



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Yonca CİLASIN

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ve Erinç İndisi Yöntemiyle Antalya İlinin Muratpaşa  
İlçesinin 1993-2023 Yılları Arasında Meydana Gelen İklim Değişimi

Coğrafya Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2024



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Yonca CİLASIN

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ve Erinç İndisi Yöntemiyle Antalya İlinin Muratpaşa  
İlçesinin 1993-2023 Yılları Arasında Meydana Gelen İklim Değişimi

Danışman

Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK

Coğrafya Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2024

**T.C.**  
**Akdeniz Üniversitesi**  
**Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,**

Yonca Cilasın'ın bu çalışması, jürimiz tarafından Coğrafya Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Ebru AKKÖPRÜ (İmza)

Üye (Danışman) : Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK (İmza)

Üye : Prof. Dr. Osman ÇEPNİ (İmza)

Tez Başlığı: Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ve Erinç İndisi Yöntemiyle Antalya İlinin Muratpaşa İlçesinin 1993-2023 Yılları Arasında Meydana Gelen İklim Değişimi

Onay: Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Tez Savunma Tarihi: .../.../202...

Mezuniyet Tarihi: 08/08/2024

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ve Erinç İndisi Yöntemiyle Antalya İlinin Muratpaşa İlçesinin 1993-2023 Yılları Arasında Meydana Gelen İklim Değişimi” adlı bu çalışmanın, akademik kural ve etik değerlere uygun bir biçimde tarafımda yazıldığını, yararlandığım bütün eserlerin kaynakçada gösterildiğini ve çalışma içerisinde bu eserlere atıf yapıldığını belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

(İmza)

**Yonca CİLASIN**





T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



/ /

**TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU BEYAN BELGESİ**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Öğrenci Bilgileri</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                              |
| Adı-Soyadı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Yonca CİLASIN                                                                                                                                                |
| Öğrenci Numarası                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 202152064001                                                                                                                                                 |
| Anabilim Dalı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Coğrafya Anabilim Dalı                                                                                                                                       |
| Programı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Tezli Yüksek Lisans                                                                                                                                          |
| <b>Danışman Öğretim Üyesi Bilgileri</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                              |
| Unvanı, Adı-Soyadı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK                                                                                                                                     |
| <b>Yüksek Lisans Tez Başlığı</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ve Erinç İndisi Yöntemiyle Antalya İlinin Muratpaşa İlçesinin 1993-2023 Yılları Arasında Meydana Gelen İklim Değişimi |
| <b>Turnitin Bilgileri</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                              |
| Ödev Numarası                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2402356667                                                                                                                                                   |
| Rapor Tarihi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 22 Haziran 2024                                                                                                                                              |
| Benzerlik Oranı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Alıntılar hariç: %12 Alıntılar dahil: %17                                                                                                                    |
| <p style="text-align: center;"><b>SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,</b></p> <p>Yukarıda bilgileri bulunan öğrenciye ait tez çalışmasının a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana Bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 85 sayfalık kısmına ilişkin olarak Turnitin adlı intihal tespit programından Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esaslarında belirlenen filtrelemeler uygulanarak yukarıdaki detayları verilen ve ekte sunulan rapor alınmıştır.</p> <p>Danışman tarafından uygun olan seçenek işaretlenmelidir:</p> <p>(X) Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşmıyor ise:<br/>Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporunun doğruluğunu onaylarım.</p> <p>(X) Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşıyor, ancak tez/dönem projesi danışmanı intihal yapılmadığı kanısında ise:<br/>Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporunun doğruluğunu onaylar ve Uygulama Esaslarında öngörülen yüzdelik sınırlarının aşılmasına karşın, aşağıda belirtilen gerekçe ile intihal yapılmadığı kanısında olduğumu beyan ederim.</p> |                                                                                                                                                              |
| <b>Gerekçe:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                              |
| Benzerlik taraması yukarıda verilen ölçütlere uygun olarak tarafımda yapılmıştır. İlgili tezin orijinallik raporunun uygun olduğunu beyan ederim.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                              |
| Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                              |
| İmza                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                              |

## İÇİNDEKİLER

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| <b>TABLÖLAR LİSTESİ .....</b>    | <b>iii</b> |
| <b>FOTOĞRAFLAR LİSTESİ .....</b> | <b>iv</b>  |
| <b>HARİTALAR LİSTESİ .....</b>   | <b>v</b>   |
| <b>GRAFİKLER LİSTESİ .....</b>   | <b>vi</b>  |
| <b>KISALTMALAR LİSTESİ .....</b> | <b>vii</b> |
| <b>ÖZET .....</b>                | <b>ix</b>  |
| <b>SUMMARY .....</b>             | <b>x</b>   |
| <b>ÖNSÖZ .....</b>               | <b>xi</b>  |
| <b>GİRİŞ .....</b>               | <b>1</b>   |

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### ANTALYA İLİNİN FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 1.1. Antalya İlinin Jeomorfolojik Özellikleri..... | 26 |
| 1.2. Antalya İlinin Eğim Özellikleri.....          | 28 |
| 1.3. Antalya İlinin Bakı Özellikleri.....          | 30 |
| 1.4. Antalya İlinin Hidrografya Özellikleri.....   | 31 |
| 1.5. Antalya İlinin Jeolojik Özellikleri .....     | 33 |

### İKİNCİ BÖLÜM

#### KURAKLIK, KURAKLIK TİPLERİ VE KURAKLIK İNDİSLERİ

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 2.1. Kuraklık ve Kuraklık Tipleri .....            | 36 |
| 2.1.1. Meteorolojik Kuraklık .....                 | 37 |
| 2.1.2. Tarımsal Kuraklık .....                     | 38 |
| 2.1.3. Hidrolojik Kuraklık.....                    | 39 |
| 2.1.4. Sosyo-Ekonomik Kuraklık .....               | 40 |
| 2.2. Kuraklık İndisleri .....                      | 41 |
| 2.2.1. Normalin Yüzdesi İndisi (NYİ) .....         | 42 |
| 2.2.2. Yağış Anomali İndisi (YAI) .....            | 42 |
| 2.2.3. Aydeniz İndisi.....                         | 43 |
| 2.2.4. Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSİ) ..... | 44 |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 2.2.5. De Martonne-Gottman İndisi (DMGİ) ..... | 45 |
| 2.2.6. Bagnouls-Gaussen İndisi (BGİ).....      | 46 |

### ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

#### ANTALYA İLİ MURATPAŞA İLÇESİNİN 1993-2023 YILLARI ARASI KURAKLIK ANALİZİ

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Erinç İndisine Göre Muratpaşa İlçesinin 1993-2023 Yılları Arası Kuraklık Analizi Sonuçları.....                           | 48 |
| 3.2. Standartlaştırılmış Yağış İndisine (SYİ) Göre Muratpaşa İlçesinin 1993-2023 Yılları Arası Kuraklık Analizi Sonuçları..... | 51 |

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| <b>SONUÇ .....</b>           | <b>55</b> |
| <b>KAYNAKÇA.....</b>         | <b>58</b> |
| <b>Ö Z G E Ç M İ Ş .....</b> | <b>69</b> |

## TABLOLAR LİSTESİ

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 1 : Holosen döneminde Avrupa kıtası için Blytt-Sernander kronolojisi. ....                               | 2  |
| Tablo 2 : Holosende belirlenen Bond dönemleri. ....                                                            | 4  |
| Tablo 2.1 : NYİ metoduna göre indeks değerleri ve sınıflandırma. ....                                          | 42 |
| Tablo 2.2 : Yağış Anomali İndisi sınıflandırması. ....                                                         | 43 |
| Tablo 2.3 : Aydeniz sınıflandırması. ....                                                                      | 43 |
| Tablo 2.4 : Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi sınıflandırması. ....                                               | 44 |
| Tablo 2.5 : De Martonne-Gottman indis sınıflandırması. ....                                                    | 45 |
| Tablo 2.6 : Bagnouls-Gaussen İndisi Sınıflandırması. ....                                                      | 46 |
| Tablo 3.1 : Erinç İndisi iklim sınıflandırması. ....                                                           | 48 |
| Tablo 3.2 : Muratpaşa ilçesinin Erinç İndisine göre 1993-2023 yılları arasındaki iklim sınıflandırılması. .... | 50 |
| Tablo 3.3 : SYİ metoduna göre indeks değerleri ve sınıflandırma. ....                                          | 52 |
| Tablo 3.4 : Muratpaşa ilçesinin SYİ analizine göre 1993-2023 yılları arasındaki iklim sınıflandırılması. ....  | 53 |

**FOTOĞRAFLAR LİSTESİ**

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fotoğraf 1.1 : Muratpaşa ilçesinin güneyinde oluşan falezlerden bir görünüm. .... | 29 |
| Fotoğraf 1.2 : Muratpaşa ilçesinde bulunan Düden Şelalesinden bir görünüm.....    | 33 |
| Fotoğraf 2.1: Kuraklığı temsil eden bir görsel.....                               | 37 |
| Fotoğraf 2.2 : Meteorolojik kuraklık. ....                                        | 38 |
| Fotoğraf 2.3 : Tarımsal kuraklık.....                                             | 39 |
| Fotoğraf 2.4 : Hidrolojik Kuraklık. ....                                          | 40 |
| Fotoğraf 2.5 : Sosyo-Ekonomik kuraklık sonucu yaşanan göç. ....                   | 41 |



## HARİTALAR LİSTESİ

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Harita 1 : Muratpaşa ilçesi lokasyon haritası.....          | 10 |
| Harita 1.1 : Antalya ili yükselti basamakları haritası..... | 28 |
| Harita 1.2 : Antalya ili eğim haritası. ....                | 29 |
| Harita 1.3 : Antalya ili bakı haritası .....                | 30 |
| Harita 1.4 : Antalya ili hidrografi haritası.....           | 32 |
| Harita 1.5 : Antalya ili jeoloji haritası. ....             | 34 |



## GRAFİKLER LİSTESİ

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Grafik 3.1 : Muratpaşa ilçesi Erinç İndis grafiği.....                            | 51 |
| Grafik 3.2 : Muratpaşa ilçesi Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) grafiği..... | 54 |



## KISALTMALAR LİSTESİ

°C: Santigrat Derece

aSPI: Agricultural Standardized Precipitation Index / Tarımsal Standartlaştırılmış Yağış İndeksi

AVHRR: Advanced Very-High-Resolution Radiometer / Gelişmiş Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre

BGI: Bagnouls-Gaussen İndisi

BMDI: Bhalme ve Mooley Kuraklık İndeksi

By: Bin yıl

CDI: Combined Drought Index / Kombine Kuraklık İndeksi

CO<sub>2</sub>: Karbondioksit

CVA: Change Vector Analysis / Değişim Vektör Analizi

CZI: China-Z Index / Çin-Z İndeksi

DI: Deciles Index / Ondalık İndeks

DMGI: De Martonne-Gottman İndisi

DMİGM: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

DrinC: Drought Indices Calculator / Kuraklık İndeksi Hesaplayıcı

DSI: Drought Severity Index / Kuraklık Şiddet İndeksi

eRDI: Effective Reconnaissance Drought Index / Etkin Keşif Kuraklık İndeksi

GPS: Global Positioning System / Küresel Konumlama Sistemi

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change / Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelinin

Km<sup>2</sup>: Kilometrekare

LST: Land Surface Temperature / Arazi Yüzey Sıcaklığı

M: Metre

M<sup>2</sup>: Metrekare

MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

MÖ: Milattan önce

MS: Milattan sonra

NASA: National Aeronautics and Space Administration / Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index / Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi

NDVIA: Anomaly of Normalized Difference Vegetation Index / Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü Anomalisi İndeksi

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration / Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi

NY: Normal Yağış

NYİ: Normalin Yüzdesi İndisi

PDSİ: Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi

PM: Penman-Monteith

PN: Percent Normal / Normal Yüzde

Q: Kuvaterner

Q1: Eski akarsu taraça dolguları

Qb: Yamaç molozları

R: Korelasyon

RDI: Reconnaissance Drought Index / Keşif Kuraklık İndeksi

RVI: Yağış Değişkenlik İndeksi

SPEI: Standardized Precipitation Evapotranspiration Index / Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi

SPTI: Standardized Precipitation Temperature Index / Standartlaştırılmış Yağış Sıcaklık

SVI: Standardized Vegetation Index / Standartlaştırılmış Bitki Örtüsü İndeksi

SYİ: Standardized Precipitation Index / Standartlaştırılmış Yağış İndisi

TCI: Temperature Condition Index / Sıcaklık Durum İndeksi

TH: Thornthwaite

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

UNCCD: United Nations Convention to Combat Desertification / Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi

Vb.: Ve benzeri

VCI: Vegetation Condition Index / Bitki Örtüsü Durum İndeksi

Vd.: Ve diğerleri

VH: Vegetation Health Index / Bitki Sağlığı İndeksi

WMO: World Meteorological Organization / Dünya Meteoroloji Örgütü

YAI: Yağış Anomali İndisi

ZSI: Z-Score Index / Z-Skor İndeksi

Im: Erinç Yağış Etkinliği İndisi

## ÖZET

Bu yüksek lisans tez çalışması, Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ve Erinç İndisi yöntemleriyle Antalya ilinin Muratpaşa ilçesinde 1993-2023 yılları arasında meydana gelen iklim değişikliğini ve kuraklık durumunu detaylı bir şekilde incelemektedir. Literatür çalışmasının sonuçlarına göre, Muratpaşa ilçesindeki son 30 yıllık iklim değişikliklerini analiz etmek için en uygun yöntemin SYİ olduğu belirlenmiştir. Bu analizler için gereken yağış verileri, 17300 numaralı Antalya Havalimanı meteoroloji istasyonundan temin edilmiş ve R stüdyo ortamında işlenerek sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, çeşitli tablo ve grafiklerle görselleştirilmiş ve detaylı bir şekilde yorumlanmıştır. Çalışmanın güvenilirliğini artırmak amacıyla, SYİ analizine ek olarak ikinci bir yöntem olarak Erinç İndisi tercih edilmiştir. Erinç İndisi için gerekli olan sıcaklık ve yağış verileri yine 17300 numaralı Antalya Havalimanı meteoroloji istasyonundan temin edilmiş ve bu veriler Microsoft Excel programı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler de grafik ve tablolar haline getirilerek analiz edilmiştir. SYİ yöntemiyle Muratpaşa ilçesinin 1993-2023 yılları arası kuraklık analiz sonuçları yıllara göre değerlendirildiğinde, Muratpaşa ilçesinin 2001 yılında ekstrem nemli bir dönem yaşandığı tespit edilmiştir. SYİ analizine göre 2.11 değere sahip olan 2001 yılının son 30 yılda en nemli dönem, 2008 yılının ise -2.96 ile en kurak yıl olduğu saptanmıştır. SYİ verilerine göre 2006 yılına kadar olan yıllarda kurak döneme rastlanmamıştır. 2007 yılından itibaren ise kurak dönemler baş gösterir. Özellikle 2013-2018 yılları arsında peş peşe kurak dönemler yaşanmıştır. Erinç İndisi yöntemiyle Muratpaşa ilçesinin kuraklık analizi yapıldığında ve yıllara göre değerlendirildiğinde ise, son 30 yılın 17 yılında Muratpaşa ilçesinin genellikle "Yarı Nemli" kategorisinde yer aldığı belirlenmiştir. Erinç İndisi bulgularına göre, 2008 yılı en kurak yıl olarak tespit edilmiş ve bu yılın kuraklık değeri 10.67 olarak belirlenmiştir. En nemli yıl ise, 75.67 değeriyle 2001 yılı olarak tespit edilmiştir. Bu tez çalışması sonucunda yapılan iki analiz, birbirlerini doğrular nitelikte olduğu görülmüştür. Muratpaşa ilçesinde son yıllarda yağış miktarının azalmasıyla kuraklık belirtileri gözlemlenmiştir. Yağışların bu şekilde devam etmesi durumunda, ilçenin ekonomisinin ciddi zararlar görebileceği öngörülmektedir. Bu kuraklığı hafifletmenin en iyi yolu ise, bilinçsiz su tüketiminin önüne geçmektir.

**Anahtar Kelimeler:** Kuraklık, kuraklık indisi, yağış, syi, erinç

## SUMMARY

### **Climate Change in Muratpaşa District of Antalya Province Between 1993 and 2023 Using the Standardized Precipitation Index (SYI) and Erinç Index Method**

This master's thesis study examines in detail the climate change and drought situation that occurred in the Muratpaşa district of Antalya province between 1993 and 2023 with the Standardized Precipitation Index (SPI) and Erinç Index methods. According to the results of the study, it was determined that the most suitable method to analyze the climate changes of the last 30 years in Muratpaşa district was SPI. The precipitation data required for these analyzes were obtained from Antalya Airport meteorology station number 17300 and the results were obtained by processing in the R studio environment. The findings obtained were visualized and interpreted in detail with various tables and graphs. In order to increase the reliability of the study, Erinç Index was preferred as a second method in addition to the SPI analysis. The temperature and precipitation data required for the Erinç Index were obtained from Antalya Airport meteorology station number 17300 and these data were calculated using the Microsoft Excel program. The calculated data were analyzed by turning them into graphs and tables. When the drought analysis results of Muratpaşa district between 1993 and 2023 were evaluated by years using the SPI method, it was determined that Muratpaşa district experienced an extremely humid period in 2001. According to the SPI analysis, it was determined that 2001 was the wettest year in the last 30 years with a value of 2.11, and 2008 was the driest year with -2.96. According to SPI data, there was no dry period until 2006. Since 2007, dry periods have occurred. Especially between 2013 and 2018, there were consecutive dry periods. When the drought analysis of Muratpaşa district was made using the Erinç Index method and evaluated according to years, it was determined that Muratpaşa district was generally in the "Semi-humid" category in 17 of the last 30 years. According to the Erinç Index findings, 2008 was determined as the driest year and the drought value of this year was determined as 10.67. The most humid year was determined to be 2001 with a value of 75.67. The two analyzes made as a result of this thesis study were found to confirm each other. Drought symptoms have been observed in Muratpaşa district in recent years with the decrease in the amount of precipitation. If the rains continue like this, it is predicted that the district's economy may suffer serious damage. The best way to alleviate this drought is to prevent unconscious water consumption.

**Keywords:** Drought, drought index, precipitation, syi, erinç

## ÖNSÖZ

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ve Erinç İndisi Yöntemiyle Antalya İlinin Muratpaşa İlçesinin 1993-2023 Yılları Arasında Meydana Gelen İklim Değişimi adlı yüksek lisans tez çalışmasının giriş bölümünde geçmişte yaşanan iklim değişikliklerine değinilmiştir. Bu değişimlerin küresel düzeyde ne denli büyük etkiler yarattığı ve bu etkilerin boyutları anlaşılmaya çalışılmıştır. Sonrasında ise Antalya ilinin fiziki coğrafya özellikleri detaylandırılmış ve bu açıklamalar haritalarla desteklenmiştir. Aynı şekilde, çalışma sahası olan Muratpaşa ilçesinin fiziki coğrafya özellikleri de haritalarla desteklenerek ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır. Tezin ikinci bölümünde, kuraklığın tanımı, nedenleri ve etkileri kapsamlı bir şekilde açıklanmış; ayrıca meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik kuraklık türleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ayrıca bu bölümde, kuraklığın tespitinde yaygın olarak kullanılan indisler kapsamlı bir biçimde açıklanmıştır. Yapılan literatür çalışması sonucunda, Muratpaşa ilçesinin son 30 yıllık iklim değişimini tespit etmek için en uygun yöntemin Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) analizi olduğuna karar verilmiştir. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) analizinin doğruluğunu artırmak amacıyla, ikinci bir yöntem olarak Erinç İndisi de kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında bana destek olan, katkı sağlayan ve rehberlik eden pek çok değerli kişiye teşekkürlerimi sunmak isterim. Öncelikle, tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa Ertürk'e, tez çalışmam boyunca bana yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini cömertçe paylaşan, sabır ve anlayışla beni yönlendiren rehberliği için en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tezimin her aşamasında kıymetli görüş ve önerilerini esirgemeyen Doç. Dr. Ebru Akköprü'ye teşekkür ederim.

Bu süreçte maddi ve manevi desteğini her daim hissettiğim aileme en derin teşekkürlerimi sunarım. Özellikle, annem Aysun Cilasın, babam Tekin Cilasın ve sevgili teyzem Sümeyra Seyhan'ın gösterdiği sabır ve anlayış, bu zorlu süreçte bana büyük güç vermiştir. Ayrıca, tez çalışmam süresince beni motive eden, destekleyen ve teşvik eden arkadaşlarıma ve sevdiklerime teşekkür ederim. Özellikle, Musa Taş ve Eda Taşkın'ının moral desteği ve akademik yardımları benim için çok değerliydi.

Son olarak, yüksek lisans eğitimim süresince birlikte çalışmaktan büyük keyif aldığım tüm hocalarıma, çalışma arkadaşlarıma ve Akdeniz Üniversitesi mensuplarına teşekkür ederim. Onların varlığı ve desteği, bu süreci daha anlamlı ve değerli kıldı.

**Yonca CİLASIN**

**Antalya, 2024**

## GİRİŞ

İnsan doğaya bağımlı şekilde yaşayan bir varlıktır. Ancak küresel boyutta yaşanan iklim değişiklikleri insan yaşamını önemli bir şekilde etkilemektedir. Sanayi devriminin getirmiş olduğu endüstriyelleşmeyle beraber atmosfere salınan sera gazını artırmıştır. Sera gazının ozon tabakasına vermiş olduğu zarar büyük boyutlara ulaşmıştır. Bu durum dünyanın hızlı bir şekilde ısınmasına neden olmaktadır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) hazırlamış olduğu raporlara göre, son yıllarda sıcaklıklar beklenen seyrin üzerinde bir artış göstermiştir. Raporda; 2010-2019 yılları arasında insan kaynaklı yaşanan ısınmanın 1850-1900 yıllarında yaşanan küresel ısınmaya göre 1°C'den fazla artışı ifade edilmektedir (IPCC, 2021: 44). Bu artışın temel kaynağının sera gazı emisyonları olduğu düşünülmektedir. İklim değişimleri sonucunda birçok dengede bozulmalar meydana gelecektir. Ortalama sıcaklıkların 1,5°C artış göstermesiyle beraber insan yaşamı oldukça zorlaşacaktır. 2070 yılına gelindiğinde yaklaşık olarak 350 milyon insan bu yüksek sıcaklıklar ile yaşamını sürdürmek zorunda kalacaktır. Bu durum akabinde şehirlerde yaşayan 350 milyondan fazla insanın baş gösteren kuraklık nedeniyle su ve gıda sıkıntısı çekebileceğine işaretler. Ayrıca artan sıcaklıklarla beraber 2050 yılına kadar küresel ekonominin yaklaşık %10 değer kaybedeceği düşünülmektedir. Sıcaklıkların 2°C arttığı senaryoda, 180 milyon insanın daha su ve gıda sıkıntısı çekeceği, 300 milyondan fazla insan ise deniz seviyesinin yükselmesinden dolayı su baskınlarına maruz kalacaktır. 3°C artması durumunda ise, dünyadaki tarım arazileri %5-20 arasında azalacaktır. Avrupa'da ise yılda yaklaşık olarak 96.000 kişinin yüksek sıcaklık ve nemden öleceği tahmin edilmektedir (IPCC, 2021: 21; Özdemir, 2021: 4).

Sıcaklıkların 4°C yükseldiği senaryoda ise Dünya'daki sıcaklık ve nem oranında aşırı derecede artış meydana geleceği, bu sebepten ötürü hayatını kaybeden insan sayısının da 1,5 milyara ulaşacağı ve kıyılarda bulunan birçok büyük şehrin ve adanın sular altında kalacağı yine tahminler arasındadır. Artan sıcaklardan dolayı küresel gelir ortalamasının %23 oranında azalacağı ve bu durumda 4°C'lik sıcaklık artışının dünyadaki yaşamı oldukça zorlaştıracığı düşünülmektedir (IPCC, 2021: 21; Özdemir Daşcıoğlu, 2021: 2).

Aşırı sıcaklıkla beraber yağış miktarında değişimler meydana gelmektedir. Bu değişim akabinde biyocoğrafyanın değişimine, biyocoğrafyanın değişimi ise bölgenin birçok fonksiyonunu etkileyecektir. Canlı yaşamı ise bu durumdan fazlasıyla etkilenecektir (Turan, 2018:63).

Geçmiş dönemlere bakıldığında ise büyük iklim değişimlerinin yaşandığını görmekteyiz. Özellikle son 2.5 milyon yılı kaplayan Kuvaterner jeolojik çağında bu büyük iklim salınımlarına oldukça sık rastlanılmaktadır. Kuvaternerin buzul dönemlerinde suyun buharlaşmasıyla deniz seviyesinde alçalmalar meydana gelirken kara yüzeylerinde ise geniş alanları kaplayan buzul örtüleri oluşmaktadır. Buzul arası dönemlerde ise kara yüzeyindeki buzulların erimesiyle deniz seviyesinde bir artış meydana gelir (Kayan, 2012: 65). Deniz seviyesindeki bu değişimler iklim değişimlerinin en büyük göstergelerindendir. Günümüzden 30-20 by (Son Buzul Çağı) önce deniz seviyesindeki alçalmalar -130 m olduğu tespit edilmiştir (Lambeck vd. 2002: 199; Peltier, 2002: 390). Bu nedenle, dünyada kıta şelfinin geniş olduğu alanlar kara haline geçmiştir. Bunu takip eden sıcak dönemde buzullar eriyerek deniz seviyesini tekrar yükseltmeye başlamıştır. Ancak bu yükselme düzenli bir şekilde değildir. Bazen yükselme hızlı bir şekilde meydana gelirken, bazen de çok yavaş hatta durağan bir şekilde meydana gelmiştir.

Okyanuslardaki termohalin dolaşımının holosende yaşanan iklim değişimlerinin en önemli nedenlerinden birisi olduğu düşünülmektedir. Son Buzul Çağı'nda kuzey yarım küredeki buzulların erimesiyle ortaya çıkan tatlı su Kuzey Atlantik'te termohalin yoğunluğunu değiştirmiştir (Erlat, 2014: 193).

Araştırmacılar holosen dönemini çeşitli sınıflara ayırarak incelemişlerdir. Bu sınıflandırmalardan en bilindik olanları ise Blytt-Sernander ve Bond sınıflandırmalarıdır (Erlat, 2014: 194).

Blytt-Sernander kronolojisi, Axel Blytt'ın 1876 yılında Norveç'teki bataklıklarda yaptığı çalışmada, tabakalar içerisinde farklı bitki makrofosillerine rastlanmıştır. Açık renkli tabakalar nemli, koyu renkli tabakalar ise kurak dönemleri temsil etmektedir (Erlat, 2014: 194).

**Tablo 1 : Holosen döneminde Avrupa kıtası için Blytt-Sernander kronolojisi (Roberts, 1998: 118).**

| <i><b>Blytt-Sernander<br/>Dönem</b></i> | <b>İklim</b>   | <b>Yaş</b>  |
|-----------------------------------------|----------------|-------------|
| <i>Boreal</i>                           | Sıcak ve kurak | 10.5-7.8    |
| <i>Atlantik</i>                         | Sıcak ve nemli | 7.8-5.7     |
| <i>Sub-Boreal</i>                       | Sıcak ve kurak | 5.7-2.6     |
| <i>Sub-Atlantik</i>                     | Soğuk ve nemli | 2.6-günümüz |

Bu sınıflandırmaya göre, Holosendeki ilk dönem sıcak ve kurak bir iklime sahip olan Boreal dönemidir (Tablo 1). 10.5 ile 7.8 bin yıl öncesine karşılık gelen bu dönem, soğuk ve kurak Pre-Boreal ile sıcak ve nemli bir dönem olan Atlantik arasına kalmakta olup bir geçiş dönemi özelliği göstermektedir (Erlat, 2014: 197).

