

DOI: 10.26650/JGEOG2021-885519

COĞRAFYA DERGİSİ
JOURNAL OF GEOGRAPHY
 2021, (42)

<http://jgeography.istanbul.edu.tr>


Konya Kapalı Havzası'nda Meteorolojik Kuraklık Analizi

Meteorological Drought Analysis in Konya Closed Basin

Faize SARIŞ¹ , Furkan GEDİK² 

¹Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen ve Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çanakkale, Türkiye

²Öğretmen/Yüksek Lisans Öğrencisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye

ORCID: F.S. 0000-0002-1721-4959; F.G. 0000-0001-9063-2236

ÖZ

Bu çalışmada Konya Kapalı Havzasında meteorolojik kuraklık durumu farklı zamansal ölçeklerde, 20 ayrı yağış serisi oluşturularak Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) yöntemiyle analiz edildi. Havzada yer alan 11 meteoroloji istasyonunun 1930-2019 yılları arasında değişik uzunluklarda kaydedilmiş aylık toplam yağış verileri kullanıldı. Veri setleri kısa süreli (aylık, mevsimlik ve 6 aylık) ve uzun süreli (12, 24 ve 36 aylık) yağış serileri olarak hazırlandı ve SPI hesaplamasından sonra Gidişler Sinaması uygulanarak, kuraklık indis değerlerindeki ısrar bileşeni istatistiksel olarak belirlendi. Konya Kapalı Havzasında farklı sınıflara (hafif, orta, şiddetli ve aşırı kurak) göre kuraklığın şiddeti değerlendirildi. Orta, şiddetli ve özellikle aşırı kuraklığın belirgin olduğu dönemler Aralık, Kış, 6 aylık ve daha uzun süreli (12, 24, 36 aylık) dönemlerdir. Gidişler sinaması sonucunda, tüm istasyonların 24 ve 36 aylık serilerin SPI değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlendi. Kurak dönemler açısından istasyonlar arasında bazı farklılıklar gözlemlense de, genel olarak havza da kurak dönemlerin yaklaşık olarak 10'ar yıllık aralıklarla gerçekleştiği belirtilebilir. 12 Aylık dönem için Cihanbeyli, Beyşehir, Ereğli ve Niğde; 24 aylık dönemde Aksaray, Karaman, Seydişehir ve Çumra; 36 aylık dönemin indis sonuçlarına göre ise Konya, Kulu ve Karapınar en fazla kurak yıl sayısına sahiptir. Uzun süreli kuraklıklardaki bu anlamlı eğilimler Konya Kapalı Havzasında meteorolojik kuraklığın, tarımsal ve hidrolojik kuraklığa doğru yayıldığını ve buna bağlı olarak havzanın su yenilenmesi açısından kırılma eğilimini açık bir şekilde gösterir.

Anahtar kelimeler: Yağış, kuraklık, SPI, Konya havzası

ABSTRACT

In this study, meteorological drought condition in Konya Closed Basin was analyzed with the Standardized Precipitation Index (SPI) method by preparing 20 separate precipitation series at different temporal scales. Monthly total precipitation data of 11 meteorology stations in the basin recorded at different time spans between 1930-2019 were used. The data sets were prepared as short term (monthly, seasonal and 6 months) and long term (12, 24 and 36 months) precipitation series and the persistence component in SPI index values was statistically determined by applying the Run's Test after SPI calculation. The severity of drought was evaluated according to different classes (mild, moderate, severe and extremely arid) in Konya closed Basin. The periods when moderate, severe and particularly extreme drought is evident are December, winter, 6 months and longer periods (12, 24, 36 months). As a result of the Run's test, it was determined that the SPI values of 24 and 36 month series of all stations were statistically significant. Although some differences are observed between the stations in terms of dry years, a decadal variation for the prominent drought can be distinguished. Cihanbeyli, Beyşehir, Ereğli and Niğde for the 12-month period; Aksaray, Karaman, Seydişehir and Çumra for the 24-month period; and Konya, Kulu, Karapınar for the 36-month period have the highest number of dry years. These significant trends in prolonged droughts clearly indicate the propagation of drought severity in the Konya closed basin from meteorological to the agricultural and hydrological drought and the vulnerability of basin in terms of water renewal.

