiliminde olduğu buna karşılık şiddetli fırtınaların, sıcak hava dalgası insidansının ve dolayısıyla orman yangınlarının arttığı savunulmaktadır. Orman yangınından sonra toprakta meydana gelen erozyon bu durumun beklenen bir sonucudur (Shakesby, 2011). Dünyadaki toprak kaynaklarının çoğu orta, kötü ve çok kötü durumdadır bu durum toprak erozyonunu dünya çapında önemli bir çevresel ve tarımsal sorun haline getirmektedir. Ormansızlaşma, aşırı otlatmayla birlikte yanlış tarım uygulamaları antropojen kaynaklı toprak erozyonunun başlıca nedenidir. Ayrıca besin ve karbon döngüsünün, arazinin üretkenliği ve sosyo-ekonomik koşullar üzerinde önemli etkileri olan hızlandırılmış erozyonun da birincil nedeninin insan kaynaklı olduğu bilinmektedir (Borrelli vd., 2017, 2020).

Aslında erozyon jeolojik zaman içinde toprak oluşumunun doğal bir süreci olmasına rağmen endişelerin çoğu insan kaynaklı hızlandırılmış erozyonla ilgilidir. Gevşek ve kırıntılı yapıya sahip topraklar erozyona karşı hassastır. Böyle bir toprakta zemine düşen su yeterli hızdaysa toprak parçacıklarının direncini yenmeye yetecek bir kuvvet uygular. Özellikle kil içeriği düşük ve 2 mm'den büyük toprak taneleri arasında neredeyse hiç kohezyon yoktur. Bu durumda yağmur damlalarının düşme etkisiyle toprak taneleri birbirinden ayrılır (Jones vd., 2003).

Su erozyonu; yüzey erozyonu (sheet), oyuntu erozyonu (gully), parmak erozyonu (rill) şeklinde gerçekleşmektedir. En yaygın görüleni ise yüzey erozyonudur. Yüzey erozyonunda ince bir tabaka halinde toprak parçacıkları yüzey akışıyla

ortamdan uzaklaştırılır. Tüm alan yüzeyinin tekdüze şekilde kademeli olarak kaldırıldığı bir süreç olduğu için toprağın kaybolduğu fark edilmez (Bashir vd., 2017). Zamanla üst toprak taşınarak kireç ve katyonların biriktiği B horizonu açığa çıkar. Genelde altta geçirimsiz bir tabakanın olduğu ve zayıf strüktürlü topraklarda bu erozyon meydana gelir. Eğer su erozyonu ilerlerse derinliği yaklaşık 2-25 cm olan sel yarıntıları (rill) ortaya çıkar. Bu yarıntılar, organik madde bakımından verimli üst toprağın taşındığı ve prodüktivitesini kaybettiği anlamına gelmektedir. Yarıntı erozyonunun ilerlemesi durumunda ise derinliği birkaç metreye varan oyuntular (gully erozyonu) açığa çıkabilir. Bu oyuntular bazen keskin sırtlarla birbirinden ayrılarak üzerinde yürünmesi zor bir araziye (badlands topografyası) dönüşürler (Semenderoğlu vd., 2006).

Rüzgâr erozyonu; genellikle kurak, yarı kurak bölgelerde bitki örtüsünden yoksun gevşek dokulu topraklarda meydana gelen doğal bir süreçtir. Kum, kil, silt ve organik madde rüzgâr erozyonu ile uzaklaştırılmaya en duyarlı olanlarıdır. Rüzgâr erozyonu rüzgârın hızına ve toprak parçacıklarının boyutuna bağlı olarak 3 farklı şekilde gerçekleşir. 0,1mm'den küçük parçacıklar süspanse (havada asılı) olarak hareket ederken 0,1-0,5 mm boyutundaki parçacıklar saltasyon (sıçrama) yoluyla, 0,5 mm'den büyük olanlar ise reptasyon/deflasyon (sürünme, yuvarlanma) yoluyla hareket ederler. Süspanse yoluyla kil minareli, silt ve humus gibi toprağın en verimli bileşenleri uzun mesafelere taşınabilmektedir. Bu durum toprağın yapısını bozarak su ve besin depolama kapasitesini azaltır. Bununla birlikte görüş mesafesini kısıtlayan toz bulutlarına da neden oldukları için insanlar için tehlike oluştururlar. Süspansiyonun aksine deflasyon ve saltasyon ile daha büyük toprak parçacıkları hareket eder (Wurbs ve Steininger, 2017).

Rüzgar erozyonunun boyutunu bitki örtüsü, antropojen etkenler, unsurun boyutu ve şekli, rüzgar hızı, iklim, hidroloji gibi parametreler belirler. Bitki örtüsü arttıkça gevşek depoların hareket kabiliyeti azalır. Aynı zamanda bitkinin çürüyen kısımları toprağa karışarak organik madde oluştururlar. Bu organik maddeler toprak parçacıkları arasında bağlayıcı bir rol üstlenirler. İri unsurlar çok uzak mesafelere taşınamazken ince unsurlu depolar kilometrelerce uzağa taşınabilmektedir. Rüzgar erozyonu tehlikesinin var olduğu alanlarda aşırı otlatma yapmak, tarla açmak vejetasyonu tahrip etmek en yaygın antropojen etkenlerdir (Erinç, 2001, s. 21).

Özellikle yaz mevsimi kurak subtropikal Akdeniz ikliminin hâkim olduğu yarı kurak, kurakça-yarı nemli (Örnek: Güneydoğu Anadolu Bölgesi) alanlarda, yaz mevsimi ve sonbahar başlarında ortaya çıkan topraktaki su açığı, toprak parçacıklarının birbirine tutunmasını engelleyerek rüzgâr erozyonuna uygun şartların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Türkeş, 2013). İklim elemanlarından rüzgâr hızı da, rüzgâr erozyonunu tetikleyen bir diğer faktördür. Toprak parçacıklarının boyutuna bağlı olarak, toprak yüzeyinde 4,5 m/s rüzgâr hızlarından itibaren erozyon riski keskin bir şekilde artar. Ayrıca Suyun yüksek kohezyon kuvvetleri nedeniyle toprak yüzeyindeki nem de önemlidir. Artan kuraklık ile erozyon riski artar (Wurbs ve Steininger, 2017).

Dünyanın birçok bölgesinde toprak bozulmasına ve hava kirliliğine neden olan rüzgar erozyonu, daha çok iklimsel faktörler tarafından kontrol edildiğinden iklim değişikliğine uyum sağlamak için toprak ve arazi yönetiminde bu fenomenle ilgili çalışmalara ihtiyaç artmaktadır. Dünyanın kara yüzeyinin yaklaşık üçte birinin rüzgar erozyonundan etkilendiği gerçeği göz önüne alınırsa bu alandaki araştırmaların azlığı dikkat çekicidir. Rüzgarın aşındırıcı etkisiyle toprak yüzeyinin en verimli kısmı fiziksel olarak ortadan kalkar. Dolayısıyla besin maddesinden yoksun kalan toprak bitki büyümesine fayda sağlayamaz (Lackoova vd., 2021).

2.2.1.2. Kimyasal Bozulma

Organik Madde Azlığı: Dünya'daki karasal ekosistemin en büyük karbon havuzu olan topraklar atmosfer, iklim ve arazi örtüsü değişikliği ile etkileşim halindedir. Topraktaki organik karbonun bolluğu bitki üretimini etkiler ve toprak verimliliğinde, tarımsal üretimde kilit bir rol oynar (Jobbagy ve Jackson, 2000). Toprağın organik maddesi, atmosferin toplamından ve küresel bitki örtüsünden daha fazla karbon içerir. Bu nedenle toprak organik maddesi fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri aracılığıyla ekosistemin sürdürülebilirliğini ve üretkenliğini sürdüren temel bir madde olarak kabul edilmektedir. Organik maddeler, bitkilerin büyümesine yardımcı olan bitki besin maddelerini tutmakla kalmaz, ayrıca toprağın su ve sızma kapasitesinin geliştirilmesine katkı sağlar (Lou vd., 2022). Topraktaki organik karbonun depolanma ve kayıp süreçleri; çevresel değişkenler (sıcaklık, yağış vs.),

arazi kullanımı ve yönetimi, toprağın dokusu, antropojenik etkenler gibi faktörlere bağlıdır (Albaladejo vd., 2012).

Toprak organik karbonu, fauna ve flora kalıntılarının ayrışması ve bir takım mikoorganizmal faaliyetler sonucu toprağa girmektedir. Aşırı sulama veya toprağı çıplak bırakma gibi faaliyetler erozyona neden oldukları için topraktaki organik karbonun seviyesinde düşüşe yol açmaktadırlar. Bununla birlikte iklim değişikliği ve organik karbon arasında da sıkı bir ilişki olduğu bilinmektedir. Artan sıcaklıklar toprakta bozunmaya ve organik madde kaybına yol açabilir. Ayrıca yağışların azalma eğiliminde olduğu alanlarda bitkilerin fotosentez ile organik madde üretmesi de sınırlanmaktadır. Organik karbonun ana kaynağı olan organik madde ülkemiz topraklarında çok az olup %0,5- %6 arasındadır. Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi gibi yarı kurak iklimin görüldüğü alanlar, organik madde bakımından oldukça fakirdir (ÇEM, 2018).

Toprak Kirliliği: Toprağın kirlenmesine neden olan ve toprakta en yaygın görülen ağır metaller; çinko (Zn), arsenik (As), cıva (Hg), nikel (Ni), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve krom (Cr) dur. Zehirli olan bu metaller çevreyi ve halkın sağlığını önemli ölçüde tehtid etmektedir (Zhao vd., 2022). Madencilik, tarımda kullanılan gübreler, çevreye salınan petrol türevi maddeler, zirai ilaçlar, evsel/kentsel atıklar ve herbisitler bu soruna katkıda bulunurlar. Toprak kirliliği, hem zehirli kirleticiler nedeniyle mahsül verimini azaltmakta hem de topraklardan üretilen mahsüllerin canlılar tarafından tüketimi için güvensizlik yaratmaktadır. Zn, Ni bitkiler için daha toksik iken As, Cr, Pb, Hg, Cd ise hayvanlar için daha toksiktir (FAO, 2018).

Öte yandan çinko, kobalt, molibden, bakır gibi elementler topraktaki mikroorganizmalar ve floralar için hayati önem taşırken yüksek düzeyde bulunuşları toksik etki yaratmaktadır. Örneğin kobaltın 100-150 ppm'i aşması topraktaki canlılar için risk taşıdığı anlamına gelmektedir. Çinko, molibden, selenyum sanayi faaliyetlerinin yapıldığı yerlerde atık sularla toprağa karışmaktadır. Kadmiyum, genellikle fosforlu gübrelerde bulunmakta ve fosfat gübresinin kullanıldığı topraklarda aşırı birikebilmektedir. Toprağa zarar veren bitkisel ve hayvansal mikroorganizmaları yok etmek için kullanılan pestisitlerin bir kısmı suda çözünebilirken bir kısmı yağda çözünebilmektedir. Bu pestisitlerin bazıları toprakta bir taraftan zararlı organizmaları

yok ederken bir taraftanda toprağa faydalı organizmaları yok etmektedirler. Zamanla pestisitlere karşı bağışıklık kazanan türler ortaya çıkarak toprağın ekolojik dengesini bozarlar (Semenderoğlu vd., 2006a).

Toprağın Asitleşmesi: Enerji santralleri ve otomobillerde yanan fosil yakıtla atmosfere salınan kirletici gazlar, yağmur suyunun aşırı asitli olmasına neden olurlar. Toprağa düşen asit yağışları toprağın pH değerini düşürerek besin maddelerinin azalmasına neden olurlar. Bitki atıklarının ve kömür gibi fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere salınan kükürtdioksit (SO_2) toksik bir maddedir. Havada birikimleri fazla olunca O_2 ve H_2O ile birleşerek korozif etkiye sahip olan sülfürik asidi (H_2SO_4) oluştururlar. Benzer şekilde otomobil egzozlarından vs. atmosfere salınan NO (azot oksit), havada oksijen ve su buharıyla birleşerek nitrik asit (HNO_3) birikimine sebep olabilir. Dolayısıyla azot ve oksijen molekülleri tek başlarına zararsız iken birleştiklerinde ölümcül kirletici olabilmektedirler. Atmosfer koşulları da havanın doygunlaşmasına ve su buharının yoğunlaşmasına uygun olduğunda ortaya çıkan bu bileşikler, asit yağışlarına neden olurlar (Türkeş, 2022, s. 651).

Ozon gazı ise alt ve orta stratosfer dışındaki yerlerde (alt troposferde) kirletici olarak kabul edilirken stratosferde, güneşin zararlı UV (ultraviole) ışınımının süzme işlevini yaptığı için yaşamsal kaynak durumundadır. Eğer havada yeterince NO_2 (azot dioksit) kirleticisi mevcutsa gökyüzü de açık ise kısa dalga boylu güneş ışınımları daha etkili olur. Bu durumda NO_2 molekülleri güneş ışığını soğurarak fotokimyasal bir ayrışma gerçekleştirirler. Ardından tek atomlu oksijen ile iki atomlu oksijen birleşerek ozon molekülünü (O_3) meydana getirirler. Yeryüzüne yakın yerde önemli bir kirletici olan ozon gazı, toksik ve korozif bir etkiye sahip olduğu için bitki yapraklarını aşındırarak zarar onlara vermektedir (Türkeş, 2022, s. 655).

Genellikle drenaj sorunu olan nemli, yağışlı bölgelerde toprak asit (pH değeri 7'nin altında) reaksiyon gösterir. Bu durum, toprak suyu çözeltisinde hidrojen iyonlarının OH (hidroksil) iyonlarından yoğun olduğu anlamına gelmektedir. Nemli ve yağışlı bölgelerde toprak aşırı derecede yıkanarak Ca, K, Mg, Na gibi bitki besin maddelerinin ortamdan uzaklaşmasına neden olur. Uzaklaşan bu katyonların yerini hidrojen iyonları alarak toprağı asitleştirirler. Toprağın asitleşmesinin bir diğer nedeni de organik maddenin ayrışması sonucu açığa çıkan karbondioksitin su ile reaksiyona

girmesidir. Bu reaksiyon sonucu toprakta organik ve karbonik asitler ortaya çıkmaktadır. Giderek artan toprak asitliği, bitki gelişimini yavaşlatmakta ve bir dizi ekolojik problemlere neden olmaktadır (Semenderoğlu vd., 2006a).

Toprağın Tuzlanması ve Sodifikasyon: Suda çözünebilen magnezyum (Mg), potasyum (K), kalsiyum (Ca), sülfat (SO_4^{2-}), karbonat ($NaHCO_3$), bikarbonat (HCO_3^-) gibi anyon ve katyonlar toprakta biriktiği zaman tuzlanma meydana gelir. Aynı şekilde toprakta sodyum (Na) birikimi de sodifikasyona neden olmaktadır. Bitkilerin kök bölgesinde tuz birikimine neden olan tuzluluk olayı bitkilere bir çok şekilde zarar vermektedir. Çünkü tuzluluk arttıkça toprak suyu kullanılabilirliği azalır ve bu durum kısa vadede bitkinin gaz alışverişini ve nemlilik durumunu değiştirir. Uzun vadede ise bitkinin verimliliği ve büyümesi üzerinde etkilidir (Katerji vd., 2008).

Tuzlanma birkaç şekilde gerçekleşebilir. Örneğin, toprağın üzerinde oluştuğu anakaya, tuz bakımından zenginse toprak doğal olarak tuz içerebilir veya kıyı boyunca alçak alanlarda deniz suyu da tuzlanmaya neden olabilir. Fakat en yaygın olanı sulama suyunun sebep olduğu tuzlanmadır. Çünkü sulama sularının bir çoğu tuz içermektedir. Dolayısıyla sulama ile toprağa sızan su, buharlaşarak bünyesindeki tuzu toprağa bırakarak tuzlanmaya neden olur. Bu tuzlar bazen toprak yüzeyinde kuru bir tuz tabakası oluştururlar. Tuzlu yeraltı sularıda tuzlanmaya yol açabilir. Özellikle drenajın uygun olmadığı alanlarda, sulamanın ardından su tablası yükseldiğinde tuz bakımından zengin olan yeraltı suyu, toprağın üst katmanlarına ulaşabilir. Böylece bitkilerin kök bölgesinde tuz birikebilir (https://www.fao.org/3/r4082e/r4082e08.htm).

Antropojen süreçler tarafından yönlendirilen toprak ve su kaynaklarının yanlış yönetimi de tuzlanmaya neden olabilmektedir. Örneğin yeraltı suyunun aşırı ve bilinçsizce kullanımı, kıyı bölgelerinde tatlı su akiferine deniz suyunun karışmasına yol açmaktadır. Aslında yer altı suyunun yavaş hareket etmesi ve depolanabilmesi, iklim değişikliğine dayanıklılık bakımından yüzey sularına göre daha avantajlıdır. Fakat akiferler o kadar yoğun kullanılmaktadır ki doğal hidrolojik denge önemli ölçüde bozulmaktadır (Mazi vd., 2014).

Sodifikasyon (alkalileşme) olayı da tuzlaşmaya benzemektedir. Sadece yüzeye kapilarite yoluyla taşınan materyal farklılık gösterir. Toprak içerisinde bulunan diğer

tuz türlerine göre sodyum (NA) tuzlarının konsantrasyonu daha fazladır. Alkalileşme sürecinde sodyum, topraktaki kolloidal maddelerde bulunan Ca ve Mg ile yer değiştirerek hakim duruma geçer ve hidrolize olarak sodyum hidroksit (NaOH) halini alır. Gerek havadaki gerek topraktaki CO_2 ile tepkimeye girerek Na_2CO_3'a dönüşür. Bu durumda toprak sodyum bikarbonat bakımından zenginleşir ve yüksek oranda alkalen reaksiyon gösterir (Atalay, 2016, s. 197).

Dünyanın gıda arzına büyük katkı sağlayan sulu tarım, buharlaşma ve terleme yoluyla güçlü su kayıpları ve kalan tuzların daha az yıkanması ile karakterize edilen aşırı tuzluluk ve sodiklikten etkilenmektedir. Mevcut su kaynaklarının düşük kalitesi, yer altı suyunun derinliği, aşırı miktarda kullanılan gübre ve ilaç atıkları, arıtılmamış endüstriyel atık suları gibi parametreler, toprak profilindeki su ve sodyum dengesindeki değişikliklerin ana nedenlerindendir. Topraktaki değişebilir sodyum yüzdesi %5 - %40 ise toprak sodik kabul edilir (Sentís, 2014). Sodik topraklar zayıf bir toprak yapısına sahip olmakla birlikte düşük sızma kapasitesine de sahiptirleri. Böyle topraklar zor işlenirler ve bitki gelişimini olumsuz etkilerler. Aynı zamanda tuz konsantrasyonu yüksek olan topraklar bitkiler için toksiktir. Toprak suyunun tuz konsantrasyonu (doyma özü) 12 g/l'den fazla ise bu toprak çok tuzlu, 3 g/l' den az ise tuzsuz olarak kabul edilmektedir (https://www.fao.org/3/r4082e/r4082e08.htm).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güneyinde bulunan Harran Ovası'nda da toprak tuzluluğu büyük bir sorun olmuştur. 1978 yılında ovanın güneyinde yer alan Akçakale'de yapılan yeraltı pompaj sulaması, o alanlarda kısa sürede tuzluluğun artmasına neden olmuştur. Akçakale, Harran gibi yarı kurak iklimlerde toprak özellikleri, topografik etmenler, bitkinin su isteği gibi değişkenler dikkate alınmadan yapılan bilinçsiz ve kontrolsüz sulamalar tuzlaşmanın ana sebepleridir. Bölgede 1995 yılında Atatürk Barajı ile sulama yapılması ovadaki taban suyunu yükseltmiştir. Sulama sonucu yükselen ve biriken bu suların drene edilememesi, ovadaki mevcut toprakların kil oranının yüksek olması ve şiddetli buharlaşma tuzlaşmayı kaçınılmaz kılmaktadır (Çullu vd., 1999).

Öte yandan Harran Ovası, topografik açıdan da dikkat çekicidir. Yukarı da anlatılan olumsuz durumları, ovanın çevresine göre çukurda olması da desteklemektedir. Ovanın kuzeyi ve güneyi arasında 130 m'lik bir yükselti farkı

bulunmaktadır. Ayrıca doğusunda ve batısında bulunan Tektek ve Fatik Platolarının eteklerinde eğim artış göstermektedir. Ovanın kuzey kesimlerinin daha yüksek bir eğime sahip olması drenaj kapasitesi açısından avantaj yaratmaktadır. Kış ve ilkbahar yağışları, ovayı çevreleyen yüksek platolardan alçak kesimlere doğru devamlı bir su akışı gerçekleştirerek suyun birikmesine neden olmaktadırlar. Sulamanın en fazla olduğu temmuz ve ağustos aylarında taban suyunun bitkinin kök sistemlerine kadar yükselmesi ve orada kalma süresi tuzlanma sorunlarına neden olmaktadır (Bahçeci, 2008).

2.2.1.3. Biyolojik Bozulma

Toprak; karbon ve besin döngüsünde kilit roller oynayan büyük ayrıştırıcıları bünyesinde barındıran muazzam bir ekosisteme sahiptir. Toprakta bulunan patojenler ve parazitler bitki performansını doğrudan kontrol etmektedirler. Dolayısıyla yer üstü biyolojik çeşitliliğinin de şekillenmesinde katkıda bulunurlar. Bir gram toprak, milyonlarca mikroba ve küçük omurgasız hayvanlara ev sahipliği yaptığı için besin zincirinin önemli halkalarından birini oluşturur (Bardgett ve Putten, 2014). Aynı zamanda mikroplardan (Örnek: mantarlar) makro faunaya kadar (Örnek: nematodlar) değişen bir organizma havuzunu barındıran heterojen bir habitattır. Fakat hızla artan insan nüfusu ve ekolojik ayak izi toprak üzerinde büyük baskı oluşturmaktadır. Ayrıca değişen iklimle birlikte kuraklığın, şiddetli fırtınaların ve aşırı hava olaylarının sıklığı ve şiddetti artmaktadır. Bu durum tüm ekosistemi değiştirebilecek yabancı organizmaların istilasını daha da yaygın hale getirecektir. Artan kuraklıklar, protistleri ve daha büyük toprak hayvanlarının bolluğunu ve çeşitliliğini azaltarak toprak yaşamını olumsuz etkilemektedir. Bunun yanı sıra günümüzde atmosferik karbondioksit seviyesindeki ve sıcaklıktaki artışlar da omnivor ve yırtıcı nematodların bolluğunu azaltmaktadır (Geisen vd., 2019).

Aynı zamanda yoğun tarımsal faaliyetler, aşırı sulama, ağır makinelerin kullanımı, kimyasal gübre ve ilaç kullanımı toprağın fizikokimyasal özelliğini etkileyerek habitat değişikliğine neden olur (Tsiafouli, 2015). Genellikle daha büyük toprak organizmaları, yerel ölçekte ve kısa sürede küçük gövdeli organizmalara göre daha yüksek oranda yok olma riskiyle karşı karşıyadır. Örneğin solucanlar gibi büyük organizmalar toprak ortamındaki değişikliklerden daha güçlü şekilde etkinerler.

Yoğun tarım yoluyla toprakta solucanların azalması, sızmayı zayıflatarak su erozyon riskini artırmaktadır (Geisen vd., 2019). Solucanlar aynı zamanda toprak yapısını değiştirerek ekolojik etkenlere katkı sağlarlar. Örneğin, Reginaldia omodeoi solucanı basit bağırsağı aracılığıyla kendi biyokütlesinin otuz katı toprak alabilir. Solucanlar toprak ve organik madde ile beslenerek organominarel dışkı salgılarlar (Lou vd., 2022). Yeraltı dünyasının zenginliğine rağmen, son yıllarda yapılan araştırmaların büyük çoğunluğu, yer üstü organizmaların yok olma dinamiklerine odaklansa da topraktaki organizmaların, yer üstü taksonlarının çoğundan daha büyük popülasyona sahip olduğu dikkat çekicidir (Veresoglou, 2015). Bu alanda çalışmaların sınırlı kalması, topraktaki mikrobiyal maddelerin çok küçük boyutta olmasıyla ve bu nedenle incelenmesinin ve kontrol edilmesinin zorluğuyla ilgili olabilir.

2.2.2. Kuraklık ve İklim Değişikliği / Değişkenliği

İklim değişikliği; nedeni her ne olursa olsun iklim koşullarında meydana gelen, hem küresel hem de bölgesel/yerel etkileri olan uzun süreli ve yavaş şekilde gelişen değişikliklerdir (Türkeş, 2022). 4.6 milyar yıllık bir jeolojik geçmişe sahip olan yer küre, doğal süreçlerle (Örnek: volkanik patlamalar, güneş aktivitesindeki döngüsel değişiklikler) birçok kez iklim değişikliği yaşa da Sanayi Devrimi'yle birlikte, bu doğal süreçlere ek olarak antropojen etkinliklerinin de iklim üzerinde bir baskı yarattığı saptanmıştır. Sanayi Devrimi'nden bu yana kullanılan fosil yakıtlar atmosfere bol miktarda sera gazı yayarak doğal sera etkisinin kuvvetlenmesine neden olmuştur. Bu durum, alt troposferde sıcaklık artışına neden olarak küresel ısınmayı gündeme getirmiştir (Türkeş, 2006). Geçtiğimiz yüzyılda bazı bilim insanları güçlü ısınma eğilimini yansıtan, "küresel ısınma" kavramı ile iklim değişikliğini birbiri yerine kullansalar da, iklim değişikliğinin küresel ısınmadan daha doğru bir ifade olduğu düşünülmektedir. Çünkü artan sıcaklıklar başka bir dizi iklimsel etkiye (Örnek: yağış modelindeki değişiklikler) neden olabilir (European Union, 2011).

İklim değişikliğinin Dünya atmosferi üzerindeki etkileri yeryüzünün birçok bölgesinde ciddi değişikliklere neden olmuştur. Artan atmosfer sıcaklıkları ve sıcak hava dalgaları, düzensiz/azalan yağışlar, su kaynaklarında genel azalma; uzun süreli ve tekrarlayan kuraklıklara dolayısıyla çölleşmeye yol açmaktadır. Bir bölgenin normalin altında yağış aldığı bir dönemi ifade eden meteorolojik kuraklığın ilk etkileri:

bitki yaşamı için yetersiz duruma gelecek zayıf toprak nemi ve uzun süreli yağış eksikliğinden sonra yeraltı ve yer üstü su kaynaklarının tehlikeli bir seviyeye düştüğü hidrolojik su sıkıntısıdır (Adamo vd., 2022).

IPCC (2019)'nin yayımlanan İklim Değişikliği ve Arazi Özel Raporunda, çölleşmeden kaynaklanan risklerin iklim değişikliği nedeniyle artacağı tahmin edilmektedir. Özellikle kara yüzeylerinde meydana gelen hava sıcaklığındaki/evapotranspirasyondaki artışların ve yağışlardaki azalışların, bazı kurak alanlarda çölleşmeye neden olacağı ön görülmektedir. Ayrıca raporda değişen iklimin, toprak erozyonu potansiyelini artıracağı ve bazı alanlarda da organik karbonun azalacağı belirtilmiştir. İklim değişikliği ve küresel ısınma ile birlikte dünyanın bazı bölgelerinde yağışların azalacağı tahmin edilirken bazı alanlarda ise yağış hacimlerinin ve yoğunluğunun artacağı düşünülmektedir. Çünkü artan küresel ısınma ile hidrolojik döngünün hızlanması, extrem yağış olaylarının daha sık oluşması hipotezini gündeme getirmektedir. Bu durum selleri ve taşkınları artırma yönünde önemli bir potansiyele sahiptir. Dolayısıyla toprak, su kaynaklı erozyon riskiyle karşı karşıya kalmaktadır (Panthou vd., 2014).

Esas olarak çölleşmenin iklim değişikliği ile şiddetlenen insan kaynaklı bir fenomen olduğu unutulmamalıdır. Çünkü iklim değişikliğinin bir sonucu olan kuraklık ve aşırı hava olayları, arazi tahribatına yol açmaktadır. Bu durumun gelecekte yoksulluk, bazı bölgelerde çatışma ve zorunlu göç gibi mevcut sosyo-ekonomik sorunları daha da ağırlaştıracağı düşünülmektedir. Geçtiğimiz yıllarda uzun süreli kurak dönemlerden sonra kuru alanlar daha hızlıca ve kolayca toparlanırken, son yıllarda sürdürebilir şekilde yönetilmedikleri için biyolojik ve ekonomik üretkenliklerini kaybetme eğilimindedirler (European Union, 2011).

Öte yandan çölleşme süreçleri hem iklim değişikliğinden etkilenmekte hem de onu etkilemektedir. Örneğin çölleşmeye eğilimli seyrek bitki örtüsü ve yetersiz yağışa sahip kurak, yarı kurak alanlardan veya çöllerden rüzgâr erozyonu ile taşınan toz aerosolleri, yerel enerji dengesinde ve hidrolojik döngüde önemli rol oynayarak iklim değişikliğine katkıda bulunabilirler. Atmosfere yayılan toz parçacıkları uzun ve kısa dalga boylu radyasyonu saçarak veya absorbe ederek Dünya-atmosfer sisteminin gezegensel albedosunu doğrudan etkileyebilirler. Ayrıca havada asılı duran bu toz

parçacıkları yoğunlaşma çekirdeği gibi davranarak bulut mikro fiziğini değiştirebilirler (Choobari vd., 2014).

İklim değişikliği ile birlikte, küresel iklim üzerinde önemli etkileri olan Hadley dolaşımının 1979'dan beri yaklaşık her iki yarım kürede de kutuplara doğru 2-4,5 derece genişlediği saptanmıştır. Hadley hücresinin genişlemesi, subtropikal sübsidans kuşağın dolayısıyla subtropikal jet akımlarının kutup yönüne kayması anlamına gelmektedir. Bu kurak bölgenin genişlemesinin, orta enlem troposferik ısınmanın artmasına neden olduğu görülmüştür. Bu durum her iki yarım kürenin orta enlemlerinde, kuraklıkların sıklığının artmasına yol açacaktır (Hu ve Fu, 2007).

Çölleşme faktörlerinden bir diğeri iklim değişkenliğidir. Zamansal ve alansal ölçekte iklimin ortalama durumundaki uç olayların ve standart sapmaların oluşumu gibi istatistiklerdeki değişimler, iklimsel değişkenliği ifade etmektedir (Türkeş, 2021, s.61). Yıl boyunca büyük ölçüde değişen ve geniş dalgalanmalar gösteren yağışın yıllar arası değişkenliği, kuraklık koşullarının hem oluşumunu, hem de süresini ve yoğunluğunu belirler. Yağış değişkenliği genellikle kurak bölge iklimlerinin tekrarlayan bir özelliğidir. Bu bölgeler aynı zamanda güçlü mevsimsellikle de karakterize edilirler. Tipik olarak belirgin kurak ve yağışlı dönemler mevcuttur. Yağışların çoğu birkaç ayda düşer ve ardından uzun kurak bir dönem başlar. Bu kurak dönemin varlığı nedeniyle, ekosistemler yüksek yağış değerlerine sahip olsalar bile sınırlı su koşullarıyla karşı karşıya kalırlar (D'Odorico vd., 2012). Kurak bölgelerde iklim değişkenliği, vejetasyon değişikliklerinin de ana nedenlerinden biridir. Fakat bu durum bozulma anlamına gelmez. Çünkü kuraklık olayı bir bozulma süreci değildir. Eğer kuraklık sona ererse arazinin verimliliği geri döndürülebilir. Öte yandan kuraklığın sıklığı, süresi ve yoğunluğu artarsa bitki örtüsünün toparlanması olanaksız duruma gelebilir ve bu durum ekosistemde kalıcı bir değişikliğe neden olabilir (IPCC, 2019).

Özellikle Türkiye'nin içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nda çölleşme olasılığıyla bağlantılı bir dizi önemli uzun dönemli (Örnek: artan su kıtlığı ve su kalitesinde düşüş) risk mevcuttur. İklim değişikliğiyle birlikte deniz seviyesi yükseldikçe nehirlere ve kıyı akiferlerine, tuzlu suyun girişi su kaynaklarını kullanılamaz duruma getirebilir (European Union, 2011).

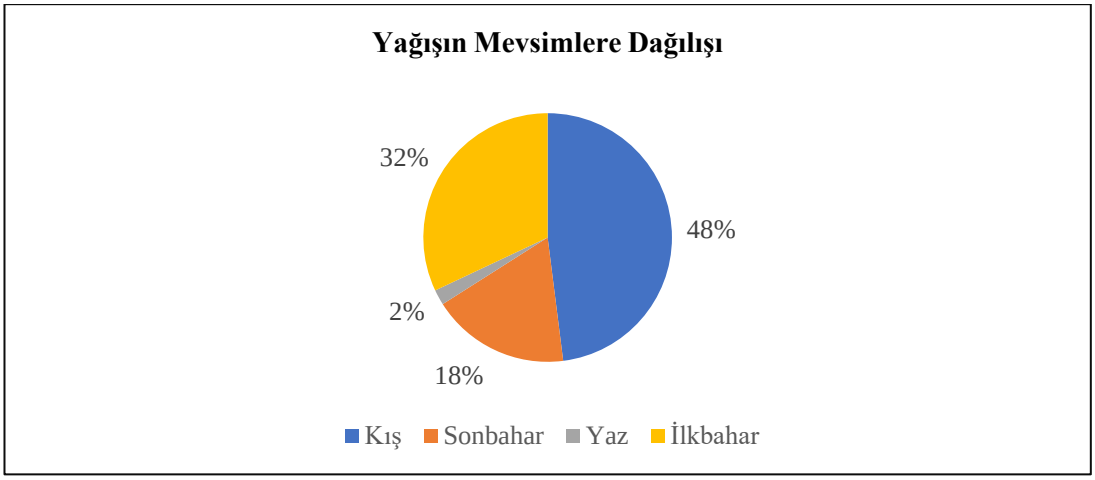
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3.1. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1.1. Yağış Özellikleri

Güneydoğu Anadolu Bölgesi genel olarak Karasal Akdeniz yağış rejimi özelliği göstermektedir. Mevsimselliğin oldukça belirgin olduğu bu bölge rejiminin en tanıtıcı özelliği; yaz aylarının çok kurak, kış/ilkbahar aylarının ise orta yağışlı olmasıdır. Öte yandan ilkbahar yağışları açısından bu bölge, daha çok karasal iç bölgelerle benzerlik göstermektedir. Yağış klimatolojisi hem yerel topografik şartlar hem de egemen hava dolaşımı tarafından kontrol edilmektedir. Kışın Doğu Akdeniz kökenli depresyonların ve Hazar Havzası, Doğu Avrupa, Batı Sibirya kökenli polar hava sistemlerinin etkisindeyken, yazın ise Muson (Basra) kaynaklı tropikal hava sistemlerinin etkisindedir (Türkeş, 2022, s.575, 581; 1990, s.44, 45). Bölgeye ait yağış dizileri incelenen istasyonlardan elde edilen verilere göre, yağışın yıllık dağılışı büyük farklılıklar göstermektedir.

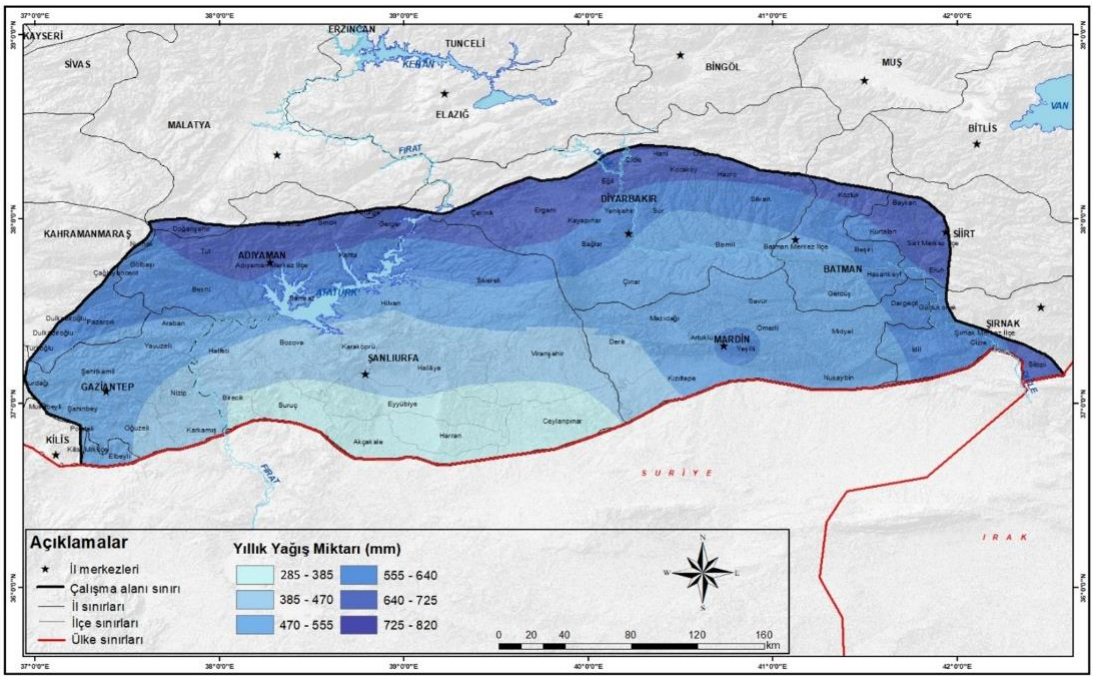
Şekil 2: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Yağışın Mevsimlere Dağılışı



Genel olarak yıllık toplam yağış içindeki payı en fazla olan mevsimler % 48 oranıyla kış ve % 32 ile ilkbahardır (Şekil 2). Bu durum Karasal Akdeniz yağış rejiminin tipik özelliğini yansıtmakla birlikte mevsimselliğin de fazla olduğunun göstergesidir. Bölgede yağışın dağılışı mevsimlik veya yıllık ayrıma gidilmeksizin yükseltinin de artmasıyla güneyden (Suriye sınırından) kuzeye (Güneydoğu Toroslar'a) artış göstermektedir (Şekil 3). En yağışlı alanlar Güneydoğu Torosların güney yamaçlarını oluştururken, en az yağışlı alanlar ise bölgenin Orta Fırat

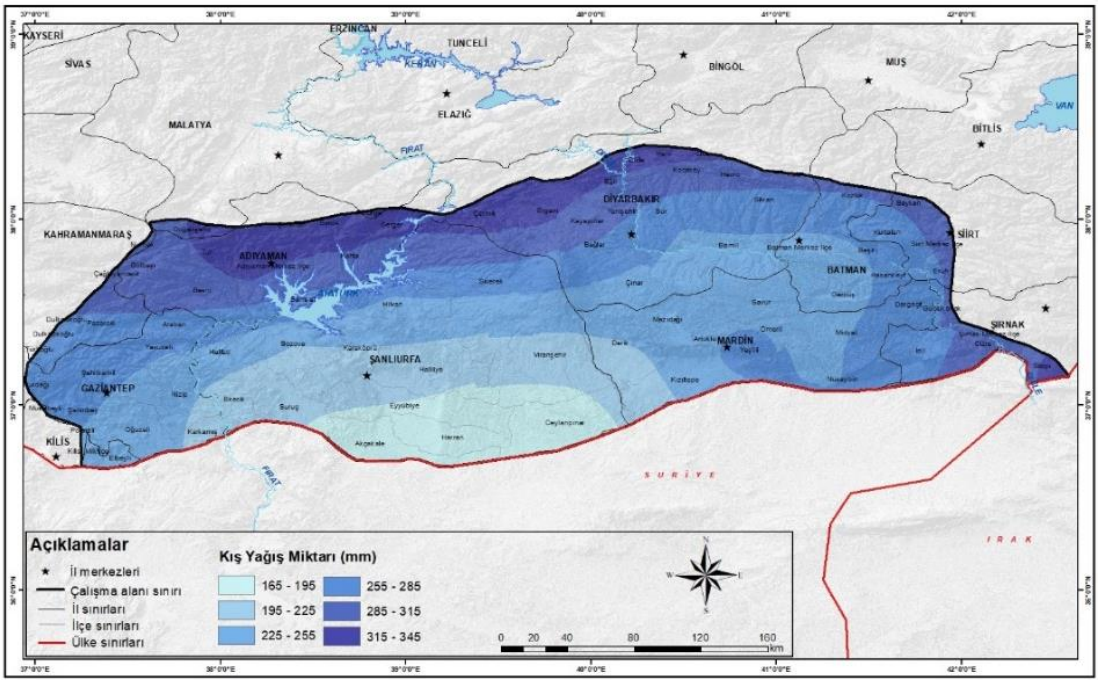
Bölümü'nün güneyinde yer alan ve bölgenin alçak kısımlarını oluşturan Akçakale ve Ceylanpınar ovalarıdır. Bu durum Doğu Akdeniz'den gelen siklonların Kuzeydoğu 'ya doğru yönelirken orografyanın etkisiyle dağların güney eteklerine daha fazla yağış bırakması ile ilgili olabilir. Rölyefin yağış üzerindeki etkisi Dicle Bölümü'nde daha belirgindir. Örneğin birbirine yakın iki istasyon olan Mardin (671 mm) ve Nusaybin'in (428 mm) yıllık ortalama toplam yağış miktarlarında 243 mm'lik bir fark bulunmaktadır. Bu fark Mardin'in (1150 m) yükseltisinin Nusaybin'den (500 m) daha fazla olmasıyla ilgili olabilir.

Şekil 3: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Yağış Miktarının Dağılışı



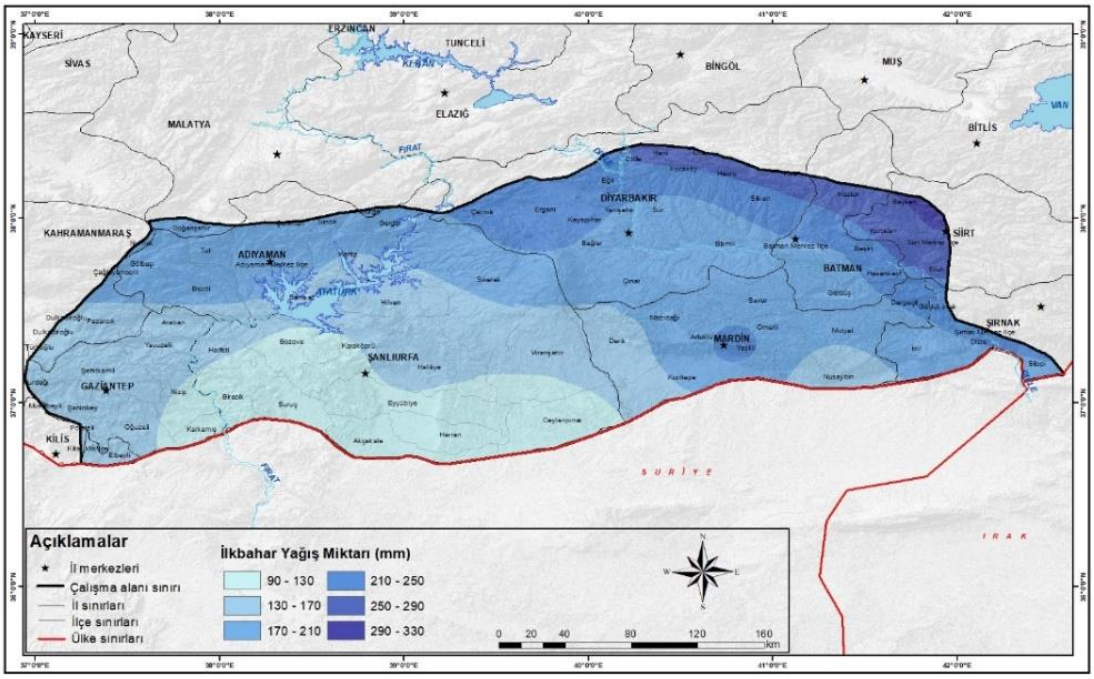
Kış aylarındaki yağışların dağılışı ile yıllık yağışların dağılışı uyumlu olmakta ve benzerlik göstermektedir (Şekil 4). Kış yağışları 165 mm ile 345 mm arasında değişmektedir. Kışın en fazla yağış alan istasyon Adıyaman iken, en az yağış alan istasyonlar ise Akçakale ve Ceylanpınar'dır.