Karbon 14 tarihlendirmesine göre, sıcak ve kurak bir iklime sahip olan Boreal döneminden sonra günümüzden 7.8 ile 5.7 bin yıl öncesinde sıcak ve nemli bir iklime sahip olan Atlantik dönemi gelmektedir (Tablo 1). Atlantik dönemi, Blytt-Sernander sınıflandırmasına göre sıcaklığın ve nemliliğin en fazla olduğu dönemdir (Erlat, 2014: 197). Klimatik optimum bu dönemde başlamıştır.

Günümüzden 5.7 ile 2.6 bin yıl önce sıcak ve kurak bir iklime sahip olan Sub-Boreal dönemi yaşanmıştır (Tablo 1). Bu dönemde de iklimatik optimum devam etmiştir. Ancak sıcaklık ve nemlilik Atlantik dönemine göre azalmıştır. Bu dönemin sonunda yağışlar aniden artmış ve sıcaklıklar ise birden düşmüştür. Sub-Boreal döneminden, Sub-Atlantik dönemine geçildiği esnada iklim koşulları oldukça katastrofik bir özellik göstermiştir. Sub-Atlantik dönemi günümüzden 2.6 bin yıl önce başlamış olup hala devam etmektedir (Tablo 1). Bu dönemde iklim oldukça soğuk bir hal almıştır (Erlat, 2014: 197). Son yıllarda geliştirilen tarihlendirme ve analiz yöntemleri sayesinde, Holosen dönemi içerisinde daha fazla iklim değişiminin yaşandığı tespit edilmiştir. Bu nedenle artık günümüzde bu sınıflandırma yöntemi eskisi kadar popüler değildir.

Günümüzde daha çok kabul gören sınıflandırma ise Bond sınıflandırılmasıdır. Holosen’de yaşanan iklim değişimlerinin belirlenmesi için Kuzey Atlantik denizinde tortullar üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada günümüzden 11.1, 10.3, 9.4, 8.1, 5.9, 4.2, 2.8 ve 1.4 bin yıl önceye denk gelen 8 tabaka bulunmuştur (Bond vd., 1997: 1257-1258). Holosen dönemi boyunca her  $1470 \pm 532$  yılda bir Kuzey Denizinden güneye, Labrador Denizinden doğuya doğru esen şiddetli rüzgarların sürüklediği aysbergler tarafından, okyanus tabanına bırakılan materyallerin birikmesi sonucunda 8 tabaka oluşmuştur (Erlat, 2014: 198). Holosende görülen bu iklim anomalilerine “Bond Dönemleri” adı verilmektedir (Bond vd., 2001: 2130). Günümüzden 5300, 2800 yıl önce ve Küçük Buzul Çağı’nda buzulların hızlı bir şekilde ilerlediği görülmüştür (Denton ve Karlen, 1973: 202).

**Tablo 2 : Holosende belirlenen Bond dönemleri (Erlat, 2014: 199).**

| <i>Bond</i><br><i>Dönemleri</i> | <i>Tarih</i>    | <i>Dönem Özellikleri</i>           |
|---------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| <i>Bond 8</i>                   | 11.100          | Pre-Boreal dönemine geçiş          |
| <i>Bond 7</i>                   | 10.300          |                                    |
| <i>Bond 6</i>                   | 9.400           |                                    |
| <i>Bond 5</i>                   | 8.100           | 8.200 Soğuk İklim Dönemi           |
| <i>Bond 4</i>                   | 5.900           | 5.900 Soğuk İklim Dönemi           |
| <i>Bond 3</i>                   | 4.200           | 4.200 Soğuk İklim Dönemi           |
| <i>Bond 2</i>                   | 2.800           | MÖ 900-300 Demir Çağı Soğuk Dönemi |
| <i>Bond 1</i>                   | 1.400           | MS 450-900                         |
| <i>Bond 0</i>                   | 1300-1850 arası | Küçük Buzul Çağı                   |

Bond dönemlerinin oluşmasının sebebi güneş etkinliğindeki değişimlerdir. Ancak güneş etkinliğindeki değişimler tek başına bu olayların oluşmasını sağlayamaz. Bu nedenle okyanuslardaki termohalin dolaşımı ve atmosfer dolaşımı bu etkiyi güçlendirmektedir (Erlat, 2014: 198).

Bond dönemlerinden ilki olan Pre-Boreal soğuk dönemi, 11.270 yıl önce başlamış ve 150-250 yıl arasında devam etmiştir. Grönland'da DYE-3, GRIP ve GISP2 elde edilen verilerle belirlenmiştir (Rasmussen vd., 2007: 1907). Pre-Boreal soğuk dönemi, Bond 8'e karşılık gelmektedir. Sıcaklıklarda bu dönemin sonuna doğru  $4\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 'lik bir artış meydana gelmiştir. Pre-Boreal soğuk iklim döneminde soğumalar yavaş yavaş meydana gelirken, sıcaklıklarda ise aniden yükselmeler meydana gelmiştir. Bu özelliğiyle Dansgaard-Oeschger Döngülerine benzerlik göstermektedir (Kobashi vd., 2008: 397).

Pre-Boreal soğuk iklim dönemi, Younger Dryas'dan (günümüzden 12.9 bin yıl önce) belli bir süre sonra başlamıştır. Younger Dryas'ın bitmesiyle hava sıcaklıkları artış göstermiş ve bunun sonucunda Kuzey Denizi'nde bulunan buzulların erimesiyle, okyanuslara çok fazla miktarda tatlı su nüfuz etmiştir. Bu süreç sonucunda Kuzey Atlantik'teki termohalin dolaşımı

yavaşlamaya başlamasıyla hava sıcaklıklarında birkaç yüzyıl süren soğumalar meydana gelmiştir. Bu tatlı su kaynağı hakkında 2 tane görüş öne sürülmektedir. İlk görüş İskandinavya'daki buzulların erimesidir (Hald ve Hagen, 1998: 615). İkinci görüş ise şu an var olmayan Kuzey Amerika kıtasında yer alan ve bir tatlı su kaynağı olan Agassiz Gölü, Mackenzie vadisinden geçerek Kuzey Buz Denizine dökülmüştür. Elde edilen Radyokarbon veriler ikinci görüşü desteklemektedir (Erlat, 2014: 202). Agassiz Gölünün kuzeybatı gideğinin kapanmasıyla, tatlı su akışı durmuş ve termohalin dolaşımı tekrardan canlanmıştır. Bununla beraber buzulların ilerlemesi durmuş ve sıcaklıklar artış göstermiştir (Fisher vd., 2002: 876).

Pre-Boreal soğuk iklim döneminden sonra, buzul örtüleri iyice geri çekilmiş, deniz seviyesi artmıştır. Ancak günümüzden 8.200 yıl önce iklim koşullarında aniden değişimler meydana gelmiştir (Alley vd., 1997: 484). Grönland'daki GISP2 buzul örneklerinden alınan verilerle bu dönemin Bond 5'e karşılık gelmektedir.

Pre-Boreal döneminde geri çekilen buzul örtülerinden çıkan tatlı sular, okyanustaki termohalin dolaşımını değiştirmiştir. Diğer bir görüşe göre 8.200 yıl önce Agassiz Gölü, bir buzul barajıyla Hudson körfezinden ayrılmaktaydı, bu baraj günümüzden 8.200 yıl önce yıkıldı, barajın yıkılmasıyla Agassiz Gölünde bulunan tatlı su şiddetli bir biçimde Hudson Körfezi ve Labrador Denizi'ne dökülmüştür (Ellison vd., 2006: 1929). Buda okyanustaki termohalin dolaşımını değiştirip, 150-170 yıl sürecek 8.200 Soğuk İklim Döneminin meydana gelmesine neden olmuştur. Bu dönemde sıcak yılların yanında, soğuk yıllar daha da sert ve uzun geçmiştir (Kobashi vd., 2007: 1212; Thomas vd., 2007: 70). Bu soğuk iklim döneminde, yıllık sıcaklık ortalamaları kısa süre içinde Orta Avrupa'da 2°C, Grönland'da ise 3.3°C birden düşmüştür (Wick ve Tinner, 1997: 445). Anadolu'da da neolitik toplumların Yunanistan ve Bulgaristan'a bu dönemde göç etikleri tahmin edilmektedir (Weninger vd., 2006: 401).

Paleoklimatik araştırmalar, günümüzden yaklaşık olarak 9-6 bin yıl önce kuzey yarım kürenin orta ve yüksek enlemlerinde sıcaklıkların önemli bir şekilde arttığını öne sürmektedir. Bu sıcak döneme "Holosen Klimatik Optimumu" ismi verilmektedir (Erlat, 2014: 205). Doğu Akdeniz'de alınan polen örneklerinde, yıllık ortalama yağış 800 ile 1300 mm. arasında değişmiş, kışın don olayı sayısı düşmüş ve yaz kuraklığı ciddi bir şekilde azalmıştır (Rossignol-Strick, 1995: 893). Van Gölünden alınan örneklerde ise 6-4 bin yıl önce göl seviyesi yükselmiştir (Wick vd., 2003: 665).

Klimatik optimumdan sonra, Bond 4 dönemine karşılık gelen 5900-5000 Soğuk İklim Dönemi gelmektedir. Bu dönemde dünyanın farklı bölgelerinde farklı iklimler görülmüştür (Erlat, 2014: 210).

Günümüzden 4.200 yıl önce başlayan, orta enlemlerde kurak, yüksek enlemlerde ise soğuk iklim koşullarına yol açan 4200 Soğuk İklim Dönemi yaşanmıştır. Bu dönem Bond 3'e karşılık gelmektedir (Erlat, 2014: 212). Bu dönemde yaşanan ani iklim değişiklikleri nedeniyle Anadolu ve dünyanın pek çok bölgesinde bulunan önemli medeniyetlerin yok olduğu düşünülmektedir (Erlat, 2014: 211). Alınan örnekler incelendiğinde, günümüzden 4.190 yıl önce Van Gölü'nün su seviyesi şimdiki seviyesine oranla 30-60 m daha az olduğu gözlemlenmiştir (Lemcke ve Sturm, 1997: 653).

2.800 yıl önce Kuzey Avrupa'da iklim koşulları kısa süre içinde değişmiştir (Van Geel ve Renssen, 1998: 21). Bond 2'ye karşılık gelen bu dönemde sıcaklıklar Kuzey Atlantik'te 1.5°C düşmüştür (Bond vd., 2001: 2133). MÖ 850 yıllarında yüksek enlemlerde soğuk bir iklim hâkimken, ılıman kuşakta ise daha nemli bir iklim hak hâkimdi (Erlat, 2014: 214). Hollanda'da bu yıllarda alçak kısımlar bataklığa dönüşmüş ve çok sayıda insanın buradan göç etmesine neden olmuştur (Van Geel vd., 1996: 451). Küçük Buzul Çağı ve 2800 Soğuk İklim Dönemi arasında çok fazla sayıda benzerlik bulunmaktadır. Bu dönem çok hızlı bir şekilde başlamış ve yavaş yavaş sona ermiştir (Mauquoy vd. 2002: 1).

2.800 Soğuk İklim Döneminin başlama sebebi ise, güneş etkinliğindeki azalma, atmosferde bulunan karbon 14 miktarının artmasına sebep olmuş, bu da atmosfer dolaşımının değişmesine neden olmuştur (Erlat, 2014: 215).

Bu soğuk dönemler arasında bazı bölgelerde sıcaklıkların arttığı dönemlere rastlanmıştır. MÖ 200- MS 400 yılları arasında Avrupa'da Roma Sıcak İklim Dönemi yaşanmıştır. Bu dönem boyunca buzullar geri çekilmiş ve sıcaklıklar artmıştır. Okyanuslardaki termohalin dolaşımının güçlenmesi bu sıcak dönemin yaşanmasına neden olmuştur (Erlat, 2014: 215-216). Roma Sıcak Döneminde, yapılan analizler sonucunda, 1850 yıl önce Avrupa'nın kuzeyinde sıcaklıklar en yüksek seviyesine ulaşmıştır (Bianchi ve McCave, 1999: 515-517).

Günümüzden yaklaşık 1.400 yıl önce iklim koşulları değişmiştir. Yapılan paleoklimatik çalışmalar, bu dönemde Kuzey Atlantik çevresinde sıcaklıkların düştüğünü göstermektedir. "1.400 Soğuk İklim Dönemi" olarak adlandırılan bu dönem Bond 1' karşılık gelmektedir (Grubb vd., 2002: 663). Bu dönemde buzullar Alplerin doğusunda oldukça ilerleme kaydetmiştir (Holzhauser vd., 2005: 794).

1.400 Soğuk İklim Döneminde Avrupa'da kötüleşen iklim nedeniyle tarımsal üretim azalmış ve yerlerini ormanlara bırakmıştır. Orta Avrupa'da yaşayan insanlar, liman bölgelerine ve Doğu Avrupa'ya göç etmek durumunda kalmışlardır. Bu nedenle bazı tarihçiler bu döneme "Göç Dönemi" adı vermişlerdir (Berglund, 2003: 9-10).

MS 536-540 yıllarında, 1400 Soğuk İklim Döneminin en soğuk yılları yaşanmıştır (Baillie, 2001: 78). Bu ekstrem soğuk yılların yaşanma sebebi ise kimi araştırmacıya göre, büyük bir volkan patlaması kimine göre ise, meteor çarpmasıdır (Larsen vd., 2008: 1).

1.400 Soğuk İklim Döneminden sonra, MS 850-1300 yılları arasında Sıcak Ortaçağ (Küçük Klimatik Optimum) dönemi yaşanmıştır (Fairbridge, 2009). Bu dönem 450 yıl kesintisiz olarak yaşanmamıştır. 20-30 yıllık periyotlarla tekrarlanmıştır (Crowley ve Lowery, 2000: 51). MS 1100-1200 yılları arasındaki sıcaklık değeri, 1931-1961 yılları arasındaki sıcaklıktan 1°C-2°C daha yüksektir (Lamb, 1965: 13). Sıcak Ortaçağın küresel mi yoksa bölgesel mi olduğu ise hala tartışılmaktadır (Erlat, 2014: 218).

Bond dönemlerinin sonuncusu olan Bond 0, 1300'lü yıllarda başlamış ve 1800'lü yılların sonuna kadar devam etmiştir. Bu döneme "Küçük Buzul Çağı" adı verilmiştir (Erlat, 2014: 222).

Küçük Buzul Çağı'nda buzullar oldukça ilerlemişlerdir. 14. yüzyılın sonunda, 17. ve 19. yüzyılın ortalarında Alplerde buzullar hızla ilerlemiştir (Holzhauser vd., 2005: 789). Paleoklimatik araştırmalar, sıcaklıkların bu dönemde 1000-1400 yıllarına oranla 0.3°C, 20. yüzyıla oranla ise 0.8°C daha az olduğunu göstermektedir (Mann, 2002: 5). 1300'lü, 1570, 1670-1730 ve 1780-1830'lu yıllar arasında ekstrem hava olayları görülmüştür (Erlat, 2014: 224). Siple Dome ve GISP2 verilerine göre, 1670-1730 yılları arasındaki dönemde hem kuzey yarım kürenin hem de güney yarım kürenin en soğuk dönemi yaşanmıştır (Kreutz vd., 1997: 1294). Bu dönemde Doğu Akdeniz ve Balkanlarda ilkbahar ayları daha serin geçmiştir (Xoplaki vd., 2001: 609). 1780-1830 yılları arasında ise güneş lekeleri sayısı minimum değerine ulaşmıştır. Bu dönemde yaşanan volkan patlamaları sıcaklıkların daha da azalmasında etkili olmuştur.

Küçük Buzul Çağı, dünyada küresel bir soğumaya neden olmamıştır. Aynı dönemde Akdeniz havzasında yer alan kimi ülkelerde sıcaklık artışı yaşanmıştır (Rodrigo vd., 2000: 721).

Küçük Buzul Çağı'nın oluşmasında güneş etkinliğindeki azalma, atmosfer ve okyanus dolaşımlarında meydana gelen değişimler ve şiddetli volkanik patlamaların etkili olduğu söylenebilir. Bu dönemin meydana gelmesindeki en önemli faktörlerin başında güneş lekelerinin minimum düzeyine ulaşması gelmektedir. Güneş lekelerinin azaldığı dönemler ile soğuk dönemlerin yaşanması birbirlerine paralellik göstermektedir. Diğer önemli faktörler ise şiddetli volkanik patlamalardır. Küçük Buzul Çağı içinde yaşanan ekstrem soğuk dönemlerden önce çok sayıda volkanik patlama meydana gelmiştir. Volkan patlamaları sonucunda açığa çıkan küller, atmosferde uzun süre kalarak güneş ışınlarının gelmesine engel olarak dünyanın hızlı soğumasına neden olmaktadır (Erlat, 2014: 229-231). Güneş lekelerinin minimum düzeye

ulaştığı dönemler ile volkan patlamaları yakın zamanlarda olması, Küçük Buzul Çağı'nın meydana gelmesine sebep olmuştur (Budner ve Cole- Dai, 2003: 165).

Bu dönemin antropojenik nedenlerle meydana geldiğini savunan görüşlerde bulunmaktadır. Bu görüşe göre; 14. yüzyılda başlayan salgın hastalıklar (veba salgını), nüfusun ciddi oranda azalmasına neden olmuş tarım arazileri ve yerleşim alanları, yerlerini ormanlık alana bırakmıştır. Bu ormanlık alanlar atmosferdeki CO<sub>2</sub> oranını azaltarak, sera etkisinin zayıflamasına ve sıcaklıkların düşmesine neden olmuştur (Ruddiman, 2003: 282).

Araştırmacılar, Küçük Buzul Çağı'ndan sonra 1950 yılına kadar olan süreçte dünyanın ısınmasının doğal yollarla olduğunu, 1950'den sonra ise antropojenik bir süreç olduğunu belirtmektedir (Erlat, 2014: 229).

Okyanuslarda görülen değişmelere bakıldığında; okyanusların ısı kapasitesi atmosferin ısı kapasitesinden 1000 kat daha yüksektir. Kuzey Atlantik okyanusunda son 50 yıllık dönemde yüzey sularındaki sıcaklık m<sup>2</sup>'ye 0.4 watt artmıştır (Lozier vd., 2008: 800). Kuzey Buz Denizindeki sıcaklıklar 2000 yılından sonra hızlı bir şekilde artmaya başlamış olup, deniz yüzeyinin sıcaklığı 2007 yılının yaz aylarında 1965 yılına da hesaplanan anomaliye göre 5°C artmıştır. Bu olay sonucun da buz tabakası 0.75 metre incelendiği görülmüştür (Steele vd., 2008: 1). Buzul alanları Arktik bölgede her geçen yıl giderek azalmıştır (Zhang, 2005: 3).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC), değişik sera gazı salım senaryoları için hazırlanan iklim modelleri, önümüzdeki 70 yıl içinde atmosferdeki eşdeğer CO<sub>2</sub> birikimlerinin ikiye katlanmasına bağlı olarak termohalin dolaşımının ilk 100 yıl içinde % 30 oranında azalacağını göstermektedir. 140 yıl içinde CO<sub>2</sub> oranının 4 kat artması durumunda ise yaklaşık 200 yıl boyunca termohalin dolaşımının tamamen etkisini kaybedeceği ve CO<sub>2</sub> oranı değişmediği sürece böyle de kalacağını öngörmektedir. Bu durumda bölgesel sıcaklık dağılışının günümüzden çok farklı olabileceği, Kuzey Atlantik ve Orta Avrupa'da sıcaklıklar 4-5°C azalırken, güney enlemlerde artacağı öngörüler arasındadır. Yapılan diğer modelleme çalışmalarında da elde edilen sonuçlar benzerdir.

### A. Araştırma Alanının Yeri ve Sınırları

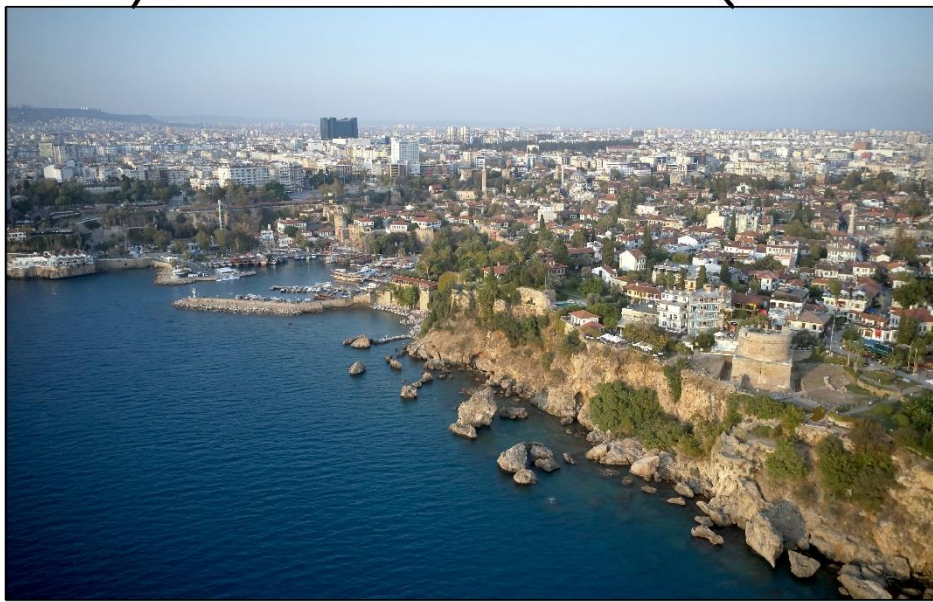
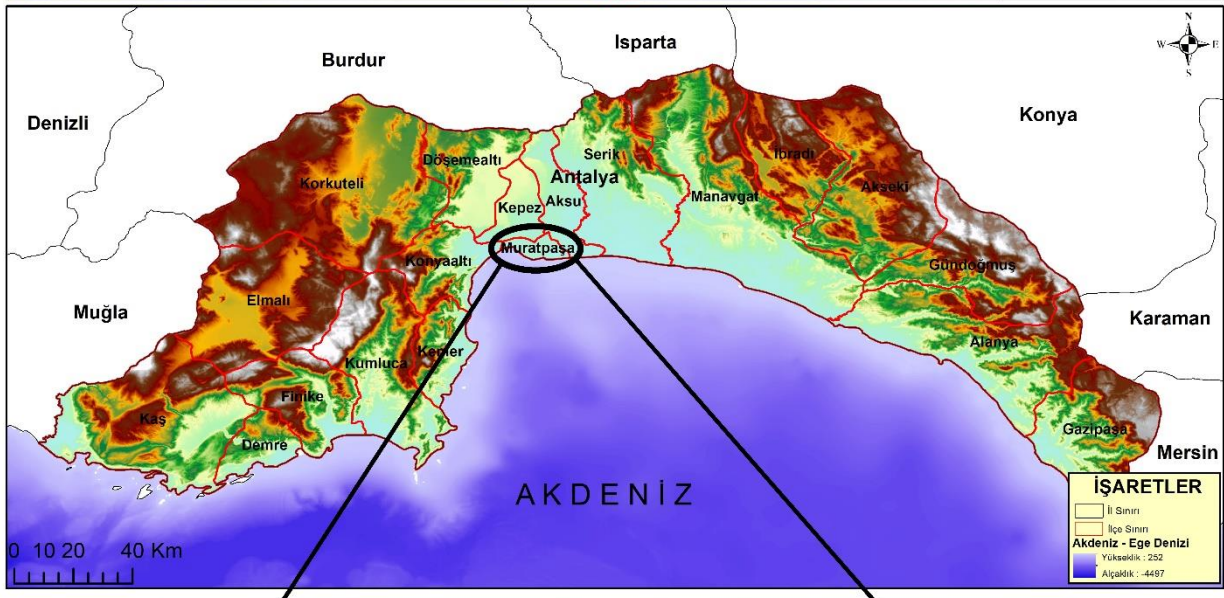
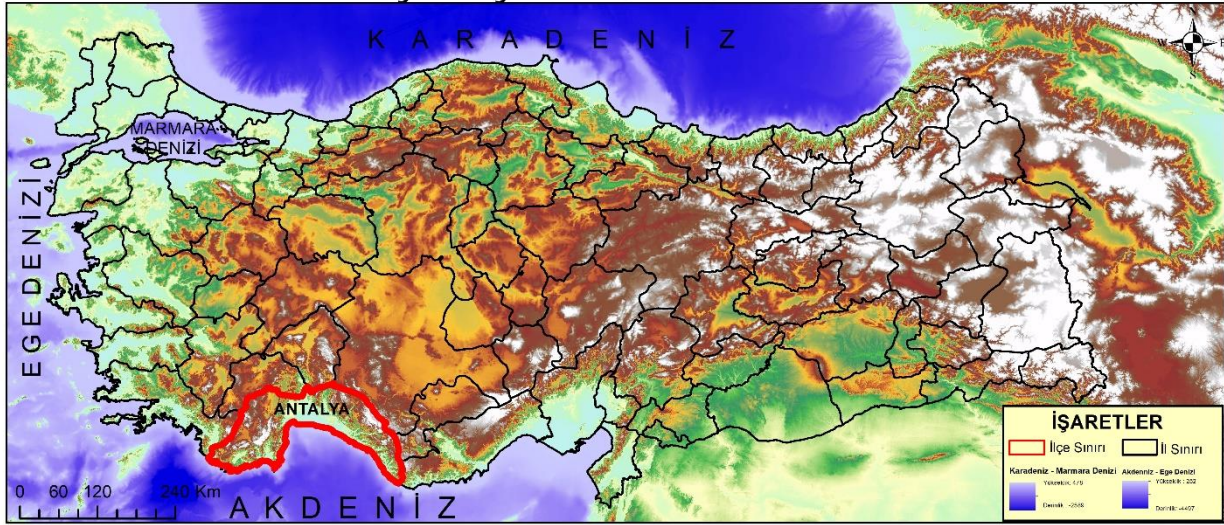
Türkiye'nin güneybatısında bulunan Antalya ili  $29^{\circ} 20' - 32^{\circ} 35'$  doğu boylamları ile  $36^{\circ} 07' - 37^{\circ} 29'$  kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Antalya ili on dokuz tane ilçeye sahip olup bu ilçelerden beş tanesi (Aksu, Döşemealtı, Kepez, Konyaaltı ve Muratpaşa) Antalya'nın merkez ilçelerini oluşturmaktadır. Bu tez çalışmasında ise beş merkez ilçeden biri olan Muratpaşa ilçesi ele alınacaktır. Antalya ilinin merkezinde yer alan Muratpaşa ilçesi, batısında Kepez ve Konyaaltı, kuzeyinde Kepez, kuzeydoğu ve doğusunda Aksu, güneyde ise Akdeniz yer alır (Harita 1).

Antalya, Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nde yer alan ve turizm açısından önde gelen önemli merkezlerindendir. Antalya ili,  $20.815 \text{ km}^2$  genişliğindeki yüzölçümü ve zengin doğal güzellikleriyle dikkat çeker. Bu büyük yüzölçümü, Antalya ilinin çeşitli doğal ve coğrafi özellikleriyle zenginleşmesine imkân sağlamaktadır. 2023 yılı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, Antalya ilinin nüfusu 2.696.249 kişiden oluşmaktadır. Antalya ili sahip olduğu bu nüfusla Türkiye'nin en kalabalık beşinci ili konumundadır. Çalışma alanı olan Muratpaşa, Antalya ilinin en küçük yüzölçümüne sahip olan ilçesidir. Muratpaşa'nın yüzölçümü  $96 \text{ km}^2$ 'dir. Muratpaşa ilçesine bağlı 64 mahalle bulunmaktadır. Muratpaşa'nın nüfusu 2023 TÜİK verilerine göre 517.700 kişidir. Sahip olduğu bu nüfusla Muratpaşa, Kepez ilçelerinden sonra Antalya'nın en kalabalık ikinci ilçesini oluşturmaktadır. Aritmetik nüfus yoğunluğu açısından incelendiğinde ise Muratpaşa ilçesinin Antalya'nın en kalabalık ilçesi olduğu görülmektedir. Bu durum, ilçenin yoğun nüfuslu bir yerleşim alanı olduğunun göstergesidir (Sarı, 2012: 46; TÜİK, 2023; <https://www.harita.gov.tr/il-ve-ilce-yuzolcumleri>. Erişim Tarihi: 20.12.2023).

