



**T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KONYA KAPALI HAVZASI KURAKLIK  
KARAKTERİZASYONUNUN ZAMANSAL-  
KONUMSAL ANALİZİ**

**Selim DOĞAN**

**DOKTORA TEZİ**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Şubat-2013  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır**

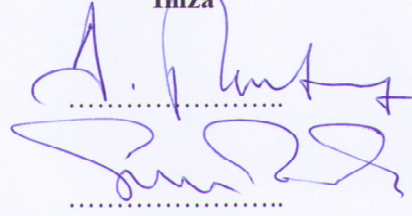
## TEZ KABUL VE ONAYI

**Selim DOĞAN** tarafından hazırlanan “Konya Kapalı Havzası kuraklık karakterizasyonunun zamansal-konumsal analizi” adlı tez çalışması 27/02/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği / oy çokluğu** ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Danışman

Prof. Dr. Ali BERKTAY

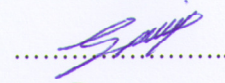
İmza  


#### Üye

Prof. Dr. Mehmet Faik SEVİMLİ

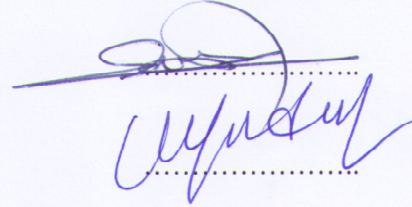
#### Üye

Prof. Dr. Galip SEÇKİN



#### Üye

Doç. Dr. Şükrü DURSUN



#### Üye

Yrd. Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Aşır GENÇ  
FBE Müdürü

Bu tez çalışması S.Ü. BAP tarafından 09101028 nolu proje ile desteklenmiştir.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Selim DOĞAN

Tarih: 22 Ocak 2013

## ÖZET

### DOKTORA TEZİ

## KONYA KAPALI HAVZASI KURAKLIK KARAKTERİZASYONUNUN ZAMANSAL-KONUMSAL ANALİZİ

Selim DOĞAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali BERKTAY  
II.Danışman: Doç. Dr. Bilgehan NAS

2013, 107 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ali BERKTAY  
Prof. Dr. Mehmet Faik SEVİMLİ  
Prof. Dr. Galip SEÇKİN  
Doç. Dr. Şükrü DURSUN  
Yrd. Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ

Konya kapalı havzası, Anadolu'nun ortasında 53.850 km<sup>2</sup> alan kaplar. Kapladığı bu alan Türkiye'nin %7'sine karşılık gelmektedir. Havza, küresel 200 eko-bölge arasında olup içerisinde 2 adet milli park, 15 adet önemli kuş alanı, 6 adet önemli bitki alanı bulunmaktadır. Ancak tekrarlayan kuraklıklar havzadaki var olan su kaynakları sorunlarını daha da kötü bir duruma sokmaktadır. Havzanın çevresel, hidrolojik ve tarımsal sorunlarını en aza indirmek için kuraklığın izlenmesine ihtiyaç vardır. Konya Kapalı Havzasında baş göstermiş kuraklık olaylarının incelenerek karakterinin ortaya konulması, gelecekte yaşanacak benzer kuraklıklara karşı alınacak önlemler ve atılacak adımlar açısından önemlidir.

Kuraklık durumlarını incelemek için bugüne kadar birçok kuraklık indeksi geliştirilmiştir. Bu çalışma ile dünyada kuraklıkların belirlenmesinde ve izlenmesinde kullanılan 6 farklı kuraklık indeksi karşılaştırılmıştır. Kullanılan kuraklık indeksleri Normal Yağış Yüzdesi (NYY), Yağış Kuyrukları (YK), Z-Skoru, Çin Z İndeksi (ÇZİ), Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) ve Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ)'dir. Yıllık ağırlıklı hesap yöntemi kullanan EKİ hariç tüm kuraklık indeksleri için 18 ayrı zaman adımı kullanılmıştır. Bu zaman adımları; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 24, 30, 36 ve 48 aydır. Konya Kapalı Havzası içerisinde yer alan 12 istasyona ait 1972-2009 yılları arası 456 aylık yağış verisi ile analizler yapılmıştır. Çalışmanın birinci kısmında kuraklık indeksi-zaman adımı kombinasyonları yapılarak bunlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. İkinci kısımda ise başarılı olduğu belirlenen kuraklık indeksleri ile Konya Kapalı Havzasının 1972-2009 yılları arası kuraklık analizi yapılmıştır.

Konya Kapalı Havzasındaki Ocak 1972-Aralık 2009 arası 456 aylık periyotta EKİ ile hesap edilen 444 aylık kuraklık indeksi zaman serileri analiz sonuçlarına göre havzada toplam 196 kuraklık olayı tespit edilmiştir. Havza ortalaması istasyon başına 16.3 kuraklık olayı olarak bulunmuştur. Havzadaki tüm kuraklıkların istasyon başına toplam süre ortalaması 156.9 ay olup toplam genlik ortalaması 170.38 olarak belirlenmiştir. Analiz edilen 444 aylık zaman periyodu göz önüne alındığında, havzada bu periyottaki tüm zamanların ortalama %35'lik zaman diliminin kuraklıklarla geçtiği tespit edilmiştir. Havzayı en çok etkileyen 1973-1974 çok şiddetli kuraklığı; Karapınar istasyonu hariç bütün istasyonlarda kuraklık sınıfı, süresi, genliği ve keskinliği bakımından benzer özellikler göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Konya Kapalı Havzası, yağış, kuraklık, kuraklık indeksi, Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ), Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ)

## ABSTRACT

### Ph.D THESIS

## SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF DROUGHT CHARACTERIZATION IN KONYA CLOSED BASIN

Selim DOĞAN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
SELÇUK UNIVERSITY  
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY  
IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Ali BERKTAY  
Co-Advisor: Assoc. Prof. Dr. Bilgehan NAS

2013, 107 Pages

### Jury

Prof. Dr. Ali BERKTAY  
Prof. Dr. Mehmet Faik SEVİMLİ  
Prof. Dr. Galip SEÇKİN  
Assoc. Prof. Dr. Şükrü DURSUN  
Assist. Prof. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ

Konya Closed Basin, with an area of 53,850 km<sup>2</sup>, is located in Central Anatolia and occupies 7% of the total area of Turkey. The basin is recognized as one of the Global 200 Eco-regions and has 2 national parks, 12 important bird areas and 8 important plant areas. However, the stress on the water resources is exacerbated by recurring droughts in the basin. Monitoring droughts are necessary to minimize environmental, hydrological and agricultural threats. Identifying the drought events which took place in Konya Closed Basin is important step to provide mitigation and preparedness for future droughts.

Many drought indices (DIs) have been introduced to monitor drought conditions. This study compares six different DIs which have been used to identify and monitor droughts in the world. The DIs used in this study are Percent of Normal (PN), Rainfall Decile based Drought Index (RDDI), statistical Z-Score, China-Z Index (CZI), Standardized Precipitation Index (SPI), and Effective Drought Index (EDI). 18 different timesteps (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 24, 30, 36 and 48 months) were employed. Monthly rainfall data of 1972-2009 (456 months) obtained from twelve spatially distributed stations was used. The first part of this study focused on the comparison of DIs with various timesteps. The second part of this study consisted of the drought analyses of Konya Closed Basin for 1972-2009 period by DIs which were found reasonable.

196 drought events have been identified by EDI as a result of the analyses of 456 months period from January 1972 to December 2009. The average of the basin was 16.3 drought event per station. The average of the total drought duration was 156.9 months per station and the average of the total magnitude was found as 170.38 per station. 35% of all times in the time series was identified as a drought class. 1973-1974 extreme drought was the most notable drought in the basin. There were similarities of this dry period among stations in means of drought class, duration, magnitude and intensity. Only in Karapınar station, no extreme drought was identified for this period.

**Keywords:** Konya Closed Basin, precipitation, drought, drought index, Effective Drought Index (EDI), Standardized Precipitation Index (SPI)

## ÖNSÖZ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği programında hazırlamış olduğum bu doktora tezi ile kendi akademik hayatıma yeni bir başlangıç yapabilmeyi, konuyla ilgilenenlere ufacık da olsa katkıda bulunabilmeyi umut ediyorum. Kuraklık gibi doğal afetlerle meydana gelebilecek can ve mal kayıpları ile çevresel yıkımların en aza indirilebilmesi için çalışma yapan ve yapacak olan herkese saygılarımı sunuyorum.

On beş yıldır beni yetiştiren, öğrencisi olmaktan kıvanç duyduğum danışman hocam Prof. Dr. Ali BERKTAY'a; tez çalışmamda aktardığı tecrübeleri, öğrettikleri ve aşıladığı çalışma azmi ile bana yol gösterdiği ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemediği için en derin sevgi ve saygılarımı sunuyorum.

Tez çalışmam sırasında Texas A&M Üniversitesi'nde beni bir buçuk yıl misafir araştırmacı olarak ağırlayan, ufuk açıcı ve yapıcı yönlendirmeleri ile çalışmalarına ve çalışma tarzıma şekil veren Prof. Dr. Vijay P. SINGH'e teşekkür ve saygılarımı sunuyorum.

Bu tezin tez izleme komitesinde ve jürisinde bulunan kıymetli hocalarıma, ayrıca kadim dostlarım Doç. Dr. Mehmet Emin ARGUN ve Dr. Hasan TÜRE'ye yaptıkları katkılardan dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Selçuk Üniversitesi'ndeki çalışma arkadaşlarıma ve tüm dostlarıma teşekkürlerimi sunuyorum. Bu doktora çalışmasını maddi olarak destekleyen S.Ü. BAP Koordinatörlüğü ile yurtdışı araştırma bursu aldığım Yüksek Öğretim Kurumu'na ve yüksek sadakat ile bağlı olduğum Türkiye Cumhuriyeti Devleti'ne minnettarım.

Çalışmalarım sırasında bana hep destek olan, kimi zaman bana katlanan ama her zaman yanımda olan hayat arkadaşım Züleyha DOĞAN'a, kendileri küçük verdikleri ilham ve çalışma azmi büyük olan evlatlarım Mehmet Bartu DOĞAN ve Tuğçe DOĞAN'a; ayrıca beni bugünlere getiren, hayatımın her aşamasında olduğu gibi bu aşamada da beni destekleyip yüreklendiren, bilgi, hoşgörü, anlayış ve maddi-manevi yardımlarını esirgemeyen Babama, Anneme ve Kardeşime, bana verdikleri emekten, gösterdikleri sevgi ve sabırdan dolayı minnettarım.

Beni ben yapan değerleri bana aşlayan burada ismi geçen veya geçmeyenlere sonsuz minnet, sevgi ve saygılarımı sunuyorum.

Selim DOĞAN  
KONYA-2012

## İÇİNDEKİLER

<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi .....	2
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>5</b>
2.1. Kuraklık.....	8
2.2. Kuraklığın Etkileri .....	9
2.3. Kuraklık Sınıflandırmaları .....	10
2.3.1. Kuraklık türleri.....	10
2.3.2. Kısa süreli ve uzun süreli kuraklık.....	11
2.3.3. Kuraklık sınıfları .....	12
2.4. Kuraklık İndeksleri .....	13
2.4.1. Normal yağış yüzdesi (NYY) .....	15
2.4.2. Yağış kuyukları (YK).....	15
2.4.3. Standart skor veya Z skoru (Z-Skoru).....	16
2.4.4. Çin Z indeksi (ÇZİ) .....	16
2.4.5. Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) .....	17
2.4.6. Efektif kuraklık indeksi (EKİ) .....	17
2.5. Dünyada Yapılan Çalışmalar.....	18
2.6. Türkiye’de Yapılan Çalışmalar .....	23
2.7. Konya Kapalı Havzası İle İlgili Yapılan Çalışmalar .....	25
2.8. Kuraklık İndeksleri İle Yapılan Çalışmalara Genel Bakış.....	27
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>31</b>
3.1. Materyal .....	31
3.1.1. Konya Kapalı Havzasının coğrafi durumu .....	33
3.1.2. Konya Kapalı Havzasının meteorolojisi.....	34
3.2. Yöntem.....	38
3.2.1. Kuraklıkla ilgili nicelikler .....	39
3.2.2. Kuraklık indekslerinin hesaplanması .....	40

3.2.2.1. Normal yağış yüzdesi (NYY) .....	41
3.2.2.2. Yağış kuyrukları (YK).....	41
3.2.2.3. Z-Skoru .....	41
3.2.2.4. Çin Z indeksi (ÇZİ) .....	42
3.2.2.5. Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ).....	42
3.2.2.6. Efektif kuraklık indeksi (EKİ) .....	44
3.2.3. Kuraklık indeks değerlerinin kuraklık sınıfı zaman serisine dönüştürülmesi .....	45
3.2.4. Kuraklık zaman serilerinin karşılaştırılması.....	46
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>49</b>
4.1. Kuraklık Sınıfı Zaman Serilerinin Karşılaştırma Sonuçları .....	49
4.1.1. Kuraklık indeksleri arasındaki ilişki .....	49
4.1.2. Zaman adımları arasındaki ilişki.....	49
4.1.3. Belirli bir kuraklık indeksi ile zaman adımları arasındaki ilişki.....	52
4.1.4. İndekslerin tespit ettiği kuraklık sınıflarının karşılaştırılması .....	53
4.1.4.1. NYY'nin EKİ ile karşılaştırılması.....	55
4.1.4.2. YK'nın EKİ ile karşılaştırılması .....	55
4.1.4.3. Z-Skorunun EKİ ile karşılaştırılması.....	56
4.1.4.4. ÇZİ'nin EKİ ile karşılaştırılması.....	57
4.1.4.5. SYİ'nin EKİ ile karşılaştırılması.....	58
4.1.5. EKİ'nin tespit ettiği kuraklık sınıflarının konumsal dağılımı .....	60
4.2. Konya Kapalı Havzası Kuraklığının Analizi.....	61
4.2.1. EKİ ile tespit edilen kuraklık olaylarının konumsal ve zamansal analizi .61	
4.2.1.1. Aksaray istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi .....	61
4.2.1.2. Beyşehir istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi .....	62
4.2.1.3. Cihanbeyli istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi .....	64
4.2.1.4. Çumra istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi.....	65
4.2.1.5. Ereğli istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi.....	66
4.2.1.6. Ilgın istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi.....	68
4.2.1.7. Karaman istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi .....	70
4.2.1.8. Karapınar istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi.....	71
4.2.1.9. Konya istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi.....	73
4.2.1.10. Kulu istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi .....	75
4.2.1.11. Niğde istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi.....	76
4.2.1.12. Seydişehir istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi.....	78
4.2.1.13. Havza geneline bakış .....	79
4.2.2. Olay bazlı kuraklık incelemesi ve farklı indekslerin değerlendirilmesi....	85
4.2.3. Kuraklık sınıflarının yüzde hesaplamaları için iki farklı yaklaşım.....	92
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>94</b>
5.1. Sonuçlar.....	94
5.1.1. Kuraklıkla ilgili kavramsal ve teorik sonuçlar.....	94
5.1.2. Konya Kapalı Havzası özelinde elde edilen sonuçlar .....	96
5.2. Öneriler .....	98



<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>101</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>108</b>

## ÇİZELGELER LİSTESİ

<b>Çizelge 2.1</b> Kuraklık indeksleri ile yapılan çalışmalara ait özet tablo.....	28
<b>Çizelge 3.1</b> Konya Kapalı Havzasındaki istasyonlara ait rakım, koordinatlar ve yıllık yağış istatistiği .....	32
<b>Çizelge 3.2</b> Konya Kapalı Havzasındaki iller ve havza içindeki dağılımı.....	34
<b>Çizelge 3.3</b> Konya Kapalı Havzasındaki istasyonlara ait aylık toplam yağış dağılımı ..	35
<b>Çizelge 3.4</b> Konya Kapalı Havzasındaki istasyonlara ait aylık ortalama sıcaklık dağılımı .....	36
<b>Çizelge 3.5</b> Konya Kapalı Havzasındaki istasyonlara ait aylık buharlaşma verileri .....	37
<b>Çizelge 3.6</b> Kuraklık indeks değerlerine göre kuraklık sınıfları.....	40
<b>Çizelge 3.7</b> Kuraklık indeks zaman serileri ile oluşturulan 91 sütun 456 satırlık tablonun örnek kısmı .....	46
<b>Çizelge 3.8</b> Kuraklık sınıfı zaman serileri ile oluşturulan 91 sütun 456 satırlık tablonun örnek kısmı .....	47
<b>Çizelge 3.9</b> Kuraklık indeks zaman serileri için hesaplanan Pearson korelasyon katsayılarının örnek kısmı.....	47
<b>Çizelge 3.10</b> Kuraklık sınıfı zaman serileri için hesaplanan Pearson korelasyon katsayılarının örnek kısmı.....	47
<b>Çizelge 4.1</b> Aksaray istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler .....	62
<b>Çizelge 4.2</b> Beyşehir istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler .....	63
<b>Çizelge 4.3</b> Cihanbeyli istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler .....	64
<b>Çizelge 4.4</b> Çumra istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler.....	66
<b>Çizelge 4.5</b> Ereğli istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler.....	67
<b>Çizelge 4.6</b> Ilgın istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler .....	69
<b>Çizelge 4.7</b> Karaman istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler .....	71
<b>Çizelge 4.8</b> Karapınar istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler.....	72
<b>Çizelge 4.9</b> Konya istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler .....	73
<b>Çizelge 4.10</b> Kulu istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler .....	75
<b>Çizelge 4.11</b> Niğde istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler .....	77
<b>Çizelge 4.12</b> Seydişehir istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler .....	78
<b>Çizelge 4.13</b> Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) ile tespit edilen kuraklık sınıflarına ait bilgiler.....	81
<b>Çizelge 4.14</b> Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) ile tespit edilen kuraklık olay sayılarının kuraklık sınıflarına göre zamansal dağılımı .....	83
<b>Çizelge 4.15</b> Beyşehir istasyonu 1973-1974 kuraklığı için (Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ'nin farklı zaman adımları ile EKİ'nin ikili eşleştirilmiş kuraklık indeksi) zaman serilerine ait Pearson korelasyon katsayıları.....	91

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 2.1</b> 1951-2000 yılları arası sıcaklık ve yağış verisi ile güncellenmiş Köppen-Geiger iklim sınıflandırması dünya haritası ve Türkiye detayı (Kaynak: Kottek ve ark., 2006).....	6
<b>Şekil 3.1</b> Konya Kapalı Havzası ortalama yıllık yağış değerleri.....	31
<b>Şekil 3.2</b> Konya Kapalı Havzası fiziki haritası.....	33
<b>Şekil 3.3</b> Karapınar ve Seydişehir ile havza ortalaması için yağış ve sıcaklıkların zamansal dağılımı.....	36
<b>Şekil 3.4</b> Kuraklık sınıfları ve nicelikleri.....	40
<b>Şekil 3.5</b> Karapınar istasyonunda aylık toplam yağışın teorik dağılımdan normal dağılıma dönüşümü.....	43
<b>Şekil 4.1</b> Farklı zaman adımlı kuraklık indekslerinin korelasyonu. Zaman adımlarının her biri 5 farklı kuraklık indeksinden oluşmaktadır (Zaman adımı içerisinde yer alan 5 piksel sırasıyla NYY, YK, Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ'dir. EKİ 12 aylık zaman adımından hemen sonra yer almaktadır). Ortak korelasyon katsayısını göstermek üzere yatay ve düşeyde aynı 91 kuraklık indeksi yer almaktadır. ....	50
<b>Şekil 4.2</b> Belirli bir kuraklık indeksi zaman adımının tüm kuraklık indeksi zaman adımları ile olan ortalama korelasyonu.....	51
<b>Şekil 4.3</b> Kuraklık indeksleri ile zaman adımları arasındaki ilişki.....	52
<b>Şekil 4.4</b> EKİ ve NYY'nin tespit ettiği kuraklık sınıfı yüzdeleri.....	54
<b>Şekil 4.5</b> EKİ ve YK'nın tespit ettiği kuraklık sınıfı yüzdeleri.....	55
<b>Şekil 4.6</b> EKİ ve Z-Skoru'nun tespit ettiği kuraklık sınıfı yüzdeleri.....	56
<b>Şekil 4.7</b> EKİ ve ÇZİ'nin tespit ettiği kuraklık sınıfı yüzdeleri.....	57
<b>Şekil 4.8</b> EKİ ve SYİ'nin tespit ettiği kuraklık sınıfı yüzdeleri.....	58
<b>Şekil 4.9</b> EKİ kuraklık sınıfı zaman serisinde Konya Kapalı Havzası için 1972-2009 yılları arası kuraklık durumları (İstasyonlar soldan sağa alfabetik sırada verilmiştir)....	60
<b>Şekil 4.10</b> Aksaray istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri.....	62
<b>Şekil 4.11</b> Beyşehir istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri.....	63
<b>Şekil 4.12</b> Cihanbeyli istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri.....	65
<b>Şekil 4.13</b> Çumra istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri.....	66
<b>Şekil 4.14</b> Ereğli istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri.....	68
<b>Şekil 4.15</b> Ilgın istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri.....	70
<b>Şekil 4.16</b> Karaman istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri.....	71
<b>Şekil 4.17</b> Karapınar istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri.....	72
<b>Şekil 4.18</b> Konya istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri.....	74
<b>Şekil 4.19</b> Kulu istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri.....	75
<b>Şekil 4.20</b> Niğde istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri.....	77
<b>Şekil 4.21</b> Seydişehir istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri.....	79
<b>Şekil 4.22</b> Beyşehir istasyonu yağış zaman serileri ile EKİ, SYİ <sub>6</sub> , ÇZİ <sub>6</sub> ve Z-Skoru <sub>6</sub> kuraklık indekslerinin yağış değişimine olan tepkileri.....	87
<b>Şekil 4.23</b> Beyşehir istasyonu yağış zaman serileri ile EKİ, SYİ <sub>9</sub> , ÇZİ <sub>9</sub> ve Z-Skoru <sub>9</sub> kuraklık indekslerinin yağış değişimine olan tepkileri.....	88
<b>Şekil 4.24</b> Beyşehir istasyonu yağış zaman serileri ile EKİ, SYİ <sub>12</sub> , ÇZİ <sub>12</sub> ve Z-Skoru <sub>12</sub> kuraklık indekslerinin yağış değişimine olan tepkileri.....	89

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$\alpha$	: Şekil parametresi
$\beta$	: Ölçek parametresi
Cs	: Çarpıklık katsayısı
D	: Süre
$\overline{EY}$	: Efektif yağış ortalaması
EYS	: Efektif yağışın ortalamadan sapması
$g(x)$	: Gamma dağılımı
H(x)	: Kümülatif olasılık değerleri
I	: Keskinlik
L	: Geri dönüş süresi
M	: Genlik
n	: Yağış gözlemleri sayısı
P <sub>i</sub>	: Yağış miktarı
$\sigma$	: Standart sapma
$\bar{x}$	: Ortalama aylık yağış değeri
x <sub>i</sub>	: Aylık yağış değeri

### Kısaltmalar

ADI	: Aggregate Drought Index
API	: Antecedent Precipitation Index
ARIMA	: Otoresif hareketli ortalama
AWRI	: Available Water Resources Index
BI	: Blumenstock's Index
BMDI	: Bhalme-Mooley Drought Index
CMI	: Crop Moisture Index
CPA	: Cumulative Precipitation Anomaly
CSA	: Cumulative Streamflow Anomaly
CSM	: Computed Soil Moisture
ÇŞK	: Çok Şiddetli Kuraklık
ÇZİ	: Çin Z İndeksi
DM	: Drought Monitor
DSI	: Drought Severity Index
DSİ	: Devlet Su İşleri
EKİ	: Efektif Kuraklık İndeksi
ETDI	: Evapotranspiration Deficit Index
EY	: Efektif Yağış
GCM	: Küresel İklim Modelleri
KBDI	: Keetch-Byram Drought Index
KI	: Kincer's Index
MAI	: Moisture Adequacy Index
MaI	: Marcovitch's Index
MÇZİ	: Modifiye Çin Z İndeksi
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MI	: Munger's Index
NDY	: Normale Dönüş Yağışı

NMDC	: National Drought Mitigation Center
NYY	: Normal Yağış Yüzdesi
OŞK	: Orta Şiddetli Kuraklık
PAI	: Palfai Aridity Index
PHDI	: Palmer Hydrological Drought Index
PKŞİ	: Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi
RAI	: Rainfall Anomaly Index
RDI	: Reconnaissance Drought Index
SAI	: Standardized Anomaly Index
SARIMA	: Mevsimsel otoregresif hareketli ortalama
SMAI	: Soil Moisture Anomaly Index
SMDI	: Soil Moisture Deficit Index
SRES	: Special Report on Emissions Scenarios
SWSI	: Surface Water Supply Index
SYİ	: Standartlaştırılmış Yağış İndeksi
ŞK	: Şiddetli Kuraklık
TWD	: Total Water Deficit
USDM	: United States Drought Monitor
VCİ	: Vegetation Condition Index
YK	: Yağış Kuyukları
Z-Skoru	: Standart skor veya Z skoru
Z Index	: Palmer's Z Index

## 1. GİRİŞ

Kuraklık, insanların yaşamını ve geçimini etkileyen doğal afetlerden biridir. Diğer afetlere göre daha az sıklıkta meydana gelmesine rağmen daha geniş bir bölgeyi daha uzun sürelerle etkiler. Karmaşık ve en az anlaşılabilmiş felakettir. Mekanizmasının karmaşık olması, çok farklı bilimler ve çevreler tarafından incelenmesi, ortaya çıktığı bölgeden bölgeye yapısal farklılıklar göstermesi, şiddet-süre-sıklık-alan gibi birçok parametreye bağlı değişiklik gösteren etkilerinin olmasından dolayı kuraklık tanımı yöreden yöreye ve tanımı yapan kişinin uzmanlığına göre değişiklik göstermektedir. Bu bakımdan tek bir kuraklık tanımlaması yapmak oldukça güçtür.

Kuraklık (drought) sıklıkla, yağışların az olduğu kurak iklimle (arid) veya kurak süreçle (dry period) karıştırılmaktadır. Kuraklık suyun az bulunurluğunu değil, normaldeki bulunurluğundan saparak azalmasını ifade eder. Örneğin 600 mm yıllık yağış almış bir istasyonda o sene kuraklık görülmüş olabilir. Ancak başka bir istasyonda aynı yağış miktarı bol yağışlı geçen bir yılı temsil edebilir (Anisfeld, 2010). Uzun yıllar boyunca yapılan gözlemlerin istatistiki olarak değerlendirilmesi ile bir yörenin iklimi yani normal ortaya konulmuş olur. Örneğin Karadeniz bölgesi hariç ülkemizin hemen her yerinde yazlar kurak geçtiği için, yaz aylarının buralarda az yağışla geçmesi gayet normaldir. Kurak iklim bir yörenin gerçeği olabilir ve süreklidir. Kuraklık tekrar edebilir, uzun sürebilir, ancak geçicidir.

Kuraklık tanımı yapılırken birçok kaynakta yağışın miktarına, bazı kaynaklarda da yağışlı-yağışsız geçen günlere vurgu yapılmaktadır. Asıl olan, belirli miktardaki yağışın belirli bir zaman içerisinde düşüp düşmediğidir. Bir bölgeye düşen yağışın miktarındaki farklılaşma; sıcaklık, rüzgar, buharlaşma, güneş radyasyonu ve atmosferik dolaşım gibi parametrelere bağlı olmakla birlikte karmaşık okyanus-kara-atmosfer ilişkisi içerisinde rastgele oluşmaktadır. Hava durumu tahminleri bile en fazla 15 gün için yapılabilir. Tahmin süresi uzadıkça da doğruluk oranı azalmaktadır. Dolayısı ile düşecek yağış miktarı ve zamanı kestirilemediği için, geleceğe yönelik projeksiyonlar ancak senaryolara göre üretilebilir.

Elbette farklı iklim şartları ve yağış rejimine bağlı olarak farklı kuraklık tanımlamaları olabilir. Ancak hangi yöreye özgü olursa olsun yapılacak kuraklık tanımında yağış miktarı ve zaman mefhumu ön planda olmalıdır. Öyleyse, basit bir kuraklık tanımı yapılmak istenirse “*kuraklık, belirli bir zamanda beklenenden az miktarda yağışın gerçekleşmesini ifade eder*” denilebilir. Tanımda geçen “belirli bir

zaman” gün-hafta-ay-yıl mertebesinde olabileceği gibi, yılın belirli bir ayını, aylarını (mevsim) veya ardışık günleri (örneğin, 10 gün üst üste) kastedebilir. “Beklenenden az miktarda yağış” kavramı ise ortalama, medyan vb. istatistiki bir anlamda veya bir eşik değeri anlamında kullanılabilir.

### **1.1. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi**

Konya Kapalı Havzası flora-fauna biyoçeşitliliği yönünden çok zengindir. Havza içerisinde 2 adet milli park, 15 adet önemli kuş alanı, 6 adet önemli bitki alanı ve büyük bir flamingo kolonisi bulunmaktadır. Havza, küresel 200 eko-bölge arasında olup, havza sınırları içerisinde yer alan Meke Maar gölü ve Kızören obruğu, Ramsar uluslararası önemdeki sulak alanlar listesi içindedir. Avrupa'da üreyen ve nesli tüm dünyada tehlike altında olan 13 kuş türünden 8'ine üreme alanı sağlayan havza, aynı zamanda tarımsal anlamda Türkiye'nin önemli üretim bölgelerinden biridir. Tahıl, bakliyat ve şekerpancarı üretiminde önemli bir paya sahip olan havza, Türkiye'deki toplam tuz üretiminin de %60'ına ev sahipliği yapmaktadır.

Vahşi sulama yapılan tarımsal uygulamalar, ruhsatsız su kuyuları, uzun süreli koruma stratejilerinin olmayışından dolayı doğal sulak alanların fonksiyonunu kaybetmesi, yeraltı su seviyesindeki düşüş, habitat kaybı ve toprağın tuzlulaşması havzanın ana sorunlarını oluşturmaktadır. Tekrarlayan kuraklıklar ise bu sorunları daha da kötü bir duruma sokmaktadır. Havzanın çevresel, hidrolojik ve tarımsal sorunlarını en aza indirmek için detaylı kuraklık analizlerine ihtiyaç vardır. Konya Kapalı Havzasında baş göstermiş kuraklık afetlerinin incelenerek karakterinin ortaya konulması, gelecekte yaşanacak benzer kuraklıklara karşı alınacak önlemleri kolaylaştıracağı düşünülmektedir.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde, iklimsel koşullardan dolayı birkaç aylık yağış eksiklikleri normal karşılanabilmektedir. Türkiye'de yıllık yağış miktarının en az olduğu bölgelerin başında Konya Kapalı Havzası yer almaktadır. Kurak/yarı kurak iklime sahip bu havzada meydana gelen kuraklıkların çok ciddi sosyo-ekonomik etkilerinin olduğu bilinmektedir. Ancak geçmişte yaşanan kuraklık olaylarının büyüklüğü ile ilgili net ve somut bir bilgi olmadığı için bu kuraklıklarla ilgili olay-etki incelemeleri yetersiz kalmaktadır.

Kuraklık, deprem ve sel gibi diğer doğal afetlerden farklı olarak yavaş yavaş gelişir. Bir bölgenin tam olarak ne zaman kuraklığa girdiğini veya kuraklıktan çıktığını belirlemek oldukça güçtür. Kuraklığın oluşumunu ve şiddetini belirlemek, süreci

gözlemleyip ölçebilmek için birçok indeks geliştirilmiştir. Bir kuraklık indeksi dünyada yaygın kullanılıyor ve genelde güvenilir sonuçlar veriyor olabilir. Ancak bölgeye özgü iklim koşullarına bağlı olarak bölge kuraklığına duyarlı sonuç verebilmesi için uygun kuraklık indeksinin seçilmesi ve doğru zaman adımları ile kullanılması gerekir.

Bu çalışma ile dünyada kuraklıkların belirlenmesinde ve izlenmesinde yaygın olarak kullanılan, güvenilirliği daha önceki çalışmalarda tespit edilen 6 farklı kuraklık indeksi karşılaştırılmıştır. Kullanılan kuraklık indeksleri; Normal Yağış Yüzdesi (NYY), Yağış Kuyrukları (YK), Z-Skoru, Çin Z İndeksi (ÇZİ), Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) ve Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ)'dir.

Kuraklık indeksi hesaplamasında kullanılan zaman adımlarının sonuçlara önemli etkilerinin olabileceği öngörülerek karşılaştırma işlemleri EKİ hariç tüm kuraklık indeksleri için 18 farklı zaman adımının kullanılması ile yapılmıştır. Bu zaman adımları; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 24, 30, 36 ve 48 aydır. Küçük zaman adımları tarımsal kuraklık açısından önemli iken büyük zaman adımları da hidrolojik kuraklık ve su kaynaklarının yönetimi açısından çok önemlidir. Ancak literatürde farklı zaman adımlarının elde edilen sonuçları nasıl etkilediği ile ilgili doyurucu çalışmalar bulunmamaktadır. Literatürde kuraklık indekslerinin karşılaştırma çalışmalarında yaygın bir şekilde 1 aylık zaman adımı kullanılmaktadır. Ancak bu durumda; kuraklık indekslerinin, kümülatif yağış eksikliklerine (birkaç aylık) karşı verdikleri tepkiler tam olarak belirlenmeden kuraklık indeksinin başarısı ölçülmeye çalışılmaktadır.

Bu çalışmada, Konya Kapalı Havzası içerisinde yer alan 12 istasyona ait aylık yağış verisi ile 6 farklı kuraklık indeksi ve 18 farklı zaman adımı kullanılarak kuraklık indeksleri ve zaman adımları arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışmanın birinci kısmında kuraklık indeksi-zaman adımı eşleştirmeleri (91 farklı kombinasyon) yapılarak elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda kuraklık indeksleri arasındaki ilişki, zaman adımları arasındaki ilişki, bir kuraklık indeksinin zaman adımları ile olan ilişkisi ve kuraklık indeksi-zaman adımı eşleştirmelerinin tespit ettiği kuraklık sınıfları incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında ise önceki bölümde en başarılı olduğu belirlenen EKİ ile Konya Kapalı Havzasının 1972-2009 yılları arası zamansal ve konumsal kuraklık analizi yapılarak havzanın kuraklık karakterinin ve kronolojisinin çıkarılması, istasyon bazında kuraklık sınıflarının dağılımının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, her bir istasyon için tespit edilen kuraklıkların başlangıcı, bitişi, süresi, genliği, keskinliği, geri dönüş süresi ve kuraklık sınıfı belirlenmiştir. Ayrıca, başarılı bulunan Z-



Skoru, ÇZİ, SYİ ve EKİ ile havzada tespit edilen en önemli kurak periyot, 1973-1974 çok şiddetli kuraklığının, Beyşehir istasyonu özelinde olay bazlı incelemesi yapılmıştır. Böylelikle; kuraklık indeksleri ile en uygun zaman adımlarının performansı ve kümülatif yağış eksikliklerine olan tepkileri araştırılmış, geçmişte yaşanan kuraklık modellenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen, kuraklık indeksi ve zaman adımı kombinasyonları ile bunların yağış eksikliklerine karşı davranışları belirlenerek havzada, ülkemizde ve dünyada kuraklıkların daha kolay tanımlanması ve izlenmesi için yeni bir şekilsel gösterimin ortaya konulması amaçlanmaktadır.

İklim değişikliği senaryolarına bağlı kalınarak veya gelecekte beklenen yağış değerleri tahmin edilerek yapılan projeksiyon çalışmalarında da sıklıkla yukarıda bahsedilen kuraklık indeksleri kullanılmaktadır. Projeksiyon işlemi senaryo doğrultusunda üretilen sentetik veriler ile yapılmaktadır. Dolayısı ile hassas bir projeksiyon yapabilmek için öncelikle, kullanılacak kuraklık indeksi ve zaman adımının bölgeye en uygun olanının belirlenmesi gerekir. Bunun için tarihi veriler ile yapılan analiz sonucunda, bölgeye en uygun, aylık ve birkaç aylık yağış eksikliklerine en iyi cevap veren kuraklık indeksi ve zaman adımı bilinmelidir.

Literatürde kuraklık indekslerinin karşılaştırılması ile ilgili sınırlı sayıda kaynak bulunmaktadır. Bu çalışmanın hazırlık aşamasında yapılan kaynak araştırmasında, farklı zaman adımlarının kullanıldığı ve bu kadar kapsamlı kuraklık indeksi-zaman adımı kombinasyonlarının karşılaştırıldığı kaynağa rastlanamamıştır. Ayrıca ülkemizdeki kuraklık çalışmalarında genellikle SYİ metodu kullanılmakta farklı kuraklık indeksleri ile yapılmış çalışmalara ve karşılaştırmalara çok sık rastlanmamaktadır. Bu yönüyle çalışmanın, literatüre önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

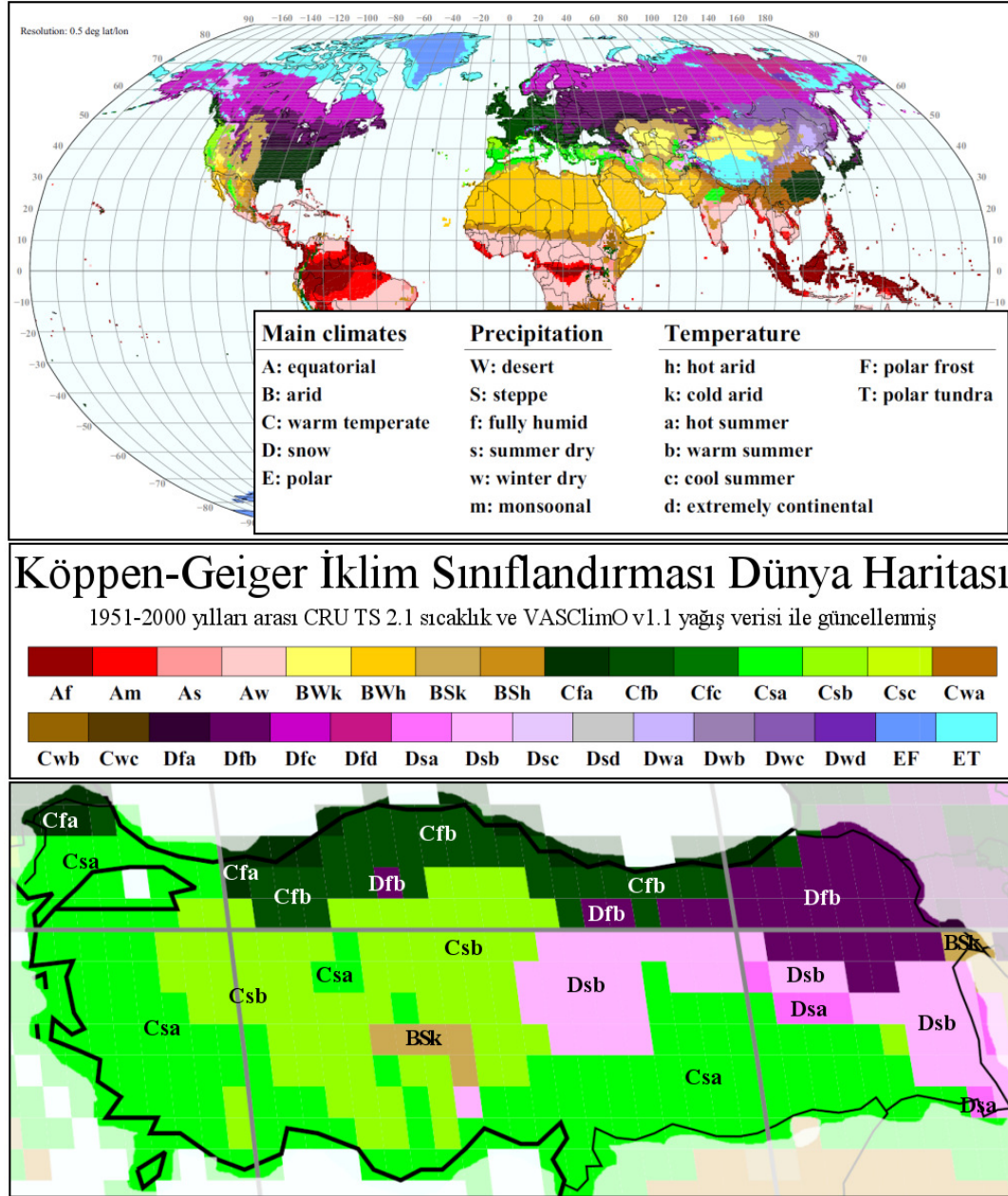
İklim, belirli bir yere ait sıcaklık, yağış, nem, rüzgar, hava basıncı ve diğer meteorolojik parametrelerin uzun yıllara dayalı gözlemlerinin istatistiki olarak yorumlanmasıdır. Bir yerin iklimi o yerin enlemine, yükseltisine, yer şekillerine, bitki örtüsüne ve çevresinde bulunan su kütlelerine bağlıdır. İklim türleri, sıcaklık ve yağış rejimi gibi durumlara bakılarak sınıflandırılabilir. Günümüzde en çok kullanılan iklim sınıflandırma sistemi, aslen Wladimir Köppen tarafından 1900’de geliştirilmiş olan Köppen iklim sınıflandırmasıdır. Bu iklim sınıflandırma sistemi daha sonra Rudolf Geiger tarafından 1954 ve 1961 yılında güncellenmiş dünya haritası olarak sunulmuştur (Kotteck ve ark., 2006). Bu sınıflandırmaya göre ülkemizin tüm kıyı bölgelerinde Akdeniz iklimi, iç kesimlerde ise yarı kurak iklim görülmektedir. Kotteck ve ark. (2006), 1951-2000 yılları arası sıcaklık ve yağış verilerini kullanarak yaptıkları güncelleme çalışmasında ise ülkemizde 5’i yaygın olarak görülen 8 farklı iklim türünün hüküm sürdüğü bildirilmektedir. Şekil 2.1’de görüldüğü üzere;

- Kuzeyi hariç Marmara bölgesi, kıyı Ege, kıyı Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde kış ayları ılık, yaz ayları çok sıcak ve kurak,
- İç Ege ve İç Anadolu Bölgesinin büyük kısmında kış mevsimi ılık, yaz mevsimi kısa süren fakat sıcak ve kurak,
- Karadeniz bölgesinde ve Marmara bölgesinin kuzeyinde de kışlar ılık, yazlar sıcak ancak her mevsim yağışlı,
- İç Anadolu bölgesinin doğusu ve Doğu Anadolu bölgesinin batısında ve güney doğusunda kışlar şiddetli, yazlar kısa süren sıcak ve kurak,
- Karadeniz bölgesinin doğusunda ve Doğu Anadolu bölgesinin kuzeydoğusunda kış ayları şiddetli, yaz ayları kısa ve sıcak, her mevsim yağışlı,

bir iklim hüküm sürmektedir.

Ülkemiz genelinde yaygın olarak görülen bu 5 iklimin yanında, Karadeniz Bölgesinin kıyı şeridinde ve Trakya’nın kuzeyinde kışlar ılık, yazlar çok sıcak ve her mevsim yağışlı geçmektedir. Muş ve Şemdinli dolaylarında kış mevsimi şiddetli, yaz mevsimi çok sıcak ve kuraktır. Bu çalışmanın da çalışma alanı olan Konya Kapalı Havzası’nın orta kısımları yani Konya-Karapınar dolayları ile Iğdır’da kurak bozkır iklimi hüküm sürmektedir. Kurak bozkır iklim, yarı kurak (semi-arid) terimi ile de ifade edilmekte olup; düşen yağışın, potansiyel terleme-buharlaştırma (evapotranspirasyon)

miktarından biraz az olduğu bölgeleri tanımlar. Yarı kurak iklimin görüldüğü yerleri belirlemek için yağış ve sıcaklığa bağlı olarak bir hesaplama yöntemi olmakla birlikte genellikle yıllık toplam yağış miktarı 250-400 mm arasında olan bölgelerin iklimini ifade eder.



**Şekil 2.1** 1951-2000 yılları arası sıcaklık ve yağış verisi ile güncellenmiş Köppen-Geiger iklim sınıflandırması dünya haritası ve Türkiye detayı (Kaynak: Kottek ve ark., 2006)

İklim değişikliği, tüm dünyanın veya belli bir bölgenin ikliminin tarih boyunca değişikliğe uğraması demektir. Yerkürenin kendi doğal sürecinin bir parçası olarak veya

insan faaliyetleri sonucunda iklimin istatistiki özelliklerinin değişmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle 10-20 yıl gibi kısa süreli salınımlar, örneğin El Nino gibi, iklim değişikliğini temsil etmez.

Özellikle çevre politikalarındaki kullanıma göre iklim değişikliği kavramı sadece son dönemlerdeki değişiklikleri konu almaktadır. Genellikle de yerkürenin doğal süreci olarak değil de insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan değişiklikler ele alınmaktadır. Dolayısı ile çevre politikaları metinleri içinde kullanılan iklim değişikliği terimi “insan kaynaklı küresel ısınma” ile eşanlamlı olarak kullanılmaktadır. Bilimsel dergilerde ise küresel ısınma terimi yüzey sıcaklığının artmasını ifade ederken iklim değişikliği terimi küresel ısınmayı ve sera gazı seviyesini artıran her şeyi kapsamaktadır. Her ne kadar tartışmalar devam etse de yapılan gözlemler, ölçümler ve bilimsel çalışmalar göstermiştir ki, küresel ısınma bir efsane değil, gerçekliktir (Dogan ve ark., 2009).