Şekil 4: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Kış Yağış Miktarının Dağılışı

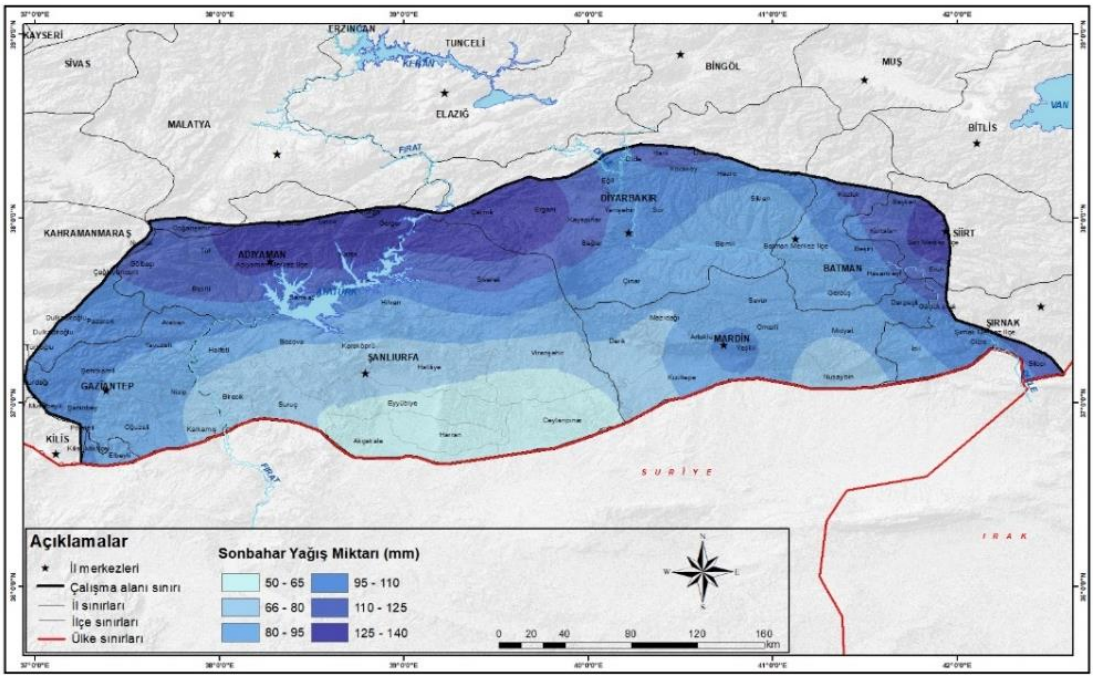


Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde batıya doğru gidildikçe karasallığın artması nedeniyle Dicle Bölümü'nde yağışların ilkbahara sarkma oranı Orta Fırat'a göre daha fazladır. Ayrıca ilkbahar yağışları açısından diğer istasyonlara göre daha fazla yağış alan Siirt istasyonu oldukça dikkat çekicidir (Şekil 5). GAP'ın faaliyete girmesiyle birlikte bu istasyonun iklim özellikleri değişmiş ve ilkbaharda daha fazla yağış almaya başlamıştır (Özyazıcı vd., 2014). Genel olarak bölgede en yüksek yağış değerlerinin kış aylarından sonra ilkbahar mevsiminde toplanmasının nedenlerinden biri, ısınmaya bağlı olarak konvektif hava hareketleriyle birlikte gelişen yerel yağışlarla beslenmesidir. Sağanak şeklinde ve orajlı yağışlar ilkbahar ve sonbahar gibi geçiş mevsimlerinde daha fazla görülmektedir (Sözer, 1984).

Şekil 5: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin İlkbahar Yağış Miktarının Dağılışı



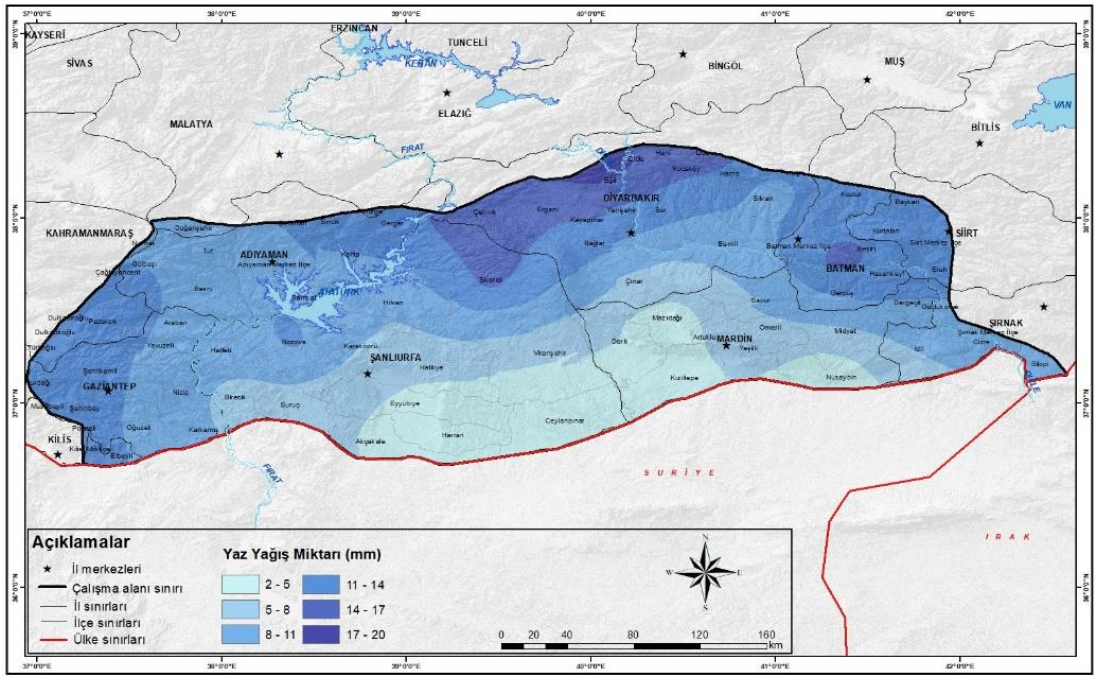
Şekil 6: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Sonbahar Yağış Miktarının Dağılışı



Bölgede sonbahar yağışları 50 mm ile 140 mm arasında değişmektedir. Özellikle Orta Fırat Bölümü, Dicle Bölümü'ne göre sonbahar yağışları açısından kuşaklar halinde daha homojen bir dağılış göstermektedir. Dicle Bölümü'nde ise yağışların daha heterojen dağıldığı görülmektedir (Şekil 6). Bu mevsimdeki yağışların

başlıca nedeni sonbahar aylarında etkinliği başlayan ve Türkiye'nin güney /güneydoğu kısımlarını etkisi altına alan Akdeniz siklonlarıyla ilgili olduğu düşünülür. Yaz mevsiminde 2 ile 20 mm arasında yağış alan bölge (Şekil 7), Karasal Akdeniz yağış rejiminin belirgin özelliğini yansıtmakta ve yaz kuraklıkları yaşamaktadır. Bu durum, kış aylarında Akdeniz Havzası'na kadar inen fakat yazın orta enlemlerde güçlü bir sıcaklık gradyanının olmaması nedeniyle kuzey enlemlere çekilen polar cephenin (yaklaşık 30 ile 70 derece enlemleri arasında göç etmektedir) ve onunla bağlantılı yağış getiren gezici alçak basınç sistemlerinin (dalga siklonları) kuzeye göç etmesiyle açıklanabilir (Türkeş, 2022, s.265). Bu durumu destekleyen bir diğer faktör, yaz aylarında Azor yüksek basıncının etki alanını doğuya genişletmesi ve güneşin mevsimsel hareketiyle birlikte enlemsel olarak yer değiştiren ve kuzeye çekilen ITCZ'nin etkisiyle kuvvetlenen Muson (Türkiye'de Basra olarak bilinen ve Güneybatı Asya üzerine konumlanan) alçak basıncının siklonik dolaşımı ile bağlantılıdır. Bu dolaşımla birlikte gelişen ve sıcak/kuru olan güneydoğulu hava akımları bölgede yaz kuraklıklarının ana nedenidir (Türkeş, 1990).

Şekil 7: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yaz Yağış Miktarının Dağılışı

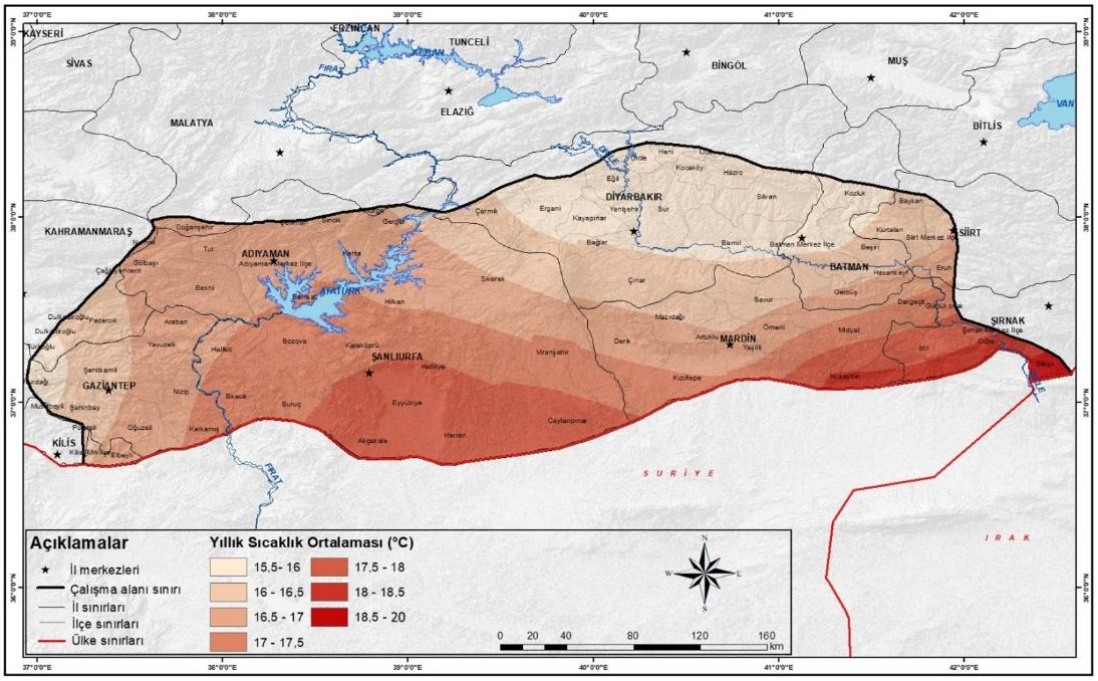


3.1.2. Sıcaklık Özellikleri

Bölgenin enlem faktörü, morfolojik özellikleri ve atmosfer dolaşım modeli gibi birçok etmeni hava sıcaklığının dağılışında belirleyicidir. Güneydoğu Anadolu

Bölgesi, yüzey şekilleri bakımından sade ve bütünüyle bir plato görünümde olsa bile yer yer çanaklaşmış havzaların ve kubbeleşmiş tepelerin varlığı sıcaklıklar üzerinde önemli denetleyiciler olarak karşımıza çıkmaktadır. Genel olarak kuzeyden güneye yükseltinin azalması sıcaklıkların da o yönde tedrici olarak azalmasına neden olmaktadır (Sözer, 1984). Bölge, mevsime göre değişiklik gösteren sıcaklık bakımından zıt karakterli hava kütlelerinin etkisindedir.

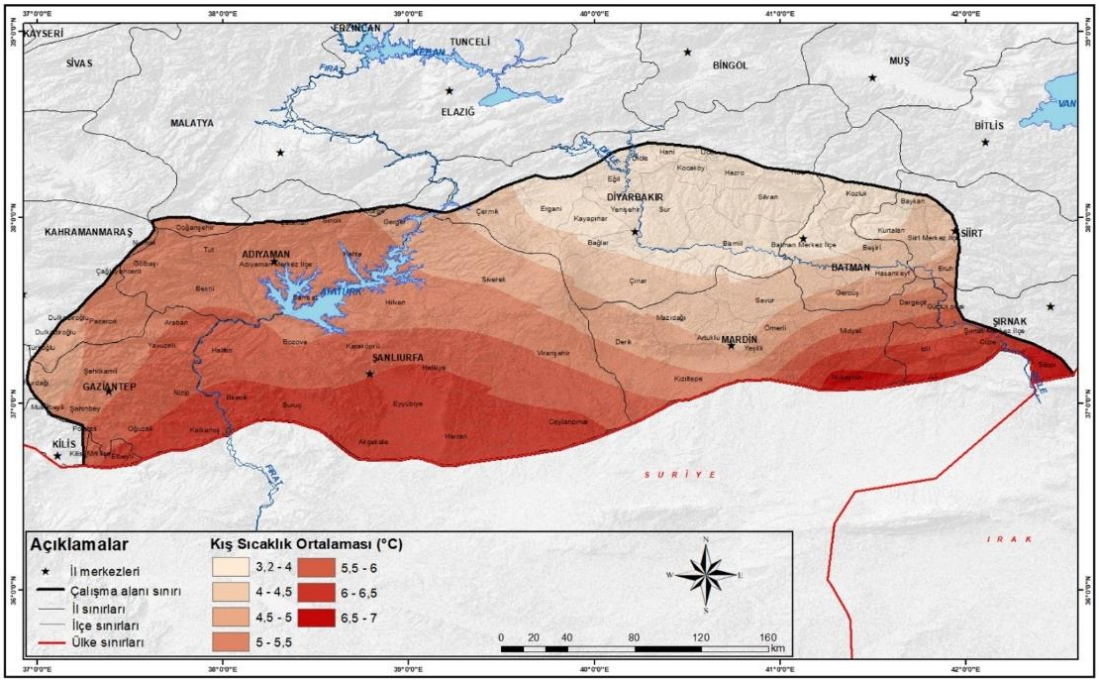
Şekil 8: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Ortalama Sıcaklık Dağılışı



Sıcaklık serileri incelenen istasyonlardan elde edilen bulgulara göre, yıllık ortalama sıcaklığın en düşük olduğu yerler, Orta Fırat Bölümü'nde Gaziantep (15,2 C°) çevresi, Dicle Bölümü'nde ise Diyarbakır Havzası (15,8 C°) olarak tespit edilmiştir. Yıllık kaydedilen en yüksek ortalama sıcaklıklar Orta Fırat Bölümü'nde, yıllık ortalama toplam yağışların da en düşük olarak gözlemlendiği Akçakale ve Ceylanpınar (18,3 C°) istasyonlarına aittir. Şanlıurfa istasyonu da yıllık ortalama sıcaklığın en yüksek kaydedildiği istasyonlardan bir diğeridir (Şekil 8). Dicle Bölümü'nde ise Cizre (19,7 C°) yıllık ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu istasyondur. Yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerlerinin en yüksek ölçüldüğü istasyonlar Dicle Bölümü'nde Diyarbakır (28,5 C°), Orta Fırat Bölümü'nde ise Ceylanpınar (26,3 C°) olarak saptanmıştır.

Yıllık ortalama minimum sıcaklıklarda ise en düşük değer Diyarbakır (2,8 C°) istasyonunda kaydedilmiştir. Böylece verileri incelenen istasyonlar arasında yıllık ortalama minimum ve maksimum sıcaklıklar arasındaki en büyük farkın Diyarbakır'da olduğu gözlenmiştir. Bölgenin kış aylarına ait ortalama sıcaklık dağılışı, yıllık dağılışla benzerlik göstermektedir. Öte yandan yıl içindeki en düşük sıcaklıklar kış mevsiminde kaydedilmiştir. Diyarbakır (kış ort sıc. 3,2 C°) kış aylarında ortalama sıcaklığın en düşük olduğu istasyondur (Şekil 9). Bu durum topografik açıdan Diyarbakır'ın çanaklaşmış bir havza özelliği göstermesiyle açıklanabilir. Havza tabanı yaklaşık 500 m olup çevreye doğru yükselerek 1000 metreyi aşmaktadır. Kuzey ve doğuda Güneydoğu Toroslar, güneyde Mardin Dağları batıda ise Karacadağ ile çevrili olup çevresine göre çukurda yer almaktadır (Atalay, 2017, s. 440).

Şekil 9: Güneydoğu Anüadolu Bölgesi'nin Kış Ortalama Sıcaklık Dağılışı

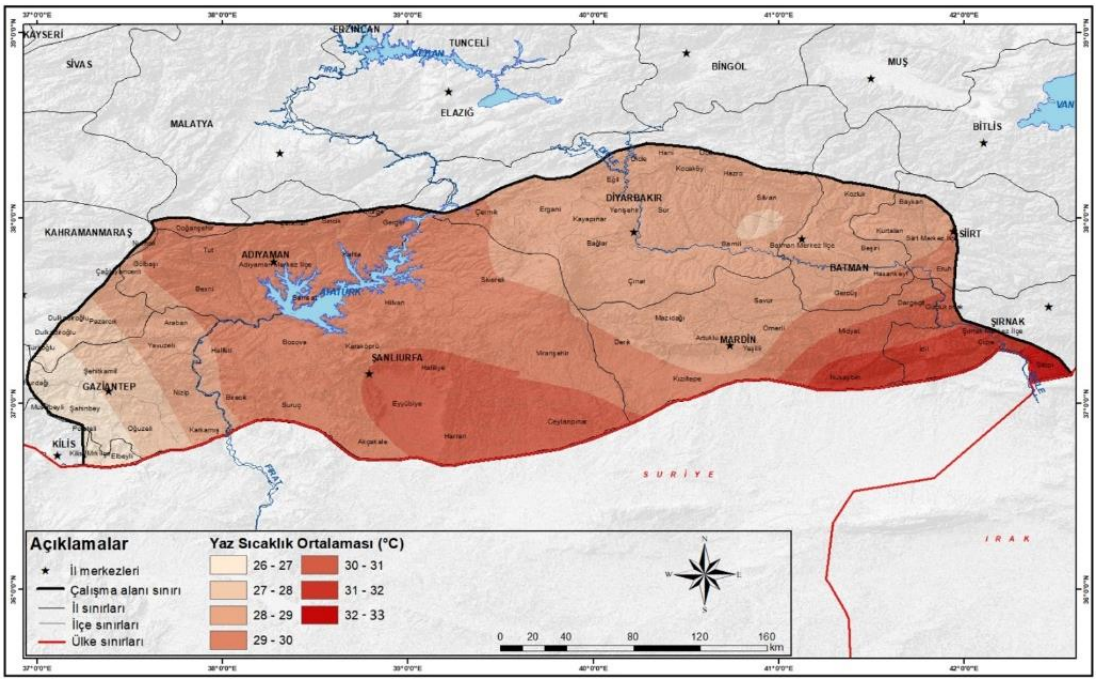


Diyarbakır topografik özelliğinden dolayı yerel rölyefin kontrol ettiği atmosfer dolaşımından önemli ölçüde etkilenmektedir. Nitekim bu istasyon bazı yıllarda şiddetli soğuk hava dalgalarına maruz kalmıştır. Bazı kış aylarında gezici bir depresyondan kaynaklanan kar yağışları yüzey albedosunu artırmakta ve kuvvetli yüksek basınç şartları ile birlikte sıcaklık enversiyonuna neden olmaktadır. Diyarbakır'ı çevreleyen yüksek sahalarda soğuyan hava, yamaçlardan aşağı doğru

hareket ederek havza tabanında günlerce kalabilmektedir. Bu nedenle çevresine göre alçak bu sahalarda en düşük sıcaklıklar kaydedilmektedir (Yetmen, 2022).

Yaz aylarında etki alanını genişleten Muson alçak basıncı kış aylarında yerini Sibirya yüksek basınç sistemine bırakmaktadır. Bazen Türkiye'nin doğusuna yerleşen bu sistem, antisiklonik dolaşımla birlikte kontinental polar havayı, Aral-Hazar havzası üzerinden doğulu ve güneydoğulu olarak ulaştırmaktadır (Yetmen, 2021). Bu sinoptik atmosfer dolaşımı, bazı yıllar kış aylarında sıcaklığı mevsim normallerinin çok altına düşürebilir ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin çok kuru/soğuk koşullar yaşamasına neden olabilir.

Şekil 10: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yaz Ortalama Sıcaklık Dağılışı

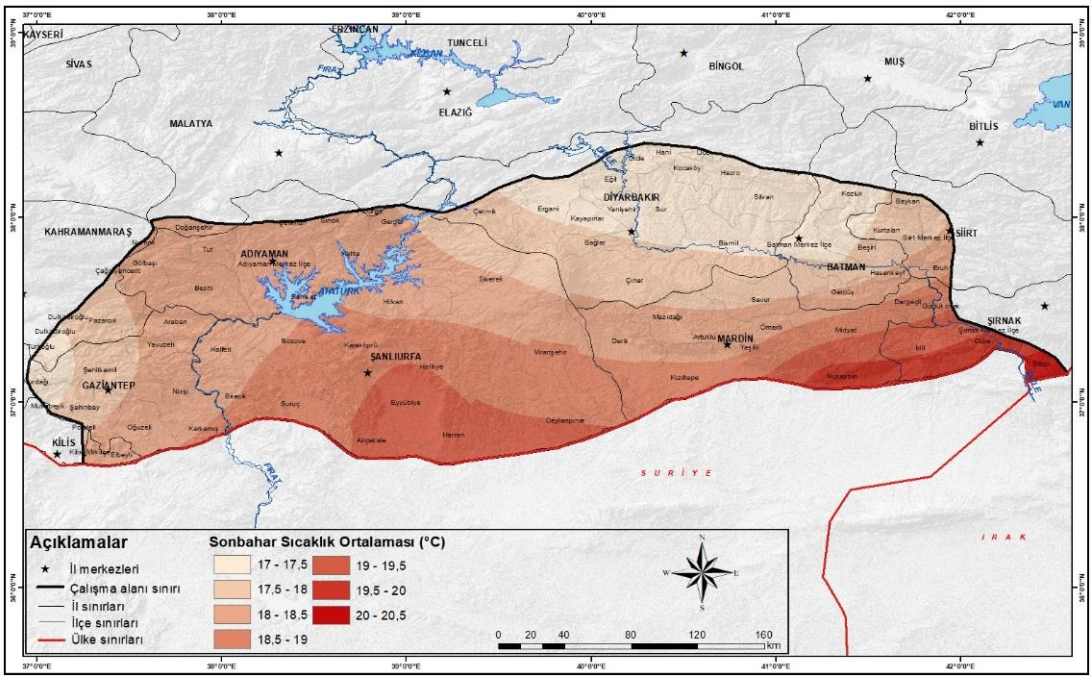


Bölgede yaz mevsimi ortalama sıcaklık değerleri 26-32,5 C° arasında değişmektedir (Şekil 10). Yazın en yüksek ortalama sıcaklık değerleri Dicle Bölümü'nde yer alan Cizre (32,4 C°) istasyonunda gözlenmektedir. Orta Fırat Bölümü'nde ise en yüksek yazın en yüksek ortalama sıcaklık değerleri Şanlıurfa ve Ceylanpınar'da (30,5 C°) görülmektedir. Yazın genel/bölgesel hava dolaşımıyla bağlantılı artan yüksek sıcaklık değerleri potansiyel evapotranspirasyonun da artmasının nedeni olabilir. Nitekim sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu sahalarda yıllık toplam PET 1000 mm'yi geçmektedir. Sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde ise sıcaklığın alansal dağılış desenleri benzer özellikler taşımaktadır (Şekil 11 ve 12).

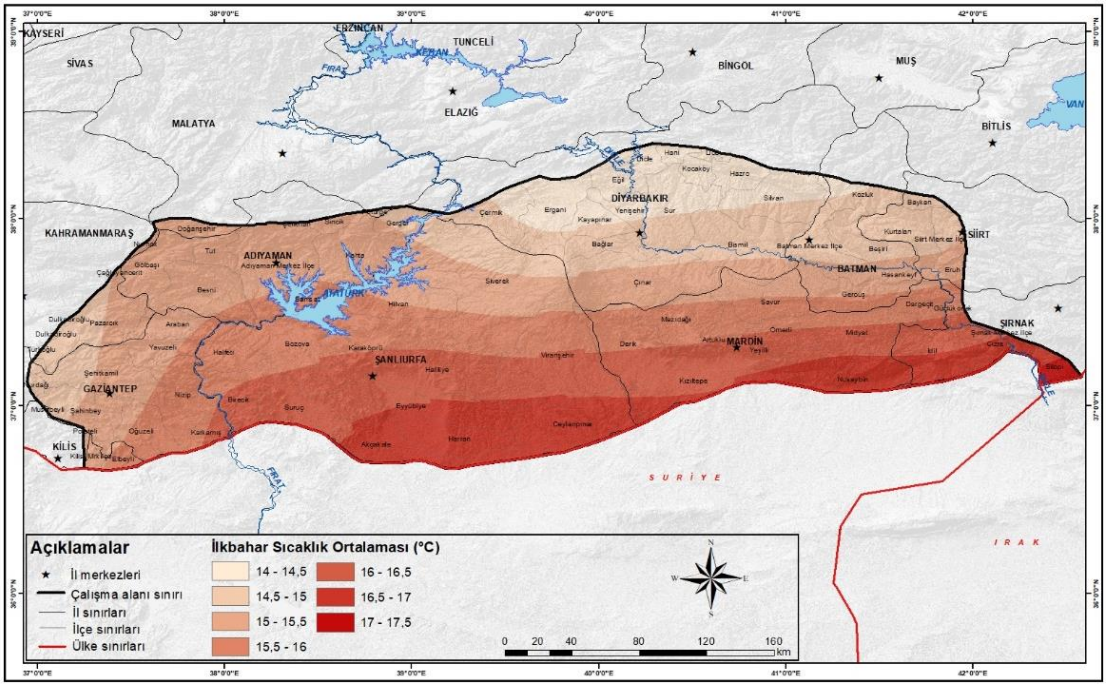
Sonbaharda Dicle Bölümü'nde kuzeyden güneye doğru sıcaklık değerleri Orta Fırat Bölümü'ne göre daha kısa mesafelerde değişiklik göstermektedir. Bu durum, Orta Fırat Bölümü'nde bulunan ovalık alanların geniş yer kaplamasıyla açıklanabilir.

Bölgede belirgin bir yaz ve kış mevsimi yaşanmakta ve bahar ayları görece daha kısa sürmektedir. Sonbahar aylarının sıcaklık değerlerinin ilkbahar aylarına göre daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Çünkü sonbahar, sıcak ve istikrarlı hava koşullarına sahip olan yaz mevsiminin devamı niteliğindedir. Bu nedenle ani sıcaklık azalmaları ancak sonbaharın ortalarından sonra belirgin şekilde görülebilir. Benzer şekilde kış mevsiminde etkili olan cephe faaliyetleri ve kararsız hava koşulları ilkbahar aylarında bir miktar azalsa da etkisini sürdürmektedir. Nitekim ilkbahar aylarında görülen hava koşulları yaz mevsiminden ziyade kış mevsimiyle daha fazla benzer özellik göstermektedir. Dolayısıyla sıcaklıklar bu mevsimin ancak ikinci yarısından sonra belirgin şekilde artış göstermektedir (Gürgen, 2002, s.21).

Şekil 11: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Sonbahar Ortalama Sıcaklık Dağılışı



Şekil 12: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin İlkbahar Ortalama Sıcaklık Dağılışı

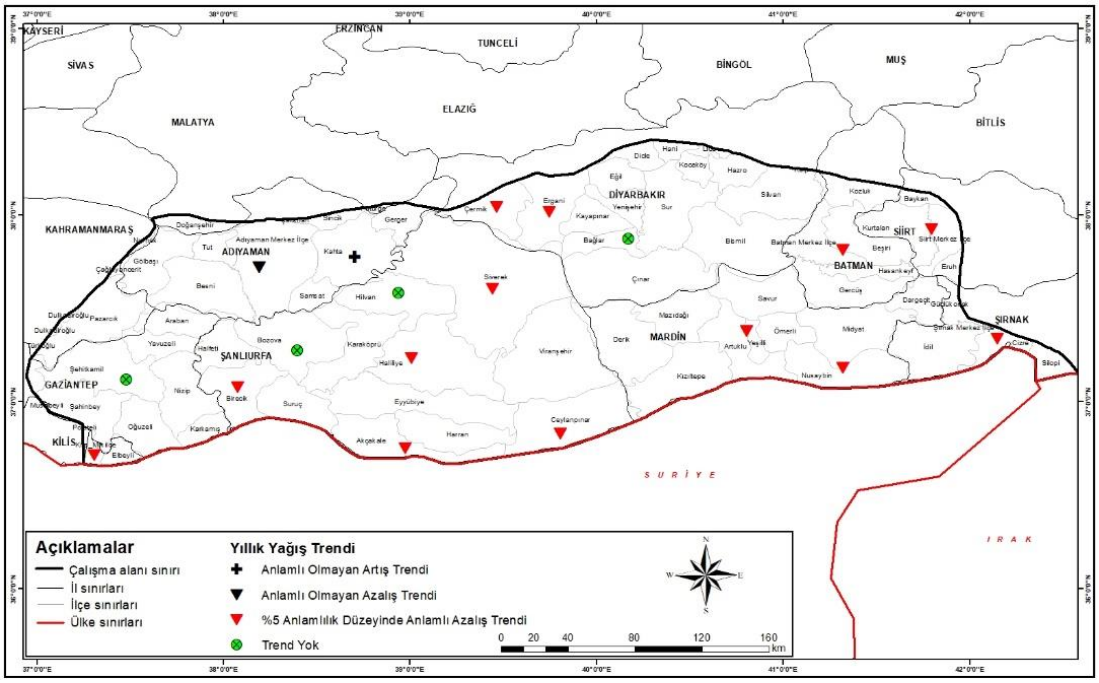


3.1.3. Yıllık Yağış Dizilerindeki Eğilimler

Bu çalışmada toplam 19 istasyona ait yıllık yağış dizilerindeki eğilimin yönünü ve istatistiksel anlamlılığını belirlemek için modifiye edilmiş Mann-Kendall (M-MK) yöntemi kullanılmıştır. Bu hesaplamadan elde edilen sonuçlar Gauss dağılımının iki kuyruklu şekline göre 0,05 (%95 güvenirlilik) anlamlılık düzeyine karşılık gelen ± 1,96 kritik değeri dikkate alınarak çözümlenmiştir. Yağış serilerindeki uzun dönemli eğilimlerin alansal olarak dağılış desenleri harita üzerinde gösterilmiştir. Elde edilen bulgulara göre;

Yıllık yağış dizilerinde gözlenen uzun süreli azalış eğilimleri 13 istasyonda (Kilis, Birecik, Akçakale, Ceylanpınar, Şanlıurfa, Siverek, Mardin, Nusaybin, Batman, Siirt, Cizre Çermik, Ergani) istatistiksel olarak(α=0,05 düzeyinde) anlamlıdır. 4 istasyonda ise (Gaziantep, Bozova, Hilvan, Diyarbakır) sınama örneklem değeri (Z hesap) kabul bölgesine düştüğü için yıllık ortalama toplam yağış değerlerinde eğilimin varlığı 0,05 anlamlılık düzeyinde reddedilir. Adıyaman istasyonunda anlamlı olmayan azalış trendi görülürken Kâhta'da ise istatistiksel olarak anlamlı olmayan artış trendi görülmektedir (Şekil 13).

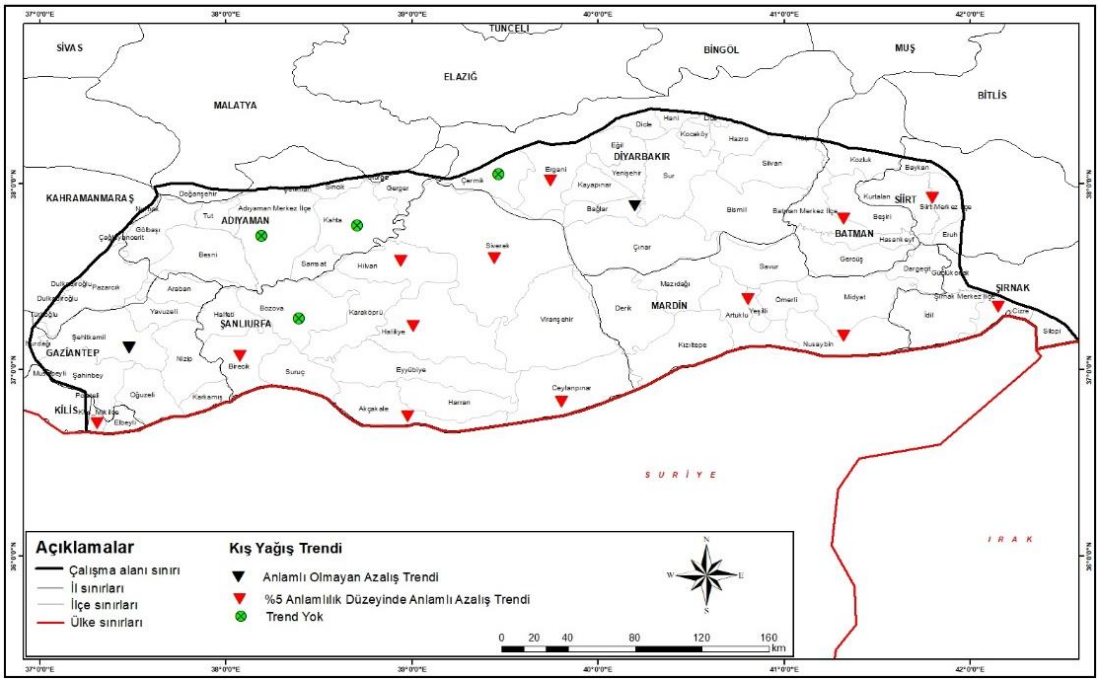
Şekil 13: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin M-MK Yıllık Yağış Trendi



3.1.4. Mevsimlik Yağış Dizilerindeki Eğilimler

Kış: Geliştirilmiş Mann-Kendall sınamasından elde edilen sonuçlara göre kışın toplam 13 istasyonda istatistiksel açıdan anlamlı (α=0,05 düzeyinde) azalış trendleri tespit edilmiştir. Gaziantep ve Diyarbakır istasyonlarında ise istatistiksel olarak anlamlı olmayan azalma eğilimleri görülmüştür. 4 istasyon da (Adıyaman, Kâhta, Bozova, Çermik) herhangi bir eğilimin varlığından söz edilemez (Şekil 14).

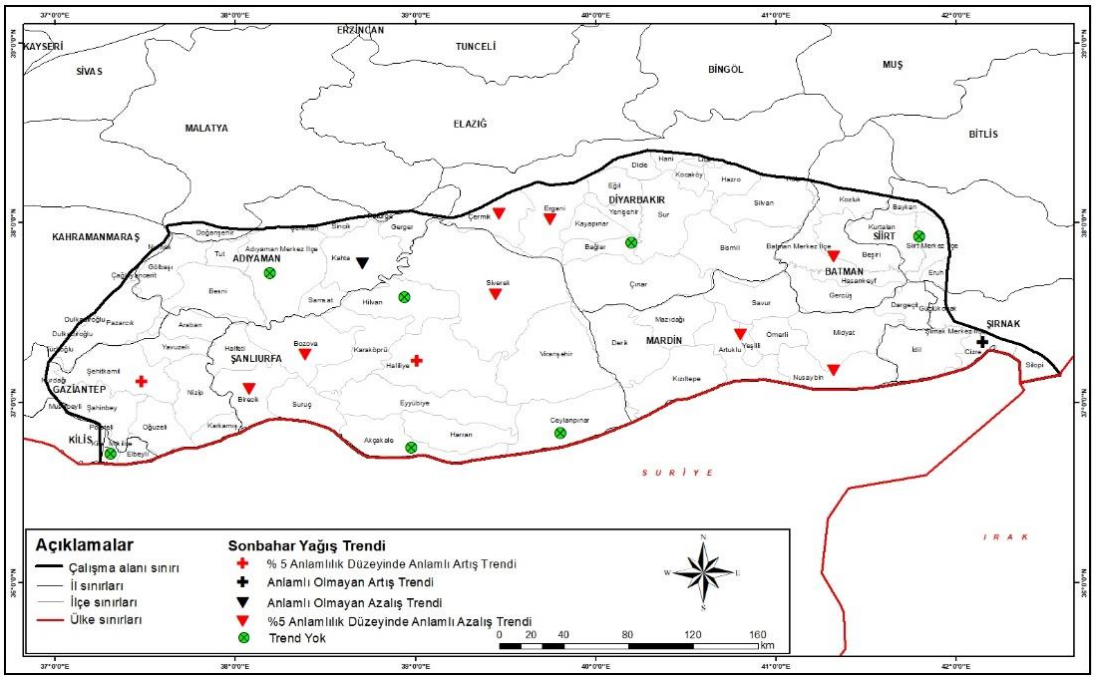
Şekil 14: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin M-MK Kış Yağış Trendi



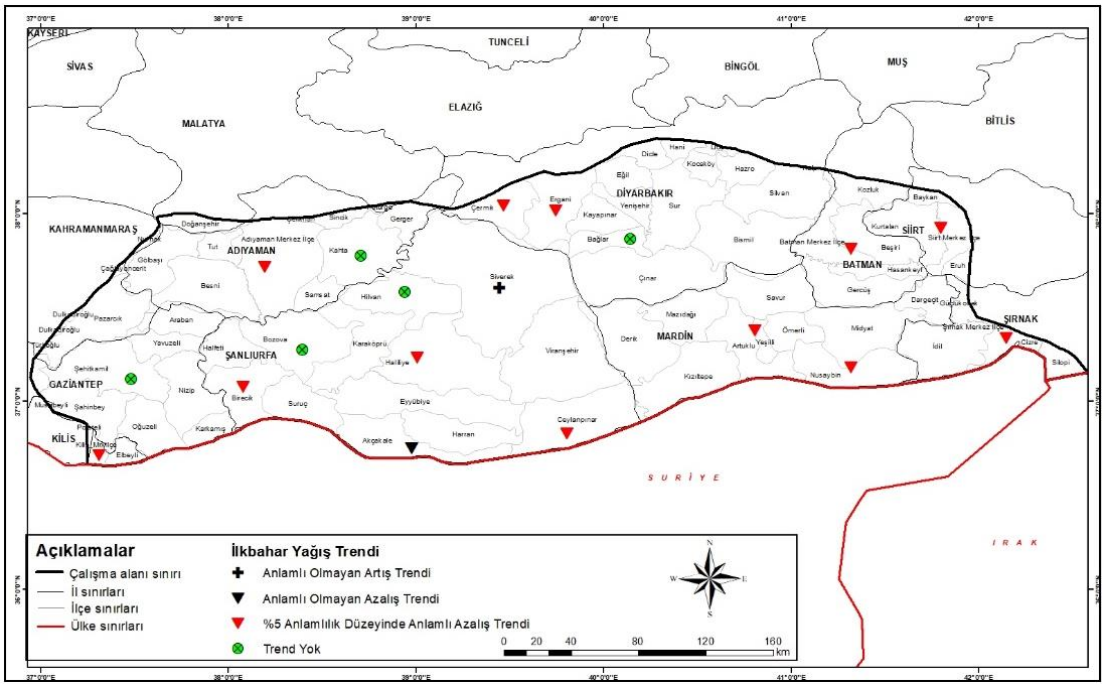
Sonbahar: M-MK trend analizi sonucuna göre toplam 8 istasyonun sonbahar mevsimi yağışlarında, sınama örneklem değeri (hesaplanan Z) ret bölgesine düştüğü için 0,05 anlamlılık düzeyinde azalış eğiliminin varlığı kabul edilir. Buna karşılık 7 istasyonda istatistiksel açıdan herhangi bir trendin olmadığı saptanmıştır. Fakat Kâhta istasyonunda anlamlı olmayan azalış eğilimi görülürken, Gaziantep ve Şanlıurfa istasyonlarında %5 anlamlılık düzeyinde artış eğilimleri gözlenmiştir. Cizre'de ise istatistiksel olarak anlamlı olmayan artış trendi görülmüştür (Şekil 15).

İlkbahar: M-MK eğilim analizine göre ilkbahar mevsimi yağış serilerinde gözlenen uzun dönemli azalış eğilimleri 12 istasyonda istatistiksel (α=0,05 düzeyinde) olarak anlamlıdır. Akçakale istasyonu anlamlı olmayan bir azalma eğilimi sergilerken, Siverek anlamlı olmayan artış trendi sergilemektedir. 5 istasyonda ise (Gaziantep, Şanlıurfa, Bozova, Kâhta, Diyarbakır) istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim tespit edilmemiştir (Şekil 16).

Şekil 15: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin M-MK Sonbahar Yağış Trendi



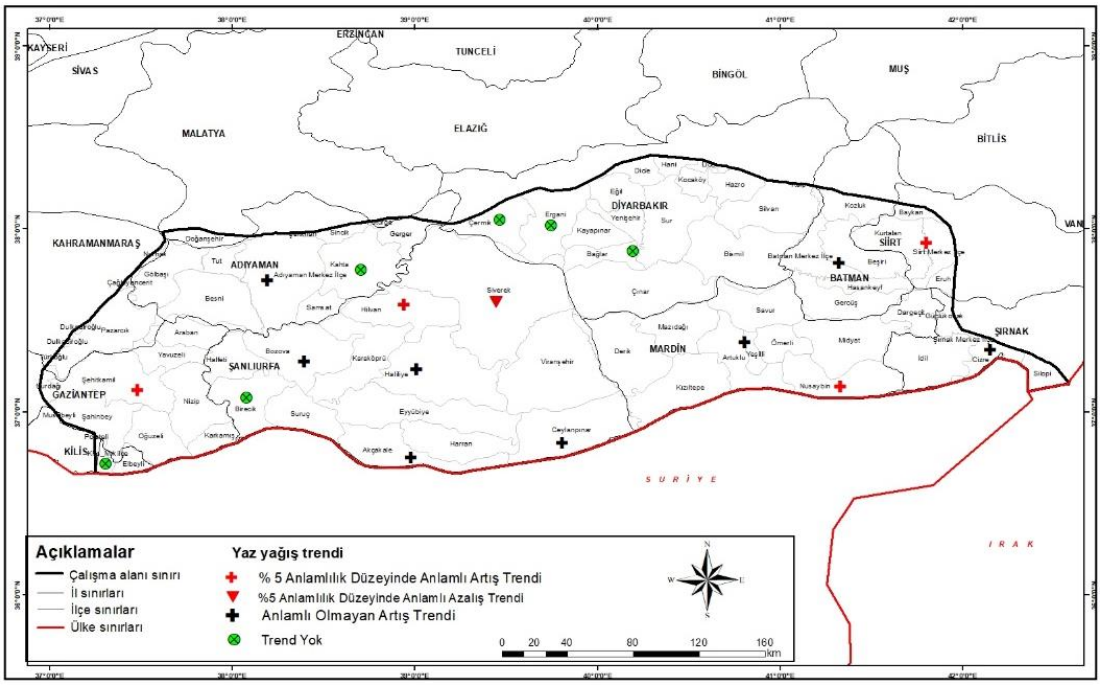
Şekil 16: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin M-MK İlkbahar Yağış Trendi



Yaz: Yaz mevsimi yağışlarında istasyonların birçoğunda istatistiksel olarak anlamlı olmayan trendler saptanmıştır. Bu durumu, bölgede zaten yaz mevsiminde yağışların neredeyse sıfır mm olması açıklayabilir. Bu nedenle yağışsız geçen bir mevsimde anlamlı bir trendin varlığından söz etmemek olağan dışı bir durum değildir. Fakat yine

de 5 istasyonda istatistiksel olarak anlamlı (α=0,05 düzeyinde) bir eğilimin varlığından söz edilebilir. Bu istasyonlardan Siverek'te anlamlı azalış trendi görülürken Siirt, Nusaybin, Gaziantep, Hilvan istasyonlarında anlamlı artış eğilimi görülmüştür (Şekil 17). Bu mevsimde bazı istasyonların yağışlarında anlamlı artışlar kaydedilse bile hem yaz yağış tutarı hem de artış miktarı çok az olduğu için bu durum iklim eğilimlerini değiştirebilecek bir etki yaratamamaktadır.