Muratpaşa'nın, topografik yapısı itibarıyla düz ve engebesiz bir coğrafyası bulunmaktadır. İlçenin geneline bakıldığı zaman yükselti farklarının az olduğu ve arazinin genellikle düz olması, yerleşme için elverişli bir ortam sağlar. Bu düz ve elverişli topografya, altyapı çalışmaları ve kentin gelişmesi için uygun bir olanak sağlamıştır.

Tipik bir Akdeniz iklimine sahip olan Muratpaşa ilçesinin kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir. Özellikle güneyinde Akdeniz'in bulunmasından ötürü ve yaz aylarında güneşlenme süresinin fazla olmasından dolayı ziyaretçi akınına uğramaktadır.

## MURATPAŞA İLÇESİ LOKASYON HARİTASI



CİLASIN, 2024

Harita 1 : Muratpaşa ilçesi lokasyon haritası.

## **B. Araştırmanın Amacı ve Önemi**

Kuraklık son yıllarda dünyanın en büyük problemlerinden birini oluşturmaktadır. Türkiye, hızlı değişen iklime bağlı olarak gelişen kuraklıktan en fazla etkilenecek ülkelerin başında gelmektedir. Bu bağlamda Türkiye'nin gerek turizmi gerek tarım alanı ile en gözde şehirlerinin başında gelen Antalya ilinin Muratpaşa ilçesine Erinç ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) analizleri uygulanarak son 30 yıllık (1993-2023) iklim değişimi hesaplanması amaçlanmıştır.

Oldukça popüler bir konu olan kuraklık son yıllarda Türkiye'nin birçok ilinde çalışılmıştır. Antalya ilinde de yapılan bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bu tez hem mevcut kaynaklardan faydalanarak hem de yeni bilgiler üreterek Muratpaşa ilçesinin kuraklıktan ne ölçüde etkilendiğini güncel bir şekilde ortaya koymayı amaçlamaktadır

Çalışmada öncelikli olarak derinlemesine bir literatür çalışması yapılmıştır. Yapılan literatür taraması sonucunda birleşik kuraklık indislerinden çalışma için en uygun olan Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ve Erinç İndisinin kullanılması hedeflenmiştir. İndislerin uygulanabilmesi için gerekli olan veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) 17300 numaralı Antalya Havalimanı istasyonundan temin edilmiştir. Bu tez çalışmasında diğer birleşik kuraklık indisleri de detaylı bir biçimde ele alınıp açıklanmıştır.

Antalya ilinin fiziki coğrafya özellikleri, iklim koşulları, topografik yapı, hidrografya ve jeolojik yapı gibi doğal unsurları detaylı bir şekilde ele alınıp haritalandırılarak ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Uygulanan indislerle beraber Muratpaşa ilçesinin 1993-2023 yılları arasında meydana gelen 30 yıllık iklim değişimleri ve kuraklığın seyri hesaplanıp yorumlanmıştır.

Ayrıca çalışmada geçmişten günümüze yaşanan küresel iklim değişimlerine değinilmiş ve kuraklığın hangi koşullarda ortaya çıktığı, kuraklığın ne tür sorunlara neden olacağı ve metrolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik kuraklık tiplerinden söz edilmiştir.

### C. Araştırmada Kullanılan Materyal, Yöntem ve Teknikler

Tez çalışmasına en uygun yöntemi belirlemek amacıyla detaylı bir literatür taraması yapılmıştır. Bu tarama süreci, Muratpaşa ilçesinin 1993-2023 yılları arasındaki 30 yıllık iklim değişimini analiz etmek için en uygun yöntemi belirleyip uygulamayı hedeflemiştir. Yapılan literatür taraması sonucunda, analiz için Erinç İndisi ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) analiz yöntemleri uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu yöntemler, uzun dönemli iklim değişimini belirleme ve geçmişten günümüze kadar olan süreçteki yağış rejimi değişikliklerini anlama konusunda etkili ve güvenilir araçlar olarak kabul edilmektedir. Bu iki analizin uygulanabilmesi için gerekli olan uzun yıllık toplam ve ortalama yağış verisine ve de ortalama maksimum sıcaklık verisini ihtiyaç duyulur. Bu veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) 17300 numaralı Antalya Havalimanı istasyonundan temin edilmiştir. Microsoft Excel programı aracılığıyla temin edilen bu verilerin tablo ve grafikleri oluşturulmuştur.

Çalışmanın mekânsal analizi için lokasyon belirleme, yükseklik verileri, jeolojik oluşumlar ve hidrografik yapı gibi unsurları içeren detaylı haritaların hazırlanması amacıyla “ArcGIS 10.5 Desktop programı” teknolojisine baş vurulmuştur. Bu haritalar, çalışma alanın coğrafi konumunu belirlemede, arazinin topografik yapısını anlamada, jeolojik oluşumları belirleyip tanımlama ve hidrografik özellikleri açıklamada önemli bir etkiye sahiptir.

#### *Erinç İndisi*

1965 yılında Prof. Dr. Sırrı Erinç, buharlaşma ve terlemenin sıcak dönemde ve özellikle gündüzleri daha fazla olduğunu göz önünde bulundurarak aşağıdaki formülü geliştirmiştir. Bu metot ay, mevsim ve yıl olarak herhangi bir zamanda diliminde analiz edilebilir. Erinç İndisi, yağış ve buharlaşmaya sebep olan en yüksek sıcaklığı girdi olarak kullanır (Öz, 2020: 15; T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2016).

$$Im = \frac{P}{Tom}$$

Bu denklemde;

$Im$ : yağış etkinliğini,

$P$ : yıllık yağış tutarını (mm),

$Tom$ : yıllık ortalama maksimum sıcaklığı ( $^{\circ}C$ ) gösterir.

$Tom$ 'un hesaplanmasında evapotranspirasyon ile kaybın çok az olması nedeniyle, aylık ortalama maksimum sıcaklığın  $0^{\circ}C$  den düşük olduğu aylar göz önüne alınmaz.

Muratpaşa ilçesinin 30 yıllık Erinç İndisi analizi için gerekli olan toplam yağış ile maksimum ortalama sıcaklık verileri 17300 numaralı Antalya Havalimanı istasyonundan temin

edilmiştir. Elde edilen veriler Microsoft Excel programında işlenmiş ve analizleri yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda veriler tablolar haline getirilmiş ve ilgili grafikler oluşturulmuştur.

### ***Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ)***

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ), McKee, Doesken ve Kleist tarafından 1993 yılında geliştirilmiştir. SYİ, World Meteorological Organization / Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından bir bölgenin kuraklık özelliklerini izlemek için küresel bir analiz aracı olarak kabul edilmiştir. Standartlaştırılmış Yağış İndisinin kullanılmasında bir tek yağış verisine ihtiyaç vardır. Yağış verisi 17300 numaralı Antalya Havalimanı istasyonundan temin edilmiştir (McKee vd., 1993: 18; Dünya Meteoroloji Örgütü, 2012: 3; Wang vd., 2022: 2).

SYİ metodunun en önemli özelliği esnek ve kullanışlı olmasının yanı sıra yeraltı, yerüstü ve tarımsal faaliyetler üzerinde yağışın az olmasına bağlı olarak meydana gelen kuraklığın belirlenebilmesi için farklı zaman ölçeklerinin kullanılabilmesidir. Bu analizin dezavantajı ise yalnız yağış verisini girdi olarak aldığı için topraktaki buharlaşma ve terlemeyi hesaplayamaz (Dünya Meteoroloji Örgütü, 2012: 3)

Standartlaştırılmış Yağış İndisi, belli bir zaman dilimi (1, 3, 6, 9, 12, 24 ay) içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile bulunur (Dünya Meteoroloji Örgütü, 2012: 3). Bu zaman serileri şu şekildedir:

1 aylık SYİ (Standart Yağış İndeksi), belirli bir yılın seçilen herhangi bir ayının yağışını tarihsel kayıtlarla karşılaştırarak o ayın yağışının normalden ne kadar saptığını gösterir. Bu analiz sonucunda, kısa vadeli toprak nemi ve ürün stresi gibi meteorolojik kuraklık türleriyle ilgili bilgi elde edilir. Ancak bir bölgenin iklimi tamamen araştırılmadan bu analizin sonucuna göre hareket etmek yanıltıcı olabilir (Dünya Meteoroloji Örgütü, 2012: 7).

3 aylık SYİ analiz ettiğimizde ise, belirli bir yıldaki 3 aylık dönemdeki yağışların, tarihsel kayıta yer alan tüm yıllar için aynı 3 aylık dönemdeki yağış toplamlarıyla karşılaştırmamızı sağlar. 3 aylık SYİ analizi sonucu, bir bölgenin kısa ve orta vadeli nem koşullarını ve mevsimsel yağış tahmini öğrenebiliriz. 3 aylık SYİ analizinin güvenilirliğini artırmak için daha uzun zaman ölçekleriyle karşılaştırmak gereklidir. Uzun vadeli bir kuraklığın ortasında, nispeten normal nemli veya hatta 3 aylık yağışlı bir dönem görülebilir. Daha uzun zaman çizelgelerini inceleyerek, aslında bunun sadece geçici bir yağışlı dönem olduğunu ve kuraklığın bitmiş olabileceğinin sanılmasını önleyebilir. Bu nedenle 1 aylık SYİ’de olduğu gibi, 3 aylık SYİ’de yanıltıcı olabilir (Dünya Meteoroloji Örgütü, 2012: 7-8).

6 aylık SYİ hesaplandığında, o dönemdeki yağışları tarihsel kayıttaki aynı 6 aylık dönemle karşılaştırır. 6 aylık SYİ analizi sonucunda, yağıştaki mevsimsel ve orta vadeli eğilimleri öğreniriz. Ayrıca bu analiz farklı mevsimlerdeki yağışları göstermede çok etkili

olabilmektedir. 6 aylık bir SYİ analizinden elde edilen bilgiler, bölgenin ve yılın zamanına bağlı olarak anormal akarsu akışları ve rezervuar seviyeleri ile de ilişkilendirilmeye başlanabilir (Dünya Meteoroloji Örgütü, 2012: 8).

9 aylık SYİ analizi, orta zaman ölçeğindeki mevsimsel yağış modellerinin bir göstergesini elde etmemizi sağlar. Kuraklığın gelişmesi genel olarak bir sezon veya daha uzun sürer. Ortaya çıkan zaman çizelgelerinde -1,5'un altında SYİ değerleri bulunuyorsa, bu durum genellikle kuraklığın tarım üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve diğer sektörleri de etkileyebileceğinin iyi bir göstergesidir. 9 aylık SYİ analizi, kısa vadeli mevsimsel kuraklık ile hidrolojik veya uzun vadeli kuraklıklar arasında bir köprü kurar (Dünya Meteoroloji Örgütü, 2012: 8).

12 aylık SYİ analizi, bir bölgenin uzun vadeli yağış modelini yansıtmaktadır. 12 aylık SYİ analizi, birbirini takip eden 12 ay boyunca yağışların, önceki tüm mevcut verilerde aynı 12 ardışık ayda kaydedilen yağışlarla karşılaştırılması sonucu ortaya çıkar. Bu zaman ölçekleri, normalin üstünde veya altında olabilecek daha kısa dönemlerin kümülatif sonucu olduğundan, daha uzun SYİ değerleri, belirgin bir yağışlı veya kuru eğilim meydana gelmediği sürece sıfıra doğru yönelme eğilimi gösterir. Bu analiz genellikle daha uzun zaman ölçeklerinde akarsu akışlarına, rezervuar seviyelerine ve hatta yeraltı suyu seviyelerine bağlıdır (Dünya Meteoroloji Örgütü, 2012: 8). Bu tez çalışmasında Muratpaşa ilçesinin 30 yıllık SYİ değerini bulmayı amaçlandığı için 12 aylık SYİ zaman çizelgesi kullanılmıştır.

Bu zaman çizelgelerin her biri, kuraklığın çeşitli karar vericilerin ihtiyaç duyduğu farklı su kaynakları üzerindeki etkilerini göstermektedir. Meteorolojik ve toprak nemi koşulları yağış anormalliklerine 1-6 ay gibi nispeten kısa zaman aralıklarında sonuç bulunurken; akarsu akışı, rezervuarlar ve yeraltı suyu ise, 6 aydan 24 aya kadar olan daha uzun süreli yağış anormalliklerine cevap vermektedir. Bu sebepten dolayı, meteorolojik kuraklığı incelemek için 1 veya 3 aylık SYİ'ye, tarımsal kuraklık için 1 aydan 6 aya kadar herhangi bir SYİ'ye ve hidrolojik kuraklık içinse de 6 aydan 24 aya kadar SYİ'ye ihtiyaç duyulur (Guttman, 1994: 1026; Dünya Meteoroloji Örgütü, 2012: 6).

Guttman'a göre bu yöntemde en az 30 yıllık yağış verileri kullanılmalıdır. Bunun nedeni ise, veriler 30 yıldan az ise örneklem küçülür ve güvenilirliği azalır (Guttman, 1998: 113; Dünya Meteoroloji Örgütü, 2012: 6).

$$SYİ = \frac{(X_{ij} - X_{im})}{\sigma}$$

Bu denklemde;

$X_{ij}$ ; i: Yağış istasyonundaki, j: Gözlemdeki aylık yağışı,

$X_{im}$ : Uzun dönemli yağış ortalamasını,

$\sigma$ : Standart sapmayı ifade eder.

SYİ değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak sıfırın altında olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak ifade edilir. İndeksin sıfırın altına ilk düştüğü dönem kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken, indeksin sıfırın üstüne yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak, yani yağışlı dönem olarak değerlendirilir (Öz, 2020: 13; Batan, 2021: 255; Yetmen, 2013: 188-189; <http://kktcmeteor.org/kurak/spi/spi.pdf>. Erişim Tarihi: 20.04.2023).

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ), yağış verilerini standartlaştırarak belirli bir zaman dilimi içindeki yağış durumunu ölçmeye yarayan bir araçtır. Standartlaştırılmış Yağış İndisinin (SYİ) hesaplanması için genellikle istatistiksel yazılımlar kullanılır. R Studio da bu nedenle sıkça tercih edilir. R Studio'da Standartlaştırılmış Yağış İndisinin (SYİ) hesaplanması için öncelikle uygun bir veri setine ihtiyaç vardır. Bu veri seti, aylık yağış verilerini içermelidir. Hesaplamalar için özel olarak geliştirilmiş birçok R paketi bulunmaktadır. Bu paketlerden birini yükleyerek SYİ hesaplaması yapılır. Bu paketlerden birisini yüklemek için R Studio konsolunda “**install.packages("SPI")**” komutu çalıştırılır. SYİ hesaplaması için kullanılacak olan yağış verileri R Studio'ya iç aktarımı gerçekleştirilir. Bu veriler genellikle bir CSV dosyası veya bir veri çerçevesi olarak sağlanır. SYİ hesaplamak için “**spi()**” fonksiyonunu kullanılır ve bu fonksiyonun kullanımı aşağıdaki gibi olabilir:

➤ `spi_değerleri <- spi(yağış, scale = TRUE)`

Bu işlev ile, standartlaştırılmış SYİ değerini hesaplar. **Scale = True** parametresi ise, standartlaştırılmış SYİ değerini üretmek için kullanılır. Bu işlemlerin sonucunda **spi\_değerleri** adında bir vektör veri elde edilir. Elde edilen bu veride SYİ değeri bulunur. SYİ hesaplaması tamamlandıktan sonra incelenip yorumlanır. En sonunda Microsoft Excel üzerinden tablo ve grafikler oluşturulur.

#### **D. Araştırma Soruları**

Bu çalışmanın araştırma soruları amacına uygun olarak hazırlanmış olup aşağıda belirtilmiştir;

- ❖ Türkiye’de yapılan kuraklık çalışmaları nelerdir?
- ❖ Kuraklık çeşitleri nelerdir?
- ❖ Ne tür kuraklık indisleri vardır?
- ❖ Antalya ilinde yapılan kuraklık çalışmaları nelerdir?
- ❖ Antalya ilinde 1993-2023 yılları arasında kuraklık yaşanmış mıdır?

Bu sorulara cevap alınarak Antalya ilinin son 30 yıllık iklim değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

#### **E. Araştırma Konusu ile İlgili Yapılan Önceki Çalışmalar**

Olukayode Oladipo (1985), “A Comparative Performance Analysis of Three Meteorological Drought Indices” adlı makalesinde Kuraklığı belirlemek için üç tane indeks incelenmiş ve bunların farklı kuraklık yoğunluklarındaki dönemleri tasvir etmedeki karşılaştırmalı performanslarını incelemiştir. Çalışmada araştırılan indeksler Yağış Anomali İndeksi (RAİ), Bhalme ve Mooley Kuraklık İndeksi (BMDİ) ve Palmer Kuraklık İndeksidir (PDSİ). Bu makalede veri olarak Nebraska eyaletinden alınan veriler kullanılmıştır. Sonuçta ise, üç indeksin de kuraklık dönemlerini tespit etmede oldukça etkili olduğu görülmüştür. Analiz sonuçları, yağışın meteorolojik kuraklığa girdi olarak en önemli iklim unsuru olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle, meteorolojik amaçlar için ve tek istasyonlu analiz yapılırken, yağışın tek girdi olduğu basit indekslerin, kuraklığın dönemlerini ve yoğunluğunu göstermede daha karmaşık indeksler kadar karşılaştırmalı olarak performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Bayarjargal vd., (2006), “A Comparative Study of NOAA–AVHRR Derived Drought Indices Using Change Vector Analysis” adlı makalede Moğolistan’ın çöl-bozkır ve çöl jeo-botanik bölgelerinde uzaktan algılanan kuraklık indeksleri ile tespit edilen mekansal kuraklık oluşumlarını karşılaştırmaktır. Tüm indeksler, 1982 ve 1999 yılları arasındaki NOAA-AVHRR verilerinden elde edilen yansıma ve termal veri setlerinden türetilmiştir. Kuraklık indekslerinin bir grubu, yansıtıcı kanallardan elde edilen bitki örtüsü durumuna dayanmaktadır. Bu grup, Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksini (NDVI), Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü Anomalisi İndeksini (NDVIA), Standartlaştırılmış Bitki Örtüsü İndeksini (SVI) ve Bitki Örtüsü Durum İndeksini (VCI) içermektedir. NOAA-AVHRR’nin termal kanalından türetilen yüzey parlaklık sıcaklığına dayanan başka bir grup, Sıcaklık Durum İndeksini (TCI) içerir. Üçüncü grup, yansıtıcı ve termal kanallar arasındaki kombinasyona dayalı olup, Arazi Yüzey

Sıcaklığı (LST) ile NDVI (LST/NDVI), Bitki Sağlığı İndeksi (VH) ve Kuraklık Şiddet İndeksi (DSI) arasındaki oranı içerir. Değişiklik tespit prosedürü, zamansal alanda Değişim Vektör Analizi (CVA) kullanılarak gerçekleştirildi. Kuraklık indeksleri arasındaki karşılaştırma analizi, bitki örtüsü büyüme döneminin başlangıç, orta ve son olmak üzere 2 aylık alt dönemlere bölünmesi durumunda bile aralarında mekansal bir örtüşmenin olmadığını ortaya koymaktadır. İstatistiksel analize dayanarak, yansıtıcı indeksler arasında daha yüksek korelasyonlar bulunurken, termal ile termal ve yansıtıcı indekslerin kombinasyonu arasında daha az ilişki bulundu veya hiç ilişki bulunmamıştır. Özetle bu çalışma, en güvenilir kuraklık indeksini belirlemenin zor olduğu ve yer gözlemlerinin uydudan türetilmiş kuraklık indekslerinin doğrulanması için yeterli bilgi sağlayamadığı sonucuna varmaktadır.

Asadi Zarch vd., (2011), “Drought Monitoring by Reconnaissance Drought Index (RDI) in Iran” adlı makalede iki önemli indekse odaklanmaktadır; SPI ve RDI indeksleri için İran’daki 40 meteorolojik sinoptik istasyondan 3, 6, 9, 12, 18 ve 24 aylık zaman aralıkları için veri alınmıştır. RDI hesaplaması durumunda, potansiyel evapotranspirasyon kuraklığın izlenmesinde önemli bir faktördür. Bu nedenle evapotranspirasyon Penman-Monteith denklemi ile hesaplandı. RDI ve SPI korelasyonu da araştırıldı. SPI ve RDI için kuraklık şiddeti haritaları da en kurak yılda (1999–2000) sunulmuştur. Mevcut sonuçlar, SPI ve RDI korelasyonunun 3, 6 ve 9 aylarda daha uzun zaman ölçeklerine göre daha anlamlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca kuraklık şiddeti haritaları, 1999-2000 yılları arasında İran’ın orta, doğu ve güneydoğu kesimlerinin aşırı kurak koşullarla karşı karşıya olduğunu göstermiştir. SPI ve RDI trendlerine göre ülkenin diğer bölgeleri de şiddetli kuraklıktan muzdarip. SPI ve RDI yöntemleri, kuraklığın İran’ın farklı bölgeleri üzerindeki etkisine ilişkin yaklaşık olarak benzer sonuçlar göstermiştir. RDI, İran havzalarındaki su kaynağı kayıplarında önemli rol oynayan buharlaşma-terleme gibi daha fazla iklim parametresini hesaba kattığından, RDI’nın İran’daki kuraklığın izlenmesinde de dikkate alınması faydalı olacaktır.

Balint vd., (2013), “Monitoring Drought with The Combined Drought Index in Kenya” adlı çalışmada mevcut olmayan operasyonel kuraklık izleme sistemleri sorununu ele almakta ve yeni Kombine Kuraklık İndeksi (CDI) ile kuraklığın gelişimini ve ciddiyetini izlemek için yeni bir metodoloji sunmaktır. Kuraklığın, yağış miktarındaki eksiklik, yağışların ortalamanın altında kalması, sıcaklık fazlalığı ve toprak nem özellikleri gibi birçok faktörün bir araya gelmesiyle oluşan doğal bir olay olduğu gerçeğine dayanmaktadır. Önceki metinde yer alan faktörleri birleştirerek, CDI mevcut koşulları aynı zaman dilimi için çok yıllık ortalama (normal) koşullarla karşılaştırır. Metodoloji Kenya’daki farklı iklim bölgelerinin seçilmiş lokasyonlarında uygulandı. Sonuçlar ise şu şekildedir; kuraklık olaylarının (etkilerinin) mevcut

resmi kayıtlarıyla karşılaştırıldı ve bu ikisi arasında çok iyi bir pozitif ilişki olduğu ortaya çıkmıştır. CDI kullanılarak kuraklık olaylarının uzun vadeli eğilimlerini tespit etmeye yönelik bir girişim, ülkede kuraklık olaylarının artan bir eğilimi olduğunu, ancak kuraklık şiddetinin tüm istasyonlarda mutlaka kötüleşmediğini göstermektedir. CDI yöntemi ayrıca Kenya'da kuraklık erken uyarısı ve kuraklığa bağlı iklim değişikliği analizi olasılığını da ortaya çıkarmıştır.

Hınıs (2013). “Bütünleşik Kuraklık İndeksi ile Aksaray’da Hidrometeorolojik Kuraklık Analizi” adlı bu çalışma Aksaray ilini merkeze alıp, ilin kuraklığını değerlendirmek için önerilen yeni bir yaklaşım olan “Bütünleşik Kuraklık İndeksi” (BKİ) kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Analiz iki köklü yöntemi karşılaştırıyor: Literatürde yaygın olarak kabul edilen "Normalleştirilmiş Yağış İndeksi" (NYİ) ve BKİ yöntemi. Bu amaçla 1969'dan 2000'e kadar 372 aylık yağış, akarsu akışı (özellikle Karasu Nehri'nin aylık akış toplamı), buharlaşma ve sıcaklık verilerini kapsayan verilerden yararlanılmıştır. Çalışma, NYİ ve BKİ yöntemleri arasındaki, özellikle hesaplama süreçlerinde ve yalnızca aylık yağış verileri kullanıldığında yorumlanma kolaylığında belirgin olan önemli farklılıkları vurgulamaktadır. 1950 ile 2008 yılları arasında gözlemlenen, kentleşme ve arazi kullanımı değişiklikleri gibi faktörlerden etkilenen uzun vadeli değişimleri yansıtan değişiklikler, bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak tartışılmaktadır. BKİ sonuçları, yağışlı ve kurak dönemler arasında daha sık geçiş olduğunu ve özellikle daha şiddetli yağışlı dönemlerin tanımlandığını göstermektedir. Aylık kuraklık karşılaştırmalarında, BKİ ile Karasu akış verileri arasındaki farklılıklar özellikle Şubat ve Ekim aylarında dikkat çekiciydi; Nisan ve Mayıs ayları ise daha az uyum gösteriyordu. Bu araştırma, kuraklık analizi metodolojilerinin karmaşıklığının ve bunların Aksaray ilindeki hidrolojik modellerin anlaşılmasına yönelik etkilerinin altını çizmektedir. Kuraklık yönetimi ve politika oluşturmada incelikli yaklaşımlara ve veri kaynaklarının ve hesaplama yöntemlerinin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesine duyulan ihtiyacın altını çiziyor.

Wanders vd., (2017), “Frequently Used Drought Indices Reflect Different Drought Conditions on Global Scale” adlı makalede sıklıkla kullanılan fiziksel kuraklık indekslerinin, yağış, toprak nemi, yeraltı suyu ve akarsu akışındaki kuraklığın izlenmesinde ne ölçüde birbirinin yerine kullanılabileceğini göstermek üzere bir karşılaştırmasını sağlamaktır. Uygun kuraklık etki indeksleri hala eksik olduğundan, genellikle kuraklığın etkilerini tahmin etmek için fiziksel indeksler kullanılmaktadır. Küresel ölçekte farklı kuraklık türleri için sıklıkla kullanılan indeksler arasındaki korelasyonlar ( $R$ ) hesaplandı. Gelecekteki çalışmalar için indeks zaman serilerini topluluğun kullanımına sunduk. Yağış kuraklık indeksleri düşük ila orta düzeyde korelasyonlar gösterir ( $R = 0,1$  ila  $0,75$  arasında değişir), toprak nemi kuraklık

indeksleri daha da düşük bir benzerlik gösterir ( $R = 0,25$ ). Akarsu akışı kuraklığı indeksleri en yüksek korelasyonu gösterir ( $R = 0,5$  ila  $0,95$ ). Ek olarak, meteorolojik kuraklık indeksleri toprak nemi kuraklığını ( $R = 0,0$  ila  $0,6$ ) veya akarsu akışı kuraklığını ( $R = 0,0$  ila  $0,7$ ) doğru şekilde yakalayamamaktadır. Bu bulguların kuraklık izleme sistemleri için sonuçları vardır: (i) her kuraklık türü için farklı bir indeks dikkatlice tanımlanmalıdır; (ii) aynı kuraklık tipini izlemek için tasarlanan kuraklık indeksleri, anormalliklerinde ve dolayısıyla kuraklığın tespitinde büyük farklılıklar gösterir; (iii) hidrolojik döngünün tüm kısımlarındaki çeşitli kuraklık etkilerini doğru bir şekilde yakalayabilen tek bir üstün fiziksel kuraklık indeksi yoktur.