Dünyanın ortalama sıcaklığı geçen yüzyılda 0.8 °C yükseldi. Önümüzdeki yüzyılda da 1 °C ila 6 °C artması beklenmektedir (EPA, 2012). Dünyanın ortalama sıcaklığındaki küçük değişiklikler, bölgesel iklimlerde ve hava durumlarında büyük ve tehlikeli değişimlere sebep olabilir. Küresel ısınmayla ilişkili olarak, birçok yerde düşen yağış miktarları farklılaşmış, daha sık sel ve kuraklık olayları görülmeye başlamış, daha sık ve daha şiddetli sıcaklık dalgaları etkisini göstermiştir. Okyanuslar ve buzullar da birçok değişime maruz kalmıştır. Okyanuslar ısınmakta ve daha asidik olmakta, buzullar erimekte ve deniz seviyeleri yükselmektedir. Geçen yüzyılda, insan faaliyetleri sonucunda çok miktarda karbondioksit ve diğer sera gazları atmosfere salındı. Bu sera gazlarının büyük bir kısmı enerji üretimi için yakılan fosil yakıtlar sebebiyle oluştu. Öte yandan ormansızlaşma, endüstriyel prosesler ve bazı tarımsal uygulamalar atmosfere gaz salımını artırdı. Sera gazları dünyanın çevresini bir örtü gibi sararak enerjiyi atmosfer içinde tutar ve dünyanın ısınmasına sebep olur. Bu olgu “sera etkisi” olarak adlandırılır, doğal bir olaydır ve aslında dünyadaki canlılık için gereklidir. Ancak sera gazlarının artması dünyanın iklimini değiştirebilir, insan sağlığına, huzuruna ve ekosisteme tehlikeli sonuçlar doğurabilir (EPA, 2012). Küresel ısınmanın etkileri, kurak ve yarı kurak bölgelerde yağış miktarı zaten az olduğu için daha çarpıcı olmaktadır.

Doğada bulunan tüm tatlı su kaynaklarını yağışlar besler. Belirli bir zaman periyodu için beklenenden daha az düşecek yağış miktarı su kaynaklarının nicelik ve niteliğini olumsuz etkiler. Bunun yanında küresel iklim değişikliği veya yerel ölçekte ortaya çıkan farklılaşmalar, bölgeye düşen yağış miktarını ve sıcaklık gibi diğer

etmenleri etkileyeceğinden; tarımsal üretim, çevresel ve sosyo-ekonomik açılardan olumsuz bir etki oluşturmaktadır. Ülkemizdeki yağış rejimi bölgeden bölgeye önemli farklılıklar içermektedir. Ülke genelinde 250 mm ile 3000 mm arasında yağış alan bölgeler olmasına rağmen, ortalama yıllık toplam yağış 650 mm'dir (Gülsever, 2006).

## 2.1. Kuraklık

Genel anlamda kuraklık, normalden daha kurak geçen zaman diliminde suya bağlı problemlerin ortaya çıkması demektir. Birkaç hafta, ay veya yıl normalden az yağış alan bölgelerde; akarsu debileri azalır, göl ve barajlardaki su seviyesi düşer, su kuyularında suya erişim daha derinlerde gerçekleşir. Yağışsız hava sürer ve su temin problemleri oluşursa, kurak süreç kuraklığa dönüşmüş olur. Kuraklığın ilk kanıtı genellikle yağış verileri ile bulunur. Kısa süre içinde toprak nemi azalmaya başlar. Akarsu debilerindeki azalma genellikle bundan sonra gerçekleşir. Su kuyularındaki seviye düşmesi ise, kuraklık başladıktan bir yada birkaç sene sonra, yağışların azalmasının bir yansıması olarak ortaya çıkabilir (Nagarajan, 2009).

Dünyadaki en az yağış alan yerler, aynı zamanda düşen yağışın yıldan yıla en büyük farklılık gösterdiği yerlerdir. Bu da kuraklığın yaşanma ihtimalini artırır. Fakat daha az sıklıkta olsa ve etkileri bölgeden bölgeye farklılık gösterse bile her yer kuraklığa maruz kalabilir (Brown ve Lall, 2006). Kurak veya yarı kurak iklimlerde, var olan su kaynaklarının da yetersiz olmasından dolayı, bu bölgelerde yaşanan kuraklıklar çok daha yıkıcı ve ağır sonuçlara sebep olmaktadır. Örneğin, 2011 yılında Afrika Boynuzu denilen Afrika kıtasının doğusunda yaşanan ve son 60 yılın en şiddetlisi olarak tespit edilen kuraklık çok üzücü ve dikkat çekici sonuçlar doğurmuştur.

Kuraklık şiddeti farklı iklim koşullarında bölgeden bölgeye farklılıklar göstermektedir. Dolayısı ile dünyanın farklı kesimlerinde yapılacak çok sayıdaki kuraklık indeksi çalışmaları ve bunların karşılaştırmaları benzer iklim koşullarının görüldüğü diğer bölgelerde yaşanan kuraklıkların izlenmesinde ve anlaşılmasında kolaylaştırıcı olacaktır. Kurak ve yarı kurak alanlarda yaşanan kuraklıkların izlemesi güçtür, etkileri bölge için kritik önemdedir (Dogan ve ark., 2012).

Kıtlık (famine), doğal veya insan kaynaklı faktörlere (kuraklık, bereketsiz ürün, aşırı nüfus, yanlış politikalar) bağlı olarak gıda maddelerinin eksikliği ile yaygın bir şekilde hastalık ve ölüm oranlarının çok yükselmesine sebep olmaktadır. Gelişmiş ülkelerde yaşanan kuraklıklar, bilgiye kolay erişim ve dolayısı ile planlamanın iyi yapılabilmesinden dolayı göreceli olarak daha hafif atlatılabilmektedir. Ayrıca yeterli

kaynağın bulunması ve bunların iyi yönetilmesi ile zararlar genellikle maddi külfet ve çevresel etkiler anlamında olmaktadır. Oysa gelişmemiş bölgelerde uzun ve/veya şiddetli kuraklıklar beraberinde kıtlığı getirmektedir. Geçmiş yüzyıllarda hemen her kıtada kıtlık olayları görülmüştür. Bazı ülkeler hala kıtlıkla mücadele etmeye çalışmaktadır. Maalesef, dünyanın farklı bölgelerinde karşılaşılan kuraklık, kıtlık ve çölleşme riskleri mütemediyen bildirilmektedir. Ayrıca uzun süreli ve/veya birbiri ardına gelen kuraklıklar çölleşme (desertification) sürecini de güçlendirir.

Küresel ısınmaya bağlı olarak değişik iklim senaryolarına göre; kuraklıklarla, özellikle ülkemizin de içinde bulunduğu orta kuşaklarda daha sık karşılaşılabileceği tahmin edilmektedir. Bu senaryolar, başta tarımsal ve enerji üretimi olmak üzere pek çok alanda kuraklığın çok daha önemli bir sorun olacağını göstermektedir (Yeğnidemir, 2005; Vural, 2010). Kuraklığın öngörülebilmesi ve olumsuz etkilerinin azaltılması için kuraklık şiddetinin zamansal ve alansal olarak belirlenmesine ve yöredeki tarihi kuraklık olaylarının incelenerek kuraklık karakterinin ortaya konulmasına ihtiyaç vardır.

## **2.2. Kuraklığın Etkileri**

Kuraklık, şiddetine ve etkilediği alana bağlı olarak çevresel, ekonomik ve sosyal sonuçlar doğurur. Kuraklığın oluşumu ve etkileri diğer afetlere göre daha uzun sürer ve daha geniş alanları etkiler. Kuraklık; baraj, göl ve akarsu gibi yüzeysel sular ile yeraltı sularının azalmasına, mahsul ve yiyecek kıtlığına, yangın tehlikelerinin artmasına sebep olur.

Kuraklıktan ekonomik olarak ilk etkilenen genellikle tarım sektörüdür. Meyve, sebze ve hububat gibi tarımsal mahsul ile hayvan yeminin azalması, bunun yanında bereketsiz ürün ve besicilik sorunları tarımsal ürünlerle ilgili tüm sektörleri ilgilendirir. İstihdam edilen insanların geçimlerini ve yöredeki ekonomik dengeleri bozar. Gelir azalmasına, iflaslara, işsizliğe ve göçlere sebep olur. Kuraklığın en büyük etkisi yağmurla beslenen araziler ile küçük çiftçiler ve besicilere olur.

Kuraklık, hidroelektrik santrallerde üretilen enerjinin azalmasına neden olur. Azalan su miktarı ve kalitesi, salgın hastalıkları, su kıtlığını ve yiyecek sıkıntısını beraberinde getirir. Evsel ve endüstriyel amaçlı kullanılacak suyun temini hem güçleşir hem de maliyeti artar. Ayrıca sebep olacağı su kaynaklarının bilinçsiz ve plansız kullanımı, sürdürülebilir bir su yönetimini zorlaştırır. Çölleşme riskini arttırır. Kültür balıkçılığı sektörüne çok ciddi sorun oluşturur. Bölgede yaşayan insanların moralini

bozar, sosyal problemler ortaya çıkarır. Su, yiyecek, gelir ve arazi kavgaları baş gösterir. İç ve dış politik sorunlar oluşturur.

### 2.3. Kuraklık Sınıflandırmaları

Literatürde kuraklık sınıfları da tanımı gibi karmaşık bir şekilde ele alınmaktadır. Daha sistematik bir yaklaşım için bu bölümde kuraklık sınıflandırmaları; kuraklığın fiziksel etkilerine, süresine ve şiddetine göre gruplandırılmıştır. Etkisine göre sınıflandırılmış kuraklıkların “kuraklık türleri veya fiziksel kuraklık çeşitleri”, süresine göre sınıflandırılmış kuraklıkların “kısa süreli veya uzun süreli kuraklık”, şiddetine göre sınıflandırılmış kuraklıkların da “kuraklık sınıfları” olarak anılması ifade birliğinin sağlanması bakımından faydalı olacağı düşünülmektedir.

#### 2.3.1. Kuraklık türleri

Birçok kaynakta (American Meteorological Society, 1997; Palmer, 1965; Sırdaş, 2002; Nagarajan, 2009; White and Walcott, 2009; Anisfeld, 2010) 4 tür kuraklıktan bahsedilmektedir. Bunlar; meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik kuraklıktır. Ancak sosyo-ekonomik kuraklığın ayrı bir kuraklık türü olmasından çok meydana gelen meteorolojik, tarımsal veya hidrolojik kuraklık olayının toplumsal ve ekonomik yansımaları anlamında ele alınması gerektiği düşünülmektedir. Bu yaklaşım tarzı ile kuraklığın doğrudan (direkt) ve dolaylı (endirekt) etkilerinden bahsedilebilir.

Meteorolojik kuraklık, bölgenin normal durumuna kıyasla daha az yağış alması durumuna ve kurak evrenin süresine bağlı olarak gerçekleşir ve ilk görülen kuraklık türüdür (Anisfeld, 2010). Bölgenin içinde dahi önemli farklılıklar görülebilir (Nagarajan, 2009). Öncelikle tarımsal kuraklığı daha sonra da hidrolojik kuraklığı tetikler.

Tarımsal kuraklık, belirli bir zamanda belirli bir bitkinin ihtiyacı olan toprak neminin yetersiz kalmasıdır. Kuraklığın saptanmasında yalnızca normalin altındaki yağışlardan yararlanılması tarımsal amaçlar için belirleyici olmayabilir. Yağışların azalmasına da bağlı olarak, gerçek ve potansiyel evapotranspirasyon arasındaki fark, toprak neminin durumu ve su tablasının seviyesi önemlidir. Kuraklığın şiddeti, süresi ve zamanlaması yanında, bölgedeki toprak yapısının, bitki türünün ve hayvan ırkının kuraklığa karşı direnci de çok önemlidir. Örneğin kumlu bir toprakta yetişen kısa köklü bitkiler için çok etkileyici olan kısa süreli kurak bir periyot, killi toprakta yetişen benzer bitki için veya yine kumlu toprakta yetişen ancak uzun köklü bir bitki için aynı etkiyi

göstermeyebilir. Benzer şekilde; ekim, çimlenme aşamasında yaşanacak kısa süreli bir kuraklık arazideki bitki popülasyonunu ve verimi azaltır. Aynı kuraklık büyüme aşamasında göreceli olarak daha az etkiler doğurabilir. Sulamalı veya yağmurla beslenen tarım tipine göre de farklı etkiler görülebilmektedir. Sulamalı tarımın yapılacağı yerlerde sulama yönetimi dizaynında, bölgenin kuraklık geçmişi ve hassasiyeti göz önünde bulundurularak olası zararlar minimuma indirilebilir.

Hidrolojik kuraklık, meteorolojik kuraklığın kümülatif etkisi ile hem yüzeysel hem de yeraltı sularındaki olumsuz değişimi ifade eder. Genellikle havza bazında incelenir. Temelde iklimle ve yağışlarla bağlantılı olsa da; arazi kullanım değişikliği, ağaç kesimi, arazi kaybı veya verimsizleşmesi ve baraj inşası gibi havzanın hidrolojik karakterini değiştirecek faktörlere de bağlıdır. Hidrolojik kuraklık olduğunda; kanal, akarsu ve derelerin debileri azalır. Göl, gölet ve barajlardaki sular çekilerek, yeraltı sularında olduğu gibi su seviyeleri düşer. Meydana gelen bir meteorolojik kuraklıkla yani yağış miktarının azalması ile hidrolojik kuraklık arasında gecikme vardır. Çünkü yağıştaki azalmanın hidrolojik sistemdeki bileşenlere etkisi daha uzun bir zaman alır. Hidrolojik kuraklığın etkilerini belirleyebilmek ve izleyebilmek için akarsu debilerinin, göller ve barajlar gibi su rezervuarları ile akiferlerdeki yeraltı suyu seviyelerinin ölçülmesi gereklidir. Yine de hidrolojik ölçümler, kuraklığın erken tespitinde belirleyici olmamaktadır (Sırdaş, 2002; Nagarajan, 2009; PDC, 2012).

Şimdiye kadar literatürde karşılaşılan tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik gibi kuraklık türleri genellikle meydana gelen meteorolojik kuraklık olayının sonucunda ortaya çıkar. Meteorolojik kuraklık yağış ile ilgilidir. Tarımsal kuraklık ve hidrolojik kuraklık, meteorolojik kuraklığın tetiklemesiyle ortaya çıkan doğal sonuçlardır. Dolayısı ile meteorolojik kuraklığın sonucu olarak ortaya çıkan tarımsal ve hidrolojik kuraklık türlerinin üzerinde durmak yerine meteorolojik kuraklığın, –genel manada “kuraklığın”– tarımsal ve hidrolojik boyutlarını ortaya koymak daha önemlidir.

### **2.3.2. Kısa süreli ve uzun süreli kuraklık**

Süresine göre kuraklık çeşitleri kısa süreli ve uzun süreli olmak üzere 2 grupta incelenir. Genellikle 6 aydan daha kısa sürede etkili olan kuraklıklara kısa süreli, 6 aydan daha uzun sürenlere ise uzun süreli kuraklık denilmektedir.

Kısa süreli kuraklıkların etkileri tarımda ve yerel su kullanımında hemen hissedilebilir. Mevsime bağlı olarak yangın riskini önemli ölçüde artırır. Kuraklık yönetimi ile ilgilenen kişilerin en büyük endişesi; yaşanan bu kısa süreli kuraklığın



uzun süreli bir kuraklığa dönüşme riski ve şiddetlenip şiddetlenmeyeceğidir. Kısa süreli kuraklık suya olan talebi artırır, yerel yönetimlerin işlerini güçleştirir. Park, bahçe sulamaları, rekreasyon amaçlı su kullanımı ile yıkama ve bakım sektörü öncelikle etkilenir.

Uzun süreli kuraklık, normalin altında düşen yağışın aylar ve hatta yıllar boyunca sürmesiyle oluşur. Uzun süreli kurak periyotlar bölgedeki su kaynaklarına olumsuz etki ettiğinden hemen akla hidrolojik kuraklık gelir. İmalat sektörünü ve enerji üretimini, ayrıca bölgesel su teminini güçleştirir. Uzun ve şiddetli kuraklık genellikle olağandışı olarak görülür ancak her zaman ihtimal dahilindedir. Dolayısı ile daha önce bölgede yaşanmış kuraklıkların olma sıklıkları ve süreleri çok önemlidir. Bu bilgilerin tablo ve cetveller halinde hazırlanarak kuraklığın geri dönüş periyodunun bilinmesi gerekir. Dönüş periyodu veya frekans analizi, tarihte yaşanan yağış azalmasına benzer bir azalmanın hangi sıklıkla olabileceğini ortaya koyar . 30 yıllık bir geri dönüş değeri, benzer bir olayın ortalama olarak 30 yılda bir karşılaşılabileceği anlamına gelir. Ancak bu bir ihtimal hesabı olduğu için yaşanan bir olaydan hemen sonraki yılda bile benzer olayın yaşanma şansı vardır. Ayrıca günümüzde yaşanan küresel ısınma ve iklim değişikliği olguları geleneksel geri dönüş ve frekans analizi yöntemlerinin tartışılır hale gelmesine sebep olmuştur.

### **2.3.3. Kuraklık sınıfları**

Şiddet durumuna göre kuraklık çeşitlerinin belirlenebilmesi, kuraklık durumunun izlenmesi ve sayısal analizinin yapılabilmesi için kuraklık indeksleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan indekslerle ilgili detaylı bilgi tezin 2.4 ve 3.2.2 başlığı altında verilmiştir. Bu indeksler, içinde bulunulan durumun tarihi verilere dayalı analizini yaparak o an için durumun ne kadar nemli veya kurak olduğunu göstermeye yarar. Bu bağlamda en nemliden en kurağa kadar olan bir skalada analiz edilen zamana ait durum tespiti yapılır. Örneğin; Meteoroloji Genel Müdürlüğü bu skalayı 11'e bölerek (olağanüstü nemli, aşırı nemli, çok nemli, orta nemli, hafif nemli, normal civarı, hafif kurak, orta kurak, şiddetli kurak, çok şiddetli kurak ve olağanüstü kurak) yaptığı kuraklık analizlerini internet sitesinden kamuoyuna duyurmaktadır (MGM, 2012). Amerikan kuraklık izleme merkezi (National Drought Mitigation Center-NMDC) ise oluşturduğu internet sitesinde bu skalanın sadece kuraklıkla ilgili olan kısmını alarak (normal, anormal kuru, orta şiddetli kuraklık, şiddetli kuraklık, çok

şiddetli kuraklık ve olağanüstü kuraklık) analiz sonuçlarını duyurmaktadır (USDM, 2012).

#### **2.4. Kuraklık İndeksleri**

Kuraklığa hazırlıklı olabilmek ve uygun planlama yapabilmek kuraklıkların etkilediği alana, şiddetine ve süresine bağlıdır (Mishra and Singh, 2011). Maalesef çoğu bölgede, uygun yağış ve akış kayıtlarına ulaşılamamaktadır. Ulaşıldığında da sıklıkla olağandışı olayların frekansını anlayacak kadar uzun süreli kayıtlar bulunmamaktadır (Anisfeld, 2010). Kuraklığın etki alanı, şiddeti, süresi ve frekansı gibi bilgiler, kuraklık izleme aracı olarak kullanılan kuraklık indeksleri yardımıyla edinilebilir. Bu bilgiler analistlere ve karar mercilerine kuraklığın karakteri hakkında fikir vererek kuraklık eylem planının başlatılmasını sağlar. Kuraklıkların tahmin edilmesi erken uyarı sistemleri için yararlı olup, kuraklığa karşı alınacak önlemler için zaman kazandırır, ayrıca kuraklığın olumsuz etkilerini de azaltır.

Günümüze kadar birçok kuraklık indeksi geliştirilmiştir. Tarihte ilk geliştirilen kuraklık indeksleri tanım bazlı veya belirli bir yağış değerini eşik kabul eden indekslerdir. Dolayısı ile bu indekslerin çoğunun geçerliliği sadece spesifik bir uygulama veya bir bölge için sınırlıdır. Bir bölge için geliştirilen indeks başka bölgeye uygulanamaz veya yapılan çalışmalar birbirleri ile karşılaştırılmaz durumdadır. Bundan dolayı bu tip indekslerle zamansal ve konumsal analizler yapmak mümkün değildir. Bu kapsamda, W. C. Palmer'in yirminci yüzyıl ortalarında geliştirmiş olduğu Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi-PKŞİ (Palmer, 1965) ortaya belirgin kuraklık indeksi sistematiği koyması ve boyutsuz bir indeks ile zamansal ve konumsal analize imkan sağlaması bakımından bir dönüm noktasıdır.

Daha sonra meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklıkları daha iyi izleyebilmek için bu kuraklık türleri ile ilgili parametreleri göz önüne alan indeksler geliştirilmiştir. Ayrıca uzaktan algılama tekniklerinin son yıllarda hızlı gelişmesi ile her geçen yıl yeni birçok uzaktan algılama tabanlı kuraklık indeksi geliştirilmektedir. Ancak bu tip verilerin çok yaygın olmamasından dolayı yapılan çalışmalarda genellikle kuraklık indeksinin güvenilirliği ve doğruluğu ile bu indekslerin hesaplanması için gerekli olan verinin bulunabilirliği ön plana çıkmaktadır. Dolayısı ile bilimsel arenada yeni indeks geliştirme çabaları hızla devam ederken, kuraklık izleme sistemleri gibi pratik uygulama alanlarında yeni keşfedilen indekslerin yerine hala geleneksel kuraklık indekslerinin kullanımı devam etmektedir. Bu yönüyle az veri gereksinimi olan,

doğruluğu ve güvenilirliği kanıtlanmış yöntemlere olan ilgi de gündemdeki yerini korumaktadır.

Günümüze kadar 100'ün üzerinde kuraklık indeksinin geliştirildiği düşünülmektedir. Bunlarla ilgili birçok inceleme yazısı ve sınıflandırma çalışmaları (Guttman, 1998; Hayes, 2000; Heim, 2002; Keyantash ve Dracup, 2002; Ntale ve Gan, 2003; Morid ve ark., 2006; Hayes ve ark., 2007; White ve Walcott, 2009; Barua ve ark., 2011; Mishra ve Singh, 2011) yapılmış, bu çalışmalarda indekslerin birbirine olan üstün ve zayıf yönleri belirtilse de tüm amaçlara yönelik kabul gören ne bir kuraklık tanımı ne de bir kuraklık indeksi geliştirilememiştir. Örneğin, PKŞİ üniform topografyaya sahip geniş arazilerde çok yararlı bulunarak Amerika Ziraat Bakanlığı tarafından kuraklık yardımlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Diğer taraftan, Amerika'nın batı eyaletlerindeki karar mercileri PKŞİ yanında SWSI (Surface Water Supply Index) ve kuraklık başlangıcını PKŞİ'den daha önce tespit edebilen ve farklı zaman adımları için hesap edilebilen SYİ'yi de kullanmaktadırlar. Güney Kore Cumhuriyeti Meteoroloji Genel Müdürlüğü kuraklıkla ilgili çalışmalarını EKİ ve AWRI indeksleri ile yürütmektedir (MDR, 2012). Amerika kuraklık izleme merkezi (NMDC) kuraklık izleme faaliyetini birincil olarak SYİ'yi kullanarak yapmaktadır. Avrupa Birliği de kuraklık izlemesini SYİ tabanlı kombine kuraklık indikatörü ile yürütmektedir (EDO, 2012).

Kuraklık indeksi geliştirme işi, bilimsel bakış açısı yanında kullanılacak uygun verinin bulunurluğu ile de ilişkilidir. Bundan dolayı meteoroloji gözlem istasyonlarında elde edilen veriler ile meteorolojik kuraklık indeksleri geliştirilmiştir. Bunların en bilinenleri BMDI (Bhalme-Mooley Drought Index), CPA (Cumulative Precipitation Anomaly), ÇZİ, genellikle İngiltere'de kullanılan DSI (Drought Severity Index), EKİ, NYY, Macaristan'da geliştirilen ve genelde o bölgede kullanılan PAI (Palfai Aridity Index), PKŞİ, RAI (Rainfall Anomaly Index), SAI (Standardized Anomaly Index), YK, Z-Skoru, SYİ ve SYİ'ye evapotranspirasyon özelliği katılması ile geliştirilen RDI (Reconnaissance Drought Index)'dir.

Meteorolojik parametrelerle elde edilen kuraklık indeksleri genel manada kuraklıkla ilgili bilgi vermesi açısından önemlidir. Bu indeksler tarımsal ve hidrolojik kuraklıkların izlenmesinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak özellikle tarımsal kuraklıkla ilgili olarak geliştirilen kuraklık indekslerinden başlıcaları; CSM (Computed Soil Moisture), SMAI (Soil Moisture Anomaly Index), Palmer tarafından PKŞİ'nin

geliştirilmesi ile bulunan Z Index, CMI (Crop Moisture Index), SMDI (Soil Moisture Deficit Index) ve ETDI (Evapotranspiration Deficit Index) olarak sayılabilir.

Hidrolojik kuraklık indeksleri genel olarak akarsu akım verilerini kullanarak hidrolojik kuraklığın karakteri ile ilgili bilgi verirler. PHDI (Palmer Hydrological Drought Index) kar eriyik sularını hesaba katmadığından RecDI (Reclamation Drought Index) ve SWSI geliştirilmiştir. SWSI en yaygın kullanılan hidrolojik kuraklık indeksidir. Bunlardan başka AWRI, TWD (Total Water Deficit), CSA (Cumulative Streamflow Anomaly) ve RSDI (Regional Streamflow Deficiency Index) sayılabilir.

Bu çalışmada kullanılan kuraklık indeksleri girdi olarak sadece yağış verisine ihtiyaç duyan meteorolojik kuraklık indeksleridir. Daha önceki çalışmalar ile güvenilirliği denenmiş bu kuraklık indeksleri ile ilgili detaylı bilgi bu bölümde verilecektir.

#### **2.4.1. Normal yağış yüzdesi (NYY)**

Normal yağış yüzdesi (NYY) kuraklığın belirlenmesi için kullanılan basit bir indekstir. Tek bir bölge veya mevsim için kullanıldığında etkili sonuçlar verir (Hayes, 2000; Sırdaş, 2002; Morid ve ark., 2006; Smakhtin ve Hughes, 2007; Barua ve ark., 2011). NYY genellikle zaman serisinin ortalamasına, bazen de medyanına göre hesap edilir. NYY, normalden uzaklaşan verinin frekansını hesaplayamaz ancak kolay hesap edilebilmesinden dolayı hava durumu yayınlarında ve kamuoyuna kuraklıkla ilgili bilgi verme amacıyla sıklıkla kullanılır. Belirli bir istasyona veya mevsime ait şartları belirtmek için kullanılabilir ancak farklı kullanımlarda yanlış anlaşılabilir.

#### **2.4.2. Yağış kuyrukları (YK)**

İstatistikteki kuyruk (deciles) veya ondabirlik diye adlandırılan ve sıralanmış veri setinin 10 eşit parçaya bölünmesi ile oluşan ölçüdür. Yağış verisinin %10'luk kuyruklara ayrılarak kuraklığın değerlendirildiği bir kuraklık indeksidir. Yağış kuyrukları (YK) kuraklık indeksi, kuraklıkları izlemek için geliştirilmiş olup kuraklık çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Lana and Burgueno, 2000; Simmonds ve Hope, 2000; Keyantash and Dracup, 2002; Morid ve ark., 2006; Smakhtin and Hughes, 2007; Pandey ve ark., 2008; Barua ve ark., 2011). YK'nın doğru hesaplanabilmesi için uzun yıllara ait yağış verisine ihtiyaç vardır. Uzun süreli yağış verisinin sıralanmasıyla oluşan dağılım %10'luk bölümlere ayrılarak her bir kategori kuyruk olarak adlandırılır. Birinci kuyruk, gerçekleşen yağışın en düşük %10'u

tarafından aşılamayan yağış miktarıdır. Beşinci kuyruk medyan anlamına gelir ve sıralanmış veriyi tam ortadan ikiye böler. NYM metodunun eksiklerini kapatmak üzere 1967 yılında Avustralya’da geliştirilen (Gibbs ve Maher, 1967) ve Avustralya kuraklık gözlem sisteminde kuraklığın meteorolojik ölçüsü olarak kullanıldığından Avustralya’da daha yaygın kullanılmaktadır.

#### **2.4.3. Standart skor veya Z skoru (Z-Skoru)**

Z Skoru indeksi (Z-Skoru), istatistikte standart skor veya z skoru diye tanımlanan boyutsuz bir ölçüdür. Örneğin 1980 yılına ait Ocak ayı Z-Skoru, bu aya ait toplam yağış miktarının, veri setindeki tüm yıllara ait Ocak ayı ortalamasından çıkarılarak, farkın bu veri setindeki Ocak ayı standart sapmasına bölümü ile elde edilir. Bu işlem genellikle standartlaştırma veya normalleştirme diye adlandırılır. Bundan dolayıdır ki, dünyada ve Türkiye’de sıklıkla Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) olarak adlandırılan yöntem için aslında Z-Skoru hesaplanmaktadır. Z-Skoru normal dağılımı temsil etmektedir. Oysa SYİ’nin orijinali gamma dağılımına göre geliştirilmiştir (McKee ve ark., 1993). Dolayısı ile bundan sonra yapılacak çalışmalarda literatürde karışıklığa yol açmamak için normal dağılımın benimsendiği ve Z-Skoru yöntemi ile standartlaştırılan veriler için SYİ adı kullanılmaması önerilmektedir. Yağış verisi genellikle çarpık olduğu ve normal dağılıma uymadığından, Z-Skoru özellikle kısa kurak süreçlerde SYİ’ye göre daha başarısızdır. Kolay hesap edilebildiğinden dolayı kuraklık çalışmalarında (Komuscu, 1999; Wu ve ark., 2001; Tsakiris ve Vangelis, 2004; Morid ve ark., 2006; Patel ve ark., 2007; Yürekli ve Anlı, 2008; Akhtari ve ark., 2009) sıklıkla kullanılmaktadır.

#### **2.4.4. Çin Z indeksi (ÇZİ)**

Çin Z-İndeksi (ÇZİ), yağış verilerinin 3.tip Pearson dağılımına uyduğunu varsayan bir kuraklık indeksidir. ÇZİ, ki-kare değişkeninin Wilson-Hilferty küp-kök dönüşümü ile Z-Skoruna dönüştürülmesi esasına bağlıdır. 1995 yılından bu yana Çin Milli İklim Merkezi tarafından ülke genelindeki kurak ve nemli durumun izlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Wu ve ark. (2001) ÇZİ hesaplamasında ortalama yerine medyan değerini kullanarak ÇZİ’yi modifiye (MÇZİ) etmişlerdir. Bu çalışmada Çin’deki 4 istasyon için 1951-1998 yılları arasındaki aylık yağış verisi kullanılarak ÇZİ, MÇZİ, SYİ ve Z-Skoru kuraklık indeksleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Morid ve ark. (2006) ÇZİ, MÇZİ ve diğer indeksleri kullanarak karşılaştırmalı bir çalışma

yapmışlardır. Bu iki çalışmada da SYİ, ÇZİ ve Z-Skoru ile benzer sonuçların alındığı bildirilmiştir. Wu ve ark. (2001) yaptığı çalışmada; ÇZİ ve Z-Skoru'nun SYİ'ye olan üstünlüğünü, (1) daha kolay hesaplanması ve (2) zaman serilerindeki veri eksikliğine izin vermesi olarak belirtmişlerdir.

#### **2.4.5. Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ)**

McKee ve ark. (1993) yerel kuraklıkları tanımlamak ve izlemek amacıyla standartlaştırılmış yağış indeksini (SYİ) geliştirmişlerdir. Aslında SYİ, gözlenen yağış olasılığının standartlaştırılmış dönüşümünü sağlamaktadır ve 1, 3, 6, 12, 24, 48 ay gibi istenilen zaman adımı için hesaplanabilir. Buradaki birkaç aylık kısa süreli adımlar tarımsal açıdan önemli iken, mevsimler veya yıllar gibi uzun zaman adımları da su temini, su kaynakları yönetimi ve hidrolojik çalışmalar açısından önemlidir. Ortaya çıkan yağış eksikliğine karşı, SYİ'nin tepkisinin ve duyarlılığının kısa süreli zaman adımları için daha güvenilir olduğu ortaya konulmuştur (Edwards ve McKee, 1997; Guttman, 1998; Hayes ve ark., 1999; Wu ve ark., 2001). SYİ, meteorolojik ve hidrolojik kuraklıkları izlemeye daha uygun olmasının yanında bitkilerin büyüme ve hasat süreleri ile bağlantılı olarak farklı zaman adımlarının seçilebilme esnekliği, tarımsal kuraklık durumuyla ilgili de yararlı bilgiler vermektedir (White ve Walcott, 2009).

SYİ, sadece yağış verisine ihtiyaç duyduğu, hesaplamalarının çok zor olmadığı, gayet güvenilir olduğu ve kuraklıkla ilgili birçok meseleyi ele aldığı için; Türkiye'de (Sonmez ve ark., 2005; Touchan ve ark., 2005; Keskin ve ark., 2009; Turkes ve Tatli, 2009; Durdu, 2010), Akdeniz Ülkelerinde (Lana ve Burgueno, 2000; Lana ve ark., 2001; Vicente-Serrano ve ark., 2004; Paulo ve Pereira, 2006; Salvati ve ark., 2009), ABD'de (Guttman, 1999; Hayes ve ark., 1999; Hayes, 2000; Heim, 2002; Keyantash ve Dracup, 2002; Budikova, 2008) ve dünyanın diğer birçok yerinde (Ntale ve Gan, 2003; Patel ve ark., 2007; Pandey ve ark., 2008; Mishra ve Singh, 2009; Edossa ve ark., 2010; Roudier ve Mahe, 2010; Zhai ve ark., 2010; Stricevic ve ark., 2011; Zin ve ark., 2013) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Günümüzdeki en yaygın kullanılan kuraklık indeksi SYİ'dir.

#### **2.4.6. Efektif kuraklık indeksi (EKİ)**

Byun ve Wilhite (1999) oluşan bir kuraklığın başlangıcını, sonunu ve gelişimini belirlemek amacıyla Efektif Kuraklık İndeksi'ni (EKİ) geliştirmişlerdir. EKİ ile birlikte Efektif Yağış (EY) kavramı da tanıtılmıştır. EY, zamana bağlı hareketli bir fonksiyonla

birikimli toplam yağış serisini ifade eder. Diğer bir kavram da “Normale Dönme için gerekli Yağış miktarı” kısaca Normale Dönüş Yağışı (NDY), genel anlamda normal şartlardaki yağışla olan farkı tarif etmektedir. EKİ ilk geliştirildiği şekliyle, diğer birçok kuraklık indeksinden farklı olarak günlük zaman adımı ile hesap yapar (Morid ve ark., 2006; Akhtari ve ark., 2009; Kim ve ark., 2009; Kim ve Byun, 2009; Kalamaras ve ark., 2010; Roudier ve Mahe, 2010). Dolayısı ile bu durumda günlük yağış verisine ihtiyaç vardır. Ancak ortaya koyduğu prensip, aylık yağış verisini kullanacak şekilde düzenlenebilir (Morid ve ark., 2007; Pandey ve ark., 2008). Smakhtin ve Hughes (2007), geliştirdikleri yazılımda aylık algoritma kullanmışlardır. Akhtari ve ark. (2009) ile Roudier ve Mahe (2010) yaptıkları çalışmalarda EKİ'nin hesaplanmasının zor olduğundan bahsetmişlerdir.

EKİ ile ortaya konulan yaklaşımın çok mantıklı ve anlamlı olduğu düşünülmektedir. Ancak bu indeks, araştırmacıların dikkatini henüz çok çekememiştir. Gelecekte daha yaygın kullanılacağı tahmin edilmektedir.

## 2.5. Dünyada Yapılan Çalışmalar

Palmer (1965) tarafından geliştirilen Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PKŞİ) ilk kapsamlı kuraklık indeksidir. Daha önceki kuraklık indeksleri genellikle kuraklığı tanımsal olarak ortaya koymakta iken PKŞİ; yağış, sıcaklık ve toprak nemi parametrelerini içeren su dengesi modeli kurmuştur. PKŞİ, 1960-1990 yılları arasında yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Daha sonra birçok kuraklık indeksi geliştirilmiştir.

Wilhite (1996) herhangi bir ülke, bölge veya şehirde uygulanmak üzere 10 adımdan oluşan kuraklığa hazırlanma eylem planı metodolojisi geliştirmiştir. Bölgenin ihtiyaçlarına göre bu 10 adımın düzenlenebileceği veya ekleme, çıkarmaların yapılabileceği belirtilmiştir. Bu çalışma ile ulusal veya bölgesel bir kuraklığa hazırlık eylem planı oluşturulmak istendiğinde adım adım nelerin yapılabileceği sıralanmıştır.

Heim (2002) PKŞİ dahil olmak üzere geçtiğimiz yüzyılda ABD’de yaygın olarak kullanılan birçok kuraklık indeksini inceleyerek bunların ABD genelinde kullanılacak ulusal bir kuraklık indeksi olup olamayacağını değerlendirmiştir. Farklı kuraklık indekslerinin avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymuştur.

Keyantash ve Dracup (2002), meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık çalışmalarında kullanılan 14 iyi bilinen kuraklık indeksini incelemiştir. Kuraklık indekslerinin değerlendirilmesi amacıyla doğruluk, izlenebilirlik, şeffaflık, sofistikellik ve gelişmişlik, çok yönlü uygulanabilirlik ve boyutluluk kriterlerinden oluşan bir

ağırlıklı kriter sistemi kurmuştur. Barua ve ark. (2011) bu değerlendirme kriter sistemini boyutluluk parametresini kullanmadan Avustralya’da kuraklıktan muzdarip bir havzaya uygulayarak, 4 farklı kuraklık indeksinin geçmişteki kuraklıkları ne ölçüde modelleyebildiğini araştırmıştır.

Ntale ve Gan (2003) benzer bir çalışmada, 8 değerlendirme kriteri tanımlamıştır. Bunlar, (1) kuraklık indeksinin istatistiki özellikleri ve değişkenliği, (2) geçmişteki büyük bir kuraklığı detaylı analiz edebilmesi, (3) sınırsız indeks değerlerinin olması, (4) kuraklık indeksinin yerel iklime adaptasyonu, (5) konumsal olarak değişmezliği, (6) esnek zaman adımlarının olması, (7) veri gereksiniminin az olması ve bulunabilirliği, son olarak (8) yorumlanabilirliği olarak sıralanabilir. Görüldüğü gibi bu kriterler Keyantash ve Dracup (2002) kriterlerine bazı benzerlikler göstermektedir. Bu değerlendirme kriterlerine göre, kuraklıkları belirlemede SYİ en iyi indeks olarak bulunmuştur. Özellikle SYİ’nin, az veriye olan ihtiyacı, birçok zaman adımı için hesap yapabilme kabiliyeti ve yorumlanabilir olması özellikleri öne çıkmıştır. Benzer şekilde Keyantash ve Dracup (2002) da SYİ’yi kuraklık şiddetini belirlemede çok değerli bir tahmin aracı olarak bulmuşlardır. Bu bağlamda iyi bir kuraklık indeksi (Keyantash ve Dracup, 2002; Ntale ve Gan, 2003; Barua ve ark., 2011) doğru (duyarlı ve stabil), izlenebilir (daha az hesaplama ve veriye ihtiyaç duyan), şeffaf (profesyonellerce olduğu kadar genel hedef kitle tarafından da anlaşılabilir), sofistike ve gelişmiş (kavramsal açıdan kapsamlı bir yaklaşıma sahip), çok yönlü (ileri aşama çalışma veya senaryolara uygulanabilir) olmalıdır.

Ntale ve Gan (2003) Doğu Afrika’daki kuraklıkların şiddetini, başlangıcını, zamanla evrimini ve bitişini belirleyecek en uygun kuraklık indeksini bulmak için PKŞİ, SYİ ve BMDI (Bhalme-Mooley Drought Index)’in özelliklerini modifiye etmiştir. Modifiye edilen SYİ’nin normal SYİ’den daha doğru sonuçlar verdiği belirtilerek Doğu Afrika’daki kuraklıkların izlenmesinde SYİ’nin kullanılmasının daha uygun olduğu bildirilmiştir.

Paulo ve Pereira (2006) kuraklığın tehlikesini ve afet boyutunu anlamaya yönelik bir çerçeve oluşturarak, kuraklık olgusunu diğer su kıtlığı anlamına gelecek kavramsal durumlardan ayırt etmiştir. Kuraklığı karakterize etmek için gidiş analizi, SYİ ve PKŞİ yöntemlerini Portekiz’in Alentejo bölgesindeki yerel ve bölgesel kuraklıklara uygulamış ve kuraklık indekslerini karşılaştırmışlardır.

Morid ve ark., (2006) İran’ın Tahran ilinde kuraklığı izlemek için 7 farklı kuraklık indeksini karşılaştırmışlardır. Bu indeksler şunlardır; NYY, YK, Z-Skoru, SYİ,



ÇZİ, Modifiye Çin Z İndeksi (MÇZİ) ve EKİ. Bunların hepsi yağış esaslı hesaplamalar yapan, kurak ve nemli döngüleri niceliksel olarak ölçebilen indekslerdir. Yapılan çalışmada 6 istasyondan alınan 32 yıllık veri kullanılmıştır. EKİ hariç diğer kuraklık indeksleri için 1 aylık zaman adımı kullanılmıştır. Karşılaştırmalı bu çalışma sonucunda, kuraklığın başlangıcının belirlenmesinde SYİ ve EKİ diğer kuraklık indekslerine göre daha başarılı bulunmuştur. EKİ'nin kuraklık başlangıcına daha duyarlı tepki verdiği belirtilmesiyle birlikte bu iki indeksin de Tahran kuraklık izleme sisteminde kullanılması tavsiye edilmiştir.

Aylık yağış verilerini kullanarak meteorolojik kuraklık indekslerini otomatik olarak hesaplayan, görsel olarak sunan ve analiz eden SPATSIM adında bir paket program geliştirilmiştir (Smakhtin ve Hughes, 2007). Bu program yağışın uzun yıllar ortalamasından ve medyanından sapma ile YK, EKİ, SYİ gibi 5 farklı kuraklık indeksini hesaplayarak meteorolojik kuraklığın niceliksel değerlendirmesini yapmaktadır. Pandey ve ark., (2008) bu programı kullanarak Hindistan'ın Orissa bölgesindeki tarihi kuraklıkların şiddetlerini incelemişler ve EKİ'nin diğer indekslerden daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir.

Patel ve ark., (2007) SYİ'nin 3-aylık zaman adımını kullanarak Hindistan'ın kurak ve yarı kurak Gujarat bölgesindeki 160 istasyondan elde edilen 23 yıllık aylık yağış verisi ile kuraklığın tahıl üretimi üzerine etkisini incelemiştir. Konumsal ve zamansal meteorolojik kuraklık riskini belirlemek üzere kuraklık indeksinin yararlılığı değerlendirilmiştir.

Mpelasoka ve ark. (2008) su kaynakları yönetimi ile ilgili yapılan çalışmada, biri yağış kuyukları tabanlı diğeri toprak nemi kuyukları tabanlı iki kuraklık indeksini kullanmışlardır. İklim değişikliği senaryoları altında 2030 ve 2070 yıllarına kadar Avustralya'da oluşabilecek kuraklıklar analiz edilmiştir. Her iki indeks de Avustralya'nın batısı hariç, küresel ısınma ile bağlantılı olarak yaşanacak kuraklıkların frekansında artış tespit etmiştir. Dubrovsky ve ark. (2009) referans bir veri seti ile kalibre ettikleri ve sonrasında yaptıkları uygulama ile rölatif SYİ ve PKŞİ'yi tanıtmışlardır. Referans kabul edilen veri seti; başka bir istasyona ait olup istasyonlar arası karşılaştırma yapmak üzere veya farklı zaman periyodundan olup iklim değişikliğinin etkilerini değerlendirmek üzere iki şekilde temin edilebilir. Çalışmanın ilk bölümünde SYİ ve PKŞİ'nin orijinal versiyonu ile rölatif versiyonu arasındaki ilişki aranmış; ikinci bölümünde ise rölatif kuraklık indeksleri ile Çek Cumhuriyetindeki 45 istasyonun hali hazırdaki (1961-2000) durumu ile geleceğe (2060-2099) ait kuraklık

durumları değerlendirilmiştir. İklim değişikliği etkilerinin incelenmesi için geleceğe dair veri seti Küresel İklim Modelleri (GCM) içerisindeki 5 ayrı senaryoya göre oluşturulmuştur. Bu çalışma, iklim değişikliği ile gelecekte oluşacak kuraklıkların potansiyel etkilerini belirlemede PKŞİ'nin daha uygun olacağını belirtmektedir.

İklim değişikliği senaryoları ile yapılan başka bir çalışmada (Kim ve Byun, 2009) Asya kıtası için daha farklı sonuçlar ortaya konulmuştur. Bu çalışmada SRES A1B senaryosu için günlük yağış verileri kullanılarak 15 eşleştirilmiş iklim modeli ile EKİ hesap edilmiştir. Model sonuçlarına göre 21.yüzyıl sonuna kadar neredeyse tüm Asya kıtasında yağış ortalama ve standart sapmalarının artacağı öngörülmektedir. Özellikle yüksek enlemlerde artışın daha da fazla olacağı tahmin edilmektedir. Böylelikle gelecekte Asya'da daha az sıklıkta, daha zayıf ve daha kısa süreli kuraklıkların olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada bu sonuçlardan farklı durumda olan iki özel bölge tespit edilmiştir. Bunlardan birincisi Asya Muson Bölgesi (Güney Asya ve Doğu Asya), ikincisi Batı Asya'nın kuzey tarafı yani Suriye dolayları olarak bildirilmiştir. Yapılan bu kapsamlı çalışmanın bizi yakından ilgilendiren kısmı ülkemizin büyük bir bölümünün yer aldığı Suriye ve dolayları olarak tarif edilen bölgede, Asya kıtasının diğer büyük kısmının tersine kuraklık sürelerinin ve şiddetlerinin artacağı, bununla birlikte özellikle yaz aylarında çok şiddetli kuraklık olaylarındaki trendin de artacağı bildirilmiştir.

1807-2006 yılları arası 200 yıllık veriler kullanılarak Seul için yapılan kapsamlı çalışmada (Kim ve ark., 2009) dikkat çekici sonuçlar elde edilmiştir. Hesap edilen EKİ ile SYİ'nin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 ay gibi farklı zaman adımlarının karşılaştırma sonuçları verilerek, hem kısa hem de uzun süreli kuraklıkların değerlendirilmesinde EKİ'nin SYİ'den daha verimli olduğu belirtilmiştir.

Kuraklık tahmini yapmak için Fathabadi ve ark. (2009) İran'ın kuzeybatısındaki 5 istasyona ait 1965-2003 yılları arası yağış verilerini kullanarak SYİ'nin 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman adımlarını hesap etmişlerdir. Zaman serileri modeli, yapay sinir ağları (YSA) ve K-En yakın komşu (K-Nearest Neighbor, KNN) yöntemi ile de sentetik SYİ zaman serileri türetmişlerdir. Zaman serileri yöntemi ile elde edilen SYİ modelleme ve tahmin sonuçlarının YSA ve KNN yöntemine göre daha üstün olduğu, ayrıca 9 ve 12 aylık zaman adımlarının 3 ve 6 aylık zaman adımlarına göre daha iyi tahmin edildiği belirtilmiştir.