Şekil 17: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin M-MK Yaz Yağış Trendi

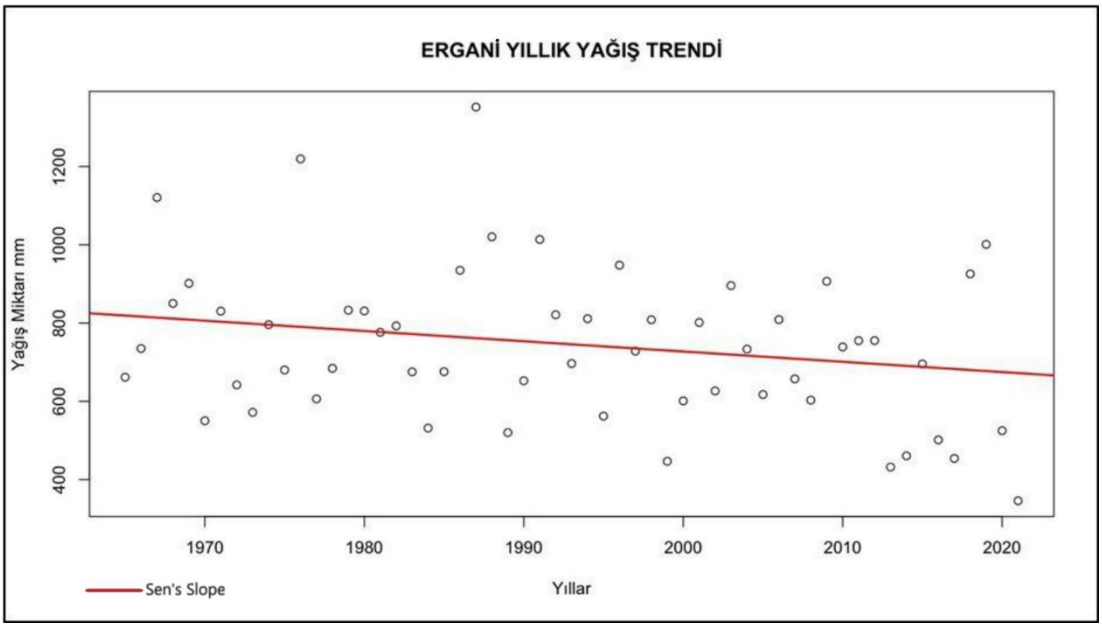


Sen'in eğim tahminine göre bölgede yıllık ortalama toplam yağışların yıldan yıla azalma oranı yaklaşık -5,35 mm ile -1,26 mm arasında değişmektedir. Eğim değerinin negatif olması azalan bir trendin varlığını gösterir. Yıldan yıla azalma oranının en yüksek olduğu istasyonlar Ergani (Şekil 18) ve Nusaybin'dir. Azalma oranının en düşük olduğu istasyon ise Şanlıurfa'dır (Tablo 3).

Tablo 3: Yıllık Ortalama Toplam Yağışların Modifiye Mann-Kendall (M-MK) Test Sonuçları

İstasyon	Eğim Değeri (Sen's Slope)	Hesaplanan Z değeri
Siirt	-1,99 mm/yıl	-3,99
Mardin	-2.56 mm/yıl	-5.27
Batman	-1.26 mm/yıl	-2.75
Şanlıurfa	-1.04 mm/yıl	-7.03
Kilis	-1.48 mm/yıl	-6.87
Siverek	-2.55 mm/yıl	-2.76
Akçakale	-1.80 mm/yıl	-4.54
Ceylanpınar	-1.92 mm/yıl	-6.31
Birecik	-1.50 mm/yıl	-6.41
Çermik	-3.19 mm/yıl	-3.41
Nusaybin	-4.49 mm/yıl	-9.38
Ergani	-5.35 mm/yıl	-2.89
Cizre	-2.86 mm/yıl	-5.31

Şekil 18: Ergani Yıllık Yağış Trendi



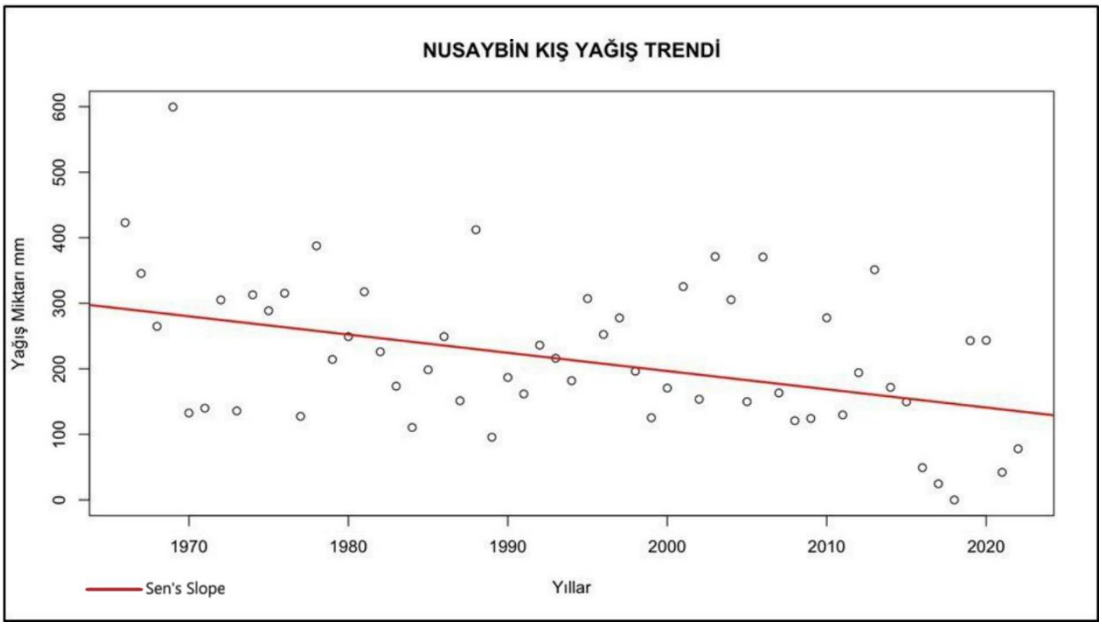
Mevsimlik olarak değerlendirildiğinde kış yağışlarında yıldan yıla azalma oranının diğer mevsimlerden daha fazla olduğu görülmektedir. Bu oran -0,37 mm ile -2,77 mm arasında değişmektedir. Özellikle yağış tutarının fazla olduğu bir mevsimin (kış gibi) beklenenden daha az seviyede yağış alması, zaten yağışların yetersiz olduğu bir mevsime göre kuraklık açısından daha fazla tehlike oluşturabilir. Çünkü yağışlı mevsimde suya doyan toprağın takip edilen kurak bir dönemde (Örnek: yaz) yağışın düşük seviyelerde seyretmesinden çok fazla etkilenmez. Bu mevsimde Ergani ve

Nusaybin (Şekil 19) azalmanın en fazla yaşandığı istasyonlardır. Batman ise azalma oranının en az gerçekleştiği istasyondur (Tablo 4).

Tablo 4: Kış Mevsimi Yağışlarının Modifiye Mann-Kendall (M-MK) Test Sonuçları

İstasyon	Eğim Değeri (Sen's Slope)	Hesaplanan Z değeri
Siirt	-1.25 mm/yıl	-4.42
Mardin	-1.46 mm/yıl	-6.89
Batman	-0.37 mm/yıl	-2.58
Şanlıurfa	-0.88 mm/yıl	-6.02
Kilis	-0.60 mm/yıl	-2.93
Siverek	-1.57 mm/yıl	-2.70
Akçakale	-0.82 mm/yıl	-7.30
Ceylanpınar	-1.04 mm/yıl	-8.62
Birecik	-0.67 mm/yıl	-2.94
Hilvan	-2.11 mm/yıl	-2.98
Nusaybin	-2.77 mm/yıl	-8.01
Ergani	-2.12 mm/yıl	-5.63
Cizre	-1.64 mm/yıl	-5.52

Şekil 19: Nusaybin Kış Yağış Trendi



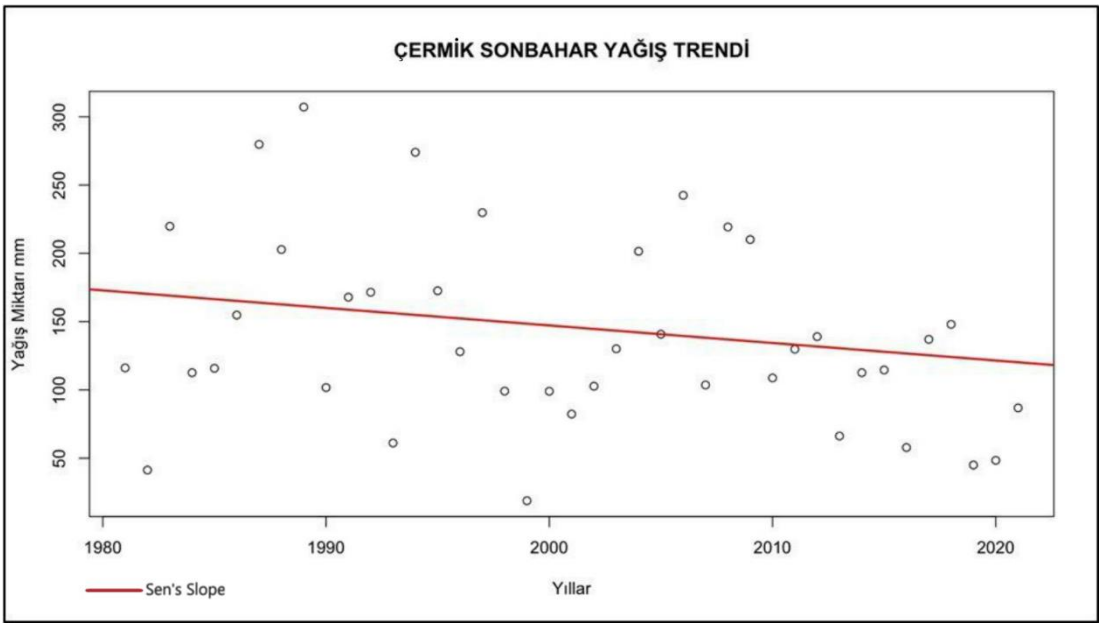
Sonbahar mevsimi yağışlarında bölgede istatistiksel olarak hem artış hem de azalış eğilimleri tespit edilse de azalma oranının daha fazla olduğu saptanmıştır. Çermik azalma oranının en fazla olduğu istasyondur (Şekil 20). Sonbahar yağışlarının yıldan yıla azalma oranları -1,64 mm ile -0,36 mm arasında değişmektedir. Bu mevsimde artış oranları ise sadece Gaziantep ve Şanlıurfa istasyonlarında

gözlenmiştir. Sırasıyla 0,30 mm/yıl ve 0,22 mm/yıl oranlarında artışlar tespit edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5: Sonbahar Mevsimi Yağışlarının Modifiye Mann-Kendall (M-MK) Test Sonuçları

İstasyon	Eğim Değeri (Sen's Slope)	Hesaplanan Z değeri
Gaziantep	0.30 mm/yıl	2.17
Mardin	-0.38 mm/yıl	-3.41
Batman	-0.41 mm/yıl	-3.71
Şanlıurfa	0.22 mm/yıl	2.50
Bozova	-1.45 mm/yıl	-2.20
Siverek	-1.31 mm/yıl	-2.75
Çermik	-1.64 mm/yıl	-3.95
Nusaybin	-0.37 mm/yıl	-4.05
Birecik	-0.36 mm/yıl	-2.29
Ergani	-0.78 mm/yıl	-2.58

Şekil 20: Çermik Sonbahar Yağış Trendi

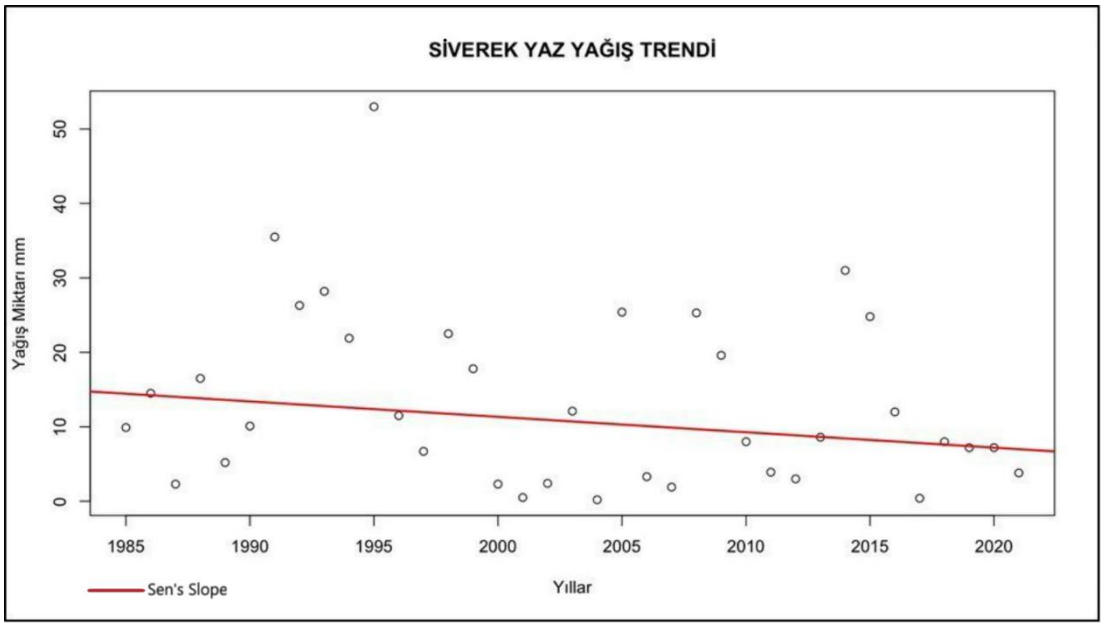


Yağışların neredeyse gerçekleşmediği yaz mevsiminin eğim değerlerine bakıldığında artış gösteren istasyonların genel trendi değiştirecek büyük değerler içermediği görülmektedir. Anlamlı azalışın tespit edildiği tek istasyon olan Siverek'te eğim değeri -0,18 mm'dir (Tablo 6 ve Şekil 21). Kış yağışlarından sonra yıldan yıla azalma oranının en fazla olduğu mevsim ilkbahardır. Bu oran -0,36 mm ile -3,41 mm arasında değişmektedir. İlkbahar aylarında azalma oranının en fazla olduğu istasyon Cizre (Şekil 22), en az olduğu istasyon ise Birecik'tir (Tablo 7).

Tablo 6: Yaz Mevsimi Yağışlarının Modifiye Mann-Kendall (M-MK) Test Sonuçları

İstasyon	Eğim Değeri (Sen's Slope)	Hesaplanan Z değeri
Gaziantep	0.05 mm/yıl	2.86
Siirt	0.05 mm/yıl	3.13
Nusaybin	0.01 mm/yıl	2.90
Hilvan	0.13 mm/yıl	3.32
Siverek	-0.18 mm/yıl	-2.70

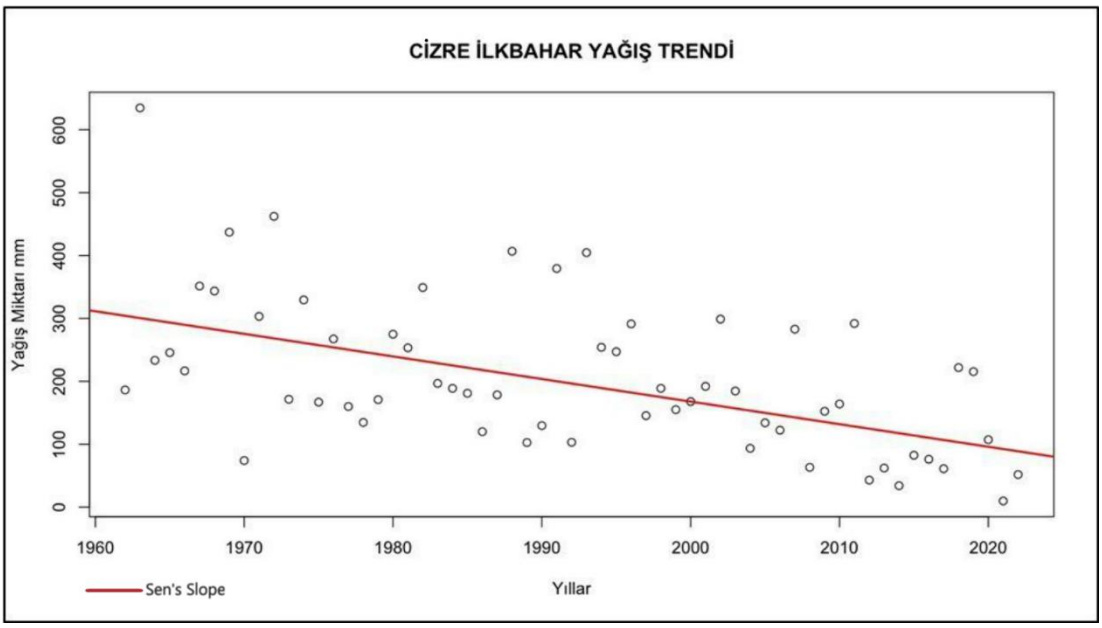
Şekil 21: Siverek Yaz Yağış Trendi



Tablo 7: İlkbahar Mevsimi Yağışlarının Modifiye Mann-Kendall (M-MK) Test Sonuçları

İstasyon	Eğim Değeri (Sen's Slope)	Hesaplanan Z değeri
Adıyaman	-0.78 mm/yıl	-3.66
Mardin	-0.61 mm/yıl	-2.61
Batman	-0.75 mm/yıl	-3.53
Şanlıurfa	-0.49 mm/yıl	-4.60
Kilis	-0.61 mm/yıl	-3.18
Siirt	-0.69 mm/yıl	-4.31
Ergani	-1.08 mm/yıl	-5.76
Ceylanpınar	-0.63 mm/yıl	-4.68
Birecik	-0.36 mm/yıl	-2.44
Çermik	-0.91 mm/yıl	-2.71
Nusaybin	-1.46 mm/yıl	-8.02
Cizre	-3.41 mm/yıl	-14.76

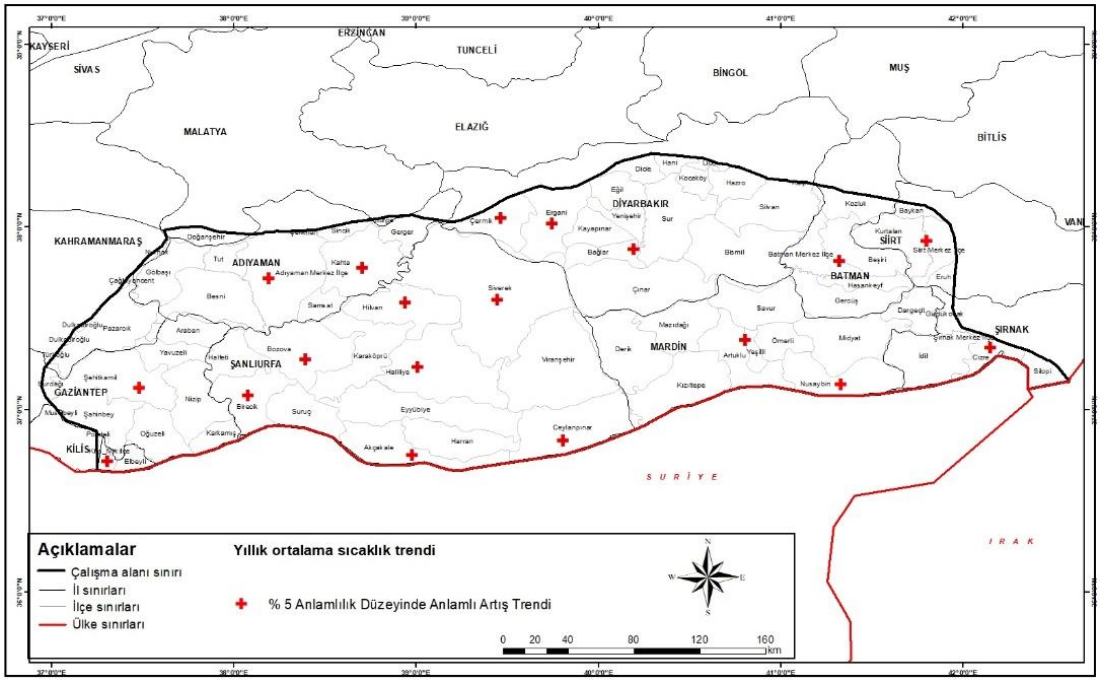
Şekil 22: Cizre İlkbahar Yağış Trendi



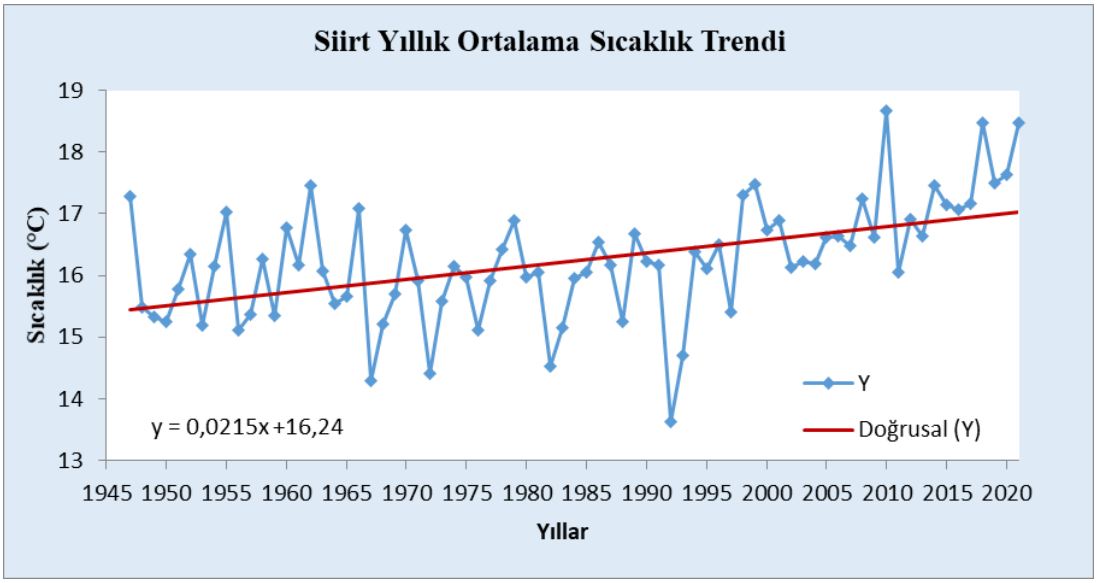
3.1.5. Yıllık Ortalama Sıcaklık Dizilerindeki Eğilimler

Bölgeyi temsil eden 19 istasyona ait yıllık ortalama sıcaklık serilerindeki doğrusal eğilimleri belirmek için parametrik EKKDR yöntemi kullanılmıştır. Bu hesaplamadan elde edilen regresyon katsayısının (X'in katsayısı olan β) istatistiksel anlamlılığı için *Student* t sınaması yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre; sınama örneklem değeri (t hesap) ret bölgesine düştüğü için "Yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde herhangi bir eğilim yoktur" şeklindeki boş hipotez (H_0) t dağılımının iki kuyruklu şekline göre reddedilmiştir. "Eğilim vardır" şeklindeki alternatif hipotez (H_1) kabul edilmiştir. Böylece yıllık ortalama sıcaklıklar, istasyonların tümünde istatistiksel olarak anlamlı (α=0,05) düzeyde bir artış göstermiştir (Şekil 23 ve 24).

Şekil 23: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Ortalama Sıcaklık Trendi (EKKDR)



Şekil 24: Siirt'in Yıllık Ortalama Hava Sıcaklığının Değişimi ve Doğrusal Eğilimi

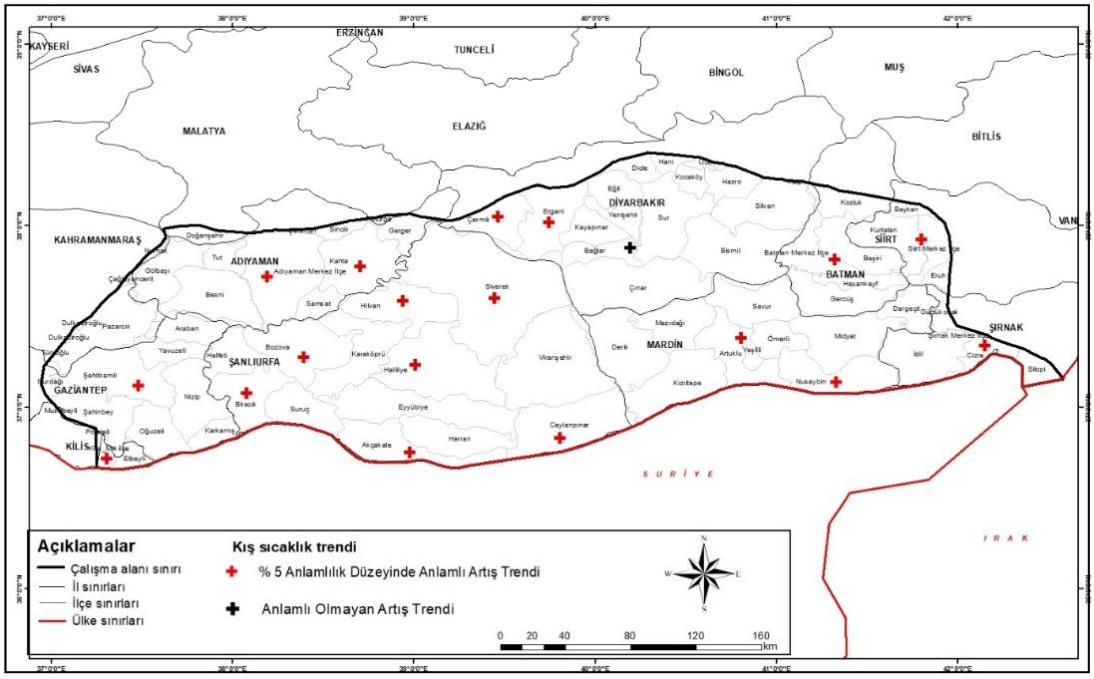


3.1.6. Mevsimlik Ortalama Sıcaklık Dizilerindeki Eğilimler

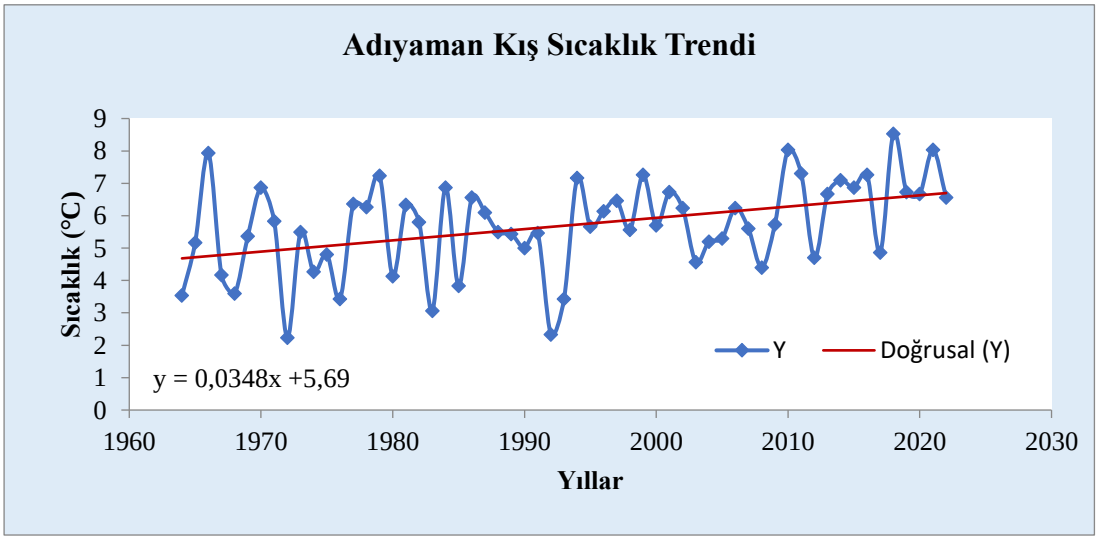
Kış: EKKDR'ye göre kış mevsimi ortalama sıcaklık dizilerinde gözlenen uzun süreli artış eğilimleri 18 istasyonda (α=0,05) anlamlıdır (Şekil 25 ve 26). Sadece Diyarbakır istasyonunda gözlemlenen eğilimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptanmıştır. Kış mevsiminde frekansı artan atmosfer sistemlerine bağlı olarak

Diyarbakır'da kaydedilen kış ortalama hava sıcaklıkları, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin diğer istasyonlarına göre daha düşük seyretmektedir. Hatta kış aylarında neredeyse iki yılda bir soğuk hava dalgasına maruz kalma olasılığı vardır (Yetmen, 2022). Bu nedenle kış sıcaklıklarında anlamlı artış eğilimi olmamasının nedeni bu son açıklanan durumla ilgili olabilir.

Şekil 25: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Kış Ortalama Sıcaklık Trendi (EKKDR)



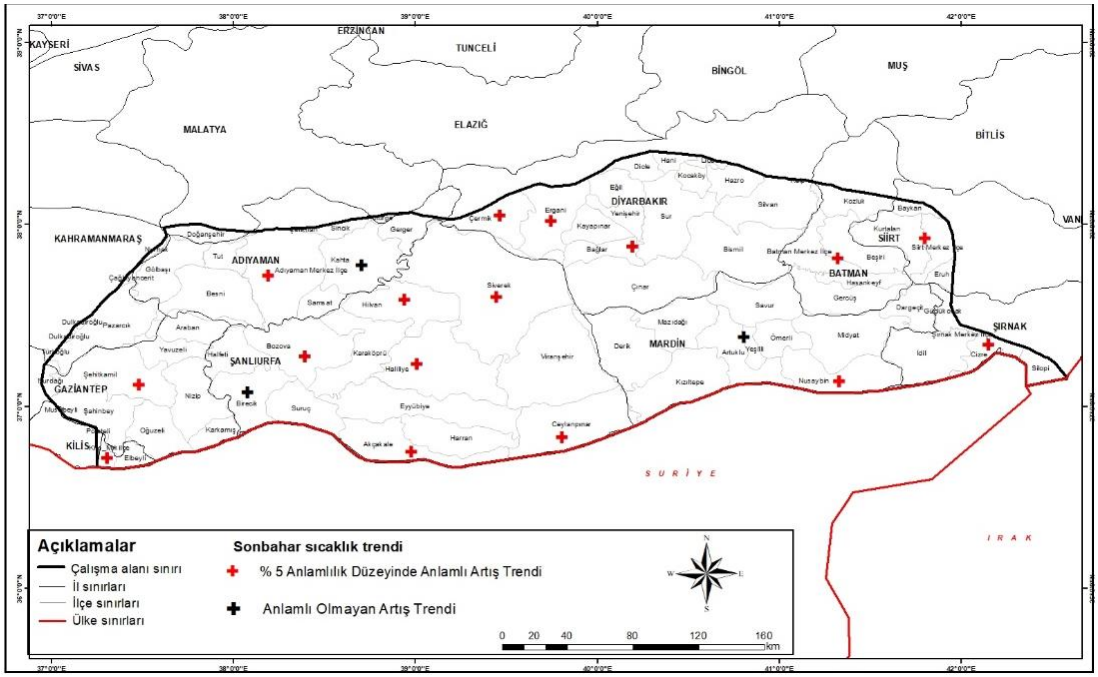
Şekil 26: Adıyaman'ın Kış Ortalama Hava Sıcaklığının Değişimi ve Doğrusal Eğilimi



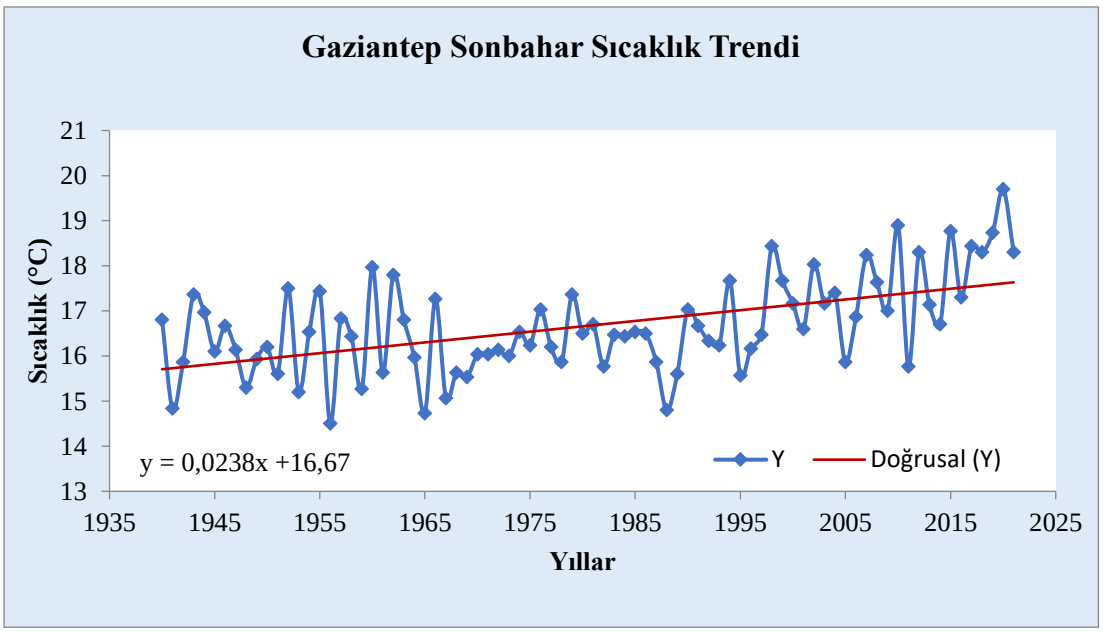
Sonbahar: Bölgeyi temsil eden istasyon verilerine göre sonbahar aylarında ortalama sıcaklık serilerinde gözlenen uzun dönemli artış eğilimleri istasyonların çoğunda

α=0,05 düzeyinde anlamlıdır (Şekil 27 ve 28). Dicle Bölümü'nde sadece Mardin istasyonunda istatistiksel olarak anlamlı olmayan artış trendi tespit edilmiştir. Orta Fırat Bölümü'nde ise Birecik ve Kâhta istasyonlarında anlamlı olmayan artış eğilimleri gözlenmiştir.

Şekil 27: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Sonbahar Ortalama Sıcaklık Trendi (EKKDR)

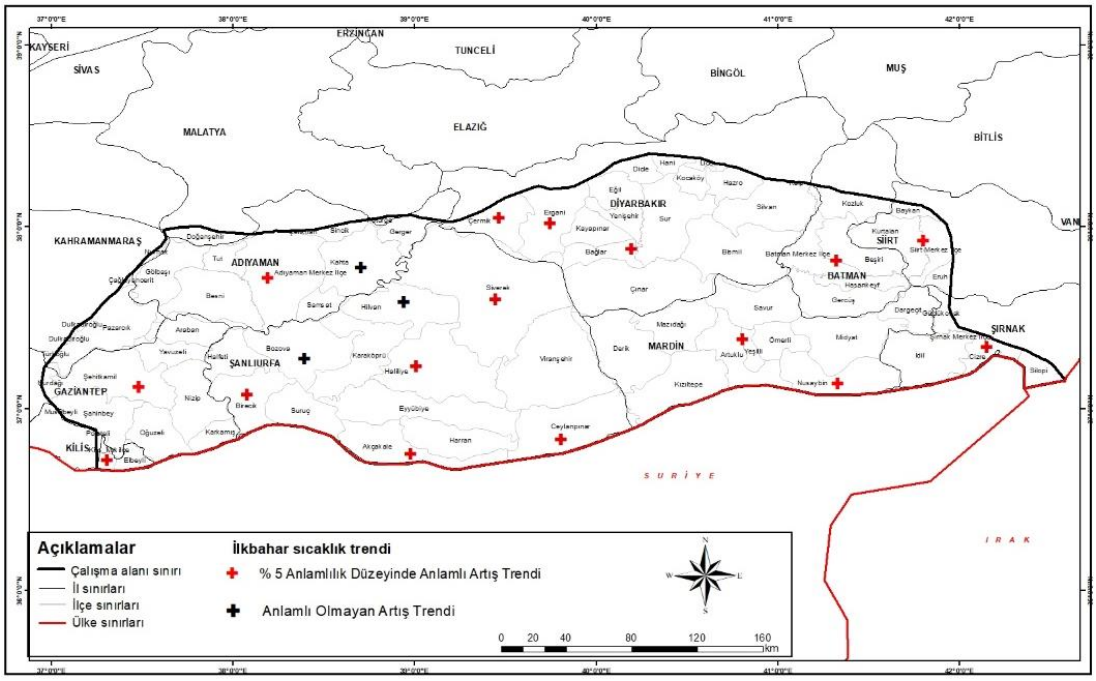


Şekil 28: Gaziantep'in Sonbahar Ortalama Hava Sıcaklığının Değişimi ve Doğrusal Eğilimi

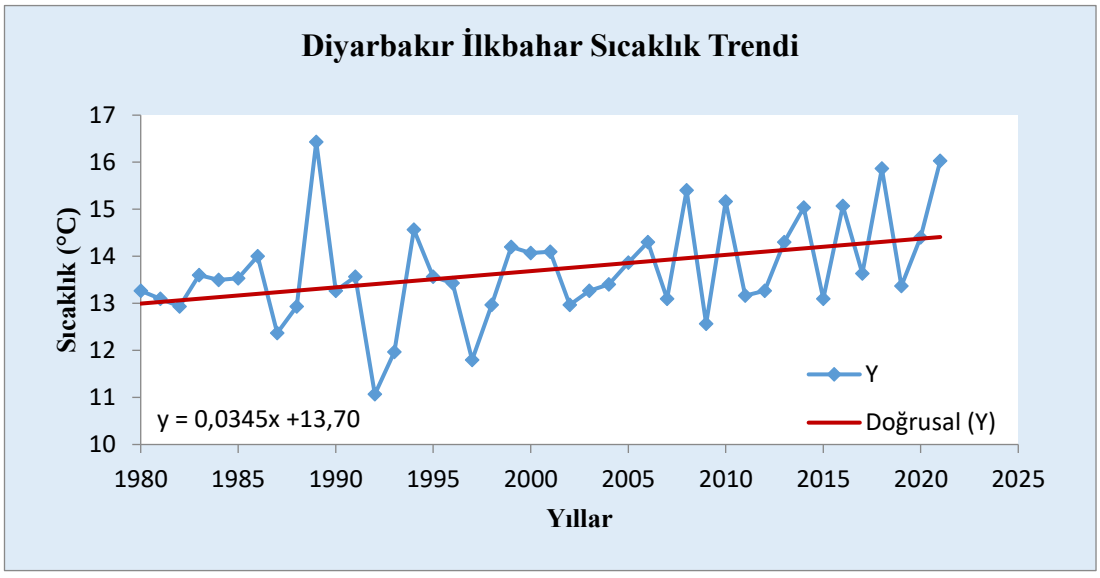


İlkbahar: İlkbahar mevsimi ortalama sıcaklık serilerinde gözlenen uzun dönemli artış eğilimleri Dicle Bölümü'ndeki istasyonların tümünde istatistiksel olarak anlamlıdır (Şekil 29 ve 30). Buna karşılık Orta Fırat Bölümü'nde Kâhta, Bozova ve Hilvan istasyonlarında anlamlı olmayan artışlar görülürken, bu bölümdeki diğer istasyonlarda ise α=0,05 düzeyinde anlamlı artış trendleri tespit edilmiştir.

Şekil 29: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin İlkbahar Ortalama Sıcaklık Trendi (EKKDR)

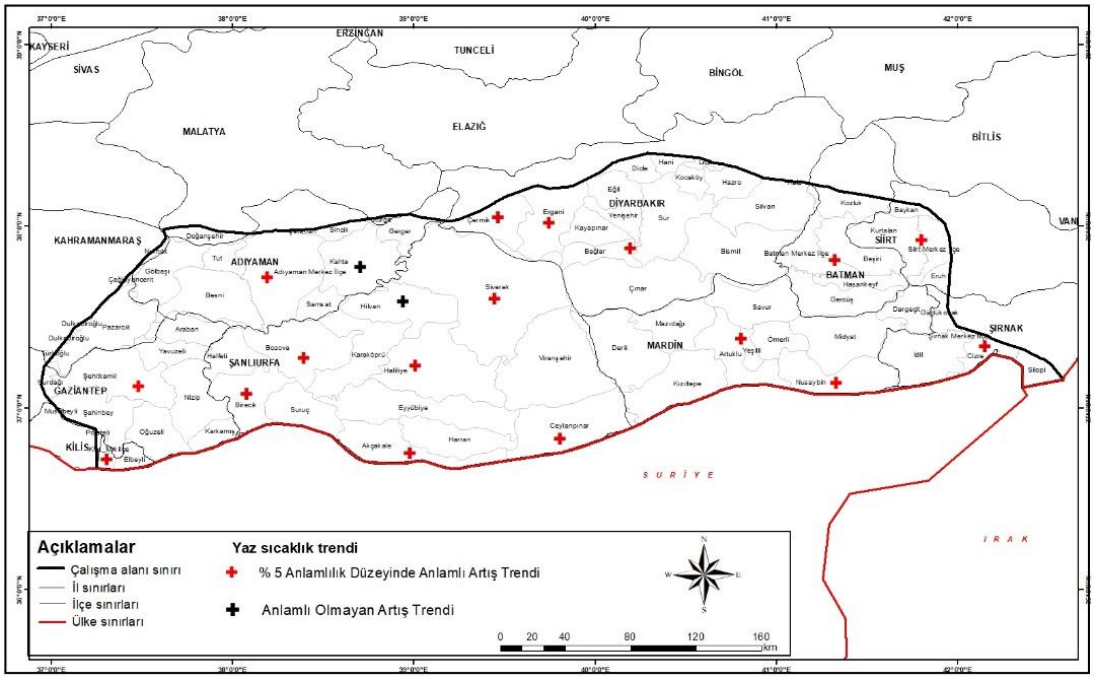


Şekil 30: Diyarbakır'ın İlkbahar Ortalama Hava Sıcaklığının Değişimi Ve Doğrusal Eğilimi

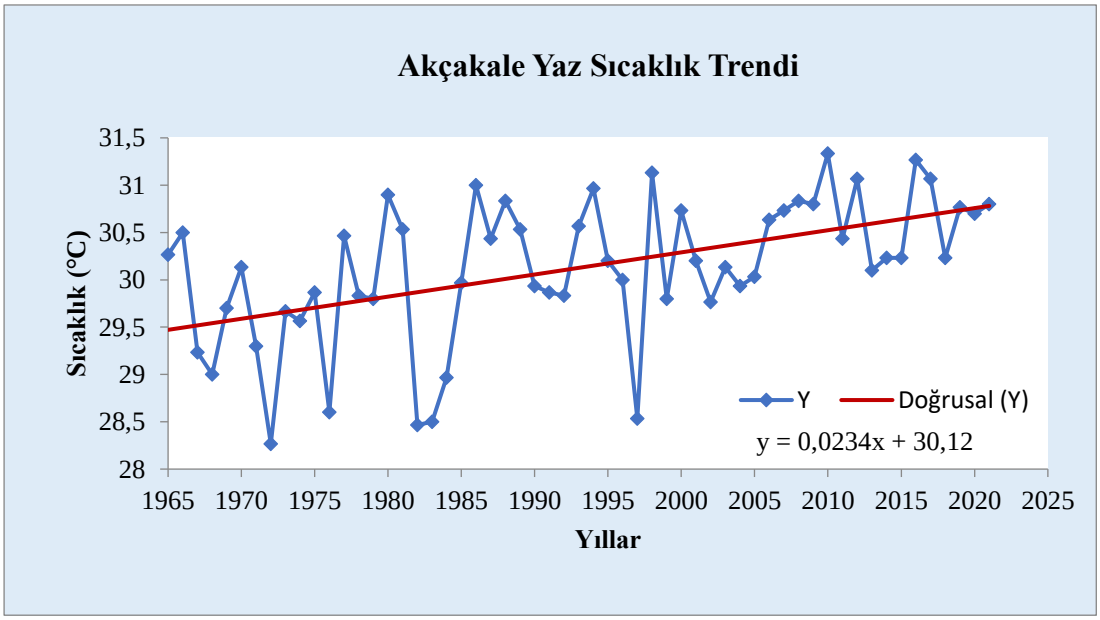


Yaz: EKKDR'ye göre yaz mevsimi ortalama hava sıcaklıklarında Dicle Bölümü'nde yer alan tüm istasyonlar istatistiksel olarak anlamlı bir artış eğilimine sahiptir. Orta Fırat Bölümü'nde ise 9 istasyonda istatistiksel açıdan anlamlı artışlar görülürken, Kâhta ve Hilvan istasyonlarında anlamlı olmayan artma eğilimleri görülmüştür (Şekil 31 ve 32).