Adnan vd., (2018), “Comparison of Various Drought Indices to Monitor Drought Status in Pakistan” adlı makalesinde, 15 kuraklık indeksinin performansını değerlendirerek Pakistan'da kuraklık indekslerinin uygulanabilirliğini ve karşılaştırmasını amaçlamaktadır. İndeksler arasında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI), Standartlaştırılmış Yağış Sıcaklık İndeksi (SPTI), Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI), Çin Z-İndeks, Ondalık İndeks, Değiştirilmiş CZI, Z-Score, Yağış Değişkenlik İndeksi (RVI), Standartlaştırılmış Toprak Nemi Anomali İndeksi, Ağırlıklı Anomali Standartlaştırılmış Yağış İndeksi, Normal Yağış İndeksinin Yüzdesi, Kendi Kendine Kalibre Edilen Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi, Bileşik İndeks, Alan Ağırlıklı Ayrılma Yüzdesi ve Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) bulunur. Bu indeksler, 58 meteoroloji istasyonunun 1951–2014 dönemine ait uzun vadeli verileri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Performans, verimlilik ve anlamlılık da farklı istatistiksel testler uygulanarak test edilir. SPI, SPEI ve RDI sonuçları Pakistan'daki kuraklık durumunu izleme konusunda başarılı indeksler oldukları tespit edildi. Pozitif artış eğilimi (ıslaklığa doğru), yukarıda belirtilen indekslerin birçoğu tarafından %95 güven seviyesinde not edilmiştir. Ayrıca, tarihsel kuraklık yılları ve yoğunluğu, yakın zamandaki uzun kuraklık döneminin (1999-2002) karşılaştırılması ile birlikte araştırılmış ve tüm indeksler bu dönemi başarıyla yakalamıştır.

Cebeci vd., (2019). “Türkiye'nin İller Bazında Kuraklık Değerlendirmesi” adlı makalede Türkiye'nin 81 ilinde gerçekleştirilen bu çalışmada, meteoroloji istasyonlarından alınan aylık ortalama toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak Bagnouls-Gaussen kuraklık endeksleri hesaplandı. Amaç, kurak dönemleri illere göre belirlemek ve Türkiye genelindeki kuraklık koşullarını il düzeyinde haritalanmasını sağlamaktır. Son 15 yıla ait verilerin analizi, ülkenin nem düzeninde önemli değişiklikler olduğunu ortaya koyuyor: Son 15 yılda Türkiye'de nemli alanlarda %0,01 oranında azalma, kuru alanlarda ise %1,79 oranında artış yaşandı. Yarı nemli alanlar %1,25 oranında genişlerken, çok kurak alanlar %0,56 oranında büyüme kaydetti. Kuraklığın mekânsal dağılımı kuzeyden güneye doğru artan bir eğilim

göstermektedir; Ege, Akdeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'daki bölgeler çok kurak olarak sınıflandırılmaktadır. Tersine, Trakya'nın bazı kısımları ve Karadeniz kıyıları yarı nemli kategoriye girmektedir. Nemli sınıflandırma Karadeniz kıyılarıyla sınırlıdır, iç bölgeler ise ağırlıklı olarak kuraktır. Bu bulgular, son on beş yılda Türkiye'de daha kuru koşullara doğru gözle görülür bir değişimi vurguluyor; bu durum, hassas bölgelerde kötüleşen kuraklığın etkilerini hafifletmek için hedefe yönelik su yönetimi stratejileri ve uyum tedbirlerinin gerekliliğini ortaya koyuyor.

Çamalan vd., (2019). “SPEI Kuraklık İndisi ile Türkiye’de Kuraklık Olaylarının Analizi” adlı makalede, Türkiye'deki 123 meteorolojik gözlem istasyonunun 1971'den 2015'e kadar uzanan klimatolojik verilerini analiz etmek için Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) kullanıldı. Araştırmada elde edilen sonuçlar şu şekildedir; Yıllık ortalama sıcaklık ve toplam yağış serilerindeki eğilimler Mann-Kendall Sıra Korelasyon Katsayısı yöntemi kullanılarak değerlendirildi. Tarihsel meteorolojik kuraklık olaylarının SPEI-12 ölçeğinde analizi yoluyla Türkiye'deki kuraklığa maruz kalma durumu hakkında fikir edinmeye çalışılmıştır. SPEI-12 ölçeğinde belirlenen önemli kuraklık dönemleri arasında 1973-1974; 1985; 1989-1991; 1994-1995; 1999-2001; 2005; 2007-2009; 2011; ve tekrarlayan kuraklık dönemleri olan 2013-2014 yer almıştır. İç Anadolu, Ege, Doğu Marmara, Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Orta ve Doğu Akdeniz gibi bölgelerde 70 ay veya daha uzun süre kuraklık yaşandı ve şiddet indeksleri SPEI-12 ölçeğinde -70 veya daha yüksek seviyelere ulaşmıştır. Kaydedilen en uzun kuraklık dönemi 105,91 şiddet indeksiyle İç Anadolu'daki Kırşehir İstasyonu'nda yaşanmıştır. Ek olarak bu istasyon, orta şiddette sınıflandırılan -1,38 ortalama şiddet indeksi ile en şiddetli kısa vadeli kuraklığı kaydetti. Kısa süreli şiddetli kuraklık ortalamaları Trakya, Doğu Karadeniz'in kuzeyi (Rize hariç), Doğu Anadolu'nun kuzeyi, Güneydoğu Anadolu'nun batısı, Doğu Akdeniz, Akdeniz'in doğusu gibi bölgelerde daha sık görülmüştür. Bu analiz, Türkiye genelinde kuraklık şiddetindeki bölgesel farklılıkların altını çiziyor ve gelecekteki kuraklıkların etkilerini hafifletmek amacıyla su kaynakları yönetimi ve tarımsal planlamada uyarlanabilir stratejiler geliştirmek için kritik bilgiler sağlamaktadır.

Li vd., (2019), “Comparison of Drought Indices in The Analysis of Spatial and Temporal Changes of Climatic Drought Events in a Basin” adlı makalede İki farklı yöntemle dayalı Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI), Yangtze Nehri Havzası'ndan aylık meteorolojik veriler kullanılarak hesaplandı. Veri setinin tamlığı ve uzunluğuna göre bu çalışmada 35 meteoroloji istasyonunun 1959 yılından 2017 yılına kadar olan aylık verileri uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, Penman-Monteith (PM) yöntemiyle hesaplanan SPEI'nin, Thornthwaite (TH) yöntemine dayalı SYİ ve

SPEI'den daha iyi performans gösterdiği ortaya çıktı. SPEI\_PM daha fazla meteorolojik faktörü ve detaylı fiziksel süreçleri dikkate aldığından kuraklık eğilimlerinin en makul ve doğru sonuçlarını elde etmiştir. Havzadaki kuraklık özelliklerinin on yıllık değişimlerini analiz etmek için SPEI\_PM varyasyonları kullanılarak, 1980-1989 ve 1990-1999 yıllarının havzadaki en nemli dönemler olduğu, son yıllarda ise kuraklık olaylarının daha sık ve şiddetli hale geldiği bulunmuştur. Kuraklık eğilimi, süresi ve sıklığının mekânsal dağılımları, nehrin orta kısmında yer alan istasyonların kuraklık olaylarına en yatkın olduğunu, bunu üst kesimlerin takip ettiğini göstermiştir. Sonuçlarımız, şiddetli kuraklıkların sıklıkla meydana geldiği ve daha uzun sürdüğü bölgeler için daha fazla bilgi sağladı ve gelecekteki havza yönetiminde bu bölgelere daha fazla önem verilmesi gerektiğini ortaya koydu.

Wable vd., (2019). “Comparison of Drought Indices in a Semi-Arid River Basin of India” adlı çalışmada Batı Hindistan'da bulunan yarı kurak bir havza için beş kuraklık indeksinin performansı değerlendirildi. Dokuz yağmur ölçüm istasyonu ve dört iklim istasyonunun 25 yıllık (1985-2009) dönemi verileri kullanıldı. Verilerin kullanılabilirliğine dayalı olarak beş meteorolojik kuraklık indeksi seçilmiştir: Normalden Ayrılma Yüzdesi (PDN), Etkili Kuraklık İndeksi (EDI), Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI), Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI). Bu kuraklık endekslerinden EDI, zaman adımıyla bağımsız bir kuraklık indeksi olup, diğer dört çok zamanlı ölçekli indeks 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık ölçeklerde tanımlanmıştır. Bu kuraklık indekslerinin karşılaştırılması için kullanılan ölçek, EDI ile korelasyona dayalı olarak ve çok zamanlı kuraklık indekslerinin ölçekleri içerisinde seçilmiştir. Kuraklık indekslerinin tarihsel kuraklık sırasındaki performansı, belirli bir kuraklık şiddet sınıfındaki kuraklık indeksinin göreceli sıklığı ve bu indekslerin çok aylık yağışlara verdiği tepki temel alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca bu kuraklık endekslerinin performansı, sağlamlık, izlenebilirlik, şeffaflık, gelişmişlik ve genişletilebilirlik gibi karar kriterleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçların analizi, çalışma alanındaki kuraklık indekslerinin karşılaştırılması için 9 aylık ölçeğin uygun olduğunu göstermiştir. SPEI-9, “şiddetli kurak” sınıfında maksimum bağıl frekans göstermiş ve istasyonların çoğunda 9 aylık yağışlara duyarlı bulunmuştur. Ayrıca performans değerlendirme kriterlerinin sonuçları, SPEI-9'un en yüksek toplam ağırlıklı puana (136) sahip olduğunu ve ardından RDI-9, SPI-9, EDI ve PDN-9'un geldiğini ortaya koydu. Çalışma alanındaki kuraklık koşullarının izlenmesi için en uygun kuraklık indeksinin SPEI-9 olduğu sonucuna varılmıştır.

Li vd., (2020), “Elucidating Diverse Drought Characteristics from Two Meteorological Drought Indices (SPI and SPEI) in China” adlı makalede yaygın olarak kullanılan iki meteorolojik kuraklık indeksini (Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) ve Standartlaştırılmış

Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI)) kullanarak 1980-2015 döneminde Çin'deki kuraklık özelliklerini açıklamaktadır. Sonuçlar, SPEI'nin 1980-97 dönemine kıyasla 1998-2015 döneminde kuraklık şiddetinde, alanında ve sıklığında, esas olarak artan potansiyel evapotranspirasyondan dolayı genel bir artışı karakterize ettiğini göstermektedir. Buna karşılık SPI, yağışın genel olarak önemli bir değişiklik göstermemesi nedeniyle bu olguyu ortaya çıkarmamaktadır. SPI ile karşılaştırıldığında SPEI daha düşük bir kuraklık sıklığını tanımlar ancak genel olarak daha büyük toplam kuraklık alanlarına sahiptir. Ek olarak, SPEI, SPI'den daha fazla sayıda şiddetli kuraklık olayını, ancak daha az sayıda hafif kuraklık olayını tanımlar. SPI tarafından tespit edilen kuraklık ızgaralarının yaklaşık %30'u SPEI tarafından kuraklık olarak tanımlanmamaktadır ve SPEI tarafından tespit edilen kuraklık ızgaralarının %40'ı SPI tarafından kuraklık olarak tanınmamaktadır. Her iki endeks de kabaca büyük kuraklık olaylarını yakalayabilir, ancak SPEI tarafından tespit edilen kuraklık olayları genel olarak SPI'den daha şiddetlidir.

Jaagus vd., (2021), “Long-Term Changes in Drought Indices in Eastern and Central Europe” adlı makalede 1949-2018 yılları arasında 11 Orta ve Doğu Avrupa ülkesindeki 182 istasyonda kuraklık indekslerindeki (SYİ - SPEI) 1 ve 3 aylık ölçeklerdeki uzun vadeli değişiklikleri analiz etmektedir. Çalışma bölgesinin kuzey kesiminde, Estonya, Letonya, Litvanya, Belarus ve Kuzey Polonya'da, soğuk mevsimde (Kasım-Mart) SYİ ve SPEI'de istatistiksel olarak anlamlı yağış artışı belirlenmiştir. Çalışma alanının geri kalan kısmında ise kış aylarında zayıf ve çoğunlukla önemsiz bir düşüş yaşanmıştır. Yaz sezonu (Haziran-Ağustos) kuzeyde bir artış gözlenirken, SPEI'de kuruma eğilimini yansıtan net bir düşüş güney bölgeleri için tipik bir durumdur: Çek Cumhuriyeti, Slovakya, Macaristan, Romanya, Moldova ve Güney Polonya. Çek Cumhuriyeti ve Polonya'da geniş bir alanda istatistiksel olarak anlamlı olan genel bir kuruma eğilimi Nisan ayında da ortaya çıkmıştır. Romanya, Moldova ve Macaristan'da Eylül ve Ekim aylarında SYİ ve SPEI'de artış eğilimi tespit edildi. SYİ yerine SPEI'nin kullanılması genellikle kuruma eğilimlerini artırır.

Sridhara vd., (2021), “Assessment and Monitoring of Drought in Chitradurga District of Karnataka Using Different Drought Indices” adlı makalede tek bir indeksin tüm kuraklık koşullarını değerlendiremeyeceğinden dolayı, bu çalışmada kuraklığın değerlendirilmesi ve izlenmesi için çok değişkenli indeksler yaklaşımı kullanılmıştır. Ondalık İndeks (DI), Normal Yüzde (PN), Çin-Z İndeksi (CZI), Z-Skor İndeksi (ZSI) ve Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) gibi yağış verileri kullanılarak beş indeks değerlendirilmiştir. Aylık toplam yağış verileri, Hindistan'ın Karnataka kentinin Chitradurga bölgesindeki farklı talukalarda 1967-2017 döneminde meydana gelen kuraklık olaylarını hesaplamak için kullanıldı. Değerlendirme,

kuraklığın belirlenmesinde SYİ, CZI ve ZSI performansının benzer olduğunu ortaya çıkardı. PN, belirli bir yılda meydana gelen yağış olaylarına karşı oldukça duyarlıydı ancak kuru koşullarda farklılıklar sergiledi. DI kuraklık koşullarını belirlemede o kadar da tatmin edici değildi. Değerlendirilen beş indeks arasında SYİ, kuraklığın başlangıcını tahmin etmede diğer dört kuraklık endeksine göre en iyi gösterge gibi görünüyor. Bu nedenle Hindistan'ın Karnataka şehrinin Chitradurga bölgesindeki kuraklığın değerlendirilmesi ve izlenmesi için SYİ önerilebilir.

Şener (2021). “Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Kuraklık İndekslerinin Eğilim Analizi: Akşehir Örneği” adlı makalede son yıllarda kuraklık, özellikle yağışların azalması nedeniyle su kaynakları için kritik bir tehdit olarak ortaya çıkmıştır. Kuraklığın süresini, şiddetini ve tekrarını anlamak, etkilerinin azaltılması açısından çok önemlidir. Akşehir Devlet Meteoroloji İstasyonu'nda 1959-2019 yılları arasında yapılan araştırma, yağışlarda ciddi bir azalmanın yanı sıra sıcaklıklarda da istatistiksel olarak kayda değer bir artış olduğunu ortaya koyuyor. Çeşitli zaman ölçeklerinde (1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 ay) Standartlaştırılmış Yağış İndeksini (SPI) kullanan analizler tutarlı bir şekilde artan kuraklık koşullarına işaret ediyor; istikrar gösteren tek istisna Ağustos ayıdır. SPI kullanılarak 12, 24 ve 48 ay boyunca yapılan hidrolojik kuraklık değerlendirmeleri, özellikle son yıllardaki uzun süreli kuraklık dönemlerinin Akşehir Gölü'nün rahatsız edici kurumasıyla bağlantılı olduğunu vurgulamaktadır. Bu bulgular, artan kuraklık koşullarında su kaynaklarını yönetmek, bölgede sürdürülebilir su kullanımı ve çevresel dayanıklılığı sağlamak için proaktif önlemlere duyulan acil ihtiyacın altını çiziyor.

Khanmohammadi vd., (2022), “Investigation of Drought Trend on The Basis of The Best Obtained Drought Index” adlı makalede İran'ın 30 sinoptik istasyonunda yağışa dayalı dokuz kuraklık indeksinin zaman serisi karşılaştırılmış ve 1960-2014 yılları arasında üstün indeks belirlenmiştir. Daha sonra seçilen kuraklık indeksi kullanılarak, değiştirilmiş Mann-Kendall testi ile yağışlı ve kurak dönemlerin yıllık eğilimi hesaplanmıştır. İncelenen indeksler arasında SYİ üstün indeks olarak seçilmiştir. Bu indeks Normal dağılıma iyi uymakta ve yağışla 0,92'den fazla korelasyon katsayısına sahiptir. Ayrıca bu indeks yağış miktarına duyarlı ve minimum yağışa karşılık gelen kuraklık olaylarını tespit edebilmektedir. SYİ kuraklık analizi sonuçlarına bakıldığında, incelenen yılların çoğunda (%82) en az bir kuraklık olayının yaşandığını görülmüştür. Çalışma alanındaki özellikle 2008 ve 2010 yıllarındaki kuraklık koşullarını yansıtmaktadır. Islak ve kurak dönemlerin trend analizi, en çok çalışılan istasyonlarda SYİ indeksinin düşme eğilimini göstermiştir. Söz konusu indeksen düşüş eğilimi İran'ın kuzeybatısı ve batısında (%95 güven düzeyinde) görülmüştür. SYİ endeksine karşılık

gelen trend çizgisi eğim değerleri, incelenen istasyonların çoğunda negatifti. Tebriz ve İsfahan istasyonları sırasıyla negatif (-0,027) ve pozitif (0,025) trend çizgisi eğiminin maksimum değere sahiptir.

Tigkas vd., (2022), “ Incorporating aSPI and eRDI in Drought Indices Calculator (DrinC) Software for Agricultural Drought Characterisation and Monitoring” adlı makalede kuraklık olaylarının etkili bir şekilde izlenmesi ve zamanında belirlenmesine yönelik araçlar da dahil olmak üzere hazırlık planlarının geliştirilmesi, özellikle suya bağımlı tarım sektörü için kuraklığın hafifletilmesi ve su yönetimi konusunda bilinçli karar alınması açısından hayati öneme sahiptir. Bu makale, tarımsal kuraklığın belirlenmesi için tasarlanan iki yeni kuraklık indeksinin Kuraklık İndeksi Hesaplayıcı (DrinC) yazılımına dahil edilmesini sunmaktadır. Tarımsal Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (aSPI) ve Etkin Keşif Kuraklık İndeksi (eRDI) olarak adlandırılan bu indeksler, yaygın olarak mevcut meteorolojik verilere ihtiyaç duyarken, bitki gelişimine verimli bir şekilde katkıda bulunan su miktarını dikkate alarak etkili yağış kavramını kullanırlar. DrinC yazılımının, uygun referans periyotlarının seçimi, hesaplama zaman adımları ve diğer ilgili konular da dahil olmak üzere, tarımsal kuraklık değerlendirmesi için indekslerin doğru kullanımına yol açan tasarım ilkeleri sunulmakta ve tartışılmaktadır. aSPI ve eRDI'nin DrinC'ye dahil edilmesi, yazılımın özellikle operasyonel amaçlar için faydalı, basit ve anlaşılır bir yaklaşımla zamanında tarımsal kuraklık karakterizasyonu ve analizine yönelik uygulanabilirliğini artırır.

Yüce vd., (2022). “SPI ve SPEI ile Samsun İli Kuraklık Analizi” adlı bu çalışma, etkili su kaynakları planlaması ve yönetimi için gerekli olan kuraklıkların tanımlanması, izlenmesi ve karakterize edilmesi gibi önemli görevlere odaklanmaktadır. Samsun ilindeki 17030 numaralı istasyondan 1938'den 2020'ye kadar olan aylık yağış verilerini kullanan analizde iki temel indeks kullanılıyor: Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI). Çalışma iklim değişikliğinin yağış, sıcaklık, bağıl nem ve buharlaşma üzerindeki etkilerini araştırıyor. Sonuçlar, %95 güven aralığı analizine göre sıcaklıklarda önemli bir artış eğilimine işaret ederken, yağış, bağıl nem ve buharlaşmada önemli bir eğilim gözlemlenmemiştir. SPI ve SPEI arasındaki ilişki farklı zaman ölçeklerinde (1 aylık, 3 aylık, 6 aylık, 9 aylık, 12 aylık ve 24 aylık) incelenmektedir.  $R^2$  değerlerinin azalmasıyla kanıtlandığı gibi, daha uzun zaman ölçekleriyle azalan, daha kısa zaman serilerinde güçlü bir korelasyon gösterir. Her iki indeks de kuraklığın şiddetini benzer şekilde sınıflandırıyor; Samsun ilinde en sık görülen sınıflandırma normal kuraklık, en az görülen sınıflandırma ise aşırı kuraklıktır. Özellikle SPI, aşırı kuraklık koşullarının tespitinde SPEI'ye kıyasla daha yüksek hassasiyet göstermektedir. Çalışma, 1950'de önemli ve uzun süreli bir kuraklık dönemi

tanımlıyor ve iki indeksten elde edilen hem süre hem de yoğunluk ölçümlerine dayalı olarak bu kuraklığın ciddiyetini vurguluyor. Bu bulgular, Samsun ilindeki kuraklık dinamiklerinin karmaşık doğasının altını çizmekte ve değişen iklim koşullarında uzun süreli kuraklık olaylarının etkilerini ele almak için sağlam izleme sistemleri ve entegre su yönetimi stratejilerinin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Durmuş ve Bulut (2023). “Batı Akdeniz’deki Ekstrem Kuraklık Şartlarının SPEI Yöntemiyle Belirlenmesi” hem doğal manzaralar hem de insan toplulukları üzerinde derin etkileri olan şiddetli doğal afetler olan kuraklıklar, iklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık ve yağış düzenindeki değişikliklerle daha da kötüleşiyor. Artan sıcaklıkların yaşandığı Akdeniz Havzası, uzun süreli kuraklıklara karşı giderek daha duyarlı hale geldi. Türkiye'nin Batı Akdeniz bölgesinde 1980'den 2019'a kadar gerçekleştirilen bu araştırmada, Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksini (SPEI) kullanarak farklı zaman ölçeklerinde (3, 6 ve 12 ay) kuraklıkları analiz etmeye odaklanılmıştır. Bu yöntem, aşırı kuraklık dönemlerini belirlemek için günlük sıcaklık ve yağış verilerini birleştirerek yalnızca yağış seviyelerinin ötesinde kapsamlı bir görünüm sunar. Sonuç olarak, SPEI-3 ve SPEI-6 analizlerinde 1981, 1985, 1989, 1990, 2000, 2007 ve 2008 ile SPEI-12’de ise 1990-1991, 2000-2001, 2004-2005, 2007-2008 ve 2016 gibi önemli kuraklık yıllarını ortaya koymaktadır. 3 ve 6 ay süren kuraklıklar sırasıyla temmuz ve haziran aylarında oldukça sık görüldü. Özellikle iç kesimlerde kuraklık süresi 2000’li yıllardan bu yana belirgin şekilde uzamıştır. Bu çalışmada Burdur istasyonu 2015-2018 yılları arasında kuraklık yoğunluğu açısından en şiddetli istasyndü. Kıyı alanları genellikle daha yağışlı koşullara doğru bir eğilim sergilerken, iç kesimlerde kuraklaşmaya yönelik endişe verici bir eğilim yaşanıyor. Bu iç bölgelerdeki tarımın ve su yönetimi uygulamalarının sürdürülebilirliğinin ele alınması, şiddetli kuraklık koşullarına uyum sağlamak ve bu koşulların etkilerini hafifletmek için çok önemlidir. Bu araştırma, değişen iklim karşısında gelecekteki kuraklıklara karşı korunmak için proaktif önlemlere acil ihtiyaç duyulduğunun altını çiziyor.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### ANTALYA İLİNİN FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

Antalya ili Türkiye'nin güneybatısında bulunan ve 29°20' - 32°35' doğu boylamları ile 36°07' - 37°29' kuzey enlemleri arasında yer alan önemli bir turizm şehridir. Antalya'nın güneyinde uzun bir sahil şeridi boyunca Akdeniz uzanırken, kuzeyinde denize paralel olarak uzanan Toros Dağları yer almaktadır. Toros Dağları'nın kuzeyinde ise Isparta ve Burdur illeri konumlanmıştır. Antalya ili doğusunda Mersin, Konya ve Karaman illeri, batısında ise Muğla ili ile komşudur. Antalya, 20.815 km<sup>2</sup>'lik bir yüzölçümüne sahip olup, bu alan Türkiye'nin toplam yüzölçümünün %2,6'sını oluşturmaktadır. Akdeniz Bölgesi'nin batısında yer alan Antalya ili, bölgenin toplam yüzölçümünün %17,6'sını meydana getirir (Harita 1). Antalya ili, doğal ve kültürel coğrafya özellikleri bakımından çeşitlik göstermektedir. (Sarı, 2012: 47).

Antalya kıyılarında yazları ortalama sıcaklık 30°C'ye kadar ulaşmaktadır. Ege kıyı kesiminde etkili olan ve o bölgeyi serinleten etezyen (meltem) rüzgarları, Akdeniz Bölgesine ulaştığında Toros Dağlarının varlığından dolayı fön rüzgarı etkisi yapar. Bu da yazları sıcaklığın 40°C'nin üstüne çıkmasına ve bağıl nemin düşmesine neden olmaktadır. Antalya Bölgesinin yaygın bitki örtüsü yazları kuraklığa oldukça dayanıklı olan kızılçam (*Pinus Brutia*) ve kızılçamların tahribi ile oluşan maki vejetasyonudur. Antalya Bölgesinin toprak çeşidi ise terra rossa'dır. Terra rossa sıcaklığın yüksek ve kirecin yoğun olduğu alanlarda görülür. Bu toprak türünde kireç yıkanır, demir oksit ise birikir bu da toprağın rengini kırmızı olmasını sağlar. Yükseltinin arttığı alanlarda sıcaklığın düşmesiyle beraber organik maddelerin birikmesi artar. Bu alanlarda toprağın rengi kahve rengine dönüşür (Atalay, 2014: 519).

Antalya Bölgesi'nde hâkim olan yağış rejimi, basınç kuşaklarının yıllık hareketleri sonucundaki kaymalarla meydana gelir. Bölge, yaz aylarında subtropikal yüksek basınç kuşağının etkisi altında kalırken, kış aylarında ise batı rüzgarları ve siklonlar kuşağının etkisindedir. Bölgede yaz kuraklığı hâkimdir. Antalya'nın kıyı kesimlerinde Akdeniz yağış rejimi etkiliyken, iç kesimlere doğru ilerledikçe bu rejim zayıflar ve yerini karasal iklim özelliklerine bırakır (Erol, 2014: 271).