Chen ve ark. (2009) yaptığı çalışmada Tayvan'daki 22 istasyona ait 100 yıllık yağış verisini kullanarak SYİ'nin 3 aylık zaman adımını hesap etmişlerdir. Bu

hesaplamalar ile tarihte gerçekleşen farklı şiddetlerdeki kuraklıkları ve trendini incelemeyi hedeflemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, Kuzeybatı Tayvan'da 1960'dan bu yana kuraklık olaylarında bir azalmanın olduğu, bunun yanında Orta ve Güney Tayvan'daki kuraklık olaylarında ise artmanın olduğu bildirilmiştir.

Akhtari ve ark. (2009) SYİ ve EKİ'nin konumsal analizini daha iyi yapabilmek için birkaç alansal enterpolasyon yöntemini değerlendirmişlerdir. Tahran vilayetindeki 43 istasyondan alınan veri kullanılarak hesap edilen EKİ ve 1 ay zaman adımlı SYİ ile yapılan çalışmada kuraklığın konumsal analizinde en doğru yöntemin kriging yöntemi olduğu belirtilmiştir.

Santos ve ark. (2011) Portekiz'deki 1910-2004 yılları arası kuraklık olaylarının bölgesel frekans analizini yaptıkları çalışmada, 144 istasyondan alınan aylık yağış verisini kullanmışlardır. Kuraklık olaylarını karakterize etmek için SYİ'nin 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman adımları kullanılmıştır. SYİ'nin bu zaman adımları ile elde edilen kuraklık genlikleri iki farklı yaklaşım kullanılarak bölgesel frekans analizi yapılmıştır. Analiz sonucuna göre kuraklık sürelerinin genel karakterinin ülke genelinde üniform olduğu belirlenmiştir.

Tabari ve ark. (2012) yaptığı çalışmada İran'ın doğusundaki 10 istasyona ait 1966-2005 yılları arasındaki yağış ve kuraklık şiddetlerini analiz etmişlerdir. Kuraklık şiddetini belirlemek için SYİ'nin 12 aylık zaman adımı kullanılmıştır. Ayrıca yağış ve kuraklık zaman serilerine Kendall ve Spearman testleri ile trend analizi yapılmıştır. İncelenen bölgenin güney kısımlarında kuraklıkların arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, bir istasyon hariç tüm istasyonlar için SYİ değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

Zhang ve ark. (2012) benzer bir çalışmada SYİ'nin 3 aylık zaman adımını kullanarak Çin'in kurak-yarı kurak Xinjiang bölgesindeki 53 istasyon için 1957-2009 yılları arası kuraklıkların konumsal ve zamansal analizini yapmışlardır. Ayrıca Mann-Kendall trend analizi yaparak SYİ değerlerindeki trendler araştırılmıştır. Çalışma sonucuna göre şiddetli ve çok şiddetli kuraklıkların genellikle bölgenin kuzeyinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bunun yanında aynı bölgede kış aylarındaki kuraklıkların azaldığı belirlenmiştir.

Kuraklık indekslerin zayıf veya diğer indekslerden üstün oldukları tarafları vardır. Yapılan çalışmalarda (Heim, 2002; White ve Walcott, 2009; Mishra ve Singh, 2011) bazı indekslerin avantaj ve kısıtlamaları bildirilmiştir. Birçok çalışma (Guttman, 1998; Wu ve ark., 2001; Morid ve ark., 2006; Paulo ve Pereira, 2006; Smakhtin ve Hughes, 2007; Pandey ve ark., 2008) göstermiştir ki; kuraklık çalışmaları için birden

fazla kuraklık indeksinin kullanılmasının yararları vardır. Farklı kuraklık indekslerinin karşılaştırılması ve birlikte kullanılması: (1) kuraklığın karakterinin belirlenmesinde, (2) kuraklık indeksinin duyarlılığının ve doğruluğunun tespitinde, (3) aralarındaki korelasyonun incelenmesinde, ve (4) belirli bir amaç doğrultusunda birbirleriyle ne kadar uyum gösterdiklerinin araştırılmasında fayda sağlayabilir.

## 2.6. Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

Tanoğlu (1943) De Martonne yöntemini kullanarak meteoroloji istasyonlarında ölçülen sıcaklık ve yağış değerleri ile Türkiye’ye ait bir kuraklık haritası çıkarmıştır. Bu çalışmada 600 mm yağış eşik kabul edilmiş ve bunun altındaki yağış değerleri için kuraklık olduğu belirtilerek kuraklık haritaları hazırlanmıştır.

Erinç (1949) Thornthwaite yöntemiyle aylık yağış, sıcaklık ve buharlaşma değerlerini kullanarak Türkiye’nin kuraklık haritasını çıkarmıştır.

Sırdaş (2002) “Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması” isimli doktora tez çalışmasında Türkiye genelindeki 60 istasyona ait verileri kullanarak SYİ yöntemi ile kuraklıkların hem alansal hem de zamansal incelemesini yapmıştır. Bu çalışmada, yağış zaman serisinin en küçük değeri serinin standart sapmasına bölünerek elde edilen oran yeni bir kuraklık indisi olarak geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda, ülkemizin kuzey kesiminde yağışların güneye göre daha yüksek olduğu, Doğu Karadeniz’de ve Batı Akdeniz’de yağış miktarının artarken İç Anadolu ve Ege bölgesinin doğusunda yağış miktarında düşüş belirlenmiştir. Bu çalışma, ülkemizde yapılan en kapsamlı kuraklık çalışmalarından birisidir. Ancak yağışların normal dağılıma uymadığı için bu çalışmadaki yaklaşımın doğru olmayabileceği Vural (2010) tarafından belirtilmiştir.

Em (2005) yaptığı tez çalışmasında GAP bölgesindeki 18 meteoroloji istasyonundan elde edilen 1970-2003 yılları arası günlük yağış verilerini kullanarak homojenlik testleri ve trend analizi yöntemleriyle kuraklığın gidişini tespit etmeye çalışmıştır. Homojenlik testi için grafiksel analiz ve Run (Swed-Eisenhart) testi kullanılırken, trend analizi metotları olarak da parametrik olan t testi ve parametrik olmayan Mann-Kendall testi kullanılmıştır.

Türkiye’nin meteorolojik kuraklıklara olan hassasiyetinin zamansal ve konumsal boyutunu inceleyen Sonmez ve ark. (2005), çalışmalarında SYİ’nin farklı zaman adımlarını kullanarak kuraklıkların frekansını ve şiddetini ortaya koymuşlardır. Ayrıca kuraklığın baş göstermemesi için hangi istasyona ne miktarda yağışın düşmesi

gerektiğini belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmada, kuraklık hassasiyeti için farklı sonuçlar çıksa da kullanılan zaman adımlarına bağlı olarak tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

Yeğnidemir (2005) İç Anadolu Bölgesindeki 28 meteoroloji istasyonunun 1953-2003 yılları arası aylık yağış verileri ile SYİ'nin 1, 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık zaman adımlarını kullanarak İç Anadolu Bölgesi için kuraklık analizi yapmış ve kuraklık karakteristiklerini belirlemiştir. Ayrıca bu çalışma ile Kriging metodu kullanarak bölgesel kuraklık haritaları da çizilmiştir.

İç Anadolu Bölgesi kuraklıkları ile ilgili bir başka çalışma da Kokkokoğlu (2006) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada ise yine 1953-2003 periyodu için SYİ kullanılarak 26 istasyon için kuraklık süreleri tespit edilmiş ve bunlar istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlar karşılaştırılarak, kuraklık sürelerinin uygunlukları incelenmiştir. Parametrik olmayan Kernel yaklaşımın iki tepeli histogram için uygunluğu onaylanarak örnek dönüş periyotları hesaplanmıştır.

Keskin ve ark. (2007) yaptığı çalışmada, Isparta ilindeki 5 istasyona ait ortak periyot olan 1965-2004 yılları arası yağış verisi kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Bu çalışmada SYİ'nin 12 aylık zaman adımı kullanılmıştır. Tüm istasyonlar için yapılan kuraklık analizi neticesinde 1965-2004 yılları arasında çok şiddetli kuraklık tespit edilmemiştir.

Yılmaz ve ark. (2007) Manisa ili için yaptıkları kuraklık çalışmasında SYİ ve gidişler analizi yöntemi ile 1930-2007 yılları arasında 1957 ve 2007 yılında olmak üzere iki kez çok şiddetli kuraklık olayı tespit etmişlerdir. Bu çalışmada SYİ'nin 3 ve 12 aylık zaman adımları kullanılarak bunun neticesinde elde edilen sonuçlara göre Manisa'da şiddetli kuraklığın yıllık olmaktan çok mevsimlik olduğu yönünde kanaate varılmıştır.

Topçuoğlu ve ark. (2008) Ege Bölgesinde SYİ ile 1, 3 ve 12 aylık zaman adımları kullanarak 1977-2006 yılları arasında kuraklık analizleri yapmışlar ve bölgede kuraklığın alansal ve zamansal oluşumlarını araştırmışlardır. Bölge genelinde 1977, 1989, 1990 ve 1992 yıllarında kuraklık gözlemlendiği ve kıyı bölgelerde daha şiddetli hissedildiği bildirilmiştir.

Mengü ve ark. (2009) 1975-2005 yılları arası 30 yıllık periyot için 1, 3 ve 12 aylık SYİ kullanarak Marmara Bölgesindeki 32 istasyonda kuraklıkları araştırmışlardır. En uzun ve en şiddetli kuraklıkların 1977, 1989, 1990, 1992 ve 1993 yıllarında yaşandığını tespit etmişlerdir.

Apak (2009) yaptığı tez çalışması ile Ege Bölgesinde yer alan uzun süreli yağış verisine sahip istasyonlarda kuraklık oluşumlarını 1938-1970 ve 1971-2006 yılları olmak üzere iki periyot için SYİ kullanarak analiz etmiştir. Çalışma sonucuna göre ikinci periyodun birincisine göre daha kurak geçtiği tespit edilmiştir.

Yıldız (2009), SYİ'nin 1 aylık zaman adımını kullanarak yarı kurak Hirfanlı Barajı havzasındaki meteorolojik kuraklığın karakterini belirlemeye çalışmıştır. Kızılırmak nehri üzerine 1959 yılında kurulan Hirfanlı Barajı'nın olduğu bu bölgenin sıklıkla kuraklığa maruz kaldığı ve bu kuraklıkların su kaynaklarını etkilediği, tarımsal ve ekonomik kayıplara yol açtığı bilinmektedir. Bu çalışmada 6 istasyondan alınan 1953-2003 yılları arası aylık toplam yağış verisi kullanılarak bölgesel kuraklık analizi yapılmıştır.

Vural (2010) yaptığı tez çalışmasında Ege Bölgesindeki 1970-2006 yılları arası kurak dönemlerin özelliklerini incelenmiştir. Kurak dönemlerin, Güneyli Salınım ile Kuzey Atlantik Salınımı arasındaki ilişki araştırılmıştır. SYİ ve PKŞİ yöntemi ile kurak evrelerin haritaları hazırlanarak, kuraklığın bölge içerisindeki alansal ve zamansal değişimi incelenmiştir. Bu incelemeler neticesinde, kurak dönemlere ait SYİ değerleri ile Kuzey Atlantik Salınımı kış indisinin kuvvetli pozitif değerleri arasında anlamlı ilişkiler belirlenmiştir. Ayrıca Kuzey Atlantik Salınımının pozitif evrelerinde istasyonların yağış değerlerinde azalmalar tespit edilmiştir. Çalışma sonunda; kuraklığın önceden tespit edilebilmesi ve olumsuz etkilerinin azaltılması için, bölgedeki kuraklıkların SYİ ve PKŞİ ile düzenli olarak takip edilmesi önerilmektedir.

Durdu (2010) Büyük Menderes akarsu havzasında yaptığı çalışmada 7 istasyon için 1975-2006 yılları arası yağış verilerini kullanarak SYİ'nin 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman adımlarını hesaplamıştır. Kuraklıkların tahmini için stokastik yöntemlerden otoregresif hareketli ortalama (ARIMA) ve artan mevsimsel otoregresif hareketli ortalama (SARIMA) yöntemlerini kullanmıştır. Bu çalışmada oluşturulan ARIMA modelinin kuraklıkları 2 ay önceden başarı ile tahmin ettiği belirtilmiştir.

## **2.7. Konya Kapalı Havzası İle İlgili Yapılan Çalışmalar**

Doğdu ve ark. (2007) yaptığı çalışmada Konya Kapalı Havzasındaki yağış ve yeraltı suyu seviye değişimleri arasındaki ilişkinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, havzada uzun dönem yağış verisine sahip istasyonların yağış verileri ve DSİ tarafından ölçümleri yapılan yeraltı suyu seviyeleri karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, bölgede 1980'li yılların başından itibaren kurak dönemin

hüküm sürdüğü belirtilmektedir. Kurak dönemin başlangıcıyla beraber yeraltı suyu seviyelerinde de düşümlerin gözlenmeye başladığı belirtilmiştir. Konya Kapalı Havzasında yeraltı suyu seviye düşümlerinin yaklaşık 0.2-0.9 m/yıl arasında olduğu bildirilmiştir. Bu kurak dönem içerisinde tespit edilen düşümleri azaltabilmek için sulama sistemlerinin modernleştirilmesi, kaçak kuyuların önlenmesi ve halkın su tasarrufu yapması önerilmektedir.

Benzer bir çalışmada (Göçmez ve ark., 2008), Konya Kapalı Havzasında yeraltı su seviyesinin değişimini yağışların etkilediği ve eklenik sapma grafiklerine göre havza genelinde 1990–2007 arasının kurak dönem olduğu belirtilmektedir. Çumra, Karapınar-Ereğli, Konya ve Kadınhanı-İlgın bölgeleri için basit tesadüfi örnekleme yöntemi yardımıyla belirlenen kuyulardaki 2006–2007 yıllarına ait su seviyesi değişim değerleri ile yağış, sıcaklık ve buharlaşma değerlerine göre istatistiksel olarak analizi yapılarak bu 4 bölgedeki yeraltı suyu seviyesi değişiminin iklimsel faktörlerden sadece sıcaklığa bağlı olarak değiştiği ve bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı bildirilmiştir.

Topak ve ark. (2008) tarımsal kuraklık, bitki deseni ve su kullanımı yönünden Konya Kapalı Havzası hakkında genel değerlendirme yapmışlardır. Bu çalışmada, Havza tarımı için yer altı su kaynaklarının aşırı kullanıldığı belirtilerek fazladan su kullanılmasının çiftçilerin aşırı sulama uygulamalardan değil, büyük oranda sulama ihtiyacı yüksek bitkilerin ekim alanlarının genişletilmiş olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir.

Yürekli ve Anlı (2008), 1929-2007 yılları arası aylık toplam yağış verisini kullanarak Karaman ili kuraklığını SYİ ile değerlendirmişlerdir. Bu amaçla Karaman merkez istasyonundan elde edilen aylık yağış verisi ile SYİ değerlerini hesaplamak için öncelikle yağış serilerine en iyi uyumlu olasılık dağılım biçiminin Pearson III dağılımı olduğu saptanmıştır. Daha sonra yapılan analiz ile yılın hangi aylarının kuraklıkla geçtiği SYİ değerlerinin frekansı incelenerek belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak Şubat ve Mart aylarında çok şiddetli ve şiddetli kuraklıkların frekansının daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Hınıs (2008) yaptığı çalışmada, Konya ve Ereğli meteorolojik istasyonlarının 54 yıllık aylık toplam yağış verisi ile 27 yıllık iki dönem (1950-1976 ve 1977-2003) oluşturmuştur. İncelenen her iki dönem için SYİ ile 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman adımları kullanılarak meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Çalışma neticesinde, kısa dönem kuraklık analizi ile uzun dönem kuraklık analizi sonuçları birbirinden farklı

bulunmuştur. İkinci dönem kısa süreli kuraklık (1 aylık SYİ) değerlerinde aşırı kuraklık görülmemiş ancak uzun süreli kuraklık değerlerinde (9, 12 ve 24 aylık SYİ) birinci dönem ile ikinci dönem arasında yaklaşık 4 kat artış belirlenmiştir. Nemli periyotlarda ise ikinci dönemde (1977-2003 yılları arasında) azalma tespit edilmiştir.

Konya ili bölgesel kuraklık analizinin yapıldığı çalışmada (Atmaca, 2011), bölgeselleştirme için l-moment yaklaşımı ve kuraklık analizi için SYİ kullanılmıştır. Aylık yağış verilerinden 3, 6, 9 ve 12 aylık kümülatif yağış serileri oluşturularak bölge 3 gruba ayrılmıştır. Gruplara ait heterojenlik ölçüsü ile bölgelerin homojen olduğu test edilerek uygunluk ölçüsü ile de geçerli bölgesel dağılımlar belirlenmiştir. Buradan elde edilen SYİ değerlerine göre bölgelerde yaygın olarak hafif kuraklık ve orta derece kuraklık sınıflarının hakim olduğu bildirilmiştir.

## **2.8. Kuraklık İndeksleri İle Yapılan Çalışmalara Genel Bakış**

Dünya genelinde ve ülkemizde yapılan kuraklık çalışmalarına ilişkin, çalışma bölgesi ve çalışma türü ile bu çalışmalarda kullanılan kuraklık indeksi, zaman adımı, veri aralığı ve istasyon sayısı bilgileri Çizelge 2.1’de toplu olarak verilmiştir.



**Çizelge 2.1** Kuraklık indeksleri ile yapılan çalışmalara ait özet tablo

Çalışma	Çalışma Alanı	İstasyon Sayısı	Veri Aralığı	Kullanılan İndeksler	Kullanılan Zaman Adımları	Çalışma Türü
Akhtari ve ark. (2009)	Tahran, İran	43	1970-2001	SYİ, EKİ	1	Bölgeselleştirme
Apak (2009)	Ege Bölgesi	8	1938-2006	SYİ	1, 3, 6, 12, 24	Analiz
Atmaca (2011)	Konya İli	44	Farklı veri aralıkları	SYİ	3, 6, 9, 12	Analiz ve Bölgeselleştirme
Barua ve ark. (2011)	Yarra Havzası, Avustralya	22	1960-2008	NYI, YK, SYİ, SWSI, ADI	1	Karakterizasyon ve Karşılaştırma
Chen ve ark. (2009)	Tayvan	22	Farklı veri aralıkları	SYİ	3	Karakterizasyon ve Trend
Dubrovsky ve ark. (2009)	Çek Cumhuriyeti	45	1961-2000, 2060-2099	SYİ, PKŞİ	1, 3, 6, 12, 24	Senaryo projeksiyonu ve Modifikasyon
Durdu (2010)	Büyük Menderes Havzası	7	1975-2006	SYİ	3, 6, 9, 12, 24	Stokastik tahmin
Em (2005)	GAP Bölgesi	18	1970-2003	Gidişler, Regresyon ve grafik analizi	-	Analiz ve Trend
Fathabadi ve ark. (2009)	İran'ın Kuzeybatısı	5	1965-2003	SYİ	3, 6, 9, 12	Modelleme
Guttman (1998)	ABD	111	Farklı veri aralıkları	SYİ, PKŞİ	1, 2, 3, 6, 12, 24, 36	Karşılaştırma
Hayes (2000)	-	-	-	NYI, PKŞİ, PHDI, CMI, SWSI, SYİ	-	İnceleme
Heim (2002)	Iowa, Amerika	1	belirsiz	MI, KI, MaI, BI, API, MAI, PKŞİ ve PHDI, CMI, KBDI, SWSI, SYİ, VCI, DM	1, 9, 24	İnceleme ve Karşılaştırma
Hınıs (2008)	Konya, Ereğli	2	1950-2003	SYİ	1, 3, 6, 9, 12, 24	Analiz
Keskin ve ark. (2007)	Isparta İli	5	1965-2004	SYİ	12	Analiz
Keyantash ve Dracup (2002)	Amerika	2	1976-1999	YK, SYİ, CPA, RAI, BMDI, PKŞİ, TWD, CSA, SWSI, PHDI, CSM, SMAI, Z index, CMI	1	İnceleme ve Kavramsal Karşılaştırma

**Çizelge 2.1. devam** Kuraklık indeksleri ile yapılan çalışmalara ait özet tablo

Çalışma	Çalışma Alanı	İstasyon Sayısı	Veri Aralığı	Kullanılan İndeksler	Kullanılan Zaman Adımları	Çalışma Türü
Khalili (2011)	İran	10	1967-2005	SYİ, RDI	3, 6, 12	Karşılaştırma ve Analiz
Kim ve ark. (2009)	Seul, Kore	1	1807-2006	SYİ, EKİ	1, 3, 6, 9, 12, 24	Karşılaştırma ve Analiz
Kim ve Byun (2009)	Asya Kıtası	-	1981-2000, 2081-2100	EKİ	-	Senaryo projeksiyonu ve Karakterizasyon
Kokkokoğlu (2006)	İç Anadolu Bölgesi	26	1953-2003	SYİ	1, 3, 6, 12, 24, 48	Analiz ve Olasılık Dağılımı
Komuscu (1999)	Türkiye	40	1940-1997	SYİ	3, 6, 12, 24	Analiz
Mengü (2009)	Marmara Bölgesi	32	1975-2005	SYİ	1, 3, 12	Analiz
Mishra ve Singh (2010)	-	-	-	SYİ, PKŞİ, CMI, SWSI, VCI, EKİ, SMDI, ETDI	-	İnceleme
Morid ve ark. (2006)	Tahran, İran	6	1970-2001	NYI, YK, Z-Skoru, SYİ, ÇZİ, MÇZİ ve EKİ	1	Karşılaştırma ve Analiz
Mpelasoka ve ark. (2008)	Avustralya	-	1970-2004, 2030 ve 2070	YK ve Toprak Nemi Kuyrukları	-	Senaryo projeksiyonu
Ntale ve Gan (2003)	Doğu Afrika	belirsiz	belirsiz	SYİ, PKŞİ, BMDI	Çeşitli	Modifikasyon ve Analiz
Patel ve ark. (2007)	Gujarat, Hindistan	160	1981-2003	SYİ	3	Analiz ve Tarımsal etki
Pandey ve ark. (2008)	Orissa, Hindistan	9	Farklı veri aralıkları	SYİ, EKİ, YK, Medyandan ve Ortalamadan Sapma	1, 3, 6, 12	Analiz ve Karakterizasyon
Paulo ve Pereira (2006)	Alentejo, Portekiz	76	1931-1999	Gidişler analizi, SYİ ve PKŞİ	3, 6, 12	Karşılaştırma, Analiz ve Karakterizasyon
Santos (2011)	Portekiz	144	1910-2004	SYİ	1, 3, 6, 12	Bölgesel frekans analizi
Sırdaş (2002)	Türkiye	60	1930-1990	SYİ, Gidişler analizi	3	Analiz, Model ve Karakterizasyon
Smakhtin ve Hughes (2007)	-	-	-	YK, EKİ, SYİ, Medyandan ve Ortalamadan Sapma	Çeşitli	Program Geliştirme

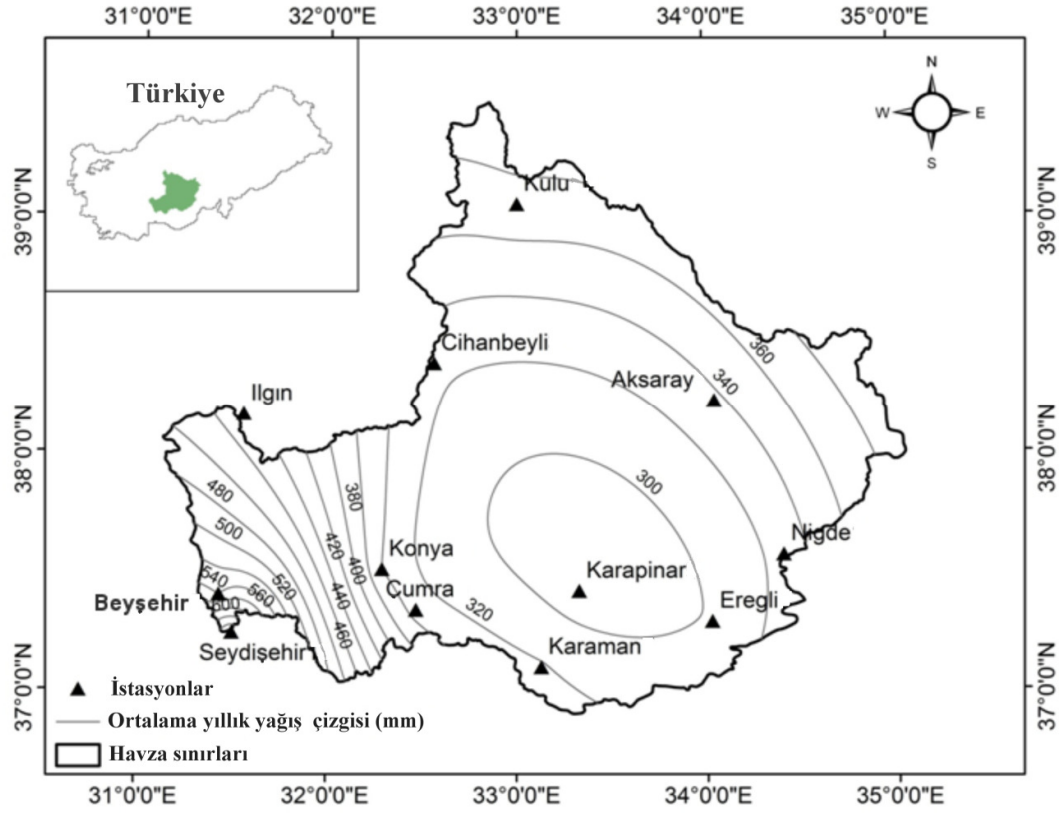
**Çizelge 2.1. devam** Kuraklık indeksleri ile yapılan çalışmalara ait özet tablo

Çalışma	Çalışma Alanı	İstasyon Sayısı	Veri Aralığı	Kullanılan İndeksler	Kullanılan Zaman Adımları	Çalışma Türü
Sonmez ve ark. (2005)	Türkiye	101	1951-2001	SYİ	3, 6, 12, 24	Analiz, Olasılık ve Şiddet Dağılımı
Tabari ve ark. (2012)	Doğu İran	10	1966-2005	SYİ	12	Analiz
Topçuoğlu (2008)	Ege Bölgesi	8	1977-2006	SYİ	1, 3, 12	Analiz
Tsakiris ve Vangelis (2004)	Doğu Girit, Yunanistan	39	1962-1992	SYİ	3, 6, 12	Alansal Analiz
Vural (2010)	Ege Bölgesi	18	1970-2006	SYİ, PKŞİ	3, 6, 9, 12, 24	Analiz ve Salınım ilişkisi
Wu ve ark. (2001)	Çin	4	1951-1998	SYİ, ÇZİ, MÇZİ, Z-Skoru	1, 3, 6, 9, 12	Analiz ve Karşılaştırma
Yeğnidemir (2005)	İç Anadolu Bölgesi	28	1953-2003	SYİ	1, 3, 6, 12, 24, 48	Analiz, Karakterizasyon, Bölgeselleştirme
Yıldız (2009)	Hirfanlı Barajı Havzası	6	1953-2003	SYİ	1	Analiz
Yılmaz ve ark. (2007)	Manisa	1	1930-2007	SYİ, Gidişler analizi	3, 12	Analiz
Yürekli ve Anlı (2008)	Karaman	1	1929-2007	SYİ	1	Analiz
Zhang ve ark. (2012)	Xinjiang, Çin	53	1957-2009	SYİ	3	Analiz ve Trend
Zin ve ark. (2013)	Malezya Yarımadası	50	1975-2004	SYİ	1	Analiz ve Modelleme
Bu tez çalışması	Konya Kapalı Havzası	12	1972-2009	NYI, YK, Z-Skoru, ÇZİ, SYİ, EKİ	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 24, 30, 36, 48	Karşılaştırma, Analiz, Karakterizasyon ve Modelleme

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan materyal Konya Kapalı Havzası içerisinde yer alan istasyonlara ait aylık toplam yağış verisidir. Havzayı konumsal olarak en iyi temsil edecek istasyonların seçimi hedeflenmiştir. Konya Kapalı Havzası için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün veritabanında kayıtlı 71 adet istasyon bulunmaktadır. Günümüzde bunlardan sadece 15'i faal durumdadır. Hidro-meteorolojik çalışmalar için en az 30 yıl ve kesintisiz kayıt tutulmuş veriye ihtiyaç vardır. Bu kriterlere uyan 12 istasyon tespit edilmiştir. Bu istasyonların konumları ve yağışlarla ilgili istatistiki bilgi Şekil 3.1 ve Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Konya Kapalı Havzası ortalama yıllık yağış değerleri

Yürütülen bu kuraklık çalışmasında, Konya Kapalı Havzası için zamansal ve konumsal analiz ile birlikte kuraklık indeksleri ve zaman adımlarının değerlendirilmesine odaklanılmıştır. Havzayı konumsal olarak yeterince temsil ettiği

düşünülen 12 istasyondan bazıları daha uzun süreli kayıtlara sahiptir. Kuraklık indekslerinin hesaplanmasında ne kadar uzun kayıtlar kullanılırsa o kadar güvenilir sonuçlar elde edilebilir (Wu ve ark., 2005). Ancak kuraklık indeksleri ile yapılacak karşılaştırmalı bu çalışma için, tüm istasyonlar gözetildiğinde ortak en uzun veri aralığı olan 1972 ile 2009 yılları arası 38 yıllık periyot seçilmiştir. Böylelikle her bir istasyon veri seti için eşit şartlar sağlanarak kayıt uzunluğu parametresinin istasyon bazlı konumsal sonuçlara olumlu yada olumsuz etki etmemesi güvence altına alınmıştır. Ayrıca Ocak 1972 ile Aralık 2009 arası aylık toplam yağış zaman serisinde (456 ay) hiçbir istasyon için eksik veri bulunmamaktadır.

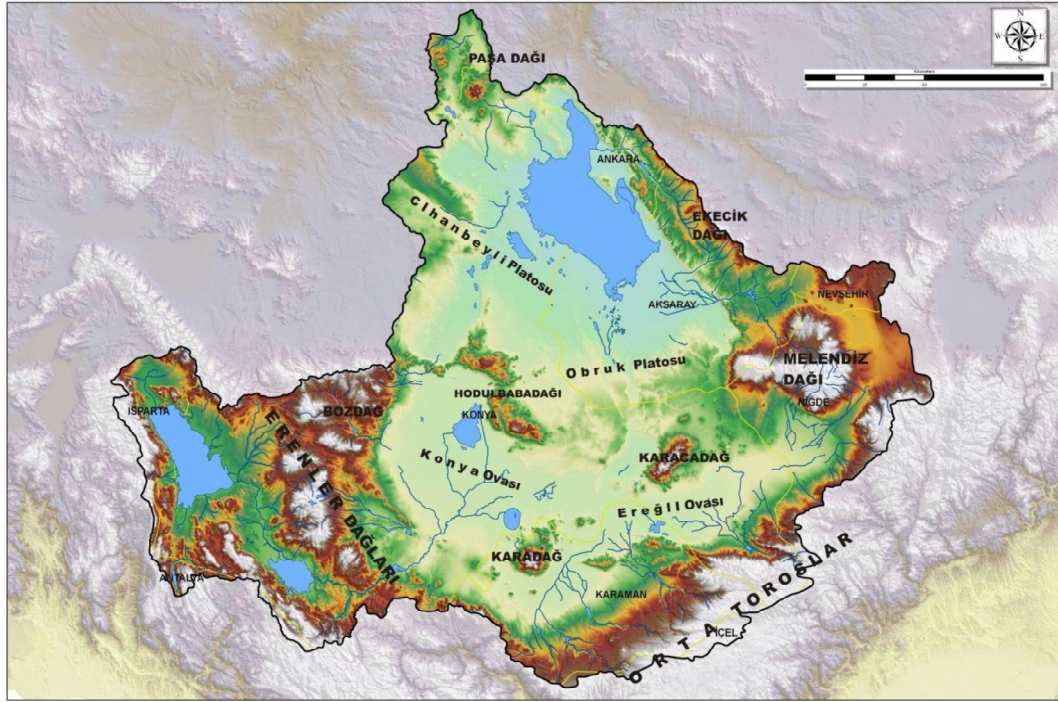
**Çizelge 3.1** Konya Kapalı Havzasındaki istasyonlara ait rakım, koordinatlar ve yıllık yağış istatistiği

	Rakım (m)	Koordinatlar		Yıllık yağış istatistikleri (1972-2009)				Aylık yağışlar için	
		Enlem	Boylam	Ort. (mm)	Maks. (mm)	Min. (mm)	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık
1) Aksaray	965	38.23	34.05	338	506	229	74	0.50	-0.43
2) Beyşehir	1129	37.41	31.43	485	623	317	91	-0.49	-0.88
3) Cihanbeyli	969	38.39	32.56	320	500	185	72	0.09	-0.23
4) Çumra	1013	37.35	32.47	319	502	177	69	0.32	0.08
5) Ereğli	1044	37.30	34.03	296	439	140	60	-0.07	0.54
6) Ilgın	1034	38.17	31.55	423	584	236	79	-0.26	0.01
7) Karaman	1025	37.11	33.13	326	513	213	70	0.59	0.25
8) Karapınar	1004	37.43	33.33	286	413	172	60	0.39	-0.27
9) Konya	1031	37.52	32.29	317	500	176	74	0.02	-0.38
10) Kulu	1010	39.06	33.00	379	548	219	75	0.03	-0.20
11) Niğde	1211	37.58	34.41	325	461	193	66	-0.11	-0.07
12) Seydişehir	1131	37.25	31.50	740	1127	475	153	0.20	-0.29

Kulu, havzanın en kuzeyinde bulunan istasyondur. Kulu-Aksaray arasında kalan Tuz Gölü alt havzası ile Aksaray'ın doğusunda Niğde'nin kuzeyinde kalan bölgede çalışmada kullanıma uygun kesiksiz ve uzun veri içeren istasyon bulunamamıştır. Bahsedilen bölgeye yakın Nevşehir ve Ulukışla istasyonları bulunmaktadır ancak bu istasyonlar havza sınırları dışında kalmaktadır. Kulu-Aksaray arasında Tuz gölünün kuzeyinde Şereflikoçhisar istasyonu bulunmaktadır. Ancak Şereflikoçhisar istasyonuna ait veriler kesikli ve bu çalışmada kullanıma uygun değildir. Aynı şekilde Konya'nın Kuzeybatısında bulunan Kadınhanı ve Sarayönü istasyonları günümüzde faal olmayıp var olan kesiksiz kayıt uzunluğu da yeterli değildir. Konya'nın Kuzeydoğusuna ve Karapınar'ın kuzeyine düşen Altınekin istasyonuna ait veriler de bu çalışmada kullanıma uygun değildir.

### 3.1.1. Konya Kapalı Havzasının coğrafi durumu

Konya Kapalı Havzası Türkiye'nin Orta Anadolu Bölgesinde 36°51' ve 39°29' kuzey enlemleri ile 31°36' ve 34°52' doğu boylamları arasında yer alır. Havza 53850 km<sup>2</sup> alan kaplar. Kapladığı bu alan Türkiye'nin %7'sine karşılık gelmektedir (Şekil 3.2). Havzayı kuzeyde Sakarya ve Kızılırmak, doğuda Kızılırmak ve Seyhan, güneyde Doğu Akdeniz, batıda Antalya ve Akarçay havzaları çevrelemektedir. Rakım 900 ile 3534 metre arasında değişse de, havza genel olarak denizden 900 ile 1050 metre (Çizelge 3.1) yükseklikte bir platodur.



Şekil 3.2 Konya Kapalı Havzası fiziki haritası

Bu geniş alanda bir nehrin yokluğu, az miktarda yağış alması ve yüksek buharlaşma oranları, havzalarda nadir rastlanan bir su dengesi yaratmıştır. Havza genelinde, kırsal alanlarda nüfusun giderek azaldığı kentsel alanlardaysa arttığı gözlenmektedir. Şehir ve kırsal nüfus neredeyse birbirine eşit olup, havzada toplam 3.2 milyon insan yaşamaktadır. Havza sınırları içinde 2 büyük göl bulunmaktadır. Tuz gölü Türkiye'nin en büyük ikinci gölü, dünyanın ise en tuzlu üçüncü gölüdür. Havzanın en önemli içmesuyu kaynağı olan Beyşehir gölü ise Türkiye'deki en büyük tatlı su gölüdür.

Konya Kapalı Havzası sınırları içinde Konya, Niğde, Isparta, Aksaray, Ankara, Karaman ve Nevşehir illerine bağlı bölgeler yer almaktadır. Ayrıca İçel ve Antalya illerinin yerleşim olmayan bazı bölgeleri de havza sınırları içerisindedir. Bu illerin havza sınırları içerisinde kalan alanlarının büyüklükleri Çizelge 3.2’de verilmektedir.

**Çizelge 3.2** Konya Kapalı Havzasındaki iller ve havza içindeki dağılımı

İller	Alan (ha)	İlin Havza İçindeki Alanı (ha)	İl Alanının Havza İçindeki Kısmı (%)	Havzanın İllere Göre Dağılımı (%)
Aksaray	799.700	682.879	85	14
Ankara	3.071.500	213.963	7	4
Antalya	2.072.300	33.690	2	1
Isparta	893.300	123.978	14	2
İçel	1.585.300	35.405	2	1
Konya	3.825.700	2.810.988	73	56
Karaman	959.000	572.668	60	12
Nevşehir	546.700	64.619	12	1
Niğde	1.429.400	440.467	31	9

### 3.1.2. Konya Kapalı Havzasının meteorolojisi

Bu çalışmada kullanılan ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen 12 meteoroloji istasyonuna ait coğrafi konum ve havzaya düşen yağışın konumsal değişimi Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Havzanın en az yağış alan bölgesi Karapınar çevresi ve havzanın orta kesimleridir. Havzanın en yağışlı bölgesi ise batı tarafı, Beyşehir-Seydişehir dolaylarıdır. Havzada rakımı en yüksek istasyon Niğde olmasına rağmen yıllık yağış miktarı Beyşehir ve Seydişehir’den azdır.

Havzadaki ortalama yıllık toplam yağış yüksekliği 286 mm ile 740 mm arasında değişmektedir (Çizelge 3.1). Seydişehir istasyonu hariç bütün istasyonların ortalama yağış yüksekliği 500 mm’nin altındadır. Seydişehir istasyonu, havza ortalamasının yaklaşık 2 katı yıllık yağış alan en yağışlı istasyondur. Bu istasyon hariç tutulduğunda havzanın yıllık ortalama yağış yüksekliği 380 mm’den 347 mm’ye, medyan değeri de 325 mm’ye düşmektedir. Havzada en az yağış Karapınar ve Ereğli istasyonlarına düşmektedir. Her bir istasyona ait ortalama yağışın standart sapması diğer istasyonlarla uyum içerisinde olup, istasyona ait maksimum yağış yüksekliğinin %15’i ile ortalama yağış yüksekliğinin %20’si civarındadır (Dogan ve ark., 2009).

Konya Kapalı Havzasında Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları oldukça kurak geçmektedir. Çizelge 3.3’de görüldüğü gibi bu aylara ait yağış miktarının havza ortalaması sırasıyla 7.8, 6.0 ve 11.1 mm’dir. Temmuz ayında Ilgın (14.3 mm), Kulu

(12.5 mm) ve Seydişehir (10.4 mm) istasyonları hariç diğer istasyonların hepsi 10 mm'nin altında yağış almaktadır. Ağustos ayı havza yağış ortalaması 6.0 mm ile en kurak aydır. Ağustos ayında Seydişehir (10.9 mm) ve Ilgın (10.1 mm) istasyonları hariç bütün istasyonlar 10 mm'nin oldukça altında yağış almaktadır. Kurak/yarı kurak bir iklime sahip olan havzanın yaz aylarında bu kadar az yağış alıyor olması normal karşılanabilir ancak su kaynakları ve çevresel akış yönünden dikkat edilmesi gereken bir husustur. Havza genelinde en çok yağış sırası ile Aralık, Nisan ve Ocak aylarında düşmektedir. 3 ay ardışık olarak en yağışlı geçen aylar Kasım, Aralık ve Ocak aylarıdır. Aylık yağış verileri basıklık açısından incelendiğinde Çizelge 3.1'deki basıklık değerinden ve Çizelge 3.3'deki aylık yağış verisinin dağılımdan en basık olmayan dağılım Ilgın istasyonunda görülmektedir.

**Çizelge 3.3** Konya Kapalı Havzasındaki istasyonlara ait aylık toplam yağış dağılımı

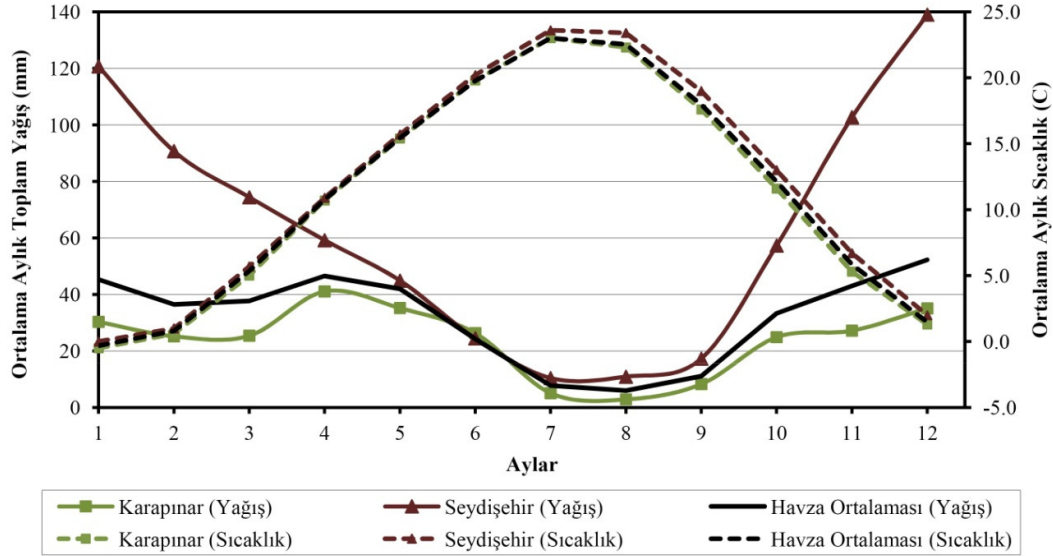
	Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1) Aksaray	36.0	30.5	35.5	51.8	42.3	21.6	6.4	3.5	8.6	26.4	33.5	40.9
2) Beyşehir	66.7	48.0	47.2	48.2	42.6	22.5	8.1	8.7	17.4	45.3	62.6	76.4
3) Cihanbeyli	34.7	30.2	33.2	43.9	38.7	23.4	7.3	5.0	11.1	29.3	32.7	37.1
4) Çumra	36.1	28.3	32.5	41.4	37.4	19.2	5.6	3.4	9.3	30.7	36.1	42.0
5) Ereğli	30.8	25.7	29.6	43.8	38.0	23.1	5.5	4.7	7.2	23.1	30.2	34.6
6) Ilgın	39.4	37.5	44.3	54.8	48.6	32.7	14.3	10.1	16.4	42.6	43.8	50.6
7) Karaman	41.2	33.9	35.1	38.2	37.5	22.3	5.5	5.4	5.7	28.3	34.2	43.2
8) Karapınar	30.3	25.2	25.4	41.1	35.2	26.3	5.1	2.9	8.3	24.9	27.2	35.1
9) Konya	34.4	24.1	26.3	39.9	42.7	21.5	7.7	5.3	10.3	33.4	36.6	40.1
10) Kulu	42.9	32.9	35.9	49.9	48.5	29.5	12.5	6.7	14.0	29.6	40.2	49.8
11) Niğde	30.1	30.1	33.1	46.5	47.0	24.8	4.9	4.8	7.2	28.6	36.1	38.1
12) Seydişehir	120.7	90.7	74.4	59.2	44.9	24.5	10.4	10.9	17.3	57.3	102.7	139.0
Havza Ortalaması	45.3	36.4	37.7	46.6	42.0	24.3	7.8	6.0	11.1	33.3	43.0	52.2

Ilgın için en yağışlı dönem ile en yağışsız dönem arasında 5 katlık bir fark vardır. Şekil 3.3'de havza ortalaması ile birlikte havzadaki yıllık yağış yüksekliğinin en düşük ve en yüksek olduğu Karapınar ve Seydişehir istasyonlarına ait ortalama aylık toplam yağışlar ile sıcaklık değerlerinin zamansal dağılımı verilmiştir. Beyşehir hariç diğer istasyonların yağış dağılımı havza ortalaması ile benzerlik göstermektedir.

Seydişehir istasyonu yağışlarının mevsimsel dağılımı diğer istasyonlara göre biraz daha farklıdır ve en yağışlı dönemde yağışsız döneme göre 13 kat fazla yağış görülmektedir. Ocak, Şubat, Mart ve Ekim, Kasım, Aralık aylarında havza ortalamasının çok üstünde yağış alan Seydişehir istasyonu geriye kalan aylarda yaklaşık olarak havza ortalamasında yağış almaktadır.



Havzadaki uzun yıllara ait aylık ortalama sıcaklıkları incelemek için Çizelge 3.4'e ve Şekil 3.3'e bakıldığında havza ortalama sıcaklığının sadece Ocak ayında sıfırın altında olduğu görülmektedir.



Şekil 3.3 Karapınar ve Seydişehir ile havza ortalaması için yağış ve sıcaklıkların zamansal dağılımı

Kulu'daki sıcaklık Ocak ve Şubat ayında ortalama olarak sıfırın altındadır. Aksaray, Çumra, Karaman ve Seydişehir'de yılın hiçbir ayında ortalama sıcaklıklar sıfırın altına düşmemektedir. Diğer tüm istasyonlarda Ocak ayı için sıfırın altında sıcaklık ortalaması görülmektedir.