Şekil 31: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yaz Ortalama Sıcaklık Trendi (EKKDR)



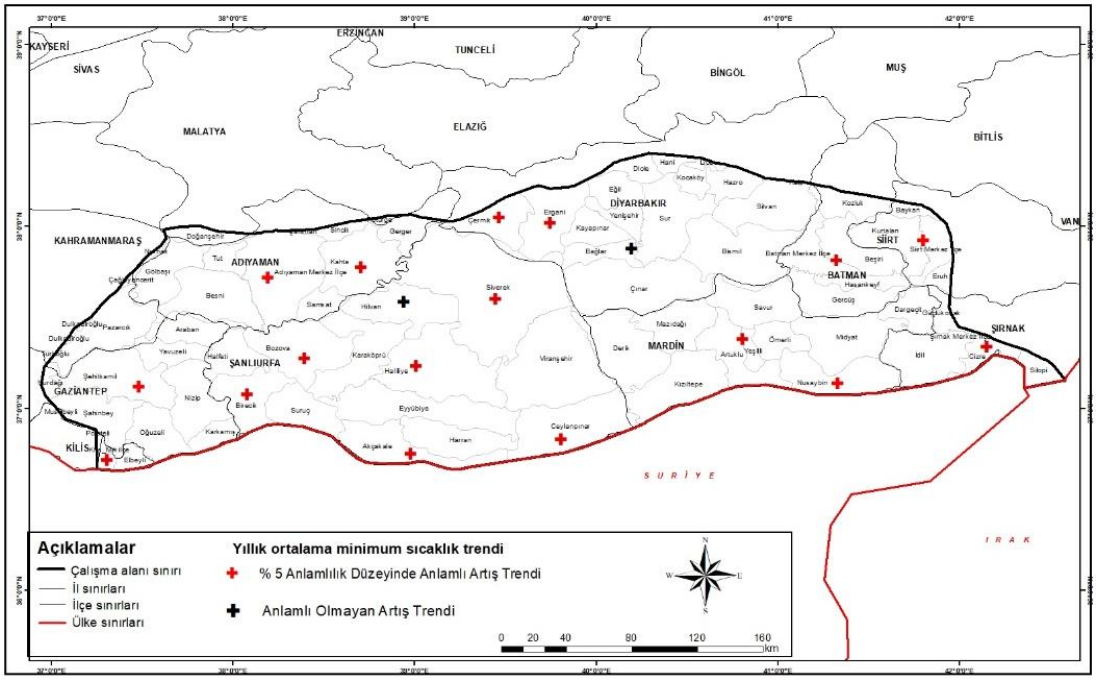
Şekil 32: Akçakale'nin Yaz Ortalama Hava Sıcaklığının Değişimi ve Doğrusal Eğilimi



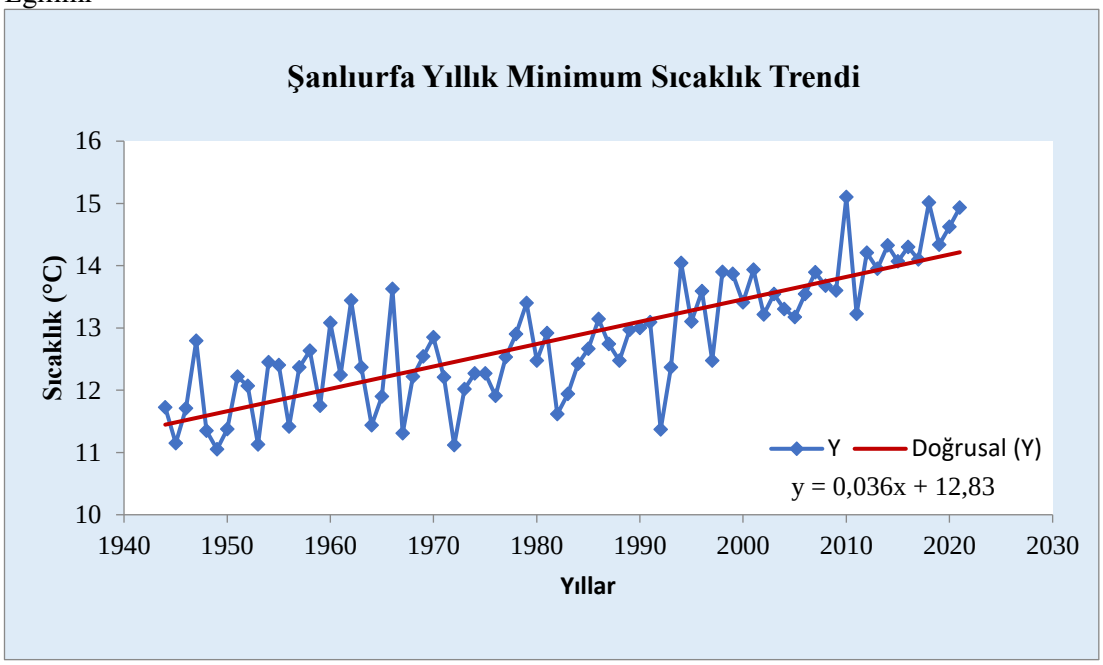
3.1.7. Yıllık Ortalama Minimum Sıcaklık Dizilerindeki Eğilimler

En küçük kareler doğrusal regresyon yönteminden elde edilen sonuçlara göre yıllık ortalama minimum sıcaklık dizilerinde gözlenen uzun süreli artış eğilimleri 17 istasyonda α=0,05 düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlıdır (Şekil 33 ve 34). Diyarbakır ve Hilvan istasyonlarında gözlenen artış eğilimlerinin, istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı saptanmıştır. Ortalama minimum sıcaklıklarda görülen anlamlı ısınma eğilimleri yıllık ortalama sıcaklık ve ortalama maksimum sıcaklıklara göre daha belirgindir. Anlamlı ısınma eğilimi gösteren istasyonlardan Siirt, Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa, Kâhta ve Bozova'da R^2 değeri (belirleme katsayısı) kuvvetli olup 0,5'in üzerindedir. Elde edilen bu sonuçlar, 20. yüzyılın ikinci yarısından beri minimum sıcaklıklarda görülen artışın maksimum sıcaklıklara göre iki kat daha fazla olduğu bilgisini (IPCC, 1996) yerel ölçekte de doğrulamaktadır.

Şekil 33: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Ortalama Minimum Sıcaklık Trendi (EKKDR)



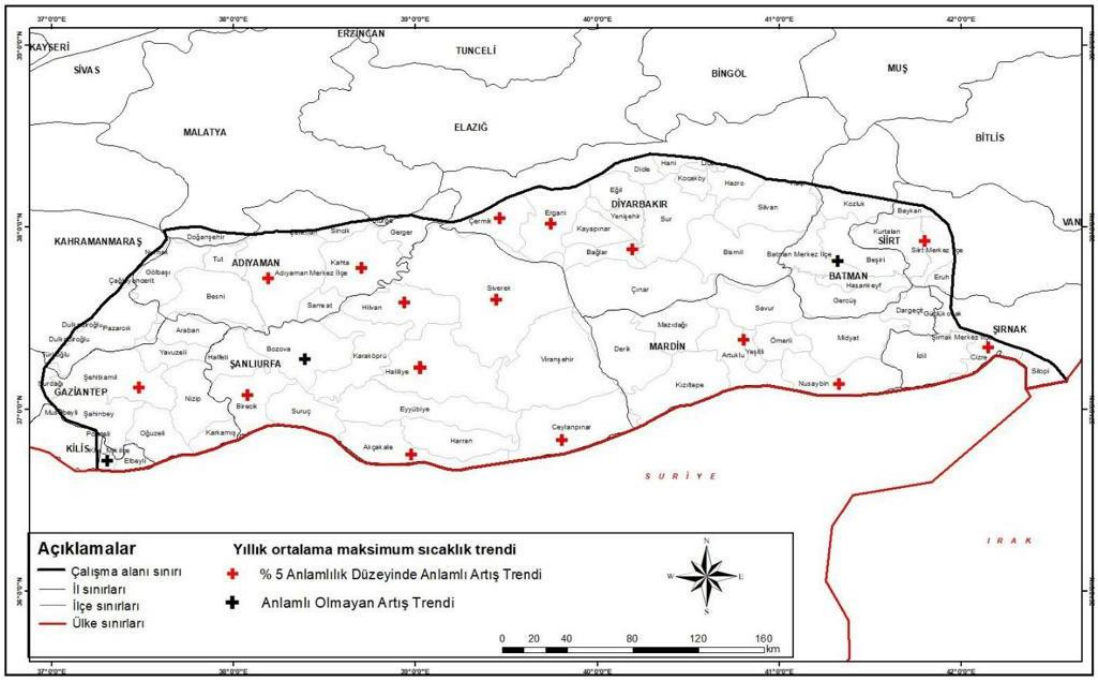
Şekil 34: Şanlıurfa'nın Yıllık Ortalama Minimum Hava Sıcaklığının Değişimi ve Doğrusal Eğilimi



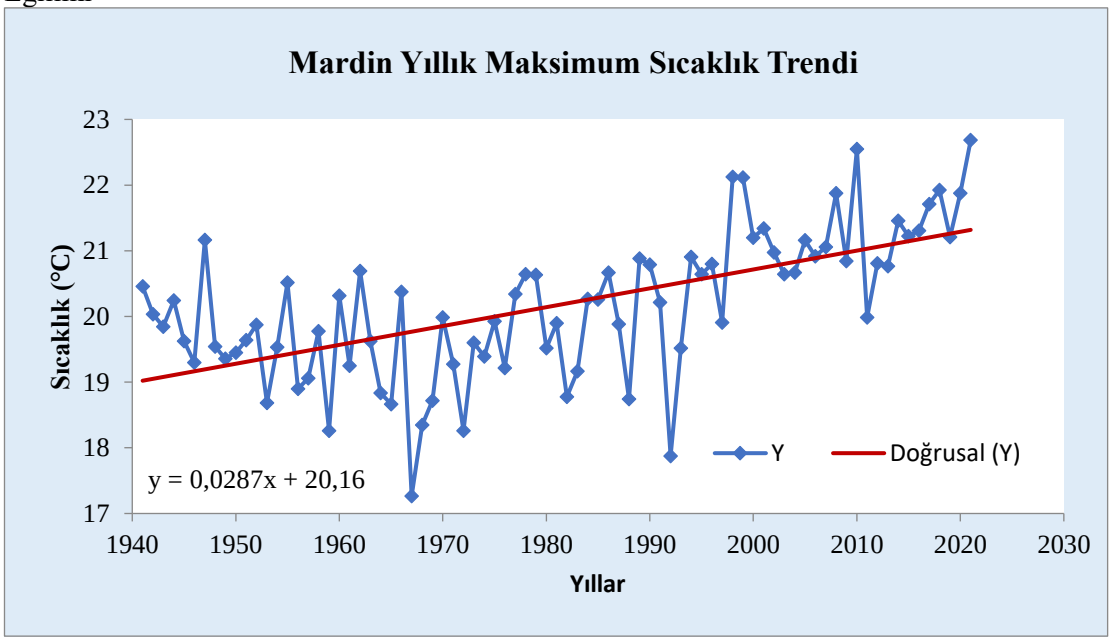
3.1.8. Yıllık Ortalama Maksimum Sıcaklık Dizilerindeki Eğilimler

Yıllık ortalama maksimum sıcaklık dizilerinde izlenen uzun dönemli artış eğilimleri 16 istasyonda istatistiksel açıdan anlamlıdır (Şekil 35 ve 36). Buna karşılık Kilis, Bozova, Batman istasyonlarında ise anlamlı olmayan artış eğilimleri gözlenmiştir.

Şekil 35: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Ortalama Maksimum Sıcaklık Trendi (EKKDR)



Şekil 36: Mardin'in Yıllık Ortalama Maksimum Hava Sıcaklığının Değişimi ve Doğrusal Eğilimi



3.1.9. Aridite Kuraklık İndeksi Sonuçlarının Çölleşme Açısından Değerlendirilmesi

Çalışmada kuraklık indeksi yöntemine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin çölleşmeye eğilimli alanlarını belirlemek amacıyla elde edilen indeks sonuçları jeoistatistiksel bir metotla (kriging) haritalandırılmıştır. Bölgede kurak, yarı kurak,

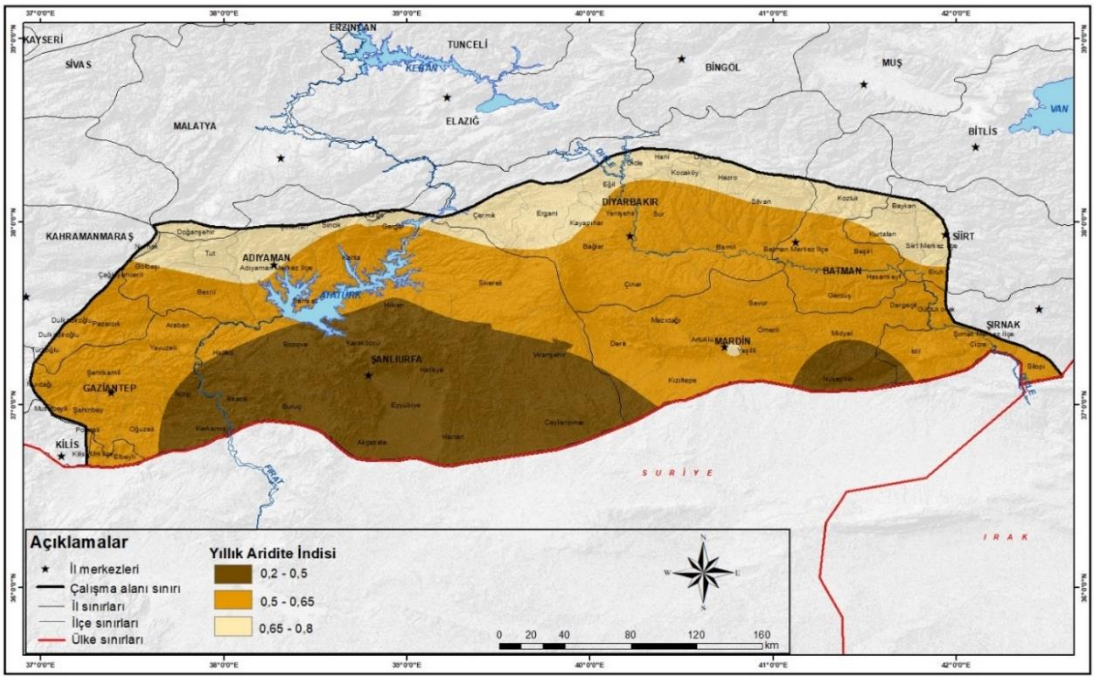
nemli, yarı nemli gibi alanların tanımlanması için Türkeş (1999)'in önerdiği sınıflandırma temel alınmıştır. Kuraklık indeksleri bir bölgede kuraklık olaylarını tanımlamak, izlemek veya belirlemek için geliştirilen nesnel yöntemlerdir. Kullanılan bu yöntemler sayesinde kurak koşulların evrimi, afet boyutu veya ortaya çıkışı açık bir şekilde tanımlanabilir (Türkeş, 2022).

Bu çalışmada toplam 19 istasyona ait hesaplamalardan elde edilen indeks değerlerine göre çölleşme potansiyeli taşıyan sahalar bölgeyi kuzeyden güneye doğru 3 kuşak halinde temsil etmektedir. Buna göre indeks değeri düştükçe çölleşme süreçlerine karşı verilen tepkiler daha hızlı gerçekleşmektedir (Tablo 2). Bölgede genel olarak kuzeyden güneye doğru indeks değerinin düştüğü görülmektedir. Aynı zamanda yağışlarında kuzeyden güneye doğru azalışı bu durumu destekler niteliktedir. Dolayısıyla tüm bölgenin çölleşmeye karşı savunmasız olduğu saptansa da güney kısımlarında bu durumun daha belirgin olduğu açıktır.

Çölleşmeden etkilenebilirlik derecesine göre; kuraklık indeksinin 0,50'den düşük olduğu alanlar "ekstrem", 0,50'ye eşit olan alanlar "kuvvetli", 0,50-0,65 arasındakiler ve 0,65'e eşit olan yerler "orta", 0,65-0,80 arasındakiler ve 0,80'e eşit olan alanlar "zayıf" kabul edilmektedir (Türkeş, 2013). Buna göre Hilvan (0,43), Şanlıurfa (0,40), Bozova (0,38), Nusaybin (0,35), Birecik (0,34), Ceylanpınar (0,27), Akçakale (0,26) istasyonlarının çölleşmeden etkilenebilirlik dereceleri "ekstrem (aşırı)" olarak tespit edilmiştir. Batman (0,50) ve Diyarbakır (0,50) istasyonlarının etkilenebilirliği "kuvvetli" dir. Gaziantep (0,63), Kâhta (0,61), Siverek (0,56), Cizre (0,53), Kilis (0,51), istasyonlarının etkilenebilirliği "orta" derece olarak saptanmıştır. Buna karşılık Ergani (0,77), Adıyaman (0,69), Siirt (0,74), Çermik (0,73), Mardin (0,71) istasyonlarının ise çölleşmeden etkilenebilirlik derecesi "zayıf" tır.

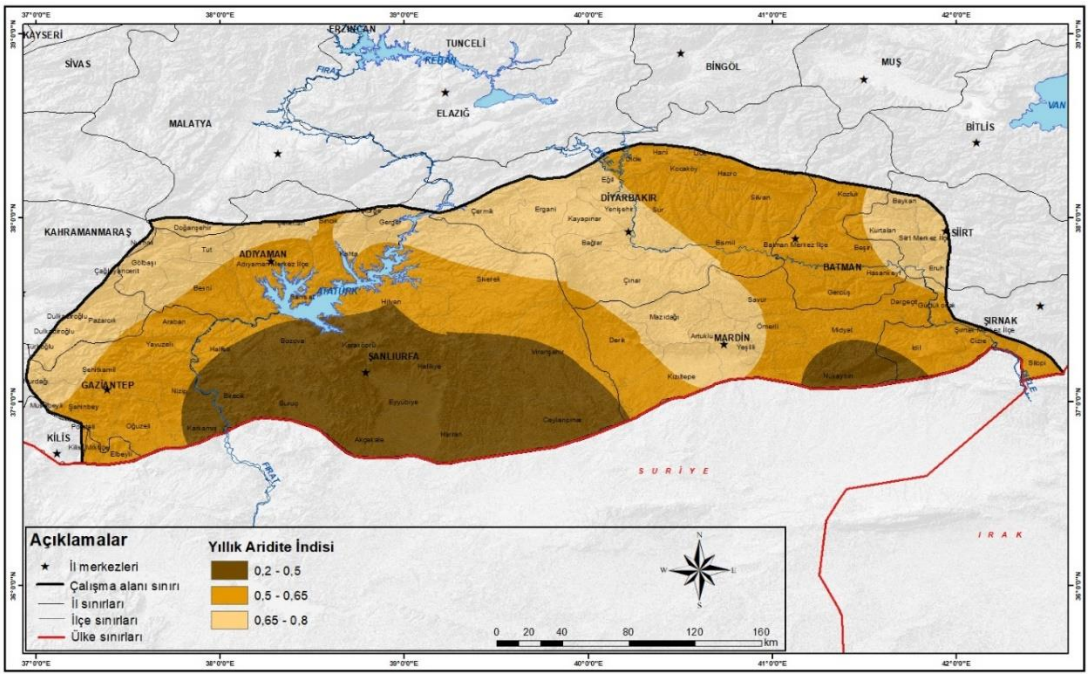
Dicle Bölümü'nde Diyarbakır Havzası'nın kuzey kısımları Güneydoğu Torosların eteklerinde kalan ve bölgenin güneydeki kısımlarına göre daha çok yağış alan kuşakta yer almaktadır. Fakat bu kısımda bulunan istasyonların (Hani, Kulp, Lice, Dicle) yağış kayıt süreleri (10 yıllık veriler) kısa olduğu için kullanılmaması durumunda kuraklık indeks değerlerinin dağılışını yanıltıcı biçimde değiştirmektedir (Şekil 38).

Şekil 37: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Kuraklık İndeksi



Bu hatalı dağılışı engellemek için çalışma alanının hem yağış hem de kuraklık indeksi değerlerini gösteren iki ayrı dağılış haritası oluşturulmuştur. Bu haritalardan şekil 37'de gösterileni yağış dağılışını daha gerçekçi yansıttığı için kuraklık indeks değerlerinin dağılımını da daha doğru yansıtan bir dağılış göstermektedir.

Şekil 38: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık Kuraklık İndeksi



3.1.10. Normalleştirilmiş Yıllık Yağış Anomalisi indisi ve Yıllık Kuraklık İndisi Dizilerindeki Değişimler

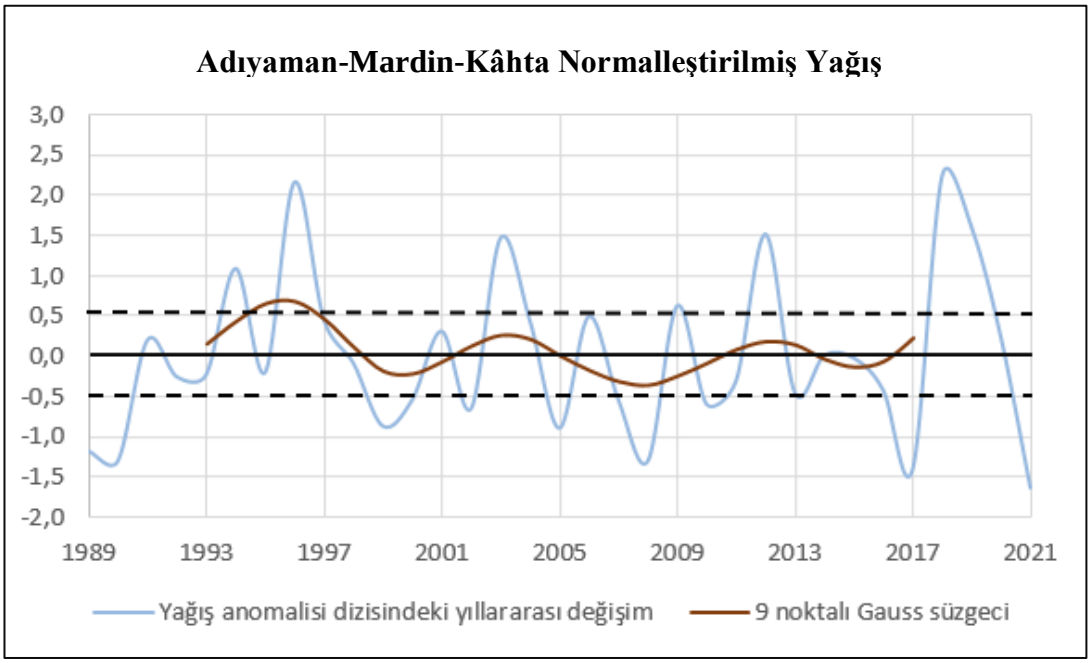
Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni 3 kuşak halinde temsil eden istasyonların uzun dönemli kuraklık ve nemlilik koşullarında bir değişiklik olup olmadığını nesnel olarak ortaya koymak için elde edilen sonuçların klimatolojik zaman dizisi grafikleri oluşturulmuştur. Ayrıca bu kuraklık ve normalleştirilmiş yağış indisi dizilerindeki ani değişiklikleri ve dalgalanmaları görsel olarak somutlaştırmak veya gösterebilmek için 9 noktalı Gauss süzgeci (filtresi) kullanılmıştır. Bölgeyi temsil eden istasyonların ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını test etmek için yağış verileri kullanılarak tek yönlü varyans (ANOVA) analizi yapılmıştır.

Buna göre bölgenin kuzey kesimlerini temsil eden Siirt-Ergani-Çermik istasyonlarının ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı için H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Bölgenin orta kuşağını temsil eden Batman ile Diyarbakır istasyonları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı saptanmıştır. Yine o kuşakta yer alan Mardin-Kâhta-Adıyaman (Adıyaman kuraklık indeksine göre orta kuşak ile üst kuşak sınırında yer almaktadır) istasyonlarının da ortalamaları arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Bölgenin en alt kuşağında yer alan Ceylanpınar ve Akçakale istasyonlarının ortalamaları istatistiksel olarak anlamlı ölçüde farklılaşmamaktadır. O hattı temsil eden Nusaybin ve Şanlıurfa'nın da ortalamaları arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Bu nedenle uzun dönemli yağış ve kuraklık indisi dizilerinin grafikleri oluşturulurken ortalamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmayan istasyonlar kendi aralarında gruplandırılmıştır.

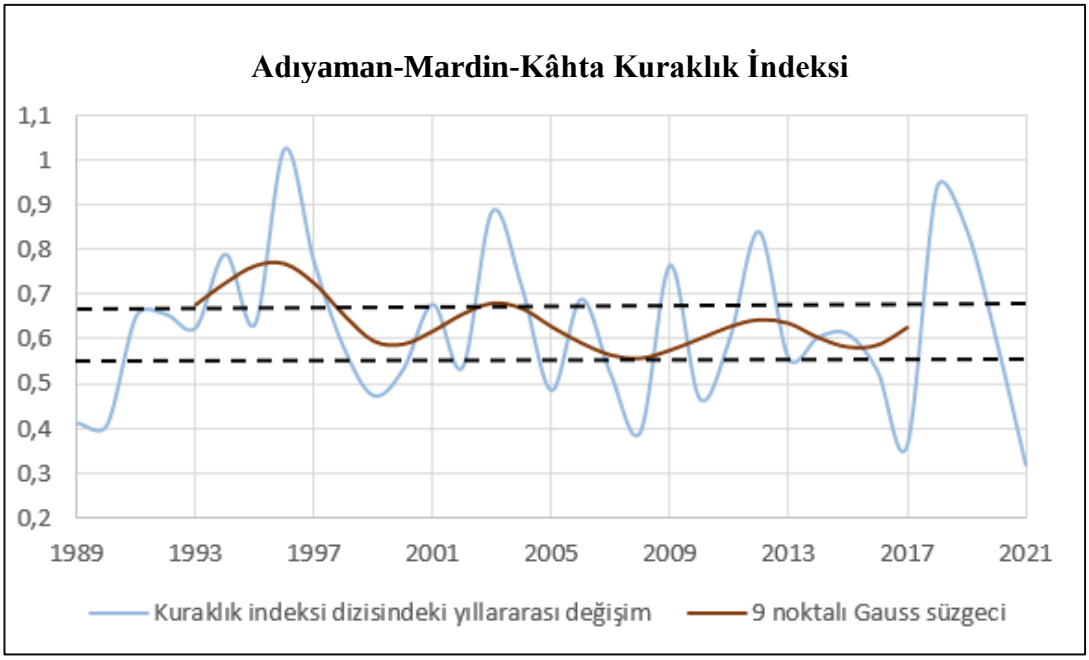
Oluşturulan zaman dizisi grafiklerinden normalleştirilmiş yağış anomalisi indeksinde ± 5 ile gösterilen kesikli çizgiler (----) standardize değerlerdir. Sıfıra karşılık gelen düz çizgi ise normalleştirilmiş uzun süreli yağış dizisinin ortalamasını ifade eder. -5 ile +5 arasında kalan yağış değerleri normal kabul edilmektedir. Oysa -0,5 standardize değerin altında kalan yağışlar kurak koşulları temsil ederken +0,5'in üzerinde yer alan yağışlar ise nemli koşulları ifade etmektedir. Kuraklık indeksinin yıllarası değişimini gösteren grafikte kesikli çizgiler (-----) alt ve üst güven sınırıdır. Bu sınırlar kurak ve nemli koşulların değişimi hakkında nesnel bilgiler vermektedir. Tüm istasyonlarda normalleştirilmiş yağış indisi dizileri ile kuraklık indisi

dizilerindeki değişimlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Bu durum, kuraklık olaylarında en temel belirleyici değişkenin yağış olduğunun göstergesidir.

Şekil 39: Adıyaman-Mardin-Kâhta İstasyonlarının Normalleştirilmiş Yıllık Yağış İndeksi



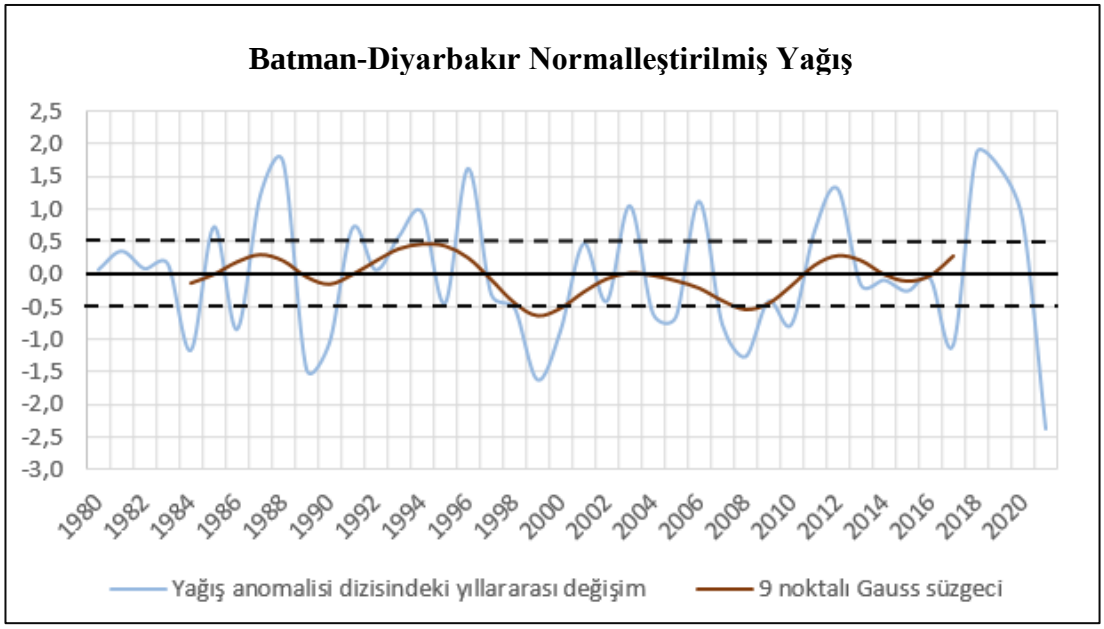
Şekil 40: Adıyaman-Mardin-Kâhta İstasyonlarının Uzun Süreli Yıllık Kuraklık İndeksi



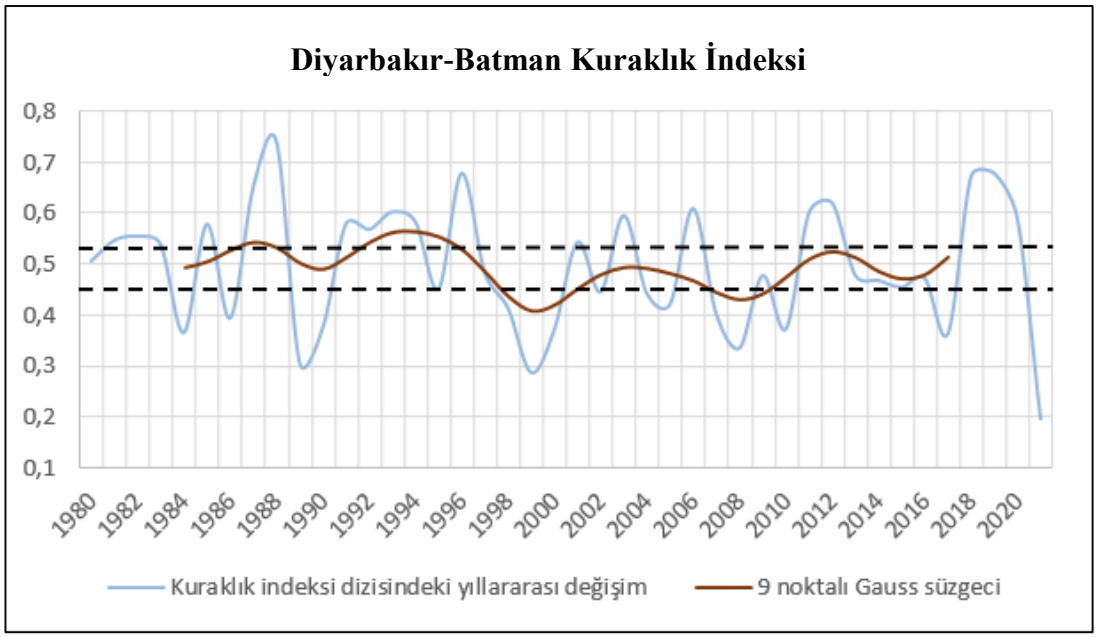
Adıyaman-Mardin-Kâhta istasyonlarının kuraklık indeksi ve yağış indeksi serilerinin yıllararası değişimleri incelendiğinde belirgin dalgalanmalar gözlenmektedir. Yaklaşık olarak 8 yılda bir kurak dönemlerin gerçekleştiği saptanmıştır (Şekil 39 ve

Şekil 40). Ayrıca bölgedeki tüm istasyonlarda bazı yıllar ekstrem kuraklıklar yaşanmıştır. Örneğin 1990, 1999, 2007-2008, 2010, 2017 ve 2021 yıllarında gerçekleşen kuraklıklar alt güven sınırının oldukça altındadır.

Şekil 41: Batman-Diyarbakır İstasyonlarının Normalleştirilmiş Yıllık Yağış İndeksi:



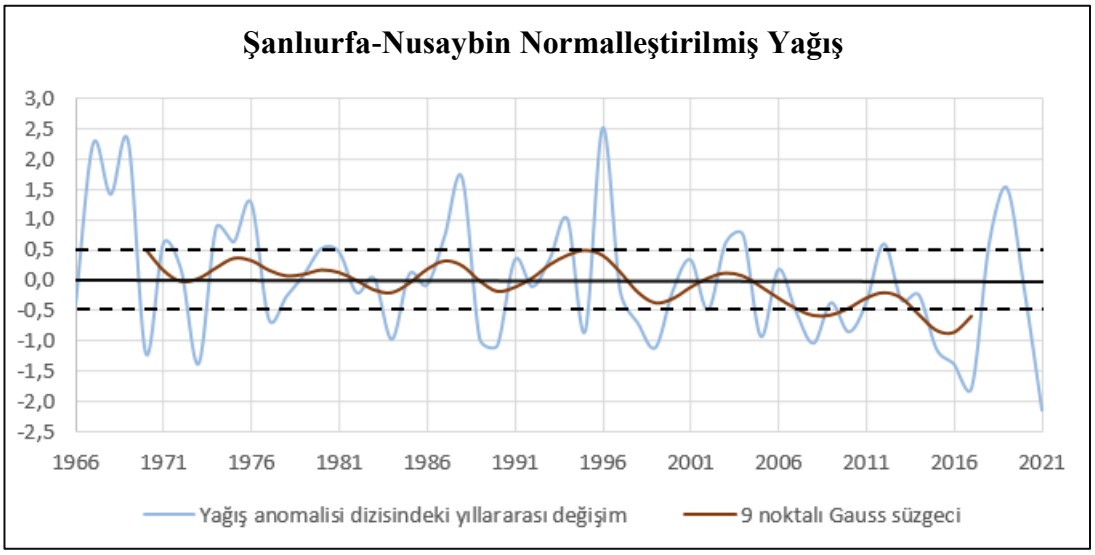
Şekil 42: Diyarbakır-Batman İstasyonlarının Uzun Süreli Yıllık Kuraklık İndeksi



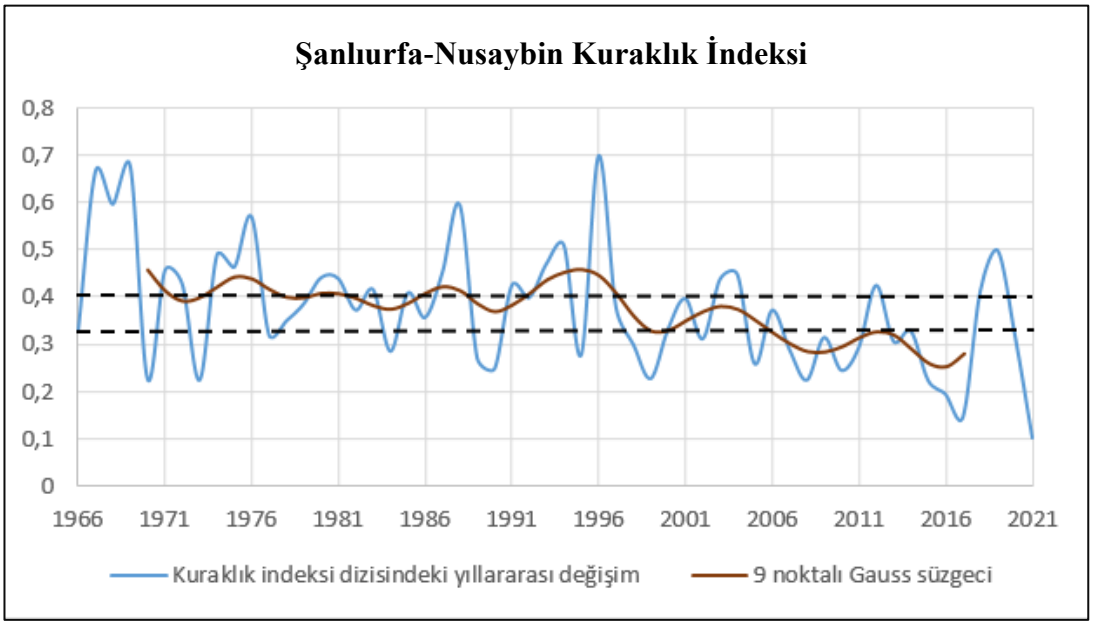
Diyarbakır-Batman istasyonlarının kuraklık ve yağış indeksi serilerinin yıllar arası değişimleri incelendiğinde nemli ve kurak dönemleri gösteren dalgalanmalar

görülmektedir. Yaklaşık 8-10 yılda bir kurak dönemlerin gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 41 ve Şekil 42).

Şekil 43: Şanlıurfa-Nusaybin İstasyonlarının Normalleştirilmiş Yıllık Yağış İndeksi



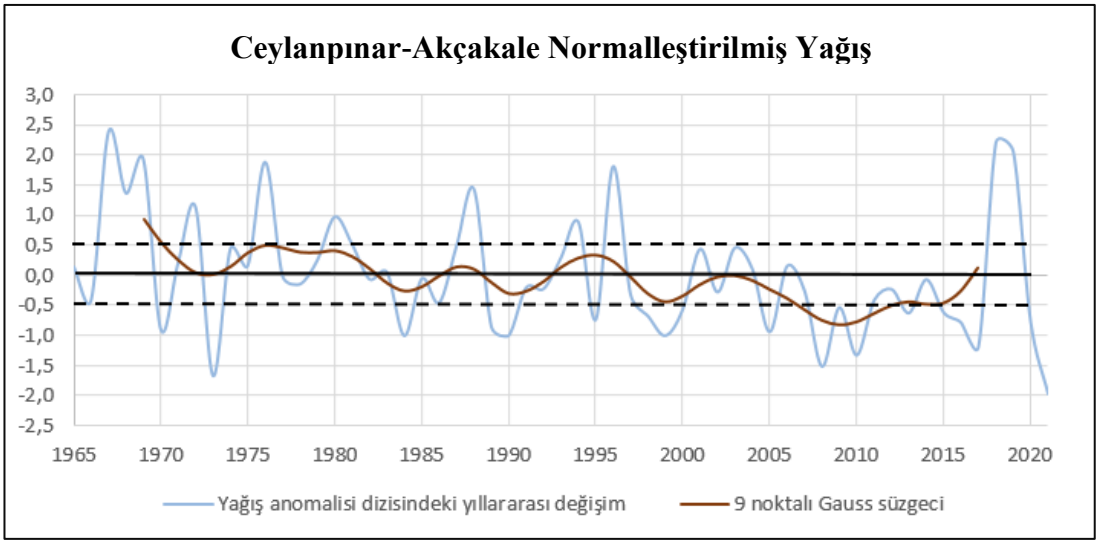
Şekil 44: Şanlıurfa-Nusaybin İstasyonlarının Uzun Süreli Yıllık Kuraklık İndeksi



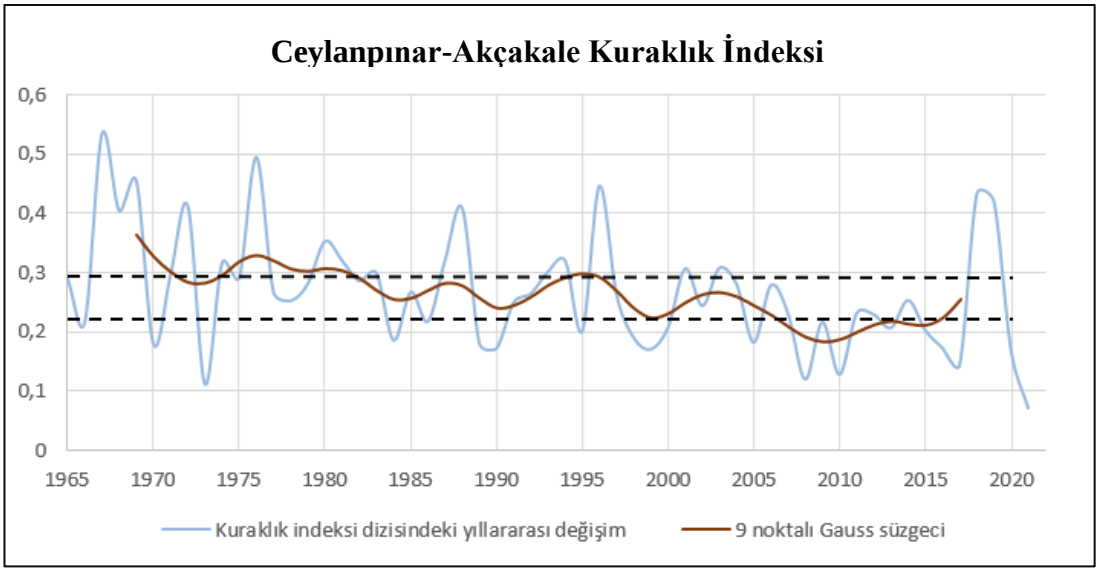
Bölgenin en alt kuşağında yer alan Şanlıurfa-Nusaybin (Şekil 43 ve Şekil 44) ile Ceylanpınar-Akçakale (Şekil 45 ve Şekil 46) istasyonlarının yıllık kuraklık ve yağış indeksi serilerinin yıllararası değişimlerine bakıldığında iki ayrı dönemde belirgin dalgalanmalar gözlenmiştir. Hem Şanlıurfa-Nusaybin hem de Ceylanpınar-Akçakale

istasyonlarında 1990 yılına kadar yaklaşık 6 yılda bir kurak dönemler yaşanırken 1990 yılından sonra ise yaklaşık 8-10 yılda bir kurak dönemlerin yaşandığı saptanmıştır.