#### 1.1. Antalya İlinin Jeomorfolojik Özellikleri

Antalya ili yeryüzü şekilleri bakımından çeşitlilik göstermektedir. İlin coğrafi yapısının %77,8'i dağlık, %10,2'si ova ve %12'si ise engebeler alanlardan oluşmaktadır. Fay hatları ve akarsular tarafından derinlemesine yarılmış olan Toros Dağları ile yüksek platolar, geniş alanlar

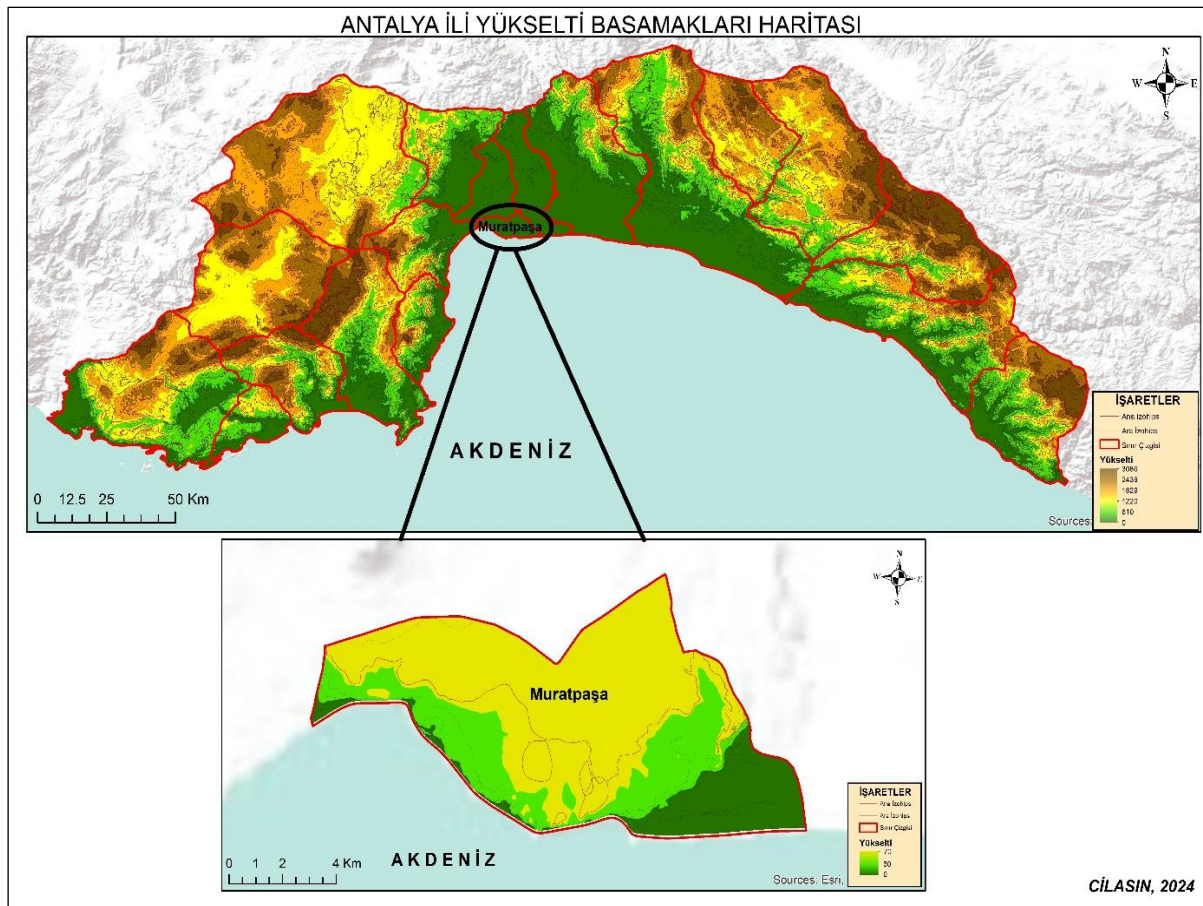
kaplamaktadır. Antalya ili, Batı Toroslar olarak adlandırılan bölümde yer alır. Batı Torosların Antalya Körfezi'nin her iki yakasında uzanması, Antalya ilinin yerleşimini doğrudan etkilemektedir. Antalya'da yerleşme, körfezin batısında güneybatı-kuzeydoğu yönünde, doğusunda ise kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanmaktadır. Özellikle körfezin batısında uzanan ve adeta bir duvar gibi görünen Beydağları oldukça dikkat çekicidir. Bunun yanı sıra bölgede yer alan diğer önemli dağlar arasında Akdağ, Şeytan Dağı, Susuz Dağları, Alaca Dağ, Kohu Dağı, Tahtalı Dağ, Dumanlı Dağ ve Geyik Dağları bulunur (Sarı, 2012: 47).

Antalya ilinde yükselti değerlerine bakıldığı zaman ortalama yükselti değeri 977.2 metredir. Bölgenin en yüksek noktası Beydağları üzerinde bulunan ve 3086 m yüksekliğe sahip olan Kızlar Sivrisi'dir. Kıyı kesimleri ise Antalya'nın en düşük yükselti değerlerine sahip alanları oluşturur (Demir, vd. 2021: 86).

Antalya'nın doğusunda, Taşeli Platosu üzerinde kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan ve sıradağ biçiminde olan Geyik Dağları, Konya, Karaman ve Antalya illerini birbirinden ayırmaktadır. Bu dağ silsilesinin yanı sıra, Akdağ Elmalı Ovası'nın güneybatısında Muğla il sınırına doğru uzanırken, Alaca Dağ ise Kohu Dağı'ndan itibaren güneye doğru uzanarak Finike ile Kaş ilçeleri arasında sınır oluşturmaktadır. Antalya Körfezi'nin batısında Teke Platosu bulunurken, doğusunda ise Taşeli Platosu yer alır. Taşeli Platosu, Göksu Nehri tarafından derince yarılmıştır. Her iki platoda, bölgenin engebeli arazilerini oluşturur (Sarı, 2012: 48).

Antalya ili, özellikle güneyde Akdeniz kıyıları boyunca yer alan ovalar ile göze çarpmaktadır. Batı Torosların genellikle kıyıya paralel uzanması, kıyı ovalarının iç kesimlere doğru uzanmasını engellemekte ve hatta Antalya Körfezi'nin batı ve doğu kısımlarında dar bir sahil şeridi oluşmasına neden olmaktadır. Bu ovalar arasında Kasaba, Demre, Finike, Antalya ve Alanya ovaları en dikkate değerlerdir. Elmalı ve Korkuteli iç kesimlerinde yer alan ovalardır. Bu ovalar yüksek dağlar arasındaki depresyonlarda bulunmaktadır (Sarı, 2012: 48; Arınç, 2019: 1-13).

Çalışma alanı olan Muratpaşa ilçesine bakıldığı zaman yükseltinin genel olarak deniz seviyesinde olduğu görülür. Antalya Körfezinin hemen kuzeyinde bulunan Muratpaşa ilçesinde düzlük alanların yaygın, engebeli alanların ise neredeyse hiç olmadığını görürüz. İlçede yükselti en fazla 70 metrelere ulaşmaktadır (Harita 1.1).

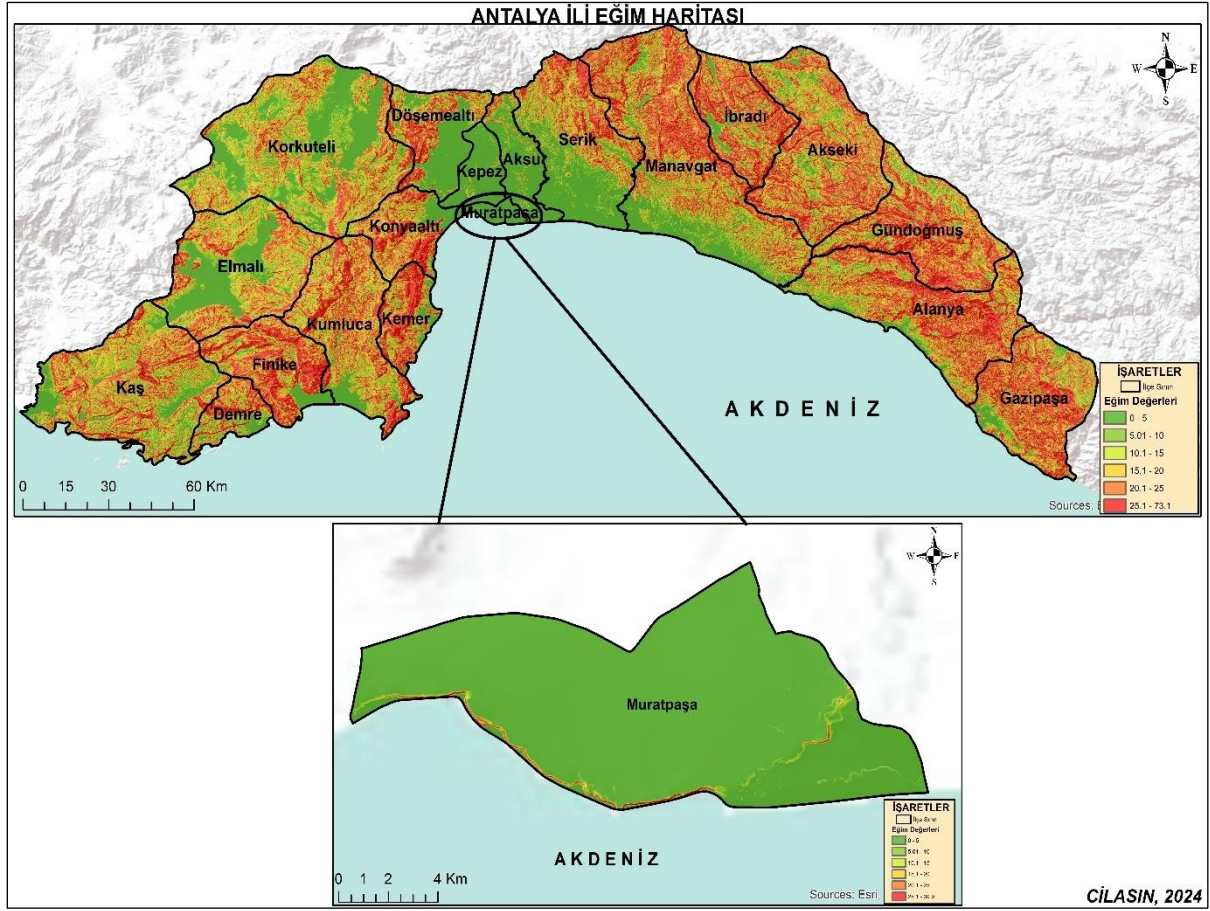


**Harita 1.1 :** Antalya ili yükselti basamakları haritası.

## 1.2. Antalya İlinin Eğitim Özellikleri

Antalya ilinde, akarsular tarafından şekillendirilmiş vadiler ve fay hatlarıyla derinlemesine yarılmış yüksek platolar bulunmaktadır. Antalya iline ait eğim haritasına bakıldığında; Bey Dağları, Tahtalı Dağı, Geyik Dağları ve Alaca Dağ gibi dağ silsilelerinin yer aldığı sahalarda eğim oranının %60 ve üzerinde olduğu yamaç dikliklerine karşılık gelmektedir. Ovalık ve platoluk sahalardan kıyı şeridi boyunca eğim değerlerinin dağlık sahalara göre nispeten daha düşük olduğu göze çarpmaktadır. Yükseltinin daha az olduğu bu sahaların eğim değerleri %0 ile %10 arasında değişim göstermektedir. Eğim oranının düşük ve az olduğu alanlar daha çok yerleşim sahalarını ve tarım arazilerini oluşturmaktadır. Eğim bakımından yüksek alanlar beşerî ve ekonomik faaliyetleri sınırlandırması bakımından daha çok yaylacılık faaliyetleri, kış turizmi faaliyetleri açısından değerlendirilir. Eğim oranının yüksek olduğu alanlar dağlık, engebelik alanlara karşılık gelirken; eğim oranının düşük olduğu alanlar ovalık ve platoluk alanları oluşturmaktadır.

Çalışma alanı olan Muratpaşa ilçesinde genel olarak düşük eğim değerleri görülür; ilçenin genelindeki arazilerin eğim değerleri %0 ile %10 arasındadır (Harita 1.2).



**Harita 1.2 :** Antalya ili eğim haritası.

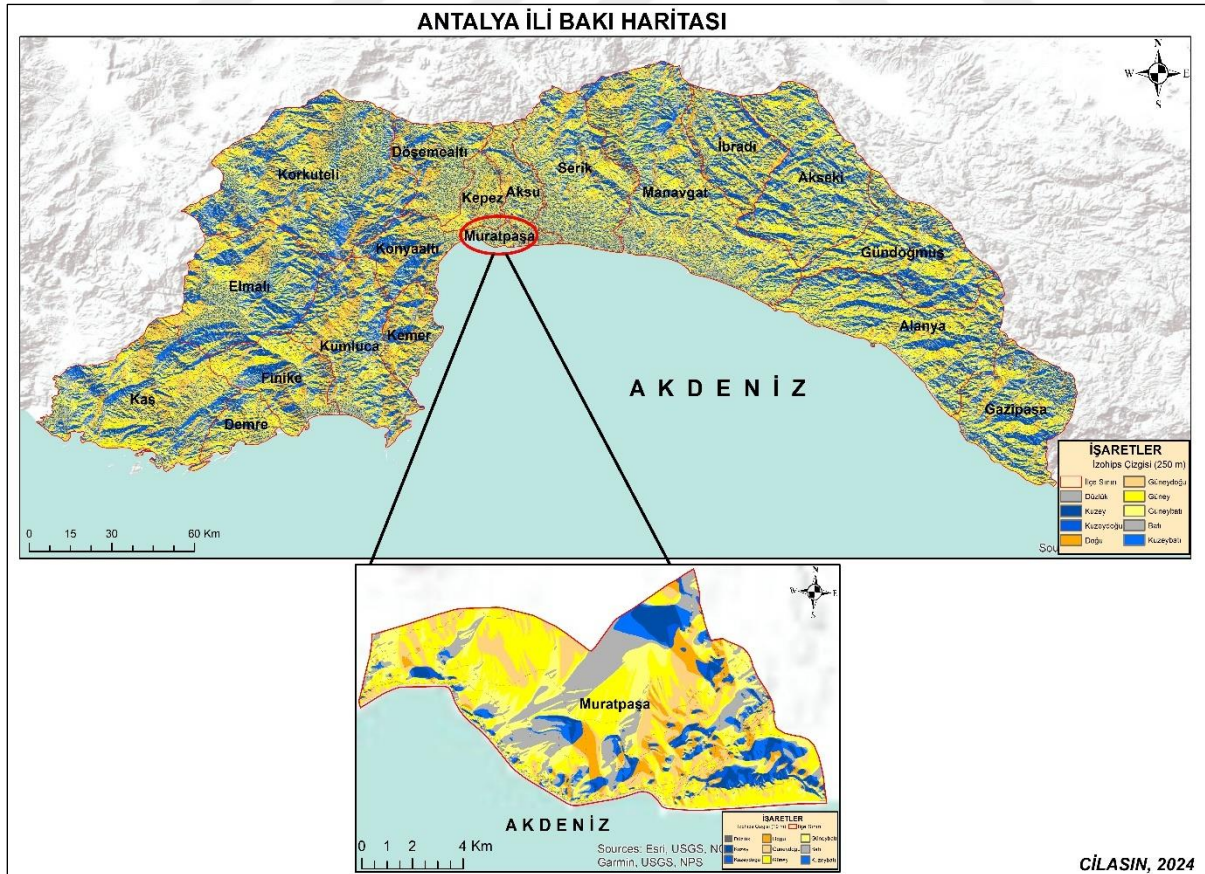


**Fotoğraf 1.1 :** Muratpaşa ilçesinin güneyinde oluşan falezlerden bir görünüm.

İlçe'nin kıyı kesimindeki falezlerin mevcudiyeti, bu bölgelerdeki eğim değerlerinin genel arazi yapısına kıyasla belirgin biçimde daha yüksek olduğunu göstermektedir (Fotoğraf 1.1).

### 1.3. Antalya İlinin Bakı Özellikleri

Bakı, bir bölgedeki dağların güneş ışınlarını alışı yönünü veya güneşe bakan kısmı olarak açıklanmaktadır. Antalya ili bakı haritası incelendiğinde; Bey Dağlarının bakı koşulları daha çok kuzeybatı- güneydoğu yönlüdür. Kemer'in batı ve kuzeybatısında kalan Tahtalı Dağı kuzeybatı - batı yönlü güneş ışınları alırken; Kemer merkez bölgesi güneydoğu - doğu yönlü bakı koşulları altında kalmaktadır. Antalya il merkezinde güneydoğu - doğu yönlü bakı koşulları yer almaktadır. Yerleşmeler çoğunlukla bakı faktörü etkisiyle konumlanmıştır. Bakı yönüne bakan bölgelerde tarım alanları daha erken hasat vermekte ve bu alanlarda daha ılıman iklim şartları hüküm sürmektedir. Bundan dolayı beşerî ve ekonomik faaliyetler üzerinde bakı faktörünün önemi büyüktür. Çalışma alanı olan Muratpaşa ilçesinin güney kısımlarında, bakı etkisi belirgindir. Bu durumun nedeni ise düz ve alçak arazilerin varlığıdır. Ancak, kuzeye doğru ilerledikçe yer şekilleri çeşitlenmekte ve yükselti artmaktadır. Sonuç olarak, güneyden kuzeye doğru ilerledikçe, bakı etkisi azalmaktadır (Harita 1.3).



Harita 1.3 : Antalya ili bakı haritası

#### 1.4. Antalya İlinin Hidrografya Özellikleri

Akarsular ve kaynaklar, bölgedeki canlı hayatının sürdürülebilmesi için temel koşulların oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Yaz mevsimini kurak geçiren Antalya ilinde akarsular büyük bir öneme sahiptir. Antalya ilinde bulunan akarsuların büyük bir kısmı sularını Akdeniz'e taşımaktadır. Kurak ve sıcak olan yaz mevsiminde akarsuların debisi çok azalmaktadır. Antalya'nın dağlık bölgelerdeki akarsuların akışı hızlıdır ve düzensiz bir akış rejimi göstermektedir. Kıyıdan iç kesimlere doğru gidildikçe genellikle kıyıya paralel olarak uzanan Torosların varlığı, akarsu havzalarının hidrolojik özelliklerini etkilemektedir. Nitekim dağlık bölgelerde, vadilerin yamaç eğimi fazladır. Bu durum özellikle kış döneminde akarsuların akımını artırır ve düzensiz bir akış rejimine sahip olmasına neden olur (Erinç, 2015: 374-382).

Antalya ilinin başlıca önemli akarsuları arasında; Manavgat Çayı, Aksu Çayı, Köprü Çayı, Akçay ve Alakır Çayı sayılabilir. Antalya Körfezinin doğusunda bulunan Manavgat Çayı 93 km uzunluğa sahiptir. Bu çay üzerinde Oymapınar ve Manavgat Barajı olmak üzere iki tane önemli baraj bulunmaktadır (Harita 1.4). Bölgede Jura-Kretase yaşlı kireçtaşı arazilerinin yaygın olması nedeniyle akarsular karstik kaynaklarla beslenmektedir. Oymapınar Barajının olduğu yerde, dünyanın tek noktadan çıkan en büyük karstik kaynağı ve dünyanın en uzun yer altı ırmağı olan Dumanlı 1 bulunmaktadır (Arınç, 2019: 27-34). Oymapınar Barajı'nın oluşmasıyla artık bu kaynak görülmemektedir. Manavgat Çayı Akdeniz'e dökülmektedir. Kaynağını Eğirdir ve Kovada Göllerinden alan Aksu Çayı, tektonik bir depresyondur. Bu tektonik depresyon aynı zamanda Batı Toroslar ile Orta Torosların jeolojik sınırını oluşturmaktadır. Bu sınırda Kırk Kavak fay hattı bulunur. Aksu Çayı üzerinde Karacaören Barajı vardır (Harita 1.4). Selge ve Aspendos antik kentleri Köprü Çayı üzerinde yer alır. Bu çayını uzunluğu ise 156 km'dir. Ayrıca Köprülü Kanyon Milli Parkı da bu lokasyonda bulunmaktadır (Arınç, 2019: 27-34).

Elmalı Ovası'nın batı kısmında yer alan Akdağ'dan doğan dereler, Avlan Gölü çevresindeki düdenler aracılığıyla yer altı su kaynaklarına karışırlar. Daha sonra Avlan bölgesinin aşağı kısımlarında, Finike'nin Başgöz Köyü'nden yeniden yüzeye çıkarak Akçay Deresi'nin oluşumuna katkıda bulunur. Taşıdığı materyallerle Finike Ovasını oluşturan Akçay Deresi sularını Akdeniz'e boşaltır (TC. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019: 7). Antalya Körfezi'nin batısında bulunan bir diğer önemli çay ise Alakır Çayıdır. Kumluca ilçesinde bulunan Alakır Çayı, kaynağını Beydağlarından alır. Alakır Çayı, yaklaşık 70 kilometrelik bir yolculuğun ardından sularını Akdeniz ile boşaltır. Alakır Barajı'nı oluşturan bu çay, kalker tabakalarından oluşan bir jeolojik formasyon üzerinde akış sağlamaktadır (<https://antalya.com.tr/tr/kesfet/doga/goller-goletler/alakir-cayi>. Erişim Tarihi: 21.12.2023).



**Harita 1.4 :** Antalya ili hidrografiya haritası.

Antalya ilinde bulunan önemli göl ve barajlar arasında ise şunlar yer almaktadır; Elmalı ilçesindeki Avlan Gölü, Gündoğmuş ilçesindeki Eğri Göl, Manavgat Çayı üzerine kurulan Oymapınar ve Manavgat Barajı, Alanya'da Dim Çayı üzerine inşa edilen Dim Barajı, Korkuteli ilçesinde bulunan Korkuteli Barajı, Kozağacı Barajı ve Osmankalfalar Göleti, Kumluca ilçesinde yer alan Alakır Barajı ve Pozan Gölü, Kaş'ta bulunan Çayboğazı Barajı ve Konyaaltı'nda bulunan Doyran Göleti söylenebilir (Harita 1.4).

Çalışma alanı olan Muratpaşa ilçesindeki, Düden Şelalesi, Antalya'nın doğal güzelliklerinden biridir ve Düden Çayı'nın Akdeniz'e döküldüğü noktada yer alır. Yüksekliği yaklaşık 15 metre olan bu şelale, bölgenin önemli turistik simgelerindendir (Fotoğraf 1.2).



**Fotoğraf 1.2 :** Muratpaşa ilçesinde bulunan Düden Şelalesinden bir görünüm.

### 1.5. Antalya İlinin Jeolojik Özellikleri

Toros Dağları, Alp-Himalaya kıvrım sisteminin önemli bir parçası olup, Türkiye'nin güney bölgesinde, Akdeniz'e paralel bir biçimde uzanmaktadır. Bu dağ silsilesi, Akdeniz kıyıları ile İç Anadolu'daki plato sahalarını birbirinden ayıran doğal bir sınırı oluşturmaktadır. Afrika ve Avrasya levhalarının çarpışmasıyla oluşmuş olan Toros Dağları'nın en yaygın olan ana kayası karbonat içerikli kayalardır (Harita 1.5). Kireçtaşlarının yaygın görüldüğü arazilerde uvala, dolin, polye gibi karstik yüzey şekilleriyle mağara ve galeriler gibi karstik yeraltı şekillerinin bu sahalarda görülmesi muhtemeldir (Demir, vd., 2021: 85).

Antalya ilinde jeolojik olarak, otokton konumlu Beydağları otoktonu ile allokton konumlu Antalya napları, Yeşilbarak napı ve Likya napları yüzeylemektedir. Ayrıca, bu bölgede Paleosen-Eosen yaşlı paraallokton konumlu kayalar ile Pliyosen-Kuvaterner yaşlı neotokton konumlu kayalar bulunmaktadır. Bölgede en yaygın olarak Mezozoik ve Tersiyer dönemine ait neritik kireçtaşı, kırıntılılar ve karbonatlar gözlenmektedir. Bunların yanı sıra, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar (Q), yamaç molozları (Qb), eski akarsu taraça dolguları (Q1) ile eski alüvyon ve yamaç molozları oldukça sık rastlanmaktadır. (MTA, 2010).

Beydağları Otoktonu; Antalya-Burdur sırasının batısında bulunan Batı Toroslar, kuzey-kuzeydoğu ve güney-güneybatı yönünde uzanan Beydağları ile bu yapıyı kuzey-kuzeybatı ve güney-güneydoğu doğrultusunda baskılayan allokton ünitelerden oluşmaktadır. Geniş bir alanda yayılım gösteren Batı Toroslar'da, otokton birimin temelini Jura-Kretase yaşlı karbonatlardan oluşan Beydağları oluşturmaktadır. Bu formasyonun üst seviyelerinde yersel



kayalardan oluşan K        formasyonu bulunmaktadır. Bu birimi, Erken Miyosen yaşlı algli kireçtaşlarından oluşan Karabayır formasyonu takip eder. Daha sonra, Burgaliyen yaşlı kırıntılı kayalardan oluşan Karakuřtepe formasyonu gelir ve stratigrafik dizilimin en üstünde, Geç Burgaliyen-Erken Langiyen yaşlı kaba kırıntılı kayaçlardan oluşan Kasaba formasyonu yer almaktadır. (Şenel, 2004: 21).



## İKİNCİ BÖLÜM

### KURAKLIK, KURAKLIK TİPLERİ VE KURAKLIK İNDİSLERİ

#### 2.1. Kuraklık ve Kuraklık Tipleri

Kuraklık, tanımlanması zor ve karmaşık olan doğal afetlerden birisidir. Yağış, toprak nemi, akarsu akışı, bitki örtüsünün yeşilliği ve sosyoekonomik koşullardaki eksiklikle ilişkili olabilir. Kuraklık, doğası gereği sinsi olan, yavaş yavaş gelişen ve çoğunlukla gizlice ortaya çıkan, başlangıcı ve sonu belirli olmayan bir olgudur. Kuraklığın şiddeti giderek arttığı için, büyük sonuçlar doğurabilir ve bu da onu en maliyetli doğal afetlerden biri haline getirir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde önemli ekonomik kayıplara ve finansal risklere yol açabilir (Wilhite ve Glantz, 1985: 2; Mishra ve Singh, 2011: 158; Mukherjee vd., 2018: 145; Shah ve Mishra, 2020: 1; <https://education.nationalgeographic.org/resource/drought/>. Erişim Tarih: 20.01.2024),

Kuraklık, su eksiliğinin farklı iklim bölgelerinde ve çeşitli toplumsal ihtiyaçlarla bağlantılı olarak pek çok farklı şekilde ortaya çıkması nedeniyle, tanımlanması en karmaşık doğal afetlerden bir tanesidir (Wilhite ve Glantz, 1985: 2-3; Perez vd., 2022: 2). Kuraklık, bir bölgeye yıllık düşen yağış miktarı normal seviyesinin altına düşmesiyle, hidrolojik dengenin bozulması ve toprağın olumsuz etkilenmesine neden olan bir afettir (Sırdaş, 2002: 95; Mengü vd., 2011: 176; Mishra ve Singh, 2011: 158; Mukherjee vd., 2018: 146). Yağmur ya da kar olsun, yeterli yağışın olmayışı, toprak nemi veya yeraltı suyunun azalmasına, nehir akışının cızlaşmasına, mahsulün zarar görmesine ve genel bir su kıtlığına neden olabilir (<https://education.nationalgeographic.org/resource/drought/>. Erişim Tarih: 20.01.2024). Su kaynaklarının bilinçsizce tüketilmesi, kuraklığı hızlandıran etmenlerin başında gelmektedir. Su, tüm sosyo-ekonomik gelişim ve sağlıklı ekosistemin devamlılığı için gerekli bir kaynaktır. Susuz bir yaşamın mümkün olmadığı apaçık ortadadır.

Kuraklığın ilk etkilerini hemen tespit etmek zor olabilir, dolayısıyla kuraklığın başladığını belirlemek haftalar veya aylar alabilir. Aynı nedenden dolayı kuraklığın sonunu belirlemek zordur. Kuraklık haftalar, aylar hatta yıllar sürebilir. Bazen bir bölgede kuraklık koşulları on yıl veya daha uzun süre devam edebilir. Kuraklık ne kadar uzun sürerse insanlar üzerindeki zararlı etkileri de o kadar büyük olur (Mishra ve Singh, 2011: 157).

Gelecek yüzyılda, tahminler ısınmanın, her iki yarımkürede de subtropiklerin ve orta enlemlerin çoğunda kuraklık riskini ve şiddetini artıracaklarını, bunun da bölgesel yağış düşüşlerinin ve yaygın ısınmanın bir sonucu olduğunu gösteriyor (Climate Change and

Drought: From Past to Future - NASA Technical Reports Server (NTRS). Erişim Tarihi: 21.01.2024).

Meteorolojik kuraklık, tarımsal kuraklık, hidrolojik kuraklık ve sosyo-ekonomik kuraklık olmak üzere 4 tane kuraklık tipi bulunmaktadır (Wilhite ve Glantz. 1985: 4; Feng vd., 2024: 2; Wen vd., 2024:2). Yağışın az veya hiç düşmemesi durumunda meteorolojik kuraklık başlar, meteorolojik kuraklığı, tarımsal ve hidrolojik kuraklık izlemektedir. Bunları takiben de sosyo-ekonomik kuraklık ortaya çıkmaktadır (Akbaş, 2014: 102).



**Fotoğraf 2.1:** Kuraklığı temsil eden bir görsel (<https://www.eea.europa.eu/publications/europes-changing-climate-hazards-1/wet-and-dry-1/wet-and-dry-drought>). Erişim Tarihi: 02.01.2024).