Çizelge 3.4 Konya Kapalı Havzasındaki istasyonlara ait aylık ortalama sıcaklık dağılımı

	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1) Aksaray	0.3	1.6	6.2	11.5	16.2	20.4	23.7	23.2	18.5	12.9	6.7	2.1
2) Beyşehir	-0.4	0.6	4.8	10.0	14.8	18.9	22.0	21.8	17.5	11.7	5.7	1.6
3) Cihanbeyli	-0.5	0.6	5.0	10.5	15.3	19.9	23.3	22.7	18.0	12.1	5.4	1.1
4) Çumra	0.0	0.9	5.6	11.1	15.7	19.8	22.7	22.2	17.7	12.0	5.9	1.6
5) Ereğli	-0.1	1.1	6.1	11.7	16.1	20.3	23.5	22.8	18.2	12.4	6.2	1.6
6) Ilgın	-0.1	1.0	5.2	10.4	14.9	19.1	22.3	21.7	17.0	11.5	5.9	1.6
7) Karaman	0.1	1.1	5.9	11.4	16.1	20.4	23.6	23.0	18.6	12.7	6.3	2.0
8) Karapınar	-0.5	0.6	5.0	10.7	15.4	19.8	23.0	22.3	17.6	11.6	5.3	1.3
9) Konya	-0.4	1.0	5.5	10.9	15.6	20.2	23.5	23.0	18.6	12.4	5.7	1.3
10) Kulu	-1.6	-0.3	4.0	9.5	14.3	18.7	22.2	21.9	17.1	11.2	4.4	0.2
11) Niğde	-0.6	0.4	5.1	10.6	15.1	19.4	22.7	22.4	17.9	12.1	5.9	1.3
12) Seydişehir	0.0	1.0	5.7	10.9	15.7	20.2	23.6	23.4	19.0	13.0	6.7	2.0
Havza Ortalaması	-0.3	0.8	5.3	10.8	15.4	19.8	23.0	22.5	18.0	12.1	5.8	1.5

Kulu istasyonunun ortalama sıcaklık değerlerinin her ay için ortalamadan düşük olduğu hatta rakımı en yüksek istasyon olan Niğde istasyonundan bile aylık sıcaklık değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Aksaray, Ereğli, Karaman daima ortalamadan yüksektir. Karapınar, Mayıs ve Haziran aylarında havza ortalaması ile aynı ortalama sıcaklığa sahip iken diğer aylarda sıcaklıklar havza ortalamasından düşüktür. Bunun tam tersine Seydişehir istasyonunda da her ayın sıcaklık değeri havza ortalamasından yüksektir.

Sıcaklık değerleri, yağış değerlerinde olduğu gibi istasyondan istasyona çok büyük farklılık göstermemektedir. Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında havzanın ortalama sıcaklığı 18°C'nin üstündedir (Şekil 3.3). Temmuz ve Ağustos aylarında ortalama sıcaklıkların yüksek olması ve bu aylarda bölgeye düşen yağışın da az olması çevresel ve hidrolojik açıdan çok önemlidir. Temmuz ayı havzadaki ortalama sıcaklık 23°C ve düşen yağışın ortalama yüksekliği 7.8 mm'dir. Ağustos ayı ortalama sıcaklık ise Temmuz'a göre 0.5°C daha düşük, 22.5°C olmakla birlikte havzadaki ortalama yağış da biraz daha az olup 6 mm seviyesindedir (Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4). Ekilecek bitkinin türüne bağlı olmak üzere tarımsal açıdan yılın bazı aylarının özel önemi vardır. Örneğin Konya Kapalı Havzasında yaygın bir şekilde hububat yetiştiriciliği yapılmaktadır. Dolayısı ile Nisan-Mayıs aylarında havzadaki yağış, sıcaklık ve toprak nemi tarımsal açıdan çok önemlidir.

**Çizelge 3.5** Konya Kapalı Havzasındaki istasyonlara ait aylık buharlaşma verileri

	Aylık Ortalama Açık Yüze Buharlaşması (mm)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1) Aksaray	0.0	0.0	0.4	89.3	167.5	227.4	285.7	271.5	183.6	103.9	8.8	0.0
2) Beyşehir	0.0	0.0	0.0	29.0	134.7	175.3	218.9	207.4	144.7	76.0	6.8	0.0
3) Cihanbeyli	0.0	0.0	0.0	81.3	148.9	196.9	256.1	244.1	173.6	104.1	20.3	0.1
4) Çumra	0.0	0.0	0.0	44.8	123.7	172.8	216.5	202.6	141.5	71.3	5.0	0.0
5) Ereğli	0.0	0.0	0.0	95.4	184.4	241.7	315.8	285.9	189.2	106.8	2.0	0.0
6) Ilgın	0.0	0.0	0.0	72.1	128.8	185.5	234.9	220.3	151.3	95.7	12.1	0.0
7) Karaman	0.0	0.0	0.0	73.1	156.5	200.7	250.2	232.3	167.7	103.1	8.9	0.0
8) Karapınar	0.0	0.0	0.4	61.5	151.0	203.0	266.3	248.7	167.1	79.7	4.7	0.0
9) Konya	0.0	0.0	0.0	96.0	162.5	219.3	276.6	257.1	181.5	106.3	14.0	0.1
10) Kulu	0.0	0.0	0.0	49.3	147.3	196.5	249.3	244.4	176.9	102.3	13.6	0.3
11) Niğde	0.0	0.0	0.0	53.6	159.5	204.4	257.2	243.6	174.0	100.4	7.7	0.0
12) Seydişehir	0.0	0.0	0.0	98.1	152.3	200.7	247.1	234.6	162.6	91.1	2.4	0.0
Havza Ortalaması	0.0	0.0	0.1	70.3	151.4	202.0	256.2	241.0	167.8	95.1	8.9	0.0

Karasal iklimin hakim olduğu havzada buharlaşma değerleri özellikle yaz aylarında çok yüksektir. Çizelge 3.5'de havza aylık buharlaşma değerleri verilmiştir.

MGM'den alınan aylık ortalama açık yüzey buharlaşması verilerine göre havzada en yüksek buharlaşma Temmuz ayında 315.8 mm değeriyle Ereğli istasyonunda görülmektedir. Kış aylarında buharlaşma olmamaktadır. Yağışsız süreçlerde sıcaklığın yüksek olması buharlaşmayı fazlasıyla artıracığından yağışsız ve kurak süreçler su kaynaklarındaki azalmayı tetiklemektedir.

### 3.2. Yöntem

PKŞİ ve bazı diğer popüler kuraklık indeksleri yağış verisi ile birlikte sıcaklık, toprak nemi vb. diğer girdi verilerine ihtiyaç duymaktadır. Yağış zaman serileri, elde edilmesi en kolay meteorolojik verilerden biridir ve kuraklığın ana kaynağı olan yağış eksikliğini belirlemede kullanılır. Kuraklık indekslerinin veri gereksinimi ile bulunabilirlik (Ntale ve Gan, 2003) ve izlenebilirlik (Barua ve ark., 2011; Keyantash ve Dracup, 2002) özellikleri göz önüne alınarak, bu çalışmada sadece aylık yağış verisine ihtiyaç duyan, izlenebilir ve güvenilirliği daha önceki çalışmalarda tespit edilmiş 6 adet kuraklık indeksi kullanılmıştır. Yağış verisi tabanlı çalışan normal yağış yüzdesi (NYY), yağış kuyrukları (YK), Z-Skoru, Çin Z İndeksi (ÇZİ), standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) ve efektif kuraklık indeksi (EKİ) kullanılarak Konya Kapalı Havzasındaki 12 istasyon 456 aylık 1972-2009 yılları arası analiz edilmiştir. EKİ hariç her bir kuraklık indeksi için 18 ayrı zaman adımı kullanılmıştır. Bu zaman adımları 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 24, 30, 36 ve 48 aydır. EKİ zaman adımından bağımsız olarak, yıllık ağırlıklı yağış sistemi ile çalışan ve buna bağlı olarak normale dönüş için gerekli yağış miktarını hesap eden bir yöntem olduğundan EKİ için zaman adımı kullanılmamıştır.

Bütün kuraklık indeksleri, indeksin adının kısaltması ve zaman adımını temsil eden alt simge ile gösterilmiştir. Örneğin 1 aylık zaman adımı kullanan Z-Skoru, Z-Skoru<sub>1</sub>; 12 aylık SYİ, SYİ<sub>12</sub> ve 48 aylık ÇZİ, ÇZİ<sub>48</sub> olarak kısaltılmıştır. Hazırlanan şekillerde alt simge kullanılmadığından zaman adımları kuraklık indeksinin kısaltmasının sağ yanında belirtilmiştir.

1 ay zaman adımlı kuraklık indeksinin hesabı için her bir istasyona ait aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. 1 aydan yüksek zaman adımları için kümülatif toplam yağış zaman serileri oluşturulmuştur. Her bir kuraklık indeksinin 1 aylık zaman adımının hesap edilmesi ile 456 elemanlı kuraklık indeksi zaman serisi elde edilmiştir. Çok aylı zaman adımları için oluşturulan kümülatif yağış verisi zaman adımına bağlı

olarak gecikmeli olduğundan o serilerin eleman sayısı 456'dan azdır. Örneğin Z-Skoru<sub>12</sub>'nin hesap edilebilmesi için kendinden önce gelen 11 ay ve içinde bulunulan aya ait toplam yağış verisinin hesap edilmesi gerekir. 1972 Ocak ayından itibaren başlanıldığında, 12 aylık ilk kümülatif aylık toplam yağış 1972 Aralık ayı için hesap edilmiş olur. Dolayısı ile bu zaman serisinden elde edilen Z-Skoru<sub>12</sub> zaman serisi 1972 Aralık ayından başlayarak 445 elemanlı olur. Benzer şekilde SYİ<sub>6</sub> için hesap edilen zaman serisi 1972 Haziran'da başlayacağından 451 elemandan oluşur. EKİ hesaplaması ağırlıklı hesaplama sonucu ilk çıktığı 12 ayın sonunda verdiğiinden EKİ zaman serisi 1973 Ocak ayında başlar ve 444 elemanlıdır.

Bütün bu hesaplamalar 12 istasyonun hepsinde kullanılan 5 kuraklık indeksinin (NYY, YK, Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ) 18 farklı zaman adımı ve EKİ için yapılmıştır.

### 3.2.1. Kuraklıkla ilgili nicelikler

Kuraklığı belirlemek, izlemek ve yorumlamak için bazı niceliklerin analiz edilmesi gerekir. Bu nicelikler arasında; şiddet (Severity), süre (D:Duration), genlik (M:Magnitude), keskinlik (I:Intensity) ve geri dönüş süresi (L) sayılabilir.

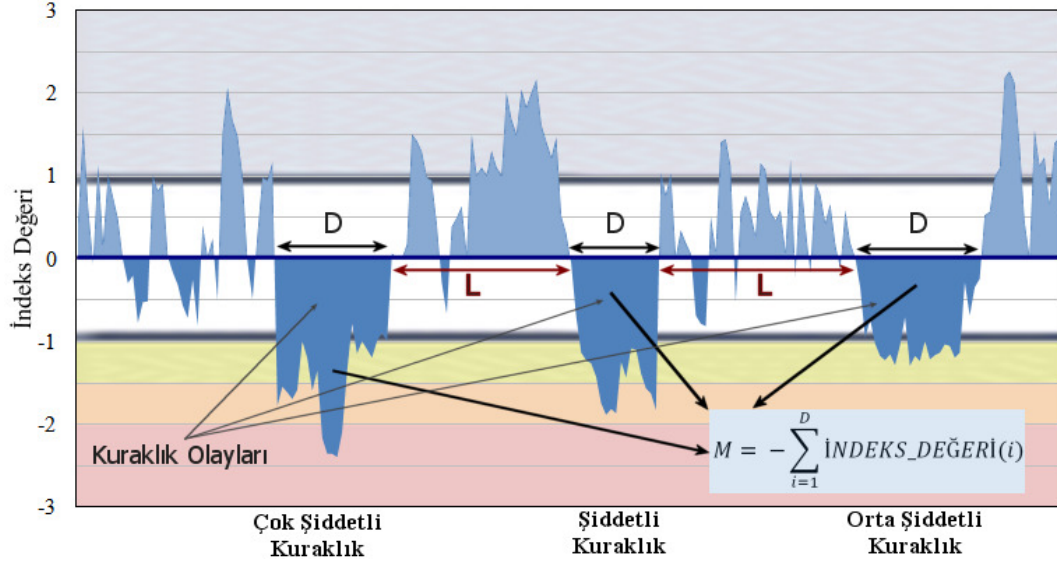
Bu çalışmada kullanılan kuraklık indeksleri ile indeks değerlerinin ifade ettiği kuraklık şiddetleri yani kuraklık sınıfları Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Kuraklık indeks değerleri ile oluşturulmuş bir zaman serisinde, indeks değeri eksi 1'in (-1) altına düştüğü anda kuraklığın başladığı anlaşılmış olur. Bu kuraklık başladı sinyalinin alındığı an olarak anlaşılır. Eğer indeks değeri daha önceki aylarda negatife düşmüş ancak -1'e ulaşmamışsa, o negatife düştüğü an kuraklığın başlangıcı kabul edilir. Kuraklık, indeks değeri 0 (sıfır) olana kadar devam eder (Şekil 3.4). Kuraklığın başlangıcından bitişine kadar olan zamansal ifade "süre"dir. Kuraklık olayının büyüklüğü genlik ile ifade edilir. Genlik, kuraklık olayı süresince indeks değerlerinin kümülatif ifadesidir ve aşağıdaki şekilde hesap edilir (Şekil 3.4).

$$Genlik (M) = - \sum_{i=1}^D İNDEKS\_DEĞERİ(i) \quad (3.1)$$

Keskinlik değeri genlik değerinin geçen süreye oranı olup aşağıdaki şekilde hesap edilir.

$$Keskinlik (I) = \frac{M}{D} \quad (3.2)$$



Şekil 3.4 Kuraklık sınıfları ve nicelikleri

Geri dönüş süresi (L), iki kuraklık arasında geçen süredir. Bu ifade taşkın problemlerinde sıklıkla kullanılan geri dönüş periyodu (return period) anlamına gelmemektedir. Kuraklık olaylarında da geri dönüş periyodu hesaplamaları yapılabilir. Bu çalışmanın 4.2.1 bölümünde geri dönüş süresi ile ilgili 2 ifade kullanılmıştır. Bunlar; (1) aynı kuraklık sınıfındaki iki kuraklık olayı arasında geçen süreyi ifade eden “aynı kuraklık geri dönüşü” ve (2) aynı veya farklı kuraklık sınıfındaki herhangi iki kuraklık arasında geçen süre “herhangi kuraklık geri dönüşü” olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 3.6 Kuraklık indeks değerlerine göre kuraklık sınıfları

Kuraklık İndeksi	Çok Şiddetli Kuraklık (-3)	Şiddetli Kuraklık (-2)	Orta Şiddetli Kuraklık (-1)	Normal*
NYN (%)	≤ 40	40 - 55	55 - 80	80 - 100
YK (%)	≤ 10	10 - 20	20 - 30	30 - 70
Z-Skoru	≤ -2.00	(-1.99) - (-1.50)	(-1.49) - (-1.00)	(-0.99) - (0.99)
ÇZİ	≤ -2.00	(-1.99) - (-1.50)	(-1.49) - (-1.00)	(-0.99) - (0.99)
SYİ	≤ -2.00	(-1.99) - (-1.50)	(-1.49) - (-1.00)	(-0.99) - (0.99)
EKİ	≤ -2.00	(-1.99) - (-1.50)	(-1.49) - (-1.00)	(-0.99) - (0.99)

\* Nemli sınıflar gösterilmemiştir

### 3.2.2. Kuraklık indekslerinin hesaplanması

Bu bölümde, tez çalışmasında kullanılan indekslerin hesaplama yönteminden bahsedilecektir.

### 3.2.2.1. Normal yağış yüzdesi (NYY)

Normal yağış yüzdesinin hesaplanması iki adımdan oluşmaktadır. İlk adımda, bir serinin ortalama değeri ( $\bar{x}$ ) bulunur. Bu seri, kullanılan zaman adımına bağlı olarak yılın belirli bir ayındaki veya aylarındaki toplam yağış değerlerinden oluşmaktadır. Örneğin zaman adımı 1 ay olarak seçilmiş ve Ocak ayı hesap edilecek ise o zaman ortalama değer Ocak aylarında düşen yağışların ortalaması anlamındadır. Eğer zaman adımı 3 ay ve yine Ocak ayı ortalaması hesap edilecekse Kasım, Aralık ve Ocak aylarının toplamının seri içerisindeki ortalaması hesap edilir. İkinci adımda ise serideki her bir yağış değeri ( $x_i$ ) serinin ortalama değerine ( $\bar{x}$ ) bölünür ve 100 ile çarpılarak normal yağış yüzdesi bulunur.

$$NYY(\%) = \frac{x_i}{\bar{x}} 100 \quad (3.3)$$

### 3.2.2.2. Yağış kuyrukları (YK)

Yağış kuyrukları gerçek yağış serisi kullanılarak hesaplanır. İlk önce, yağış değerleri (zaman adımına bağlı olarak 1 ay veya aylar grubu olarak) küçükten büyüğe doğru sıralanarak kümülatif frekans dağılımı oluşturulur. Sonra bu dağılım kuyruklara (ondabirlik parçalara) ayrılır. Her bir %10'luk kuyruk kuraktan nemliye doğru sıralanmış olur. En az yağış grubunun olduğu ilk kuyruk en kurak ayları, son kuyruk ise en nemli ayları belirtir. Yağış kuyrukları genellikle her bir kuyruk bir sınıfı temsil edecek şekilde 10 sınıfa ayrılır. Bu kuyruklar 1'den 10'a kadar olan tamsayı değerleri ile gösterilir. Bu çalışmada da 10 sınıf kullanılmıştır ancak diğer kuraklık indeksleri ile senkronize olabilmesi açısından nemli sınıfları temsil eden 3 sınıf, Çizelge 3.6'da gösterilmemiştir.

### 3.2.2.3. Z-Skoru

Z-Skoru, referans olarak serinin ortalamasını ve standart sapma değerini kullanarak zaman serisinin standartlaştırma işlemidir. Standart sapma veri değerlerinin aritmetik ortalamadan farklarının karelerinin toplamının veri sayısının 1 eksiğine bölümünün kare köküdür, yani verilerin ortalamadan sapmalarının kareler ortalamasının karekökü olarak tanımlanır. Z-Skoru, aylık yağış değerinin ( $x_i$ ) ortalamadan ( $\bar{x}$ ) farkının standart sapmaya ( $\sigma$ ) bölümü ile bulunur.

$$Z - Skoru = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (3.4)$$

Eğer zaman adımı 1 ay ise  $x_i$  belirli bir ay için aylık toplam yağışı,  $\bar{x}$  bu ayların seri içerisindeki ortalamasını temsil etmektedir. Zaman adımı 1'den farklı ise  $x_i$ , bahsi geçen ayın kendisi de dahil olmak üzere kendinden önce gelen (zaman adımı-1) aylara ait toplam yağışı ifade etmektedir.

#### 3.2.2.4. Çin Z indeksi (ÇZİ)

ÇZİ şu şekilde hesap edilmektedir.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.5)$$

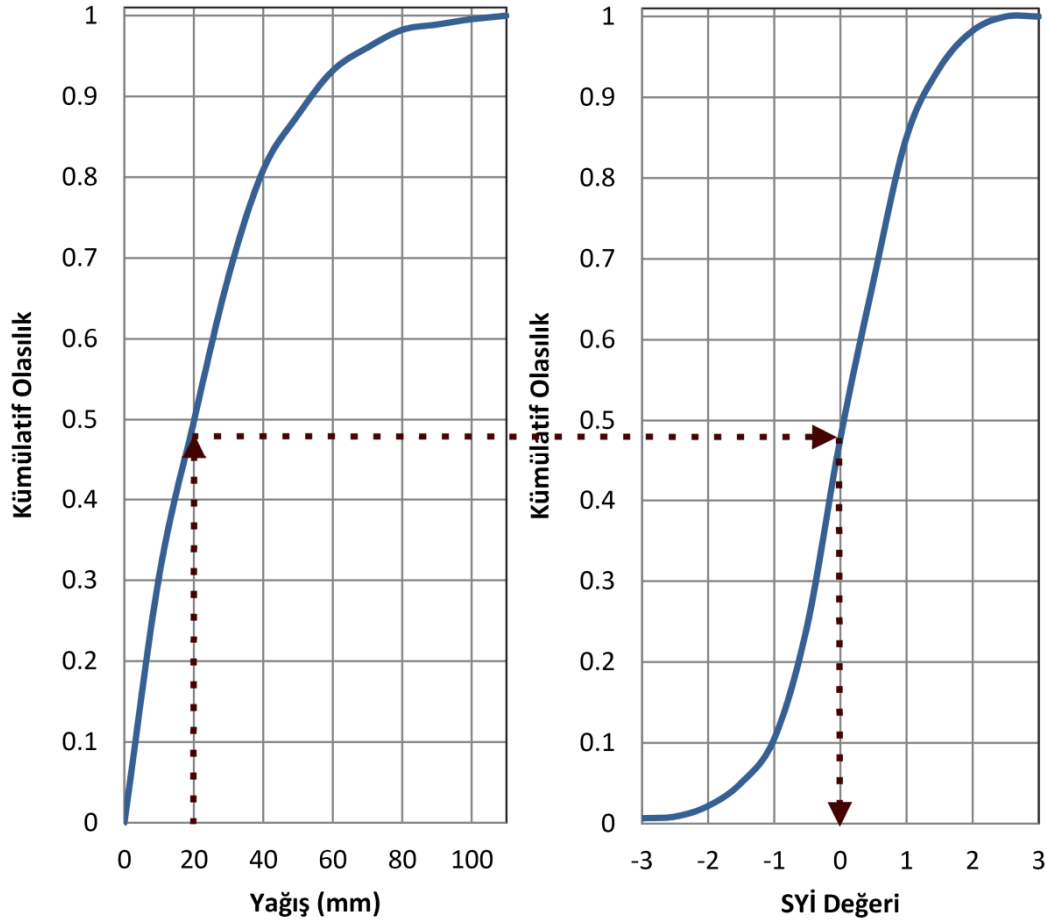
$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n \times \sigma^3} \quad (3.6)$$

$$\text{ÇZİ} = \frac{6}{C_s} \left( \frac{C_s}{2} \text{ZSkoru} + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \quad (3.7)$$

Burada standart sapma  $\sigma$ , yağış gözlemlerinin sayısı yani yıl sayısı  $n$  ve çarpıklık katsayısını  $C_s$  ile ifade edilmektedir. Z-Skoru'nda bahsedildiği şekliyle  $x_i$  ve  $\bar{x}$  hesaplanarak işlemler yapılır.

#### 3.2.2.5. Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ)

SYİ'nin temeli Z-Skoru'nda olduğu gibi yağış verisinin normalleştirme işlemidir. Z-Skoru'nda yağış verisinin normal dağılıma uyduğu kabul edilerek işlem yapılır. Oysa yağış verilerinin genellikle normal dağılıma uymadığı, yağışları en iyi temsil eden dağılımın gamma dağılımı olduğu bilinmektedir. SYİ'nin hesaplanması için ilk önce zaman adımına bağlı olarak yağış verisinin frekans dağılımı oluşturulur. Sonra gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu, elde edilen ampirik yağış frekans dağılımına uydurulur. Son olarak uydurulmuş gamma dağılımına denk standart normal dağılım dönüşümü uygulanır (Şekil 3.5). Böylelikle SYİ değerlerini içeren yeni bir seri elde edilmiş olur. Bu serinin ortalaması 0 ve varyansı 1'dir. Bu dönüşüm sayesinde elde edilen SYİ değerleri başka bölgelerdeki SYİ değerleri ile karşılaştırılarak konumsal farklılıklar ortaya konulabilir.



Şekil 3.5 Karapınar istasyonunda aylık toplam yağışın teorik dağılımdan normal dağılıma dönüşümü

Kullanılan gamma dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu şu şekilde ifade edilir.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad x > 0 \text{ için} \quad (3.8)$$

Maksimum olabilirlik metodu kullanılarak,  $\bar{x}$  yağış ortalamasını temsil etmekte iken aşağıdaki gibi  $\alpha$  (şekil) ve  $\beta$  (ölçek) parametreleri tahmin edilir.

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \text{ ve } \beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (3.9)$$

Çarpıklık sadece şekil parametresi  $\alpha$ 'ya bağlıdır. Dolayısı ile  $\alpha$  büyüdükçe dağılım normal dağılıma doğru yaklaşır.

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (3.10)$$



Burada n gözlem sayısını ifade etmektedir. Elde edilen parametreler aşağıdaki şekilde olasılık fonksiyonunu oluşturmakta kullanılır.

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (3.11)$$

Gamma dağılımı x'in sıfır değerleri için tanımsızdır. Yağış serisi sıfır değerleri içerebileceğinden, sıfır ve sıfırdan farklı yağışlar için kümülatif olasılık değerleri, H(x);

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (3.12)$$

şeklinde hesap edilir. Burada q, sıfır yağışın olması durumudur. Eğer seride bulunan sıfırların sayısına “m” denilecek olursa, q=m/n olarak hesap edilebilir.

Şekil 3.5’de görüldüğü gibi Karapınar istasyonu için örnek bir dönüşüm gösterilmiştir. Burada 20 mm’lik bir aylık yağışa karşılık gelen SYİ değeri 0 (sıfır) olarak gösterilmiştir.

### 3.2.2.6. Efektif kuraklık indeksi (EKİ)

EKİ, normale dönüş yağışının (NDY) bir fonksiyonudur. NDY, kuraklığın başladığı andan itibaren oluşan kümülatif yağış eksikliğini giderecek yağış miktarıdır. NDY, aylık efektif yağış (EY) ile hesap edilir. Onun için ilk adım EY’nin hesaplanmasıdır. EY, içinde bulunulan aya ait yağış miktarı ile yıllık ağırlıklı yağış miktarının bir fonksiyonudur. Eğer  $P_i$  yağış miktarı ve N ağırlıklı hesaplanacak ayların süresi ise (bir yıl için 12), içinde bulunulan ayın EY’si:

$$EY = \sum_{m=1}^N \left[ \left( \sum_{i=1}^m P_i \right) / m \right] \quad (3.13)$$

şeklinde hesap edilir. Sonra her ay için EY’nin ortalaması ( $\overline{EY}$ ) bulunur ve efektif yağışın ortalamadan sapması (EYS) hesap edilir. Böylelikle EY serisi, EYS serisine dönüştürülmüş olur.

$$EYS = EY - \overline{EY} \quad (3.14)$$

Daha sonra aşağıdaki şekilde NDY değerleri hesap edilir.

$$NDY = EYS / \sum_{i=1}^N \frac{1}{i} \quad (3.15)$$

Burada gösterilen 1’den N’e toplam terimi, geçmişteki ayları göz önünde bulundurarak ağırlıklı yağışı hesap edebilmek için kullanılan bir azaltım katsayısı olarak

düşünülebilir. Örneğin NDY'yi bir yıllık ağırlıklı hesaplamak EYS değerinin  $3.1 (1/1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/12)$  sayısına bölümü anlamına gelmektedir. Bu sayıyı bir yıl için kabaca 3 olarak düşünecek olursak, normale dönmek için gerekli yağış miktarı efektif yağış sapmasının  $1/3$ 'ü kadar yağışa ihtiyaç olacaktır. Son adımda EKİ;

$$EKİ = NDY/\sigma_{NDY} \quad (3.16)$$

şeklinde hesap edilir. Burada  $\sigma_{PRN}$ , ilgili ayın NDY değerinin standart sapmasıdır.

### 3.2.3. Kuraklık indeks değerlerinin kuraklık sınıfı zaman serisine dönüştürülmesi

Hesap edilen bütün kuraklık indeksi zaman serilerinin değerleri bu aşamada tamsayıya dönüştürülerek yeni zaman serileri elde edilmiştir. “Tamsayı” ifadesinden kasıt kuraklık sınıflarını temsil eden kategorilerdir. Çizelge 3.6’da görüldüğü gibi “-3” çok şiddetli kuraklığı, “-2” şiddetli kuraklığı, “-1” orta şiddetli kuraklığı, “0” normal süreci belirtmektedir. Yapılan bu kuraklık çalışmasında nemlilik durumu sınıflandırılmamış ve “+1” tamsayısı tüm nemli durumlar için kullanılmıştır. Kuraklık indeksi değerinin tamsayıya yani ifade ettiği kuraklık sınıfına dönüştürülmesi yine Çizelge 3.6’daki matematiksel ifadelerle göre yapılmıştır. Örneğin “kuraklık indeksi zaman serisi” içerisinde bir SYİ değeri -1.63 ise bu değer şiddetli kuraklığı ifade etmektedir ve yeni oluşturulan “kuraklık sınıfı zaman serisi”nde tamsayı karşılığı -2’dir. Aynı şekilde bir NYY değeri %35 ise bu değer kuraklık sınıfı olarak karşılığı çok şiddetli kuraklıktır ve tamsayı olarak da -3 olarak gösterilir. Z-Skoru, ÇZİ, SYİ ve EKİ bu anlamda zaten senkronizedir ve dönüşüme ihtiyaç duymadan aynı kuraklık sınıfını göstermektedir. Ancak NYY ve YK onlardan farklı sınıflandırma değerlerine sahiptir. Sayısal büyüklükleri karşılaştırmak yerine o sayının ifade ettiği kuraklık sınıfının kategorik karşılaştırmasını yapabilmek için bu dönüşüme ihtiyaç vardır. Bu iki farklı karşılaştırma yöntemi ile elde edilecek sonuçların farklılıklar göstereceği düşünülmektedir. Diğer bir ifade ile niceliksel karşılaştırma ve niteliksel karşılaştırma sonuçlarının aynı olup olmadığı test edilecektir.

Bu tamsayıya dönüştürme işleminden sonra iki adet zaman serisi elde edilmiş olur. Birincisi doğrudan olarak kuraklık indeksi hesaplamaları sonucunda elde edilen kuraklık indeksi değerleri yani “kuraklık indeksi zaman serisi”, ikincisi bu değerlerin tamsayıya dönüştürülmesi ile elde edilen “kuraklık sınıfı zaman serisi”dir. Bu zaman serileri, her bir istasyon için bütün kuraklık indeksi ve zaman adımı kombinasyonlarına ait olmak üzere ayrı ayrı oluşturulur. Daha açık bir ifade ile, kullanılan 5 kuraklık

indeksi (NYY, YK, Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ) ve bunların 18 farklı zaman adımı (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 24, 30, 36 ve 48 ay) ve EKİ olmak üzere her bir istasyonda 91 adet ( $5 \text{ indeks} \times 18 \text{ zaman adımı} + \text{EKİ} = 91$ ) “kuraklık indeksi zaman serisi” hesap edilmiştir. Sonrasında bu zaman serisi dönüşüme tabii tutularak tamsayılardan oluşan ikizi niteliğinde 91 adet “kuraklık sınıfı zaman serisi” oluşturulmuştur.

Elde edilen bu ikiz zaman serilerinin bu aşamadan sonra birbirleri ile herhangi bir etkileşimi olmayacaktır. Aşağıda bahsedilen karşılaştırma yöntemi her iki zaman serilerine ayrı ayrı uygulanarak sonuçlar 4.1 bölümünde verilecektir.

### 3.2.4. Kuraklık zaman serilerinin karşılaştırılması

Karşılaştırma işleminden önce karşılaştırılacak zaman serilerini oluşturmak için 91 adet sütun oluşturulmuştur. Her bir sütun kuraklık indekslerinin farklı zaman adımını temsil etmektedir. Her sütun 456 satırdan oluşmaktadır. Her bir satır Ocak 1972’den Aralık 2009’a kadar olan 38 yılın her bir ayını temsil etmektedir. Yapılan bu işleme örnek teşkil etmesi açısından bir istasyon için oluşturulan her biri  $91 \times 456$  büyüklüğündeki tabloların bir kısmı Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8’de verilmiştir. Çizelge 3.7 kuraklık indeksi zaman serilerini, Çizelge 3.8 kuraklık sınıfı zaman serilerini içermektedir.

**Çizelge 3.7** Kuraklık indeks zaman serileri ile oluşturulan 91 sütun 456 satırlık tablonun örnek kısmı

	NYY <sub>1</sub>	YK <sub>1</sub>	Z-Skoru <sub>1</sub>	ÇZİ <sub>1</sub>	SYİ <sub>1</sub>	NYY <sub>2</sub>	YK <sub>2</sub>	Z-Skoru <sub>2</sub>	ÇZİ <sub>2</sub>	SYİ <sub>2</sub>	...
Oca 72	51	1	-0.88	-0.87	-0.67						...
Şub 72	196	10	1.88	1.81	1.44	118	7	0.44	0.54	0.55	...
Mar 72	41	1	-1.07	-1.2	-1.3	113	7	0.3	0.39	0.43	...
Nis 72	90	7	-0.25	-0.14	-0.12	70	2	-0.84	-0.83	-0.86	...
↓...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Eyl 09	164	7	0.61	0.72	0.79	120	7	0.18	0.55	0.5	...
Eki 09	14	1	-1.01	-1.09	-1.25	53	1	-0.65	-0.59	-0.34	...
Kas 09	189	10	1.32	1.29	1.1	114	7	0.28	0.36	0.43	...
Ara 09	153	10	0.95	0.98	0.94	169	10	1.72	1.69	1.45	...

Çizelge 3.7’deki her bir sütun kendisi ve diğer sütunlarla eşleştirilerek iki zaman serisi arasındaki Pearson korelasyon katsayısı hesap edilmiştir. Elde edilen korelasyon sonuçları  $91 \times 91$ ’lik yeni bir tablo ile tutulmaktadır. Çizelge 3.7’deki eşleştirmeler sonucunda elde edilen korelasyon katsayıları Çizelge 3.9’da, Çizelge 3.8’deki zaman serilerinin korelasyon katsayıları da Çizelge 3.10’da örnek olarak verilmiştir.



Bu işlemler tüm istasyonlar için yapılmıştır. Daha sonra, tüm istasyonlar için oluşturulan korelasyon matrisleri birleştirilerek havzayı temsil etmesi için ortalaması alınmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Kuraklık Sınıfı Zaman Serilerinin Karşılaştırma Sonuçları

#### 4.1.1. Kuraklık indeksleri arasındaki ilişki

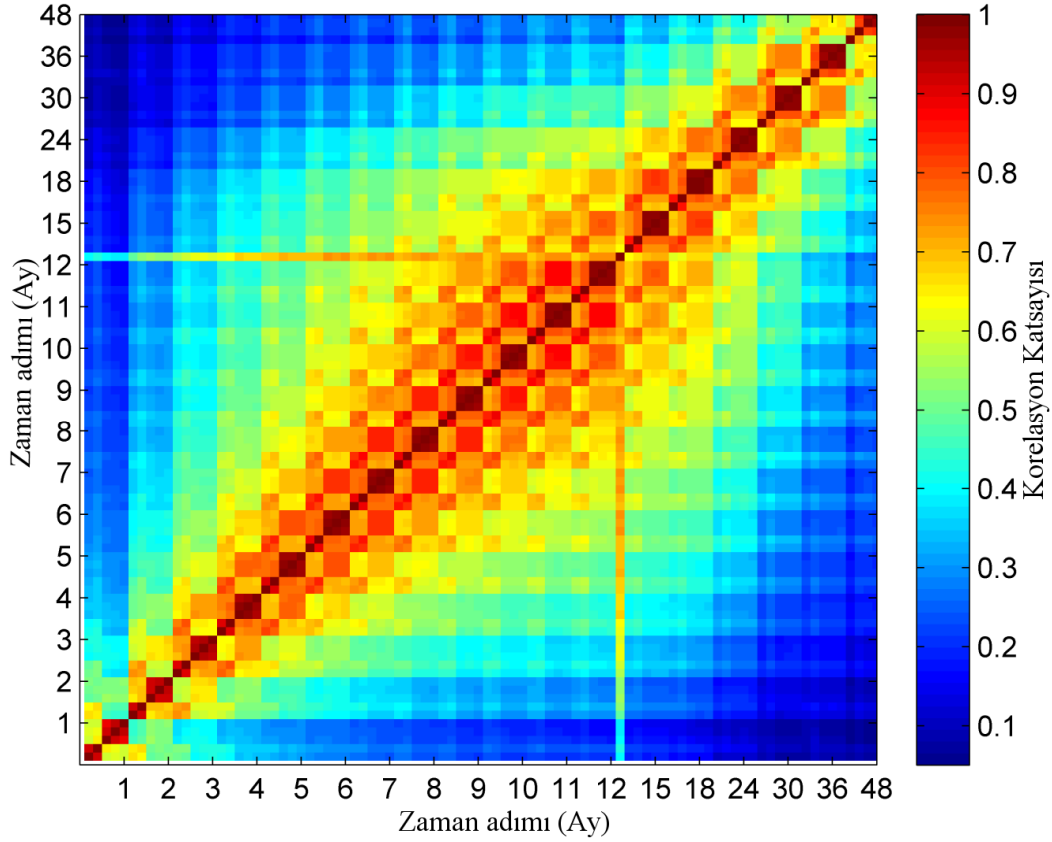
Korelasyon matrisleri incelendiğinde en yüksek kümülatif korelasyon katsayısı EKİ için bulunmuştur. Bu değer diğer indeksler için bulunan kümülatif korelasyon katsayılarından oldukça yüksektir.

Çizelge 3.10'daki  $91 \times 91$ 'lik matriste gösterilemeyen korelasyon katsayıları Matlab programı yardımıyla oluşturulan Şekil 4.1'de gösterilebilmektedir. Şekil 4.1'de kuraklık indekslerine ait korelasyon katsayılarının zaman adımına göre nasıl değiştiği görülmektedir. Apsiste 5 farklı kuraklık indeksi aynı zaman adımı içerisinde gösterilmektedir. Örneğin 1 aylık zaman adımından önce gelen 5 piksel (küçük nokta) sırasıyla  $NYI_1$ ,  $YK_1$ ,  $Z\text{-Skoru}_1$ ,  $\text{ÇZİ}_1$  ve  $SYI_1$ 'den oluşmaktadır. Şekil üzerinde 12 aylık zaman adımından hemen sonra gelen piksel EKİ'nin korelasyonunu göstermektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi EKİ'nin korelasyonu diğer kuraklık indekslerinkinden yüksektir. Küçük ve büyük zaman adımlarının korelasyon katsayıları düşük iken, ortanca zaman adımları (8, 9, 10, 11, 12 aylık) daha yüksek korelasyon katsayılarına ( $>0.55$ ) ulaşmaktadır. Bunun iki ana sebebi vardır. Birincisi, ortanca zaman adımları küçük ve büyük zaman adımları ile daha iyi bir korelasyon göstermektedir (korelasyon uzun mesafede de var). İkinci sebep ise ortanca zaman adımlarının kendilerine yakın olan zaman adımlarıyla daha kuvvetli bir korelasyona sahip olmasıdır (kısa mesafede çok daha yüksek korelasyon). Bununla birlikte EKİ diğer indekslerin birçok zaman adımı ile daha yüksek korelasyon göstermiştir. Bu da EKİ'yi toplamda en iyi korelasyona sahip kuraklık indeksi yapmıştır. Ayrıca aynı zaman adımları için  $Z\text{-Skoru}$ ,  $\text{ÇZİ}$  ve  $SYI$ 'nin kendi arasındaki korelasyonu da çok yüksektir ( $>0.90$ ).

#### 4.1.2. Zaman adımları arasındaki ilişki

Zaman adımları arasındaki ilişkiyi incelemek için bir kuraklık indeksinin belirli bir zaman adımı ile diğer kuraklık indekslerine ait tüm zaman adımı kombinasyonları arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bunun için belirli bir kuraklık indeksi zaman adımı ile diğer tüm indeksler eşleştirilerek ortalama korelasyon katsayısı bulunmuştur. Örneğin  $91 \times 91$ 'lik matriste  $SYI_1$ 'in sütunu, bu indeksin tüm kuraklık indeksleri ve bunların tüm

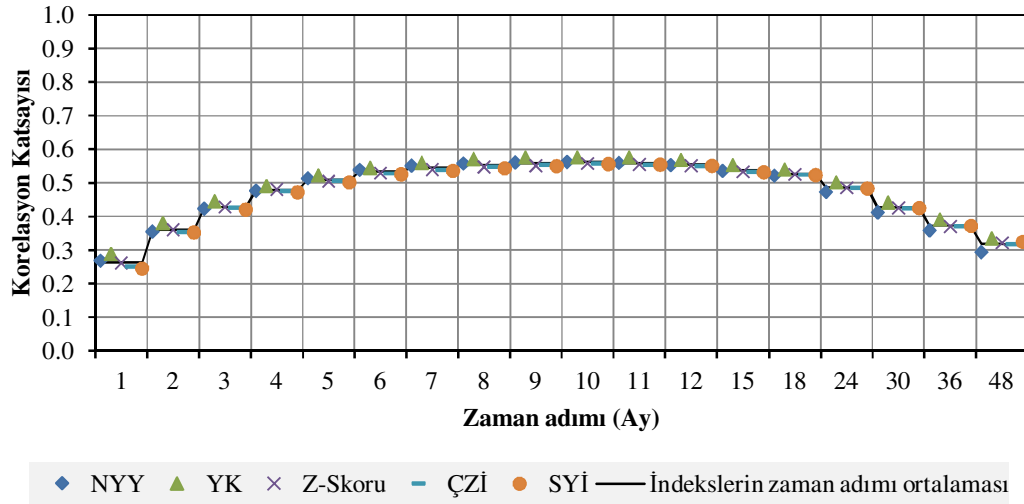
zaman adımları ile olan korelasyonunu ifade etmektedir. Bu sütunun ortalaması alındığında SYİ<sub>1</sub>'in diğer indekslerle olan ortalama korelasyon katsayısı elde edilmiş olur. Her bir indeks zaman adımının bu şekilde ortalama korelasyon katsayıları hesap edilerek Şekil 4.2'de verilmiştir.



**Şekil 4.1** Farklı zaman adımlı kuraklık indekslerinin korelasyonu. Zaman adımlarının her biri 5 farklı kuraklık indeksinden oluşmaktadır (Zaman adımı içerisinde yer alan 5 piksel sırasıyla NYY, YK, Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ'dir. EKİ 12 aylık zaman adımından hemen sonra yer almaktadır). Ortak korelasyon katsayısını göstermek üzere yatay ve düşeyde aynı 91 kuraklık indeksi yer almaktadır.

SYİ<sub>1</sub>'in ortalama korelasyon katsayısı 0.25 olup bu şekildeki yeri apsisteki 1 ay zaman adımına karşılık gelen ilk yuvarlakla ifade edilmektedir. Benzer şekilde YK<sub>12</sub> için ortalama korelasyon katsayısı 0.57 olarak hesap edilmiş olup 12 ay zaman adımındaki üçgen ile ifade edilmektedir. İndekslerin zaman adımı ortalaması da her bir zaman adımındaki 5 indekse ait değerlerin ortalaması alınarak hesap edilmiş ve Şekil 4.2'de sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Böylelikle kuraklık indeksinden bağımsız olarak zaman adımının ortalama korelasyon katsayısı ortaya konulmuştur. Şekil 4.2'den de

anlaşılacağı gibi belirli bir zaman adımı için kuraklık indeksleri benzer korelasyonlar göstermiştir. Dolayısı ile kuraklık indeksinin başarısı kadar seçilen zaman adımının da önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. NYY ve YK küçük zaman adımlarında Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ'den az da olsa daha yüksek bir korelasyon gösterirken büyük zaman adımları için NYY diğer indekslere göre daha düşük bir korelasyon göstermektedir.



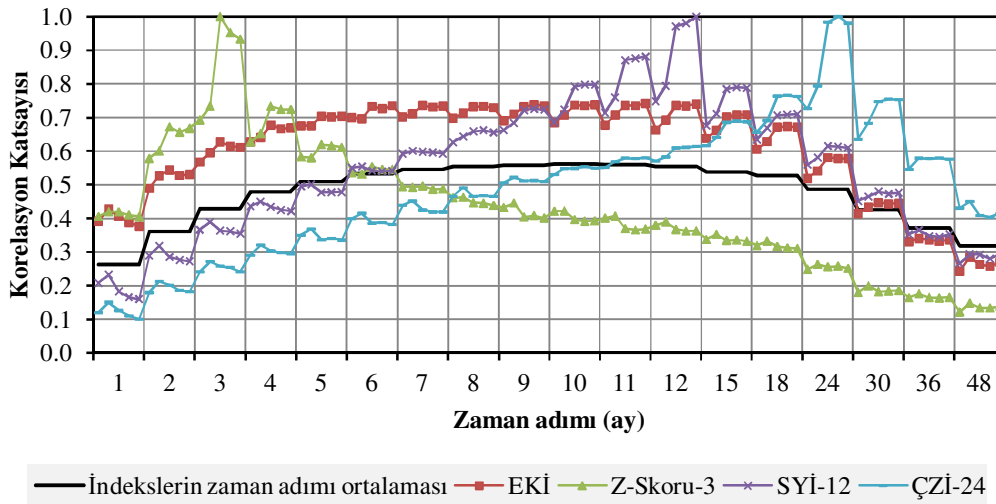
**Şekil 4.2** Belirli bir kuraklık indeksi zaman adımının tüm kuraklık indeksi zaman adımları ile olan ortalama korelasyonu

Şekil 4.2'de medyan zaman adımlarının (5-18 ay arası) daha yüksek korelasyon (>0.5) gösterdiği de görülmektedir. Kuraklık zamanla kümülatif olarak artan su eksikliği olduğu için çok aylı yapılan analizlerin özellikle yarı kurak/kurak bölgelerde daha iyi bir gösterge olacağı düşünülmektedir. Çünkü bu tür bölgelerde birkaç ay veya mevsimsel yağış eksikliği doğal karşılanmaktadır. Kuraklık indekslerini karşılaştırma çalışmalarında (Keyantash ve Dracup, 2002; Morid ve ark., 2006; Barua ve ark., 2011) sıklıkla 1 aylık zaman adımı kullanılmaktadır. Kuraklık indeksinin duyarlılığı araştırılırken zaman adımının etkilerini de hesaba katmanın çok önemli olduğu düşünülmektedir. Çok açık görülmektedir ki en düşük korelasyon katsayısı 1 aylık zaman adımı için elde edilmiştir. Sonra sırasıyla 48 aylık ve 2 aylık zaman adımları gelmektedir. Yarı kurak ve kurak bölgeler için kısa veya uzun süreli kuraklık analizleri yapılırken sadece küçük zaman adımlarının uygulanması yerine en azından 6 ve 9 aylık gibi zaman adımları da çalışmaya dahil edilmelidir.