Şekil 45: Ceylanpınar-Akçakale İstasyonlarının Normalleştirilmiş Yıllık Yağış İndeksi



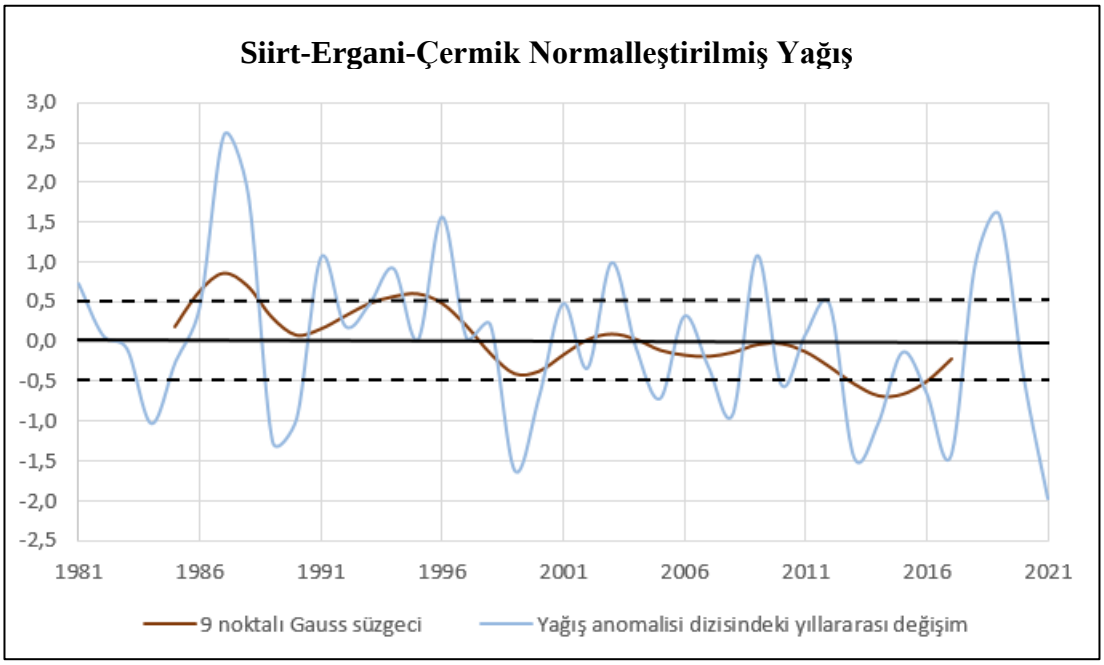
Şekil 46: Ceylanpınar-Akçakale İstasyonlarının Uzun Süreli Yıllık Kuraklık İndeksi



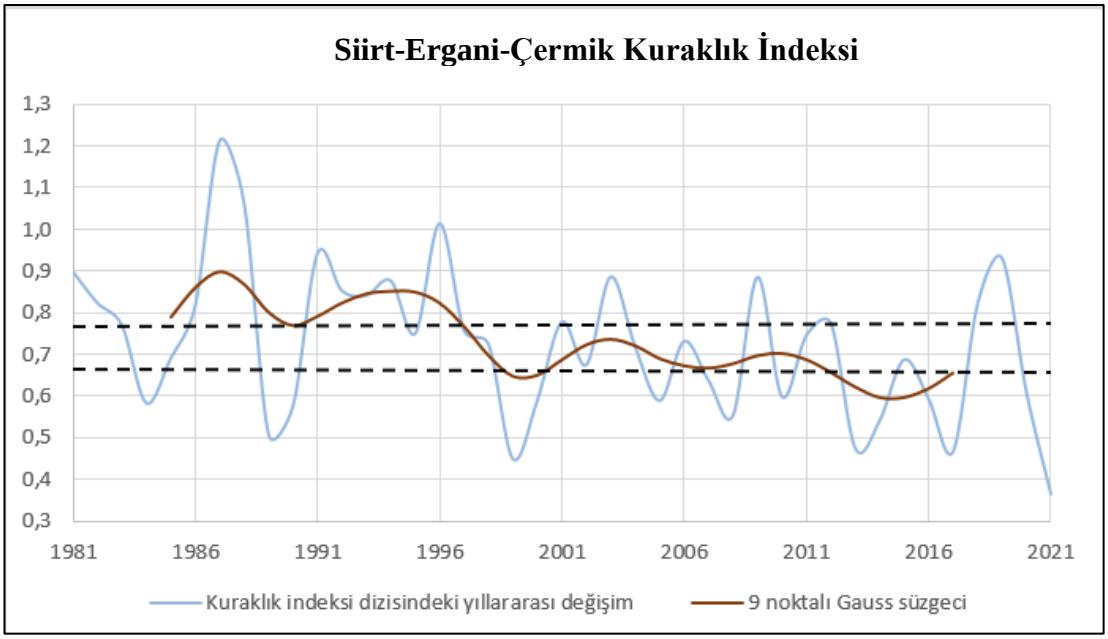
Bölgenin en üst kuşağında yer alan Siirt-Ergani-Çermik istasyonlarının yıllık kuraklık ve yağış anomalisi indeksi serilerinin yıllar arası değişimleri incelendiğinde kurak dönemlerin 6-8 yılda bir tekrar etme eğiliminde olduğu görülmüştür (Şekil 47 ve Şekil 48). Ayrıca bölgeyi temsil eden istasyonların tümünde kuraklık indeks değerinin zamanla düşme eğilimde olduğu saptanmıştır. Yani kuraklıkların istatistiksel olarak yıldan yıla artış trendi gösterdiği tespit edilmiştir. Fakat doğası gereği çölleşme çok

yavaş hareket eden bir olgu olduğu için bu indeks değerinin zamanla azalma oranı düşük seviyelerde gerçekleşmektedir.

Şekil 47: Siirt-Ergani-Çermik İstasyonlarının Normalleştirilmiş Yıllık Yağış İndeksi



Şekil 48: Siirt-Ergani-Çermik İstasyonlarının Uzun Süreli Yıllık Kuraklık İndeksi

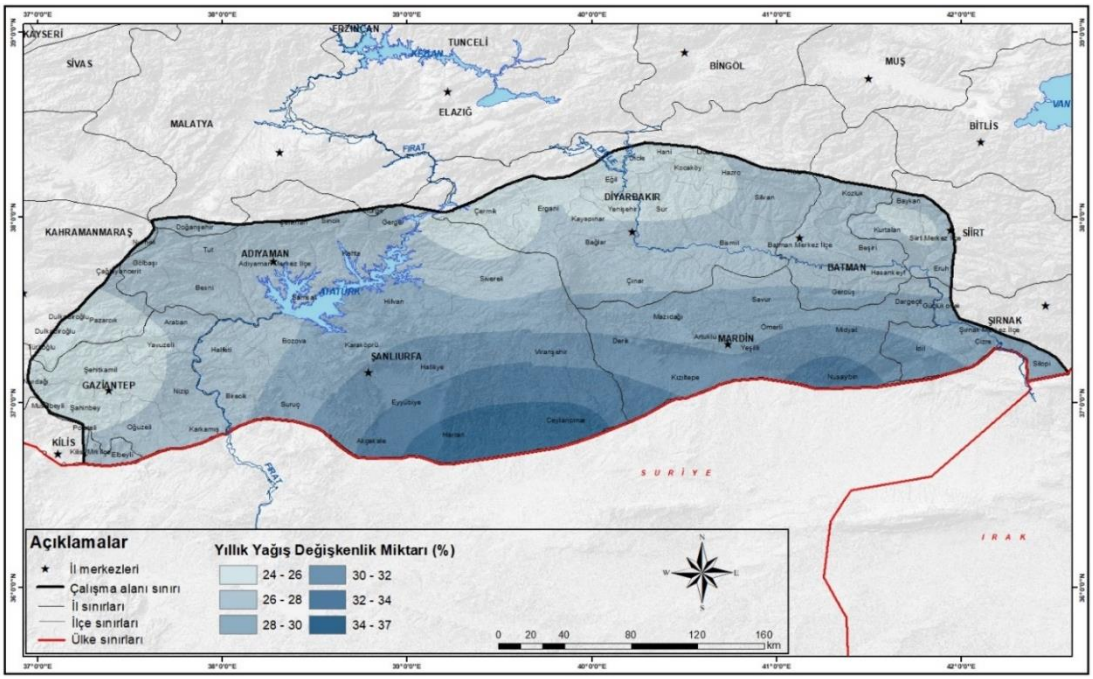


3.1.11. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yıllık ve Mevsimlik Yağış Değişkenliğinin Dağılışı

Bir bölgede uzun süreli yağış serilerindeki yıllık veya mevsimlik değişkenliğin ortalama koşullarını belirlemek için değişkenlik katsayısı (DK) hesaplanır. Bu katsayı, istatistiksel açıdan uzun dönem boyunca bir istasyonda kaydedilen gözlemlerin (bu çalışmada yağış) uzun süreli ortalama etrafında ne kadar saçıldığını gösterir (Türkeş, 2022, s.577). Yağış hem zamansal hem de alansal olarak en fazla değişkenlik gösteren iklim elemanıdır. Özellikle de yüksek değişkenlik, kurak/yarı kurak iklimlerin en tipik özelliğidir. Kurak ve yarı kurak alanlarda değişim katsayısı genel olarak %25'den fazladır. Bu durum, yağış değerlerinin ortalamadan fazla saptığını gösterir. Bir bölgede yağış değişkenliğinin yüksek olması su açığı anlamına gelmektedir. Bu da tarımsal faaliyetleri olumsuz etkilemektedir. Nitekim Türkiye'de Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesi bu açıdan yağış değişkenliğinin en yüksek olduğu bölgelerdir (Ölgen, 2010).

Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni temsil eden her bir istasyonun hem yıllık hem de mevsimlik yağış değişkenliği hesaplanarak alansal dağılışı yapılmıştır. Bölgede yıllık yağış değişkenliğinin genel olarak güneyden kuzeye doğru kuşaklar halinde azaldığı görülmektedir. Yıllar arası değişkenlik %24 ile %37 arasında değişmektedir. Yıllık değişkenliğin en yüksek olduğu alanlar bölgenin güneyinde yer alan Akçakale ve Ceylanpınar istasyonlarıdır. Bu alanlar aynı zamanda yıllık yağış miktarının da en düşük olduğu alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle değişkenliğin de yüksek çıkması olağan bir durumdur. Değişkenliğin en düşük olduğu alanlar ise Gaziantep ve Çermik istasyonlarıdır (Şekil 49).

Şekil 49: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Yağış Değişkenliğinin Yıllık Dağılışı

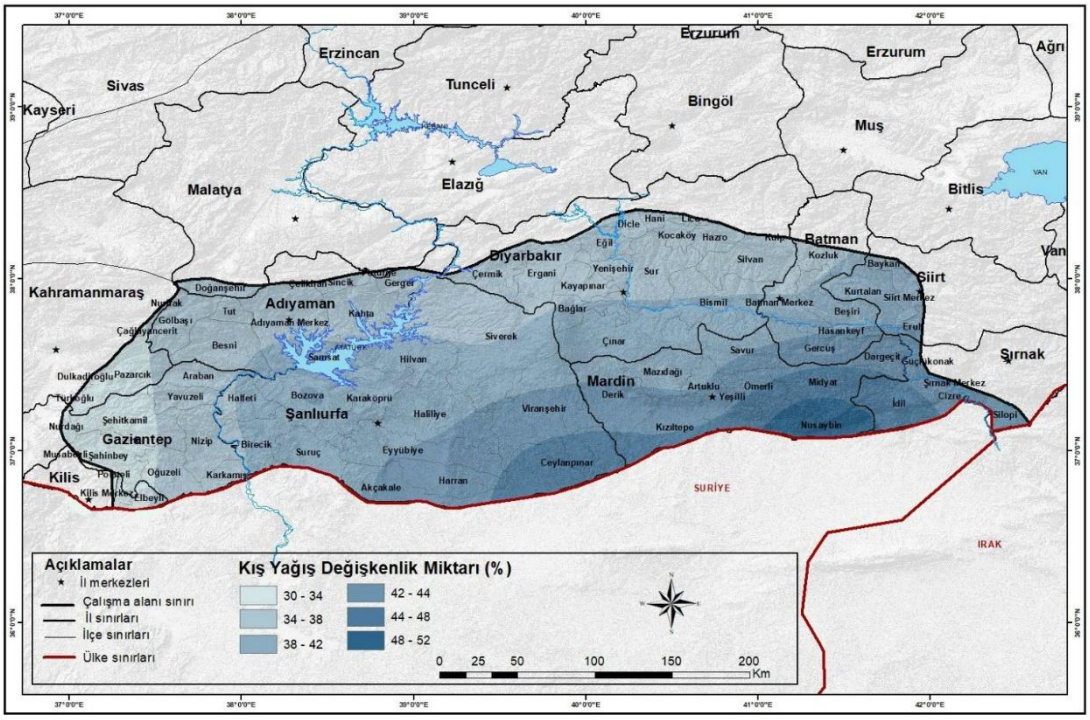


Mevsimsel olarak değişkenliğin alansal dağılışı incelendiğinde göze çarpan farklılıklar görülmektedir. Özellikle yağışların daha fazla ve daha istikrarlı olduğu kış aylarında değişkenliğin düşük, buna karşılık yağış tutarının çok az olduğu yaz aylarında ise değişim katsayısının yüksek olduğu saptanmıştır. Bölgenin Orta Fırat Bölümü'nde kış mevsimi değişkenliği batıdan doğuya ve güneydoğuya doğru artmaktadır. Dicle Bölümü'nde ise kuzeyden güneye doğru artan homojen bir dağılış görülmektedir. Bölgede yağış değişkenliği açısından kış mevsiminin dağılışı ile yıllık dağılışın deseni benzerlik göstermektedir. Kışın değişim katsayısı %30 ile %51,03 arasında değişmektedir (Şekil 50). Bu mevsimde değişkenliğin en yüksek olduğu istasyon Nusaybin (%51,03), en düşük olduğu istasyon ise Gaziantep'tir (%30). Gaziantep'te değişkenliğin düşük olmasının nedeni, kış aylarında yağış getiren Akdeniz kökenli gezici alçak basınç sistemlerinin doğu ve kuzeydoğuya hareket ederken sözü edilen istasyonun sıklıkla bu sistemlere daha fazla maruz kalmasıyla ilgili olabilir.

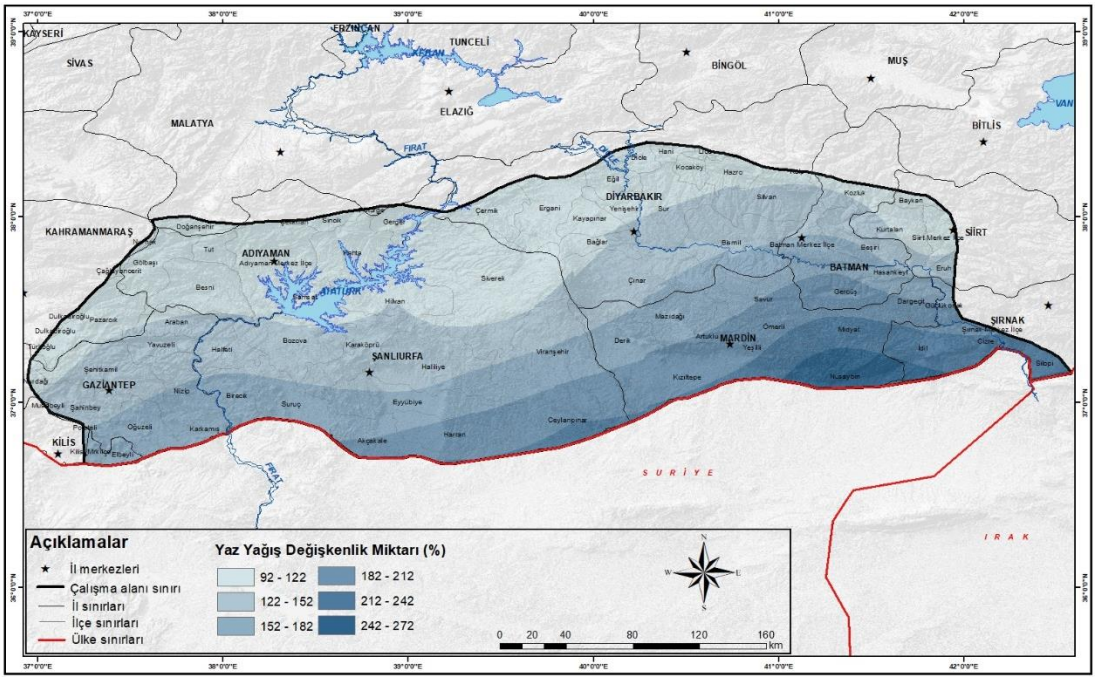
Bölgede yaz mevsimi yağışlarının değişkenliği oldukça yüksek değerlerde olup %92 ile %266,3 oranları arasında değişmektedir (Şekil 51). Bu mevsimde ortalamadan çok daha yüksek sapmaların gerçekleşmesinin nedeni kış ve bahar mevsimlerinde etkinliği artan gezici depresyonları (dalga siklonları) kontrol eden polar cephenin kuzeye

çekilmesi ile ilgilidir. Yaz mevsimde bölgesel/genel hava dolaşımına bağlı olarak bölge cT (kontinental tropikal) hava kütlelerinin etkisi altında kaldığı için yağış oluşum düzenekleri ortadan kalkar. Bu durum değişkenliğin tüm bölgede yüksek seyretmesinin ana nedenidir. Yaz aylarında değişkenliğin en düşük değerde olduğu istasyon Siirt (%92), en yüksek değerde olduğu istasyon ise Nusaybin'dir (%266,3). Yaz mevsiminin alansal dağılışına bakıldığında hem Orta Fırat Bölümü'nde hem de Dicle Bölümü'nde kuzeyden güneye kuşaklar şeklinde homojen bir dağılım gözlenmektedir. Genel olarak değişkenliğin en yüksek olduğu alanlar bölgenin güney kesiminde görülmektedir. Kuzeye doğru gidildikçe değişkenlik görece azalmaktadır.

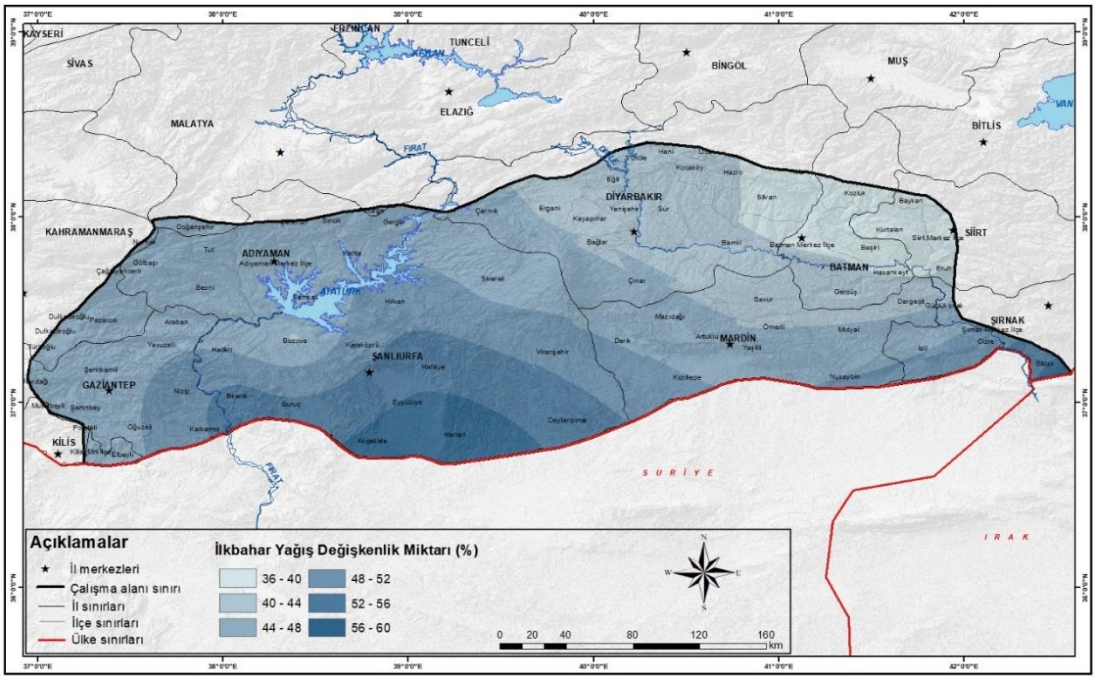
Şekil 50: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Kış Yağış Değişkenliğinin Dağılışı



Şekil 51: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Yaz Yağış Değişkenliğinin Dağılışı



Şekil 52: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin İlkbahar Yağış Değişkenliğinin Dağılışı

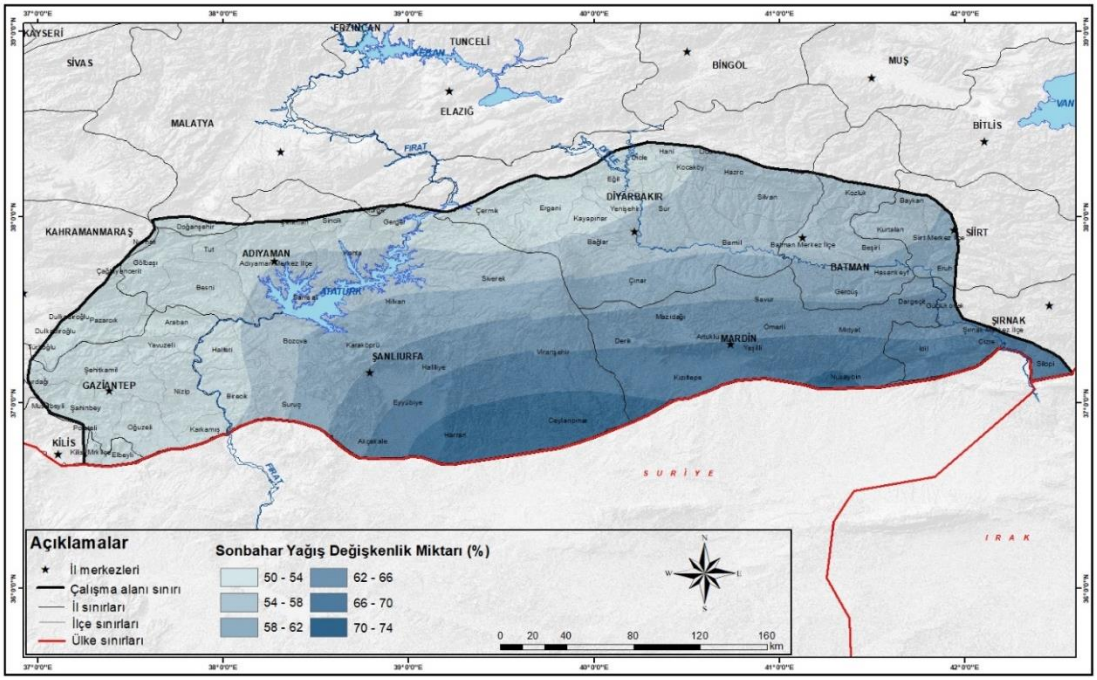


İlkbahar aylarının yağış değişkenlik katsayısına bakıldığında %36 ile %60 arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 52). Bu dönemde değişkenliğin en düşük olduğu istasyon Siirt (%36), en yüksek olduğu istasyon ise Akçakale'dir (%60). Bu mevsimde değişkenliğin yüksek olması tarımsal faaliyetleri oldukça etkilemektedir. Özellikle

buğday gibi ilkbahar yağışlarıyla beslenen tarımsal ürünler bu durumdan olumsuz etkilenmektedir. Bu nedenle ilkbahar aylarında değişkenlik katsayısının yüksek olduğu alanlarda tarımsal ürün deseninde değişikliğe gitmek bu olumsuz durumu bertaraf edebilir. Sonbahar aylarının yağış değişkenlik katsayısının alansal dağılımı Dicle Bölümü'nde güneyden kuzeye doğru kuşaklar halindedir. Orta Fırat Bölümü'nde ise güneyden kuzeye ve kuzeybatıya doğru bir dağılış deseni göstermektedir. Bu mevsimde değişkenlik katsayısı %50 ile %72 arasında değişmektedir. Değişkenliğin en düşük olduğu istasyon Çermik (%50), en yüksek olduğu alanlar ise Akçakale ve Ceylanpınar (%71) istasyonlarıdır (Şekil 53). Bir bölgede yağış değişkenlik katsayısı arttıkça kuraklıkların oluşma olasılıkları da artar. Özellikle yıllık su açığının fazla olduğu subtropikal bölgelerde antropojen kaynaklı iklim değişikliğine bağlı olarak giderek artan sıcaklık ve kuraklık eğilimleri ülkemizin Akdeniz ve Karasal Akdeniz bölgelerinde çölleşme süreçlerini ve daha sıklıkta gerçekleşecek kuraklık olaylarını tetikleyebileceği söylenebilir (Türkeş, 2022, s.586).

Dolayısıyla bu değerlendirme Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin de gelecekte bu tür çölleşme süreçlerinden ve şiddetli kuraklık olaylarından önemli ölçüde etkilenebileceğini doğrulamaktadır.

Şekil 53: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Sonbahar Yağış Değişkenliğinin Dağılışı



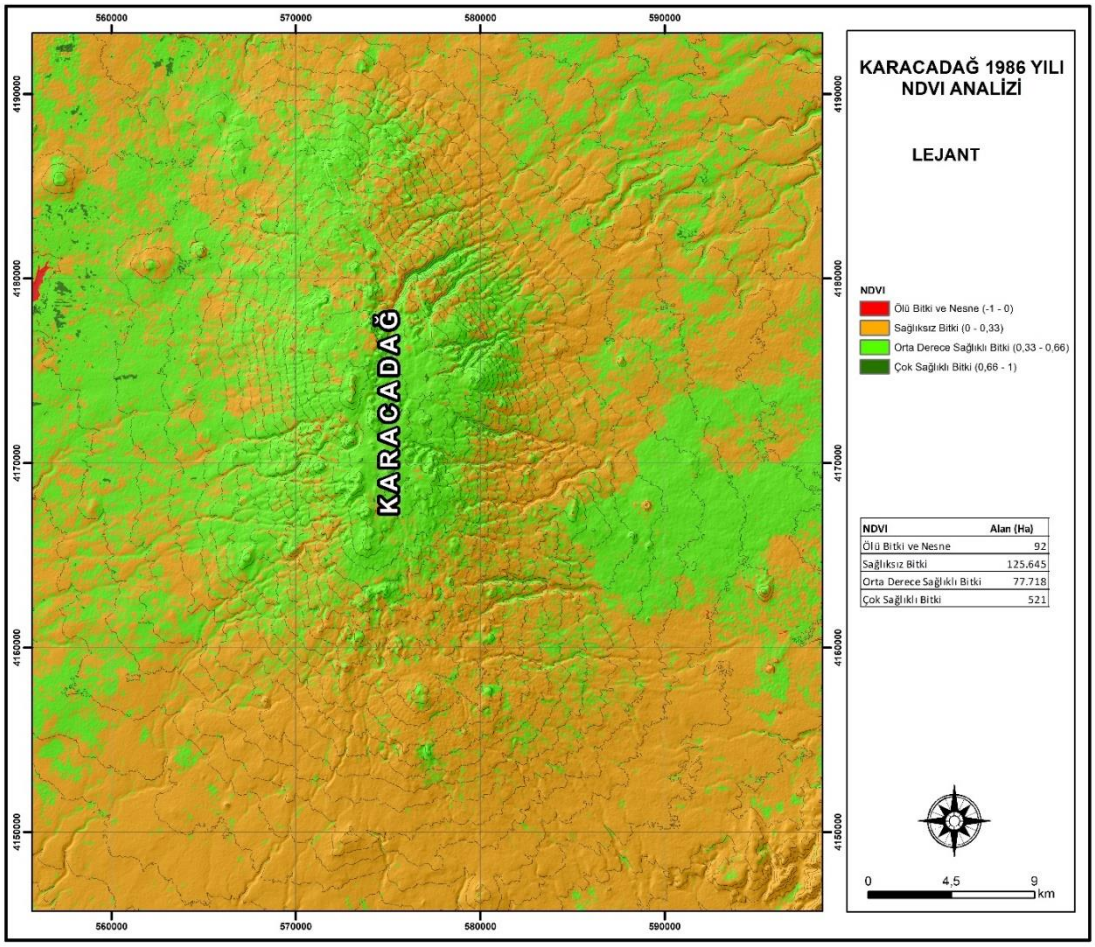
3.1.12. Bitki Örtüsü Dinamiklerindeki Değişim

Bitki örtüsünün yoğunluğundaki değişimler birçok araştırmacı tarafından çölleşme tanımlarında kabul edilen önemli bir göstergedir. Çünkü bitki örtüsü zayıfladıkça su erozyonu, rüzgâr erozyonu riskleri ve güneş radyasyonunun çıplak yüzey üzerindeki olumsuz etkisi önemli ölçüde artmaktadır (Glantz ve Orlovsky, 1983).

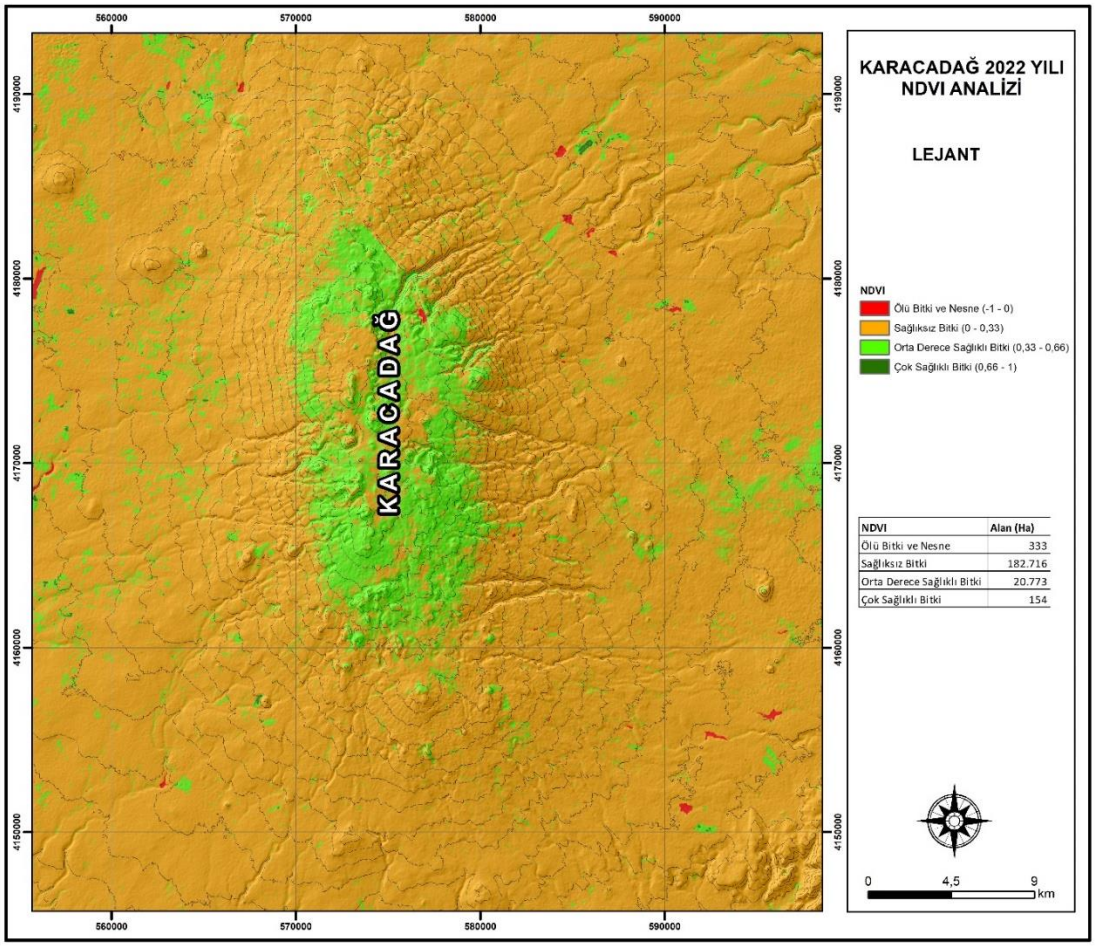
Bu çalışmada bitki örtüsü dinamiklerinde meydana gelen değişimi görmek için uydu tabanlı optik sensör görüntülerinden elde edilen normalleştirilmiş fark vejetasyon indeksinden (NDVI) ve Corine veri kaynaklarından yararlanılmıştır. Tek başına bitki örtüsü verilerine dayanarak çölleşme süreciyle ilgili çıkarımlar yapmak yanıltıcı olabilir. Çünkü yağıştaki doğal değişkenlik veya ekin mevsimleri gibi faktörler bitki örtüsünü etkileyebilir. Bu nedenle NDVI analizinin yapıldığı çalışmada yanıltıcı durumları bertaraf etmek için yağışların ortalamadan çok fazla sapmadığı veya değişkenlik göstermediği yıllar ve antropojen etkenlerden görece daha az etkilenmiş olan örnek bir saha (Karacadağ) tercih edilmiştir. Ayrıca sözü edilen yılların da yağış olasılığının en düşük olduğu haziran ayına ait uydu verileri kullanılmıştır. +1 ve -1 arasında değerler alan NDVI'de kırmızı (R) ve kızılötesi (NIR) dalga boyları kullanılır. İndeks değeri pozitife yaklaştıkça daha canlı yeşil bir bitki örtüsü anlamına gelir. Başka bir deyişle negatif değerler genellikle su kütlelerini gösterirken, sıfıra yakın değerler kum, kaya ve beton yüzeylerini, pozitif değerler ise çalı, çimen ve orman dahil tüm bitki örtüsünü gösterir (Huang vd., 2021).

Buna göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin çölleşme süreçlerini ve ulaştığı boyutu izlemek için bölgeyi temsil eden Karacadağ'ın 1986 ve 2022 yılı haziran ayına ait NDVI analizi sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 0,33-1 (sağlıklı ve orta derece sağlıklı bitki örtüsü) indeks değerine sahip alanlar 1986 yılının Haziran ayında yaklaşık 78.239 Ha iken 2022 yılının Haziran ayında bu oranın 20.927 Ha olduğu görülmüştür. 1986-2022 yılları arasındaki dönemde orta derece ve çok sağlıklı bitki örtüsünün yaklaşık %73,25 oranında azaldığı saptanmıştır (Şekil 54 ve 55).

Şekil 54: Karacadağ'ın 1986 Yılı Haziran Ayına ait NDVI Analizi



Şekil 55: Karacadağ'ın 2022 Yılı Haziran Ayına ait NDVI Analizi

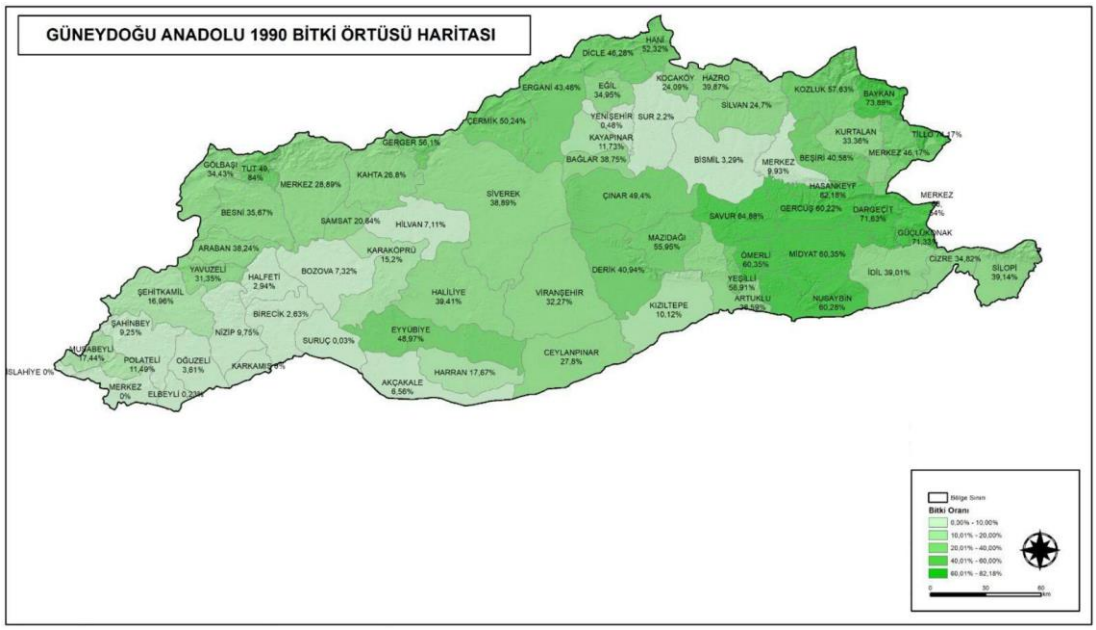


Ayrıca Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde de ilçe düzeyinde bitki örtüsünün (doğal-yarı doğal, tarım alanları hariç) alansal değişimini kontrol etmek için Corine veri tabanındaki 1990 ve 2018 yılına ait bilgiler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir (Tablo 8). Buna göre çölleşmeyi destekleyecek nitelikte verilere ulaşılmıştır. Bölge genelinde 1990 yılından 2018 e kadar olan dönemde bitki örtüsü toplam 227939,75 ha azalmıştır (Şekil 56 ve 57). Buna karşın bitki örtüsünün arttığı ilçeler (toplam 121836 ha artış) olmakla birlikte artış oranı sınırlı kalmıştır. Bu verilere göre bitki örtüsündeki azalma bölge geneli bitki örtüsünün artışının yaklaşık iki katıdır. Çölleşmenin bir göstergesi olarak bitki örtüsündeki azalma bir yandan arazi kullanım faaliyetleri ile ilişkiliyken diğer yandan yağışlardaki azalma eğilimlerinden de etkilenmiştir. Sıklıkla yaşanan kurak dönemler doğal bitki örtüsünün yenilenmesini zorlaştıran ek bir etmen olarak karşımıza çıkmaktadır.

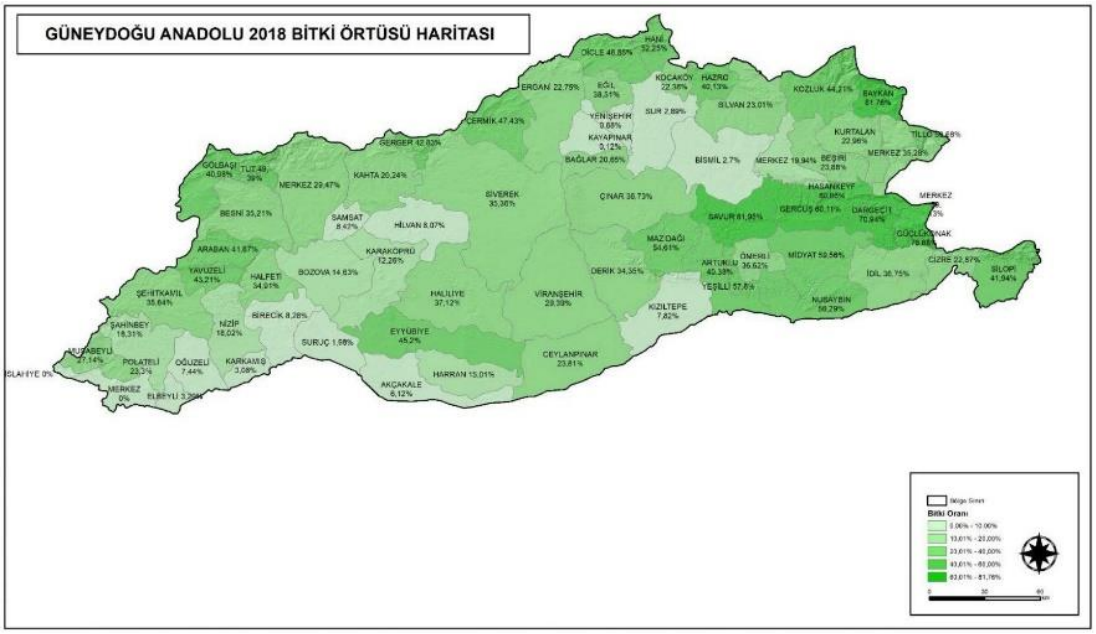
Bitki örtüsünde azalmanın en yüksek oranda gerçekleştiği yerler Güneydoğu Toroslar'ın güney etekleri, Mardin eşiği ve Diyarbakır Havzası'dır. Bu sahalardan ilk

ikisi yağışların bölge ortalamasının üstünde ve doğal vejetasyonun daha fazla olduğu yerlerdir. İlçe düzeyinde bitki örtüsüyle kaplı alanların oranı anılan yerlerde 1990 yılında ortalama yüzde 40 civarındadır. Diyarbakır Havzası'nda ise tarım ve yerleşmeye açılan alanların hızla artması bitki örtüsündeki azalmanın bir nedenidir.

Şekil 56: Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1990 Yılı Bitki Örtüsü Haritası



Şekil 57: Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2018 Yılı Bitki Örtüsü Haritası



Tablo 8: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin İlçe Düzeyindeki Bitki Örtüsünün 1990-2018 Yıllarına ait Corine Veri Kaynakları

1990				2018			
İl Adı	**İlçe Adı**	**Alan (HA)**	**Yüzde**	**İl Adı**	**İlçe Adı**	**Alan (HA)**	**Yüzde**
Adıyaman	Gölbaşı	27.514	34,43	Adıyaman	Gölbaşı	32.748	40,98
Adıyaman	Merkez	52.124	28,89	Adıyaman	Merkez	53.164	29,47
Diyarbakır	Dicle	34.079	46,28	Diyarbakır	Dicle	34.495	46,85
Diyarbakır	Eğil	15.659	34,95	Diyarbakır	Eğil	17.255	38,51
Diyarbakır	Hazro	16.993	39,87	Diyarbakır	Hazro	17.102	40,13
Diyarbakır	Sur	2.707	2,2	Diyarbakır	Sur	3.553	2,89
Diyarbakır	Yenişehir	171	0,48	Diyarbakır	Yenişehir	242	0,68
Gaziantep	Araban	22.554	38,24	Gaziantep	Araban	24.568	41,67
Gaziantep	İslahiye	0	0,00	Gaziantep	İslahiye	0	0,00
Gaziantep	Karkamış	0	0,00	Gaziantep	Karkamış	912	3,08
Gaziantep	Nizip	9.246	9,75	Gaziantep	Nizip	17.095	18,02
Gaziantep	Oğuzeli	2.485	3,61	Gaziantep	Oğuzeli	5.119	7,44
Gaziantep	Şahinbey	8.877	9,25	Gaziantep	Şahinbey	17.578	18,31
Gaziantep	Şehitkâmil	21871	16,96	Gaziantep	Şehitkâmil	45.949	35,64
Gaziantep	Yavuzeli	14.654	31,35	Gaziantep	Yavuzeli	20.196	43,21
Kilis	Elbeyli	53	0,23	Kilis	Elbeyli	779	3,29
Kilis	Merkez	6.035	9,93	Kilis	Merkez	12.114	19,94
Kilis	Musabeyli	6.038	17,44	Kilis	Musabeyli	9.394	27,14
Kilis	Polateli	2.500	11,49	Kilis	Polateli	5.070	23,30
Mardin	Artuklu	33.485	38,59	Mardin	Artuklu	35.039	40,38
Siirt	Baykan	36.073	73,89	Siirt	Baykan	39.912	81,76
Siirt	Eruh	0	0,00	Siirt	Eruh	0	0,00
Şanlıurfa	Birecik	2.384	2,63	Şanlıurfa	Birecik	7.498	8,28
Şanlıurfa	Bozova	9.713	7,32	Şanlıurfa	Bozova	19.413	14,63
Şanlıurfa	Halfeti	1.795	2,94	Şanlıurfa	Halfeti	21.290	34,91
Şanlıurfa	Hilvan	7.937	7,11	Şanlıurfa	Hilvan	9.009	8,07
Şanlıurfa	Suruç	26	0,03	Şanlıurfa	Suruç	1.467	1,98
Şırnak	Güçlü Konak	33.095	71,33	Şırnak	Güçlü Konak	36.601	78,88
Şırnak	Merkez	0	0,00	Şırnak	Merkez	0	0,00
Şırnak	Silopi	32.492	39,14	Şırnak	Silopi	34.824	41,94

SONUÇ VE TARTIŞMA

Çölleşme olarak bilinen fenomen üzerinde birçok faktör etkilidir: Örneğin artan kuraklıklar, hidrolojik süreçler (akışların düzensiz hale gelmesi ve azalması), toprak dinamiği (toprakta tuz birikimi ve kabuklaşma), morfodinamik süreçler (suyun ve rüzgârın neden olduğu hızlandırılmış toprak erozyonu), bitki örtüsünün azalması. Öyleyse çölleşme doğal bir süreç mi? Yoksa insanoğlunun içinde yaşadığı sistemin tetiklediği doğanın tahribatı ve iklim değişikliğinin yıkıcı etkileri sonucu oluşan bir olgu mu? Bazı araştırmacılara göre çölleşme süreçlerine en büyük etkiyi yapan unsur iklim iken bazılarına göre insan faktörleridir. Örneğin Le Houerou (1959), çölleşme üzerinde esas belirleyici rolün insan olduğunu iklimin ise sadece destekleyici bir etken olduğunu savunmuştur. Buna karşılık Grove (1973), bu iki faktörün birbirinden ayrılmaması gerektiğini ve hem iklim değişikliği hem de insan eylemlerinin çölleşme üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir (Glantz ve Orlovsky, 1983). Fakat yapılan çalışmalar, her iki görüşünde geçerli olduğunu ancak bölgesel düzeyde farklılıklar olabileceğini düşündürmektedir. O zaman çölleşme tanımıyla ilgili yaklaşımlar benimsenirken yerel koşullar göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni temsil eden istasyonların sıcaklık, yağış serilerinin trend analizi, çölleşme süreçleri ve iklimsel değişkenlikler istatistiksel yöntemlerle hesaplanarak, objektif sonuçlara ulaşılmıştır. Gerek matematik konumu gerek özel konumu itibariyle bölgede az veya çok şiddetli kuraklıkların yaşanması kaçınılmazdır. Bölge morfolojik açıdan sade bir topografyaya sahip olsa da yükseltinin genel olarak güneyden kuzeye doğru artması yağış ve sıcaklık değerlerinde de belirgin farklılıklar göstermesine neden olmuştur. Bölgeyi temsil eden istasyonların yıllık ve mevsimlik yağış serileri incelendiğinde istatistiksel açıdan anlamlı azalışlar tespit edilmiştir. Özellikle kış ve yıllık yağış serilerinde anlamlı azalış gösteren istasyonların (Çermik ve Hilvan hariç) birbiriyle alansal bir uyum sergiledikleri görülmüştür. Sadece sonbahar ve yaz mevsimlerinde bazı istasyonlar anlamlı artış eğilimi göstermektedir. Türkeş vd. (2005), GAP bölgesinde yaptıkları bir çalışmada yaz ve sonbahar yağışlarında kısmen bir artış eğilimi olduğunu saptamışlardır. Bu durum yapılan analiz sonucunu destekler niteliktedir. Benzer şekilde Kadıoğlu (2009), bir çalışmasında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin bir kısmında sonbahar yağışlarının %50 oranında artışlar yaşayacağını belirtmiştir. Fakat

yaz ve sonbahar aylarında görülen bu anlamlı artış trendleri, kışın gerçekleşen yağış açığı ile artan sıcaklık ve evapotranspirasyon göz önünde bulundurulduğunda yaşanacak olası kuraklıkları bertaraf edemeyeceği öngörülebilir. Nitekim bölgenin yıllık ve mevsimlik düzeydeki ortalama hava sıcaklıklarının uzun dönemli eğilimleri incelendiğinde istatistiksel açıdan anlamlı artışların egemen olduğu görülmektedir. Benzer şekilde yıllık ortalama maksimum ve minimum hava sıcaklıkları, istasyonların çoğunda anlamlı artış göstermektedir. Türkeş (2012b), Türkiye için yaptığı benzer bir çalışmada da Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gözlemlenen ısınma trendlerinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu tespit etmiştir. Bu sonuçlar yapılan çalışmayı desteklemektedir. Elde edilen tüm bulguların, küresel düzeyde sürmekte olan ve iklim değişikliğinin bir indikatörü olan ısınma trendiyle uyumlu olduğu söylenebilir. Başka bir deyişle dünyada küresel ortalama yüzey hava sıcaklığı hızla artmaktadır (Türkeş, 2021a). Yaşanan bu küresel ısınmanın yerel etkilerinin de küresel sıcaklık eğilimlerinden farklı davranmadığı görülür.