### 2.1.1. Meteorolojik Kuraklık

Uzun bir zaman diliminde yağışların normal seviyesinin altına düşmesi ile meteorolojik kuraklık gerçekleşir (Wilhite ve Glantz. 1985: 4). Meteorolojik kuraklık, esas olarak siklonik atmosferik durumla bağlantılı olarak kuru hava koşullarının belirli bir alana hâkim olması durumunda ortaya çıkar. Bu kuraklık tipi, diğer kuraklık çeşitlerinin de başlangıcını oluşturmaktadır. Meteorolojik kuraklık bölgesel olarak etkili olmaktadır. Yağış, sıcaklık, buharlaşma gibi meteorolojik faktörler zamana ve konuma göre değişkenlik gösterdiğinden dolayı bölgeden bölgeye farklı derecede kuraklıklar yaşanmaktadır (Kadioğlu, 2008b: 8; Ge vd., 2024: 2). Bu nedenden dolayı her bölge kendine özgü kuraklık çözümleri geliştirmektedir. Meteorolojik kuraklıklar su kaynaklarının miktarını önemli ölçüde etkileyen olaylardır (Fotoğraf 2.2). Uzun vadeli meteorolojik kuraklıklar hidrolojik kuraklıklara neden olur ve bu

durum yüzey ve yeraltı suyu seviyelerinde de azalmaya neden olur (Młyński ve Walega, 2021: 2).

Türkiye’de yapılan araştırmada elde edilen bulgulara göre, değişen mevsim özellikleri incelendiğinde, ülkemizde meydana gelen meteorolojik kökenli afetlerin (heyelan, sel, kuraklık, dolu, vb.) önemli ölçüde can ve mal kayıplarına neden olduğu saptanmıştır (Partigöç ve Soğancı, 2019: 290).



**Fotoğraf 2.2 :** Meteorolojik kuraklık (<https://wmo.int/about-us/world-meteorological-day/wmd-2020/drought>. Erişim Tarihi: 02.01.2024).

### 2.1.2. Tarımsal Kuraklık

Tarımsal kuraklık, topraktaki nem miktarının bitkinin gelişme ihtiyacını karşılayacak miktarda olmaması sonucu meydana gelir (Fotoğraf 2.3). Tarımsal kuraklığın gerçekleşmesi durumunda, toprakta yeterince su bulunsa bile ürün verimliliği önemli ölçüde düşebilir. Belirli bir dönemde yağışların yetersiz kalması sonucu oluşan meteorolojik kuraklığın diğer kuraklık türlerini de tetiklediği bilinmektedir. Su açığı ilerledikçe topraktaki nemin tükenmesine yol açar ve sonuçta yeterli sulama olmadığında tarımsal kuraklığa neden olur (Feng vd., 2024: 3). Tarımsal kuraklığın devam etmesi durumunda ise hidrolojik kuraklık gerçekleşir. Yüksek ve uzun süren sıcaklıklar, nispi nemin az olması ve kurutucu rüzgarların esmesi gibi faktörler tarımsal kuraklığın şiddetlenmesine neden olmaktadır (Sırdaş, 2002: 101; Kadioğlu, 2008b: 10; Mengü vd., 2011: 176; Akbaş, 2014: 102).

Tarımsal kuraklık nedeniyle Çin, yıllık ortalama 25.9 milyar kilogram tahıl kaybetmektedir. Bu miktar yaklaşık olarak 60 milyon insanın yıllık tahıl tüketimine denk gelmektedir (Zhang vd., 2024: 1). Bu veriler kuraklığın ne kadar ciddi bir problem olduğunu açıkça göstermektedir.



**Fotoğraf 2.3 :** Tarımsal kuraklık (<https://www.publicnewsservice.org/2023-10-10/climate-change/research-ohios-droughts-worse-than-often-recognized/a86653-1>. Erişim Tarihi: 02.01.2024).

### 2.1.3. Hidrolojik Kuraklık

Bir bölgede meteorolojik kuraklık meydana geldiğinde, yağışın uzun süre boyunca azalması veya hiç yağmaması, yüzey ve yeraltı su seviyelerinin düşmesine neden olur. Bu durumun sonucunda hidrolojik kuraklık oluşur (Fotoğraf 2.4). Kuraklık koşulları, başlangıçta meteorolojik kuraklıkla ortaya çıkar ve daha sonra kalıcı uzun süreli düşük yağışlar nedeniyle toprak neminin fazla tükenmesi, nehir akışlarında ve seviyelerinde düşüşle beraber hidrolojik kuraklığa dönüşür (Leng vd., 2024: 2). Hidrolojik kuraklığın şiddetini ve sıklığını etkileyen en önemli etmen iklim olmasına rağmen, yoğun su çıkarılması ve sulu tarıma yönlendirme gibi diğer antropojenik faktörlerde hidrolojik kuraklığın şiddetinin önemli bir biçimde etkiler (Athukoralalage vd., 2024: 1). Hidrolojik kuraklığın etkisi hissedildiğinde, kuraklığın daha önceden başlamış olduğunu anlarız. Çünkü hidrolojik kuraklık meteorolojik kuraklığın bir sonucu olup, kuraklığın ilk göstergelerinden değildir. Hidrolojik kuraklık, meteorolojik

kuraklık bitse bile varlığını uzun bir süre korumaya devam edebilir (Sırdaş, 2002: 101; Kadioğlu, 2008b: 14; Mengü vd., 2011: 176; Akbaş, 2014: 102).



**Fotoğraf 2.4 :** Hidrolojik Kuraklık (<https://our.today/hydrological-drought-spotted-in-some-parts-of-jamaica/>. Erişim Tarihi: 02.01.2024).

#### 2.1.4. Sosyo-Ekonomik Kuraklık

Kuraklık, şiddetine ve süresine bağlı olarak hem insanlık hem de çevre üzerinde tehlikeli sonuçlar doğurabilen doğal afetlerdir. Özellikle toplumsal, ekonomik ve ekolojik sistemler üzerinde ciddi etkiler yaratabilir (Ndayiragije ve Li, 2022: 2).

Sosyo-Ekonomik kuraklık çeşidi diğer kuraklık tiplerine benzememektedir. Meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklığın yaşanmasından sonra ortaya çıkan kuraklık türüdür. Sosyo-ekonomik kuraklık üretim ve tüketimi olumsuz yönde etkilemekte olup, insan hayatında ekonomik sıkıntılara neden olmaktadır. Sosyo-kuraklık yaşayan bölgeden suyun olduğu bölgeye doğru göçler başlar (Fotoğraf 2.5). İklim değişimleriyle beraber yağışın azalması ve var olan su kaynaklarını bilinçsizce tüketen ülkeler sosyo-ekonomik kuraklıktan ciddi bir biçimde etkilenmektedir (Kadioğlu, 2008b: 15; Mengü vd., 2011: 176; Akbaş, 2014: 102).

Yapılan araştırmada yalnızca 2021 yılında, 432 tane kuraklık ve sel felaketi kaydedilmiştir. Bu olaylardan 101,8 milyondan fazla insan doğrudan etkilenmiş, 10.492 kişi ölmüş ve yaklaşık olarak 252,1 milyar ABD doları tutarında ekonomik kayıp meydana gelmiştir (Ndayiragije ve Li, 2022: 2).

Üstelik kuraklığın, artan orman yangını riski, su kıtlığı, mahsul kaybı, hayvancılık faaliyetlerinin zarar görmesi, artan gıda fiyatları ve dolaylı sağlık etkileri olmak üzere çok sayıda ekohidrolojik ve sosyoekonomik zararı bulunmaktadır. (Mukherjee vd., 2018: 145-146; Corbari vd., 2024: 2).



**Fotoğraf 2.5 :** Sosyo-Ekonomik kuraklık sonucu yaşanan göç (<https://www.sipri.org/de/taxonomy/term/390>. Erişim Tarihi: 02.01.2024).

## 2.2. Kuraklık İndisleri

Kuraklığı ve seviyesini ölçmek için kuraklık indisleri kullanılmaktadır (Öz, 2020: 13). Bilim insanları, farklı araştırma hedefleri ve amaçları doğrultusunda kuraklık olaylarının zamansal ve mekânsal özelliklerini karakterize etmek için çeşitli kuraklık indisleri geliştirmiştir. Kuraklık indislerinin ölçülmesi için en önemli veri yağıştır. Yağış verisinin dışında, sıcaklık, buharlaşma, nem gibi diğer bazı meteorolojik veriler de kuraklık indislerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Vicente-Serrano vd., 2012: 2; Jain vd., 2015: 1; Xiaomei vd., 2024: 1).

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ve Erinç İndisi tezin giriş bölümde materyal, yöntem ve teknikler kısmında açıklandığından dolayı bu bölümde tekrardan değinilmemiştir. Diğer önemli kuraklık analiz yöntemleri ise aşağıdaki kısımda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

### 2.2.1. Normalin Yüzdesi İndisi (NYİ)

Normalin Yüzdesi İndisi (NYİ), yağış verisini esas alan ve yaygın olarak kullanılan en basit metotlardan birsidir. Bu indis tek bir bölge veya mevsim için kullanıldığı zaman daha doğru sonuçlar verir. NYİ belirli bir zaman dilimi içinde yağış miktarının, aynı zaman dönemi içinde yağan yağışın ortalamasına bölünmesiyle normal yağış değeri (NY) bulunup 100 çarpanıyla çarpılıp yüzdelik değer elde edilir. NYİ metodunda en az 30 yıllık yağış verisi kullanılmalıdır (Jokar ve Masoudi, 2018: 2013; Öz, 2020:14; Batan, 2021: 254; Böhnisch vd., 2021: 3). NYİ metoduna göre yapılan sınıflandırma Tablo 2.1’de verilmiştir.

$$NYİ = \left( \frac{P_i}{P_{i(ort)}} \right) \times 100$$

Bu denklemde;

NYİ: Normalin Yüzdesi İndis değerini,

P<sub>i</sub>: Aktüel yağış miktarını,

P<sub>i(ort)</sub>: ortalama yağış miktarını ifade etmektedir.

**Tablo 2.1 : NYİ metoduna göre indeks değerleri ve sınıflandırma (Öz, 2020: 15).**

| <i>NYİ Değerleri (%)</i> | <i>NYİ Sınıflandırması</i> |
|--------------------------|----------------------------|
| 70-80                    | Hafif Kuraklık             |
| 55-70                    | Orta Şiddetli Kuraklık     |
| 40-55                    | Şiddetli Kuraklık          |
| ≤40                      | Çok Şiddetli Kuraklık      |

### 2.2.2. Yağış Anomali İndisi (YAİ)

1965 yılında Van Rooy tarafından kullanılmış olan Yağış Anomali İndisi (YAİ), asıl amacı yağışın standart değerlerinden sapması esasına dayanır. Belirli bir zaman diliminde yağışın ortalaması belirlendikten sonra, çalışma alanında yer alan tüm zaman dilimindeki minimum 10 değerın ortalaması ile maksimum 10 değerın ortalaması hesaplanarak indis değerleri oluşturulur (Lins vd., 2017: 337; Öz, 2020: 16; Şener ve Davraz, 2021: 408; Aryal vd., 2022: 414-415). Eğer  $P > \bar{P}$  ise, anomali pozitifdir ve YAİ bulunması için aşağıdaki denklem kullanılır. YAİ metoduna göre yapılan sınıflandırma Tablo 2.2’de verilmiştir.

$$YAİ = +3 \left( \frac{P - \bar{P}}{M - \bar{P}} \right)$$

Eğer  $P < \bar{P}$  ise anomali negatiftir ve YAİ için aşağıdaki denklem kullanılır.

$$YAI = -3 \left( \frac{P - \bar{P}}{\bar{M} - \bar{P}} \right)$$

**Tablo 2.2 : Yağış Anomali İndisi sınıflandırması (Lins vd., 2017: 337; Şener ve Davraz, 2021: 408; Aryal vd., 2022: 415).**

| <i>YAI Değerleri</i> | <i>YAI Sınıflandırması</i> |
|----------------------|----------------------------|
| 0 ile -1.2           | Hafif Kuraklık             |
| -1.2 ile -2.1        | Orta Şiddetli Kuraklık     |
| -2.1 ile -3          | Şiddetli Kuraklık          |
| $\leq -3$            | Çok Şiddetli Kuraklık      |

### 2.2.3. Aydeniz İndisi

Prof. Dr. Akgün Aydeniz'in 1973 yılında geliştirdiği formül ile hesaplanmaktadır. 1985 yılında Aydeniz, özellikle kurak dönemlerin belirlenmesinde sadece yağış ve sıcaklık verilerinin kullanılmasının yetersiz olduğunu belirtmiş ve doğru bir sonuç elde edilmesi için nem-yağış ve sıcaklık-güneşlenme süresinin ilişkisine bakmanın daha uygun olacağını belirtmiştir. Bu nedenle Aydeniz, yağış, sıcaklık, ortalama nem yüzdesi ve ortalama güneşlenme yüzdesini formülde girdi olarak kullanmıştır (Arslan vd., 2014: 111; Çelik vd., 2018: 1745; Keskiner, 2022: 142; <https://www.mgm.gov.tr>. Erişim Tarihi: 20.04.2023). Aydeniz indisine göre yapılan sınıflandırma Tablo 2.3'te verilmiştir.

**Tablo 2.3 : Aydeniz sınıflandırması (Keskiner, 2022, 142).**

| <i>N<sub>ks</sub></i> | <i>Aydeniz Sınıflandırması</i> | <i>K<sub>ks</sub></i> |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| <0.40                 | Çöl                            | >2.50                 |
| 0.40-0.67             | Çok Kurak                      | 1.50-2.50             |
| 0.67-1.00             | Kurak                          | 1.00-1.50             |
| 1.00-1.33             | Yarı Kurak                     | 0.75-1.00             |
| 1.33-2.00             | Yarı Nemli                     | 0.50-0.75             |
| 2.00-4.00             | Nemli                          | 0.25-0.50             |
| >4.00                 | Çok Nemli                      | <0.25                 |

#### 2.2.4. Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSİ)

PDSİ, 1965 yılında Wayne Palmer tarafından geliştirilmiştir. Bu indisin temel amacı nem durumunda meydana gelen sapmayı belirlemektir. Genel olarak meteorolojik kuraklığı bulmak için kullanılır. Bu nedenle meteorolojik kuraklık indisi adıyla da anılmaktadır. Ancak bir bölgenin hidrolojik ve tarımsal kuraklığın belirlenmesinde de PDSİ kullanılmaktadır. Bu indis haftalık ve aylık olarak hesaplanabilir. PDSİ metodu girdi olarak da yağış, sıcaklık ve toprağın su tutuma kapasitesini kullanmaktadır. Bu girdiler aracılığıyla toprağa giren ve yüzde olan nem kaybı belirlenebilmektedir. Evapotranspirasyon miktarını ise Thornthwaite yöntemi yardımıyla bulunmaktadır. Bu indiste sulama gibi beşerî faaliyetler dikkate alınmamıştır. PDSİ yöntemi sonucunda bölgede değerler negatif ise kuraklık, pozitif ise nemlilik hakkındır (Palmer, 1965: 28; Türkeş vd., 2009: 131; Akbaş, 2015: 3; Yang vd., 2020: 2923; <https://www.mgm.gov.tr/> Erişim Tarihi: 21.04.2023).

**Tablo 2.4 : Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi sınıflandırması (Palmer, 1965: 28; Alley, 1984: 1102).**

| <i>PDSİ Değerleri</i> | <i>PDSİ Sınıflandırması</i> |
|-----------------------|-----------------------------|
| $\geq 4$              | Aşırı Nemli                 |
| 3 ile 3.99            | Çok Nemli                   |
| 2 ile 2.99            | Orta Nemli                  |
| 1 ile 1.99            | Hafif Nemli                 |
| 0.5 ile 0.99          | Yeni Başlayan Nemli Dönem   |
| 0.49 ile -0.40        | Normal                      |
| -0.5 ile -0.99        | Yeni Başlayan Kurak Dönem   |
| -1 ile -1.99          | Hafif Kurak                 |
| -2 ile -2.99          | Orta Kurak                  |
| -3 ile -3.99          | Şiddetli Kurak              |
| $\leq -4$             | Aşırı Kurak                 |

### 2.2.5. De Martonne-Gottman İndisi (DMGİ)

De Martonne, 1942 yılında Gottman ile ilk yaptığı formülüne bazı değişiklikler ve eklemeler yaparak De Martonne-Gottman indisini oluşturmuştur. De Martonne ilk yaptığı kuraklık indisinde yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verilerini girdi olarak kullanmış ve bu hesaplamalar sonucunda “Yıllık Kuraklık İndisi” değerlerini elde etmiştir. De Martonne-Gottman indisinde ise ek olarak, en kurak ayın sıcaklık ve yağış değerleri de kullanılmıştır (MGM, 2016: 5; Aktaş vd., 2018: 232; Dursun ve Babalık, 2021: 193; Batan, 2021: 255-256). 1942 yılında De Martonne-Gottman indisi formülü aşağıdaki gibidir. De Martonne indisine göre yapılan sınıflandırma Tablo 2.5’te verilmiştir.

$$I_{DMG} = \frac{1}{2} * \left( \frac{P}{T+10} + \frac{12*Pd}{Td+10} \right)$$

Bu formüle göre;

$I_{DMG}$ : De Martone- Gottman İndisi,

P: Yıllık toplam yağış (mm),

T: Yıllık ortalama sıcaklık (°C),

$P_d$ : En kurak ayın yağışı (mm),

$T_d$ : En kurak ayın ortalama sıcaklığı (°C)’dır.

10: Sıcaklığın 0°C’nin altında olduğu yerlerde sıcaklık değerini pozitif yapmaya yarayan sabit bir sayıdır.

**Tablo 2.5 : De Martonne-Gottman indis sınıflandırması (MGM, 2016: 5; Batan, 2021: 256).**

| $I_{DMG}$ Değerleri | $I_{DMG}$ Sınıflandırması       |
|---------------------|---------------------------------|
| <5                  | Kurak                           |
| 5 ile 10            | Yarı Kurak                      |
| 10 ile 20           | Yarı Kurak ile Yarı Nemli Arası |
| 20 ile 30           | Yarı Nemli                      |
| 30 ile 60           | Nemli                           |
| >60                 | Çok Nemli                       |

### 2.2.6. Bagnouls-Gaussen İndisi (BGİ)

Bir bölgede Bagnouls-Gaussen İndisi uygulanırken, aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri girdi olarak kullanılır. Bagnouls-Gaussen indisi formülü aşağıdaki gibidir

$$BGİ = \sum_{i=1}^{12} (2t_i - P_i) k_i, k_i = (2t_i - P_i) > 0$$

Bu denkleme göre;

$t_i$  = i ayındaki aylık ortalama sıcaklığı (°C),

$P_i$  = i ayındaki aylık toplam yağış miktarını (mm),

$K_i = (2t_i - P_i > 0)$  olduğu ayın değerlendirmesini gösterir.

Bagnouls-Gaussen indisi değerinin analiz edilmesinde, kuraklık indisi değerlerinin sadece aylık ortalama sıcaklığın iki katının, aynı ayda kaydedilen yağış miktarından daha çok olduğu aylar hesaplanmıştır (Akar vd. 2015: 9; Hamidi 2018: 576; Cebeci, 2019: 171; Batan, 2021: 256). Bagnouls-Gaussen indisine göre yapılan sınıflandırma Tablo 2.6’da verilmiştir.

**Tablo 2.6 : Bagnouls-Gaussen İndisi Sınıflandırması (Cebeci, 2019: 171).**

| <i>BGİ Değerleri</i> | <i>BGİ Sınıflandırması</i> |
|----------------------|----------------------------|
| 0                    | Nemli                      |
| 1 ile 50             | Yarı Nemli                 |
| 51 ile 130           | Kurak                      |
| >131                 | Çok Kurak                  |

## **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

### **ANTALYA İLİ MURATPAŞA İLÇESİNİN 1993-2023 YILLARI ARASI KURAKLIK ANALİZİ**

Muratpaşa ilçesinin 1993-2023 yılları arasındaki kuraklık durumunu analiz etmek ve ilçenin iklim özelliklerini daha iyi anlamak amacıyla, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) gerekli veriler istenmiştir. 17300 numaralı Antalya Havalimanı meteoroloji istasyonundan analizlerin gerçekleştirilebilmesi için toplam yağış, ortalama yağış ve maksimum ortalama yağış verileri temin edilmiştir.

Elde edilen bu veriler, ilçenin iklim yapısını ve uzun vadeli eğilimlerini değerlendirmek için detaylı bir analize tabi tutulmuştur. Bu analizde, ilçenin iklim yapısının değişimini anlamak için uygun kuraklık indisleri seçilmiştir. Yapılan detaylı literatür çalışması sonucunda araştırma için en uygun indislerin Erinç İndisi ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) olması gerekli görülmüştür.

Bu çalışma, meteoroloji istasyonlarından gelen güvenilir ve doğru veriler kullanılarak yapılan analizlerle, ilçenin iklim yapısının son otuz yıl içerisindeki evrimi ve kuraklık durumundaki değişim derecesi incelenmektedir. Yapılan bu incelemeler neticesinde iklimsel değişimlerin Muratpaşa ilçesindeki etkilerini anlamak ve gelecekteki iklim değişikliklerine hazırlıklı olmak için önemli bir adımdır.

Bu bölümde öncelikle, Muratpaşa ilçesinin 1993-2023 yılları arasındaki kuraklık durumunu değerlendirmek amacıyla Erinç İndis yöntemi detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Daha sonra Erinç İndisi kullanılarak bir analiz gerçekleştirilmiştir. İkinci bölümde ise, aynı yıllar içerisinde Muratpaşa ilçesinin kuraklık durum analizi için Standartlaştırılmış Yağış İndis (SYİ) yöntemi detaylı bir şekilde açıklanıp, temin edilen verilerle SYİ analizi uygulanmıştır. Bu analizler, ilçenin yağış rejimi ve kuraklık eğilimleri hakkında derinlemesine bir değerlendirme gerçekleştirmek amacıyla kullanılmıştır.

### 3.1. Erinç İndisine Göre Muratpaşa İlçesinin 1993-2023 Yılları Arası Kuraklık Analizi Sonuçları

Aşağıdaki tabloda Erinç Yağış Etkinliği İndisi ( $I_m$ ) değerleri ve bu değerlerin hangi koşulları temsil ettiği gösterilmektedir (Tablo 3.1).

**Tablo 3.1 : Erinç İndisi iklim sınıflandırması (MGM, 2016: 4).**

| <i>Yağış Etkinliği İndisi: <math>I_m</math></i> | <b>Erinç Sınıflandırması</b> |
|-------------------------------------------------|------------------------------|
| <i>8'den küçük</i>                              | Tam Kurak                    |
| <i>8-15</i>                                     | Kurak                        |
| <i>15-23</i>                                    | Yarı Kurak                   |
| <i>23-40</i>                                    | Yarı Nemli                   |
| <i>40-55</i>                                    | Nemli                        |
| <i>55'ten büyük</i>                             | Çok Nemli                    |

Bu sınıflandırma ayrıntılı bir şekilde aşağıda yorumlanmıştır;

Erinç Yağış Etkinliği İndisi ( $I_m$ ) 8'den küçük olduğunda “Tam Kurak” olarak kabul edilir. Bu değerlere sahip olan yerlerin genellikle yağış miktarları oldukça düşüktür ve kuraklık belirgin bir biçimde hissedilir.  $I_m$  değerleri 8-15 arasında olduğunda, bölge “Kurak” olarak tanımlanır. Bu aralıkta yağış miktarı oldukça sınırlı olup, kuraklık koşulları tam kurakta olduğu gibi belirgin bir şekilde hissedilmez.  $I_m$  değerleri 15-23 arası olduğunda “Yarı Kurak” kabul edilir. Bu aralık, hafıftan orta dereceye kadar kuraklık koşullarının varlığını gösterir. Yağış miktarında bir artış olsa bile bölgede hala kuraklık riski devam eder.  $I_m$  değerleri 23-40 arasında bulunan bölgeler “Yarı Nemli” olarak adlandırılır. Bu bölgeler, kurak ile nemli iklim arasında bir geçiş zonu oluşturur. Bu aralıktaki bölgelerde yağış miktarı ortalama düzeydedir ve ılıman nemli koşulların varlığı gözlemlenir. Bu nedenle, bitki örtüsü ve su kaynakları için uygun koşullar bulunur.  $I_m$  değerleri 40-55 arasında olduğunda, nemli iklim koşullarını hâkim olmaktadır.  $I_m$  değerleri bu aralıkta olduğunda, bölge genellikle fazla miktarda yağış almakta o, bitki yaşamına uygun koşulları sağlamakta ve su kaynakları bakımından zenginlik göstermektedir.  $I_m$  değerleri 55’ten büyük olduğunda ise bölgede “Çok Nemli” iklim şartları mevcuttur. Bu aralıktaki değerlerin hâkim olduğu bölgeler, aşırı miktarlarda yağış

koşullarına maruz kalmaktadır. Bu koşullar, bölgede sel gibi doğal afet riskini artırabilir ve aynı zamanda bitki örtüsü ile su kaynakları üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir.

Bu sınıflandırma sistemi, belirli bir bölgenin iklim koşullarını belirlemek ve o bölgenin tarım, su kaynakları yönetimi gibi faaliyetler için planlama yapmak için önemli bir parametredir. Özellikle tarım alanlarında, bölgenin iklim tipi ve yağış rejimi, hangi bitki türlerinin yetiştirilebileceği ve sulama gereksinimleri gibi faktörler üzerinde büyük etkiye sahiptir.

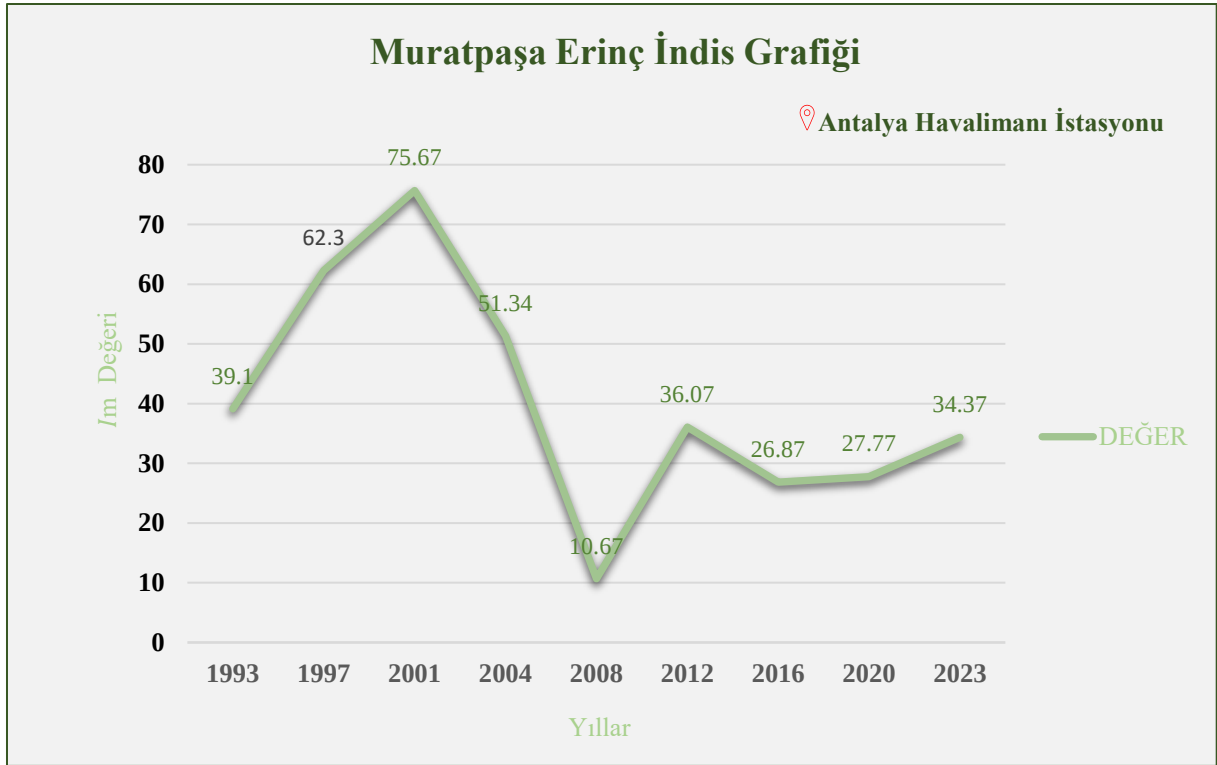
17300 numaralı Antalya Havalimanı istasyonundan temin edilen verilere göre, Erinç İndisi yöntemiyle Muratpaşa ilçesinin kuraklık analizi yapılmıştır. Yıllara göre değerlendirildiğinde, Muratpaşa ilçesinin genellikle “Yarı Nemli” olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. Ancak bazı yıllarda “Nemli” ve “Çok Nemli” olarak da sınıflandırılan dönemlerde göze çarpmaktadır. Örneğin; 1994, 1995, 1998, 2004, 2005, 2006, 2009, 2011 ve 2019 yılları “Nemli” olarak değerlendirilirken, 1996, 1997, 2001 ve 2003 yılları ise “Çok Nemli” olarak tespit edilmiştir.