#### 4.1.3. Belirli bir kuraklık indeksi ile zaman adımları arasındaki ilişki

Belirli bir kuraklık indeksi zaman adımının diğer kuraklık indeksi zaman adımlarıyla ilişkisini incelemek için  $91 \times 91$ 'lik matristeki belirlenen kuraklık indeksinin sütunu çıkarılarak bu sütun üzerinde inceleme yapılmıştır. Çıkarılan bu sütun üzerindeki satırlar zaman adımına göre sınıflandırılmıştır. Farklı veya aynı kuraklık indekslerinin birbirine yakın olan zaman adımları için benzer korelasyon eğrileri tespit edilmiştir. Bundan dolayı Şekil 4.3 üzerinde küçük zaman adımlarının davranışını temsilen Z-skoru<sub>3</sub>, ortalama zaman adımlarını temsilen SYİ<sub>12</sub>, büyük zaman adımlarını temsilen ÇZİ<sub>24</sub> ve diğer indekslere olan başarısını göstermek için EKİ kullanılmıştır. Seçilmiş 4 farklı kuraklık indeksi (EKİ, Z-skoru<sub>3</sub>, SYİ<sub>12</sub> ve ÇZİ<sub>24</sub>) Şekil 4.3'de verilmiştir. Bu kuraklık indeksleri ile birlikte Şekil 4.2 için hesap edilen indekslerin zaman adımı ortalamaları, Şekil 4.3 üzerinde de sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Z-Skoru<sub>3</sub> gibi bütün küçük zaman adimli kuraklık indeksleri dağılım olarak sola çarpık, ÇZİ<sub>24</sub> gibi büyük zaman adimli kuraklık indeksleri de sağa çarpıktır. Bir zaman adımına karşılık gelen beş korelasyon katsayısı vardır. Bu beş korelasyon katsayısı ilgili serinin o zaman adımındaki kuraklık indeksleri (sırasıyla NYY, YK, Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ) ile olan korelasyonunu temsil etmektedir.



Şekil 4.3 Kuraklık indeksleri ile zaman adımları arasındaki ilişki

EKİ'ye ait olan korelasyon katsayı eğrisinin (Şekil 4.3) basıklık açısından diğer eğrilere göre farklı olduğu göze çarpmaktadır. Diğer eğrilere göre farklı olarak "platykurtik" yani düşük ama daha geniş pik değerleri ile daha zayıf kuyruklara sahip

bir özelliğindedir. EKİ en iyi korelasyonu 7, 8, 9, 10 ve 11 aylık zaman adımları ile göstermektedir. Bu zaman adımları için tüm indekslerin zaman adımı ortalaması 0.55 iken EKİ'nin ortalama korelasyon katsayısı 0.72'den daha büyük olarak bulunmuştur. 24 aylık zaman adımından önceki her zaman adımı için EKİ, tüm indekslerin zaman adımı ortalamasından yaklaşık 0.15 daha yüksek korelasyon göstermektedir. EKİ'nin, 24 aylık zaman adımından sonra az duyarlı olmaya başladığı tespit edilmiştir. EKİ genel olarak küçük zaman adımlarında bile kayda değer şekilde korelasyon göstermiştir.

Z-Skoru<sub>3</sub> sadece 2, 3 ve 4 aylık zaman adımlarında EKİ'den daha yüksek korelasyon katsayılarına sahiptir. Doğal olarak kendi zaman adımı olan 3 aylık indekslerde pik vermiştir. Çünkü Z-Skoru<sub>3</sub>-Z-Skoru<sub>3</sub> korelasyon katsayısı 1.00, Z-Skoru<sub>3</sub>-ÇZİ<sub>3</sub> korelasyon katsayısı 0.95 ve Z-Skoru<sub>3</sub>-SYİ<sub>3</sub> korelasyon katsayısı 0.93 olarak bulunmuştur. Yalnız Z-Skoru<sub>3</sub> aynı yüksek korelasyonları, aynı zaman adımı için hesap edilmiş olsalar da NYY<sub>3</sub> (0.69) ve YK<sub>3</sub> (0.73) ile göstermemiştir. Z-Skoru<sub>3</sub>, indekslerin zaman adımı ortalamasından 5 aylık zaman adımına kadar daha yüksek korelasyon katsayıları elde etmiştir. Daha sonraki zaman adımları için korelasyon katsayıları çarpıcı bir şekilde düşmüştür. Buradan da anlaşılacağı üzere büyük adımlı bir kuraklık indeksinin kullanılması gereken bir analizde eğer küçük adımlı bir indeks kullanılırsa bu analizin hassas olmayacağı açıktır.

SYİ<sub>12</sub> 7 aylık zaman adımına kadar indekslerin zaman adımı ortalamasından biraz düşük korelasyon katsayılarına sahiptir. Sonraki zaman adımlarında korelasyonu hızla yükselerek kendi zaman adımı olan 12 aylık zaman adımında pik yapmıştır. SYİ<sub>12</sub> sadece 10, 11, 12 ve 15 aylık zaman adımlarında EKİ'den belirgin bir şekilde daha yüksek korelasyon katsayılarına sahiptir. EKİ 9 aylık zaman adımı öncesinde SYİ<sub>12</sub>'den yaklaşık olarak 0.2 puan yüksek korelasyon katsayılarına sahiptir. ÇZİ<sub>24</sub> EKİ'den sadece 18 aylık zaman adımı sonrasında daha yüksek korelasyon katsayılarına sahiptir. Öncesindeki zaman adımlarında EKİ daha yüksek korelasyonlara sahiptir.

Çalışmanın bu aşamasında Z-Skoru, SYİ ve ÇZİ'nin aynı zaman adımları için benzer ve tutarlı sonuçlar elde ettiği ancak NYY ve YK'nın onlarla tutarsız olduğu anlaşılmıştır.

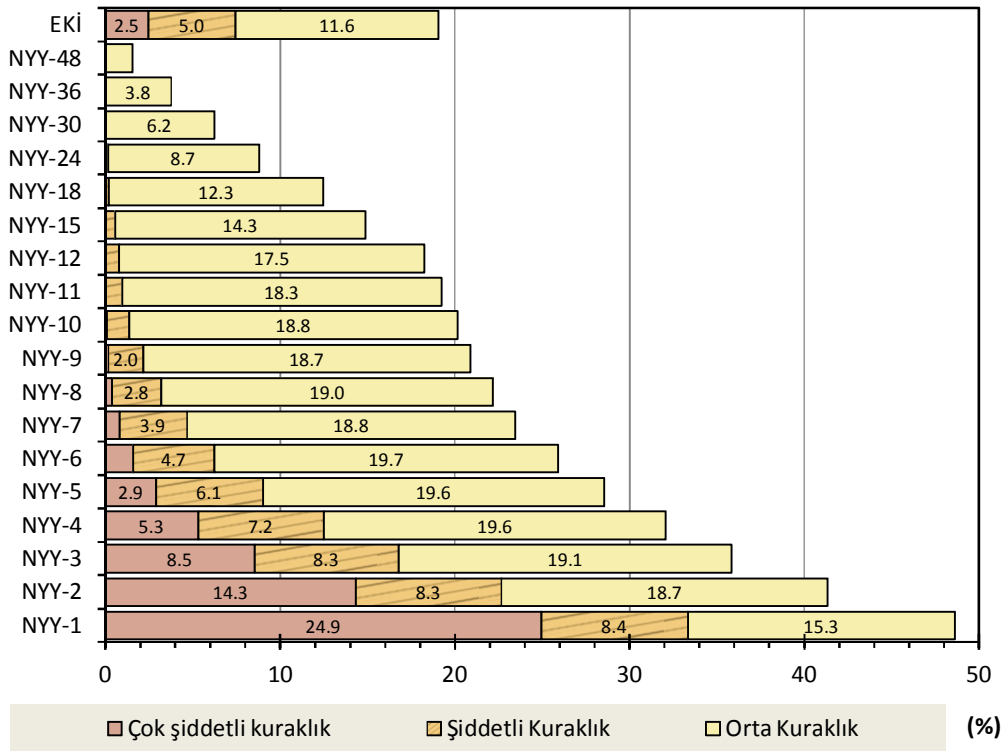
#### 4.1.4. İndekslerin tespit ettiği kuraklık sınıflarının karşılaştırılması

Daha önceki bölümlerde en yüksek kümülatif korelasyon katsayısının EKİ'ye ait olduğu (Bölüm 4.1.1), ayrıca EKİ'nin birçok zaman adımı için ortalamadan daha

yüksek korelasyona sahip olduğu (Bölüm 4.1.3) bulunmuştur. Ayrıca yapılan analizde her bir istasyon için en iyi korelasyon gösteren kuraklık indeksinin de EKİ olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde, kuraklık sınıfı zaman serileri içerisinde yer alan değerlerin sınıflandırılarak her bir indeksin tespit ettiği kuraklık sınıfları analiz edilmiştir. Örnek olarak, bir kuraklık indeksi 456 aylık zaman serisinde 10 ayı çok şiddetli kuraklık olarak tespit etmişse bu zaman serisindeki çok şiddetli kuraklık oranı  $10/456=\%2.2$  olarak bulunur.

EKİ en iyi korelasyon gösteren kuraklık indeksi olduğu için bu bölümdeki karşılaştırmalarda EKİ referans olarak kullanılmıştır. Sonuçları daha iyi aktarabilmek için her bir karşılaştırma sonucu ayrı bir şekil ile verilmiştir. Bu şekiller sadece EKİ ile yapılacak kıyaslamada değil farklı indekslerin birbirleriyle karşılaştırmasında da kullanılmıştır. Ayrıca kuraklık indeksinin farklı zaman adımları ile kullanıldığında elde edilen sonuçlar bu şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 4.4 EKİ ve NYY'nin tespit ettiği kuraklık sınıfı yüzdeleri

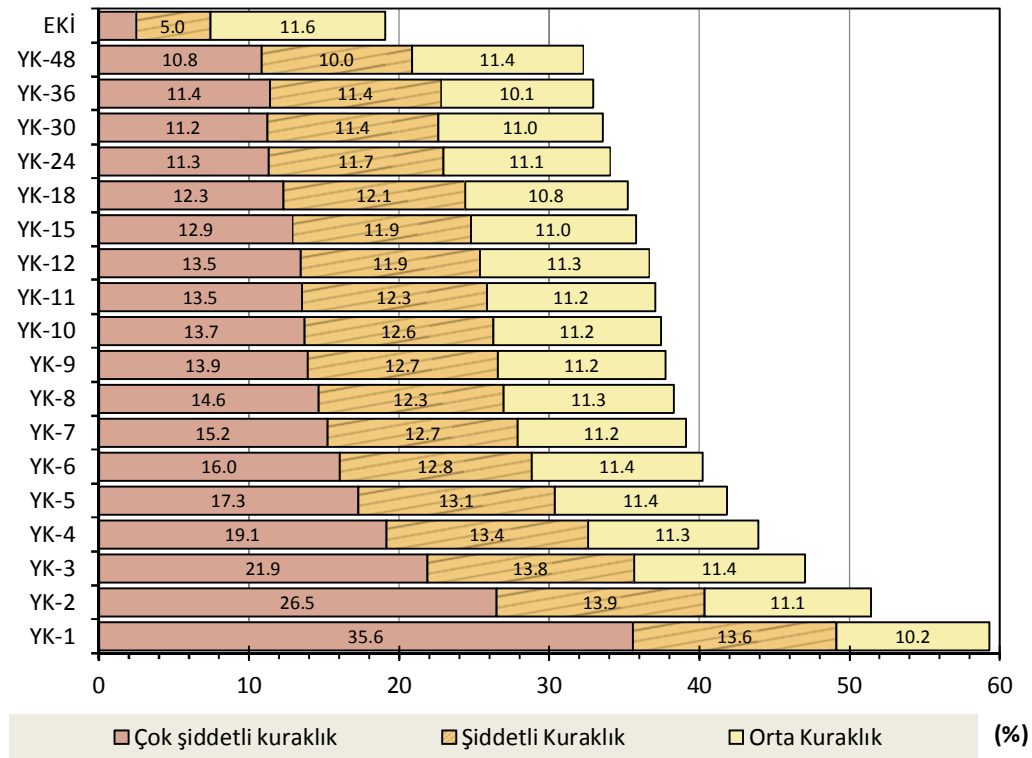
#### 4.1.4.1. NYY'nin EKİ ile karşılaştırılması

Zaman adımının artmasıyla NYY için tespit edilen toplam kuraklık yüzdeleri Şekil 4.4'de görüldüğü üzere çarpıcı bir şekilde azalmaktadır. Ayrıca zaman adımının artmasıyla çok şiddetli ve şiddetli kuraklıkların da yüzdeleri azalmaktadır.

11 ay ile 48 ay arasındaki hiçbir NYY zaman adımı için çok şiddetli kuraklık tespit edilmemiştir. Küçük zaman adımları için kuraklık yüzdeleri fazla iken büyük zaman adımlarında azdır. Zaman adımının değişmesi ile NYY'nin kuraklık sınıfı tespitindeki kararsızlık diğer kuraklık indekslerine göre en yüksek olarak bulunmuştur. Ayrıca NYY diğer kuraklık indekslerinden en farklı sonuçları veren indeks olarak tespit edilmiştir. EKİ ile olan ilişkisine bakıldığında en uyumlu değerlerin NYY<sub>5</sub> ve NYY<sub>6</sub> için elde edildiği görülmektedir.

#### 4.1.4.2. YK'nın EKİ ile karşılaştırılması

YK'nın tüm zaman adımları için orta şiddetli kuraklık yüzdeleri EKİ ile uyum göstermektedir. Fakat diğer kuraklık sınıfları için EKİ'nin sonuçlarından farklı yüzdeler elde edilmiştir.

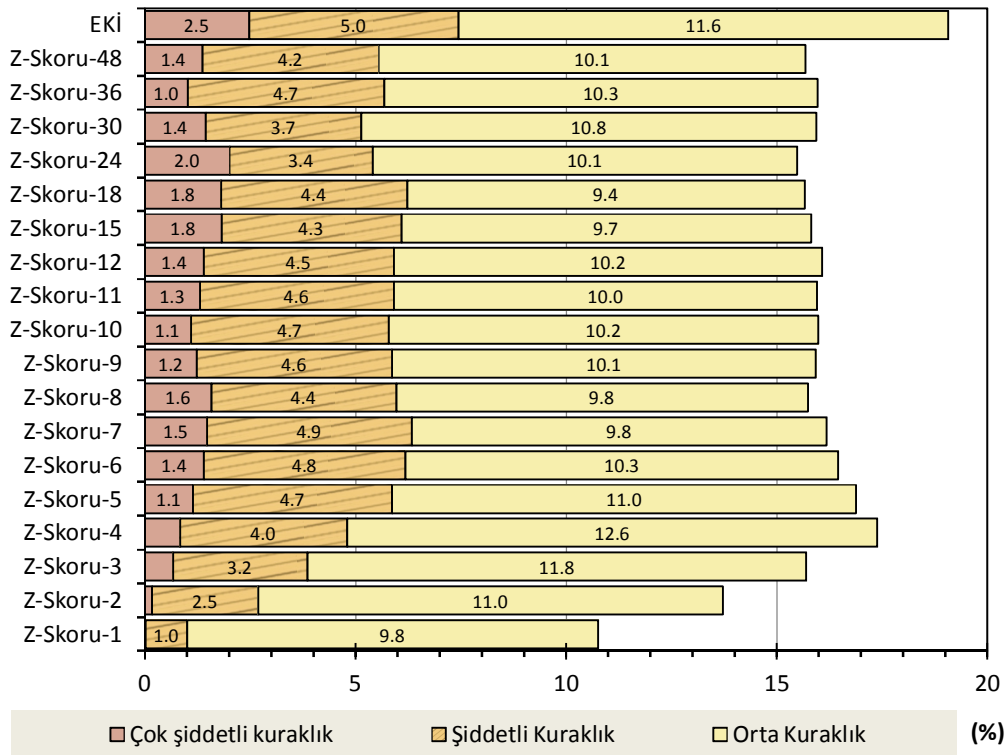


Şekil 4.5 EKİ ve YK'nın tespit ettiği kuraklık sınıfı yüzdeleri

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi YK minimum %32.2 (YK<sub>48</sub>) ile maksimum %59.4 (YK<sub>1</sub>) değerleri arasında toplam kuraklık yüzdesi göstermektedir. Bu değerlerin uygun olmadığı düşünülmektedir. YK'nın tüm zaman adımlarında, çok şiddetli kuraklık ve şiddetli kuraklık sınıfları için EKİ'ye göre çok çok yüksek yüzdeler elde edilmiştir. Özellikle küçük zaman adımları için bu yüzdeler çok daha aşırı seviyelerdedir. Şiddetli ve orta şiddetli kuraklık sınıflarında, YK zaman adımlarının daha tutarlı olduğu ancak yine de her bir sınıfın %10'un üzerinde olduğu görülmektedir.

#### 4.1.4.3. Z-Skorunun EKİ ile karşılaştırılması

Z-Skoru<sub>1</sub> zaman serisinde çok şiddetli kuraklık sınıfı tespit edilmemiştir. Aynı zamanda şiddetli kuraklık oranı da çok düşük (%1) bulunmuştur. Z-Skoru'nun tüm zaman adımları için tespit edilen toplam kuraklık yüzdesi EKİ'nin toplam kuraklık yüzdesinden (%19.1) düşüktür (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 EKİ ve Z-Skoru'nun tespit ettiği kuraklık sınıfı yüzdeleri

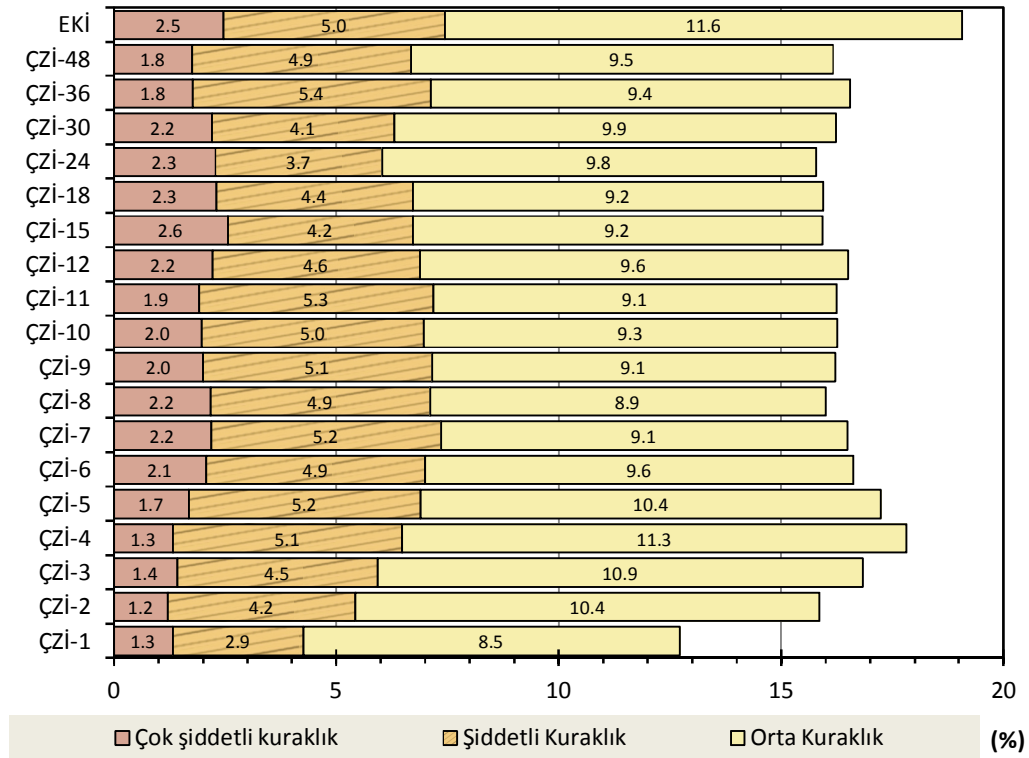
Orta şiddetli kuraklık yüzdeleri EKİ ile uyumlu bulunmuştur. EKİ orta şiddetli kuraklık sınıfı %11.6 olarak bulunmuş iken Z-Skorunun orta şiddetli kuraklık sınıfı için

tüm zaman adımları ortalaması %10.4 olarak bulunmuştur. Sadece Z-skoru<sub>3</sub> (%11.8) ve Z-Skoru<sub>4</sub> (%12.6) için EKİ'den daha yüksek orta şiddetli kuraklık yüzdesi bulunmuştur.

Z-Skoru'nun tüm zaman adımları için çok şiddetli ve şiddetli kuraklık yüzdeleri EKİ'ye göre daha düşük bulunmuştur. Z-Skoru'nun 4 ay zaman adımından sonraki zaman adımları için daha güvenilir olduğu düşünülmektedir. En uygun Z-Skoru adımının 6 ile 12 ay arasındaki zaman adımları olduğu belirlenmiştir. Z-Skoru<sub>1</sub>, Z-Skoru<sub>2</sub>, Z-Skoru<sub>3</sub> ve Z-Skoru<sub>4</sub>'ün diğerlerine göre daha tutarsız olduğu görülmektedir. En uygun olmayan sonuçlar Z-Skoru<sub>1</sub> için elde edilmiştir. Z-Skoru<sub>1</sub> zaman serisinde %9.8 orta şiddetli kuraklık, %1.0 şiddetli kuraklık ve %0 çok şiddetli kuraklık bulunmuş olup toplam kuraklık yüzdesi (%10.8) EKİ'den (%19.1) oldukça düşüktür.

#### 4.1.4.4. ÇZİ'nin EKİ ile karşılaştırılması

ÇZİ<sub>15</sub> (%2.6) hariç tüm zaman adımları için elde edilen çok şiddetli kuraklık yüzdeleri EKİ'ye göre daha az bulunmuştur (Şekil 4.7). 6 ile 30 ay zaman adımı arasındaki çok şiddetli kuraklık yüzdeleri birbirine yakın bulunmuştur (ortalama ve medyanı %2.2).

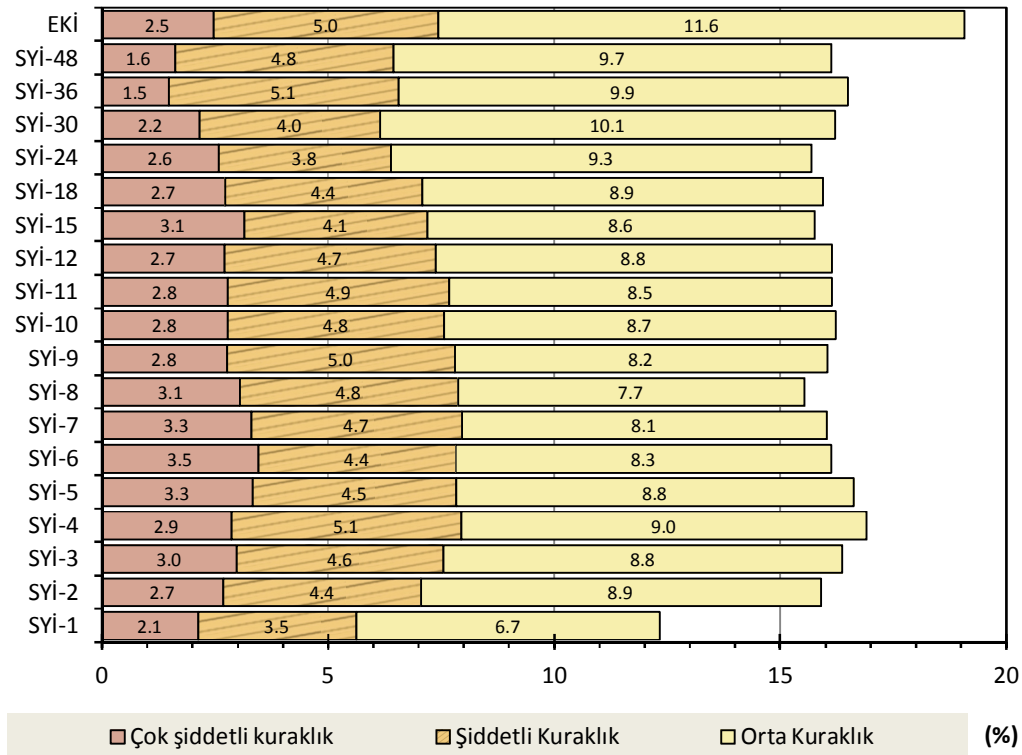


Şekil 4.7 EKİ ve ÇZİ'nin tespit ettiği kuraklık sınıfı yüzdeleri

Şiddetli kuraklık yüzdeleri birbirine yakın ve uyumlu bulunmuştur. ÇZİ<sub>4</sub>, ÇZİ<sub>5</sub>, ÇZİ<sub>7</sub>, ÇZİ<sub>9</sub>, ÇZİ<sub>11</sub> ve ÇZİ<sub>36</sub> için şiddetli kuraklıklar %5'in üzerinde bulunarak EKİ'den daha yüksektir. En yüksek şiddetli kuraklık yüzdesi ÇZİ<sub>36</sub> (%5.4) için bulunmuştur. Bulunan orta şiddetli kuraklık yüzdeleri tüm zaman adımları için EKİ'nin biraz gerisindedir. ÇZİ için bulunan toplam kuraklık yüzdeleri tüm zamanlarda EKİ'den (%19.1) daha düşüktür. ÇZİ<sub>6</sub> ve ÇZİ<sub>12</sub> arası tüm indeksler için benzer ve uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Diğerleri ile en uyumsuz sonuç ÇZİ<sub>1</sub> için elde edilmiştir. ÇZİ<sub>1</sub> için %1.3 çok şiddetli kuraklık, %2.9 şiddetli kuraklık ve %8.5 orta şiddetli kuraklık elde edilmiştir. Toplamda %12.7 kuraklık tespit edilen ÇZİ<sub>1</sub> EKİ'nin oldukça gerisindedir.

#### 4.1.4.5. SYİ'nin EKİ ile karşılaştırılması

EKİ için bulunan toplam kuraklık yüzdesi (%19.1), SYİ'nin tüm zaman adımları için bulunanlardan daha yüksektir. Ancak bu yüksekliğin büyük bir kısmı EKİ'nin orta şiddetli kuraklık yüzdesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.8 EKİ ve SYİ'nin tespit ettiği kuraklık sınıfı yüzdeleri

Çok şiddetli ve şiddetli kuraklıklarda yüzdeler birbirine daha yakınken EKİ'nin orta şiddetli kuraklık yüzdesi (%11.6) SYİ'nin orta şiddetli kuraklık yüzdelerinden tüm zaman adımlarında daha yüksektir.

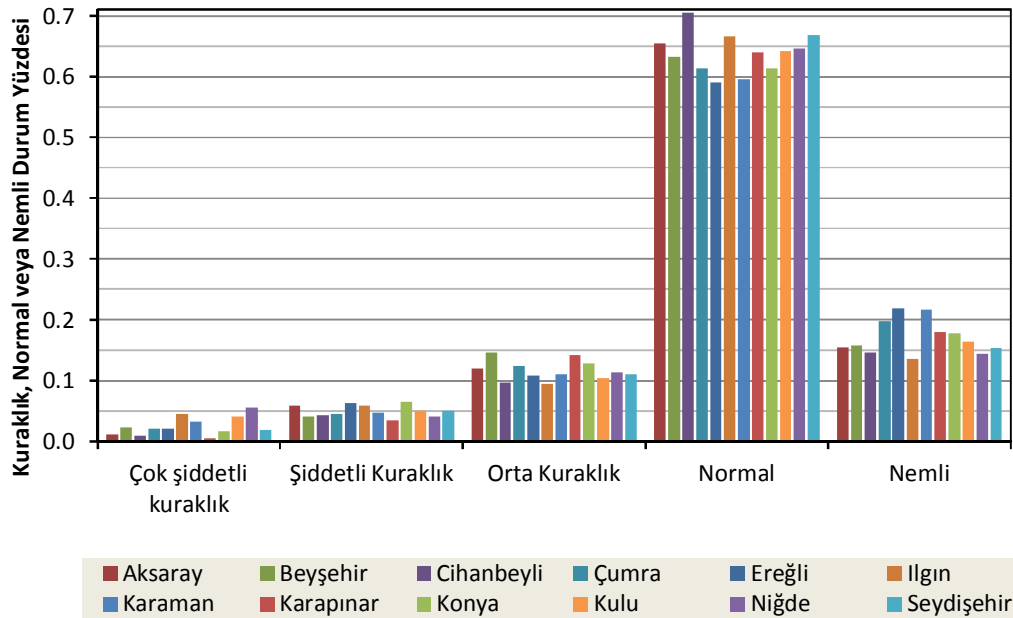
Şekil 4.8'de şiddetli kuraklıklara bakıldığında EKİ'nin %5, SYİ<sub>36</sub>'nın %5.1, SYİ<sub>9</sub>'un %5 ve SYİ<sub>4</sub>'ün %5.1 olduğu, diğer tüm zaman adımlarında %5'ten küçük olduğu görülmektedir. Şekil 4.8'deki en ilginç sonuçların SYİ<sub>2</sub> ile SYİ<sub>24</sub> arasındaki çok şiddetli kuraklık yüzdeleri olduğu düşünülmektedir. Bu zaman adımı aralığı için elde edilen çok şiddetli kuraklık yüzdeleri EKİ'den (%2.5) daha yüksektir. En yüksek çok şiddetli kuraklık oranı SYİ<sub>6</sub> için %3.5 olarak bulunmuştur. Zaman adımları arasında diğer en yüksek yüzdeler SYİ<sub>5</sub> ve SYİ<sub>6</sub> için (%3.3) bulunmuştur. Çok şiddetli kuraklık yüzdeleri SYİ<sub>1</sub> ile SYİ<sub>6</sub> arasında yükselmiş sonrasında azalmaya başlamıştır. SYİ<sub>15</sub> için elde edilen sonucun bu trende göre farklı olduğu tespit edilmiştir. ÇZİ<sub>15</sub>'de olduğu gibi SYİ<sub>15</sub> kendinden hemen önceki ve sonraki zaman adımlarından daha yüksek çok şiddetli kuraklık yüzdesine (%3.1) sahiptir. EKİ ile en uyumlu kuraklık indeksleri SYİ<sub>10</sub>, SYİ<sub>11</sub> ve SYİ<sub>12</sub> olarak tespit edilmiştir. SYİ'nin genel anlamda kendi içinde tutarlı olduğu düşünülmektedir. Ancak Şekil 4.8'de açık olarak görüldüğü gibi diğerleri ile en uyumsuz ve tutarsız olanın SYİ<sub>1</sub> olduğu tespit edilmiştir. SYİ<sub>1</sub> için %2.1 çok şiddetli kuraklık, %3.5 şiddetli kuraklık ve %6.7 orta şiddetli kuraklık yüzdeleri bulunmuştur. Toplamda %12.3 kuraklık tespit edilen SYİ<sub>1</sub> EKİ'nin ve diğer SYİ zaman adımlarının gerisindedir.

Şekil 4.4'den Şekil 4.8'e kadar olan 5 şekil incelendiğinde; Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ'nin %15 civarında toplam kuraklık yüzdesine sahip olduğu ve bu değer EKİ'ye (%19.1) göre biraz düşük kaldığı görülmüştür. Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ birbirleri ile oldukça uyumlu ve zaman adımları arasında tutarlı sonuçlar vermiştir. Özellikle ÇZİ ve SYİ'nin 6-12 ay arası zaman adımları çok uyumludur. Z-Skoru'nun ÇZİ ve SYİ'ye göre çok şiddetli kuraklıkları daha düşük, orta şiddetli kuraklıkları daha yüksek olduğu bulunmuştur. SYİ için sadece 36 ve 48 ay zaman adımları hariç her zaman adımında ÇZİ'den daha yüksek çok şiddetli kuraklık yüzdeleri bulunmuştur. Zaman adımları içindeki en yüksek toplam kuraklık yüzdeleri Z-Skoru<sub>4</sub>, ÇZİ<sub>4</sub> ve SYİ<sub>4</sub> için bulunmuştur. ÇZİ ve SYİ'nin birçok zaman adımı kendi kuraklık indeksinin zaman adımları ile daha tutarlı olup, tüm kuraklık indekslerinin 1 ay zaman adımı diğer zaman adımları ile uyumsuz olarak bulunmuştur.



#### 4.1.5. EKİ'nin tespit ettiği kuraklık sınıflarının konumsal dağılımı

Konya Kapalı Havzası benzer kuraklık sorunlarını havza genelinde yaşasa da, kuraklık sınıfları istasyondan istasyona konumsal farklılıklar göstermektedir. EKİ ile bulunan kuraklık durumlarının konumsal farklılıkları Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Bu istasyonlara ait yağış ve konumsal bilgiler Çizelge 3.1'de verilmişti. En az yıllık yağışa (286 mm) sahip olan Karapınar istasyonu olup, bu istasyon için EKİ'nin belirlediği çok şiddetli kuraklık (%0.5) ve şiddetli kuraklık (%3.4) yüzdeleri diğer istasyonlara göre en düşüktür. Bunun yanında havza genelinde en yüksek orta şiddetli kuraklık Beyşehir (%14.6) istasyonu için ikinci sırada Karapınar (%14.2) istasyonu için belirlenmiştir. Çok şiddetli ve şiddetli kuraklık yüzdeleri toplandığında en yüksek değerler sırasıyla Ilgın (%10.4), Niğde (%9.7), Kulu (%9.1) olarak öne çıkarken, en düşük değerler Karapınar (%3.9), Cihanbeyli (%5.2) ve Beyşehir (%6.4) istasyonları için bulunmuştur. Seydişehir istasyonu havzanın en yüksek yıllık yağışlı (740 mm) istasyonu olup havzanın en yağışlı olan güneybatısında yer almaktadır. Buna rağmen Seydişehir istasyonu için bulunan kuraklık yüzdeleri diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.9 EKİ kuraklık sınıfı zaman serisinde Konya Kapalı Havzası için 1972-2009 yılları arası kuraklık durumları (İstasyonlar soldan sağa alfabetik sırada verilmiştir)

## **4.2. Konya Kapalı Havzası Kuraklığının Analizi**

### **4.2.1. EKİ ile tespit edilen kuraklık olaylarının konumsal ve zamansal analizi**

Bu bölümde, EKİ ile elde edilen sonuçlar ışığında Konya Kapalı Havzasında tespit edilen kuraklık olaylarının karakterleri değerlendirilecektir. Daha önce bölüm 2.3.3 ve bölüm 3.2.1'de açıklandığı gibi indeks değerinin niceliği kadar kurak sürecin ne zaman başladığı, ne zaman bittiği, eğer kurak süreç bir kuraklığa dönüşmüş ise kuraklığın sınıfı, genliği ve keskinliği gibi özelliklerin tespit edilmesi gerekir. Tespit edilen bu özellikler sayesinde istasyon özelinde kuraklıkların izlenmesi ve gelecekteki kuraklıkların tanımlanması kolaylaşacaktır.

#### **4.2.1.1. Aksaray istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi**

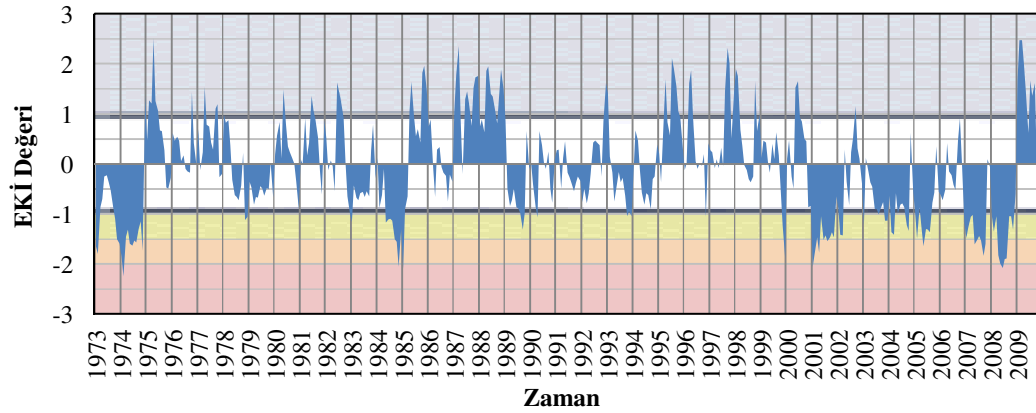
Aksaray istasyonunda tespit edilen en keskin kuraklık, 11 ay süren Aralık 2006-Kasım 2007 kuraklığı olup, sınıfına göre şiddetli kuraklık olmasına rağmen istasyondaki çok şiddetli kuraklıklardan daha keskindir. Bu kuraklık olayı, indeks değerinin Kasım 2007'de pozitif değere (0.1) ulaşması ile son bulmuş ancak Aralık-2007'de tekrar negatif değere (-0.05) düşmüştür. Bir sonraki ay Ocak 2008'de indeks değeri (-1.04) orta şiddetli kuraklığa işaret etmiştir. Kuraklık zaman içerisinde evrilerek önce şiddetli kuraklığa (Nisan 2008) sonra da çok şiddetli kuraklığa (Haziran 2008) dönüşmüştür (Şekil 4.10). Bu şiddetli ve çok şiddetli iki kuraklık olayı arasında sadece bir ay için (Kasım 2007) indeks değeri pozitif olduğundan istasyonu etkileyen en önemli kuraklığın Aralık 2006-Ocak 2009 olduğu düşünülmektedir. Aksaray istasyonunda en uzun kurak sürecin 2001-2009 yılları arasında olduğu Şekil 4.10'da görülmektedir. Ayrıca diğer istasyonlara benzer olarak Ocak 1973-Aralık 1974 periyodu da çok şiddetli kuraklık olarak tespit edilmiştir.

Toplamda 15 kuraklık olayının görüldüğü 1972-2009 periyodu için Aksaray istasyonunda 4 adet çok şiddetli kuraklık olayı tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Bu kuraklıklar toplam 67 ay sürmüş ve genlikleri toplamı 84.51 büyüklüğüne ulaşmıştır. Ayrıca istasyonda toplam 25 ay süren ve toplam genliği 31.05 olan 3 ayrı şiddetli kuraklık ve toplam 69 ay süren toplam genliği 51.02 olan 8 ayrı orta şiddetli kuraklık görülmüştür. Geri dönüş süresi incelendiğinde, istasyonda çok şiddetli kuraklıkların görülme oranı yaklaşık 10 yılda 1 olarak bulunmuştur.

**Çizelge 4.1** Aksaray istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler

#	Başlangıç	Bitiş	Süre (ay)	Genlik	Keskinlik	Aynı kuraklık geri dönüşü (ay)	Herhangi kuraklık geri dönüşü (ay)	Kuraklık Sınıfı*
1	1973-01	1974-12	23	28.59	1.24	-	-	-3
2	1978-11	1979-11	12	7.60	0.63	-	47	-1
3	1982-11	1983-10	11	7.52	0.68	36	36	-1
4	1984-02	1985-04	14	16.03	1.15	110	4	-3
5	1989-02	1989-11	9	7.50	0.83	64	46	-1
6	1990-02	1990-05	3	2.29	0.76	3	3	-1
7	1993-03	1994-02	11	5.96	0.54	34	34	-1
8	1996-11	1996-12	1	1.05	1.05	33	33	-1
9	1999-10	2000-01	3	3.60	1.20	-	34	-2
10	2000-11	2002-04	17	22.81	1.34	187	10	-3
11	2002-12	2003-02	2	1.59	0.80	72	8	-1
12	2003-03	2004-11	20	17.51	0.88	1	1	-1
13	2004-12	2005-11	11	12.00	1.09	59	1	-2
14	2006-12	2007-11	11	15.45	1.40	13	13	-2
15	2007-12	2009-01	13	17.08	1.31	68	1	-3
Toplam			161	166.58				

\* Kuraklık sınıfı; -3 çok şiddetli, -2 şiddetli, -1 orta şiddetli kuraklık

**Şekil 4.10** Aksaray istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri

#### 4.2.1.2. Beyşehir istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi

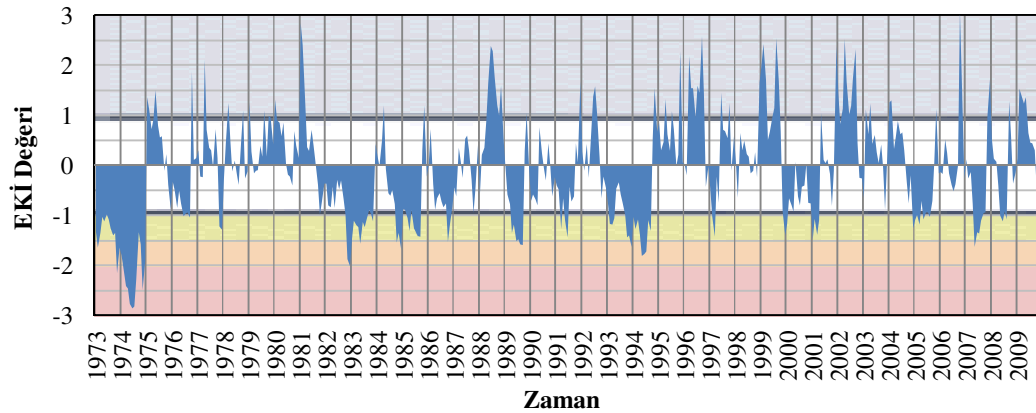
Beyşehir istasyonunda 2'si çok şiddetli, 5'i şiddetli, 8'i orta şiddetli olmak üzere 15 kuraklık olayı görülmüş, bunlar toplam 185 ay sürmüştür. İstasyonda toplam süresi en uzun ve genliği en büyük olan kuraklık sınıfı şiddetli kuraklık olarak dikkat çekmektedir. İstasyondaki 5 adet şiddetli kuraklık olayı toplam 71 ay sürmüş ve toplamda 70.80 genlik büyüklüğüne erişmiştir (Çizelge 4.2). 2 çok şiddetli kuraklık olayından ilki; diğer istasyonlara benzer olarak Ocak 1973-Ocak 1975 (24 ay)

periyodunda meydana gelmiş ve bu çok şiddetli kuraklık olayının genliği 42.98 değerine ulaşmıştır. Bu kuraklık olayı istasyondaki genliği en büyük ve aynı zamanda keskinliği (1.79) en yüksek kuraklık olayıdır. İkinci çok şiddetli kuraklık olayı Eylül 1981-Aralık 1983 (27 ay) periyodunda gerçekleşmiş ancak bu kuraklık olayının genliği (25.30), süresinin 3 ay daha uzun olmasına rağmen bir önceki çok şiddetli kuraklık genliğinin çok altında kalmıştır.

**Çizelge 4.2** Beyşehir istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler

#	Başlangıç	Bitiş	Süre (ay)	Genlik	Keskinlik	Aynı kuraklık geri dönüşü (ay)	Herhangi kuraklık geri dönüşü (ay)	Kuraklık Sınıfı*
1	1973-01	1975-01	24	42.98	1.79	-	-	-3
2	1975-11	1976-10	11	8.13	0.74	-	10	-1
3	1977-11	1978-02	3	2.77	0.92	13	13	-1
4	1981-09	1983-12	27	25.30	0.94	80	43	-3
5	1984-05	1985-10	17	17.48	1.03	-	5	-2
6	1986-03	1987-03	12	9.35	0.78	5	5	-2
7	1989-01	1989-10	9	10.05	1.12	22	22	-2
8	1990-10	1991-10	12	7.91	0.66	152	12	-1
9	1992-10	1994-10	24	25.46	1.06	36	12	-2
10	1996-11	1997-06	7	4.31	0.62	61	25	-1
11	1999-11	2000-05	6	5.85	0.98	29	29	-1
12	2000-11	2001-05	6	6.53	1.09	6	6	-1
13	2004-09	2005-10	13	11.18	0.86	40	40	-1
14	2007-02	2007-11	9	8.46	0.94	148	16	-2
15	2008-04	2008-09	5	4.49	0.90	30	5	-1
Toplam			185	190.3				

\* Kuraklık sınıfı; -3 çok şiddetli, -2 şiddetli, -1 orta şiddetli kuraklık



**Şekil 4.11** Beyşehir istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri

Ekim 1992-Ekim 1994 periyodunda tespit edilen şiddetli kuraklık olayı 24 ay sürmüş ve genliği 25.46 olarak bulunmuştur. Bu şiddetli kuraklık olayı Eylül 1981-Aralık 1983 çok şiddetli kuraklık olayına benzerlik göstermektedir (Şekil 4.11). Mayıs 1994'de EKİ değeri -1.81 değerine kadar düşmüş ancak hiçbir zaman -2 değerine ulaşmadığı için benzer iki kuraklık farklı kuraklık sınıflarını işaret etmektedir.

#### 4.2.1.3. Cihanbeyli istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi

Havza genelinde kuraklık sınıfına bakılmaksızın en düşük genlik toplamı (150.93) Cihanbeyli istasyonu için bulunmuştur. Cihanbeyli istasyonunda toplam 153 ay süren 14 kuraklık olayı tespit edilmiştir. Bunların 3'ü çok şiddetli, 3'ü şiddetli, 8'i de orta şiddetli kuraklık olup genlikleri toplamı 150.93'tür (Çizelge 4.3).