Bölgenin çölleşmeden etkilenebilirlik derecesini ve bölgesel çölleşme modelini ortaya koymak için kullanılan kuraklık indeks değerine göre kuzeyden güneye doğru üç kuşağın belirdiği bir desen meydana gelmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre bölge geneli çölleşme süreçlerine açıktır. Bu durum, özellikle doğal koşullara bağımlı ekosistemlerin (Örnek: vejetasyon, toprak) daha fazla olumsuz şekilde etkileneceği anlamına gelmektedir. Nitekim bölgenin uzun süreli bitki örtüsü dinamikleri incelendiğinde antropojen veya doğal nedenlerle zayıfladığı (Örnek: biyokütle yoğunluğunun azalması) görülmüştür. Bitki örtüsü çölleşmeyi tetikleyen ana etkenlerden biridir ve Adams Kertész (2009), onun yok olması durumunda rüzgâr ve su erozyonunun yıkıcı etkilerinin daha da şiddetleneceğini ve atmosferik sınır katmanında bir takım iklimsel değişikliklere yol açarak kuraklaşmayı daha da artıracağını belirtmiştir. Çölleşme göstergelerinden bir diğeri olan yağış değişkenlik katsayısı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi gibi Karasal Akdeniz yağış rejimine sahip bölgelerde yüksektir. Türkeş (2013)'e göre bir alanın, yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin değişim katsayısı % 20'ye eşit veya büyük olursa çölleşme süreçlerinden etkilenebilirliği ekstrem ve kuvvetlidir. Çalışma sahasına ait istasyonların yağış veri setleri incelendiğinde yıllık değişkenliğin %20'den fazla olduğu saptanmıştır. Bu durum bölgede sıklıkla kuraklıkların yaşanabileceğini düşündürmektedir. Ölgen

(2010), Türkiye için yağış değişkenliğinin alansal dağılımını yaptığı çalışmasında yıllık değişkenliğin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde fazla (%20'den yüksek) olduğunu tespit etmiştir. Elde edilen bu bulgular çalışma sahasının sonuçlarıyla örtüşmektedir. Değişim katsayısının yüksek olması (yani yağışların istikrarsız olması) tarım potansiyeli açısından verimli ve sulamanın yapılamadığı alanlarda biyolojik üretkenliği olumsuz etkiler ve durum tarım rekoltesinde azalmaya neden olabilir. Böyle alanlarda arpa gibi fenolojik açıdan daha toleranslı tarım ürünleri tercih edilebilir. Bölgede yağış değişkenliğinin en yüksek olduğu alanlar bölgenin güneyinde yer alan Harran, Akçakale ve Ceylanpınar ovalarıdır.

Çalışmada yıllık normalleştirilmiş yağış ve kuraklık indisi serileri incelendiğinde bir kuraklaşma eğilimi söz konusudur. Ayrıca çok belirgin ve şiddetli kuraklıkların 1990, 1999, 2007-2008, 2010, 2017 ve 2021 yıllarında yaşandığı görülmektedir. Elde edilen tüm sonuçlar küresel iklim değişikliğinin yerel ölçekte yansımasını göstermektedir. IPCC'nin 2018 ve 2021 yılında yayımladığı sırasıyla 1,5 C° Küresel Isınma Özel Raporu ve 6. Değerlendirme Raporu'nun 1. Çalışma Grubu'na göre özellikle insan kaynaklı iklim değişikliğini en olumsuz senaryoları birçok coğrafi bölgede yaşanmaktadır. Bu raporlara göre, antropojen kaynaklı küresel ısınmanın etkisinin beklenenden daha şiddetli olacağı öngörülmektedir. Bir yandan yağış rejimlerinde değişikliklerin meydana geleceği bir yandan da kuraklık olaylarının ve çölleşme süreçlerinin hızlanacağı düşünülmektedir. 2018 raporuna göre, bu durumu bertaraf için öncelikle insan kaynaklı önemli bir sera gazı olan CO2 salımlarının 2010 yılındaki seviyesine göre 2030 yılına kadar %45 azaltılması önerilmektedir.

Bu kapsamda iklim değişikliği/değişkenliği ve küresel ısınmanın insanlara ve doğaya yönelik en olumsuz etkilerini azaltmak için uyum çabaları gerekmektedir. Hatta 2022 şubat ayında yayımlanan IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporu'nun ikinci ayağı "uyum, etkilenebilirlik" kavramlarına geniş yer vermiştir. Bu nedenle iklimin olumsuz etkilerine karşı hem doğal sistemlerde hem de insan sistemlerinde direngenliği artırmak ve onlarla uyum (adaptasyon) sağlamak önemlidir. Öte yandan iklimin olumsuz sonuçlarına karşı yapılan yanlış uyumlar ise maladaptasyon olarak adlandırılmaktadır (Türkeş, 2022a). Nitekim günümüzde yaşanan doğal afetler (deprem, sel, kuraklık) doğayla yanlış uyum içinde olduğumuzu bir kez daha düşündürmektedir. Dolayısıyla afetlerden daha az etkilenebilmek için hem sektörel

hem de bireysel olarak iklim dostu ve sürdürülebilir bir yaşam tarzı benimsenmeli. Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi gibi çölleşmeye açık alanlarda su tasarrufu yapmak ve suyu etkili/verimli kullanmak bu açıdan çok önemlidir. Çünkü bölgede tarım ve hayvancılık önemli bir sektör olduğu için tarımsal üretim sistemleri daha rasyonel ve ekonomik şekilde geliştirilmelidir. Vahşi/ bilinçsiz sulamaya son verilmeli ve tarımsal ürün desenleri yağış değişkenliğinin fazla olduğu yerlerde (örneğin bölgenin güney kesimleri) değiştirilmeli, iklime uygun hale getirilmelidir. Yani aşırı su tüketimine neden olan ürünler kurak devrede (yaz döneminde) üreticinin sulama suyu sağlamak için (sulamanın yapılamadığı yerlerde) yeraltı suyuna yüklenmesine yol açacaktır. Bu durum zaten var olan kuraklığı ve çölleşme süreçlerini hızlandıracaktır.

Sonuç olarak vejetasyonun tahrip edilmesi, iklim değişikliği sebebiyle daha sıcak ve daha kurak koşulların yaşanması, arazinin yanlış kullanılması (yanlış sulama, yanlış gübreleme) hem nicelik hem de nitelik olarak farklı seviyelerde arazi degradasyonunun ve çölleşme modelinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

KAYNAKÇA

Abrantes, F., Voelker, A., Sierro, F. J., Naughton, F., Rodrigues, T., Cacho, I ve Batista, L. (2012). Paleoclimate variability in the mediterranean region. *The Climate of the Mediterranean Region* (pp.1-86).Amsterdam: Elsevier

Abulafia, D. (2011). *The great sea: A human history of the mediterranean.* Londra: Allen Lane.

Adamo, N., Al-Ansari, N., Sissakian, V., Fahm, K. J. ve Abed, S. A. (2022). Climate change: droughts and ıncreasing desertification in the middle east, with special reference to Iraq. *Engineering*, 14(07), 235-273.

Alaoui, A., ve Diserens, E. (2018). Mapping soil compaction – a review. *Current Opinion in Environmental Science ve Health*, 5, 60-66.

Albaladejo, J., Ortiz, R., Garcia-Franco, N., Navarro, A. R., Almagro, M., Pintado, J. G. ve Martínez-Mena, M. (2012). Land use and climate change impacts on soil organic carbon stocks in semi-arid Spain. *Journal of Soils and Sediments*, 13, 265-277.

Ardos, M. (1979). *Türkiye jeomorfolojisinde neotektonik.* İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları.

Atalay, İ. (2016). *Toprak oluşumu, sınıflandırılması ve coğrafyası.* İzmir: Meta Basım Matbaacılık.

Atalay, İ. ve Mortan, K. (2017). *Türkiye bölgesel coğrafyası.* İstanbul: İnkılap Kitabevi.

Aubreville, A. (1949). *Climats, forests et desertification de I'Afrique tropicale.* Paris.

Bahçeci, İ. (2008). *Harran Ovasında drenaj sorunları ve önlemler.* Şanlıurfa: Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

Bardgett, R. D. ve Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, 505–511.

Bashir, S., Javed, A., Bibi, I. ve Ahmad, N. (2017). Soil and water conservation. *Chapter 12*, 264-284.

Beck, M. E. ve Wurst, S. (2013). Soil biota of different size classes change the impact of soil compaction on a plant community. *Aplied Vegetation Science*,16(4), 650-657.

Benabderrahmane, M. C. ve Chenchouni, H. (2010). Assessing environmental sensitivity areas to desertification in Eastern Algeria using Mediterranean desertification and land use "MEDALUS" model. *International Journal of Sustainable Water and Environmental Systems*,1(11), 5-10.

Benek, S. (2020). *Ortaya çıkışı, gelişme seyri ve bölgeye etkileri bakımından Güneydoğu Anadolu Projesi-GAP (Türkiye'de bir kalkınma hikayesi).* Kriter Yayınevi.

Bid, S. (2016). Change detection of vegetation cover by NDVI technique on catchment area of the Panchet Hill Dam, India. *International Journal Research in Geography,* 2(3), 11-20.

Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications,* 8(1), 1-13.

Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J. E., Alewell, C., Ballabio, C. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 117(36), 21994-22001.

Bowyer, C., Withana, S., Fenn, I., Bassi, S., Lewis, M., (IEEP), T. C., (BIO), S. M. (2009). *Land degradation and desertification*. Brussels: Policy Department A: Economic and Scientific Policy DG Internal Policies European Parliament.

Brabant, P. (2010). *A land degradation assessment and mapping method. A standard guideline proposal.* France: CSFD thematic report. CSFD / Agropolis International.

Canpolat, E. (2005). *Karacadağ (Diyarbakır) Volkanı jeomorfolojisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı: İstanbul

Choobari, O. A., Zawar-Reza, P. ve Sturman, A. (2014). The global distribution of mineral dust and its impact on the climate system: A review. *Atmospheric Research,* 138, 152-165.

ÇEM. (2012). *Çölleşme ile mücadele ulusal strateji belgesi (2013-2023).* Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü.

ÇEM. (2017). *Combating desertification and erosion activities in turkey.* Republic of Turkey Ministry of Forestry and Water Affairs General Directorate of Combating Desertification and Erosion.

ÇEM. (2018). *Toprak organik karbonu projesi.* Ankara: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü.

ÇMUSEP. (2019). *Çölleşmeyle mücadele ulusal stratejisi ve eylem planı 2019-2030.* Ankara: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları.

Çullu, M. A., Almaca, A., Öztürkmen, A. R., ve Ağca, N. (1999). Harran Ovası topraklarında tuzluluğun mevsimsel değişimi. *GAP 1. Tarım Kongresi* içinde (s.4.1) Şanlıurfa: Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S. ve Runyan, C. W. (2012). Global desertification: Drivers and Feedbacks. *Advances in Water Resources*. 51, 326-344

Dregne, H. (1986). Desertification of arid lands. *In Physics of Desertification. El-Baz F, Hassan MHS (eds). Springer: Dordrecht, Netherlands,* 4-34.

Dregne, H. ve Chou, N.-T. (1992). Global desertification dimensions and costs. *Degradation and restoration of arid lands*, 1, 73-92.

Emadodin, I., Reinsch, T. ve Taube, F. (2019). Drought and Desertification in Iran. *Hydrology*, 6(3), 66, 1-12.

Erinç, S. (1949). The climates of Turkey according to thomthwaite's classifications. *Annals of the Associations of Amer. Geographers*, 39(1), 26-46.

Erinç, S. (1950). Climatic types and the variation of moisture regions in Turkey. *The Geographical Review*, 40(2), 224-235.

Erinç, S. (1965). *Yağış müessiriyeti üzerine bir deneme ve yeni bir indis*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü.

Erinç, S. (2001). *Jeomorfoloji 2 (3. Basım).* İstanbul: Der Yayınları.

Evans, D. ve Boul, S. (1968). Micromorphological study of soil crusts . *Soil Sci. Soc. Am. j*, 32, 19-22.

FAO. (1995). *Desertification and drought – extent and consequences proposal.* Rome, Italy: Proceedings of a conference, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2015). *World fertilizer trends and outlook to 2018.* Italy: Food Agriculture Organization United Nations.

FAO. (2018). *Soil pollution hidden reality.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ferrara, C., Barone, P. M., ve Salvati, L. (2015). Towards a socioeconomic profile for areas vulnerable to soil compaction? A case study in a Mediterranean country. *Geoderma*, 247, 97-107.

Ferreira, C. S., Seifollahi-Aghmiuni, S., Destouni, G., Ghajarnia, N. ve Kalantari, Z. (2022). Soil degradation in the European Mediterranean region: Processes, status and consequences. *Science of The Total Environment*, 805, 150106.

Food And Agriculture Organization. "Salty Soıls". Erişim Tarihi: 25.02.2023. https://www.fao.org/3/r4082e/r4082e08.htm.

Geisen, S., Wall, D. H. ve Putten, W. H. (2019). Challenges and Opportunities for Soil Biodiversity in the Anthropocene. *Current Biology*, 29(19), R1036-R1044.

Ghebrezgabher, M. G., Taibao, Y., Xuemei, Y. ve Congqiang, W. (2019). Assessment of desertification in Eritrea: land degradation based on Landsat images . *Journal of Arid Land*, 11, 319-331.

Glantz, M. ve Orlovsky, N. (1983). Desertification: A review of concept. *Desertification Control Bulletin*, 9, 15-22.

Grove, A.T. (1973). Desertification in the African Environment". *In Drought in Africa: Report of the 1973 Symposium.* D. Dalby and R.J. Harrison Church, eds. London, School of Oriental and African Studies.

Gürgen, G. (2002). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin İklimi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Yayınları*, (12).

Hamed, H. H. ve Rao, A. R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated. *Journal of Hydrology*, 204(1-4), 182-196.

Hanafi, A. ve Jauffret, S. (2008). Are long-term vegetation dynamics useful in monitoring and assessing desertification processes in the arid steppe southern Tunisia. *Journal of Arid Environments*, 72(4), 557-572.

Higginbottom, T. P. ve Symeonakis, E. (2014). Assessing Land Degradation and Desertification Using Vegetation Index Data: Current Frameworks and Future Directions. *Remote Sensing*, 6(10), 9552-9575.

Holtz, U. (2008). *The United Nation Convention to Combat Desertification (UNCCD) and its political dimension. Paper prepared for fifth parliamentary round table.* Havana, Cuba: United Nations Convention to Combat Desertification.

Hu, Y. ve Fu, Q. (2007). Observed poleward expansion of the Hadley circulation since 1979. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7(19), 5229-5236.

Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y. ve Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 32(8), 2719.

Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G. ve Visbeck, M. (2003). An Overview of the North Atlantic Oscillation. *American Geophysical Union*, 134, 1-36.

Intergovernmental Panel on Climate Change. "Climate Change and Land". Erişim Tarihi: 25.12.2022. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. "Sixth assessment report". Erişim Tarihi: 15.05.2023. https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/

IPCC. (1996). *Climate change 1995, the science of climate change. contribution of working group 1 to the second assesment report of the ıntergovernmental panel on climate change, houghton j, t., et al., eds., WMO/UNEP.* New York: Cambridge University Press.

IPCC. (2018). *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* [Masson-Delmotte, V., P. et al. (eds.)]. In Press.

Jacobsen, T. ve Adams, R. (1958). Salt and silt in Ancient Mesopotamian agriculture. *Science,* 1251-1258.

Jobbagy, E. G. ve Jackson, R. B. (2000). The vertıcal dıstrıbutıon of soıl organıc carbon and ıts relatıon to clımate and vegetatıon. *Ecological Society of America,* 10(2), 423-436.

Jones, R., Bissonnais, Y. L., Diaz, J. S., Düwel, O., Øygarden, L., Prasuhn, P. B. ve Vandekerckhove, L. (2003). *Nature and extent of soil erosion in Europe.* soil thematic strategy, TWG soil erosion WP2.

Kadıoğlu, M. (2009). Küresel iklim değişimi ve Türkiye. *2. Enerji Verimliliği Kongresi* içinde (s. 15-25). Kocaeli.

Katerji, N., Mastrorilli, M. ve Rana, G. (2008). Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: Review and analysis. *European Journal of Agronomy*, 28(4), 493–507.

Kertész, Á. (2009). The global problem of land degradation and desertification. *Hungarian Geographical Bulletin*, 58(1), 19-31.

Kibblewhite, M., Jones, R., Montanarella, L., Baritz, R., Huber, S., Arrouays, D. ve Stephens, M. (2008). *Environmental assessment of soil for monitoring volume VI: soil monitoring system for Europe.* Luxembourg: EUR 23490 EN/6, Office for the Official Publications of the European Communities .

Kim, T. K. (2017). Understanding one-way ANOVA using conceptual figures. *Korean Journal of Anesthesiology*, 70(1), 22-26.

Koçman, A. (1993). Türkiye'de yağış yetersizliğine bağlı kuraklık sorunu. *Ege Coğrafya Dergisi*, 7(1), 77-88.

Kosmas, K., Ferrara, A. ve Imeson, A. (1999). *Methodology for mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to desertification. 'The Medalus Model'.* Luxembourg: European Commission - Office for Official Publications of the European Communities,

Lackoova, L., Pokryvkova, J., Dufkova, J. K., Policht-Latawiec, A., Michalowska, K. ve Dabrowska, J. (2021). Long-Termn ımpact of wind erosion on the particle size distribution of soils in the eastern part of the Europen union. *MDPI,* 23(8), 935.

Leppard, T. (2019). Social complexity and social ınequality şn the prehistoric mediterranean. *Current Anthropology*, 60(3), 283-308.

López-Bermúdez, F. ve García-Gómez, J. (2006). Desertıfıcatıon ın the arıd and semıarıd medıterranean regıons. A Food Securıty Issue. *Nato Security Through Science Series, Springer*, 401-428.

Lou, X., Zhao, J., Lou, X., Xia, X., Feng, Y. ve Li, H. (2022). The biodegradation of soil organic matter in soil-dwelling humivorous fauna. *Frontier Bioeng Biotechnol*, 9, 1406.

Ma, Z., Xie, Y., Jiao, J. ve Li, L. (2011). The Construction and application of an aledo-ndvı based desertification monitoring model. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 2029-2035.

Maliva, R. ve Missimer, T. (2012). *Arid lands water evaluation and management, chapter 2: aridity and drought.* environmental science and engineering.

Masih, I., Maskey, S., Mussa, F. E. ve Trambauer, P. (2014). A reviewof droughts on the African continent: a geospatial and long-term perspective . *Hydrology and Earth System Sciences*, 3635-3649.

Mazi, K., Koussis, A. D. ve Destouni, G. (2014). Intensively exploited Mediterranean aquifers: resilience to seawater intrusion and proximity to critical thresholds. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(5), 1663–1677.

Mihi, A., Ghazela, R. ve Wissal, D. (2022). Mapping potential desertifcation-prone areas in North-Eastern . *Environmental Earth Sciences*, 81(15), 385.

Ölgen, M. K. (2010). Türkiye'de yıllık ve mevsimsel yağış değişkenliğinin alansal dağılımı. *Ege Coğrafya Dergisi*, 19(1), 85-95.

Özyazıcı, M. A., Dengiz, O. ve İmamoğlu, A. (2014). Siirt ili bazı arazi ve toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistem analizleriyle değerlendirilmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1(2), 128-137.

Pagliai, M. (2010). *College on soil physics: soil physical properties and processes under climate change.* Italy: International Centre for Theoretical Physics.

Panthou, G., Lebel, T. ve Vischel, T. (2014). Recent trends in the regime extreme rainfall in the Central Sahel. *International Journal of Climatology*, 34(15), 3998-4006.

Paul, S., Datta, D. ve Sarkar, P. (2011). Determination of trend of annual precipitation by Stationary wavelet components in Northern part of Maharashtra. *Journal of Environmental Statistics*, 2(5), 1-11.

Require-Desjardins, M. ve Caron, P. (2005). *The French Scientific Committe on desertification: Is Combating desertification on environmental global public good? Elements of Answer.* France: CSFD thematic report ISSUE 1.

Reynolds, J. ve Smith, M. S. (2002). Do humans cause deserts? *dahlem university press: Berlin*, 1-21.

Rick, T., Ontiveros, M. A., Jerardino, A., Marotti, A., Mendez, C. ve Williams, A. (2020). Human-environmental interactions in Mediterranean climate regions from the Pleistocene to the Anthropocene. *Anthropocene*.

Rivera-Marin, D., Dash, J. ve Ogutu, B. (2022). The use of remote sensing for desertification studies: a review. *Journal of Arid Environments*.

Rubio, J. L., Safriel, U., Daussa, R., Blum, W. E. ve Pedrazzini, F. (2009). Water scarcity, land degradation and desertification in the mediterranean region:

environmental and security aspects. *NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Springer Science*.

Safriel, U. (2009). Status of desertification in the mediterranean region. *NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer*, 33-73.

Salvati, L. ve Zitti, M. (2009). Convergence or divergence in desertification risk? Scale-based assessment and policy implications in a Mediterranean country. *Journal of Environmental Planning and Management*, 52(7), 957-971.

Salvati, L., Zitti, M. ve Cecarelli, T. (2007). Integrating economic and environmental indicators in the assessment of desertification risk: a case study. *Applıed Ecology And Envıronmental Research* , 6(1), 129-138.

Seboka, G. N. (2016). *Spatial assessment of ndvı as an ındicator of desertification in ethiopia using remote sensing and GIS.* Sweden: Department of Physical Geography and Ecosystem Science Centre for Geographical Information Systems, Lund University.

Semenderoğlu, A., Gülersoy, A. E. ve İlhan, A. (2006). Fiziksel Arazi Degradasyonu. *Türk Coğrafya Dergisi*, (47), 75-98.

Semenderoğlu, A., İlhan, A. ve Gülersoy, A. E. (2006a). Kimyasal ve biyolojik arazi degradasyonu. *Türk Coğrafya Dergisi*, (45), 15-40.

Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. *journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389.

Sentís, I. P. (2014). Advances in the prognosis of soil sodicity under dryland irrigated conditions. *International Soil and Water Conservation Research*, 2(4), 50-63.

Seyrek, A., Yeşilnacar, M. İ., Aydemir, S. ve Demir, T. (2013). Harran Ovasında yeralan ortaören çökme çukurunun oluşumu ve pedojeolojik karakteristikleri. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 7, 107-125.

Shakesby, R. A. (2011). Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions. *Earth-Science Rewievs*, 105(3-4), 71-100.

Smakhtin, V. ve Schipper, L. (2008). Drought: The impact of semantics and perceptions. *Water Policy*, 131-143.

Sözer, A. N. (1984). Güneydoğu Anadolu'nun doğal çevre şartlarına coğrafi bir bakış. *Ege Coğrafya Dergisi*, 2(1), 8-30.

Spinoni, J., Vogt, J., Naumann, G., Carrao, H. ve Barbosa, P. (2015). Towards identifying areas at climatological risk of desertification using the Köppen–Geiger classification and FAO aridity index. *Internatıonal Journal Of Clımatology*, 35(9), 2210-2222.

Şahin, Ü. ve Kurnaz, L. (2014). *İklim değişikliği ve kuraklık.* İstanbul: İstanbul Politikalar Merkezi.

Tanoğlu, A. (1943). Türkiye'nin kuraklık indisleri (Indices d' aridité' de la Turquie). *Türk Coğrafya Dergisi*, (1), 36-41.

Tsiafouli, M., Thébault, E., Sgardelis, S., Ruiter, P. d., Putten, W. H., Birkhofer, K. ve, M. B. (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Glob. Chang. Biol*, 21(2), 973-985.

Tucker, C. j. (1979). Red and photographic ınfrared linear combination for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127-150.

Türkeş, M. (1990). *Türkiye'de kurak bölgeler ve önemli kurak yıllar.* (Doktora Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü.

Türkeş, M. (1999). Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity condition. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, 23(5), 363-380.

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

Türkeş, M. (2007). Türkiye'nin kuraklığa, çölleşmeye eğilimi ve iklim değişikliği açısından değerlendirilmesi. *Pankobirlik 91*, 38-47.

Türkeş, M. (2011). Akhisar ve Manisa yörelerinin yağış ve kuraklık indisi dizilerindeki değişimlerin hidroklimatolojik ve zaman dizisi çözümlemesi ve sonuçların çölleşme açısından coğrafi bireşimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9(1), 79-99.

Türkeş, M. (2012a). Kuraklık, çölleşme ve birleşmiş milletler çölleşme ile savaşım sözleşmesi'nin ayrıntılı bir çözümlemesi. *Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 20(1), 7-55.

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

Türkeş, M. (2013). *İklim verileri kullanılarak türkiye'nin çölleşme haritası dökümanı hazırlanması raporu.* Ankara : Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü.

Türkeş, M. (2013a). *Klimatolojik ve hidrolojik verilerin iklimsel değişkenlik analizi.* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü: Çanakkale

Türkeş, M. (2021). *Genel klimatoloji.* İstanbul: Kriter Yayınevi.

Türkeş, M. (2021a). BMİDÇS Paris Anlaşması nedir ve Glasgow'da görüşülmesi beklenen ana konular hangileridir? iklim değişikliği savaşım açısından Glasgow'dan neler beklenebilir? EKOIQ. Kasım-Aralık, (s. 55-67).

Türkeş, M. (2022a). Hükümetlerarası iklim değişikliği paneli'nin (IPCC) yeni yayımlanan iklim değişikliğinin etkileri, uyum ve etkilenebilirlik raporu bize neler söylüyor? etki. *Dirençlilik Dergisi* , 6(1), 197-207.

Türkeş, M. (2022). *Klimatoloji ve meteoroloji.* İstanbul: Kriter Yayınevi.

Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Yıldırım, Y. E. (2005). Gap Bölgesi'nde gözlenen uzun süreli iklimsel değişimlerin ve eğilimlerin zaman dizisi çözümlemeleri. *Ulusal Coğrafya Kongresi (Prof. Dr. İsmail Yalçınlar Anısına)* içinde (s. 373-384). İstanbul: İstanbul Üniversitesi.

Türkeş, M. ve Akgündüz, S. (2011). Assessment of the desertification vulnerability of the Cappadocian district (Central Anatolia, Turkey) based on aridity and climate-process system . *International Journal of Human Sciences*.

Türkeş, M. ve Tatlı, H. (2011). Kuraklık ve yağış etkinliği indislerinin çölleşmenin belirlenmesi, nitelenmesi ve izlenmesindeki rolü. *Çölleşme İle Mücadele Sempozyumu* içinde (s. 245-263). Çorum.

Türkeş, M., Öztaş, T., Tercan, E., Erpul, G., Karagöz, A., Dengiz, O. ve Avcıoglu, B. (2020). Desertification vulnerability and risk assessment for Turkey via an Analytical Hierarchy Process model. *Land Degradation and Development*, 31(2), 205-214

Türkeş, M., Sümer, U. ve Yıldırım, Y. E. (2005). GAP Bölgesi'nde gözlenen uzun süreli iklimsel değişimlerin ve eğilimlerin zaman dizisi çözümlemeleri. *Ulusal Coğrafya Kongresi (Prof. Dr. İsmail Yalçınlar Anısına)* içinde (s. 373-384). İstanbul.

UN, C. o. (1978). *Round-up plan of action and resolution.* New York, United Nation.

UN, S. o. (1977). *Desertification: an overview, ın desertification: ıts causes and consequences.* New York, United Nation: Pergamon Press.

UNCCD. (1994). *Elaboration of an international convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa.* United Nations,: General Assembly.

UNESCO. (1958). *Major project of scientific research on arid lands.* Paris, French: Unıted Natıons Educational Scıentıfıc And Cultural Organızatıon.

Union, E. (2011). *The relitionship between desertification and climate change in the Mediterranean* . The Aston Centre for Europe-Aston University.

Veresoglou, S. D., Halley, J. M. ve Rillig, M. C. (2015). Extinction risk of soil biota. *Nature Communıcatıons*, 1-10.

Verstraete, M. (1986). Defining desertification: A review. *Climatic Change*, 5-18.

Wilhite, D. A. (2000). Chapter 1 drought as a natural hazard: concepts and definitions. *Drought Mitigation Center Faculty Publications*, 69.

Wilhite, D. A. ve Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Drought Mitigation Center Faculty Publications*, 10(3), 111-120.

Wurbs, D. ve Steininger, M. (2017). *Bodenerosion durch wind sachstand und handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr.* Deutschland: Umweltbundesamt Fachgebiet II 2.7 .

Yang, X., Zhang, K., Jia, B. ve Ci, L. (2005). Desertification assessment in China: An overview. *Journal of Arid Environments*, 63(2), 517-531.

Yetmen, H. (2013). *Türkiye'nin kuraklık analizi.* (Yayımlanmış Doktora Tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yetmen, H. (2020). *Türkiye iklimi.* İstanbul: Kriter Yayınevi.

Yetmen, H. (2022). Diyarbakır'da etkili olan soğuk hava dalgalarının sinoptik gelişimi ve sıklığı. *TÜCAUM 2022 Uluslararası Coğrafya Sempozyumu* içinde (s. 211-217). Ankara.

Yetmen, H. (2022a). *Türkiye'de kuraklık.* İstanbul: Kriter Yayınevi.

Zdruli, P. (2011). Desertification in the mediterranean region. *IEMed Mediterranean Yearbook*.

Zeder, M. (2008). Domestication and early agriculture in the mediterranean basin: Origins, difussion, and impact. *Proc. Natl. Acad.Sci. U.S.A*, 105(33), 11597-11604.

Zhao, H., Wu, Y., Lan, X., Yang, Y., Wu, X. ve Du, L. (2022). Comprehensive assessment of harmful heavy metals in contaminated soil in order to score pollution level. *Scientific Reports*, 12(1), 3552.

Zhou, W., Gang, C., Zhou, F., Li, J., Dong, X. ve Zhao, C. (2014). Quantitative assessment of the individual contribution of climate and human factors to desertification in northwest China using net primary productivity as an indicator . *Ecological Indicators 48*, 560-569.

EKLER

EK-1: Yıllık ve Mevsimlik Ortalama Hava Sıcaklık Değerlerinin Student t Sonuçları

Yıllık ve Mevsimlik Ortalama Sıcaklık Değerlerinin Student t Sonuçları						
istasyon	hesaplanan t değeri	hesaplanan t değeri	hesaplanan t değeri	hesaplanan t değeri	hesaplanan t değeri	kritik t değeri
	(yıllık)	(kış)	(sonbahar)	(yaz)	(ilkbahar)	
Siirt	4,81	2,54	3,41	4,24	4,21	1,99
Antep	7,41	4,06	5,62	6,05	5,22	1,99
Kilis	6,44	2,92	3,39	5,75	5,13	1,99
Adıyaman	6,15	3,49	3,25	6,54	4,14	2
Ş.Urfa	5,11	2,68	2,34	3,99	4,76	1,99
Mardin	4,39	3,18	1,64	3,44	4,39	1,99
Batman	5,11	2,3	4,68	5,3	3,96	1,99
Ergani	6,91	3,22	4,56	6,97	3,69	2
Çermik	5,49	3,18	4	4,61	3,4	2,02
Kahta	2,79	2,79	1,75	1,26	1,09	2,03
Siverek	3,93	2,41	2,34	2,83	2,28	2,03
Hilvan	3,64	2,21	3	1,64	1,81	2,07
Bozova	4,44	2,36	3,17	2,1	1,68	2,08
Nusaybin	5,37	4,68	3,29	4,81	3,16	2
Cizre	6,29	2,6	4,39	5,98	5,6	2
Birecik	4,54	3	1,95	2,99	3,63	2
Ceylanpınar	3,07	4,13	2,73	2,52	2,93	1,99
Akçakale	4,25	2,62	2,36	4,47	2,88	2
Diyarbakır	4,37	1,98	3,78	4,39	2,61	2,02

EK-2: Yıllık Ortalama Hava Sıcaklık Değerleri (Siirt, Gaziantep, Kilis, Adıyaman, Şanlıurfa)

YILLIK ORTALAMA HAVA SICAKLIĞI (C°)																				
SİİRT			ANTEP			KİLİS			ADIYAMAN			ŞANLIURFA								
1947	17,28333		1940	15,10833		1959	14,55833		1963	16,98333		1944	18,40833							
1948	15,475		1941	14,875		1960	17,59167		1964	16,68333		1945	17,98333							
1949	15,33333		1942	14,90833		1961	16,68333		1965	16,81667		1946	18,175							
1950	15,25		1943	14,39167		1962	17,78333		1966	18,35		1947	19,49167							
1951	15,78333		1944	14,84167		1963	17,29167		1967	15,68333		1948	17,925							
1952	16,34167		1945	14,625		1964	16,34167		1968	16,54167		1949	17,86667							
1953	15,19167		1946	14,80833		1965	16,675		1969	16,85833		1950	17,85833							
1954	16,14167		1947	15,90833		1966	17,90833		1970	17,64167		1951	18,40833							
1955	17,025		1948	14,31667		1967	15,64167		1971	16,99167		1952	18,775							
1956	15,11667		1949	14,1		1968	16,50833		1972	15,975		1953	17,81667							
1957	15,36667		1950	14,23333		1969	16,65833		1973	16,90833		1954	18,78333							
1958	16,26667		1951	14,89167		1970	17,26667		1974	16,85		1955	19,44167							
1959	15,34167		1952	15,15		1971	16,575		1975	16,875		1956	17,74167							
1960	16,775		1953	13,94167		1972	15,85833		1976	16,09167		1957	18,10833							
1961	16,16667		1954	15,05		1973	16,86667		1977	17,19167		1958	18,54167							
1962	17,45833		1955	15,88333		1974	16,83333		1978	17,425		1959	17,59167							
1963	16,06667		1956	14,15833		1975	16,825		1979	17,775		1960	18,96667							
1964	15,54167		1957	15,11667		1976	16,325		1980	16,93333		1961	18,175							
1965	15,65		1958	15,3		1977	17,18333		1981	17,46667		1962	19,51667							
1966	17,08333		1959	14,525		1978	17,43333		1982	16,24167		1963	18,275							
1967	14,28333		1960	15,66667		1979	17,775		1983	16,13333		1964	17,65833							
1968	15,20833		1961	14,875		1980	16,75833		1984	16,875		1965	17,70833							
1969	15,70833		1962	15,99167		1981	17,325		1985	16,95833		1966	19,36667							
1970	16,74167		1963	14,93333		1982	16,325		1986	17,43333		1967	16,55							
1971	15,91667		1964	14,01667		1983	16,38333		1987	16,725		1968	17,75							
1972	14,4		1965	14,35		1984	17,01667		1988	16,40833		1969	18,025							
1973	15,575		1966	15,88333		1985	17,29167		1989	17,75		1970	18,73333							
1974	16,15		1967	13,39167		1986	16,93333		1990	17,375		1971	18,11667							
1975	15,96667		1968	14,125		1987	16,60833		1991	17,04167		1972	16,99167							
1976	15,11667		1969	14,35		1988	16,225		1992	15,41667		1973	18,03333							
1977	15,90833		1970	15,13333		1989	17,21667		1993	16,525		1974	17,95							
1978	16,41667		1971	14,4		1990	17,51667		1994	18,075		1975	18,025							
1979	16,89167		1972	13,40833		1991	16,91667		1995	17,08333		1976	17,19167							
1980	15,975		1973	14,54167		1992	15,65		1996	17,34167		1977	18,24167							
1981	16,04167		1974	14,575		1993	16,76667		1997	16,525		1978	18,5							
1982	14,53333		1975	14,54167		1994	17,83333		1998	18,03333		1979	18,84167							
1983	15,15833		1976	14,34167		1995	17,1		1999	18,1		1980	17,975							
1984	15,95833		1977	15,11667		1996	17,16667		2000	17,29167		1981	18,3							
1985	16,05833		1978	15,45833		1997	16,40833		2001	17,83333		1982	17,13333							
1986	16,54167		1979	15,70833		1998	17,89167		2002	17,325		1983	17,45							
1987	16,16667		1980	14,975		1999	18,05		2003	17,21667		1984	18,00833							
1988	15,24167		1981	15,53333		2000	17,39167		2004	17,25		1985	18,16667							
1989	16,68333		1982	14,24167		2001	17,85833		2005	17,41667		1986	18,70833							
1990	16,21667		1983	14,29167		2002	17,50833		2006	17,80833		1987	18,08333							
1991	16,16667		1984	14,68333		2003	17,09167		2007	17,73333		1988	17,475							
1992	13,625		1985	14,88333		2004	17,125		2008	17,83333		1989	18,79167							
1993	14,70833		1986	15,4		2005	17,175		2009	17,30833		1990	18,83333							
1994	16,375		1987	14,68333		2006	17,275		2010	19,325		1991	18,59167							
1995	16,10833		1988	14,425		2007	17,65833		2011	17,05		1992	16,675							
1996	16,49167		1989	15,51667		2008	17,875		2012	17,725		1993	17,825							
1997	15,4		1990	15,3		2009	18,275		2013	17,83333		1994	19,20833							
1998	17,29167		1991	15,16667		2010	18,89167		2014	18,51667		1995	18,60833							
1999	17,48333		1992	13,45		2011	16,91667		2015	17,95833		1996	18,66667							
2000	16,73333		1993	14,63333		2012	17,64167		2016	18,3		1997	17,74167							
2001	16,9		1994	16,16667		2013	17,73333		2017	18,2		1998	19,4							
2002	16,125		1995	15,33333		2014	18,19167		2018	19,03333		1999	19,51667							
2003	16,225		1996	15,48333		2015	17,85833		2019	18,43333		2000	18,90833							
2004	16,19167		1997	14,88333		2016	18,2		2020	18,875		2001	19,10833							
2005	16,61667		1998	16,35833		2017	18,25		2021	18,90833		2002	18,65833							
2006	16,63333		1999	16,64167		2018	18,94167					2003	18,69167							
2007	16,475		2000	15,90833		2019	18,23333					2004	18,65833							
2008	17,24167		2001	16,3		2020	18,7					2005	18,58333							
2009	16,625		2002	15,425		2021	18,875					2006	18,93333							
2010	18,66667		2003	15,34167								2007	19,04167							
2011	16,04167		2004	15,9								2008	19,24167							
2012	16,90833		2005	15,66667								2009	18,74167							
2013	16,64167		2006	15,83333								2010	20,69167							
2014	17,46667		2007	16,08333								2011	18,36667							
2015	17,15		2008	16,46667								2012	19,28333							
2016	17,075		2009	15,525								2013	19,25							
2017	17,16667		2010	17,45833								2014	19,7							
2018	18,475		2011	15,39167								2015	19,30833							
2019	17,5		2012	15,94167								2016	19,71667							
2020	17,63333		2013	16,025								2017	19,59167							
2021	18,48333		2014	16,84167								2018	20,16667							
			2015	16,25								2019	19,56667							
			2016	16,72								2020	20,04167							
			2017	16,7								2021	20,375							
			2018	17,39																
			2019	16,72																
			2020	17,05																
			2021	17,25																

EK-3:Yıllık Ortalama Hava Sıcaklık Değerleri (Mardin, Batman, Ergani, Çermik, Kahta)