Dikkat çekici diğer bir nokta ise, 2008 yılında “Kurak” olarak sınıflandırılan bir dönemin var oluşudur. 2008 yılının diğer yıllardan belirgin şekilde farklı olduğu ve yağış miktarının ise önemli ölçüde düşüş gösterdiği görülmektedir. Bu durum 2008 yılını, 10.67 değeriyle son 30 yılda Muratpaşa ilçesinin en kurak yılı haline getirir. Meteoroloji istasyonundan temin edilen sıcaklık ve yağış verileri detaylı bir şekilde incelendiğinde, 2008 yılında sıcaklığın diğer yıllara oranla çok fazla değişiklik göstermediği görülür. Ancak yağış miktarının diğer yıllara oranla oldukça büyük bir azalma yaşadığı tespit edilmiştir. Erinç İndisine göre yapılan detaylı analizler sonucunda, Muratpaşa ilçesinin 1993-2023 dönemi boyunca yağış verileri incelendiğinde, en yüksek yağış miktarının 2001 yılında kaydedildiği belirlenmiştir. Bu analizde, 2001 yılında Erinç İndisine dayalı olarak ölçülen *Im* değerinin 75.67 olduğu saptanmıştır. Bu değer 2001 yılını son otuz yılın en nemli yılı olarak karşımıza çıkarmaktadır (Tablo 3.2).

Erinç İndekisine göre; 2006 yılına kadar yarı nemli sınıfına dahil olan yılların *Im* değerleri oldukça yüksekken, 2009'dan sonra, yıllar “Yarı Nemli” sınıfına dahil olmasına rağmen *Im* değerlerinin gözle görülür bir şekilde düştüğü gözlemlenmektedir (Grafik 3.1).

**Tablo 3.2 : Muratpaşa ilçesinin Erinç İndisine göre 1993-2023 yılları arasındaki iklim sınıflandırılması.**

| <i><b>YIL</b></i> | <i><b>I<sub>m</sub> DEĞER</b></i> | <i><b>SINIF</b></i> |
|-------------------|-----------------------------------|---------------------|
| 1993              | 39.10                             | Yarı Nemli          |
| 1994              | 50.46                             | Nemli               |
| 1995              | 52.78                             | Nemli               |
| 1996              | 59.88                             | Çok Nemli           |
| 1997              | 62.30                             | Çok Nemli           |
| 1998              | 52.98                             | Nemli               |
| 1999              | 33.94                             | Yarı Nemli          |
| 2000              | 33.57                             | Yarı Nemli          |
| <b>2001</b>       | <b>75.67</b>                      | <b>Çok Nemli</b>    |
| 2002              | 39.33                             | Yarı Nemli          |
| 2003              | 70.66                             | Çok Nemli           |
| 2004              | 51.34                             | Nemli               |
| 2005              | 41.87                             | Nemli               |
| 2006              | 54.06                             | Nemli               |
| 2007              | 31.20                             | Yarı Nemli          |
| <b>2008</b>       | <b>10.67</b>                      | <b>Kurak</b>        |
| 2009              | 54.86                             | Nemli               |
| 2010              | 37.35                             | Yarı Nemli          |
| 2011              | 44.42                             | Nemli               |
| 2012              | 36.07                             | Yarı Nemli          |
| 2013              | 30.70                             | Yarı Nemli          |
| 2014              | 28.28                             | Yarı Nemli          |
| 2015              | 33.19                             | Yarı Nemli          |
| 2016              | 26.87                             | Yarı Nemli          |
| 2017              | 27.78                             | Yarı Nemli          |
| 2018              | 30.58                             | Yarı Nemli          |
| 2019              | 42.61                             | Nemli               |
| 2020              | 27.77                             | Yarı Nemli          |
| 2021              | 28.60                             | Yarı Nemli          |
| 2022              | 33.46                             | Yarı Nemli          |
| 2023              | 34.37                             | Yarı Nemli          |



**Grafik 3.1 :** Muratpaşa ilçesi Erinç İndis grafiği.

### 3.2. Standartlaştırılmış Yağış İndisine (SYİ) Göre Muratpaşa İlçesinin 1993-2023 Yılları Arası Kuraklık Analizi Sonuçları

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) değerleri, belirli bir dönem veya dönemlerdeki yağış miktarındaki sapmayı gösteren istatistiksel bir ölçüttür. SYİ hesaplanırken, bir bölgedeki belirli bir dönemde (genellikle 3, 6, 9 veya 12 ay gibi) gözlenen yağış miktarı ile o döneme ait uzun vadeli normaller arasındaki fark hesaplanır ve bu farkın standart sapmaya bölünmesiyle SYİ değeri elde edilir (Kahya, E. ve Kalaycı, Ş. 2009: 80).

SYİ değerleri negatif veya pozitif olabilir. Negatif SYİ değerleri, normalden daha az yağışlı, pozitif SYİ değerleri ise normal ve normalden daha fazla yağış varlığının göstergesidir. SYİ değerleri genellikle şu şekilde yorumlanır: Pozitif SYİ değerleri: Nemli koşulları temsil eder. Yüksek pozitif değerler, aşırı nemli koşulları temsil eder. Negatif SYİ değerleri: Kuraklık koşullarını temsil eder. Düşük negatif değerler, hafif kuraklık olarak yorumlanırken, daha yüksek negatif değerler daha ciddi kuraklık koşullarının varlığını işaret eder.

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ), bir bölgenin yağış rejimi hakkında önemli bilgiler elde etmek için belirli aralıklara göre 11 farklı sınıfa ayrılmaktadır. Erinç İndisinin 6 farklı sınıfa ayrılmasıyla karşılaştırıldığında, SYİ yöntemiyle yapılan analizlerin, yağış ölçümlerinin ayrıntılı değerlendirmesini sağladığı görülmektedir. Bu durum, SYİ'nin yağış rejimi

analizlerinde daha kapsamlı ve detaylı sonuçlar sunma kapasitesine sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Montaseri ve Amirataee, 2017: 998).

Bir bölgedeki belirli bir dönemde Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) değeri 2.00 veya daha yüksekse, bu durum olağanüstü nemli koşulların varlığını işaret eder. Bu durum genellikle aşırı yağışlarla ilişkilendirilir ve sel riskini yüksek olduğunu gösterir.

Diğer yandan, SYİ değeri -2.00 veya 2'den daha düşükse, bu olağanüstü kurak koşulların varlığını ifade eder. Bu durum, bölgedeki yağış miktarının uzun vadeli normallere göre belirgin bir şekilde azalmış olduğunu gösterir. Kuraklık, tarımı, su kaynaklarını ve ekosistemleri olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sınıflandırmalar, SYİ'nin bir bölgedeki yağış rejimindeki sapmaları belirleme ve bu sapmaların potansiyel etkilerini anlama konusunda önemli bir araç sağlar (Tablo 3.3).

**Tablo 3.3 : SYİ metoduna göre indeks değerleri ve sınıflandırma (İrcan ve Duman, 2021: 7).**

| <i>SYİ Değerleri</i>       | <i>SYİ Sınıflandırması</i> |
|----------------------------|----------------------------|
| <i>2.00 ve daha fazla</i>  | Olağanüstü Nemli           |
| <i>1.60 ile 1.99</i>       | Aşırı Nemli                |
| <i>1.30 ile 1.59</i>       | Çok Nemli                  |
| <i>0.80 ile 1.29</i>       | Orta Nemli                 |
| <i>0.51 ile 0.79</i>       | Hafif Nemli                |
| <i>0.50 ile -0.50</i>      | Normal Civarı Nemli        |
| <i>-0.51 ile -0.79</i>     | Hafif Kurak                |
| <i>-0.80 ile -1.29</i>     | Orta Kurak                 |
| <i>-1.30 ile -1.59</i>     | Şiddetli Kurak             |
| <i>-1.60 ile -1.99</i>     | Çok Şiddetli Kurak         |
| <i>-2.00 ve daha düşük</i> | Olağanüstü Kurak           |

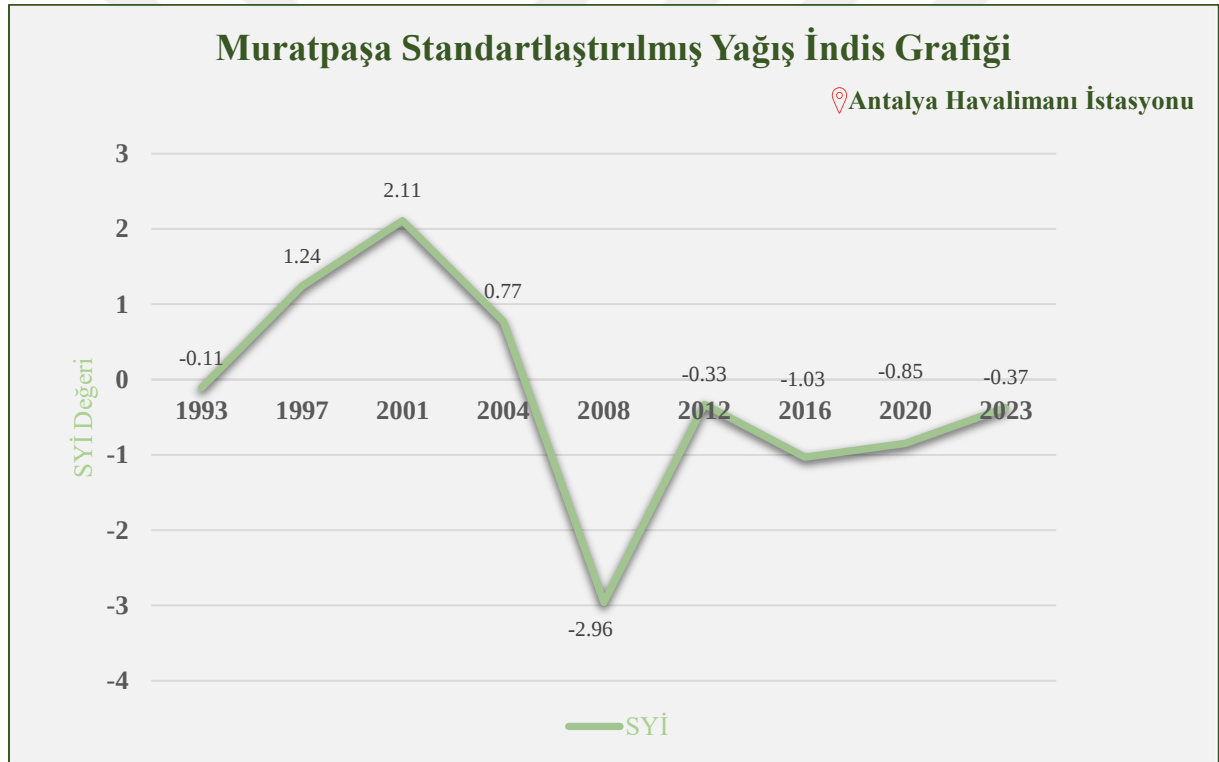
17300 numaralı Antalya Havalimanı istasyonundan temin edilen verilere göre, Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) yöntemiyle Muratpaşa ilçesinin 1993-2023 yılları arası kuraklık analizi yapılmıştır. Yıllara göre değerlendirildiğinde, Muratpaşa ilçesinin 2001 yılında ekstrem nemli bir dönem yaşandığı görülmektedir. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) analizine göre 2.11 değere sahip olan 2001 yılının son 30 yılda en nemli dönem, 2008 yılının ise -2.96 ile en kurak yıl olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.4). Bu sonuçlar Erinç İndisi analiziyle paralellik gösterir.

**Tablo 3.4 : Muratpaşa ilçesinin SYİ analizine göre 1993-2023 yılları arasındaki iklim sınıflandırılması.**

| YIL         | SYİ          | SINIFLANDIRMA           |
|-------------|--------------|-------------------------|
| 1993        | -0.11        | Normal Civarı Nemli     |
| 1994        | 0.71         | Hafif Nemli             |
| 1995        | 0.71         | Hafif Nemli             |
| 1996        | 1.15         | Orta Nemli              |
| 1997        | 1.24         | Orta Nemli              |
| 1998        | 0.94         | Orta Nemli              |
| 1999        | -0.38        | Normal Civarı Nemli     |
| 2000        | -0.43        | Normal Civarı Nemli     |
| <b>2001</b> | <b>2.11</b>  | <b>Olağanüstü Nemli</b> |
| 2002        | -0.02        | Normal Civarı Nemli     |
| 2003        | 1.88         | Aşırı Nemli             |
| 2004        | 0.77         | Hafif Nemli             |
| 2005        | 0.11         | Normal Civarı Nemli     |
| 2006        | 0.90         | Orta Nemli              |
| 2007        | -0.57        | Hafif Kurak             |
| <b>2008</b> | <b>-2.96</b> | <b>Olağanüstü Kurak</b> |
| 2009        | 1.08         | Orta Nemli              |
| 2010        | -0.06        | Normal Civarı Nemli     |
| 2011        | 0.29         | Normal Civarı Nemli     |
| 2012        | -0.33        | Normal Civarı Nemli     |
| 2013        | -0.67        | Hafif Kurak             |
| 2014        | -0.94        | Orta Kurak              |
| 2015        | -0.51        | Hafif Kurak             |
| 2016        | -1.03        | Orta Kurak              |

|      |       |                     |
|------|-------|---------------------|
| 2017 | -0.99 | Orta Kurak          |
| 2018 | -0.63 | Hafif Kurak         |
| 2019 | 0.27  | Normal Civarı Nemli |
| 2020 | -0.85 | Orta Kurak          |
| 2021 | -0.82 | Orta Kurak          |
| 2022 | -0.45 | Normal Civarı Nemli |
| 2023 | -0.37 | Normal Civarı Nemli |

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) analizi verilerine göre 2006 yılına kadar olan yıllarda kurak döneme rastlanmamıştır. 2007 yılından itibaren ise kurak dönemler baş gösterir. Özellikle 2013-2018 yılları arasında peş peşe kurak dönemler yaşanmıştır (Grafik 3.2).



**Grafik 3.2 :** Muratpaşa ilçesi Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) grafiği.

## SONUÇ

“Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ve Erinç İndisi Yöntemiyle Antalya İlinin Muratpaşa İlçesinin 1993-2023 Yılları Arasında Meydana Gelen İklim Değişimi” adlı tez çalışmasında Muratpaşa ilçesinde meydana gelen 30 yıllık iklim değişimini ortaya koymak amacıyla, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) temin edilen veriler kullanılarak Erinç İndisi ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Muratpaşa ilçesi topografik yapısı incelendiğinde, sade yeryüzü şekilleriyle dikkat çekmektedir. Tipik bir Akdeniz iklimine sahip olan ilçe kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir. İlçenin güneyde yer alması ve Akdeniz'e kıyısı olması nedeniyle yaz aylarında güneşlenme süresi fazladır. Bu durum, bölgeye gelen turist sayısının artmasına ve dolayısıyla bölge ekonomisine katkı sağlamaktadır. Çalışma alanının toplam yüzölçümü 96 km<sup>2</sup> olup, 2023 TÜİK verilerine göre ise ilçenin nüfusu 517.700 kişidir. Bu nüfusla Kepez'den sonra Antalya ilinin en kalabalık ikinci ilçesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmanın mekansal analizlerinin yapılabilmesi için; lokasyon belirleme, yükseklik verileri, jeolojik oluşumlar ve hidrografik yapı gibi çeşitli unsurları kapsayan detaylı haritaların hazırlanması amacıyla, “ArcGIS 10.5 Desktop” yazılımı kullanılmıştır.

Yapılan kapsamlı literatür taraması sonucunda, çalışma için en uygun analiz yöntemlerini belirlemek amacıyla birçok kuraklık analiz yöntemi incelenmiştir. Bu süreçte çeşitli kuraklık analiz yöntemleri ve bu yöntemlerle gerçekleştirilen çalışmalar detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. İnceleme sonucunda, çalışma için en uygun yöntem olarak Standart Yağış İndisi (SYİ) belirlenmiş ve bu yöntemin yanında ise destekleyici bir yöntem olarak Erinç yöntemi tercih edilmiştir.

Erinç İndisinin uygulanabilmesi için, yağış ve buharlaşmaya sebep olan en yüksek sıcaklığı girdi olarak kullanırken, Standartlaştırılmış Yağış İndisinin (SYİ) uygulanabilmesi için ise bir tek yağış verisine ihtiyaç vardır. Bu iki yöntem, kuraklık analizi için farklı veri gereksinimlerine dayalı olarak farklı bakış açıları sunar. Erinç İndisi, sıcaklık ve buharlaşma dinamiklerini dikkate alarak daha kapsamlı bir analiz sağlarken, Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) yalnızca yağış verilerini kullanarak daha basit ve odaklı bir değerlendirme yapar.

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ), yağış rejimi analizlerinde 11 farklı sınıfa ayrılarak detaylı bilgiler sunarken, Erinç İndisi yalnızca 6 sınıfa ayrılır. Bu farklılık, SYİ'nin daha kapsamlı ve detaylı analiz imkanları sağladığını vurgularken, Erinç yönteminin sonuçları, daha keskin bir şekilde ayrıştırıldığı için SYİ ile karşılaştırıldığında daha az detay içermektedir.

Erinç İndisi ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ), analizlerinin uygulanabilmesi için gerekli olan uzun yıllık toplam yağış, ortalama yağış verisi ve ortalama maksimum sıcaklık verisini ihtiyaç duyulur. Bu veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) 17300 numaralı Antalya Havalimanı istasyonundan temin edilmiştir.

Erinç İndisi sonuçlarını elde etmek için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen veriler Microsoft Excel programında işlenmiş ve analizleri yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda veriler tablolar haline getirilmiş ve ilgili grafikler desteklenmiştir.

Standartlaştırılmış Yağış İndisinin (SYİ) hesaplanması için genellikle istatistiksel yazılımlar kullanılır. R Studio da bu nedenle sıkça tercih edilir. R Studio'da Standartlaştırılmış Yağış İndisinin (SYİ) hesaplanması için öncelikle uygun bir veri setine ihtiyaç vardır. Bu veri seti, aylık yağış verilerini içermelidir. Hesaplamalar için özel olarak geliştirilmiş birçok R paketi bulunmaktadır. Bu paketlerden birini yükleyerek SYİ hesaplaması yapılır. SYİ hesaplaması tamamlandıktan sonra incelenip yorumlanır. En sonunda Microsoft Excel üzerinden tablo ve grafikler oluşturulur.

Erinç İndisi yöntemiyle Muratpaşa ilçesinin kuraklık analizi yapıldığında ve yıllara göre değerlendirildiğinde, son 30 yılın 17 yılında Muratpaşa ilçesinin genellikle "Yarı Nemli" kategorisinde yer aldığı belirlenmiştir. Bu bulgu, bölgenin iklimsel özelliklerinin analiz edilmesinde ve uzun vadeli çevresel planlamalarda dikkate alınması gereken önemli bir parametre olarak göze çarpmaktadır. Erinç İndisi bulgularına göre, 2008 yılı en kurak yıl olarak tespit edilmiş ve bu yılın kuraklık değeri 10.67 olarak belirlenmiştir. Yaşanan bu kuraklık, artan sıcaklık değerlerinden ziyade, yağış miktarındaki ciddi azalmadan dolayı meydana gelmektedir. En nemli yıl ise, 75.67 *Im* değeriyle 2001 yılı olarak tespit edilmiştir. Erinç İndekisine göre; 2006 yılına kadar yarı nemli sınıfına dahil olan yılların *Im* değerleri oldukça yüksekken, 2009'dan sonra, yıllar "Yarı Nemli" sınıfına dahil olmasına rağmen *Im* değerlerinin gözle görülür bir şekilde düştüğü gözlemlenmektedir. Erinç İndisi 6 sınıfa ayrılmasından ötürü yılların *Im* değerleri arasında belirgin bir fark olmasına rağmen bu yılları aynı sınıf içerisine yerleştirmektedir. Bu da Muratpaşa ilçesinin iklimi hakkında detaylı bir analiz yapılmasının önüne geçmektedir.

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) yöntemiyle Muratpaşa ilçesinin 1993-2023 yılları arası kuraklık analiz sonuçları yıllara göre değerlendirildiğinde, Muratpaşa ilçesinde 2001 yılında ekstrem nemli bir dönem yaşandığı tespit edilmiştir. SYİ analizine göre 2.11 değere sahip olan 2001 yılının son 30 yılda en nemli dönem, 2008 yılının ise -2.96 ile en kurak yıl olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar Erinç İndisi analiziyle paralellik göstermektedir.

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) verilerine göre 2006 yılına kadar olan yıllarda kurak döneme rastlanmamıştır. 2007 yılından itibaren ise kurak dönemler baş gösterir. Özellikle 2013-2018 yılları arsında peş peşe kurak dönemler yaşanmıştır. Bu kuraklığın yaşanmasının temel nedeni yıl içinde düşen yağış miktarının azlığıdır.

Bu tez çalışması sonucunda yapılan iki analiz, birbirlerini doğrular niteliktedir. Çalışmanın başlangıç yıllarında her iki indise göre de Muratpaşa ilçesinde nemli ve yarı nemli koşullar daha çok hâkim olmuştur. Muratpaşa ilçesinde son yıllarda ise yağış miktarının azalmasıyla kuraklık belirtileri gözlemlenmiştir. SYİ analizinde yaşanan bu kuraklık olayı ayrıntılı bir şekilde sınıflanırken, Erinç İndisinde ise daha çok yarı nemli sınıfına dahil edilmiştir.

Yağışların bu şekilde devam etmesi durumunda kuraklık olayının şiddetini artıracak ve ilçenin ekonomisinin ciddi zararlar görebileceği öngörülmektedir. Bu kuraklık olayını hafifletmenin en etkili yolu, bilinçsiz su tüketiminin önüne geçmektir. Bu nedenle, Muratpaşa ilçesinde sürdürülebilir su yönetimi ve çevresel planlamaların büyük önem taşıdığı vurgulanmaktadır.

Günümüzde hızla artan şehirleşme, kentsel alanlarda enerji tüketimini ve doğal iklim dinamiklerini olumsuz etkilemektedir. Yoğun trafik, egzoz gazları ve yapay yüzeylerin kullanımı (asfalt, beton) yerel iklimi değiştirerek kentsel ısı adası etkisine yol açar. Bu etki, şehir merkezlerinde kırsal alanlara göre daha yüksek sıcaklıklar oluşmasına neden olur. Isıtma, soğutma ve aydınlatma sistemleri ile endüstriyel süreçler, enerji talebini ve sera gazı emisyonlarını artırarak küresel ısınmayı hızlandırır. Bu değişiklikler, sağlık, konfor, çevresel sürdürülebilirlik ve biyolojik çeşitlilik üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Muratpaşa ilçesi, yoğun şehirleşme ve azalan yeşil alanlar nedeniyle belirgin bir ısı adası etkisi yaşamaktadır. Bu durum, yaz aylarında sıcaklık artışına, enerji tüketiminin yükselmesine ve hava kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Çözüm olarak, yeşil alanların artırılması, yansıtıcı malzemelerin kullanımı, etkin kentsel planlama ve toplu taşıma ile bisiklet yollarının yaygınlaştırılması önerilmektedir. Bu önlemler, Muratpaşa'da ısı adası etkisini azaltarak çevresel sürdürülebilirliği ve yaşam kalitesini artırabilir. Şehirleşmenin iklim üzerindeki etkilerini anlamak, kentsel planlama ve sürdürülebilir kalkınma stratejileri için kritiktir. Enerji tüketimi, trafik yoğunluğu ve yüzey malzemelerinin yönetimi, iklim değişikliği ile mücadelede önemli adımlardır. Gelecek çalışmalar, bu etkileşimleri detaylı inceleyerek şehirlerin daha yaşanabilir, sürdürülebilir ve dirençli hale gelmesine katkıda bulunmalıdır.

## KAYNAKÇA

- Adnan, S., Ullah, K., Shuanglin, L., Gao, S., Khan, A. H., & Mahmood, R. (2018). Comparison of various drought indices to monitor drought status in Pakistan. *Climate Dynamics*, 51, 1885-1899.
- Akar, Ö., Oğuz, İ., Yürekli, K. (2015). “İkikara Havzasının Kurak ve Islak Dönemlerinin Bazı Kuraklık İndisleri Yardımıyla Karşılaştırılması”. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 9-13.
- Akbaş, A. (2014). “Türkiye Üzerindeki Önemli Kurak Yıllar”. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12 (2), 101-118. DOI: 10.1501/Cogbil\_0000000155.
- Akbaş, A. (2015). Türkiye’de klimatolojik kuraklık olasılıklarının dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*(63), 1-8. <https://doi.org/10.17211/tcd.08368>.
- Aktaş, S., Kalyoncuoğlu, Ü. Y., Kılıç, N. C. A. (2018). “Eğirdir Göl Havzasının De Martonne Yöntemi ile Kuraklık Analizi”. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(2), 229-238.
- Alley, R. B., Clark, P. U., Huybrechts, P., Joughin, I. (2005). “Ice-Sheet and Sea-Level Changes”. *Science* 310: 456-460.
- Alley, R.B. (2000). “The Younger Dryas Cold Interval As Viewed From Central Greenland”. *Quaternary Science Reviews*, 19: 213-226.
- Alley, R.B., Mayewski P.A., Sowers T., Stuiver M., Taylor K. C., Clark P.U. (1997). “Holocene Climatic Instability, a Prominent, Widespread Event 8200 yr Ago”. *Geology* 25: 483-486.
- Alley, W. M. (1984). “The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions”. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 23(7), 1100-1109.
- Arınç, K. (2019). *Doğal, Beşerî, İktisadi ve Siyasal Yönleriyle Akdeniz ve Karadeniz Bölgeleri*, Erzurum.
- Arslan, O., Önder, H. H., Özdemir, G. (2014). “Aydeniz Yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Antalya'daki Aksu Sulama Alanı için Kuraklık Analizi”. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(2), 109-115.
- Aryal, A., Maharjan, M., Talchabhadel, R., Thapa, B. R. (2022). “Characterizing Meteorological Droughts in Nepal: A Comparative Analysis of Standardized Precipitation Index and Rainfall Anomaly Index”. *Earth*, 3(1), 409-432.