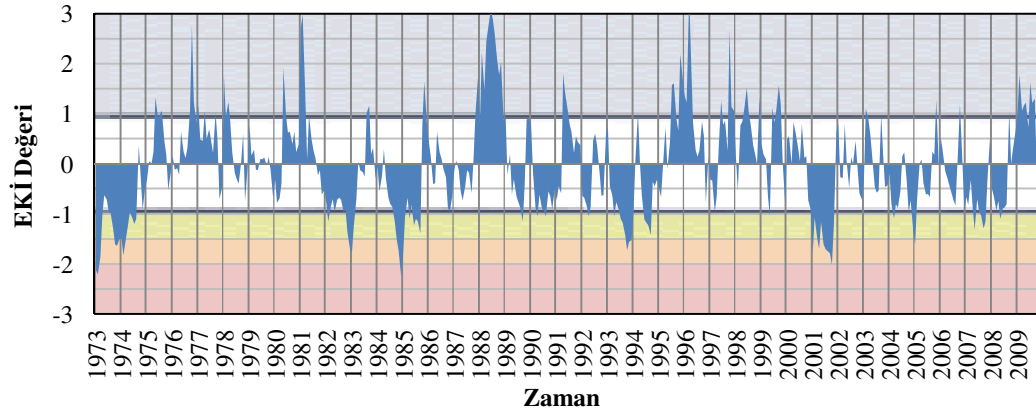
**Çizelge 4.3** Cihanbeyli istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler

#	Başlangıç	Bitiş	Süre (ay)	Genlik	Keskinlik	Aynı kuraklık geri dönüşü (ay)	Herhangi kuraklık geri dönüşü (ay)	Kuraklık Sınıfı*
1	1973-01	1974-09	20	26.86	1.34	-	-	-3
2	1981-09	1983-04	19	16.64	0.88	-	84	-2
3	1984-05	1985-10	17	19.52	1.15	116	13	-3
4	1989-04	1989-11	7	4.71	0.67	-	42	-1
5	1990-02	1991-04	14	9.92	0.71	3	3	-1
6	1992-01	1992-06	5	4.03	0.81	9	9	-1
7	1993-02	1994-02	12	13.23	1.10	118	8	-2
8	1994-05	1995-03	10	7.79	0.78	23	3	-1
9	1999-04	1999-06	2	1.68	0.84	49	49	-1
10	2000-11	2001-12	13	18.88	1.45	181	17	-3
11	2003-11	2004-07	8	5.19	0.65	53	23	-1
12	2004-09	2005-03	6	5.69	0.95	127	2	-2
13	2006-12	2007-12	12	10.32	0.86	29	21	-1
14	2008-01	2008-09	8	6.47	0.81	1	1	-1
Toplam			153	150.93				

\* Kuraklık sınıfı; -3 çok şiddetli, -2 şiddetli, -1 orta şiddetli kuraklık

Çok şiddetli kuraklıklar 50 ay sürmüş ve genlikleri toplamı 65.26'dır. Şiddetli kuraklıklar 37 ay sürmüş ve genlikleri toplamı 35.56'dır. Orta şiddetli kuraklıklar ise 66 ay sürmüş ve genlikleri toplamı 50.11'dir. Cihanbeyli istasyonunda en yağışlı yıl 1988 yılıdır (Şekil 4.12). Geri dönüş sürelerine bakıldığında Eylül 1974-Eylül 1981 arası (84 ay) herhangi bir kuraklık tespit edilmemiştir. Bu periyot kuraklıksız geçen en uzun periyottur. Tespit edilen çok şiddetli kuraklık olaylarından süresi (13 ay) ve genliği

(18.88) en düşük olan Kasım 2000-Aralık 2001 kuraklığının keskinliği (1.45) en yüksek olarak dikkat çekmektedir.



Şekil 4.12 Cihanbeyli istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri

#### 4.2.1.4. Çumra istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi

Çumra istasyonunda 2'si çok şiddetli 7'si şiddetli ve 10'u orta şiddetli 19 kuraklık olayı tespit edilmiş, bunlar toplam 150 ay sürmüştür ve toplam 163.91 genliğe ulaşmıştır. Olay adedi bakımından inceleme yapıldığında şiddetli kuraklık olayının en fazla tespit edildiği istasyonlar Çumra ve Ilgın'dır.

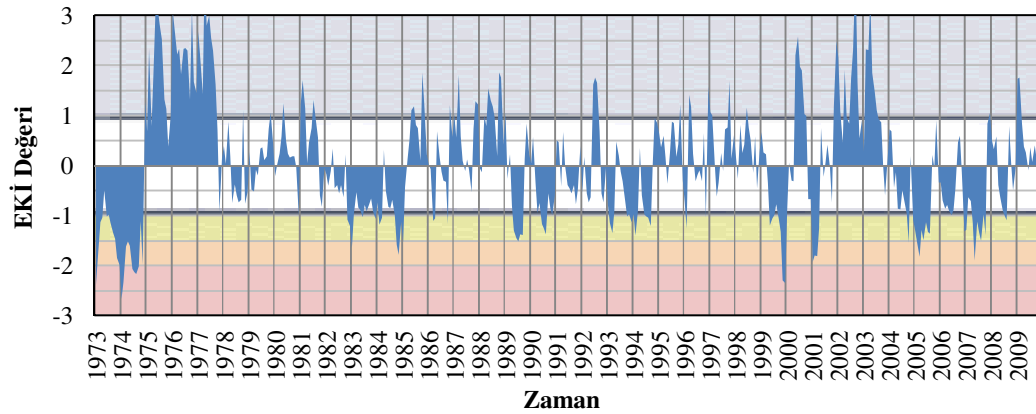
Genliği, süresi ve keskinliği bakımından Ocak 1973-Aralık 1974 çok şiddetli kuraklığı, diğer istasyonlara benzer şekilde 1972-2009 periyodunda en dikkat çekici kuraklık olayı olarak tespit edilmiştir. Bu kuraklık olayı, Çumra istasyonunda tespit edilen 2 çok şiddetli kuraklık olayından biri olup, 23 ay sürmüştür, genliği 37.91 değerine ulaşmış, keskinliği 1.65 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Geri dönüş süreleri incelendiğinde bu kuraklıktan sonraki 71 aylık periyotta herhangi bir kuraklık olayı tespit edilmemiştir. Ayrıca bu periyot istasyondaki en yağışlı periyot olarak dikkat çekmektedir (Şekil 4.13). Benzer şekilde 2002-2004 yılları arası da yağışlı periyottur.

Nisan 1999-Şubat 2000 çok şiddetli kuraklığı ile Aralık 2004-Eylül 2005 şiddetli kuraklığı; süresi, genliği ve keskinliği bakımından benzerlik göstermektedir (Çizelge 4.4). Ancak Aralık 2004'den 1 ay önce başka bir şiddetli kuraklığın bittiği (Şekil 4.13) görülmektedir. Dolayısı ile kuraklık olayları arasında sadece sayısal karşılaştırmanın yapılması yerine olay bazlı kuraklık incelemesinin ve bu incelemeye geri dönüş süresini de göz önünde bulundurarak, kuraklıkla ilgili bütün niceliklerin dahil edilmesinin önemli olacağı düşünülmektedir.

Çizelge 4.4 Çumra istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler

#	Başlangıç	Bitiş	Süre (ay)	Genlik	Keskinlik	Aynı kuraklık geri dönüşü (ay)	Herhangi kuraklık geri dönüşü (ay)	Kuraklık Sınıfı*
1	1973-01	1974-12	23	37.91	1.65	-	-	-3
2	1980-11	1981-01	2	1.03	0.52	-	71	-1
3	1982-11	1984-04	17	16.29	0.96	-	22	-2
4	1984-05	1985-03	10	10.31	1.03	1	1	-2
5	1986-02	1986-05	3	2.23	0.74	61	11	-1
6	1986-07	1986-11	4	1.92	0.48	2	2	-1
7	1989-04	1989-10	6	7.83	1.31	49	29	-2
8	1990-03	1991-01	10	8.88	0.89	40	5	-1
9	1992-10	1993-05	7	5.54	0.79	21	21	-1
10	1993-07	1994-04	9	7.52	0.84	2	2	-1
11	1994-05	1994-10	5	4.85	0.97	1	1	-1
12	1995-12	1996-03	3	2.30	0.77	14	14	-1
13	1996-11	1996-12	1	1.04	1.04	8	8	-1
14	1999-04	2000-02	10	12.35	1.24	292	28	-3
15	2000-11	2001-05	6	8.12	1.35	133	9	-2
16	2004-03	2004-11	8	6.01	0.75	34	34	-2
17	2004-12	2005-09	9	12.33	1.37	1	1	-2
18	2006-11	2007-11	12	13.42	1.12	14	14	-2
19	2008-04	2008-09	5	4.03	0.81	136	5	-1
Toplam			150	163.91				

\* Kuraklık sınıfı; -3 çok şiddetli, -2 şiddetli, -1 orta şiddetli kuraklık



Şekil 4.13 Çumra istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri

#### 4.2.1.5. Ereğli istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi

Ereğli istasyonunda toplam 18 adet kuraklık olayı tespit edilmiş olup, bu kuraklıkların toplam süresi 149 ay, genlik toplamı 161.60 olarak bulunmuştur. Kuraklıkların sınıflara göre dağılımı: 5 çok şiddetli kuraklık, 3 şiddetli kuraklık ve 10 orta şiddetli kuraklık olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Ereğli istasyonunda tespit edilen çok şiddetli kuraklık olaylarının sayısı (5 adet) ve toplam süresi (81 ay) havza geneline bakıldığında havzanın en yüksek değeridir. Ancak çok şiddetli kuraklıkların toplam genliği (111.6) Niğde istasyonundan sonra havzadaki ikinci en büyük genliktir. Şiddetli kuraklık olaylarının toplam süresine bakıldığında (Çizelge 4.5), 3 şiddetli kuraklık olayı sadece 9 ay sürmüş olup diğer istasyonlardan çarpıcı şekilde çok düşüktür. Ayrıca istasyonda tespit edilen şiddetli kuraklıkların toplam genliği (9.27) havzanın en düşük değeridir.

**Çizelge 4.5** Ereğli istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler

#	Başlangıç	Bitiş	Süre (ay)	Genlik	Keskinlik	Aynı kuraklık geri dönüşü (ay)	Herhangi kuraklık geri dönüşü (ay)	Kuraklık Sınıfı*
1	1973-01	1973-06	5	4.64	0.93	-	-	-2
2	1973-08	1974-12	16	21.03	1.31	-	2	-3
3	1977-11	1978-01	2	1.08	0.54	-	35	-1
4	1982-10	1983-10	12	6.57	0.55	57	57	-1
5	1983-12	1984-04	4	3.71	0.93	2	2	-1
6	1984-05	1985-10	17	23.86	1.40	113	1	-3
7	1986-07	1986-11	4	2.03	0.51	27	9	-1
8	1987-04	1987-10	6	4.21	0.70	5	5	-1
9	1989-01	1990-09	20	31.20	1.56	39	15	-3
10	1990-10	1991-04	6	4.33	0.72	36	1	-1
11	1996-05	1996-10	5	5.33	1.07	61	61	-1
12	1996-11	1996-12	1	1.62	1.62	281	1	-2
13	1998-11	1999-06	7	5.35	0.76	25	23	-1
14	1999-11	2000-02	3	3.01	1.00	35	5	-2
15	2000-10	2001-05	7	8.39	1.20	121	8	-3
16	2004-02	2005-11	21	27.12	1.29	33	33	-3
17	2005-12	2006-09	9	5.63	0.63	78	1	-1
18	2006-12	2007-04	4	2.49	0.62	3	3	-1
Toplam			149	161.60				

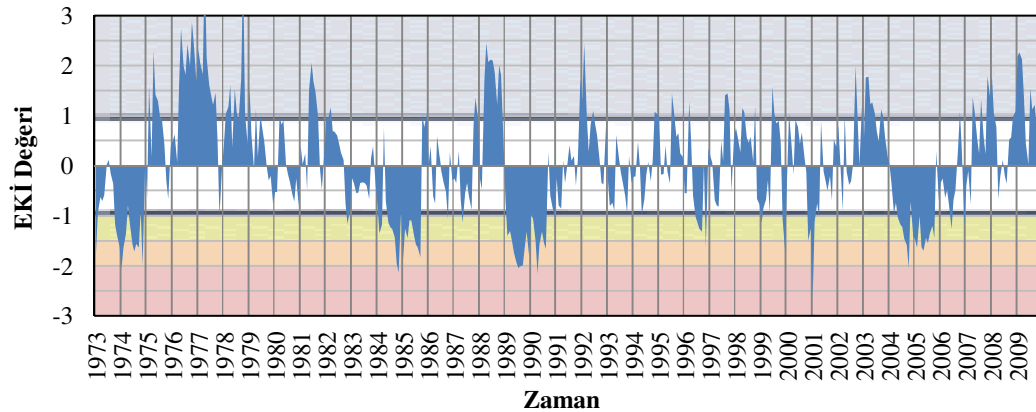
\* Kuraklık sınıfı; -3 çok şiddetli, -2 şiddetli, -1 orta şiddetli kuraklık

Ereğli istasyonunda tespit edilen 1973-1974 kurak süreç (havzada belirlenen en kurak periyot) diğer istasyonlardan farklı bir mekanizmada olduğu gözlenmiştir. Şekil 4.14'de görüldüğü gibi 2 kuraklık olayının arasında EKİ değerleri sadece 2 ay pozitif değerlere çıkarak ardışık iki kuraklık olayı tespit edilmiştir. Bunlardan ilki 5 ay süren şiddetli kuraklık, ikincisi 16 ay süren çok şiddetli kuraklıktır. 1975-1980 yılları arası en yağışlı periyottur. İstasyonda Ekim 1982'den Ekim 1985'e kadar, 2'si orta şiddetli 1'i çok şiddetli 3 ardışık kuraklık olayı meydana gelmiştir. İstasyonda genliği en büyük ve



keskinliği en yüksek çok şiddetli kuraklık olayı Ocak 1989-Eylül 1990 periyodunda tespit edilmiştir. Genliği yüksek bir diğer çok şiddetli kuraklık olayı da 2004-2005 yıllarında tespit edilen 21 ay süren kuraklık olayıdır (Şekil 4.14). Ekim 2000-Mayıs 2001 arasında 7 ay süren çok şiddetli kuraklık; kendi sınıfında havzada tespit edilen süresi en kısa ve genliği en küçük kuraklık olaylarından biridir. Bu çok şiddetli kuraklık olayının sebebi Ocak 2001’de istasyona çok düşük miktarda yağışın (0.6 mm) düşmesi sonucunda EKİ değerinin -2.64 değerini göstermesidir.

Ereğli istasyonunun yıllık ortalama yağış değeri (296 mm), havzanın en az yağışlı istasyonlarından birisi olduğunu işaret etmektedir (Çizelge 3.1). Bununla birlikte Ereğli’de tespit edilen şiddetli kuraklık olayı sayısının az ve toplam süresinin çok kısa olduğu; bunun yanında çok şiddetli kuraklık olayı sayısının yüksek ve toplam süresinin uzun olmasına bakılarak, Ereğli’de yağış miktarlarındaki düşüşün çok şiddetli kuraklıklara sebep olacağı sonucu çıkarılabilir.



Şekil 4.14 Ereğli istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri

#### 4.2.1.6. Ilgın istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi

Ilgın istasyonunda toplam 173 ay kuraklık tespit edilmiştir. Toplam 20 kuraklık olayının 1’i çok şiddetli kuraklık, 7’si şiddetli kuraklık ve 12’si de orta şiddetli kuraklıktır. Bu kuraklıklara ait toplam genlik 198.25 olup bunun, 67.46’si çok şiddetli kuraklık, 79.45’i şiddetli kuraklık ve 51.34’ü orta şiddetli kuraklıklardan kaynaklanan genliktir (Çizelge 4.6).

Havzada, Ilgın ve Seydişehir istasyonları hariç tüm istasyonlarda 1’den fazla çok şiddetli kuraklık olayı tespit edilmiştir. Bunun yanında, Ilgın istasyonunda tespit edilen Ocak 1973-Haziran 1975 çok şiddetli kuraklığı havzada tespit edilen genliği en büyük

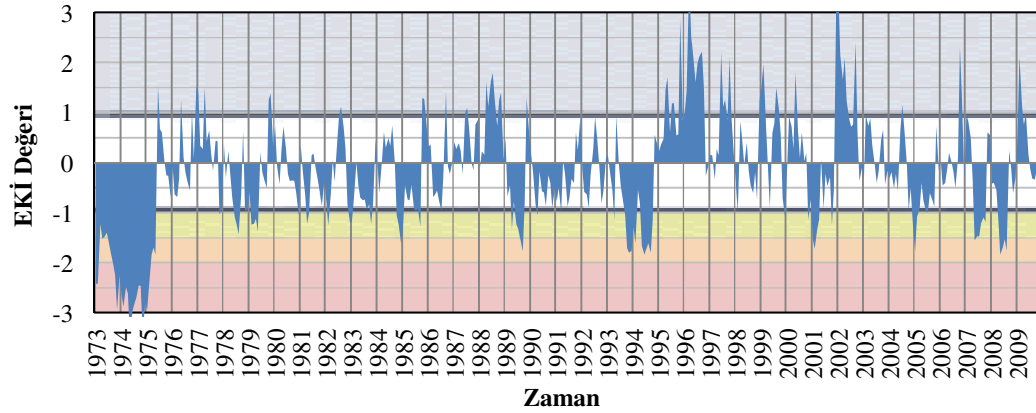
kuraklık olayıdır. Ayrıca bu çok şiddetli kuraklık olayının keskinliği 2.33 olarak belirlenmiştir. Bu değer aynı dönemde Niğde istasyonunda yaşanan çok şiddetli kuraklık olayının (keskinliği:2.38) ardından havzadaki en keskin ikinci kuraklık olayıdır. Bu kuraklıklara en yakın keskinlik değeri 1.88 seviyesindedir. Dolayısı ile havzada yaşanan en önemli kuraklık olaylarından biridir.

**Çizelge 4.6** Ilgın istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler

#	Başlangıç	Bitiş	Süre (ay)	Genlik	Keskinlik	Aynı kuraklık geri dönüşü (ay)	Herhangi kuraklık geri dönüşü (ay)	Kuraklık Sınıfı *
1	1973-01	1975-06	29	67.46	2.33	-	-	-3
2	1977-11	1978-01	2	1.94	0.97	-	29	-1
3	1978-04	1978-10	6	5.26	0.88	3	3	-1
4	1978-11	1979-06	7	7.34	1.05	1	1	-1
5	1980-07	1981-01	6	2.91	0.49	13	13	-1
6	1981-02	1981-06	4	2.97	0.74	1	1	-1
7	1981-08	1982-04	8	4.87	0.61	2	2	-1
8	1982-11	1983-03	4	3.88	0.97	7	7	-1
9	1983-04	1983-12	8	6.36	0.80	1	1	-1
10	1984-10	1985-10	12	11.49	0.96	-	10	-2
11	1989-02	1989-11	9	9.77	1.09	40	40	-2
12	1990-02	1991-04	14	8.43	0.60	74	3	-1
13	1993-02	1993-05	3	1.83	0.61	22	22	-1
14	1993-06	1994-11	17	21.35	1.26	43	1	-2
15	1999-11	2000-02	3	1.90	0.63	78	60	-1
16	2000-11	2001-05	6	7.53	1.26	72	9	-2
17	2001-06	2001-12	6	3.65	0.61	16	1	-1
18	2004-09	2005-11	14	11.81	0.84	40	33	-2
19	2007-04	2007-11	7	8.27	1.18	17	17	-2
20	2008-01	2008-09	8	9.23	1.15	2	2	-2
Toplam			173	198.25				

\* Kuraklık sınıfı; -3 çok şiddetli, -2 şiddetli, -1 orta şiddetli kuraklık

Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi geri dönüş sürelerine bakıldığında istasyonda birçok ardışık kuraklık olayları tespit edilmiştir. Ayrıca istasyonda en belirgin yağışlı periyot Haziran 1993-Kasım 1994 şiddetli kuraklığının ardından gelen 5 yıllık (60 ay) dönemdir (Şekil 4.15). Havzada tespit edilen istasyon başına şiddetli kuraklık olayı sayısı en çok Çumra ve Ilgın istasyonu içindir. Ereğli istasyonunun tersine Ilgın istasyonunda çok şiddetli kuraklık olaylarının daha zor gerçekleştiği düşünülmektedir. Orta şiddetli ve şiddetli kuraklıklar genellikle çok şiddetli kuraklıklara dönüşmemektedir. Ancak tespit edilen tek çok şiddetli kuraklık olayının (Ocak 1973-Haziran 1975) bölgede çok ciddi sorunlar oluşturduğu bilinmektedir.



Şekil 4.15 Ilgın istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri

#### 4.2.1.7. Karaman istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi

Havzada kuraklık olayı sayısı en çok Karaman istasyonunda tespit edilmiştir. Bu kuraklıkların toplam 155 ay sürdüğü ve toplam genliğinin 168.23 olduğu görülmüştür (Çizelge 4.7).

Tespit edilen 22 kuraklık olayının dağılımı: 4 adet çok şiddetli kuraklık, 5 adet şiddetli kuraklık ve 13 adet orta şiddetli kuraklık olarak bulunmuştur. Çok şiddetli kuraklık olaylarının toplam 53 ay sürdüğü ve toplam genliğinin 82.14, şiddetli kuraklık olaylarının toplam 32 ay sürdüğü ve toplam genliğinin 33.12, orta şiddetli kuraklık olaylarının toplam 70 ay sürdüğü ve toplam genliğinin 52.97 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca adet olarak da havzadaki en fazla orta şiddetli kuraklık olayı Karaman istasyonu için bulunmuştur.

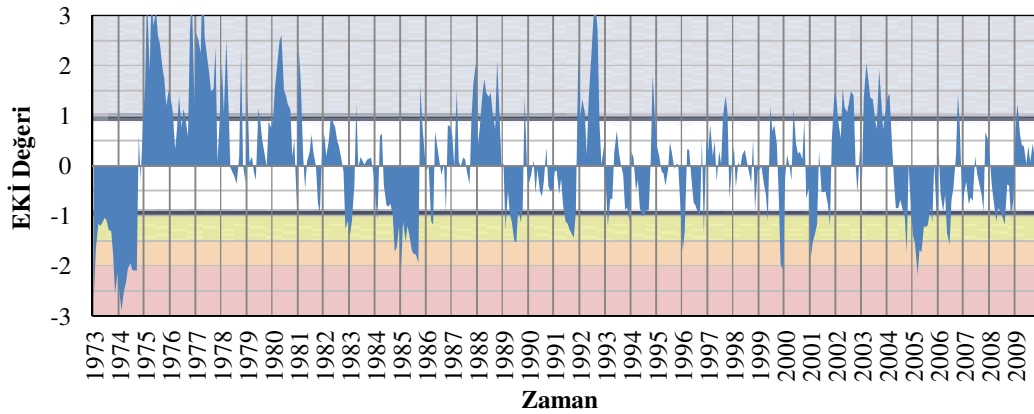
Çok şiddetli kuraklık olaylarından süresi en uzun, genliği en büyük ve keskinliği en yüksek olanı Ocak 1973-Ekim 1974 kuraklığıdır. Bu kuraklığın keskinlik değeri (1.88), havzadaki en yüksek değerlerdendir. Bu kuraklığın ardından 96 ay boyunca başka bir kuraklık olayı tespit edilmemiş, çok yağışlı bir periyoda girilmiştir.

Nisan 2004'den Eylül 2006'ya kadar sırasıyla şiddetli-çok şiddetli-orta şiddetli ve şiddetli 4 ardışık kuraklık olayı tespit edilmiştir. Karaman istasyonundaki kuraklık olayı sayısı yüksek, ancak genlikleri küçüktür (Şekil 4.16).

**Çizelge 4.7** Karaman istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler

#	Başlangıç	Bitiş	Süre (ay)	Genlik	Keskinlik	Aynı kuraklık geri dönüşü (ay)	Herhangi kuraklık geri dönüşü (ay)	Kuraklık Sınıfı*
1	1973-01	1974-10	21	39.45	1.88	-	-	-3
2	1982-10	1983-04	6	5.37	0.90	-	96	-1
3	1983-12	1984-03	3	1.93	0.64	8	8	-1
4	1984-05	1985-10	17	22.72	1.34	115	2	-3
5	1986-03	1986-05	2	2.30	1.15	24	5	-1
6	1989-02	1989-11	9	9.74	1.08	-	33	-2
7	1990-10	1991-12	14	10.46	0.75	53	11	-1
8	1993-01	1993-05	4	2.95	0.74	13	13	-1
9	1993-09	1994-01	4	3.00	0.75	4	4	-1
10	1994-03	1994-10	7	5.41	0.77	2	2	-1
11	1995-12	1996-03	3	3.99	1.33	73	14	-2
12	1996-05	1996-10	5	3.60	0.72	19	2	-1
13	1996-11	1996-12	1	1.36	1.36	1	1	-1
14	1998-11	1999-06	7	3.16	0.45	23	23	-1
15	1999-10	2000-02	4	4.85	1.21	168	4	-3
16	2000-11	2001-05	6	7.02	1.17	56	9	-2
17	2001-06	2001-11	5	3.56	0.71	24	1	-1
18	2004-04	2004-11	7	6.26	0.89	35	29	-2
19	2004-12	2005-11	11	15.12	1.37	58	1	-3
20	2005-12	2006-01	1	1.08	1.08	49	1	-1
21	2006-02	2006-09	7	6.11	0.87	15	1	-2
22	2008-02	2009-01	11	8.79	0.80	25	17	-1
Toplam			155	168.23				

\* Kuraklık sınıfı; -3 çok şiddetli, -2 şiddetli, -1 orta şiddetli kuraklık

**Şekil 4.16** Karaman istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri

#### 4.2.1.8. Karapınar istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi

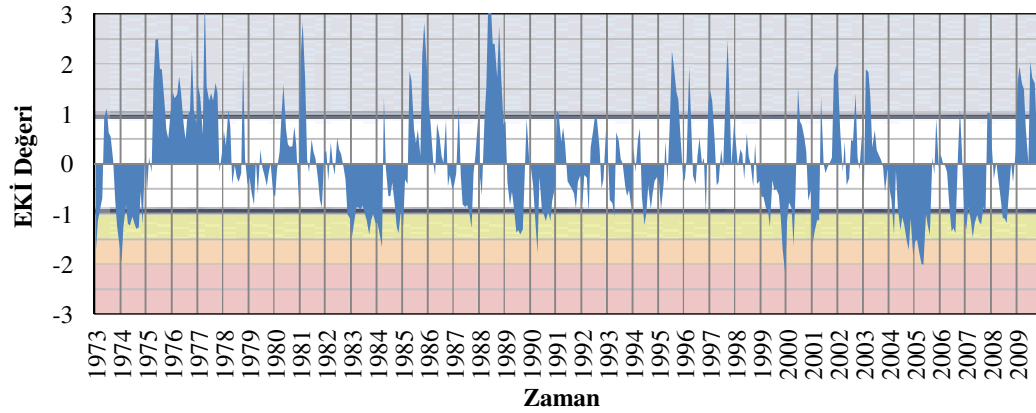
Karapınar istasyonunda toplam 16 adet kuraklık olayı tespit edilmiş, bunların toplam süresinin 162 ay olduğu bulunmuştur. Kuraklık olaylarının toplam genliği 154.1

olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Bu değer, Cihanbeyli istasyonundan sonra havzadaki en küçük toplam genliğe işaret etmektedir.

**Çizelge 4.8** Karapınar istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler

#	Başlangıç	Bitiş	Süre (ay)	Genlik	Keskinlik	Aynı kuraklık geri dönüşü (ay)	Herhangi kuraklık geri dönüşü (ay)	Kuraklık Sınıfı*
1	1973-01	1973-05	4	4.43	1.11	-	-	-2
2	1973-10	1974-12	14	16.54	1.18	5	5	-2
3	1982-09	1984-04	19	19.53	1.03	93	93	-2
4	1984-05	1985-04	11	7.96	0.72	-	1	-1
5	1987-04	1987-11	7	5.06	0.72	24	24	-1
6	1989-02	1989-11	9	8.15	0.91	15	15	-1
7	1990-01	1991-01	12	10.09	0.84	69	2	-2
8	1993-02	1993-05	3	2.54	0.85	39	25	-1
9	1994-05	1995-04	11	6.98	0.63	12	12	-1
10	1996-11	1996-12	1	1.01	1.01	19	19	-1
11	1998-11	2000-06	19	16.94	0.89	-	23	-3
12	2000-11	2001-05	6	6.4	1.07	118	5	-2
13	2003-10	2005-09	23	26.54	1.15	40	29	-3
14	2006-03	2006-09	6	4.95	0.83	111	6	-1
15	2006-12	2007-11	11	12.24	1.11	3	3	-1
16	2008-04	2008-10	6	4.76	0.79	5	5	-1
Toplam			162	154.1				

\* Kuraklık sınıfı; -3 çok şiddetli, -2 şiddetli, -1 orta şiddetli kuraklık



**Şekil 4.17** Karapınar istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri

Karapınar istasyonunda 2 adet çok şiddetli kuraklık, 5 adet şiddetli kuraklık ve 9 adet orta şiddetli kuraklık tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). Bunların toplam süreleri sırasıyla 42, 55 ve 65 aydır. Genlikleri ise sırasıyla 43.48, 56.99 ve 53.65'tir. Kasım

1998’de başladığı tespit edilen ve 19 ay süren çok şiddetli kuraklığın keskinlik değeri (0.89) havzadaki çok şiddetli kuraklık olaylarındaki keskinlik değerlerinin en küçüğüdür. Havzadaki çok şiddetli kuraklık olaylarının keskinlik değeri ikisi hariç 1.00’den büyüktür. Havzayı etkileyen 1973-1974 kuraklığından sonraki yağışlı süreç Karapınar istasyonunda da belirlenmiştir (Şekil 4.17).

Havzayı çok ciddi şekilde etkileyen 1973-1974 kuraklığının istasyonlar içinde en az Karapınar istasyonunu etkilediği belirlenmiştir. Çizelge 4.8 ve Şekil 4.17’de görüldüğü gibi 1973-1975 yılları arasında Karapınar istasyonu için, havzadaki diğer istasyonların tersine, çok şiddetli kuraklık tespit edilmemiştir. Ocak 1973’de belirlenen ve 4 ay süren şiddetli kuraklığın ardından 5 ay yağışlı periyoda girilmiş ve sonrasında 14 ay süren ve Aralık 1974’de sonlanan başka bir şiddetli kuraklık olayı tespit edilmiştir. Ayrıca Karapınar istasyonunda ardışık kuraklıklara çok fazla rastlanılmamaktadır.

#### 4.2.1.9. Konya istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi

Konya istasyonunda 3’ü çok şiddetli, 5’i şiddetli ve 6’sı orta şiddetli olmak üzere toplam 14 kuraklık tespit edilmiş olup bunların toplam süresi 164 ay ve toplam genliği 179.58 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.9).

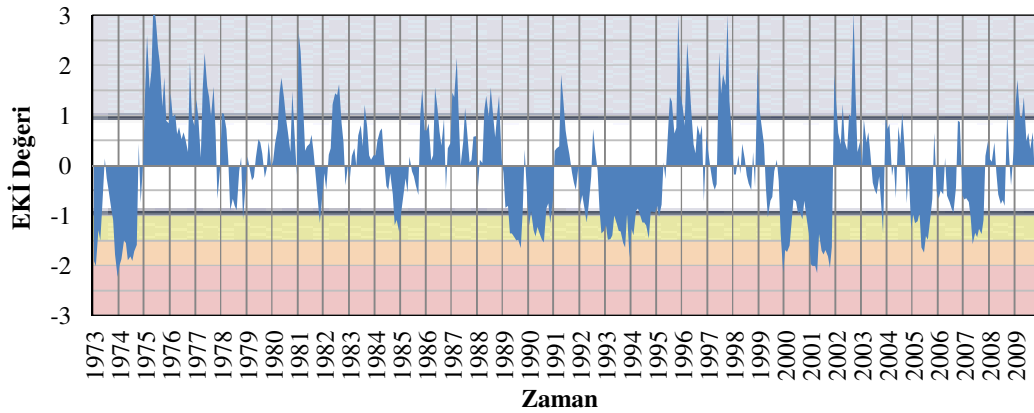
Çizelge 4.9 Konya istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler

#	Başlangıç	Bitiş	Süre (ay)	Genlik	Keskinlik	Aynı kuraklık geri dönüşü (ay)	Herhangi kuraklık geri dönüşü (ay)	Kuraklık Sınıfı*
1	1973-01	1973-06	5	7.51	1.50	-	-	-3
2	1973-07	1974-10	15	22.49	1.50	1	1	-3
3	1978-11	1979-01	2	1.47	0.74	-	49	-1
4	1981-09	1982-03	6	3.34	0.56	32	32	-1
5	1984-06	1985-05	11	7.60	0.69	27	27	-1
6	1989-01	1989-11	10	11.48	1.15	-	44	-2
7	1989-12	1991-01	13	14.54	1.12	1	1	-2
8	1991-09	1992-07	10	5.41	0.54	76	8	-1
9	1992-09	1995-04	31	35.61	1.15	20	2	-2
10	1999-04	1999-09	5	2.90	0.58	81	48	-1
11	1999-10	2001-12	26	37.49	1.44	300	1	-3
12	2003-06	2003-12	6	3.75	0.63	45	18	-1
13	2004-10	2005-11	13	14.23	1.09	114	10	-2
14	2006-12	2007-11	11	11.76	1.07	13	13	-2
Toplam			164	179.58				

\* Kuraklık sınıfı; -3 çok şiddetli, -2 şiddetli, -1 orta şiddetli kuraklık

Çok şiddetli kuraklık olaylarının toplam süresi 46 ay ve toplam genliği 67.49, şiddetli kuraklıkların toplam süresi 78 ay ve toplam genliği 87.62, orta şiddetli kuraklıkların toplam süresi 40 ay ve toplam genliği 24.47 olarak belirlenmiştir.

1973-1974 kurak süreç, Konya istasyonunda iki ardışık çok şiddetli kuraklık olarak tespit edilmiştir. Ocak 1973 ayında başlayan ilk kuraklık 5 ay sürmüştür, Haziran 1973'de EKİ değerinin pozitif değerlere çıkması ile (Şekil 4.18) sonlanmıştır. Bir sonraki ay Temmuz 1973'de EKİ değerleri tekrar negatif değerlere düşerek ikinci çok şiddetli kuraklık olayı başlamış ve 15 ay sürmüştür. Bu iki çok şiddetli kuraklık olayının genlikleri sırasıyla 7.51 ve 22.49 olup keskinlik değerleri ikisi için de 1.50 olarak bulunmuştur. Konya istasyonunda tespit edilen son çok şiddetli kuraklık olayı Ekim 1999'da başlayarak 26 ay sürmüştür ve 37.49 genlik değerine ulaşmıştır. Bu kuraklıktan bir ay önce sonlanan Nisan 1999-Eylül 1999 orta şiddetli kuraklığı ile birlikte düşünüldüğünde (Şekil 4.18 ve Çizelge 4.9) Konya istasyonunu en çok etkileyen kurak sürecin Nisan 1999-Aralık 2001 periyodu olduğu düşünülmektedir.



**Şekil 4.18** Konya istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri

Ayrıca Eylül 1991-Nisan 1995 periyodu da istasyonda tespit edilen en önemli kurak süreçlerdendir. Bu süreçte tespit edilen iki kuraklıktan ikincisi Eylül 1992-Nisan 1995 periyodunda belirlenen ve genliği 35.61 olan şiddetli kuraklık olayıdır. Bu olay havzada tespit edilmiş kuraklık sınıfına bakılmaksızın en uzun süren (31 ay) ve genliği en büyük şiddetli kuraklık olayıdır. Bu genliğe en yakın şiddetli kuraklık, aynı kurak süreçte 24 ay süren Ekim 1992-Ekim 1994 arası Beyşehir istasyonunda tespit edilmiş olup bu kuraklığın genliğinin 25.46 olduğu belirlenmiştir.

#### 4.2.1.10. Kulu istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi

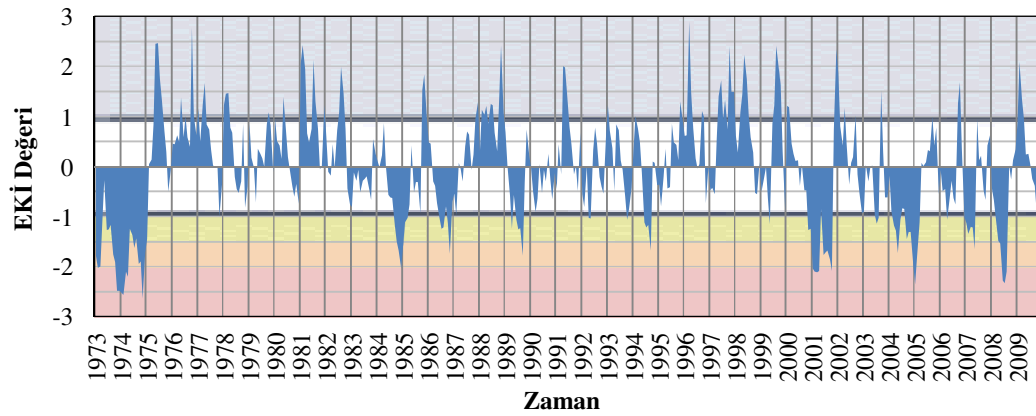
Kulu istasyonunda tespit edilen 14 kuraklık olayı toplam 130 ay sürmüş ve toplam genlik 157.20 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 Kulu istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler

#	Başlangıç	Bitiş	Süre (ay)	Genlik	Keskinlik	Aynı kuraklık geri dönüşü (ay)	Herhangi kuraklık geri dönüşü (ay)	Kuraklık Sınıfı*
1	1973-01	1975-02	25	43.89	1.76	-	-	-3
2	1984-06	1985-05	11	12.52	1.14	112	112	-3
3	1986-03	1987-03	12	10.70	0.89	-	10	-2
4	1989-03	1989-11	8	7.94	0.99	24	24	-2
5	1992-04	1992-06	2	2.05	1.03	-	29	-1
6	1993-08	1994-01	5	2.94	0.59	14	14	-1
7	1994-05	1994-10	5	5.25	1.05	54	4	-2
8	1999-01	1999-06	5	2.55	0.51	60	51	-1
9	2000-09	2001-11	14	21.61	1.54	184	15	-3
10	2003-06	2003-09	3	3.10	1.03	48	19	-1
11	2003-11	2005-04	17	20.35	1.20	24	2	-3
12	2005-12	2006-09	9	4.92	0.55	27	8	-1
13	2006-12	2007-06	6	7.49	1.25	146	3	-2
14	2008-01	2008-09	8	11.89	1.49	33	7	-3
Toplam			130	157.20				

\* Kuraklık sınıfı; -3 çok şiddetli, -2 şiddetli, -1 orta şiddetli kuraklık

Kulu istasyonundaki kuraklık olaylarının dağılımı: toplam 75 ay süren ve toplam genliği 110.26 olan 5 adet çok şiddetli kuraklık, toplam 31 ay süren ve toplam genliği 31.38 olan 4 adet şiddetli kuraklık, toplam 24 ay süren ve toplam genliği 15.56 olan 5 adet orta şiddetli kuraklık şeklindedir.



Şekil 4.19 Kulu istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri



Kulu istasyonunda tespit edilen çok şiddetli kuraklık olayı sayısı Ereğli ile birlikte havzadaki en yüksek sayıdır. Bunun yanında orta şiddetli kuraklık olayı sayısı, toplam süresi ve toplam genliği bakımından havzadaki en düşük değerler Kulu istasyonu için bulunmuştur. Ayrıca kuraklık sınıfına bakılmaksızın bir istasyonda tespit edilen toplam kuraklık süresi en düşük olan istasyon Kulu istasyonudur. Orta şiddetli kuraklık sayısının az, çok şiddetli kuraklık sayısının yüksek olması; istasyonda gerçekleşen az yağışlı dönemlerde EKİ değerlerinin hızlı düşüş göstermesinden dolayı olup bu istasyon yağış miktarının azalmasına çok duyarlıdır. Tespit edilen orta şiddetli kuraklıkların süreleri ve genlikleri göz önüne alındığında bu kuraklıkların çok önemli etkilerinin olmayacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu kuraklıkların keskinlik değerleri havzadaki en düşük keskinlik değerlerindedir.

Ocak 1973-Şubat 1975 çok şiddetli kuraklığı diğer birçok istasyonda olduğu gibi bu istasyonda da tespit edilen genliği en büyük, süresi en uzun ve keskinliği en yüksek kuraklık olayıdır. Geri dönüş sürelerine bakıldığında (Çizelge 4.10 ve Şekil 4.19) ardışık kuraklıklara çok fazla rastlanmamaktadır. Ancak 2000 yılından sonra 3 çok şiddetli kuraklık olayının tespit edilmesi dikkat çekicidir.

1973-1974 çok şiddetli kuraklığından sonra EKİ değerleri negatif değerlere düşse de neredeyse 10 yıl başka bir kuraklık tespit edilmemiştir. Bu yağışlı süreçten sonra gelen ilk kuraklık Haziran 1984-Mayıs 1985 çok şiddetli kuraklığıdır.

#### **4.2.1.11. Niğde istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi**

Niğde istasyonunda 16 ayrı kuraklık olayı tespit edilmiş olup bunların toplam süresi 156 ay, toplam genliği de 193.64 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.11). Bu kuraklık olaylarının dağılımı: toplam süresi 70 ay ve toplam genliği 120.35 olarak bulunan 4 adet çok şiddetli kuraklık, toplam süresi 12 ay ve toplam genliği 13.26 olan 2 adet şiddetli kuraklık ve toplam süresi 74 ay ve toplam genliği 60.03 olan 10 adet orta şiddetli kuraklık şeklindedir. Havza genelinde en büyük çok şiddetli kuraklık genliği, en az şiddetli kuraklık olay sayısı Niğde istasyonu için tespit edilmiştir. Bununla birlikte havzadaki orta şiddetli kuraklıklar için en uzun toplam süre ve en büyük toplam genlik değeri de bu istasyonda bulunmuştur.

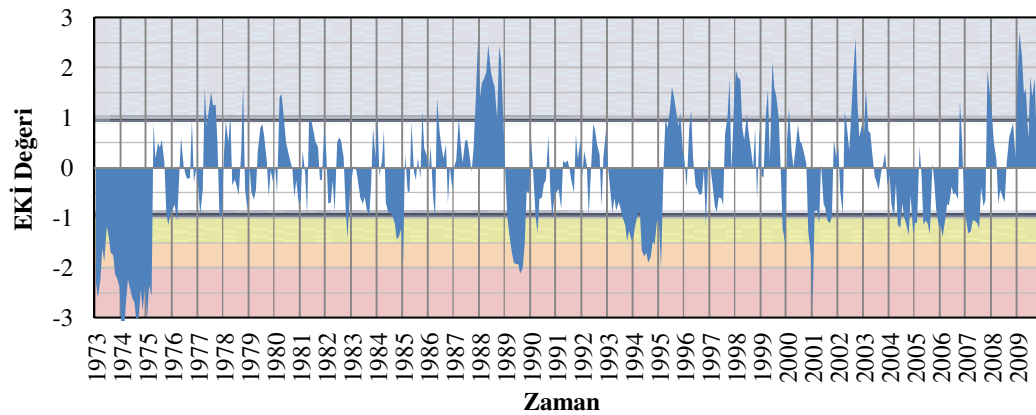
Ocak 1973-Nisan 1975 çok şiddetli kuraklık olayının keskinliği (2.38) havzada tespit edilen kuraklıklarda en yüksek değerdir. Bu kuraklığın süresi 27 ay ve genliği 64.22 olarak bulunmuştur. Iğın istasyonunda tespit edilen ve aynı kurak süreçteki çok

şiddetli kuraklık olayından sonra en büyük genlik değeri olarak belirlenmiştir. İstasyondaki Şubat 1993-Mart 1995 çok şiddetli kuraklığı benzer şekilde 24 ay sürmüş olmasına rağmen bu kuraklığın genlik değeri ve keskinliği Ocak 1973-Nisan 1975 çok şiddetli kuraklığının yaklaşık yarısıdır. O nedenle Ocak 1973-Nisan 1975 çok şiddetli kuraklığı şüphesiz istasyonu etkileyen en önemli kuraklık olayıdır.

**Çizelge 4.11** Niğde istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler

#	Başlangıç	Bitiş	Süre (ay)	Genlik	Keskinlik	Aynı kuraklık geri dönüşü (ay)	Herhangi kuraklık geri dönüşü (ay)	Kuraklık Sınıfı*
1	1973-01	1975-04	27	64.22	2.38	-	-	-3
2	1975-10	1976-05	7	5.76	0.82	-	6	-1
3	1982-10	1983-02	4	2.82	0.71	77	77	-1
4	1984-05	1985-02	9	10.48	1.16	-	15	-2
5	1986-03	1986-05	2	1.62	0.81	37	13	-1
6	1989-01	1990-01	12	16.73	1.39	165	32	-3
7	1990-02	1990-09	7	4.09	0.58	45	1	-1
8	1993-02	1995-03	25	30.83	1.23	37	29	-3
9	1996-06	1996-12	6	3.07	0.51	69	15	-1
10	1999-10	2000-01	3	2.78	0.93	176	34	-2
11	2000-11	2001-05	6	8.57	1.43	68	10	-3
12	2001-06	2001-11	5	4.67	0.93	54	1	-1
13	2003-12	2005-03	15	13.15	0.88	25	25	-1
14	2005-04	2005-09	5	4.8	0.96	1	1	-1
15	2005-10	2006-10	12	9.4	0.78	1	1	-1
16	2006-12	2007-11	11	10.65	0.97	2	2	-1
Toplam			156	193.6				

\* Kuraklık sınıfı; -3 çok şiddetli, -2 şiddetli, -1 orta şiddetli kuraklık



**Şekil 4.20** Niğde istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri

1973-1974 kuraklığından sonra 1989 yılına kadar birkaç şiddetli ve orta şiddetli kuraklıklar bulunsa da bunların süreleri kısa ve genlikleri küçüktür. Niğde istasyonunda Aralık-2003 yılından sonra ardışık 4 orta şiddetli kuraklık tespit edilmiştir. En yağışlı yıllar 1988 ve 2009 olarak bulunmuştur (Şekil 4.20).

#### 4.2.1.12. Seydişehir istasyonu kuraklıklarının zamansal analizi

Seydişehir istasyonunda tespit edilen toplam kuraklık sayısı 13'tür. Bunların toplam süresi 145 ay ve toplam genliği 160.23'tür. Havzada sayıca en az kuraklık olayı bu istasyonda belirlenmiştir. Bu kuraklıklardan 1'i çok şiddetli kuraklık, 5'i şiddetli kuraklık ve 7'si orta şiddetli kuraklıktır (Çizelge 4.12).