YILLIK ORTALAMA HAVA SICAKLIĞI (C°)												
MARDİN			BATMAN			ERGANİ			ÇERMİK			KAHTA	
1941	16,35833		1959	9,641667		1965	14,49167		1981	16,35		1989	18,19167
1942	16,36667		1960	11,11667		1966	16,81667		1982	14,875		1990	18,10833
1943	16,25833		1961	10,15833		1967	13,875		1983	14,98333		1991	18,24167
1944	16,60833		1962	14,35		1968	14,825		1984	15,6		1992	16,25833
1945	15,90833		1963	15,575		1969	15,18333		1985	15,75833		1993	16,96667
1946	15,83333		1964	14,70833		1970	16,11667		1986	16,28333		1994	17,65833
1947	17,60833		1965	15,4		1971	15,45		1987	15,69167		1995	16,74167
1948	15,83333		1966	16,8		1972	14,275		1988	15,58333		1996	16,90833
1949	15,80833		1967	14,39167		1973	15,1		1989	16,94167		1997	16,05833
1950	15,78333		1968	15,2		1974	15,16667		1990	16,575		1998	17,78333
1951	15,85833		1969	15,71667		1975	15,64167		1991	16,04167		1999	17,98333
1952	16,28333		1970	16,90833		1976	14,44167		1992	14,18333		2000	17,10833
1953	15,03333		1971	15,89167		1977	15,44167		1993	15,3		2001	17,625
1954	15,95833		1972	14,23333		1978	15,93333		1994	17,09167		2002	17,15833
1955	16,89167		1973	15,44167		1979	16,29167		1995	16,3		2003	16,9
1956	15,14167		1974	16,35833		1980	15,41667		1996	16,70833		2004	17,15833
1957	15,44167		1975	15,725		1981	15,89167		1997	15,625		2005	17,25833
1958	16,28333		1976	14,93333		1982	14,78333		1998	17,18333		2006	17,575
1959	15,14167		1977	15,825		1983	14,64167		1999	17,39167		2007	17,35833
1960	16,475		1978	16,225		1984	15,51667		2000	16,59167		2008	17,53333
1961	15,41667		1979	17,13333		1985	15,78333		2001	16,9		2009	17,1
1962	16,85833		1980	16,19167		1986	16,16667		2002	16,35833		2010	19,025
1963	15,63333		1981	16,63333		1987	15,48333		2003	16,275		2011	16,69167
1964	14,85833		1982	14,95833		1988	14,91667		2004	16,20833		2012	17,40833
1965	14,95833		1983	15,69167		1989	16,625		2005	16,46667		2013	17,49167
1966	16,575		1984	16,16667		1990	16,03333		2006	16,75833		2014	18,33333
1967	13,53333		1985	16,16667		1991	15,8		2007	16,475		2015	17,59167
1968	14,725		1986	16,68333		1992	13,66667		2008	16,90833		2016	18,1
1969	15,03333		1987	16,6		1993	14,96667		2009	16,45		2017	18,05833
1970	16,10833		1988	15,88333		1994	16,63333		2010	18,09167		2018	18,89167
1971	15,41667		1989	16,81667		1995	15,95833		2011	16,01667		2019	18,15833
1972	14,45833		1990	16,68333		1996	16,275		2012	16,60833		2020	18,65
1973	15,39167		1991	16,7		1997	15,13333		2013	16,73333		2021	18,775
1974	15,5		1992	14,5		1998	16,66667		2014	17,38333			
1975	15,76667		1993	15,49167		1999	17,09167		2015	16,63333			
1976	15,31667		1994	17,49167		2000	16,11667		2016	17,10833			
1977	16,03333		1995	16,91667		2001	16,675		2017	16,775			
1978	16,275		1996	17,4		2002	16,89167		2018	18,06667			
1979	16,60833		1997	16,18333		2003	16,39167		2019	17,125			
1980	15,62083		1998	17,70833		2004	16,08333		2020	17,44167			
1981	15,81667		1999	17,75833		2005	16,39167		2021	17,73333			
1982	14,78333		2000	16,99167		2006	16,80833						
1983	15,45833		2001	17,51667		2007	16,73333						
1984	15,975		2002	16,65833		2008	17,25833						
1985	15,9		2003	17,4625		2009	16,48333						
1986	16,28333		2004	15,925		2010	18,025						
1987	15,73333		2005	16,01667		2011	15,65833						
1988	14,75		2006	16,05		2012	16,26667						
1989	16,45833		2007	15,56667		2013	16,43333						
1990	16,29167		2008	16,39167		2014	17,41667						
1991	15,99167		2009	15,78333		2015	16,475						
1992	13,68333		2010	17,76667		2016	16,51667						
1993	15,15833		2011	15,5		2017	16,425						
1994	16,51667		2012	16,725		2018	17,5						
1995	16,15		2013	15,89167		2019	16,64167						
1996	16,48333		2014	17		2020	17,11667						
1997	15,325		2015	16,375		2021	17,43333						
1998	17,41667		2016	16,33333									
1999	17,275		2017	15,875									
2000	16,48333		2018	17,56667									
2001	16,76667		2019	16,55									
2002	16,33333		2020	16,26667									
2003	16,175		2021	17,26667									
2004	16,2												
2005	16,55												
2006	16,54167												
2007	16,36667												
2008	17,06667												
2009	16,36667												
2010	18,65												
2011	15,96667												
2012	16,84167												
2013	16,74167												
2014	17,425												
2015	17,16667												
2016	17,14167												
2017	17,55												
2018	17,85833												
2019	17,18333												
2020	17,63333												
2021	18,175												

EK-4:Yıllık Ortalama Hava Sıcaklık Değerleri (Siverek, Hilvan, Bozova, Nusaybin, Cizre)

YILLIK ORTALAMA HAVA SICAKLIĞI (C°)															
SİVEREK			HiLVAN			BOZOVA			NUSAYBİN			CİZRE			
1985	16,34167		1999	16,96667		2000	16,51667		1966	20,25		1962	14,32083		
1986	16,80833		2000	16,21667		2001	16,925		1967	17,88333		1963	19,16667		
1987	16,21667		2001	16,9		2002	16,70833		1968	18,96667		1964	18,5		
1988	15,55		2002	16,35833		2003	16,71667		1969	19,21667		1965	18,45		
1989	17,04167		2003	16,24167		2004	16,65833		1970	20,375		1966	20,08333		
1990	16,9		2004	16,23333		2005	16,5		1971	19,125		1967	17,825		
1991	16,54167		2005	16,44167		2006	16,58333		1972	17,875		1968	18,825		
1992	14,625		2006	16,90833		2007	17,03333		1973	18,99167		1969	19,28333		
1993	15,75833		2007	16,34167		2008	17,30833		1974	18,91667		1970	20,00833		
1994	17,25833		2008	16,85		2009	15,96667		1975	19,01667		1971	19,45		
1995	16,60833		2009	16,35		2010	18,80833		1976	18,33333		1972	18,175		
1996	16,70833		2010	18,175		2011	16,56667		1977	19,68333		1973	19,125		
1997	15,75833		2011	15,9		2012	17,38333		1978	19,21667		1974	19,375		
1998	17,43333		2012	16,925		2013	17,25833		1979	20,16667		1975	19,275		
1999	17,775		2013	16,85		2014	18,18333		1980	18,91667		1976	18,71667		
2000	16,80833		2014	17,525		2015	17,45		1981	19,21667		1977	19,7		
2001	17,30833		2015	16,98333		2016	17,80833		1982	18,275		1978	20,175		
2002	16,88333		2016	17,25		2017	17,55		1983	18,70833		1979	20,64167		
2003	16,59167		2017	17		2018	18,51667		1984	18,68333		1980	19,60833		
2004	16,73333		2018	18,06667		2019	17,74167		1985	18,49167		1981	19,7		
2005	16,85		2019	17,38333		2020	17,98333		1986	19,55		1982	18,28333		
2006	16,98333		2020	17,56667		2021	18,225		1987	19,24167		1983	18,96667		
2007	16,36667		2021	17,63333					1988	18,71667		1984	19,66667		
2008	16,475								1989	19,28333		1985	19,73333		
2009	16,05								1990	19,09167		1986	20,09167		
2010	18,76667								1991	18,825		1987	19,58333		
2011	16,4								1992	17,05		1988	19,2		
2012	17,08333								1993	18,05		1989	20,13333		
2013	16,93333								1994	19,31667		1990	19,925		
2014	17,60833								1995	18,925		1991	19,90833		
2015	17,05833								1996	19,06667		1992	17,875		
2016	17,20833								1997	17,75833		1993	17,17		
2017	17,24167								1998	19,85833		1994	20,16667		
2018	18,13333								1999	20,06667		1995	19,78333		
2019	17,45833								2000	19,65		1996	20,38333		
2020	17,89167								2001	19,90833		1997	18,98333		
2021	18,2								2002	19,35833		1998	20,85833		
									2003	19,55833		1999	21,09167		
									2004	19,45		2000	20,36667		
									2005	19,70833		2001	20,6		
									2006	19,90833		2002	19,96667		
									2007	19,86667		2003	20,30833		
									2008	20,44167		2004	20,35833		
									2009	19,8		2005	20,39167		
									2010	21,79167		2006	20,41667		
									2011	19,55		2007	20,6		
									2012	20,69167		2008	21,5		
									2013	20,025		2009	20,5		
									2014	20,04167		2010	21,675		
									2015	20,425		2011	19,4		
									2016	20,69167		2012	20,51667		
									2017	21		2013	20,05833		
									2018	20,53333		2014	20,65833		
									2019	20,44167		2015	20,26667		
									2020	20,44167		2016	19,84167		
									2021	21,06667		2017	20,64167		
												2018	21,23333		
												2019	20,61667		
												2020	20,91667		
												2021	21,96667		

EK-5: Yıllık Ortalama Hava Sıcaklık Değerleri (Birecik, Ceylanpınar, Akçakale, Diyarbakır)

YILLIK ORTALAMA HAVA SICAKLIĞI (C°)									
BİRECİK		CEYLANPINAR		AKÇAKALE		DİYARBAKIR			
1964	17,425	1957	18,18333	1965	17,66667	1980	15,85		
1965	17,74167	1958	18,79167	1966	19,30833	1981	16,03333		
1966	19,15833	1959	18,10833	1967	16,80833	1982	14,425		
1967	16,63333	1960	19,29167	1968	17,93333	1983	14,80833		
1968	17,575	1961	18,64167	1969	18,1	1984	15,71667		
1969	17,60833	1962	19,725	1970	18,66667	1985	15,675		
1970	18,43333	1963	18,4	1971	17,80833	1986	16,225		
1971	17,38333	1964	17,58333	1972	16,61667	1987	15,50833		
1972	16,35	1965	18,11667	1973	17,91667	1988	14,93333		
1973	17,45	1966	19,58333	1974	17,95833	1989	15,84167		
1974	17,30833	1967	17,25833	1975	17,85833	1990	15,36667		
1975	17,375	1968	18,23333	1976	17,35833	1991	15,40833		
1976	16,85833	1969	18,21667	1977	18,23333	1992	13,11667		
1977	17,475	1970	18,98333	1978	18,525	1993	14,48333		
1978	17,825	1971	17,85	1979	18,925	1994	16,15833		
1979	18,4	1972	16,675	1980	18,1	1995	15,38333		
1980	16,01667	1973	17,94167	1981	18,36667	1996	15,96667		
1981	18,16667	1974	17,86667	1982	17,06667	1997	14,625		
1982	16,96667	1975	17,6	1983	17,01667	1998	15,98333		
1983	17	1976	17,09167	1984	17,69167	1999	16,45		
1984	17,475	1977	18,05833	1985	17,75833	2000	15,96667		
1985	17,61667	1978	18,59167	1986	18,83333	2001	16,03333		
1986	18,075	1979	19,01667	1987	18,38333	2002	15,50833		
1987	17,375	1980	18,175	1988	18	2003	15,98333		
1988	17,31667	1981	18,06667	1989	18,75833	2004	15,475		
1989	17,9	1982	16,75833	1990	18,925	2005	15,85		
1990	17,825	1983	17,01667	1991	18,33333	2006	16		
1991	17,79167	1984	17,625	1992	17,61667	2007	15,1		
1992	16,125	1985	17,85	1993	18,33333	2008	15,79167		
1993	17,20833	1986	18,14167	1994	19,98333	2009	15,60833		
1994	18,7	1987	17,59167	1995	18,49167	2010	17,65		
1995	18,05	1988	17,38333	1996	18,00833	2011	15,44167		
1996	18,225	1989	17,9	1997	16,78333	2012	16,325		
1997	17,23333	1990	17,98333	1998	18,66667	2013	15,775		
1998	18,23333	1991	18,175	1999	18,38333	2014	16,75833		
1999	18,45833	1992	16,26667	2000	18,075	2015	16,28333		
2000	17,925	1993	17,16667	2001	18,34167	2016	16,53333		
2001	18,275	1994	18,625	2002	17,95833	2017	16,175		
2002	17,73333	1995	17,95833	2003	18,05	2018	17,58333		
2003	17,86667	1996	18,23333	2004	17,96667	2019	16,64167		
2004	17,775	1997	17,20833	2005	18,00833	2020	16,78333		
2005	17,76667	1998	19,03333	2006	17,83333	2021	17,50833		
2006	17,99167	1999	18,90833	2007	18,325				
2007	18,11667	2000	18,55833	2008	18,59167				
2008	18,36667	2001	18,81667	2009	18,75833				
2009	18,20833	2002	18,25833	2010	19,925				
2010	19,76667	2003	18,26667	2011	17,825				
2011	17,88333	2004	18,14167	2012	18,75833				
2012	18,61667	2005	18,2	2013	18,525				
2013	18,55	2006	18,13333	2014	19,20833				
2014	19,38333	2007	18,225	2015	18,75833				
2015	18,01667	2008	18,54167	2016	19,14167				
2016	18,4	2009	18,20833	2017	18,85833				
2017	18,18333	2010	19,64167	2018	19,75833				
2018	19,2	2011	17,86667	2019	19,08333				
2019	18,025	2012	18,925	2020	19,275				
2020	18,35833	2013	18,45833	2021	19,65833				
2021	18,725	2014	18,78333						
		2015	18,36667						
		2016	20,14167						
		2017	19,525						
		2018	20,075						
		2019	19,60833						
		2020	20,68333						
		2021	21,04167						

EK-6: Yıllık Ortalama Maksimum Hava Sıcaklık Değerleri (Siirt, Gaziantep, Kilis, Adıyaman, Şanlıurfa)

YILLIK ORTALAMA MAKSİMUM HAVA SICAKLIĞI C°																				
SİİRT			ANTEP			KİLİS			ADIYAMAN			ŞANLIURFA								
1947	22,36667		1940	20,60833		1959	24,46667		1963	22,5		1944	24,04167							
1948	20,925		1941	20,65		1960	24,95		1964	22,50833		1945	23,675							
1949	20,99167		1942	20,54167		1961	23,05833		1965	22,3		1946	23,83333							
1950	20,75		1943	20,14167		1962	24,525		1966	23,94167		1947	25,43333							
1951	21,45833		1944	20,54167		1963	24,23333		1967	20,625		1948	23,71667							
1952	22,08333		1945	20,60833		1964	23,64167		1968	21,71667		1949	23,74167							
1953	20,65		1946	20,625		1965	23,89167		1969	22,11667		1950	23,85							
1954	21,53333		1947	21,91667		1966	25,175		1970	23,3		1951	24,1							
1955	22,89167		1948	20,425		1967	22,6		1971	22,65		1952	24,56667							
1956	20,675		1949	20,4		1968	23,18333		1972	21,83333		1953	23,45833							
1957	20,45		1950	20,425		1969	23,04167		1973	22,70833		1954	24,21667							
1958	21,48333		1951	21,05		1970	24		1974	22,15833		1955	25,4							
1959	20,575		1952	21,24167		1971	23,29167		1975	22,35833		1956	23,6							
1960	22,26667		1953	20,125		1972	22,26667		1976	21,175		1957	24,20833							
1961	21,75833		1954	21,025		1973	23,45833		1977	22,34167		1958	24,75							
1962	23		1955	22,16667		1974	22,825		1978	22,59167		1959	23,825							
1963	21,25833		1956	20,45		1975	23,1		1979	23,01667		1960	25,00833							
1964	21,5		1957	21,125		1976	22,30833		1980	22,31667		1961	23,90833							
1965	21,20833		1958	21,44167		1977	23,25		1981	22,45833		1962	25,575							
1966	22,50833		1959	20,65		1978	23,35		1982	21,54167		1963	23,73333							
1967	19,43333		1960	22,05833		1979	23,35		1983	21,31667		1964	23,54167							
1968	20,6		1961	21,1		1980	22,4		1984	22,28333		1965	23,58333							
1969	21,375		1962	22,475		1981	22,89167		1985	22,43333		1966	25,11667							
1970	22,65		1963	20,85		1982	22,16667		1986	22,95		1967	21,975							
1971	22,16667		1964	20,55		1983	22,35833		1987	22,15833		1968	23,25833							
1972	20,59167		1965	20,525		1984	23,175		1988	21,575		1969	23,53333							
1973	21,89167		1966	22,11667		1985	23,54167		1989	23,84167		1970	24,64167							
1974	22,10833		1967	19,475		1986	23,06667		1990	23,88333		1971	24,03333							
1975	21,99167		1968	20,39167		1987	22,475		1991	23,21667		1972	23,09167							
1976	20,70833		1969	20,64167		1988	21,91667		1992	21,41667		1973	24,24167							
1977	21,75833		1970	21,73333		1989	23,925		1993	22,625		1974	23,7							
1978	22,21667		1971	21,15		1990	24,16667		1994	24,05833		1975	23,96667							
1979	22,55		1972	20,44167		1991	23,40833		1995	23,10833		1976	22,85833							
1980	21,89167		1973	21,775		1992	22,25833		1996	22,925		1977	24,025							
1981	21,70833		1974	21,21667		1993	23,325		1997	22,38333		1978	24,30833							
1982	20,06667		1975	21,49167		1994	23,94167		1998	24,31667		1979	24,56667							
1983	20,7		1976	20,5		1995	23,04167		1999	24,36667		1980	23,84167							
1984	21,75		1977	21,66667		1996	22,725		2000	23,65		1981	24,1							
1985	21,95		1978	22,04167		1997	21,95833		2001	23,76667		1982	23,19167							
1986	22,4		1979	22,25		1998	23,8		2002	23,45		1983	23,325							
1987	21,59167		1980	21,31667		1999	24,13333		2003	22,925		1984	23,95833							
1988	20,55833		1981	21,88333		2000	23,45		2004	23,10833		1985	23,91667							
1989	22,50833		1982	20,9		2001	23,60833		2005	23,18333		1986	24,56667							
1990	21,94167		1983	20,86667		2002	23,34167		2006	23,81667		1987	23,65833							
1991	21,45833		1984	21,41667		2003	22,53333		2007	23,95833		1988	22,875							
1992	19,075		1985	21,55		2004	22,76667		2008	24,46667		1989	24,99167							
1993	20,20833		1986	22,30833		2005	22,78333		2009	23,31667		1990	25,04167							
1994	21,93333		1987	21,13333		2006	23,19167		2010	25,6		1991	24,625							
1995	21,725		1988	20,55833		2007	23,46667		2011	22,825		1992	22,70833							
1996	21,75		1989	22,775		2008	24,03333		2012	23,43333		1993	23,69167							
1997	20,78333		1990	22,63333		2009	24,1		2013	23,9		1994	24,975							
1998	23,04167		1991	21,59167		2010	25,49167		2014	24,625		1995	24,75833							
1999	23,275		1992	19,79167		2011	22,75		2015	24,16667		1996	24,30833							
2000	22,43333		1993	21,35		2012	23,23333		2016	24,43333		1997	23,79167							
2001	22,36667		1994	22,60833		2013	23,60833		2017	24,525		1998	25,79167							
2002	21,70833		1995	21,84167		2014	24,225		2018	25,05833		1999	25,9							
2003	21,49167		1996	21,41667		2015	23,56667		2019	23,66667		2000	25,01667							
2004	21,64167		1997	20,925		2016	24,08333		2020	24,3		2001	24,95							
2005	22,4		1998	22,90833		2017	24,15		2021	24,45833		2002	24,85							
2006	22,5		1999	23,60833		2018	24,63333					2003	24,575							
2007	22,00833		2000	22,49167		2019	23,85					2004	24,725							
2008	22,84167		2001	22,65833		2020	24,475					2005	24,85							
2009	22,01667		2002	21,65		2021	24,89167					2006	25,05833							
2010	24,34167		2003	21,08333								2007	25,025							
2011	21,58333		2004	22,06667								2008	25,51667							
2012	22,36667		2005	22,05								2009	24,50833							
2013	22,29167		2006	22,48333								2010	26,76667							
2014	23,25833		2007	22,81667								2011	24,30833							
2015	22,875		2008	23,16667								2012	25,1							
2016	22,75		2009	21,775								2013	25,11667							
2017	22,99167		2010	24,24167								2014	25,74167							
2018	23,75833		2011	21,51667								2015	25,38333							
2019	22,76667		2012	21,78333								2016	25,94167							
2020	23,06667		2013	22,05833								2017	26,05833							
2021	24,18333		2014	22,875								2018	26,18333							
			2015	22,45833								2019	25,85							
			2016	23,175								2020	26,65							
			2017	23,15833								2021	26,55							
			2018	23,40833																
			2019	22,775																
			2020	23,45833																
			2021	23,71667																

EK-7: Yıllık Ortalama Maksimum Hava Sıcaklık Değerleri (Mardin, Batman, Ergani, Çermik, Kahta)

YILLIK ORTALAMA MAKSİMUM HAVA SICAKLIĞI C°																				
MARDİN			BATMAN			ERGANİ			ÇERMİK			KAHTA								
1941	20,45833		1959	22,40833		1965	19,55833		1981	22,11667		1989	24,1							
1942	20,03333		1960	27,00833		1966	21,80833		1982	21,25		1990	24,46667							
1943	19,84167		1961	25,725		1967	18,55833		1983	21,11667		1991	24,30833							
1944	20,24167		1962	25,3625		1968	19,575		1984	21,75833		1992	21,475							
1945	19,625		1963	23,26667		1969	19,83333		1985	22,3		1993	22,49167							
1946	19,3		1964	23,09167		1970	20,8		1986	22,9		1994	23,05							
1947	21,16667		1965	22,95833		1971	20,225		1987	21,78333		1995	21,99167							
1948	19,54167		1966	24,575		1972	19,38333		1988	21,1		1996	21,81667							
1949	19,35833		1967	21,46667		1973	20,11667		1989	23,78333		1997	21,15							
1950	19,45		1968	22,23333		1974	20,09167		1990	23,34167		1998	23,19167							
1951	19,64167		1969	22,74167		1975	20,68333		1991	22,375		1999	23,60833							
1952	19,875		1970	24,10833		1976	19,325		1992	20,18333		2000	22,51667							
1953	18,68333		1971	23,54167		1977	20,44167		1993	21,39167		2001	22,89167							
1954	19,53333		1972	21,59167		1978	20,91667		1994	23,23333		2002	22,8							
1955	20,51667		1973	23,10833		1979	21,3		1995	22,70833		2003	22,225							
1956	18,9		1974	23,98333		1980	20,35833		1996	22,7		2004	22,725							
1957	19,05833		1975	24,13333		1981	20,425		1997	22,025		2005	22,90833							
1958	19,775		1976	22,98333		1982	19,36667		1998	23,95		2006	23,30833							
1959	18,25833		1977	24,20833		1983	19,5		1999	24,43333		2007	23,15833							
1960	20,31667		1978	24,84167		1984	20,58333		2000	23,225		2008	23,7							
1961	19,25		1979	25,425		1985	20,575		2001	23,39167		2009	22,71667							
1962	20,69167		1980	23,625		1986	21,24167		2002	22,9		2010	25,33333							
1963	19,625		1981	23,675		1987	20,46667		2003	22,225		2011	22,40833							
1964	18,83333		1982	22,4		1988	19,65833		2004	22,53333		2012	23,05833							
1965	18,66667		1983	22,9		1989	22,25833		2005	22,89167		2013	23,15							
1966	20,375		1984	23,875		1990	21,39167		2006	23,36667		2014	23,51667							
1967	17,26667		1985	23,275		1991	20,86667		2007	23,16667		2015	23,19167							
1968	18,35		1986	24,01667		1992	18,74167		2008	23,875		2016	23,48333							
1969	18,71667		1987	23,40833		1993	20,30833		2009	22,93333		2017	23,70833							
1970	19,98333		1988	22,40833		1994	21,975		2010	25,28333		2018	24,24167							
1971	19,275		1989	24,38333		1995	21,41667		2011	22,94167		2019	23,46667							
1972	18,25833		1990	24,24167		1996	21,3		2012	23,4		2020	24,125							
1973	19,6		1991	23,425		1997	20,51667		2013	23,51667		2021	24,49167							
1974	19,39167		1992	21,1		1998	22,225		2014	24,43333										
1975	19,925		1993	22,05833		1999	22,825		2015	24,35										
1976	19,21667		1994	24,21667		2000	21,68333		2016	24,48333										
1977	20,34167		1995	23,875		2001	22,16667		2017	24,46667										
1978	20,64167		1996	24,01667		2002	22,825		2018	24,60833										
1979	20,63333		1997	22,84167		2003	22		2019	23,75833										
1980	19,51667		1998	25		2004	22,05		2020	24,375										
1981	19,89583		1999	25,2		2005	22,48333		2021	24,775										
1982	18,775		2000	24,225		2006	22,74167													
1983	19,16667		2001	24,775		2007	22,83333													
1984	20,26667		2002	23,94167		2008	23,61667													
1985	20,25833		2003	24,54167		2009	22,18333													
1986	20,66667		2004	23,3		2010	24,71667													
1987	19,88333		2005	23,76667		2011	20,95833													
1988	18,74167		2006	23,55		2012	21,4													
1989	20,88333		2007	22,98333		2013	21,75833													
1990	20,79167		2008	24,10833		2014	21,89167													
1991	20,21667		2009	23,20833		2015	21,525													
1992	17,875		2010	25,68333		2016	21,825													
1993	19,51667		2011	23,04167		2017	21,80833													
1994	20,90833		2012	24,13333		2018	22,875													
1995	20,64167		2013	23,65833		2019	21,78333													
1996	20,8		2014	24,95833		2020	21,91667													
1997	19,90833		2015	24,59167		2021	22,61667													
1998	22,125		2016	24,60833																
1999	22,11667		2017	24,325																
2000	21,2		2018	25,5																
2001	21,34167		2019	24,41667																
2002	20,975		2020	24,41667																
2003	20,64167		2021	25,71667																
2004	20,66667																			
2005	21,15833																			
2006	20,91667																			
2007	21,05833																			
2008	21,875																			
2009	20,84167																			
2010	22,55																			
2011	19,98333																			
2012	20,80833																			
2013	20,76667																			
2014	21,45833																			
2015	21,225																			
2016	21,30833																			
2017	21,70833																			
2018	21,925																			
2019	21,20833																			
2020	21,875																			
2021	22,68333																			

EK-8: Yıllık Ortalama Maksimum Hava Sıcaklık Değerleri (Siverek, Hilvan, Bozova, Nusaybin, Cizre)

YILLIK ORTALAMA MAKSİMUM HAVA SICAKLIĞI C°																				
SİVEREK			HİLVAN			BOZOVA			NUSAYBİN			CİZRE								
1985	21,675		1999	24,46667		2000	22,91667		1966	26,58333		1962	26,60417							
1986	22,54167		2000	23,58333		2001	23,66667		1967	23,38333		1963	26,2							
1987	21,575		2001	23,6		2002	24,15833		1968	24,73333		1964	26,26667							
1988	20,7		2002	23,34167		2003	23,81667		1969	24,96667		1965	25,55833							
1989	22,85		2003	22,63333		2004	24,06667		1970	26,71667		1966	27,4							
1990	22,81667		2004	23,075		2005	24,06667		1971	25,40833		1967	24,19167							
1991	22,25		2005	23,55833		2006	24,475		1972	24,11667		1968	25,00833							
1992	20,35		2006	24,29167		2007	23,88333		1973	25,36667		1969	25,30833							
1993	21,6		2007	23,71667		2008	24,25833		1974	24,84167		1970	26,51667							
1994	23,05833		2008	24,35833		2009	22,18333		1975	25,24167		1971	26,09167							
1995	22,54167		2009	23,375		2010	25,15		1976	24,35833		1972	24,70833							
1996	22,18333		2010	25,59167		2011	22,68333		1977	26,075		1973	26,15833							
1997	21,275		2011	23,28333		2012	23,30833		1978	25,4		1974	25,95833							
1998	23,21667		2012	23,95		2013	23,48333		1979	25,55833		1975	26,10833							
1999	23,675		2013	24,15		2014	24,44167		1980	24,85		1976	25,375							
2000	22,58333		2014	24,825		2015	23,91667		1981	25,4		1977	26,44167							
2001	23,10833		2015	24,40833		2016	24,20833		1982	24,34167		1978	26,75							
2002	22,71667		2016	24,56667		2017	23,99167		1983	24,70833		1979	26,96667							
2003	22,03333		2017	24,625		2018	24,69167		1984	24,48		1980	26,175							
2004	22,26667		2018	25,23333		2019	23,89167		1985	25,55833		1981	26,025							
2005	22,43333		2019	24,36667		2020	24,34167		1986	26,20833		1982	24,69167							
2006	22,64167		2020	25,29167		2021	24,93333		1987	25,36667		1983	25,48333							
2007	22,05833		2021	25,65833					1988	24,49167		1984	26,225							
2008	22,275								1989	26,00833		1985	26,41667							
2009	21,40833								1990	25,675		1986	26,425							
2010	23,99167								1991	24,98333		1987	26,025							
2011	22,16667								1992	23,07083		1988	25,15833							
2012	22,475								1993	24,31667		1989	27,00833							
2013	22,5								1994	25,84167		1990	26,76667							
2014	23,44167								1995	25,625		1991	26,31667							
2015	22,975								1996	24,96667		1992	24,125							
2016	23,23333								1997	23,38333		1993	23,28333							
2017	23,64167								1998	26,075		1994	26,66667							
2018	24,38333								1999	26,60833		1995	26,91667							
2019	23,73333								2000	26,21667		1996	27							
2020	24,38333								2001	26,50833		1997	25,65833							
2021	24,84167								2002	26,03333		1998	28,14167							
									2003	25,775		1999	28,14167							
									2004	25,90833		2000	27,16667							
									2005	26,45833		2001	27,14167							
									2006	26,325		2002	26,6							
									2007	26,41667		2003	26,70833							
									2008	27,23333		2004	27,025							
									2009	26,16667		2005	27,15833							
									2010	28,33333		2006	26,90833							
									2011	25,68333		2007	27,2							
									2012	26,25833		2008	28,51667							
									2013	25,99167		2009	27,04167							
									2014	26,70833		2010	28,14167							
									2015	26,21667		2011	25,89167							
									2016	26,44167		2012	26,68333							
									2017	26,65833		2013	26,74167							
									2018	26,63333		2014	27,63333							
									2019	26,43333		2015	27,45833							
									2020	26,3		2016	26,51667							
									2021	27,475		2017	27,85833							
												2018	27,95833							
												2019	27,41667							
												2020	28,00833							
												2021	29,55833							

EK-9: Yıllık Ortalama Maksimum Hava Sıcaklık Değerleri (Birecik, Ceylanpınar, Akçakale, Diyarbakır)

YILLIK ORTALAMA MAKSİMUM HAVA SICAKLIĞI C°									
BİRECİK			CEYLANPINAR			AKÇAKALE			DİYARBAKIR	
1964	25,86667		1957	25,38333		1965	24,925		1980	28,25833
1965	25,59167		1958	26,425		1966	26,54167		1981	28,19167
1966	26,54167		1959	25,71667		1967	23,475		1982	26,625
1967	23,475		1960	27,16667		1968	24,79167		1983	27,3
1968	24,65833		1961	26,275		1969	24,99167		1984	27,54167
1969	24,98333		1962	27,79167		1970	26,425		1985	28,425
1970	25,91667		1963	26,175		1971	25,55833		1986	28,4
1971	25,28333		1964	26,05		1972	24,50833		1987	28,59167
1972	24,375		1965	26,1		1973	26,06667		1988	26,625
1973	25,45833		1966	27,8		1974	25,55		1989	28,85833
1974	24,73333		1967	24,95833		1975	25,84167		1990	28,89167
1975	24,91667		1968	26,34167		1976	24,68333		1991	28,26667
1976	23,83333		1969	26,15		1977	25,7		1992	25,75833
1977	25,03333		1970	27,79167		1978	26,125		1993	27,675
1978	25,4		1971	26,825		1979	26,26667		1994	28,51667
1979	25,7		1972	25,78333		1980	25,51667		1995	28,85833
1980	23,5		1973	27,19167		1981	25,7		1996	28,375
1981	25,53333		1974	25,9		1982	24,35833		1997	28,03333
1982	24,45		1975	26,35833		1983	24,275		1998	29,15
1983	24,30833		1976	25,06667		1984	25,025		1999	29,44167
1984	25,19167		1977	26,23333		1985	25,275		2000	28,88333
1985	25,425		1978	26,89167		1986	25,975		2001	29,16667
1986	26,1		1979	26,93333		1987	25,26667		2002	28,925
1987	25,5		1980	25,85		1988	24,23333		2003	28,14167
1988	24,825		1981	25,525		1989	25,925		2004	28,86667
1989	26,01667		1982	24,6		1990	25,91667		2005	28,575
1990	26,10833		1983	24,91667		1991	25,64167		2006	28,75833
1991	25,60833		1984	25,49167		1992	23,89167		2007	27,80833
1992	23,85		1985	25,75833		1993	24,675		2008	30,04167
1993	25,05		1986	26,43333		1994	26,41667		2009	27,73333
1994	26,375		1987	25,55833		1995	25,60833		2010	30,28333
1995	26,06667		1988	24,99167		1996	25,09167		2011	28,075
1996	25,68333		1989	26,76667		1997	24,21667		2012	28,70833
1997	24,775		1990	26,56667		1998	26,375		2013	29,48333
1998	26,45		1991	26,19167		1999	26,3		2014	29,3
1999	27,05833		1992	24,05833		2000	25,70833		2015	28,75
2000	26,25		1993	25,28333		2001	25,80833		2016	28,58333
2001	26,35		1994	26,50833		2002	25,58333		2017	28,95833
2002	26,15		1995	26,21667		2003	25,30833		2018	29,76667
2003	25,68333		1996	25,65833		2004	25,55		2019	28,79167
2004	25,73333		1997	25,05		2005	25,89167		2020	29,06667
2005	25,55833		1998	27,29167		2006	25,75		2021	30,88333
2006	26,11667		1999	27,16667		2007	26,075			
2007	26,04167		2000	26,71667		2008	26,49167			
2008	26,63333		2001	26,65833		2009	25,85			
2009	25,36667		2002	26,38333		2010	27,70833			
2010	27,30833		2003	26,05833		2011	25,29167			
2011	25,11667		2004	26,2		2012	26,00833			
2012	25,64167		2005	26,64167		2013	26,06667			
2013	26,05		2006	26,36667		2014	26,56667			
2014	26,76667		2007	26,575		2015	26,16667			
2015	26,075		2008	26,575		2016	26,51667			
2016	26,60833		2009	25,50833		2017	26,49167			
2017	26,71667		2010	27,86667		2018	26,66667			
2018	27,01667		2011	25,49167		2019	26,16667			
2019	26,04167		2012	26,225		2020	26,9			
2020	27,03333		2013	26,40833		2021	27,48333			
2021	27,50833		2014	26,53333						
			2015	26,30833						
			2016	27,98333						
			2017	27,50833						
			2018	27,31667						
			2019	26,83333						
			2020	28,56667						
			2021	29,30833						

EK-10: Yıllık Ortalama Minimum Hava Sıcaklık Değerleri (Siirt, Gaziantep, Kilis, Adıyaman, Şanlıurfa)

YILLIK ORTALAMA MİNİMUM HAVA SICAKLIĞI (C°)												
SİİRT			ANTEP			KİLİS			ADIYAMAN			ŞANLIURFA	
1947	11,10833		1940	9,091667		1960	11,5		1963	11,7		1944	11,725
1948	9,116667		1941	8,516667		1961	10,675		1964	10,95833		1945	11,15
1949	8,75		1942	9,075		1962	11,46667		1965	11,3		1946	11,70833
1950	8,991667		1943	8,416667		1963	10,975		1966	12,76667		1947	12,79167
1951	9,783333		1944	8,991667		1964	9,283333		1967	10,975		1948	11,35
1952	10,5		1945	8,491667		1965	9,483333		1968	11,70833		1949	11,05
1953	9,566667		1946	8,8		1966	10,88333		1969	11,89167		1950	11,375
1954	10,5		1947	9,566667		1967	9,016667		1970	12,14167		1951	12,21667
1955	10,91667		1948	7,991667		1968	10,44167		1971	11,51667		1952	12,06667
1956	9,291667		1949	7,508333		1969	10,89167		1972	10,38333		1953	11,125
1957	9,958333		1950	7,975		1970	11,26667		1973	11,19167		1954	12,45
1958	10,725		1951	8,558333		1971	10,55833		1974	11,39167		1955	12,4
1959	9,791667		1952	8,725		1972	10,05		1975	11,55833		1956	11,41667
1960	11,325		1953	8,183333		1973	10,85833		1976	11,2		1957	12,36667
1961	10,75833		1954	9,666667		1974	11,33333		1977	12		1958	12,63333
1962	12,2		1955	9,541667		1975	11,13333		1978	12,31667		1959	11,75
1963	11,1		1956	7,475		1976	11,10833		1979	12,81667		1960	13,08333
1964	9,933333		1957	8,816667		1977	11,58333		1980	11,94167		1961	12,24167
1965	10,63333		1958	8,716667		1978	12,025		1981	12,71667		1962	13,44167
1966	12,1		1959	8,175		1979	12,59167		1982	11,25833		1963	12,36667
1967	9,45		1960	9,316667		1980	11,54167		1983	11,19167		1964	11,43333
1968	10,05833		1961	9,025		1981	12,21667		1984	11,79167		1965	11,9
1969	10,25		1962	9,558333		1982	11,00833		1985	11,88333		1966	13,625
1970	11,33333		1963	9,316667		1983	11,08333		1986	12,24167		1967	11,30833
1971	10,00833		1964	7,908333		1984	11,5		1987	11,625		1968	12,21667
1972	9,25		1965	8,516667		1985	11,81667		1988	11,65833		1969	12,54167
1973	10,00833		1966	10,11667		1986	11,625		1989	12,09167		1970	12,85
1974	10,8		1967	8,1		1987	11,475		1990	11,475		1971	12,20833
1975	10,46667		1968	8,25		1988	11,21667		1991	11,61667		1972	11,11667
1976	10		1969	8,516667		1989	11,575		1992	10,1		1973	12,01667
1977	10,51667		1970	8,941667		1990	11,9		1993	11,2		1974	12,26667
1978	11,01667		1971	8,216667		1991	11,675		1994	12,75		1975	12,26667
1979	11,80833		1972	7,041667		1992	10,13333		1995	11,80833		1976	11,90833
1980	10,74167		1973	8,141667		1993	11,16667		1996	12,35833		1977	12,53333
1981	10,91667		1974	8,641667		1994	12,49167		1997	11,29167		1978	12,9
1982	9,633333		1975	8,508333		1995	12,09167		1998	12,59167		1979	13,4
1983	10,15833		1976	8,941667		1996	12,3		1999	12,5		1980	12,475
1984	10,9		1977	9,2		1997	11,19167		2000	11,575		1981	12,91667
1985	10,88333		1978	9,433333		1998	12,63333		2001	12,36667		1982	11,61667
1986	11,60833		1979	9,758333		1999	12,55833		2002	11,84167		1983	11,94167
1987	11,26667		1980	9,008333		2000	12,3		2003	12,025		1984	12,425
1988	10,60833		1981	9,425		2001	12,675		2004	11,8		1985	12,66667
1989	11,46667		1982	8,208333		2002	12,64167		2005	12		1986	13,14167
1990	11,25833		1983	8,35		2003	12,56667		2006	12,26667		1987	12,74167
1991	11,475		1984	8,816667		2004	12,325		2007	12,21667		1988	12,475
1992	8,908333		1985	9,125		2005	12,40833		2008	11,975		1989	12,96667
1993	10,025		1986	9,458333		2006	12,33333		2009	11,84167		1990	13
1994	11,50833		1987	8,908333		2007	12,825		2010	13,49167		1991	13,09167
1995	11,19167		1988	9,1		2008	12,30833		2011	11,74167		1992	11,36667
1996	11,80833		1989	9,416667		2009	11,64167		2012	12,55		1993	12,36667
1997	10,68333		1990	9,158333		2010	13,2		2013	12,43333		1994	14,04167
1998	12,275		1991	9,541667		2011	12,00833		2014	13,23333		1995	13,1
1999	12,35		1992	7,741667		2012	12,95833		2015	12,69167		1996	13,59167
2000	11,64167		1993	8,883333		2013	13,01667		2016	13,00833		1997	12,475
2001	12,06667		1994	10,43333		2014	13,39167		2017	12,78333		1998	13,9
2002	11,23333		1995	9,616667		2015	13,125		2018	13,86667		1999	13,86667
2003	11,60833		1996	10,19167		2016	13,4		2019	13,65833		2000	13,40833
2004	11,3		1997	9,666667		2017	13,4		2020	13,875		2001	13,93333
2005	11,51667		1998	10,86667		2018	14,3		2021	13,75		2002	13,21667
2006	11,65		1999	10,83333		2019	13,66667					2003	13,54167
2007	11,68333		2000	10,13333		2020	13,94167					2004	13,3
2008	12,225		2001	10,65		2021	13,99167					2005	13,175
2009	12,05833		2002	9,941667								2006	13,54167
2010	13,66667		2003	10,225								2007	13,89167
2011	11,05833		2004	9,708333								2008	13,675
2012	12,00833		2005	9,891667								2009	13,6
2013	11,51667		2006	10,18333								2010	15,1
2014	12,28333		2007	10,425								2011	13,225
2015	12,06667		2008	10,69167								2012	14,20833
2016	11,925		2009	10,425								2013	13,95
2017	11,83333		2010	11,73333								2014	14,325
2018	13,675		2011	10,20833								2015	14,06667
2019	12,725		2012	10,73333								2016	14,3
2020	12,70833		2013	10,73333								2017	14,1
2021	13,3		2014	11,5								2018	15,01667
			2015	10,95833								2019	14,33333
			2016	11,16667								2020	14,625
			2017	11,2								2021	14,93333
			2018	12,40833									
			2019	11,65833									
			2020	11,69167									
			2021	11,78333									

EK-11: Yıllık Ortalama Minimum Hava Sıcaklık Değerleri (Mardin, Batman, Ergani, Çermik, Kahta)

YILLIK ORTALAMA MİNİMUM HAVA SICAKLIĞI (C°)																				
MARDİN			BATMAN			ERGANİ			ÇERMİK			KAHTA								
1941	12,01667		1959	8,6		1965	9,8		1981	10,34167		1989	11,90833							
1942	12,4		1960	6,325		1966	11,85833		1982	8,758333		1990	12,21667							
1943	12		1961	7,925		1967	9,55		1983	8,85		1991	12,06667							
1944	12,64167		1962	9,133333		1968	10,525		1984	9,408333		1992	10,00833							
1945	11,94167		1963	7,55		1969	10,84167		1985	9,3		1993	11,1							
1946	12,23333		1964	8,1		1970	11,69167		1986	9,575		1994	12,6							
1947	13,81667		1965	8,65		1971	10,90833		1987	9,425		1995	12,08333							
1948	12,19167		1966	9,475		1972	9,533333		1988	10,15833		1996	12,50833							
1949	12,0875		1967	8,375		1973	10,45833		1989	10,13333		1997	11,4							
1950	11,9		1968	7,141667		1974	10,58333		1990	9,941667		1998	12,89167							
1951	11,275		1969	7,491667		1975	10,46667		1991	9,791667		1999	12,84167							
1952	11,925		1970	8,733333		1976	9,791667		1992	8,275		2000	12,25833							
1953	10,71667		1971	7,591667		1977	10,84167		1993	9,425		2001	12,89167							
1954	11,88333		1972	7,233333		1978	11,15		1994	11,2		2002	12,15							
1955	12,525		1973	7,75		1979	11,29167		1995	10,275		2003	12,275							
1956	10,58333		1974	7,908333		1980	10,68333		1996	11,05833		2004	12,10833							
1957	11,15833		1975	9,291667		1981	11,18333		1997	9,6		2005	12,51667							
1958	11,775		1976	9,125		1982	9,283333		1998	10,925		2006	12,69167							
1959	10,99167		1977	9,825		1983	10,01667		1999	10,775		2007	12,6							
1960	12,3		1978	8,016667		1984	11,16667		2000	10,30833		2008	12,50833							
1961	11,30833		1979	9,008333		1985	11,35		2001	10,73333		2009	12,625							
1962	12,95833		1980	8,833333		1986	11,45833		2002	10,1		2010	14,08333							
1963	11,55		1981	9,375		1987	10,625		2003	10,675		2011	12,025							
1964	11,04167		1982	9,891667		1988	10,53333		2004	10,05		2012	12,75833							
1965	11,325		1983	9,966667		1989	11,56667		2005	10,275		2013	12,775							
1966	12,975		1984	9,775		1990	11,20833		2006	10,36667		2014	13,61667							
1967	10,14167		1985	9,441667		1991	11,225		2007	10,29167		2015	13,08333							
1968	11,25833		1986	9,483333		1992	9,258333		2008	10,55833		2016	13,40833							
1969	11,575		1987	10,33333		1993	10,41667		2009	10,58333		2017	13,175							
1970	12,40833		1988	8,35		1994	11,94167		2010	11,60833		2018	14,26667							
1971	11,85		1989	9,425		1995	11,19167		2011	9,675		2019	13,6							
1972	10,775		1990	11,29167		1996	11,725		2012	10,23333		2020	13,95							
1973	11,225		1991	10,46667		1997	10,35833		2013	10,28333		2021	13,99167							
1974	11,75		1992	11,275		1998	11,725		2014	10,74167										
1975	12,06667		1993	9,858333		1999	11,94167		2015	9,808333										
1976	11,675		1994	11,00833		2000	11,2		2016	10,225										
1977	11,44167		1995	10,775		2001	11,74167		2017	9,8										
1978	12,6		1996	10,3		2002	11,70833		2018	11,64167										
1979	13,16667		1997	10,91667		2003	11,46667		2019	10,775										
1980	12,175		1998	10,04167		2004	10,83333		2020	10,68333										
1981	10,95833		1999	10,5		2005	11,20833		2021	10,78333										
1982	11,18333		2000	7,625		2006	11,6													
1983	12,06667		2001	8,541667		2007	11,55833													
1984	12,29167		2002	7,783333		2008	11,825													
1985	12,225		2003	8,225		2009	11,44167													
1986	12,70833		2004	9,166667		2010	12,73333													
1987	12,30833		2005	8,791667		2011	10,25													
1988	11,25		2006	9,225		2012	11,00833													
1989	12,65833		2007	7,508333		2013	11,10833													
1990	12,39167		2008	9,225		2014	13,20833													
1991	12,38333		2009	7,533333		2015	11,59167													
1992	9,966667		2010	9,258333		2016	11,59167													
1993	11,35		2011	8,366667		2017	11,54167													
1994	12,75		2012	7,35		2018	12,73333													
1995	12,21667		2013	8,441667		2019	12,15													
1996	12,71667		2014	9,541667		2020	12,525													
1997	11,35		2015	8,55		2021	12,575													
1998	13,30833		2016	8,058333																
1999	13,13333		2017	8,483333																
2000	12,21667		2018	15,89167																
2001	12,51667		2019	24,41667																
2002	12,125		2020	24,41667																
2003	12,125		2021	25,71667																
2004	12,25																			
2005	12,51667																			
2006	12,83333																			
2007	12,4																			
2008	13,14167																			
2009	12,325																			
2010	14,35833																			
2011	12,49167																			
2012	13,39167																			
2013	13,20833																			
2014	14,05833																			
2015	13,76667																			
2016	13,55																			
2017	14,09167																			
2018	14,56667																			
2019	13,85833																			
2020	14,125																			
2021	14,58333																			