- Asadi Zarch, M. A., Malekinezhad, H., Mobin, M. H., Dastorani, M. T., & Kousari, M. R. (2011). Drought monitoring by reconnaissance drought index (RDI) in Iran. *Water resources management*, 25, 3485-3504.
- Atalay, İ. (2014). *Ekosistem Ekolojisi ve Coğrafyası*. Matbaa İsmi. Matbaa Basım Yeri.
- Atalay, İ. (2014). *Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri*. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri. İzmir/Bornova.
- Athukoralalage, D., Brookes, J., McDowell, R. W., Mosley, L. M. (2024). "Impact of Hydrological Drought Occurrence, Duration, and Severity on Murray-Darling Basin Water Quality". *Water Research*, 252, 121201.
- Baillie, M. G. L. (2001). "The AD 540 Event". *Current Archaeology* 15 (6) No. 174: 266-269.
- Balint, Z., Mutua, F., Muchiri, P., Omuto, C. T. (2013). "Monitoring Drought with The Combined Drought Index in Kenya". In *Developments in Earth Surface Processes* (Vol. 16, pp. 341-356). Elsevier.
- Batan, M. (2021). "Çeşitli Kuraklık İndisleri ile Batman İlinin Kuraklık Analizi ve Kontur Haritalarının Çıkarılması". *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 252-265.
- Bayarjargal, Y., Karnieli, A., Bayasgalan, M., Khudulmur, S., Gandush, C., Tucker, C. J. (2006). "A Comparative Study of NOAA-AVHRR Derived Drought Indices Using Change Vector Analysis". *Remote Sensing of Environment*, 105 (1), 9-22.
- Berglund, B. E. (2003). "Human Impact and Climate Changes-Synchronous Events and a Causal Link?" *Quaternary International* 105. 7-12.
- Bianchi, G. G., McCave, I. N. (1999). "Holocene Periodicity in North Atlantic Climate and Flow South of Iceland". *Nature* 397: 515-517.
- Bond, G. G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M., Showers, W., Hoffmann, S., Lottibond, R., Hajdas, I., Bonani, G. (2001). "Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate During The Holocene". *Science* 294: 2130-2136.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby M., Lotti R., Almasi P., De Menocal P., Priore P., Cullen H., Hajdas I., Bonani G. (1997). "A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene And Glacial Climates". *Science* 278 (5341):1257-1266.
- Böhmisch, A., Mittermeier, M., Leduc, M., Ludwig, R. (2021). "Hot Spots and Climate Trends of Meteorological Droughts in Europe - Assessing The Percent of Normal Index in a Single - Model Initial - Condition Large Ensemble". *Frontiers in Water*, 3, 716621.
- Budner, D., Cole-Dai, J. (2003). "The Number and Magnitude of Large Explosive Volcanic Eruptions Between 904 and 1865 A.D.: Quantitative Evidence from a New South Pole

- Ice Core". Volcanism and The Earth's Atmosphere Geophysical Monograph 139: 165-176.
- Cebeci, İ., Demirkıran, O., Doğan, O., Sezer, K. K., Öztürk, Ö., Elbaşı, F. (2019). "Türkiye'nin İller Bazında Kuraklık Değerlendirmesi". *Toprak Su Dergisi*, 169-176.
- Corbari, C., Paciolla, N., Restuccia, G., Al Bitar, A. (2024). "Multi-Scale EO-Based Agricultural Drought Monitoring Indicator for Operative Irrigation Networks Management in Italy". *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 52, 101732.
- Coughlan de Perez, E., Fuentes, I., Jack, C., Kruczkiewicz, A., Pinto, I., Stephens, E. (2022). "Different Types of Drought Under Climate Change or Geoengineering: Systematic Review of Societal Implications". *Frontiers in Climate*, 4, 959519.
- Crowley, T.J., Lowery, T. (2000). "How warm was The Medieval Warm Period?". *Ambio* 29(1): 51-54.
- Çamalan, G., Akgündüz, A.S., Çetin, S., Arabacı, H. (2019). "SPEI Kuraklık İndisi ile Türkiye'de Kuraklık Olaylarının Analizi". *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, 10. Ulusal Hidroloji Kongresi*, 9-12 Ekim, Muğla.
- Çelik, M. A., Kopar, İ., Bayram, H. (2018). "Doğu Anadolu Bölgesi'nin Mevsimlik Kuraklık Analizi". *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(3), 1741-1761.
- Demir, T., Çakmak, S., Berberoğlu, E. (2021) "Akdeniz Havzası'nın Fiziki Coğrafyası" E.K. İltar., H.H. Akgül (Ed.), 79-130, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul.
- Denton, G. H., Alley, R. B., Comer, G. C., Broecker, W. S. (2005). "The Role of Seasonality in Abrupt Climate Change". *Quaternary Science Reviews*, 24: 1159-1182.
- Denton, G. H., Karlen, W. (1973). "Holocene Climatic Variations-Their Pattern and Possible Cause". *Quaternary Research* 3: 155-205.
- Durmuş, B., Bulut, İ. (2023). "Batı Akdeniz'deki Ekstrem Kuraklık Şartlarının SPEI Yöntemiyle Belirlenmesi". *Türk Coğrafya Dergisi*, (84), 41-52.
- Dursun, İ., Babalık, A. A. (2021). "De Martonne-Gottman ve Standart Yağış İndeksi Yöntemleri Kullanılarak Kuraklığın Belirlenmesi: Isparta İli Örneği". *Turkish Journal Of Forestry*, 22(3), 192-201.
- Ellison, C.R.W., Chapman, M.R., Hall, I.R. (2006). "Surface and Deep Ocean Interactions During The Cold Climate Event 8200 Years Ago". *Science* 2006; 1929-1932.
- Erinç, S. (2015). *Jeomorfoloji I*. Der Yayınları, İstanbul.
- Erlat, E. (2014). *İklim Sistemi ve İklim Değişimleri (5. Baskı)*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.

- Erlat, E., Avsar, E. (2020). "Türkiye’de Mayıs 2020 Gözlenen Sıcak Hava Dalgasının Klimatolojik ve Sinoptik Değerlendirmesi". *Ege Coğrafya Dergisi*, 29 (2), 201-215. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ecd/issue/58525/804123>.
- Erlat, E., Güler, H. (2018). "Türkiye’de Sıcaklık Ekstremlerinin Sürelerinde Gözlenen Değişim ve Eğilimler (1950-2017)". *Ege Coğrafya Dergisi*, 27 (2), 135-148. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ecd/issue/41304/499786>.
- Fairbridge, R. W. (2009). *Medieval Warm Period*. (Encyclopedia of Paleoclimatology and Environments, Editör Vivien Gornitz) Springer, s. 1048, Hollanda.
- Feng, K., Wang, Y., Li, Y., Wang, F., Su, X., Zhang, Z., Wu, H., Zhang, G., Li, Y., Wang, X. (2024). "Three-Dimensional Perspective on The Characterization of The Spatiotemporal Propagation from Meteorological to Agricultural Drought". *Agricultural and Forest Meteorology*, 353, 110048.
- Fisher, T. G., Smith, D. G., Andrews, J. T. (2002). "Preboreal Oscillation Caused by a Glacial Lake Agassiz Flood". *Quaternary Science Reviews* 21: 873-878.
- Ge, C., Sun, P., Yao, R., Wang, Y., Chen, W., Bian, Y., & Zhang, Q. (2024). "Characteristics Of Propagation from Meteorological Drought to Ecological Drought in China: Lag and Cumulative Effects". *Atmospheric Research*, 304, 107405.
- Grudd, H., Briffa, K.R., Karlen, W., Bartholin, T.S., Jones, P.D., Kromer, B. (2002). "A 7400-Year Tree-ring Chronology in Northern Swedish Lapland: Natural Climatic Variability Expressed on Annual to Millennial Timescales". *The Holocene* 12: 657-665.
- Hald, M., Hagen S. 1998. "Early Preboreal Cooling in The Nordic Seas Region Triggered by Meltwater". *Geology* 26: 615-618.
- Hamidi, N. (2018). "Temperature-Rainfall and Drought Analysis for Diyarbakir City, Turkey". *International Journal of Scientific and Technological Research*, 4(10), 572-582.
- Hınıs, M. (2013). "Bütünleşik Kuraklık İndeksi ile Aksaray’da Hidrometeorolojik Kuraklık Analizi". *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(4).
- Holzhauser, H., Magny, M., Zumbühl, H.J. (2005). "Glacier and Lake-Level Variations in West-Central Europe Over The Last 3500 Years". *The Holocene* 15:789-801.
- İrcan, M. R., Duman, N. (2021). "Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) Yöntemi ile Şanlıurfa İli Kuraklık Analizi". *Coğrafya Dergisi*, (42), 1-18.
- Jaagus, J., Aasa, A., Aniskevich, S., Boincean, B., Bojariu, R., Briede, A., ... & Zahradníček, P. (2022). "Long-Term Changes in Drought Indices in Eastern and Central Europe". *International Journal of Climatology*, 42 (1), 225-249.

- Jain, V. K., Pandey, R. P., Jain, M. K., Byun, H. R. (2015). "Comparison of Drought Indices for Appraisal of Drought Characteristics in The Ken River Basin". *Weather and Climate Extremes*, 8, 1-11.
- Jokar, P., Masoudi, M. (2018). "Analyzing Spatial Pattern of Drought in Iran, Using Percent of Normal Index (PNI)". *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(4), 2011-2018.
- Kabashi, T., Severinghaus, J. P., Barnola, J. (2008). "4±1.5°C Abrupt Warming 11,270 yr Ago Identified From Trapped Air in Grönland Ice. *Earth and Planetary Science Letters* 268: 397-407.
- Kadıoğlu, M. (2008b). Kuraklıkta Kiriz Yönetimininden Risk Yönetimine Geçmeliyiz. E. Ö. Mikdat Kadıoğlu içinde, *Afet Zararlarını Azaltmanın İlkeleri* (s. 277-300). Ankara: JICA Türkiye Ofisi Yayınları.
- Kahya, E., Kalaycı, Ş. (2009). "Türkiye'de Standartlaştırılmış Yağış İndisinin Kullanımı: İzmir Örneği". *Ege Coğrafya Dergisi*, 18 (1), 83-102.
- Karabulut, M. (2012). "Doğu Akdeniz'de Ekstrem Maksimum ve Minimum Sıcaklıkların Trend Analizi". *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi Özel Sayı*, 37, 44.
- Kayan, İ. (2012). "Kuvetarnar'de Deniz Seviyesindeki Değişimleri". *Kuvaterner Bilimi*, (Eds) Kazancı, N, Gürbüz, A., Ankara Üniversitesi Yay. Sayı: 350, 59-78. Ankara: Başak Matbaacılık.
- Keskiner, A. D. (2022). "Aydeniz Yöntemiyle Şanlıurfa İlinin Meteorolojik Kuraklık Riski Altındaki Alanlarının Belirlenmesi". *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 7 (3), 139-151. DOI: 10.46578/humder.1160911.
- Khanmohammadi, N., Rezaie, H., Behmanesh, J. (2022). "Investigation of Drought Trend on The Basis of The Best Obtained Drought Index". *Water Resources Management*, 36 (4), 1355-1375.
- Korkmaz, S., Gedik, A., Pelin, S. (1991). "Türkiye'deki Bazı Tortul Havzalara Petrol Potansiyeli Açısından Bir Bakış". *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 5(14): 39.
- Kreutz, K. J., Mayewski, P. A., Meeker, L. D., Twickler, M. S., Whitlow, S. I., Pittalwala, I. I. (1997). "Bipolar Changes in Atmospheric Circulation During the Little Ice Age". *Science* 277: 1294-1296.
- Lamb, H. H. (1965). "The Early Medieval Warm Epoch and Its Sequel. *Palaeogeography, Palaeoclimatology*", *Palaeoecology* 1: 13-37.
- Lambeck, K., Esat, T. M., Potter, E. K. (2002). "Links Between Climate and Sea Levels for The Past Three Million Years". *Nature*, 419, 199-206.

- Larsen, L. B., et al. (2008) "New Ice Core Evidence for a Volcanic Cause of The A.D. 536 Dust Veil". *Geophysical Research Letters* 35, L04708, doi:10.1029/2007GL032450.
- Lemcke, G., Sturm, M. (1997). "80 and Trace Element Measurements as Proxy for The Reconstruction Of Climate Change at Lake Van (Türkiye). Preliminary Results. In: Third Millennium BC Climate Change and The Old World Collapse". (Editörler: Dalfes H. N., Kukla G. ve Weiss H.) NATO Advanced Study Institutes (ASI) Series I, Vol. 49, Berlin, Springer: 653-678.
- Leng, J., Ma, K., Gu, S., Zhang, K., He, D. (2024). "A Non-Stationary Impactquant Framework for Assessing The Human Activity Impacts on Hydrological Drought in The Upper Red River". *Atmospheric Research*, 304, 107419.
- Li, L., She, D., Zheng, H., Lin, P., Yang, Z. L. (2020). Elucidating Diverse Drought Characteristics From Two Meteorological Drought Indices (SPI and SPEI) in China. *Journal of Hydrometeorology*, 21(7), 1513-1530.
- Li, X., Sha, J., Wang, Z. L. (2019). "Comparison of Drought Indices in The Analysis of Spatial and Temporal Changes of Climatic Drought Events in a Basin". *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 10695-10707.
- Lins, F. A. C., da Silva, J. L. B., de Albuquerque Moura, G. B., Ortiz, P. F. S., Oliveira, J. D. A., Alves, M. V. C. (2017). "Quantile Technique to Precipitation, Rainfall Anomaly Index and Biophysical Parameters by Remote Sensing in Serra Talhada, Pernambuco". *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, 7(6), 334-344.
- Lozier, M. S., Leadbetter, S., Williams, R. G., Roussenov, V., Reed, M. S. C., Moore, N. J. (2008). "The Spatial Pattern and Mechanisms of Heat-Content Change in The North Atlantic". *Science*, 319: 800-803.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (2010). Isparta İli N-24 ve N-23 Paftaları. Jeoloji Etütleri Dairesi, No:10, Ankara.
- Mann, M.E. (2002). "Little Ice Age. The Earth System: Physical and Chemical Dimensions of Global Environmental Change", pp 504-509. *Encyclopedia of Global Environmental Change* (Editörler MacCracken C ve Perry J. S) John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
- Mauquoy, D., Van Geel, B., Blaauw, M., Van der Plicht, J. (2002). "Evidence from Northwest European Bogs Shows 'Little Ice Age' Climatic Changes Driven by Variations in Solar Activity. *The Holocene* 12:1-6.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). "The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales". In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183).

- Mengü, G. P., Anaç S., Özçakal E. (2011). “Kuraklık Yönetim Stratejileri”. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48 (2), 175-181. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/zfdergi/issue/5101/69652>.
- Mishra, A. K., Singh, V. P. (2011). “Drought Modeling - A Review”. *Journal of Hydrology*, 403 (1-2), 157-175.).
- Młyński, D., Wałęga, A., Kuriqi, A. (2021). “Influence of Meteorological Drought On Environmental Flows in Mountain Catchments”. *Ecological Indicators*, 133, 108460.
- Montaseri, M., Amirataee, B. (2017). “Comprehensive Stochastic Assessment of Meteorological Drought Indices”. *International Journal of Climatology*, 37 (2), 998-1013.
- Mukherjee, S., Mishra, A., Trenberth, K. E. (2018). “Climate Change and Drought: A Perspective on Drought Indices”. *Current Climate Change Reports*, 4, 145-163.
- Müdürlüğü, M. G. (2016). “De Martonne Kuraklık İndeksine Göre Türkiye İklimi”. *T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü*.
- Ndayiragije, J. M., Li, F. (2022). “Effectiveness of Drought Indices in The Assessment of Different Types of Droughts, Managing and Mitigating Their Effects”. *Climate*, 10(9), 125.
- Olukayode Oladipo, E. (1985). “A Comparative Performance Analysis of Three Meteorological Drought Indices”. *Journal of Climatology*, 5(6), 655-664.
- Öz, A. (2020). “Farklı Kuraklık İndisleri Kullanılarak Van Gölü Havzası Kuraklık Analizleri”. *Yüksek Lisans Tezi*. Van.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., Aydın, S. (2017). “Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye’nin İklim Tipleri”. *Coğrafya Dergisi*, (35), 17-27. DOI: 10.26650/JGEOG295515.
- Palmer, W.C., (1965). Meteorological Drought Research Paper No. 45. Office of Climatology U.S. Weather Bureau, Washington.
- Partigöç, N. S., Soğancı, S. (2019). “Küresel İklim Değişikliğinin Kaçınılmaz Sonucu: Kuraklık”. *Resilience*, 3(2), 287-299.
- Peltier, W. R. (2002). “On Eustatic Sea Level History: Last Glacial Maximum to Holocene”. *Quaternary Science Reviews*, 21, 377-396.
- Rasmussen, P., Petersen K. S., Ryves D. B. (2007). “Environmental Change in Danish Marine Waters During The Roman Warm Period Inferred From Mollusc Data”. *Geological Survey of Denmark & Greenland Bulletin: Review of Survey Activities 2006* 13: 21-24.

- Roberts, N. (2002). *The Holocene: An Enviromental History*. Blackwell Publishers. s. 316.
- Rodrigo, F.S., Esteban-Parra D., Pozo-Vazquez, Castro-Diez Y. (2000). "Rainfall Variability in Southern Spain on Decadal to Centennial Times Scales". *Int. J. Clim*, 20: 721-732.
- Rossignol-Strick, M. (1995), Sea-Land Correlation of Pollen Records in The Eastern Mediterranean for The Glacial-Interglacial Transition: Biostratigraphy Versus Radiometric Time-Scale". *Quaternary Science Reviews* 14: 893-915.
- Ruddiman, W.F. (2003). "The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago". *Climatic Change* 61: 261-293.
- Sarı, C. (2012). *Dünden Bugüne Antalya*, T.C. Antalya Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayınları, Antalya.
- Shah, D., & Mishra, V. (2020). Integrated Drought Index (IDI) for drought monitoring and assessment in India. *Water Resources Research*, 56(2), e2019WR026284.
- Sırdaş, S. (2002). "Meteorolojik Kuraklık ve Türkiye Modellemesi", *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, 2 (2), 95-103.
- Sridhara, S., Chaithra, G. M., Gopakkali, P. (2021). "Assessment and Monitoring of Drought in Chitradurga District of Karnataka Using Different Drought Indices". *Journal of Agrometeorology*, 23(2), 221-227.
- Steele, M., Ermold, W., Zhang J. (2008). "Arctic Ocean Surface Warming Trends over The Past 100 Years". *Geophysical Research Letters* 35.102614.
- Şenel, M. (2004). "Batı Toroslar'daki Yeşilbarak Napı'nın Stratigrafik ve Yapısal Özellikleri, Gd Anadolu'daki ve Kuzey Kıbrıs'taki Benzer Birimlerle Karşılaştırılması", *Maden Tetkik Arama Enstitüsü*, 128: 1-26.
- Şener, E. (2021). "Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Kuraklık İndekslerinin Eğilim Analizi: Akşehir Örneği". *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(6), 1470-1484.
- Şener, E., Davraz A. (2021). "Yağış Tabanlı Farklı İndisler Kullanılarak Meteorolojik Kuraklık Analizi: Isparta Örneği". *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12 (Ek (Suppl.) 1), 404-418. DOI: 10.29048/makufebed.960857.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2019). Batı Akdeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı. Ankara: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Thomas, E. R., Wolff E.W., Mulvaney R., Steffensen J.P., Johnsen S. J., Arrowsmith C., White J., Vaughn B., Popp T. (2007). The 8.2 ka Event From Grönland Ice Cores. *Quaternary Science Reviews*, 26: 70-81.

- Tigkas, D., Vangelis, H., Proutsos, N., Tsakiris, G. (2022). “Incorporating aSPI and eRDI in Drought Indices Calculator (DrinC) Software for Agricultural Drought Characterisation and Monitoring”. *Hydrology*, 9 (6), 100.
- Turan, E. S. (2018). Türkiye'nin İklim Değişikliğine Bağlı Kuraklık Durumu. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 63-69.
- Türkeş, M., Akgündüz, A. S., Demirörs Z. (2009). “Palmer Kuraklık İndisi’ne Göre İç Anadolu Bölgesi’nin Konya Bölümü’ndeki Kurak Dönemler ve Kuraklık Şiddeti”. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7 (2), 129-144. DOI: 10.1501/Cogbil\_00000000102.
- Türkeş, M., Altan, G. (2011). “Tödürge Gölü Sulak Alanı (Sivas) Yöresinin Hidroklimatoloji ve İklim Değişimleri Açısından İncelenmesi”. *İçinde II. Türkiye Sulak Alanlar Kongresi Sözlü Bildiri Kitabı*, 86(95), 22-24.
- Türkeş, M., Deniz, Z. A. (2011). “Güney Marmara Bölümü’nün (Kuzey Batı Anadolu) Klimatolojisi ile Yağış ve Akım Dizelerinde Gözlenen Değişimler ve Eğilimler”, *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8/1, 1579-1600.
- Türkeş, M., Koç, T., Sarış F. (2007). “Türkiye’nin Yağış Toplamı ve Yoğunluğu Dizilerindeki Değişikliklerin ve Eğilimlerin Zamansal ve Alansal Çözümlemesi”. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5 (1), 57-73. DOI: 10.1501/Cogbil\_00000000073.
- Van Geel, B., Buurman, J., Waterbolk H.T. (1996). “Archaeological and Palaeoecological Indications for an Abrupt Climate Change in The Netherlands and Evidence for Climatological Teleconnections Around 2650 BP”. *Journal of Quaternary Science* 11: 451-460.
- Van Geel, B., Renssen, H. (1998). “Abrupt Climate Change Around 2650 BP in North-West Europe Evidence for Climatic Teleconnections and a Tentative Explanation”. A.S. Issar, N. Brown (Editörler), *Water, Environment and Society in Times of Climatic Change*, Kluwer, Dordrecht (sayfa 21-41).
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., Lorenzo-Lacruz, J., Camarero, J. J., López-Moreno, J. I., Azorin-Molina, C., Revuelto, J., Moran-Tejeda, E., Sanchez-Lorenzo, A. (2012). “Performance of Drought Indices for Ecological, Agricultural and Hydrological Applications”. *Earth Interactions*, 16(10), 1-27.
- Wable, P. S., Jha, M. K., Shekhar, A. (2019). “Comparison of Drought Indices in a Semi-Arid River Basin of India”. *Water Resources Management*, 33, 75-102.
- Wanders, N., Van Loon, A. F., Van Lanen, H. A. (2017). “Frequently Used Drought Indices Reflect Different Drought Conditions on Global Scale”. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 2017, 1-16.

- Wang, Q., Zhang, R., Qi, J., Zeng, J., Wu, J., Shui, W., Wu, X., Li, J. (2022). “An Improved Daily Standardized Precipitation Index Dataset for Mainland China from 1961 to 2018”. *Scientific Data*, 9(1), 124.
- Wen, Y., Fei, Y., Fan, Y., Yang, A., Wang, B., Gao, P., Scott, D. (2024). “Development of a Probabilistic Agricultural Drought Forecasting (PADF) Framework Under Climate Change”. *Agricultural and Forest Meteorology*, 350, 109965.
- Weninger, B., Alram-Stern E., Bauer E., Clare L., Danzeglocke U., Jöris O., Kubatzki C., Rollefson G., Todorova H., Van Ande T. (2006). “Climate Forcing Due to The 8200 cal yr BP Event Observed at Early Neolithic Sites in The Eastern Mediterranean”. *Quaternary Research*, 66: 401-420.
- Wick, L., Tinner, W. (1997). “Vegetation Changes and Timberline Fluctuations in The Central Alps as Indicators of Holocene Climatic Oscillations”. *Arctic and Alpine Research*, 29: 445-458.
- Wilhite, D. A., Glantz, M. H. (1985). “Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions”. *Water International*, 10(3), 111-120.
- World Meteorological Organization. (2012). “Standardized Precipitation Index User Guide (M. Svoboda, M. Hayes and D. Wood)”. (WMO-No. 1090), Geneva.
- Xiaomei, P., Binwu, Z., Wenshu, W., Ding, A., Shengchun, X. (2024). “Different Drought Indices Showed Different Variations and Applicability to Dendrochronological Studies”. *Dendrochronologia*, 126179.
- Xoplaki, E., Maheras, P., Luterbacher J. (2001). “Variability of Climate in Meridional Balkans During The Periods 1675-1715 and 1780-1830 and its Impact on Human Life”. *Climatic Change* 48: 581-615.
- Yang, Y., Zhang, S., Roderick, M. L., McVicar, T. R., Yang, D., Liu, W., Li, X. (2020). “Comparing Palmer Drought Severity Index Drought Assessments Using The Traditional Offline Approach With Direct Climate Model Outputs”. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(6), 2921-2930.
- Yetmen, H. (2015). “Van Gölü Havzası’nın Kuraklık Analizi”. *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum Eğitim Bilimleri ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2 (5), 184-198. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/egitimvetoplum/issue/5128/69926>.
- Yılmaz, E. (2020). “Türkiye’de Thornthwaite İklim İndislerindeki Eğilimler”. *Coğrafya Dergisi*, (40), 163-185. DOI: 10.26650/JGEOG2019-0005.
- Yılmaz, F. K. (2008). “Antalya’nın Günlük Yağış Özellikleri ve Şiddetli Yağışların Doğal Afetler Üzerine Etkisi”. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 20.

- Yüce, M. İ., Aksoy, H., Aytek, A., Eşit, M., vd. (2022). “SPI ve SPEI ile Samsun İli Kuraklık Analizi”. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(3), 285-295.
- Zhang, J. (2005). “Warming of The Arctic Ice-Ocean System is Faster Than The Global Average Since The 1960s”. *Geophysical Research Letters*, 32 L19602, doi:10.1029/2005GL024216.
- Zhang, R., Shangguan, W., Liu, J., Dong, W., Wu, D. (2024). “Assessing Meteorological and Agricultural Drought Characteristics and Drought Propagation in Guangdong, China”. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 51, 101611.

### İnternet Kaynakları

- Climate Change and Drought: From Past to Future - NASA Technical Reports Server (NTRS). Erişim Tarihi: 21.01.2024.
- <https://antalya.com.tr/tr/kesfet/doga/goller-goletler/alakir-cayi>. Erişim Tarihi: 21.12.2023.
- <https://education.nationalgeographic.org/resource/drought/>. Erişim Tarih: 20.01.2024.
- <https://our.today/hydrological-drought-spotted-in-some-parts-of-jamaica/>. Erişim Tarihi: 02.01.2024.
- <https://wmo.int/about-us/world-meteorological-day/wmd-2020/drought>. Erişim Tarihi: 02.01.2024.
- <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-changing-climate-hazards-1/wet-and-dry-1/wet-and-dry-drought>. Erişim Tarihi: 02.01.2024.
- <https://www.harita.gov.tr/il-ve-ilce-yuzolcumleri>. Erişim Tarihi: 20.12.2023.
- <https://www.publicnewsservice.org/2023-10-10/climate-change/research-ohios-droughts-worse-than-often-recognized/a86653-1>. Erişim Tarihi: 02.01.2024.
- <https://www.sipri.org/de/taxonomy/term/390>. Erişim Tarihi: 02.01.2024.
- TÜİK Kurumsal (tuik.gov.tr). Erişim Tarihi: 25.02.2024.

## Ö Z G E Ç M İ Ş

|                                      |                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Adı ve Soyadı</b>                 | Yonca Cilasın                                                                                                                                                 |
| <b>Eğitim Durumu</b>                 |                                                                                                                                                               |
| <b>Mezun olduğu lise</b>             | Elmalı Anadolu İmam Hatip Lisesi                                                                                                                              |
| <b>Lisans Diploması</b>              | Antalya Akdeniz Üniversitesi                                                                                                                                  |
| <b>Tezli Yüksek Lisans Diploması</b> | Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalı                                                                                        |
| <b>Yüksek Lisans Tez Konusu</b>      | Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ve Erinç İndisi Yöntemiyle Antalya İlinin Muratpaşa İlçesinin 1993- 2023 Yılları Arasında Meydana Gelen İklim Değişimi |
| <b>Yabancı Dil/Diller</b>            | İngilizce                                                                                                                                                     |
| <b>İŞ DENEYİMİ</b>                   |                                                                                                                                                               |
| <b>Stajlar</b>                       | Muratpaşa Anadolu Lisesi                                                                                                                                      |
| <b>Çalıştığı Kurumlar</b>            |                                                                                                                                                               |