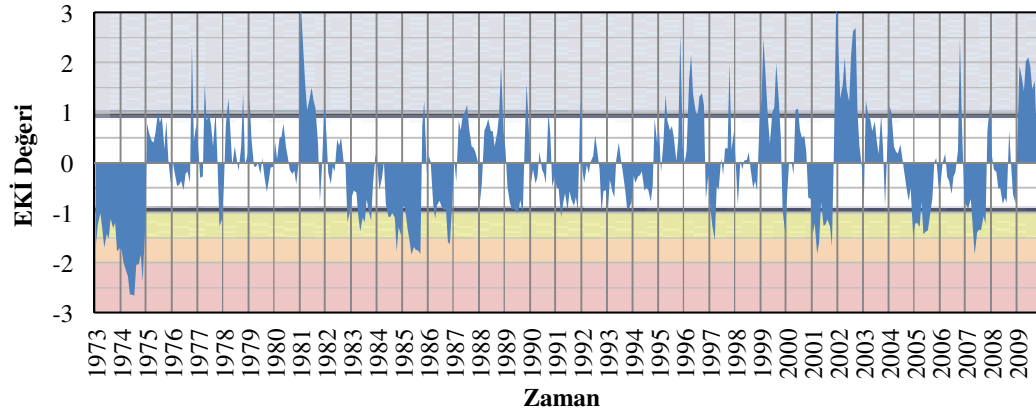
Seydişehir istasyonunda belirlenen çok şiddetli kuraklığın Ocak 1973'den Ocak 1975'e kadar 24 ay sürdüğü tespit edilmiştir. Genliği 42.30'dur. Iğın istasyonu ile benzer şekilde sadece 1973-1974 kuraklığı çok şiddetli kuraklık olarak tespit edilmiştir. Bu iki istasyonda sadece birer adet çok şiddetli kuraklık olayı tespit edilmiş olup bu istasyonlar havzadaki en az çok şiddetli kuraklığın tespit edildiği istasyonlardır.

İstasyondaki şiddetli kuraklık olaylarının toplam süresi 57 ay, toplam genliği 66.04 olarak bulunmuştur. Orta şiddetli kuraklıkların toplam süresi 64 ay ve toplam genliği 51.89 olarak bulunmuştur. Bu istasyonda ardışık kuraklıklar belirlenmemiştir. En yağışlı yıllar 1981, 1999, 2002 ve 2009 yıllarıdır (Şekil 4.21).

**Çizelge 4.12** Seydişehir istasyonu kuraklıklarına ait bilgiler

#	Başlangıç	Bitiş	Süre (ay)	Genlik	Keskinlik	Aynı kuraklık geri dönüşü (ay)	Herhangi kuraklık geri dönüşü (ay)	Kuraklık Sınıfı*
1	1973-01	1975-01	24	42.30	1.76	-	-	-3
2	1977-11	1978-02	3	2.80	0.93	-	34	-1
3	1982-10	1983-12	14	11.91	0.85	56	56	-1
4	1984-05	1985-10	17	22.92	1.35	-	5	-2
5	1986-03	1987-01	10	10.15	1.02	5	5	-2
6	1989-02	1989-10	8	6.80	0.85	62	25	-1
7	1990-11	1991-12	13	8.94	0.69	13	13	-1
8	1992-09	1993-05	8	4.72	0.59	9	9	-1
9	1996-11	1997-06	7	5.61	0.80	118	42	-2
10	1999-11	2000-03	4	2.97	0.74	78	29	-1
11	2000-11	2001-11	12	14.71	1.23	41	8	-2
12	2004-08	2005-10	14	13.75	0.98	53	33	-1
13	2006-12	2007-11	11	12.65	1.15	61	14	-2
Toplam			145	160.23				

\* Kuraklık sınıfı; -3 çok şiddetli, -2 şiddetli, -1 orta şiddetli kuraklık



Şekil 4.21 Seydişehir istasyonu Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) değerleri

Havzada yıllık ortalama yağış miktarı (Çizelge 3.1) en yüksek olan Seydişehir istasyonunda (740 mm) belirlenen kuraklık olaylarının sayısı, toplam süresi ve toplam genliği havza ortalamalarının altındadır.

#### 4.2.1.13. Havza geneline bakış

Konya Kapalı Havzasındaki her bir istasyon için yapılan analizlerin sonucu toplu olarak bu bölümde değerlendirilecektir. EKİ hesaplama yöntemi, ağırlıklı hesaplama sistematığı kullandığından ilk çıktığı 12 ayın sonunda vermektedir. Dolayısı ile Ocak 1972-Aralık 2009 arası yağış zaman serisi kullanıldığında EKİ zaman serisi 1973 Ocak ayında başlar ve 444 elemanlıdır. Ocak 1972-Aralık 2009 arası 456 aylık periyotta EKİ ile hesap edilen 444 aylık kuraklık indeksi zaman serilerindeki kuraklık olaylarının havza genelindeki konumsal dağılımı Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre Konya Kapalı Havzasında toplam 196 kuraklık olayı tespit edilmiştir. İstasyon başına havza ortalaması olarak 16.3 kuraklık olayı bulunmuştur. Bunların toplam süre ortalaması 156.9 ay olup toplam genlik ortalaması 170.38 olarak belirlenmiştir. Analiz edilen 444 aylık zaman periyodu göz önüne alındığında, havzada bu periyottaki tüm zamanların ortalama %35'lik zaman diliminin kuraklıklarla geçtiği tespit edilmiştir.

Bu kuraklık olaylarının kuraklık sınıfına göre dağılımına bakıldığında; çok şiddetli kuraklık olaylarının havza ortalaması 3 olay olup, bu olayların toplam sürelerinin ortalaması 51.8 aydır. Ayrıca çok şiddetli kuraklık olaylarının toplam genlik ortalaması 76.12 olarak bulunmuştur.

Şiddetli kuraklık olaylarına bakıldığında, havza ortalamasının istasyon başına 4.5 olay olduğu, bunların toplam süreleri ortalamasının 45.7 ay ve toplam genlik ortalamasının 49.07 olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında; havzada tespit edilen orta şiddetli kuraklık olaylarının ortalama 8.8 olay/istasyon olduğu bulunmuştur. Orta şiddetli kuraklıkların toplam sürelerinin ortalaması 59.5 ay, ve toplam genlik ortalaması 45.19 olarak bulunmuştur.

Bu bulgular için ortalama ve medyan değerleri incelendiğinde, aralarında çok büyük farkların olmadığı ve dağılımların normal olduğu tespit edilmiştir.

Çok şiddetli kuraklık olayı en çok Ereğli ve Kulu istasyonlarında (5 olay), en az Ilgın ve Seydişehir istasyonlarında (1 olay) tespit edilmiştir. Toplam süresi en uzun çok şiddetli kuraklık olayları Ereğli istasyonunda (81 ay), en kısa ise Seydişehir istasyonunda (24 ay) bulunmuştur. Genlikleri bakımından ise toplam genliği en büyük istasyon Niğde (120.35), en küçük ise Seydişehir (42.30) istasyonudur. Dolayısı ile çok şiddetli kuraklıkların en az etkilediği istasyonun Seydişehir olduğu belirlenmiştir.

Şiddetli kuraklık olayı en çok Çumra ve Ilgın istasyonunda (7 olay), en az Niğde istasyonunda (2 olay) tespit edilmiştir. Toplam süresi en uzun şiddetli kuraklık olayları Konya (78 ay) ve Ilgın istasyonunda (73 ay), en kısa ise Ereğli (9 ay) ve Niğde istasyonunda (12 ay) bulunmuştur. Genlikleri bakımından ise toplam genliği en büyük istasyon Konya (87.62) ve ardından Ilgın istasyonu (79.45), en küçük ise Ereğli (9.27) ve ardından Niğde (13.26) istasyonudur. Dolayısı ile şiddetli kuraklıkların en çok etkilediği istasyonların Konya ve Ilgın istasyonu olduğu, en az etkilediği ise Ereğli ve Niğde istasyonu olduğu belirlenmiştir.

Orta şiddetli kuraklık olayı en çok Karaman (13 olay) ve Ilgın istasyonunda (12 olay), en az Kulu (5 olay) ve Konya (6 olay) istasyonunda tespit edilmiştir. Toplam süresi en uzun orta şiddetli kuraklık olayları Niğde (74 ay) ve Ilgın istasyonunda (71 ay), en kısa ise Kulu (24 ay) ve Konya istasyonunda (40 ay) bulunmuştur. Genlikleri bakımından ise toplam genliği en büyük istasyon Niğde istasyonu (60.03), en küçük ise Kulu (15.56) ve ardından Konya (24.47) istasyonudur. Dolayısı ile orta şiddetli kuraklıkların en çok etkilediği istasyonun Niğde istasyonu olduğu, en az etkilediği ise Kulu ve Konya istasyonu olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.13** Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) ile tespit edilen kuraklık sınıflarına ait bilgiler

	Çok Şiddetli Kuraklık			Şiddetli Kuraklık			Orta Şiddetli Kuraklık			Toplam		
	Olay Adedi	Süresi (ay)	Genliği	Olay Adedi	Süresi (ay)	Genliği	Olay Adedi	Süresi (ay)	Genliği	Olay Adedi	Süresi (ay)	Genliği
1) Aksaray	4	67	84.51	3	25	31.05	8	69	51.02	15	161	166.58
2) Beyşehir	2	51	68.28	5	71	70.80	8	63	51.17	15	185	190.25
3) Cihanbeyli	3	50	65.26	3	37	35.56	8	66	50.11	14	153	150.93
4) Çumra	2	33	50.26	7	68	74.31	10	49	39.34	19	150	163.91
5) Ereğli	5	81	111.60	3	9	9.27	10	59	40.73	18	149	161.60
6) Ilgın	1	29	67.46	7	73	79.45	12	71	51.34	20	173	198.25
7) Karaman	4	53	82.14	5	32	33.12	13	70	52.97	22	155	168.23
8) Karapınar	2	42	43.48	5	55	56.99	9	65	53.65	16	162	154.12
9) Konya	3	46	67.49	5	78	87.62	6	40	24.47	14	164	179.58
10) Kulu	5	75	110.26	4	31	31.38	5	24	15.56	14	130	157.20
11) Niğde	4	70	120.35	2	12	13.26	10	74	60.03	16	156	193.64
12) Seydişehir	1	24	42.30	5	57	66.04	7	64	51.89	13	145	160.23
Havza Ortalaması	3	51.8	76.12	4.5	45.7	49.07	8.8	59.5	45.19	16.3	156.9	170.38
Havza Medyanı	3	50.5	67.89	5	46	46.28	8.5	64.5	51.10	15.5	155.5	165.25

İlgın istasyonunu orta şiddetli ve şiddetli kuraklık olaylarının çok etkilediği, bu kuraklıkların çok şiddetli kuraklığa dönüşmediği tespit edilmiştir. Ereğli istasyonunda da bunun tam tersine, orta şiddetli ve şiddetli kuraklıkların hızlıca çok şiddetli kuraklığa dönüştüğü belirlenmiştir.

Havza genelinde tespit edilen kuraklıklara bakıldığında Beyşehir istasyonu, kuraklık sınıfına bakılmaksızın en uzun süre (185 ay) kuraklığa maruz kalan istasyon olarak bulunmuştur. Kulu istasyonunda ise toplam 130 ayın kuraklıkla geçtiği tespit edilmiştir. Bu değer, havzadaki en kısa toplam kuraklık süresidir. En çok kuraklık olayı (22 olay) Karaman istasyonunda, en az kuraklık olayı (13 olay) Seydişehir istasyonunda belirlenmiştir. Ancak kuraklıkların oluşturduğu toplam genlikler incelendiğinde; İlgın istasyonu için bulunan değer (198.25) havzadaki en büyük genlik değeri, Cihanbeyli istasyonu için bulunan değer (150.93) havzadaki en küçük genlik değeri olarak tespit edilmiştir. Bu niceliklere bakarak Konya Kapalı Havzası kuraklıkları hakkında genel bir kanaat oluşturulabilir. Ancak her bir kuraklık olayının seyri ve nicelikleri farklılıklar gösterdiğinden olay bazlı kuraklık incelemeleri ile kuraklıklar hakkında daha detaylı bilgilere ulaşılabilmektedir.

Tüm istasyonlar göz önüne alındığında kuraklık sınıfına bakılmaksızın havzada tespit edilmiş en uzun süren (31 ay) kuraklık olayı Konya istasyonunda Eylül 1992-Nisan 1995 periyodunda belirlenen ve genliği 35.61 olan şiddetli kuraklık olayıdır. Ayrıca bu olay, genliği en büyük şiddetli kuraklık olayıdır. En uzun süreli çok şiddetli kuraklık olayı aynı zamanda genliği de en büyük kuraklık olayı olan İlgın istasyonunda Ocak 1973-Haziran 1975 arası (29 ay) tespit edilen ve genliği 67.46 değerine ulaşan olaydır. En kısa süreli çok şiddetli kuraklık olayı ise Ekim 1999-Şubat 2000 periyodunda (4 ay) Karaman istasyonunda tespit edilen olaydır. En uzun süreli orta şiddetli kuraklık olayı Aksaray istasyonunda Mart 2003-Kasım 2004 periyodunda tespit edilen 20 ay süren olaydır. Bu olayın genliği (17.51) havzada tespit edilen orta şiddetli kuraklıklar arasındaki en büyük genlik değeridir. Keskinliği en yüksek kuraklık olayı, 2.38 değeri ile Niğde istasyonunda bulunmuş olan Ocak 1973-Nisan 1975 çok şiddetli kuraklık olayıdır.

Konya Kapalı Havzasında tespit edilen kuraklık olaylarının havza genelindeki zamansal dağılımı kuraklık sınıfına göre sınıflandırılarak Çizelge 4.14'de verilmiştir. 37 yıllık toplam süreyi sınıflandırmak için 1973-1975 yılları arası 3 yıllık, 2006-2009 yılları arası 4 yıllık ve 1976-2005 yılları arasındaki zaman dilimi 5 yıllık periyotlara bölünmüştür.

**Çizelge 4.14** Efektif Kuraklık İndeksi (EKİ) ile tespit edilen kuraklık olay sayılarının kuraklık sınıflarına göre zamansal dağılımı

	1973-1975			1976-1980			1981-1985			1986-1990			1991-1995			1996-2000			2001-2005			2006-2009			Toplam
	ÇŞK	ŞK	OŞK	ÇŞK	ŞK	OŞK	ÇŞK	ŞK	OŞK	ÇŞK	ŞK	OŞK	ÇŞK	ŞK	OŞK	ÇŞK	ŞK	OŞK	ÇŞK	ŞK	OŞK	ÇŞK	ŞK	OŞK	
1) Aksaray	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	1	2	1	1	0	15
2) Beyşehir	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	2	1	0	1	0	0	0	3	0	0	1	0	1	1	15
3) Cihanbeyli	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	1	2	1	0	1	0	1	1	0	0	2	14
4) Çumra	1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	3	0	0	4	1	1	1	0	2	0	0	1	1	19
5) Ereğli	1	1	0	0	0	1	1	0	2	1	0	3	0	0	0	1	2	2	1	0	1	0	0	1	18
6) Ilgın	1	0	0	0	0	4	0	1	4	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	2	0	20
7) Karaman	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	2	0	1	3	1	1	3	1	1	2	0	1	1	22
8) Karapınar	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0	3	16
9) Konya	2	0	0	0	0	1	0	0	2	0	2	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	14
10) Kulu	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	2	1	0	1	1	0	2	1	1	0	14
11) Niğde	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	2	1	0	1	1	1	1	0	0	3	0	0	1	16
12) Seydişehir	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	2	0	0	1	0	2	1	0	0	1	0	1	0	13
Sınıf Toplam	12	3	2	0	0	10	6	8	14	2	11	20	1	6	18	9	10	17	4	7	15	2	9	10	196
Genel Toplam	17			10			28			33			25			36			26			21			

(ÇŞK: çok şiddetli kuraklık, ŞK: şiddetli kuraklık, OŞK: orta şiddetli kuraklık)



1973-1975 yılları arası 3 yıllık periyotta toplam 17 kuraklık olayı belirlenmiştir. Karapınar istasyonu hariç tüm istasyonlarda çok şiddetli kuraklık olayı tespit edilmiştir. Konya istasyonunda 2 ayrı çok şiddetli kuraklık olayı belirlenmiştir. Bu periyotta 2'si Karapınar istasyonunda olmak üzere toplam 3 şiddetli kuraklık olayı tespit edilmiştir. Orta şiddetli kuraklık ise sadece Beyşehir ve Niğde istasyonlarında tespit edilmiştir. 1973-1975 yılları arası çok şiddetli kuraklık olaylarının en çok rastlandığı periyottur.

1976-1980 yılları arasında hiçbir istasyonda çok şiddetli ve şiddetli kuraklık olayı tespit edilmemiştir. Toplam 10 adet orta şiddetli kuraklık olayı belirlenmiş olup bunlardan 4'ü Ilgın istasyonundadır. Analizlerin yapıldığı 1973-2009 yılları arasında havzada en az sayıda kuraklık olayı bu periyotta tespit edilmiştir. Sayıca en çok kuraklık olayının yaşandığı Karaman istasyonunda sadece bu periyot için hiçbir kuraklık olayı tespit edilmemiştir.

1981-1985 periyodunda 6'sı çok şiddetli, 8'i şiddetli ve 14'ü orta şiddetli olmak üzere toplam 28 kuraklık olayı belirlenmiştir.

Şiddetli ve orta şiddetli kuraklıkların en çok tespit edildiği 1986-1990 yılları arasında 2'si çok şiddetli, 11'i şiddetli ve 20'si orta şiddetli olmak üzere toplam 33 kuraklık olayı belirlenmiştir.

1991-1995 periyodunda 1'i çok şiddetli, 6'sı şiddetli ve 18'i orta şiddetli olmak üzere toplam 25 kuraklık olayı belirlenmiştir.

Toplamda en çok kuraklık olayının tespit edildiği 1996-2000 yılları arasında 9'u çok şiddetli, 10'u şiddetli ve 17'si orta şiddetli olmak üzere toplam 36 kuraklık olayı belirlenmiştir. 1973-1975 periyodundan sonra çok şiddetli kuraklık olaylarının en çok tespit edildiği periyot 1996-2000 yılları arasındadır. Toplamda 9 ayrı istasyonda çok şiddetli kuraklık olayı tespit edilmiştir.

2001-2005 periyodunda 4'ü çok şiddetli, 7'si şiddetli ve 15'i orta şiddetli olmak üzere toplam 26 kuraklık olayı tespit edilmiştir.

2006-2009 yılları arasında ise 2'si çok şiddetli, 9'u şiddetli ve 10'u orta şiddetli olmak üzere toplam 21 kuraklık olayı tespit edilmiştir.

Tüm periyotlar incelendiğinde, 1973-1975 yılı arasında ve sadece Konya istasyonunda 2 kez çok şiddetli kuraklık olayı tespit edilmiştir. Bu 2 olay arasında sadece 1 ay olup ardışık çok şiddetli kuraklık olayı olarak bulunmuştur.

#### 4.2.2. Olay bazlı kuraklık incelemesi ve farklı indekslerin değerlendirilmesi

Konya Kapalı Havzasının 1972-2009 yılları arasında 1973-1974, 1984-1985, 1989-1990, 1999-2001, 2004-2005 ve 2006-2007 yıllarında havza genelinin yağış eksikliğinden etkilendiği belirlenmiştir. Bu çalışmanın bir sonucu olarak 1973-1974 kuraklığının havzanın her yerinde etkili olduğu, incelenen 1972-2009 periyodu için en şiddetli ve en uzun süren kuraklık olduğu tespit edilmiştir. Diğer yıllardaki kuraklıkların hem süresi hem de genlikleri 1973-1974 yılındakinden daha düşüktür.

Çalışmanın bu kısmında EKİ ile birlikte Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ'nin seçilen zaman adımları kullanılarak Konya Kapalı Havzasında en dikkat çekici olarak tespit edilen 1973-1974 kuraklığının analizi yapılmıştır. Kullanılan kuraklık indekslerinin aylık ve çok aylık yağış eksikliklerine olan tepkileri ve performansları bu analiz ile değerlendirilmiştir. Kuraklık indekslerinden NYY ve YK'nın önceki bölümlerde yeterli başarıyı gösteremedikleri belirlendiğinden bu bölümde kullanılmamışlardır.

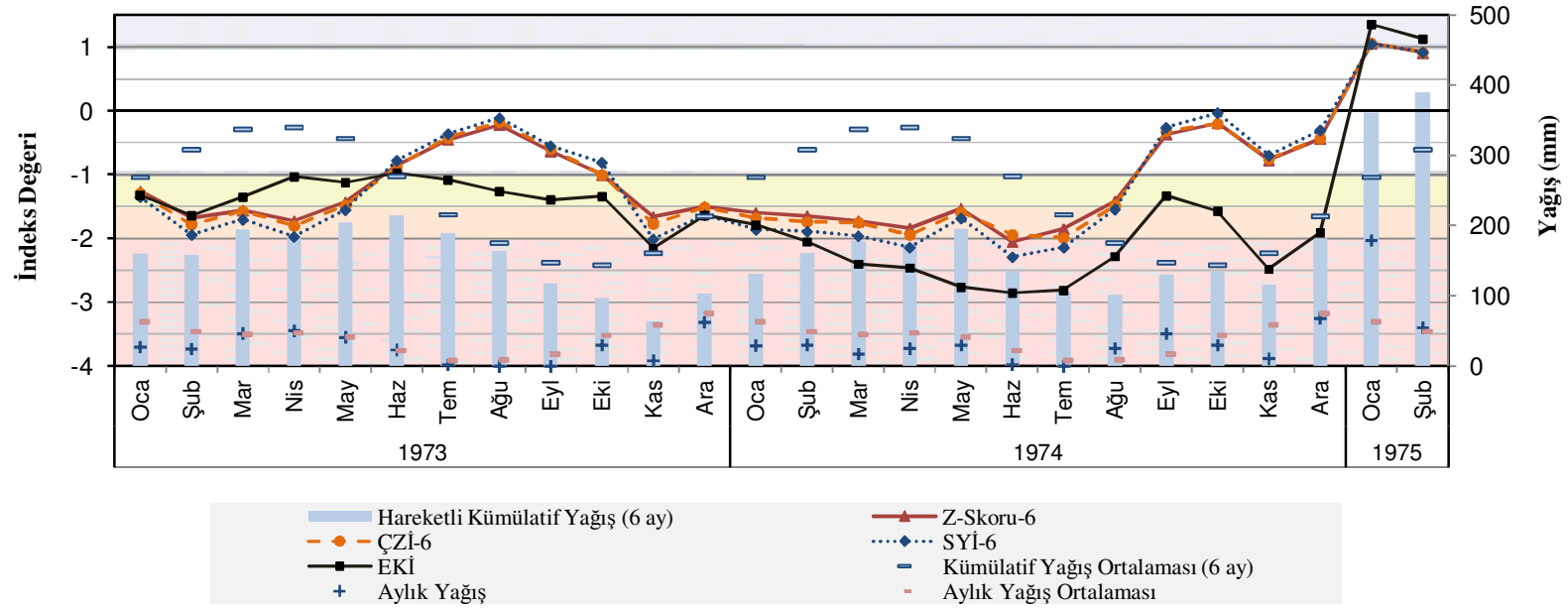
Hesaplanan kuraklık indeksi zaman serilerinin ilgili aya ait toplam aylık yağış zaman serisinin ve zaman adımı ile bağlantılı olarak kümülatif yağış zaman serisinin değişimine gösterdiği tepkiler oluşturulan şekiller üzerinden incelenmiştir (Şekil 4.22, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24). Ayrıca kuraklık indekslerinin birbirleri arasındaki ilişki de olay bazlı bu incelemelerle ortaya konulmuştur.

İnceleme, Beyşehir istasyonundaki 1973-1974 yılı kurak süreç ele alınarak yapılmıştır. Bu analizde kullanılan tüm kuraklık indeksleri süreci çok şiddetli kuraklık olarak tespit etmiştir. Kuraklık indeksi değerlerinin bir kısmı Ocak 1973'de diğerleri de Şubat 1973'de -1 değerinin altına düşmüştür. İndeks değerlerinin -1'in altına düşmesi ile kurak sürecin orta şiddetli kuraklık olarak tespit edildiği, sonraki aylarda bu değerler -1.5 ve -2 değerlerine ulaşınca da şiddetli kuraklık ve çok şiddetli kuraklığa dönüştüğü görülmektedir. 1973 yılının başında başlayan bu kuraklık olayı 1974 yılının sonuna kadar devam etmiştir. İndeks değerlerinin 0'ın üstüne çıkması ile kuraklık olayı son bulmuştur. Bu olay, incelenen 1972-2009 yılları arasındaki Beyşehir istasyonu ile birlikte havzadaki tüm istasyonları etkileyen en uzun kuraklık olayıdır.

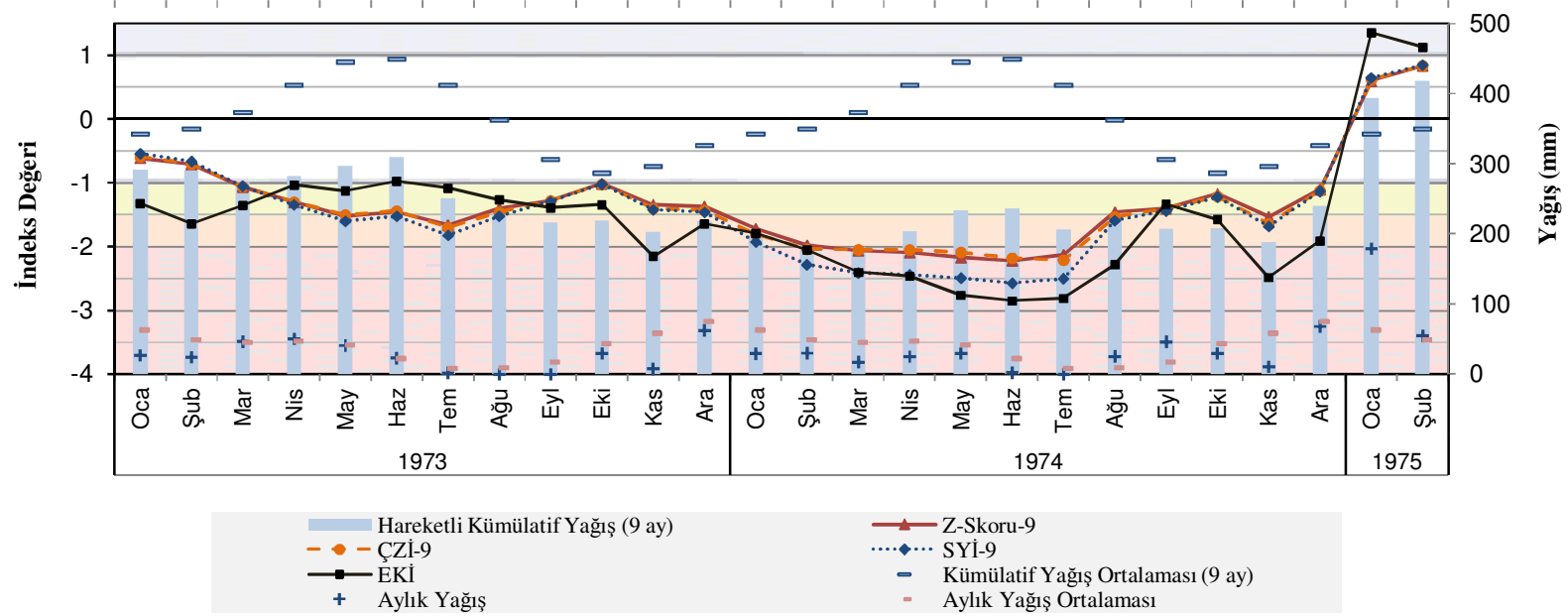
Kullanılan kuraklık indeksleri şekil üzerinde çizgiler ile gösterilmiş olup indeks değerleri birincil ordinatta verilmiştir. Yağış verileri ile ilgili yağış yükseklikleri ikincil ordinatta verilmiştir. Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ; 6 aylık (Şekil 4.22), 9 aylık (Şekil 4.23) ve 12 aylık (Şekil 4.24) zaman adımlarında kullanılmıştır. Bu üç şekilde de zaman adımı olmayan EKİ kullanılmıştır. Bu şekiller üzerinde kullanılan 4 farklı yağış verisi vardır.

Bunlar; aylık yağış (ilgili ayda istasyona düşen yağış miktarı), aylık yağış ortalaması (ilgili ay için istasyon ortalaması), hareketli kümülatif yağış (ilgili zaman adımına bağlı olarak hesaplanan toplam yağış) ve kümülatif yağış ortalaması (hareketli kümülatif yağış değerinin ilgili olduğu zaman aralığı için istasyon ortalaması)'dır. Yağışla ilgili değerleri örnek vererek açıklamak gerekirse şöyle izah edilebilir. Eğer 3 aylık zaman adımı kullanılan bir analiz ise Mart ayı için; aylık yağış : o Mart ayında istasyona düşen yağış yüksekliğini, aylık yağış ortalaması : istasyonun Mart ayı ortalamasını, hareketli kümülatif yağış : Ocak-Şubat-Mart ayı için toplam yağışı, kümülatif yağış ortalaması : tüm zamanlar için Ocak-Şubat-Mart aylarının toplam yağış ortalamasını ifade etmektedir. Eğer 12 aylık zaman adımı kullanılmış ise hareketli kümülatif yağış, Mart ayından önce gelen 11 ay ile Mart ayının toplam yağış miktarını ifade etmektedir. Nisan ayına geçildiğinde benzer şekilde hareket ederek, 11 ay öncesi ve Nisan ayı yağış toplamı alınmaktadır.

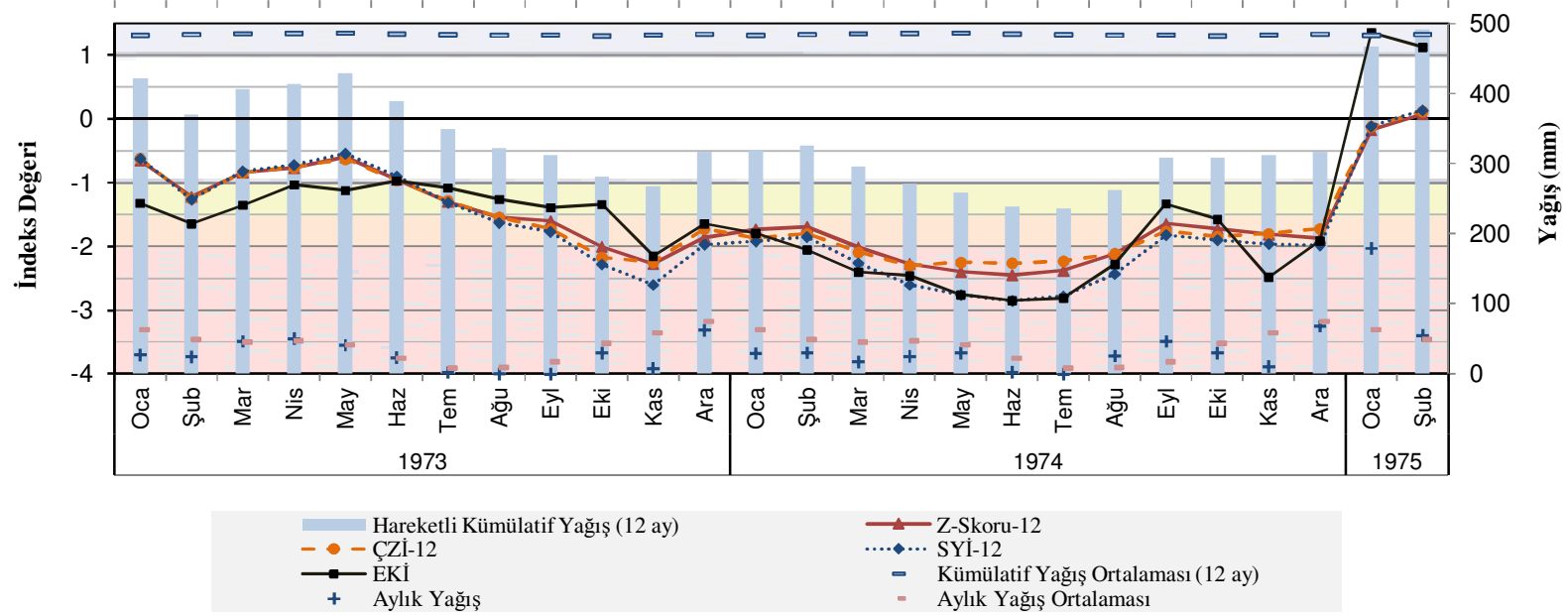
EKİ ve Z-Skoru<sub>6</sub>, ÇZİ<sub>6</sub>, SYİ<sub>6</sub> serileri arasında 3 önemli farklılık vardır. Bunlardan ilki Mart 1973 ile Ağustos 1973 arasındadır. Nisan 1973'de EKİ artarken diğer indeksler azalmaktadır. Mart ve Nisan ayında düşen aylık yağış hemen hemen aylık ortalama değerlerindedir. Fakat 6 aylık kümülatif yağış hala kendi ortalamasının altındadır. Kümülatif yağış Nisan ayı için 184 mm olarak hesap edilmiştir. Bu ay için 6 aylık kümülatif yağış ortalaması 341 mm'dir. Dolayısı ile ortalamanın sadece %54'ü kadar düşen yağışla EKİ'nin yukarıya doğru hareketinin uygun olmadığı, aylık yağış miktarının ortalamayı yakalaması ile aniden arttığı tespit edilmiştir. Mayıs 1973'de aylık yağış (41 mm), ortalamasına (42 mm) çok yaklaşmış ve bu değer artışı 6 aylık kümülatif yağışı (204 mm, ortalamasının %63'ü) da ortalamasına (324 mm) yaklaştırmıştır. Z-Skoru<sub>6</sub>, ÇZİ<sub>6</sub> ve SYİ<sub>6</sub> yağış eksikliğinden kurtulmaya başladığını tespit ederek indeks değerlerinde artış gösterirken EKİ yıllık yağışa bağlı olduğu için bu tepkiyi verememiştir. EKİ ve diğerleri Haziran 1973'de benzer şekilde hareket etmişlerdir. Aylık yağış (23 mm) ortalama değerine ulaşmış ve kümülatif yağışı (214 mm) ortalamasına (271 mm) yaklaştırmıştır. Temmuz ve Ağustos 1973'de aylık yağışlar (sırasıyla 2.2 mm ve 0.1 mm) ortalamalarından (sırasıyla 8.5 mm ve 9.4 mm) aşağıda olmasına rağmen Ağustos ayında 6 aylık kümülatif yağış (164 mm, ortalamasının %93'ü) ortalamasına (176 mm) çok yaklaşmıştır. Burada EKİ aylık yağış eksikliklerinden dolayı düşüş gösterirken, diğerleri kümülatif ortalamanın yakalanıyor olmasından dolayı artış göstermiştir.



Şekil 4.22 Beyşehir istasyonu yağış zaman serileri ile EKİ, SYİ<sub>6</sub>, ÇZİ<sub>6</sub> ve Z-Skoru<sub>6</sub> kuraklık indekslerinin yağış değişimine olan tepkileri



Şekil 4.23 Beyşehir istasyonu yağış zaman serileri ile EKI, SYİ<sub>9</sub>, ÇZİ<sub>9</sub> ve Z-Skoru<sub>9</sub> kuraklık indekslerinin yağış değişimine olan tepkileri



Şekil 4.24 Beyşehir istasyonu yağış zaman serileri ile EKİ, SYİ<sub>12</sub>, ÇZİ<sub>12</sub> ve Z-Skoru<sub>12</sub> kuraklık indekslerinin yağış değişimine olan tepkileri

Z-Skoru<sub>6</sub>, ÇZİ<sub>6</sub> ve SYİ<sub>6</sub> 0 değerine yaklaşarak neredeyse kuraklığın bittiği sinyali vereceken Eylül 1973'de hem aylık yağışın ortalamadan uzaklaşması hem de kümülatif yağışın ortalamadan uzaklaşması ile indeksler tekrar aşağı yöne hareket etmişlerdir. EKİ yıllık ağırlıklı bir hesap sistematiğine sahip olsa da içinde bulunan ayın ağırlığı yüksek olduğundan aylık değişimlere daha büyük tepki verdiği tespit edilmiştir.

EKİ'nin ikinci farklı tepkisi Mayıs 1974'de gerçekleşmiştir. EKİ düşüş gösterirken diğer indeksler yükseliş göstermektedir. Aylık yağış (30 mm) hala ortalamasının (42 mm) altında olmasına rağmen 6 aylık kümülatif yağış miktarı (ortalamasının %60'ı) ortalamasına bir önceki aya göre daha da yaklaşmıştır. Nisan 1974'de aylık ve kümülatif yağışlar ortalamalarından oldukça düşüktü. Mayıs ayında aylık yağışın ortalamasına yaklaşması ile EKİ'nin bu duruma olan hassasiyeti daha az olmuştur. Böylelikle EKİ'nin aylık yağış değişimlerine, kümülatif yağış değişimlerinden daha hassas tepki verdiği bir kez daha görülmüştür.

EKİ ile diğer üç indeks arasındaki üçüncü farklı tepki Ekim 1974'de olmuştur. Yine EKİ düşerken diğer indeksler artış göstermiştir. Kümülatif yağış (135 mm) ortalamasına %94 oranında (144 mm) yaklaşmışken EKİ bunu tespit edememiştir. Çünkü aylık yağış (30 mm) ortalamasının (44 mm) sadece %68'i seviyesindedir.

Analiz edilen bu kuraklık olayında Z-Skoru<sub>6</sub>, ÇZİ<sub>6</sub> ve SYİ<sub>6</sub> birbirleriyle çok uyumlu tepkiler vermiştir. Ancak aralarındaki çok küçük farklılıklar bile önemli rol oynamıştır. ÇZİ<sub>6</sub> bu kuraklık olayında -2 değerinin altına hiç düşmemiştir. En düşük değer olarak Temmuz 1974'de -1.99'e düşmüştür. Ancak -2 değerine ulaşmadığı için 1973-1974 kuraklık olayını diğer indekslerin işaret ettiği gibi çok şiddetli kuraklık olarak değil, şiddetli kuraklık olarak belirlemiştir. Z-Skoru<sub>6</sub>, -2'nin altına sadece bir kez Temmuz 1973'de düşerek, -2.05 değerine ulaşmıştır ve bu olayı çok şiddetli kuraklık sınıfı olarak belirlemiştir. SYİ<sub>6</sub> ise dört kez -2 değerinin altına düşmüştür. Bunlar Kasım 1973 (-2.01), Nisan 1974 (-2.14), Haziran 1974 (-2.29) ve Temmuz 1974'de (-2.14) gerçekleşmiştir. EKİ de bu olayı çok şiddetli kuraklık olarak belirlemiştir. İlk kez Kasım 1973'de -2 değerinin altına düşmüş sonrasında Şubat 1974'den Ağustos 1974'e kadar 7 ay sürekli -2'nin altında seyretmiştir. Son olarak Kasım 1974'de tekrar -2'nin altına düşmüştür. EKİ, Mart-Kasım 1974 arasında diğer indekslerden çok daha düşük seviyelerde seyretmiştir.

Bu olay analiz edilirken EKİ ile Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ'nin farklı zaman adımları için aralarındaki korelasyon da değerlendirilmiştir. Kuraklık indeksleri zaman serileri

ikili eşleştirilerek Pearson korelasyon katsayıları hesap edilmiştir. Bu değerlendirmeye göre; EKİ, diğer kuraklık indekslerinin 6 ile 12 ay arasında kalan zaman adımlarıyla en yüksek korelasyonu göstermiştir (Çizelge 4.15).

**Çizelge 4.15** Beyşehir istasyonu 1973-1974 kuraklığı için (Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ'nin farklı zaman adımları ile EKİ'nin ikili eşleştirilmiş kuraklık indeksi) zaman serilerine ait Pearson korelasyon katsayıları

	Zaman adımı (ay)							
	3 (%)	6 (%)	7 (%)	8 (%)	9 (%)	10 (%)	11 (%)	12 (%)
EKİ-SYİ	51.5	68.5	74.0	77.8	82.3	86.0	86.4	83.1
EKİ-CZİ	54.1	70.9	76.1	79.8	83.4	86.0	84.7	81.7
EKİ-Z-Skoru	56.8	72.1	77.3	79.4	82.9	86.9	87.7	84.0
SYİ-CZİ	99.3	99.4	99.3	99.3	99.2	98.6	98.5	98.6
SYİ-Z-Skoru	97.7	99.2	99.4	99.4	99.5	99.6	99.7	99.8
CZİ-Z-Skoru	99.1	99.8	99.8	99.7	99.7	99.0	98.6	98.7
EKİ-Ortalama (SYİ-CZİ-Z-Skoru)	54.2	70.5	75.8	79.0	82.9	86.3	86.3	82.9

Aynı zaman adımları için Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ tüm zaman adımlarında çok yüksek korelasyon göstermiştir. Bu çok yüksek korelasyonlardan en düşüğü %97.7 olup, Çizelge 4.15'de görüldüğü gibi SYİ<sub>3</sub> ile Z-Skoru<sub>3</sub> arasındadır. Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ'nin tepkileri Şekil 4.22'de açıkça görüldüğü gibi çok uyumludur. Beyşehir istasyonundaki 1973-1974 kuraklık olayında EKİ ile Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ'nin en yüksek korelasyonu (Çizelge 4.15) 10 ve 11 aylık zaman adımları içindir. Bu iki zaman adımı için EKİ ile diğer indekslerin korelasyon katsayısı ortalaması %86.3 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlarla birlikte belirtmek gerekir ki, araştırmacılar bu indekslerin en sık 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman adımlarını kullanmaktadırlar.

Beyşehir istasyonundaki 1973-1974 kuraklığı incelenirken kuraklık indekslerinin 9 aylık zaman adımı da kullanılmıştır (Şekil 4.23). Mart-Nisan 1973'de Z-Skoru<sub>9</sub>, ÇZİ<sub>9</sub> ve SYİ<sub>9</sub>, 6 ay zaman adımında olduğu gibi EKİ ile uyumsuz hareket etmiştir. Ancak Şekil 4.23'de tespit edilen en büyük farklılık Temmuz-Kasım 1973 arasında ve Kasım 1974'de belirlenmiştir. EKİ kümülatif yağıştaki eksikliğin 1973 Ekim'ine kadar azaldığını doğru şekilde tespit edememiş ve diğer indeksler yükselmeye başlarken EKİ düşüş göstermeye devam etmiştir.

Kasım 1973'de aylık yağış miktarı 8 mm olarak gerçekleşmiş, bu değer Kasım ayı ortalamasının (59 mm) %14 gibi çok aşağısında kalmıştır. EKİ bu ani aylık azalmaya ve kümülatif yağışın da ortalamadan gerilemesine aynı hassasiyetle tepki vermiştir. Ancak diğer kuraklık indeksleri aylık yağıştaki bu önemli düşüşe ve kümülatif yağışın ortalamadan sapsmasına aynı hassasiyette tepki verememiştir. Buna



benzer durum Kasım 1974'de de aylık yağışın 11 mm olarak gerçekleşmesi ile tekrarlanmıştır. Kasım ayı ortalama yağış miktarı 59 mm olup, 11 mm bu ortalamanın %19'una karşılık gelmektedir.

Şubat-Ağustos 1974 arasında kuraklık şiddetlenmiştir. 9 ay zaman adımlı Z-Skoru<sub>9</sub>, ÇZİ<sub>9</sub> ve SYİ<sub>9</sub> bu duruma 6 ay zaman adımlılarına göre (Şekil 4.22) daha doğru tepki vermelerine rağmen 12 ay zaman adımlılarına göre (Şekil 4.24) tepkileri daha düşük seviyede kalmıştır. Bu kuraklığın 7 ay boyunca şiddetlendiği dönemde, SYİ<sub>12</sub> EKİ ile çok uyumlu tepki vermiştir. Ayrıca SYİ<sub>12</sub> Kasım 1973'deki ani aylık yağış azalmasına yüksek hassasiyetle tepki vermiştir. Ancak Kasım 1974'deki benzer olay da EKİ kadar hassas olamamıştır. Her ay için 12 aylık kümülatif yağış ortalaması (istasyonun yıllık ortalama toplam yağış miktarı ile hemen hemen aynıdır) yaklaşık 484 mm'dir. Ekim 1973'de 12 aylık kümülatif yağış 281 mm olarak gerçekleşmiştir. Bu değer, ortalamasının %58'ine karşılık gelmektedir. Kümülatif yağıştaki bu eksiklik Z-Skoru<sub>12</sub>, ÇZİ<sub>12</sub> ve SYİ<sub>12</sub>'nin -2 altına düşerek çok şiddetli kuraklığa işaret etmesine sebep olmuştur. Ancak EKİ burada diğer indekslerle uyumlu bir şekilde düşüş göstermemiştir. Bir sonraki ay yani Kasım 1973 için 268 mm'lik (ortalamasının %55'i) kümülatif yağış hesap edilmiştir. Aylık yağışın da benzer şekilde ortalamasının çok altında kalmasından dolayı EKİ de dahil tüm kuraklık indeksleri düşüşe devam ederek bu yağış eksikliğine duyarlı bir şekilde -2 değerinin altına düşmüşlerdir. Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ'nin 9 ve 12 ay zaman adımları EKİ ile birlikte Beyşehir istasyonundaki 1973-1974 kurak süreci çok şiddetli kuraklık olarak tespit etmişlerdir.

#### **4.2.3. Kuraklık sınıflarının yüzde hesaplamaları için iki farklı yaklaşım**

Kuraklık sınıflarının yüzdeleri hesap edilirken, kuraklık indeksi zaman serisi içerisinde yer alan değerlerin kuraklık sınıfına göre sınıflandırılıp sayılması ile olay bazlı olarak kuraklığın incelenmesi sonucunda elde edilen kuraklık yüzdeleri arasında ciddi farklar göze çarpmaktadır. Örneğin 450 elemanlı bir kuraklık indeksi serisinde -2 değerine eşit veya daha küçük 9 adet eleman varsa bu seride tüm zamanlar için yani 450 ayın %2'si (9/450) çok şiddetli kuraklık görülmüştür diye ifade etmek yanlış yorumlamalara sebep olabilir. Oysa aynı zaman serisi için olay bazlı olarak çok şiddetli kuraklık olayları incelenecek olsa bu 9 adet -2'den küçük değer, farklı 9 veya daha az sayıdaki (aynı olay içinde birden fazla -2 değerinin görülmesi durumu) çok şiddetli kuraklık olayını ifade ediyor olabilir. Bu durumda, tespit edilen çok şiddetli kuraklık olaylarının süresini hesaba katmak gereklidir. Diyelim ki bu 9 adet -2'ye eşit veya

küçük değer 3 farklı çok şiddetli kuraklık olayını ifade ediyor ve bunların her birinin süresi 12 ay olsun. Bu durumda tüm zamanların yani 450 ayın 36 ( $3 \times 12$ ) ayı çok şiddetli kuraklıkla geçmiş olur ve yüzdesi %8 ( $36/450$ ) olarak hesap edilir. Bu farklılık aynı şekilde konumsal olarak farklı istasyonlarda yaşanan kuraklıkların karşılaştırılmasında da hassasiyeti zayıflatır.