EK-12: Yıllık Ortalama Minimum Hava Sıcaklık Değerleri (Siverek, Hilvan, Bozova, Nusaybin, Cizre)

YILLIK ORTALAMA MİNİMUM HAVA SICAKLIĞI (C°)																				
SİVEREK			HİLVAN			BOZOVA			NUSAYBİN			CİZRE								
1985	11,425		1999	9,525		2000	10,19167		1966	14,325		1962	12,15							
1986	11,65		2000	8,725		2001	10,00833		1967	13,11667		1963	11,06667							
1987	11,225		2001	9,933333		2002	9,316667		1968	13,89167		1964	11,65417							
1988	10,8		2002	9,275		2003	9,741667		1969	14,225		1965	13,18333							
1989	11,6		2003	9,866667		2004	9,341667		1970	14,59167		1966	11,80833							
1990	11,41667		2004	9,241667		2005	9,008333		1971	13,29167		1967	12,71667							
1991	11,425		2005	9,341667		2006	8,875		1972	12,34167		1968	13,56667							
1992	9,608333		2006	9,65		2007	10,43333		1973	12,96667		1969	13,33333							
1993	10,675		2007	9,3		2008	10,18333		1974	13,60833		1970	12,94167							
1994	12,09167		2008	9,5		2009	8,75		1975	13,31667		1971	12,19167							
1995	11,31667		2009	9,366667		2010	11,74167		1976	12,9		1972	12,19167							
1996	11,825		2010	10,93333		2011	10,60833		1977	14,05833		1973	12,925							
1997	10,71667		2011	8,716667		2012	11,50833		1978	13,63333		1974	12,58333							
1998	12,20833		2012	9,966667		2013	11,00833		1979	15,21667		1975	12,40833							
1999	12,46667		2013	9,458333		2014	12,15833		1980	13,4		1976	13,025							
2000	11,45833		2014	10,20833		2015	11,14167		1981	13,83333		1977	13,625							
2001	11,925		2015	9,55		2016	11,41667		1982	13,1		1978	14,41667							
2002	11,46667		2016	9,7		2017	11,025		1983	13,34167		1979	13,15833							
2003	11,55833		2017	9,125		2018	12,55833		1984	12,80833		1980	13,55							
2004	11,46667		2018	10,86667		2019	11,8		1985	12,38333		1981	12,20833							
2005	11,68333		2019	10,45		2020	11,71667		1986	13,56667		1982	12,65							
2006	11,64167		2020	9,833333		2021	11,51667		1987	13,35833		1983	13,2							
2007	11,13333		2021	9,516667					1988	13,41667		1984	13,16667							
2008	11,075								1989	12,975		1985	14							
2009	10,6								1990	12,71667		1986	13,275							
2010	12,25								1991	12,63333		1987	13,54167							
2011	11,13333								1992	11,23333		1988	13,3							
2012	12,2								1993	12,13333		1989	13,175							
2013	11,85833								1994	13,4		1990	13,86667							
2014	12,26667								1995	12,675		1991	11,90833							
2015	11,73333								1996	13,76667		1992	11,53333							
2016	11,76667								1997	12,575		1993	14,18333							
2017	11,525								1998	14,325		1994	13,19167							
2018	12,7								1999	14,04167		1995	14,175							
2019	12,05833								2000	13,74167		1996	12,725							
2020	12,35833								2001	14,175		1997	14,06667							
2021	12,425								2002	13,46667		1998	14,21667							
									2003	14		1999	13,98333							
									2004	13,66667		2000	14,43333							
									2005	13,66667		2001	13,725							
									2006	14,30833		2002	14,35							
									2007	14,36667		2003	13,90833							
									2008	14,38333		2004	13,925							
									2009	14,075		2005	14,24167							
									2010	15,79167		2006	14,48333							
									2011	14,1		2007	14,975							
									2012	15,49167		2008	14,00833							
									2013	14,6		2009	14,675							
									2014	15,26667		2010	12,60833							
									2015	15,16667		2011	13,96667							
									2016	15,29167		2012	13,23333							
									2017	15,39167		2013	13,81667							
									2018	14,83333		2014	13,41667							
									2019	14,51667		2015	13,45833							
									2020	14,85		2016	13,65							
									2021	14,875		2017	14,8							
												2018	14,14167							
												2019	14,25833							
												2020	14,625							
												2021	16,575							

EK-13: Yıllık Ortalama Minimum Hava Sıcaklık Değerleri (Birecik, Ceylanpınar, Akçakale, Diyarbakır)

YILLIK ORTALAMA MİNİMUM HAVA SICAKLIĞI (C°)									
BİRECİK		CEYLANPINAR		AKÇAKALE		DİYARBAKIR			
1964	10,275	1957	9,833333	1965	10,09167	1980	3,133333		
1965	10,24167	1958	9,166667	1966	12	1981	4,4		
1966	11,23333	1959	10,575	1967	10,43333	1982	2,608333		
1967	9,833333	1960	10	1968	10,8	1983	2,441667		
1968	10,95	1961	10,84167	1969	11,2	1984	4,141667		
1969	10,78333	1962	10,35	1970	10,90833	1985	3,391667		
1970	11,05	1963	8,391667	1971	10,38333	1986	4,433333		
1971	9,85	1964	9,191667	1972	9,366667	1987	2,566667		
1972	8,541667	1965	10,55833	1973	9,966667	1988	1,225		
1973	9,675	1966	9,175	1974	10,61667	1989	2,1		
1974	10,025	1967	9,65	1975	10,225	1990	1,733333		
1975	10,18333	1968	9,85	1976	10,38333	1991	2,016667		
1976	10,33333	1969	9,816667	1977	11,05	1992	-0,99167		
1977	10,28333	1970	8,891667	1978	11,25	1993	1,133333		
1978	10,49167	1971	8,125	1979	12,01667	1994	3,775		
1979	11,40833	1972	8,591667	1980	10,99167	1995	2,5		
1980	8,983333	1973	9,533333	1981	11,63333	1996	3,541667		
1981	11,01667	1974	8,95	1982	10,125	1997	0,225		
1982	9,733333	1975	9,166667	1983	10,075	1998	3,016667		
1983	10,01667	1976	9,566667	1984	10,55	1999	2,875		
1984	10,01667	1977	10,13333	1985	10,40833	2000	2,958333		
1985	10,04167	1978	11,15	1986	10,38333	2001	2,866667		
1986	10,51667	1979	10,54167	1987	10,64167	2002	1,275		
1987	9,516667	1980	10,93333	1988	10,675	2003	2,625		
1988	10,33333	1981	9,35	1989	9,75	2004	0,833333		
1989	10,15	1982	9,583333	1990	8,858333	2005	2,533333		
1990	9,733333	1983	10,01667	1991	9,008333	2006	1,4		
1991	10,61667	1984	10,00833	1992	7,058333	2007	0,283333		
1992	8,8	1985	10,25833	1993	8,666667	2008	2,9		
1993	9,75	1986	9,816667	1994	11,49167	2009	2,608333		
1994	11,375	1987	10,08333	1995	10,2	2010	4,516667		
1995	10,525	1988	9,191667	1996	11,20833	2011	2,675		
1996	11,11667	1989	9,583333	1997	9,65	2012	3,816667		
1997	9,975	1990	10,375	1998	11,1	2013	2,791667		
1998	10,69167	1991	8,641667	1999	10,38333	2014	3,558333		
1999	10,54167	1992	9,275	2000	9,716667	2015	3,783333		
2000	10,00833	1993	10,875	2001	10,13333	2016	2,091667		
2001	10,80833	1994	9,666667	2002	10,23333	2017	3,675		
2002	10,19167	1995	10,70833	2003	10,10833	2018	5,825		
2003	10,79167	1996	9,491667	2004	9,625	2019	4,241667		
2004	10,35833	1997	11,01667	2005	10,51667	2020	4,025		
2005	10,34167	1998	10,725	2006	10,54167	2021	4,741667		
2006	10,31667	1999	10,49167	2007	11,21667				
2007	10,71667	2000	11,19167	2008	11,25				
2008	10,5	2001	10,4	2009	12,11667				
2009	10,75833	2002	10,54167	2010	13,025				
2010	11,54167	2003	10,2	2011	10,65833				
2011	10,8	2004	10,15833	2012	11,84167				
2012	11,64167	2005	10,3	2013	11,3				
2013	11,275	2006	10,46667	2014	12,2				
2014	12,39167	2007	10,59167	2015	11,725				
2015	10,71667	2008	10,70833	2016	12,025				
2016	10,50833	2009	11,775	2017	11,46667				
2017	10,08333	2010	10,46667	2018	13,25				
2018	11,98333	2011	11,74167	2019	12,38333				
2019	10,65833	2012	10,675	2020	12,2				
2020	10,66667	2013	11,29167	2021	12,15833				
2021	10,61667	2014	10,7						
		2015	12,61667						
		2016	11,625						
		2017	12,95833						
		2018	12,39167						
		2019	13,225						
		2020	12,80833						
		2021	14,975						

EK-14: Yıllık Ortalama Toplam Yağış ve Düzeltilmiş Evapotranspirasyon (MM) (Siirt, Gaziantep, Kilis, Adıyaman)

YILLIK ORTALAMA TOPLAM YAĞIŞ VE DÜZELTİLMİŞ EVAPOTRANSPİRASYON (MM)												
SİİRT			ANTEP			KİLİS			ADIYAMAN			
	düz pet	yağış		düz pet	yağış		düz pet	yağış		düz pet	yağış	
1947	1023,994	666,1	1940	852,0189	692,3	1959	822,4445	347,5	1963	971,4936	872,2	
1948	939,0503	836,1	1941	862,2797	388,5	1960	960,6854	415,3	1964	994,5853	665,7	
1949	946,5121	824,1	1942	870,3727	642,7	1961	926,0169	557,1	1965	993,6884	746,9	
1950	947,1626	1034,8	1943	829,3577	543,2	1962	988,9893	464,9	1966	1063,418	839,5	
1951	936,8765	1089	1944	841,7187	677,7	1963	961,6784	717,8	1967	921,2999	1020	
1952	967,4274	1109,1	1945	859,3182	439,7	1964	920,3127	431	1968	968,4996	974,3	
1953	928,3098	1082,9	1946	841,0002	607,7	1965	939,7861	623,2	1969	983,4219	1006,9	
1954	982,6061	1042,7	1947	895,6454	491,2	1966	977,5683	452,5	1970	1028,114	443,7	
1955	986,9423	656,5	1948	832,9793	688,8	1967	880,4389	722,7	1971	990,2916	650,8	
1956	898,1372	535,5	1949	826,1216	436,1	1968	918,6109	737,6	1972	943,1057	541,7	
1957	928,1417	860,1	1950	833,412	476,1	1969	923,2137	559,7	1973	1010,493	467,6	
1958	962,1099	596,2	1951	852,1334	583,3	1970	946,3305	323,5	1974	990,5644	686,6	
1959	902,8723	614,7	1952	865,805	542,6	1971	917,0553	513,9	1975	997,1882	633,2	
1960	968,1275	525,5	1953	828,292	725	1972	876,7982	576,4	1976	914,2975	1060,3	
1961	966,2368	583,7	1954	880,2255	730,9	1973	952,0521	331,3	1977	1010,214	570,6	
1962	1049,507	604,6	1955	887,8989	401,2	1974	939,4287	577,8	1978	1012,979	572,9	
1963	921,6038	1228,3	1956	824,9578	441,8	1975	936,1373	501,8	1979	1029,092	690,9	
1964	946,4202	600,4	1957	882,0088	424,7	1976	886,7425	769,6	1980	1019,697	857	
1965	938,2227	696,9	1958	873,8462	346,9	1977	954,5528	474,2	1981	1025,103	881,4	
1966	978,4376	710,1	1959	843,824	366,9	1978	945,9155	500,4	1982	937,8148	485,4	
1967	864,3275	1029,5	1960	871,3979	450,9	1979	976,4366	445,5	1983	943,7413	720,9	
1968	897,2615	938,5	1961	854,8698	518,7	1980	937,2959	544,7	1984	977,8851	624,5	
1969	923,3133	913,1	1962	912,5791	461,5	1981	957,4135	535,9	1985	1017,597	534,4	
1970	987,8654	430,8	1963	837,8095	625,5	1982	904,0253	310,6	1986	1025,24	678,6	
1971	944,8163	622,3	1964	825,9023	530,9	1983	903,7962	462,4	1987	980,5115	823,9	
1972	894,9402	697,9	1965	830,9488	640,9	1984	932,0128	401,7	1988	969,6197	898,4	
1973	952,0647	431,8	1966	876,7789	554,1	1985	983,9646	460,1	1989	1071,825	451,1	
1974	966,7834	474	1967	783,2598	714,5	1986	907,857	493	1990	1007,538	466,8	
1975	960,3957	584,3	1968	822,3209	802,5	1987	913,2928	549,5	1991	1013,109	756,1	
1976	877,0525	842,3	1969	821,7307	677,1	1988	916,2219	770,5	1992	925,8273	566,9	
1977	943,9753	573,9	1970	853,0549	330,6	1989	958,4805	294,2	1993	972,0248	657,3	
1978	956,3243	740,4	1971	831,0223	540,4	1990	967,7183	290,7	1994	1104,669	901,1	
1979	981,0129	759,8	1972	803,5312	568,1	1991	916,8552	577,7	1995	975,5443	585,5	
1980	959,0433	548,1	1973	851,6387	325,1	1992	899,9939	383,9	1996	1018,685	1132,1	
1981	932,5126	810,4	1974	842,0209	584,7	1993	938,2147	372,4	1997	962,9751	773,1	
1982	872,1674	691,7	1975	841,8713	544,2	1994	1015,724	658,1	1998	1088,946	790,7	
1983	907,0087	696,9	1976	815,2224	766,3	1995	945,7462	408,7	1999	1064,944	486,3	
1984	940,9539	515,6	1977	858,8949	490,6	1996	953,0857	814,4	2000	1049,299	584	
1985	980,4097	722,3	1978	872,297	517,6	1997	908,2363	567,7	2001	1051,298	839,5	
1986	988,4789	575,3	1979	876,5736	518,4	1998	1014,617	458,5	2002	1011,749	593,4	
1987	964,9941	1022,4	1980	870,6995	611,3	1999	989,98	322,5	2003	1039,484	934,3	
1988	905,4295	1046,4	1981	878,2598	586,5	2000	997,6004	459	2004	1021,19	749,1	
1989	1034,696	489	1982	818,2845	399,3	2001	992,4481	558,8	2005	1031,7	461,6	
1990	962,7997	518,7	1983	818,1179	521,1	2002	964,0546	418,2	2006	1088,549	678	
1991	976,5111	773,9	1984	834,2657	529,6	2003	972,4908	502,8	2007	1101,042	599,7	
1992	831,0793	786,1	1985	866,942	479,2	2004	961,7075	531,5	2008	1085,768	498,8	
1993	881,1909	1010,2	1986	875,3481	504,3	2005	941,6234	337,6	2009	998,7854	905,4	
1994	977,232	895,2	1987	844,0572	648,2	2006	968,2234	463,2	2010	1178,502	619,4	
1995	942,1673	695,1	1988	836,5168	719,6	2007	1025,291	399	2011	1011,829	646,2	
1996	972,3918	897,1	1989	901,3761	409,6	2008	1009,958	379,7	2012	1098,886	1169,9	
1997	910,1986	622,1	1990	868,5651	375	2009	1047,074	448,5	2013	1052,399	552,1	
1998	1040,974	619,1	1991	871,5969	622,4	2010	1059,09	448,35	2014	1092,915	737,6	
1999	1028,557	445,4	1992	799,067	436,9	2011	934,1874	458,5	2015	1062,613	691,9	
2000	1034,904	509,1	1993	841,9989	577,05	2012	1026,463	786,8	2016	1118,57	536,6	
2001	999,3061	709,6	1994	928,2369	743,1	2013	991,2431	337,8	2017	1117,808	418,5	
2002	953,3151	624	1995	866,5544	399,8	2014	995,2652	311	2018	1130,702	1064,1	
2003	974,038	835,2	1996	880,0053	1009,65	2015	1005,132	560,3	2019	1119,433	1015,9	
2004	966,2254	677,2	1997	843,7698	662,2	2016	1040,799	354,5	2020	1167,417	820,95	
2005	991,4103	573,1	1998	937,937	599,8	2017	1042,547	309,1	2021	1149,781	417,7	
2006	1028,58	730,1	1999	935,4487	381,1	2018	1058,824	685,3				
2007	1018,436	531,7	2000	935,4851	577,1	2019	1037,766	629				
2008	1067,234	458,5	2001	923,3856	696,4	2020	1083,413	434,8				
2009	967,2963	812,7	2002	874,2191	496,4	2021	1070,748	348				
2010	1119,845	455,3	2003	892,7527	762,2							
2011	960,557	691,1	2004	913,8093	632							
2012	1043,104	702,8	2005	887,5598	483,4							
2013	996,8813	670,5	2006	912,0205	671,2							
2014	1035,275	634,3	2007	949,0771	509,3							
2015	1044,468	667,7	2008	953,6296	338,8							
2016	1036,159	778,8	2009	872,2441	554,1							
2017	1056,519	557,4	2010	992,7206	539,9							
2018	1118,218	783,8	2011	883,8733	635,3							
2019	1066,016	796	2012	935,0362	864,8							
2020	1078,468	758,8	2013	908,3408	450,2							
2021	1148,16	404,7	2014	940,7349	446							
			2015	930,1737	589,1							
			2016	976,2102	487,5							
			2017	972,3349	366,9							
			2018	973,0312	769,4							
			2019	961,0186	750,6							
			2020	990,5965	486,6							
			2021	989,9423	363,6							

EK-15: Yıllık Ortalama Toplam Yağış ve Düzeltilmiş Evapotranspirasyon (MM) (Şanlıurfa, Mardin, Batman, Ergani)

YILLIK ORTALAMA TOPLAM YAĞIŞ VE DÜZELTİLMİŞ EVAPOTRANSPİRASYON (MM)												
ŞANLIURFA			MARDİN			BATMAN			ERGANİ		
	düz pet	yağış		düz pet	yağış		düz pet	yağış		düz pet	yağış
1945	1108,457	350,15	1942	989,7219	881,4	1963	875,7302	820,8	1965	893,1959	661,6
1946	1124,89	462	1943	968,8207	603,5	1964	891,1933	488,3	1966	956,6071	735
1947	1073,817	354	1944	966,6014	682,7	1965	917,2287	544,2	1967	837,0589	1120,8
1948	1196,285	438,4	1945	964,2652	598	1966	953,5849	462,4	1968	900,7693	850,1
1949	1099,034	521,15	1946	906,4073	794,7	1967	862,2005	761,4	1969	933,7837	901,5
1950	1098,131	538,4	1947	1026,798	687,5	1968	896,6206	802,2	1970	915,5669	550,2
1951	1086,232	425,4	1948	946,9546	810,3	1969	913,0859	704,5	1971	874,0568	830,3
1952	1116,935	457,4	1949	956,1567	667,5	1970	1002,379	324,8	1972	916,91	641,9
1953	1145,907	548,8	1950	931,959	597,5	1971	958,1108	375,3	1973	910,2525	571,8
1954	1115,836	790,9	1951	932,8517	663,5	1972	922,1024	534,1	1974	943,2561	795,9
1955	1202,87	443,35	1952	957,4163	805,6	1973	964,3979	240,1	1975	857,1618	680,1
1956	1183,336	348,9	1953	922,0069	728,3	1974	980,2724	463	1976	910,8009	1219,6
1957	1070,863	536,7	1954	964,3719	1029,3	1975	937,867	468,5	1977	912,9737	606,4
1958	1098,084	373,4	1955	977,1118	733,15	1976	867,1916	624	1978	934,0248	684,3
1959	1110,454	323,8	1956	898,5292	599,3	1977	923,3799	376,3	1979	936,9942	832,9
1960	1039,532	449,8	1957	927,1796	897,2	1978	924,8158	534,4	1980	929,9652	830,9
1961	1127,194	544,2	1958	947,6562	470,2	1979	988,8432	474	1981	885,9034	776,2
1962	1109,794	423,5	1959	885,3477	487	1980	971,385	406,2	1982	880,4647	792,7
1963	1223,957	656,2	1960	929,1602	471,9	1981	963,9712	500,8	1983	902,0467	675,3
1964	1066,213	493,95	1961	914,6603	753,2	1982	888,5818	448	1984	967,2031	531,6
1965	1067,306	491,4	1962	995,4739	505,7	1983	943,945	524,3	1985	961,8405	675,7
1966	1073,17	336,1	1963	887,7494	980,9	1984	957,1667	341,7	1986	928,1734	934,8
1967	1164,688	786,7	1964	896,5097	617,3	1985	982,5321	567,5	1987	883,8443	1351,9
1968	972,3738	618,2	1965	887,4351	732,8	1986	971,3947	366,5	1988	1014,671	1020,3
1969	1045,824	777	1966	939,8865	607,9	1987	977,4688	628,1	1989	946,3865	520
1970	1070,355	254,9	1967	809,5728	1188,1	1988	935,9084	726,6	1990	960,7071	652,5
1971	1112,171	532,8	1968	861,2321	1045,7	1989	1049,735	337,6	1991	853,681	1013,6
1972	1076,674	410,2	1969	871,2341	954,5	1990	994,9916	347,4	1992	900,2336	821,1
1973	1004,168	219,3	1970	926,0578	411,2	1991	1007,259	549,5	1993	1008,201	696,6
1974	1091,307	460,2	1971	901,7456	737,4	1992	877,1829	543,7	1994	933,2147	811,1
1975	1068,456	467,4	1972	876,4627	772,9	1993	929,6919	571,1	1995	966,0329	562,3
1976	1081,329	696,3	1973	904,6652	427	1994	1051,326	596,8	1996	885,3835	947,8
1977	979,2911	378,9	1974	925,1129	864,95	1995	996,4216	443,6	1997	1012,913	728,2
1978	1090,528	346,1	1975	939,1737	666,4	1996	1027,716	663,9	1998	1005,619	808,5
1979	1099,891	488,5	1976	877,4161	981,1	1997	961,4677	459,8	1999	988,657	446,7
1980	1120,527	461,3	1977	935,6825	524,6	1998	1080,399	398,35	2000	991,2279	601,1
1981	1098,264	521,7	1978	941,5887	896,2	1999	1068,351	327,6	2001	1049,34	801,5
1982	1095,452	348	1979	954,8709	759,4	2000	1053,408	371,6	2002	1006,114	626,5
1983	1005,875	509,3	1980	929,182	613,95	2001	1031,798	458,5	2003	981,0621	895,7
1984	1033,19	381,8	1981	910,8538	878,6	2002	996,6164	478,7	2004	991,8008	733,3
1985	1062,239	462	1982	860,4373	987,4	2003	1042,913	597,92	2005	1064,109	617,3
1986	1130,804	445,4	1983	901,0724	630,4	2004	928,062	343,08	2006	1064,518	808,8
1987	1149,983	531,4	1984	930,1753	404,9	2005	953,9406	400,1	2007	1079,941	657,3
1988	1095,865	704,7	1985	959,1121	744	2006	985,948	619,6	2008	956,8194	603
1989	1053,303	309,9	1986	963,3984	719	2007	977,6469	381,2	2009	1073,967	906,7
1990	1164,14	267,5	1987	927,5684	1193,9	2008	1012,151	296,9	2010	932,5948	738,9
1991	1145,587	449,6	1988	878,2077	993,3	2009	902,6009	405,2	2011	1006,432	755
1992	1138,375	391,9	1989	988,2683	348,1	2010	1037,567	327,4	2012	976,2326	755,2
1993	1009,261	482,9	1990	953,9272	343	2011	918,549	534,9	2013	1050,554	432
1994	1078,276	527,8	1991	940,5617	562,1	2012	1021,75	629,7	2014	988,0524	460,6
1995	1205,252	269,7	1992	842,9291	727,35	2013	955,5153	490,3	2015	982,8018	695,4
1996	1109,334	854,7	1993	899,2423	588,6	2014	1006,283	452	2016	1002,057	501,4
1997	1127,477	450,9	1994	986,461	856,3	2015	988,4843	425,4	2017	1021,396	454
1998	1053,432	425,3	1995	928,7136	627,8	2016	984,7867	444,5	2018	983,6235	925,6
1999	1233,451	301,6	1996	965,643	869,9	2017	960,5495	407	2019	1026,157	1001
2000	1193,033	387,9	1997	900,5557	630,1	2018	1018,146	610,9	2020	1046,385	525
2001	1197,568	546,4	1998	1063,036	462,6	2019	968,6652	603,8	2021	1048,056	345,8
2002	1166,103	327,8	1999	1001,066	559,7	2020	947,4205	603,5			
2003	1127,391	513,9	2000	1002,667	525,7	2021	1038,158	236,8			
2004	1181,58	511,8	2001	973,2761	522,35						
2005	1155,259	337,1	2002	946,924	449						
2006	1128,533	355,2	2003	967,3599	754,1						
2007	1207,668	364,2	2004	955,1121	669,25						
2008	1248,205	314,1	2005	961,2487	454,1						
2009	1223,154	445,7	2006	1003,113	763,2						
2010	1133,556	309,5	2007	980,1038	468,9						
2011	1346,583	438,1	2008	1023,649	247,6						
2012	1122,155	622,8	2009	932,613	468,8						
2013	1258,483	376,5	2010	1107,933	340,1						
2014	1176,853	406,3	2011	944,6455	538,8						
2015	1201,606	386,8	2012	1025,928	758,5						
2016	1204,931	312,3	2013	971,1965	765,8						
2017	1271,571	196,4	2014	1006,843	525						
2018	1258,202	737,3	2015	1026,491	566						
2019	1248,433	797,6	2016	1025,611	636,5						
2020	1251,255	443,95	2017	1071,069	364						
2021	1317,368	167,8	2018	1034,791	1004,4						
	1315,393		2019	1022,721	771,7						
			2020	1065,805	489,6						
			2021	1079,065	265,9						

EK-16: Yıllık Ortalama Toplam Yağış ve Düzeltilmiş Evapotranspirasyon (MM) (Çermik, Kahta, Siverek, Hilvan)

YILLIK ORTALAMA TOPLAM YAĞIŞ VE DÜZELTİLMİŞ EVAPOTRANSPİRASYON (MM)														
ÇERMİK				KAHTA				SİVEREK				HİLVAN		
	düz pet	yağış			düz pet	yağış			Düz pet	yağış			düz pet	yağış
1981	944,0094	894		1989	1108,505	516,1		1985	976,6875	593		1999	976,8409	265,9
1982	884,8125	685,6		1990	1100,339	441,2		1986	994,4678	485		2000	970,3006	369,5
1983	905,1078	716		1991	1150,338	708,2		1987	936,9345	784,4		2001	977,3797	495
1984	907,4112	592,6		1992	1010,051	497,4		1988	913,9642	771,5		2002	956,7101	337
1985	975,0604	614,8		1993	1020,213	559,2		1989	1025,939	371,6		2003	964,439	625
1986	953,9795	832,2		1994	1060,113	729,2		1990	992,3757	368,6		2004	948,5066	502,4
1987	935,0292	1002,2		1995	967,5893	606,1		1991	979,414	554,3		2005	973,337	372,8
1988	917,7468	949,9		1996	973,5674	1038,3		1992	891,1909	474,9		2006	1026,76	481,5
1989	1041,637	524,4		1997	927,2238	752,9		1993	925,5468	659,1		2007	988,1324	408,7
1990	983,8899	499,3		1998	1076,54	625,7		1994	1026,924	735,3		2008	1022,662	308,1
1991	972,5346	851,6		1999	1053,995	429		1995	961,0737	473,1		2009	932,1177	512,5
1992	880,3522	619		2000	1029,469	534,2		1996	962,0644	873,5		2010	1063,154	470,15
1993	913,9921	650,6		2001	1032,388	722,2		1997	912,5121	632,3		2011	932,3437	639,9
1994	1024,699	865,8		2002	989,6169	544,7		1998	1035,567	559,7		2012	1015,137	548,8
1995	950,5318	884,8		2003	1013,759	993,7		1999	1030,157	341,6		2013	982,5272	293
1996	983,5709	1037,6		2004	1019,14	730,4		2000	1017,129	502		2014	1019,2	402,6
1997	930,1154	806,7		2005	1014,371	545,8		2001	1007,824	728,6		2015	1004,434	442
1998	1038,62	804,1		2006	1075,789	738,4		2002	983,2012	374,1		2016	1037,965	422
1999	1013,157	464,2		2007	1061,595	576,9		2003	985,3373	694,5		2017	1024,333	221
2000	1018,596	687,4		2008	1056,011	502,8		2004	988,6323	572,3		2018	1044,675	568,2
2001	988,2393	850,2		2009	983,4267	873,1		2005	982,567	455,5		2019	1026,568	697,6
2002	965,888	721,9		2010	1149,291	655,05		2006	1044,212	610,3		2020	1044,942	440,4
2003	987,9436	877		2011	989,8501	580,3		2007	1000,353	478,6		2021	1052,28	205,6
2004	967,8109	687,3		2012	1081,084	778,4		2008	982,2455	420,8				
2005	987,3118	599,6		2013	1026,187	370,6		2009	909,6903	677,7				
2006	1035,155	746,8		2014	1075,16	665,2		2010	1124,786	505,45				
2007	1012,638	789,5		2015	1033,364	654,3		2011	961,8649	687,1				
2008	1042,626	634,1		2016	1090,941	532,2		2012	1050,064	676,3				
2009	951,8428	929,9		2017	1111,557	416		2013	972,7179	462				
2010	1082,966	679,95		2018	1123,437	1013,4		2014	1014,305	459,4				
2011	953,2616	729,8		2019	1096,363	964,4		2015	993,2943	594,8				
2012	1023,213	897,4		2020	1141,746	732,8		2016	1023,749	537,4				
2013	989,5694	335		2021	1124,489	394,8		2017	1031,466	354,6				
2014	1013,84	545,8						2018	1053,768	786,8				
2015	984,1846	704,8						2019	1042,736	802,4				
2016	1040,741	541,8						2020	1080,287	403,4				
2017	1024,017	432,2						2021	1095,141	255				
2018	1059,846	884,4												
2019	1018,917	1098,6												
2020	1039,286	641,6												
2021	1074,087	438,4												

EK-17: Yıllık Ortalama Toplam Yağış ve Düzeltilmiş Evapotranspirasyon (MM) (Birecik, Ceylanpınar, Akçakale, Diyarbakır)

YILLIK ORTALAMA TOPLAM YAĞIŞ VE DÜZELTİLMİŞ EVAPOTRANSPİRASYON (MM)															
BİRECİK				CEYLANPINAR				AKÇAKALE				DİYARBAKIR			
	düz pet	yağış			düz pet	yağış			düz pet	yağış			düz pet	yağış	
1964	1020,294	377,4		1957	1090,766	464,1		1965	1028,935	333,4		1980	956,0345	566,8	
1965	1042,994	496,5		1958	1152,554	192,4		1966	1141,988	229,2		1981	937,4703	537	
1966	1092,413	330,8		1959	1076,574	200,2		1967	984,9552	581,9		1982	875,1014	528,3	
1967	972,4885	534		1960	1175,538	189,3		1968	1054,66	406		1983	901,8692	469,4	
1968	1026,012	499,1		1961	1150,112	311,5		1969	1068,587	432,3		1984	933,5475	349	
1969	1011,623	437,8		1962	1244,473	264,3		1970	1099,937	173,85		1985	961,411	555,5	
1970	1080,843	258,1		1963	1095,672	444,4		1971	1056,479	297,3		1986	967,9822	397,5	
1971	1000,312	375,9		1964	1073,665	306,3		1972	982,5255	401		1987	916,7052	603,2	
1972	970,7747	415,5		1965	1099,595	278,6		1973	1084,954	117		1988	886,0751	622	
1973	1049,956	239		1966	1174,008	271,7		1974	1060,02	310,6		1989	987,9131	288,8	
1974	1002,715	342		1967	1032,569	492,1		1975	1073,668	293		1990	923,5176	369,9	
1975	1013,479	412,1		1968	1082,414	457,2		1976	983,313	429,9		1991	931,8496	569,6	
1976	951,3821	600,8		1969	1083,863	546,1		1977	1097,878	269,9		1992	832,4249	428,5	
1977	997,7461	330,2		1970	1133,736	224,8		1978	1069,794	219,3		1993	877,6201	517,1	
1978	1024,54	291,2		1971	1065,756	330,9		1979	1116,974	328,4		1994	965,7887	577,1	
1979	1061,031	315,8		1972	995,3496	413,9		1980	1098,991	353,6		1995	902,0928	411,6	
1980	873,5231	391,6		1973	1095,547	124,2		1981	1086,606	314		1996	934,7828	663,1	
1981	1058,687	432,9		1974	1071,744	363,5		1982	1003,538	238,3		1997	877,9037	426,9	
1982	975,1468	279,3		1975	1048,663	323,2		1983	991,9069	279,3		1998	964,3583	442,7	
1983	979,94	349,3		1976	980,4753	540,1		1984	1023,27	177,1		1999	969,2878	260,2	
1984	1003,404	331,9		1977	1085,972	310,3		1985	1069,52	265,4		2000	992,4741	387,7	
1985	1050,113	376,2		1978	1120	334,3		1986	1167,153	216,5		2001	945,0591	605,3	
1986	1072,491	318,7		1979	1150,401	307		1987	1104,4	301,4		2002	934,3796	383,4	
1987	995,3122	354,5		1980	1123,229	429,3		1988	1095,688	393,7		2003	971,1927	598,7	
1988	1031,481	533,1		1981	1069,281	374,2		1989	1167,858	219,1		2004	927,6696	476,4	
1989	1076,992	230,6		1982	995,2176	331,3		1990	1128,662	209,8		2005	964,8422	408,2	
1990	1033,45	273,6		1983	997,3043	314,3		1991	1084,33	273,5		2006	1006,75	592,5	
1991	1038,092	345,2		1984	1020,928	200,4		1992	1075,392	215,2		2007	972,7819	400,4	
1992	950,0252	289,9		1985	1079,156	306,6		1993	1101,712	376,2		2008	984,2756	371,3	
1993	1007,289	325,6		1986	1103,517	273,7		1994	1272,695	335,3		2009	902,4095	456,7	
1994	1117,628	443,7		1987	1041,658	383,4		1995	1093,464	221,8		2010	1056,876	454,4	
1995	1049,451	246,8		1988	1059,07	483,6		1996	1052,438	466,9		2011	927,8779	574	
1996	1046,397	614		1989	1102,682	189		1997	963,169	259,2		2012	1005,104	625,7	
1997	995,2703	363,6		1990	1078,821	168,9		1998	1144,749	211,7		2013	970,253	429	
1998	1089,152	330		1991	1095,755	268,3		1999	1083,036	176,9		2014	996,5552	484,5	
1999	1081,063	245		1992	984,7936	322,2		2000	1099,807	262,2		2015	986,7371	472,3	
2000	1082,564	330,6		1993	1028,292	267,3		2001	1080,641	367,1		2016	1011,838	497,6	
2001	1074,793	496,9		1994	1146,356	430		2002	1062,365	249,9		2017	997,5242	302,6	
2002	1032,938	251,9		1995	1066,796	210,7		2003	1088,149	337,8		2018	1033,592	768,6	
2003	1068,396	436,2		1996	1090,097	487,8		2004	1073,741	280,7		2019	993,5608	726,4	
2004	1045,025	455,7		1997	1020,063	258,6		2005	1072,509	211,7		2020	1008,34	543,6	
2005	1034,763	288		1998	1209,603	233,3		2006	1094,327	221,3		2021	1081,343	179,1	
2006	1081,091	365,3		1999	1143,756	201,1		2007	1130,104	197,4					
2007	1110,617	403,4		2000	1177,152	205,5		2008	1145,394	163,6					
2008	1116,319	207,4		2001	1125,384	306,1		2009	1124,526	253,8					
2009	1066,258	405,2		2002	1102,453	276,5		2010	1232,848	138,2					
2010	1209,233	280,55		2003	1117,78	339,7		2011	1071,114	267,2					
2011	1063,596	391,4		2004	1091,089	324,5		2012	1159,751	324,1					
2012	1132,694	494,3		2005	1086,106	179,1		2013	1097,171	230					
2013	1091,229	309,8		2006	1115,614	394,1		2014	1130,116	297,8					
2014	1163,244	225,4		2007	1173,318	333,4		2015	1140,154	219,2					
2015	1023,616	362		2008	1154,854	109,2		2016	1167,725	190,6					
2016	1081,092	228,8		2009	1070,236	219,8		2017	1156,751	213					
2017	1072,887	187,6		2010	1221,123	173		2018	1183,301	646,2					
2018	1094,567	518,4		2011	1091,435	231,1		2019	1152,516	529,6					
2019	1027,065	420,8		2012	1201,306	212,5		2020	1186,866	215,6					
2020	1065,332	318,8		2013	1114,699	225		2021	1202,662	108,4					
2021	1089,552	195,4		2014	1122,244	271,3									
				2015	1126,388	237,4									
				2016	1284,815	231,6									
				2017	1251,985	127,8									
				2018	1226,149	390,4									
				2019	1255,465	475,6									
				2020	1364,007	208,4									
				2021	1405,498	70,6									

EK-18: Yıllık Ortalama Toplam Yağış ve Düzeltilmiş Evapotranspirasyon (MM) (Bozova, Nusaybin, Cizre)

YILLIK ORTALAMA TOPLAM YAĞIŞ VE DÜZELTİLMİŞ EVAPOTRANSPİRASYON (MM)								
BOZOVA			NUSAYBİN			CİZRE		
	düz pet	yağış		Düz pet	yağış		düz pet	yağış
2000	977,0344	338,4	1966	1237,154	423	1962	774,8347	489,5
2001	985,622	482,5	1967	1097,771	722,7	1963	1169,689	1165,5
2002	952,063	323,8	1968	1176,029	657,4	1964	1172,625	640,25
2003	993,3342	502,2	1969	1209,268	742,3	1965	1126,842	859,1
2004	971,4805	431,9	1970	1323,134	285,9	1966	1273,055	692,8
2005	951,3917	342,9	1971	1185,488	516,2	1967	1074,295	1089,5
2006	996,2824	409,3	1972	1093,811	520	1968	1166,486	1123,1
2007	1066,832	294,9	1973	1182,384	272,4	1969	1202,786	935,4
2008	1083,392	251,1	1974	1184,669	660,7	1970	1279,709	475,3
2009	908,9724	371	1975	1198,126	588,1	1971	1252,518	667,7
2010	1132,215	322,05	1976	1086,211	539,8	1972	1153,313	844
2011	955,1003	482,1	1977	1256,392	319,6	1973	1227,795	469,6
2012	1057,654	548,9	1978	1195,064	457,4	1974	1251,428	747,9
2013	980,1554	315,4	1979	1268,438	415,8	1975	1221,071	699,7
2014	1050,911	446,4	1980	1195,572	564	1976	1127,615	645,6
2015	1036,646	344,4	1981	1205,788	487,4	1977	1288,985	595,1
2016	1085,87	283,6	1982	1105,149	473,2	1978	1322,77	602
2017	1070,987	318	1983	1154,131	376,9	1979	1373,772	669,3
2018	1071,812	642,8	1984	1107,628	223,8	1980	1271,352	696,8
2019	1049,844	554	1985	1162,462	445,3	1981	1255,04	810,6
2020	1078,268	415,6	1986	1282,05	411,2	1982	1149,951	881,8
2021	1096,436	177,2	1987	1233,963	548,8	1983	1198,46	566,2
			1988	1183,019	648,4	1984	1251,062	537,6
			1989	1202,993	298,85	1985	1293,78	619,7
			1990	1153,517	307,5	1986	1354,633	658,2
			1991	1140,251	523,2	1987	1254,508	843,3
			1992	1007,042	457,5	1988	1222,045	1029,1
			1993	1068,217	496,2	1989	1371,598	437,6
			1994	1189,029	631,5	1990	1295,666	418,2
			1995	1118,801	372,2	1991	1311,415	934,3
			1996	1157,241	727,8	1992	1123,163	986,45
			1997	1050,652	376,4	1993	949,3692	858,6
			1998	1295,563	255,5	1994	1337,814	932,2
			1999	1258,002	265,6	1995	1250,472	542,1
			2000	1306,883	444	1996	1363,557	923,4
			2001	1261,467	427,1	1997	1200,726	617,6
			2002	1206,88	414,4	1998	1463,262	421,6
			2003	1276,713	537,8	1999	1458,286	385,4
			2004	1239,586	574,8	2000	1461,203	653,4
			2005	1243,576	281,5	2001	1399,114	518,1
			2006	1330,564	573	2002	1307,92	665,9
			2007	1331,383	369,9	2003	1354,84	710
			2008	1382,878	273,3	2004	1355,532	576,7
			2009	1236,716	328,4	2005	1372,566	619,3
			2010	1519,632	330,5	2006	1417,624	653,5
			2011	1281,706	336,7	2007	1465,304	523
			2012	1433,524	423,9	2008	1629,375	361,5
			2013	1310,36	412,6	2009	1345,83	618,9
			2014	1295,538	404	2010	1536,698	508
			2015	1383,547	173,8	2011	1271,958	633,3
			2016	1366,423	178,2	2012	1465,866	669,3
			2017	1339,391	184,4	2013	1320,116	662,95
			2018	1294,929	311,5	2014	1391,775	613,5
			2019	1413,829	508,3	2015	1405,544	561,9
			2020	1376,131	391,1	2016	1396,357	850,35
			2021	1433,946	110,9	2017	1462,42	337,1
						2018	1459,422	942,5
						2019	1432,43	875,3
						2020	1480,707	707,8
						2021	1668,47	231,1