Bir bölgenin kuraklıkları hakkında kısa ve öz bilgiye ulaşmak için literatürde sıklıkla başvurulan ve yukarıda bahsedilen kuraklıkların zamansal analizine yönelik iki ayrı yaklaşım ile çok farklı sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir. Havza özelinde EKİ ile yapılan hesaplamayla bu iki yaklaşıma örnek olarak Iğın ve Karapınar istasyonları verilecek olursa; Iğın istasyonunda 20 adet -2'den küçük EKİ değeri hesap edilmiştir. Bu istasyon olay bazlı analiz edildiğinde sadece bir kere çok şiddetli kuraklığa maruz kaldığı (Çizelge 4.6), 1973 Ocak ayında baş gösteren ve 29 ay sürerek 1975 Haziran'ında sona eren bu çok şiddetli kuraklık esnasında neredeyse her ay EKİ değerlerinin, düşen yağış miktarının ortalamasının çok altında kalmasından ötürü 20 kere -2'nin altına düştüğü görülmüştür (Şekil 4.15). İlk yaklaşıma göre  $20/444 = \%5$  olarak hesap edilen tüm zamanların çok şiddetli kuraklıkla geçme oranı ikinci yaklaşıma göre elde edilen  $29/444 = \%6.5$  değerine yakın olduğu ve yaklaşımlar arasında çok fark olmadığı düşünülebilir. Ancak Karapınar istasyonu incelendiğinde farklılığın çok çarpıcı olduğu görülmektedir. Karapınar istasyonu için 2 kere -2'nin altına düşen EKİ değeri tespit edilmiştir. Olay bazlı analiz yapıldığında bu iki değer iki farklı çok şiddetli kuraklığı ifade ettiği anlaşılmaktadır (Çizelge 4.8 ve Şekil 4.17). Bunlardan birincisi 1998 Kasım ayında başlayarak 19 ay sürmüş, ikincisi 2003 Ekim ayında başlayarak 23 ay sürmüştür. Toplamda Karapınar istasyonunda tüm zamanların 42 ayı çok şiddetli kuraklıkla geçmiştir. İlk yaklaşıma göre  $2/444 = \%0.5$  değeri elde edilirken, olay bazlı analiz sonucuna göre  $42/444 = \%9.5$  değeri elde edilmektedir. Bu örneklerle bakıldığında kuraklık indeksi zaman serileri için olay bazlı analiz yapmanın çok önemli olduğu, dolayısı ile kuraklık olaylarında tespit edilen sürenin hesaba katıldığı ikinci yaklaşımın daha doğru olduğu anlaşılmaktadır.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar; (1) kuraklıkla ilgili kavramsal ve teorik sonuçlar ve (2) Konya Kapalı Havzası özelinde elde edilen sonuçlar olmak üzere iki başlık altında gruplandırılmıştır.

#### 5.1.1. Kuraklıkla ilgili kavramsal ve teorik sonuçlar

Normal dağılımı esas alan Z-Skoru ve gamma dağılımını esas alan SYİ yöntemi bir standartlaştırma işlemidir. Ancak küçük zaman adımlarında yağış verilerinin normal dağılıma uymamasından dolayı Z-Skoru yönteminin uygun olmadığı tespit edilmiştir. Dünyada ve özellikle ülkemizde yapılan birçok çalışmada, hesaplamaların SYİ'nin orijinal yöntemine göre değil de Z-Skoru yöntemine göre yapıldığı ancak yöntemin isminin SYİ olarak konulduğu tespit edilmiştir.

NYY ve YK'nın farklı zaman adımları kullanıldığında elde edilen sonuçların diğer zaman adımları ile tutarlı olmadığı belirlenmiştir. Dolayısı ile bu indekslerin kullanım sebebi önceden iyi belirlenmemişse karşılaştırma çalışmalarında çok yardımcı olmayacağı düşünülmektedir.

Z-Skoru, hesap edilmesi kolay bir indekstir ve hesaplaması nispeten zor olan SYİ ve ÇZİ ile çok hassas olmasa bile uyumlu sonuçlar vermektedir. Ancak Z-Skorunun zaman adımları arasındaki tutarlılığı SYİ ve ÇZİ'den daha düşüktür. Z-Skoru, ÇZİ ve SYİ gibi indekslerin 6, 9 ve 12 ay zaman adımlı 3 farklı türüyle de uyumlu sonuçlar vermektedir.

EKİ orijinal versiyonunda günlük yağış verisi ile hesap yapıyor olsa da aylık yağış verisiyle hesap eden versiyonunda da oldukça başarılı bulunmuştur. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerdeki kuraklıkların izlenmesinde kullanılması tercih edilebilir.

EKİ, kümülatif yağış miktarı ile değil zamana bağlı azalma fonksiyonuna göre işlem yapmaktadır. Dolayısı ile şimdiki kuraklık durumunu geçen ayki yağış, bir önceki ayın yağışından daha ağırlıklı olarak etkilemektedir. Bu etki bir yıl geriye doğru azalarak gitmektedir. Bu yaklaşımı ile EKİ diğer indekslerden farklıdır.

EKİ zaman adımıyla bağımsız ve hesaplama sistematığının ağırlıklı bir yöntem olduğu için karşılaştırmalarda diğer indekslerin farklı zaman adımlarıyla yüksek korelasyon göstermiştir.

EKİ genel olarak diğer indekslerin küçük zaman adımlarına kıyasla daha hassas sonuçlar vermektedir. Ancak EKİ'nin, yıllık ağırlıklı hesap sisteminden dolayı özellikle 24, 30, 36 ve 48 ay zaman adımı diğer indekslere olan duyarlılığının daha az olduğu tespit edilmiştir. Çünkü 1 yıldan önceki yağışları hesaba katmamaktadır. Ayrıca EKİ'nin çok aylı kümülatif yağış değişimlerine nazaran aylık yağıştaki değişimlere daha duyarlı olduğu tespit edilmiştir.

Kuraklık indeksleri ile yapılan çalışmalarda, kuraklık indeksinin sayısal değerlerini (-1.06, -1.51, -0.95, -1.25, -2.03 gibi) içeren iki zaman serisinin birbirleriyle karşılaştırılması ile bu sayısal değerlerin karşılığı olan kuraklık sınıfları (-1, -2, 0, -1, -3 gibi) zaman serilerinin birbiriyle karşılaştırılması arasında farklar görülmüştür. Bu sonuç; indeks değeri karşılaştırmasının sayısal, indeks değerine karşılık gelen kuraklık sınıflarının karşılaştırmasının ise kategorik anlam taşımasından dolayıdır.

Yarı kurak ve kurak bölgelerde birkaç aylık hatta mevsimlik yağış eksiklikleri normal olduğundan 1, 2, 3 ay zaman adımı kuraklık indekslerinin bu bölgelerdeki kuraklıkların tespitinde çok uygun olmadığı görülmüştür. Yarı kurak ve kurak bölgeler için kısa veya uzun süreli kuraklık analizleri yapılırken sadece küçük zaman adımlarının uygulanması yerine 5-15 ay arası tüm zaman adımlarının kullanımının önemli olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu denli kapsamlı kullanım hesap güçlüğü oluşturacağından en azından 6, 9 ve 12 ay zaman adımı kuraklık indekslerinin kuraklığın tespitinde faydalı olduğu görülmüştür. Özellikle kuraklık indeksi karşılaştırma çalışmalarında kuraklık indekslerinin sadece 1 aylık zaman adımı ile kullanımının kuraklık indeksinin gerçek performansını göstermekte yetersiz olabileceği belirlenmiştir.

Belirli bir bölge veya iklim şartlarında hassasiyetle kuraklık tespiti yapılabilmesi ve bölgenin yağışlı-yağışsız dönemleri ile mevsimselliğini daha iyi hesaba katabilmek için karşılaştırmalı çalışma sonrası seçilecek zaman adımlarının kullanımının önemi tespit edilmiştir. Örneğin bu çalışma, yıl içindeki yağışların zamansal olarak daha farklı dağıldığı bir bölgede yapılırsa burada tespit edilenden daha farklı zaman adımlarının öne çıkması beklenebilirdi.

Kuraklık indekslerinin zamana karşı değişimini gösteren şekillerde; indeks değeri ile birlikte yağış, kümülatif yağış ve bunların zaman serisindeki ortalama değerlerinin gösterilmesi ve kuraklık sınıfının şekil arka planında kolay izlenebilirliği, yapılan kuraklık analizinin duyarlılığı ve kuraklık indeksinin yağış eksikliğine verdiği tepkinin doğru tespiti açısından önemli olduğu tecrübe edilmiştir. Çalışmada kullanılan

şekil oluşturma sistematığının yapılan kuraklık analizini kolaylaştırması yönüyle de literatüre yenilik kattığı düşünülmektedir.

İki farklı kuraklık olayı karşılaştırılırken kuraklıkla ilgili bütün nicelikler göz önüne alınmalıdır. Orta şiddetli kuraklık sınıfındaki bir olay; genliği, süresi, keskinliği ve ardışık kuraklık olup olmamasına bağlı olarak şiddetli bir kuraklıktan daha büyük etkilere sahip olabilir. Bu durum, çalışmada yapılan kuraklık kronolojisinin istasyon bazlı ortaya konulması ve tespit edilen kuraklık niceliklerinin analizi ile kolaylıkla belirlenebilmektedir.

Kuraklıkların tespiti ve izlemesinde hangi kuraklık indeksinin kullanıldığı kadar hangi zaman adımının kullanıldığına da önemli olduğu tespit edilmiştir. Konya Kapalı Havzası gibi kurak/yarı kurak bölgelerde su kaynaklarının yönetiminde veya hidrolojik kuraklık analizinde kuraklık indekslerinden sağlıklı bilgi alabilmek için küçük zaman adımlarından kesinlikle kaçınılmalıdır. Bu tür analizlerde kısa süreli kuraklık araştırmalarında dahi en az 6 aylık zaman adımı veya zaman adımından bağımsız EKİ tercih edilmelidir.

### **5.1.2. Konya Kapalı Havzası özelinde elde edilen sonuçlar**

Konya Kapalı Havzasındaki kuraklıkların karakterinin belirlenmesinde en uygun kuraklık indeksi olarak EKİ bulunmuştur. Ayrıca SYİ, ÇZİ ve Z-Skoru indekslerinin 5-18 ay arası zaman adımlarının amacına uygun kullanıldığında yararlı olduğu görülmüştür. Havzada yapılacak çalışmalarda 6, 9 ve 12 aylık zaman adımlarının kullanımının uygun olacağı düşünülmektedir. NYY ve YK kuraklık indekslerinin aylık ve kümülatif yağış eksikliklerine diğer kuraklık indeksleri kadar iyi tepki vermediği tespit edilmiştir.

Konya Kapalı Havzasındaki 12 istasyona ait Ocak 1972-Aralık 2009 arası 456 aylık yağış verisi kullanılarak EKİ ile hesap edilen 444 aylık kuraklık indeksi zaman serileri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre havzada toplam 196 kuraklık olayı tespit edilmiştir. Havza ortalaması istasyon başına 16.3 kuraklık olayı olarak bulunmuştur. Havzadaki tüm kuraklıkların istasyon başına toplam süre ortalaması 156.9 ay olup toplam genlik ortalaması 170.38 olarak belirlenmiştir. Analiz edilen 444 aylık zaman periyodu göz önüne alındığında, havzada bu periyottaki tüm zamanların ortalama %35'lik zaman diliminin kuraklıklarla geçtiği tespit edilmiştir.

Bu kuraklık olaylarının kuraklık sınıfına göre dağılımına bakıldığında; çok şiddetli kuraklık olaylarının havza ortalaması 3 olay olup şiddetli kuraklık için 4.5 olay,

orta şiddetli kuraklık için 8.8 olay şeklinde bulunmuştur. Konya Kapalı havzasında tespit edilen çok şiddetli kuraklık olaylarının sayısının nispeten az olduğu (37 yılda istasyon başına ortalama 3 olay) ancak bu olayların uzun sürdüğü (ortalama 17 ay/olay) belirlenmiştir. Ayrıca şiddetli kuraklık olaylarının süresi ortalama olarak 10 ay, orta şiddetli kuraklık olaylarının süresi ortalama 7 ay olarak bulunmuştur.

Çok şiddetli kuraklık olayı en çok Ereğli ve Kulu istasyonlarında (5 olay), en az Ilgın ve Seydişehir istasyonlarında (1 olay) tespit edilmiştir. Şiddetli kuraklık olayı en çok Çumra ve Ilgın istasyonunda (7 olay), en az Niğde istasyonunda (2 olay) tespit edilmiştir. Orta şiddetli kuraklık olayı ise en çok Karaman (13 olay) ve Ilgın (12 olay) istasyonunda, en az Kulu (5 olay) ve Konya (6 olay) istasyonunda tespit edilmiştir.

Ilgın istasyonunda genellikle orta şiddetli ve şiddetli kuraklık olaylarının belirlendiği ve bu kuraklıkların çok şiddetli kuraklığa dönüşmediği, Ereğli istasyonunda da bunun tam tersine, orta şiddetli ve şiddetli kuraklıkların çok şiddetli kuraklığa dönüştüğü belirlenmiştir.

Beyşehir istasyonu, kuraklık sınıfına bakılmaksızın en uzun süre (185 ay) kuraklığa maruz kalan istasyon olarak bulunmuştur. En çok kuraklık olayı (22 olay) Karaman istasyonunda, en az kuraklık olayı (13 olay) Seydişehir istasyonunda tespit edilmiştir.

Havzada tespit edilmiş en uzun süren kuraklık olayı Konya istasyonunda Eylül 1992-Nisan 1995 periyodunda belirlenen ve süresi 31 ay, genliği 35.61 olan şiddetli kuraklık olayıdır. Ayrıca bu olay, genliği en büyük şiddetli kuraklık olayıdır.

Ancak tüm istasyonlarda genliği en büyük kuraklık olayı Ilgın istasyonunda Ocak 1973-Haziran 1975 arası (29 ay) tespit edilen ve genliği 67.46 değerine ulaşan çok şiddetli kuraklık olayıdır. En uzun süreli orta şiddetli kuraklık olayı ise 20 ay süren Mart 2003-Kasım 2004 periyodunda Aksaray istasyonunda tespit edilen olaydır. Keskinliği en yüksek kuraklık olayı, 2.38 değeri ile Niğde istasyonunda belirlenmiş olan Ocak 1973-Nisan 1975 çok şiddetli kuraklık olayıdır.

Havzayı en çok etkileyen ve Konya Kapalı Havzası için karakteristik denilebilecek 1973-1974 çok şiddetli kuraklığı; Karapınar istasyonu hariç bütün istasyonlarda kuraklık sınıfı, süresi, genliği ve keskinliği bakımından benzer özellikler göstermiştir. Bu kurak süreçten sonra havzada ortalama 6 yıl boyunca herhangi bir kuraklık olayı tespit edilmemiştir.

Şiddetli ve orta şiddetli kuraklıkların en çok tespit edildiği yıllar 1986-1990 periyodudur. Havzada en çok kuraklık olayının tespit edildiği 1996-2000 yılları arasında

toplam 36 kuraklık olayı belirlenmiştir. 1973-1975 periyodundan sonra çok şiddetli kuraklık olaylarının en çok tespit edildiği yıllar da yine bu periyottadır.

## 5.2. Öneriler

Kuraklık, teknik olduğu kadar sosyal bir olay olduğu ve konu ile ilgilenen meslek gruplarının fazlalığından ötürü literatürde kavramsal anlamda çok farklı değerlendirmeler mevcuttur. Yapılacak bir araştırmada, sadece araştırmanın konusu ile ilgili literatürün göz önüne alınması ve diğer amaçlarla yapılmış olan çalışmaların kapsam dışı bırakılması ile anlam kargaşasının önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

Spesifik bir sebebi yoksa, tek bir kuraklık indeksine bağlı kalarak özellikle tek bir zaman adımı ile yapılacak hesaplamalar, farklı sonuçlara ve çok yanlış yorumlamalara neden olmaktadır. Örneğin bir bölgenin su kaynakları veya hidrolojik kuraklığı hakkında yorum yapmak için herhangi bir kuraklık indeksinin küçük zaman adımı (1-5 ay arası) ile elde edilen sonuçların yeterli olmayacağı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada EKİ'nin diğer kuraklık indeksleri ile olan korelasyonunda en yüksek değerler 7, 8, 9, 10 ve 11 aylık zaman adımları için bulunmuştur. Dolayısı ile yapılacak çalışmalarda, bu çalışmadaki kadar kapsamlı zaman adımı kullanılsa bile küçük zaman adımları ile analiz yapmak yerine öncelikle bölgeye uygun zaman adımını belirlemelidir. Özellikle, doğrudan 1 ay zaman adımını kullanmak yerine 9 veya 12 aylık zaman adımının kullanılmasının daha faydalı olacağı düşünülmektedir.

Genel olarak başarılı bilinen ve farklı bölge uygulamalarında doğru sonuç verdiği tespit edilen bir kuraklık indeksi yerel anlamda doğru sonuçlar vermeyebilir. Dolayısı ile o bölge için daha doğru tepki veren farklı kuraklık indeksinin araştırılması veya kullanılan indeksin o bölgenin koşullarına göre modifiye edilmesi önerilmektedir.

Gelecekteki kuraklıkların projeksiyonunda, daha güvenilir sonuçların elde edilebilmesi için projeksiyon çalışmalarından önce bölgeyi en iyi temsil eden kuraklık indeksi ile zaman adımlarının bilinmesi faydalı olacaktır.

Bu çalışma ile, bir kuraklık olayı ile ilgili bilgi verirken o olayın sadece kuraklık sınıfını veya şiddetini belirtmenin yeterli olmadığı görülmüştür. Kuraklığın etkilerinin doğru analiz edilebilmesi için o kuraklığın genlik ve süresinin hesap edilmesi gerekmektedir.

Kuraklık çalışmalarında en doğru sonuçların alınabilmesi için sağlıklı ve uzun verinin bulunması çok önemlidir. Uzun süreli ve bilimsel çalışmalarda kullanmaya elverişli kayıtların tutulması, kolay erişimin sağlanması ve yapılan analiz sonuçlarının

duyurulması için sistem oluşturulması gereklidir. Ayrıca bölgelerin risk durumu ve bölgedeki istasyonların konumsal seyrekliği göz önüne alınarak gözlem istasyonlarının sayısı artırılmalıdır.

Bir havza için yapılan bölgesel kuraklık analizi çalışmalarında, havza birbiri ile uyumlu olan istasyonlar belirlenerek alt bölgelere ayrılmaktadır. Bölgeselleştirme çalışmaları havza içerisindeki alt bölgelerin tespit edilerek bu bölgelerdeki kuraklıklar hakkında fikir vermesi açısından önemlidir. Ancak aynı bölge içerisinde yer alsa bile istasyonlar arasındaki mesafeden bağımsız olarak her bir kuraklık olayının olay bazlı incelemesi yapılarak istasyon özelindeki kuraklık seyri analiz edilmelidir.

Kuraklığın olma ihtimali diğer meteorolojik afetlerin olma ihtimalinden düşüktür ama her doğal afet gibi her an olma riski vardır. Şu ana kadar kuraklığın çok etkili olmadığı veya bol yağışlı bölgelerde bile kuraklığın meydana gelebileceği unutulmamalı ve sürekli takip ederek, yönetim planları oluşturulmalı ve ciddi anlamda hazırlıklı olunmalıdır. Kuraklığın hangi seviyesinde ve süresinde hangi adımların atılacağı önceden belirlenerek izleme, tahmin ve erken uyarı sistemleri tesis edilmeli, olası zararların önüne geçilmeye çalışılmalı veya en aza indirilmelidir. Sonradan alınacak sert önlemlerdense önceden atılacak ölçülü adımlar sürecin işleyişini kolaylaştıracaktır.

Herhangi bir sebeple su kıtlığı problemi yaşanan bölgelerde; yöntemler araştırılarak temin edilen suyun miktarı artırılmaya çalışılmalı, suya olan talebi azaltma (su tasarrufu) yolları aranmalı ve var olan su kaynakları ihtiyaç duyulan bölgede en verimli şekilde paylaşılmalıdır.

Avrupa Birliği'nin en güncel direktiflerinden biri olan Su Çerçeve Direktifi içerisinde yer alan ana araştırma konularından biri meteorolojik kuraklık analizi ile su kaynaklarının izlenmesidir. Kuraklıklarla ilgili olarak kısa, orta ve uzun dönem yönetim planları oluşturulması ve su kaynaklarına olabilecek olumsuz etkilerin azaltılması tavsiye edilmektedir. Bu sebeple kuraklıkların bir merkez tarafından sürekli izlenmesi gerekmektedir.

18 Ağustos 2012 tarih ve 28388 sayılı resmi gazetede yayınlanan "Tarımsal Kuraklık Yönetiminin Görevleri, Çalışma Usul Ve Esaslarına Dair Yönetmelik" sadece tarımsal kuraklığı kapsayan bir yönetmelik olsa da kuraklıkları bölgesel ve iller bazında izleme açısından umut vericidir. Bunun yanında yurtdışı örneklerinde olduğu gibi ulusal kuraklık izleme merkezleri kurularak burada farklı disiplinlerden araştırmacılar



istihdam edilmelidir. Analizler sonucunda ulusal ve bölgesel kuraklık yönetim planları hazırlanmalı ve uygulanmalıdır.

Bu çalışmada, kuraklıkların izlenmesinde ve karakterizasyonunun belirlenmesinde EKİ'nin başarılı bir kuraklık indeksi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca EKİ'nin diğer kuraklık indekslerinin farklı zaman adımlarıyla gayet uyumlu olduğu görülmüştür. Su kaynaklarının yönetimi ile ilgilenen kurumlarda kuraklıkların izlenmesinde kullanılan başka indekslerle birlikte EKİ'nin de kullanımı önerilmektedir.

Herhangi bir indeks ile kuraklık karakterinin çıkarılmasında amaca uygun farklı zaman adımlarının kullanılması önerilmektedir. Ancak birçok zaman adımının kullanılması uzun zaman gerektirmekte ve hesap zorluğu doğurmaktadır. Bu türdeki çalışmalarda da kuraklığın karakterizasyonunun nispeten daha hızlı belirlenebilmesi için EKİ'nin kullanımı önerilmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Akhtari, R., Morid, S., Mahdian, M. H. and Smakhtin, V., 2009, Assessment of areal interpolation methods for spatial analysis of SPI and EDI drought indices, *International Journal of Climatology*, 29, 135–145.
- American Meteorological Society, 1997, Meteorological drought–policy statement. *Bulletin of American Meteorological Society*, 78, 847–849.
- Anisfeld, S. C., 2010, Water Resources, *Island Press*, Washington, DC, USA, 89-95.
- Apak, E., 2009, Standart yağış indeksi (SPI) yöntemi ile Ege Bölgesinde kuraklık analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 12-47.
- Atmaca, D., 2011, Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) yöntemi ile Konya ili bölgesel kuraklık analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tokat, 18-46.
- Barua, S., Ng, A. W. M. and Pereira, B. J. C., 2011, Comparative evaluation of drought indexes: case study on the Yarra River Catchment in Australia. *Journal of Water Resources Planning and Management-ASCE*, 37, 215-226.
- Brown, C., and Lall, U., 2006, Water and economic development: The role of variability and a framework for resilience, *Natural Resources Forum*, 30, 306-317.
- Budikova, D., 2008, Effect of the Arctic Oscillation on precipitation in the eastern USA during ENSO winters, *Climate Research*, 37:1, 3-16.
- Byun, H. R., Wilhite, D. A., 1999, Objective quantification of drought severity and duration, *Journal of Climate*, 12, 2747–2756.
- Chen, S-T., Kuo, C-C. and Yu, P-S., 2009, Historical trends and variability of meteorological droughts in Taiwan, *Hydrological Sciences Journal*, 54:3, 430-441.
- Dogan, S., Berktaş, A. and Singh, V. P., 2012, Comparison of multi-monthly rainfall-based drought severity indices, with application to semi-arid Konya Closed Basin, Turkey, *Journal of Hydrology*, 470-471, 255-268.
- Dogan, S., Ture, H. and Berktaş, A., 2009, Meteorological variables of Konya Closed Basin and condition of Tuz Lake, *9<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference & EXPO SGEM*, 14-19 June 2009, Varna-Bulgaria, (2) 211-218.
- Doğdu, M. Ş., Toklu, M. M. ve Sağnak, C., 2007, Konya Kapalı Havzası'nda yağış ve yeraltısuyu seviye değerlerinin irdelenmesi, *1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007*, İstanbul, Türkiye, 394-401.
- Dubrovsky, M., Svoboda, M. D., Trnka, M., Hayes, M. J., Wilhite, D. A., Zalud, Z. and Hlavinka, P., 2009, Application of relative drought indices in assessing climate-

- change impacts on drought conditions in Czechia, *Theoretical and Applied Climatology*, 96, 155–171.
- Durdu, O. F., 2010, Application of linear stochastic models for drought forecasting in the Buyuk Menderes river basin, western Turkey, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 24, 1145–1162.
- EDO, 2012, *European Drought Observatory* [online], Joint Research Centre-European Drought Observatory, <http://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000> [Ziyaret Tarihi: 25 Aralık 2012].
- Edossa, D. C., Babel, M. S. and Gupta, A. D., 2010, Drought analysis in the Awash River Basin, Ethiopia, *Water Resources Management*, 24, 1441–1460.
- Edwards, D. C. and McKee, T. B., 1997, Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales, *Atmospheric Science Paper*, 634, 1–155.
- Em, A., 2005, Hidrolojik değişken yağışa göre GAP bölgesindeki kuraklığın trend analizi bakımından incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır, 3-4.
- EPA, 2012, *Climate change basics* [online], United States Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/climatechange/basics/> [Ziyaret Tarihi: 14 Haziran 2012].
- Erinç, S., 1949, The climates of Turkey according to Thornthwaite's classifications, *Annals of the Association of American Geographers*, 39, 26-46.
- Fathabadi, A., Gholami, H., Salajeghe, A., Azanivand, H. and Khosravi, H., 2009, Drought forecasting using neural network and stochastic models, *Advances in Natural and Applied Sciences*, 3(2), 137-146.
- Gibbs, W. J. and Maher, J. V., 1967, Rainfall deciles as drought indicators, Bureau of Meteorology, Bulletin No. 48., Melbourne, Australia.
- Göçmez, G., Genç A. ve Karakoca, A., 2008, Konya Kapalı Havzasında yeraltısuyu seviye değişiminin istatistiksel değerlendirmesi, *Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı*, Konya, Türkiye, 98-107.
- Guttman, N. B., 1998, Comparing the Palmer drought index and the standardized precipitation index, *Journal of the American Water Resources Association*, 34:1, 113-121.
- Guttman, N. B., 1999, Accepting the standardized precipitation index a calculation algorithm, *Journal of the American Water Resources Association*, 35:2, 311-322.
- Gülsever, H., 2006, Dicle Havzasında sıcaklık–yağış ve kuraklık analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır, 2-9.
- Hayes, M. J., 2000, Drought indices, National Drought Mitigation Center, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, USA.

- Hayes, M. J., Alvord, C. And Lowrey, J., 2007, Drought indices, *Intermountain West Climate Summary*, 3(6), 1-6.
- Hayes, M. J., Svodoba, M. D., Wilhite, D. A. and Vanyarkho, O.V., 1999, Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index, *Bulletin of American Meteorological Society*, 80, 429–438.
- Heim, R. R., 2002, A review of twentieth-century drought indices used in the United States, *Bulletin of American Meteorological Society*, 83, 1149–1165.
- Hıms M. A., 2008, Standart yağış indeksi ile Konya'nın geçmişten günümüze kuraklık değerlendirmesi, *Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı*, Konya, Türkiye, 238-245.
- Kalamaras, N., Michalopoulou, H. and Byun, H. R., 2010, Detection of drought events in Greece using daily precipitation, *Hydrology Research*, 41:2, 126-133.
- Keskin, M. E., Terzi, O., Taylan, E. D. and Kucukyaman, D., 2009, Meteorological drought analysis using data-driven models for the Lakes District, Turkey, *Hydrological Sciences Journal*, 54:6, 1114-1124.
- Keskin, M. E., Terzi, Ö., Taylan, E. D. ve Yılmaz, A. G., 2007, Isparta bölgesi meteorolojik kuraklık analizi, *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007*, İstanbul, Türkiye, 350-359.
- Keyantash, J. and Dracup, J. A., 2002, The quantification of drought: an evaluation of drought indices, *Bulletin of American Meteorological Society*, 83, 1167–1180.
- Khalili, D., Farnoud, T., Jamshidi, H., Kamgar-Haghighi, A. A. and Zand-Parsa, S., 2010, Comparability analyses of the SPI and RDI meteorological drought indices in different climatic zones, *Water Resources Management*, 25, 1737–1757.
- Kim, D. W. and Byun, H. R., 2009, Future pattern of Asian drought under global warming scenario, *Theoretical and Applied Climatology*, 98, 137–150.
- Kim, D. W., Byun, H. R. and Choi, K.S., 2009, Evaluation, modification, and application of the Effective Drought Index to 200-Year drought climatology of Seoul, Korea, *Journal of Hydrology*, 378, 1-12.
- Kokkokoğlu, N., 2006, İç Anadolu Bölgesi kuraklık sürelerinin parametrik ve nonparametrik yaklaşımla analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale, 8-21.
- Komuscu, A. U., 1999, Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey, *Drought Network News*, 11:1, 7–13.
- Kotteck, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. and Rubel, F., 2006, World map of the Köppen-Geiger climate classification updated, *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259-263.

- Lana, X. and Burgueno, A., 2000, Statistical distribution and spectral analysis of rainfall anomalies for Barcelona (NE Spain), *Theoretical and Applied Climatology*, 66, 211-227.
- Lana, X., Serra, C. and Burgueno, A., 2001, Patterns of monthly rainfall shortage and excess in terms of the standardized precipitation index for Catalonia (NE Spain), *International Journal of Climatology*, 21, 1669-1691.
- McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J., 1993, The relationship of drought frequency and duration to time scales, *In: Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, Anaheim, CA, USA, pp 179-184.
- MDR, 2012, *Daily Water Resource (Drought) Environmental Monitoring System over Korea* [online], Meteorological Disaster Research – Korea Meteorological Administration, <http://kma.go.kr/weather/lifenindustry/drought.jsp> [Ziyaret Tarihi: 25 Aralık 2012].
- Mengü, G. P., Anaç, S. and Topçuoğlu, K., 2009, Analysis of drought in the Marmara Region using the standardized precipitation index, *Fresenius Environmental Bulletin*, 18:5, 633-641.
- MGM, 2012, *Kuraklık analizi* [online], Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yillik#sfB> [Ziyaret Tarihi: 30 Temmuz 2012].
- Mishra, A. K. and Singh, V. P., 2010, A review of drought concepts, *Journal of Hydrology*, 391, 202-216.
- Mishra, A. K. and Singh, V. P., 2011, Drought modeling - a review, *Journal of Hydrology*, 403, 157-175.
- Morid, S., Smakhtin, V. and Bagherzadeh, K., 2007, Drought forecasting using artificial neural networks and time series of drought indices, *International Journal of Climatology*, 27, 2103-2111.
- Morid, S., Smakhtin, V. and Moghaddasi, M., 2006, Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran, *International Journal of Climatology*, 26, 971-985.
- Mpelasoka, F., Hennesy, K., Jones, R., and Bates, B., 2008, Comparison of suitable drought indices for climate change impacts assessment over Australia towards resource management, *International Journal of Climatology*, 28, 1283-1292.
- Nagarajan, R., 2009, Drought assessment, *Springer*, Dordrecht, The Netherlands, 3-25.
- Ntale, H. K. and Gan, T., 2003, Drought indices and their application to East Africa, *International Journal of Climatology*, 23, 1335-1357.
- Palmer W. C., 1965, Meteorological Drought, *US Department of Commerce, Weather Bureau*, Technical Paper, 45, s58.

- Pandey, R. P., Dash, B. B., Mishra, S. K. and Singh, R., 2008, Study of indices for drought characterization in KBK districts in Orissa (India), *Hydrological Processes*, 22, 1895–1907.
- Patel, N. R., Chopra, P. and Dadhwal, V. K., 2007, Analyzing spatial patterns of meteorological drought using standardized precipitation index, *Meteorological Applications*, 14, 329–336.
- Paulo, A. A. and Pereira, L. S., 2006, Drought concepts and characterization: comparing drought indices applied at local and regional scales, *Water International*, 31:1, 37-49.
- PDC, 2012, *Understanding and defining drought* [online], Pacific Disaster Center, <http://www.pdc.org/iweb/drought.jsp?subg=1> [Ziyaret Tarihi: 15 Haziran 2012].
- Roudier, P. and Mahe, G., 2010, Study of water stress and droughts with indicators using daily data on the Bani river (Niger basin, Mali), *International Journal of Climatology*, 30, 1689–1705.
- Salvati, L., Venezian-Scarascia, M. E. and Zitti, M., 2009, Monitoring drought severity in agriculture through a synthetic index based on dry periods: a case study in the Mediterranean basin, *Irrigation and Drainage*, 58, 596–606.
- Santos, J. F., Portela, M. M. and Pulido-Calvo, I., 2011, Regional Frequency Analysis of Droughts in Portugal, *Water Resources Management*, 25, 3537–3558.
- Simmonds, I. and Hope, P., 2000, Persistence characteristics of Australian rainfall anomalies, *International Journal of Climatology*, 17, 597–613.
- Sırdaş, S., 2002, Meteorolojik kuraklık modellenmesi ve Türkiye uygulaması, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 5-8.
- Smakhtin, V. U. and Hughes D. A., 2007, Automated estimation and analyses of meteorological drought characteristics from monthly rainfall data, *Environmental Modelling and Software*, 22, 880-890.
- Sonmez, F. K., Komuscu, A. U., Erkan, A. and Turgu, E., 2005, An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index, *Natural Hazards*, 35, 243–264.
- Stricevic, R., Djurovica, N. and Djurovic, Z., 2011, Drought classification in Northern Serbia based on SPI and statistical pattern recognition, *Meteorological Applications*, 18, 60–69.
- Tabari, H., Abghari, H. and Talaei, H., 2012, Temporal trends and spatial characteristics of drought and rainfall in arid and semiarid regions of Iran, *Hydrological Processes*, 26, 3351–3361.
- Tanoğlu, A., 1943, Türkiyenin kuraklık indisleri, *Türk Coğrafya Dergisi*, 1, 36-41.

- Topak, R., Süheri, S. ve Acar, B., 2008, İklim-tarımsal kuraklık-sulama ve çevre etkileşimi yönünden Konya Havzası, *Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı*, Konya, Türkiye, 67-76.
- Topçuoğlu, K., Mengü G. P. ve Anaç, S., 2008, Ege Bölgesi meteorolojik kuraklık analizi, *Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı*, Konya, Türkiye, 175-184.
- Touchan, R., Funkhouser, G., Hughes, M. K. and Erkan, N., 2005, Standardized precipitation index reconstructed from Turkish tree-ring widths, *Climatic Change*, 72, 339–353.
- Tsakiris, G. and Vangelis, H., 2004, Towards a drought watch system based on spatial SPI, *Water Resources Management*, 18, 1–12.
- Turkes, M. and Tatli, H., 2009, Use of the standardized precipitation index (SPI) and a modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey, *International Journal of Climatology*, 29, 2270–2282.
- USDM, 2012, *Current US drought monitor* [online], US Drought Monitor, <http://droughtmonitor.unl.edu/> [Ziyaret Tarihi: 30 Temmuz 2012].
- Vicente-Serrano, S. M., Gonzalez-Hidalgo, J. C., de Luis, M. and Raventos, J., 2004, Drought patterns in the Mediterranean area: the Valencia region (eastern Spain), *Climate Research*, 26, 5-15.
- Vural, L., 2010, Ege Bölgesi kurak dönem özelliklerinin araştırılarak, kuraklık izleme ve erken uyarı modelinin oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, 1-8.
- White, D. H. and Walcott, J. J., 2009, The role of seasonal indices in monitoring and assessing agricultural and other droughts: a review, *Crop & Pasture Science*, 60, 599–616.
- Wilhite, D. A., 1996, A methodology for drought preparedness, *Natural Hazards*, 13, 229-252.
- Wu, H., Hayes, M. J., Weiss, A. and Hu, Q., 2001, An evaluation of the standardized precipitation index, the china-z index and the statistical z-score, *International Journal of Climatology*, 21, 745–758.
- Wu, H., Hayes, M. J., Wilhite, D. A. and Svoboda, M. D., 2005, The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation, *International Journal of Climatology*, 25, 505–520.
- Yeğnidemir, M. K., 2005, İç Anadolu Bölgesinin SYİ metodu ile kuraklık analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale, 1-30.
- Yıldız, O., 2009, Assessing temporal and spatial characteristics of droughts in the Hirfanli dam basin, Turkey, *Scientific Research and Essay*, 4(4), 249-255.

- Yılmaz, B., Vural, L. ve Yılmaz, T., 2007, Manisa’da kurak dönemlerin standart yağış indeksi ile belirlenmesi, *Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı*, Konya, Türkiye, 287-292.
- Yürekli K. ve Anlı, A. P., 2008, Standartlaştırılmış yağış indeksi ile Karaman ili kuraklığının analizi, *Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı*, Konya, Türkiye, 246-251.
- Zhai, J. Q., Su, B. D., Krysanova, V., Vetter, T., Gao, C. and Jiang, T., 2010, Spatial variation and trends in PDSI and SPI indices and their relation to streamflow in 10 large regions of China, *Journal of Climate*, 23:3, 649-663.
- Zhang, Q., Li, J., Singh, V. P. and Bai, Y., 2012, SPI-based evaluation of drought events in Xinjiang, China, *Natural Hazards*, 64, 481-492.
- Zin, W. Z. W., Jemain, A. A. and Ibrahim, K., 2013, Analysis of drought condition and risk in Peninsular Malaysia using Standardised Precipitation Index, *Theoretical and Applied Climatology*, 111, 559-568.



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Selim DOĞAN  
**Uyruğu** : Türkiye Cumhuriyeti  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Ankara / 27.02.1980  
**Telefon** : 0 532 634 7178  
**Faks** : 0 332 241 0635  
**e-mail** : [selim@SelimDogan.com](mailto:selim@SelimDogan.com)

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Gazi Çiftliği Süper Lisesi, Beşevler, Ankara	1998
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Çevre Müh. Bölümü, Konya	2002
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Fen Bil. Ens. Çevre Müh. ABD	2006
Doktora	: Selçuk Üniversitesi, Fen Bil. Ens. Çevre Müh. ABD	2013

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2002-halen	Selçuk Üniversitesi Çevre Müh.Böl.	Araştırma Görevlisi
2010-2012	Texas A&M Üniversitesi	Misafir Araştırmacı
2002-2002	SouthernDataStream Inc.	Çevre Mühendisi

### UZMANLIK ALANI

Kuraklık Analizi, Hidroloji ve Hidrolojik Modelleme  
 Mesleki Bilgisayar Programlama ve Web Programlama  
 Atıksu Arıtımı  
 Yer ve Doğa Bilimleri için İstatistiksel Yöntemler  
 Kalite, Çevre, ISG Yönetim Sistemleri

### YABANCI DİLLER

İngilizce : Çok iyi  
 Almanca : Başlangıç

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

ISO 9001-14001 ve OHSAS Başteknikçisi

### YAYINLAR

#### 1- Hakemli Dergi Yayınları

1. **Selim Dogan**, Ali Bertay, Vijay P. Singh, "Comparison Of Multi-Monthly Rainfall-Based Drought Severity Indices, With Application To Semi-Arid Konya Closed Basin, Turkey", Journal of Hydrology, 470-471, pp 255-268, 2012. (Doktora tezinden yapılmıştır)
2. Argun, M.E., Dursun, S., Gur, K., Ozdemir, C., Karatas., M., **Dogan, S.**, "Nickel Adsorption On The Modified Pine Tree Materials", Environmental Technology, 26, pp 479-487, 2005.

3. C. Ozdemir, M. Karatas, S. Dursun, M.E. Argun and **S. Dogan**, “Effect Of MnSO<sub>4</sub> On The Chromium Removal From The Leather Industry Wastewater”, *Environmental Technology*, 26, pp 397-400, 2005.
4. M.E. Argun, S. Dursun, K. Gur, C. Ozdemir, M. Karatas, **S. Dogan**, “Adsorption Of Copper On The Modified Wood (Pine) Materials”, *Cellulose Chemistry and Technology*, 39, pp 581-593, 2005.

## 2- Diğer Dergi Yayınları

1. Celalettin Özdemir, M. Emin Argun, Sükrü Dursun, Mustafa Karatas, **Selim Dogan**, Mustafa Albayrak, “Investigation Of Treatability of Tannery Wastewater Using Basyayla (Karaman) Region Grape Molasses Soil (In Turkish)”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6, 3, pp 57-64, 2004.

## 3- Uluslararası Konferans Bildirileri

1. **Selim Dogan**, Ali Berktaş, Vijay P. Singh, “The Analysis Of Extreme Droughts In Konya Closed Basin, Turkey”. 6<sup>th</sup> International Perspective on Water Resources & the Environment, January 7-9, 2013, Izmir, Turkey. (Oral Presentation) **(Doktora tezinden yapılmıştır)**
2. Mehmet Emin Argun, **Selim Dogan**, “Treatment of Pharmaceutical Industry Wastewater by Using Advanced Oxidation Technologies”. 1<sup>st</sup> International Industrial Water Technologies Symposium and Fair, December 6-9, 2012, Bursa, Turkey. (Poster Presentation)
3. **Selim Dogan**, Ali Berktaş, Vijay P. Singh, “The Analysis of Precipitation Trends and Droughts In Beysehir (Turkey)”. 2<sup>nd</sup> International Conference of Ecosystems (ICE’12), June 1-6, 2012, Tirana, Albania. (Oral Presentation) **(Doktora tezinden yapılmıştır)**
4. Mehmet Emin Argun, **Selim Dogan**, “Hazardous Waste Management and Environmental Risk Assessment”. 2<sup>nd</sup> International Conference of Ecosystems (ICE’12), June 1-6, 2012, Tirana, Albania. (Oral Presentation)
5. **S. Dogan**, A. Berktaş, V. P. Singh, “Drought Analysis of Konya Closed Basin (Turkey) for 1972-2009 Period”. 16<sup>th</sup> International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, September 24-27, 2011, Ioannina, Greece. (Oral Presentation) **(Doktora tezinden yapılmıştır)**
6. **Selim Dogan**, M.Emin Argun. “Trend Analyses of Precipitation-Temperature and Drought Extents of Cankiri Province Turkey”. BALWOIS, Water Observation and Information System for Decision Support, May 25-29, 2010, Ohrid, Republic of Macedonia. (Oral Presentation)
7. **Selim Dogan**, Ali Berktaş. “Understanding a Closed Basin’s Meteorology: Konya Closed Basin (Turkey) Case Study”. GIRE3D, The 2nd International Conference, Integrated Water Resources Management and Challenges of the Sustainable Development, March 24-26, 2010, Agadir, Morocco. (Oral Presentation) **(Doktora tezinden yapılmıştır)**
8. Mehmet Emin Argun, Mustafa Karatas, **Selim Dogan**, Sükrü Dursun, Ertugrul Esmeray. “The Factors Affected on The Engineering Ability: A Survey on Environmental Engineering Students”. International Symposium on Engineering and Architectural Sciences of Balkan, Caucasus and Turkic Republics, October 22-24, 2009, Isparta, Turkey. (Oral Presentation)
9. **Selim Dogan**, Hasan Türe, Ali Berktaş. “Global Climate Change Impacts on Turkey: Meteorological Analysis of Konya Closed Basin”. MESAEP 15<sup>th</sup> International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, October 7-11, 2009, Bari, Italy. (Oral Presentation) **(Doktora tezinden yapılmıştır)**
10. **Selim Dogan**, Hasan Türe, Ali Berktaş. “Meteorological Variables of Konya Closed Basin and Condition of Tuz Lake”. 9<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference & Expo SGEM, 14-19 June 2009, Varna, Bulgaria. (Oral Presentation) **(Doktora tezinden yapılmıştır)**

- yapılmıştır)**
11. **Selim Dogan**, Sükrü Dursun. "Control Mechanism for Inputs of Wastewater Treatment Plant Design Calculation Software". Blacksea International Environmental Symposium, BIES'08, 25-29 August, 2008, Giresun, Turkey. (Oral Presentation) (**Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır**)
  12. **Selim Dogan**, Ali Berktaş. "Precipitation-Runoff Model Using HEC-HMS". Blacksea International Environmental Symposium, BIES'08, 25-29 August, 2008, Giresun, Turkey. (Oral Presentation) (**Doktora tezinden yapılmıştır**)
  13. **Selim Dogan**, Ali Berktaş. 2008. "Comparative Study Between Various Hydrological Models For Watershed Management: Robustness And Suitability". 8<sup>th</sup> International Scientific Conference, Modern Management of Mine Producing Ecology and Environmental Protection, SGEM. Vol. 1, pp 629 - 636. 16 - 20 June 2008, Bulgaria. (Oral Presentation) (**Doktora tezinden yapılmıştır**)
  14. M.Tolga Çögürçü, Serkan Sahinkaya, M.Sami Döndüren, **Selim Dogan**, Celalettin Özdemir, "Determination of Sound Transfer Coefficient And Noise Insulation Capability of Boron Added Cellulosic Mixture". 7<sup>th</sup> International Scientific Conference of Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection SGEM 2007, 11-15 June 2007, Bulgaria. (Oral Presentation)
  15. **Selim Dogan**, Sükrü Dursun, "Error Checking Of Input Data For Web Based Design Calculations Of Wastewater Treatment Plant". 7<sup>th</sup> International Scientific Conference of Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection SGEM 2007, 11-15 June 2007, Bulgaria. (Oral Presentation) (**Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır**)
  16. M. Karatas, S. Dursun, C. Özdemir, M.E.Argun, **S. Dogan**, "Heavy Metals Levels in Wastewater of Konya City (Turkey)". MESAEP 13<sup>th</sup> International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, October 8-12, 2005, Thessaloniki, Greece. (Poster Presentation)

#### 4- Ulusal Konferans Bildirileri

- 
1. Celalettin Özdemir, Sükrü Dursun, M. Emin Argun, Mustafa Karatas, **Selim Dogan**, Reside Özcan, Serhan Çiçek, "Alternative Methods of Crom (VI) Removal from Tannery Wastewater (In Turkish)", I.National Leather Symposium, 1, 1, 353 - 358, 2004. (Oral Presentation)