Keywords: Precipitation, drought, SPI, Konya Basin

Başvuru/Submitted: 24.02.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 26.05.2021 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 30.05.2021 •

Kabul/Accepted: 09.06.2021 • **Online Yayın/Published Online:** 22.06.2021



Sorumlu yazar/Corresponding author: Faize SARIŞ / faizesaris@gmail.com

Atf/Citation: Saris, F., & Gedik, F. (2021). Konya Kapalı Havzası'nda meteorolojik kuraklık analizi. *Coğrafya Dergisi*, 42, 295-308.

<https://doi.org/10.26650/JGEOG2021-885519>



EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Konya Closed Basin is located in Central Anatolia and can be characterised with restricted surface water availability and predominantly groundwater use. Both domestic and agricultural water use is high in this basin and water scarcity is the major challenge to meet this demand. Previous research conducted specifically for Konya Closed Basin emphasised the drought character based on different spatiotemporal resolution. However, detailed analysis on meteorological drought is still required. The aim of this study is to analyse meteorological drought in Konya Closed Basin on the basis 20 different time series, explain temporal changes in the frequency and severity of droughts and reveal the spatial differences; thus to determine the pressure points in the sub-basin scale in terms of drought conditions.

Data and Method

Monthly total precipitation data of 11 meteorology stations in the basin recorded at different time spans between 1930-2019 were used. Precipitation data were arranged as monthly (separately each month), seasonal (Spring, Summer, Autumn, Winter), 6-month, 12 month, 24-month and 36-month (totally 20) time series. Calculations for 24 and 36 month series were made by shifting the total precipitation of two and three years consecutively. Standardized Precipitation Index (SPI) were applied to the series of each station. Periods with outstanding drought character such as having high frequency of moderate, severe and extreme droughts were selected and tested for long-term persistence with the Run's test, and the periodicity of the data was statistically revealed. The drought severity map of the basin was prepared by using the Kriging interpolation method using the index values.

Results

Moderate droughts were mainly observed in the short-term precipitation series (monthly and seasonal). The periods in which severe and extreme drought were detected were December, winter and 6-month periods. In the short-term rainfall series, the highest year rates in the extreme drought class were reached in Ereğli (13.3%) and Karaman (10%) in December. Aksaray, Konya, Çumra and Ereğli are prominent stations in terms of yearly rate in severe drought class. During the transition seasons moderate drought character was detected. In long-term (12, 24 and 36 month) precipitation series, the rate of severe and extreme drought years is significantly higher than short-term series. This situation in long-term series also constitutes an indication that agricultural and hydrological drought is developing. More intense droughts were observed in prolonged precipitation series. While the rate of severe droughts is higher in Cihanbeyli, Aksaray and Beyşehir stations, Beyşehir, Ereğli, Niğde and Seydişehir stand out in terms of extreme droughts. The rate of years defined in the severe drought category has the highest annual rate in Aksaray (18.5%) for 12-month analysis, in Konya (12.5%) for 24-month analysis, and in Aksaray and Beyşehir stations (14.3%) for 36-month series. For extreme droughts, Niğde has the highest rate of extreme dry years (7.3%) as a result of 12-month and 24-month analyses. According to the 36-month SPI results, the station with the highest rate of extreme drought is Beyşehir (7.1%). According to the results of the Run's test applied to the SPI index values, all stations in the 36-month drought period series and all stations except Beyşehir and Karapınar in the 24-month series have statistically significant results. These findings emphasize the seasonality pattern in the drought series. Severe and excessive drought years were observed approximately in decadal cycles over the basin.

Conclusions

In this study, the temporal variation pattern of drought in Konya Closed Basin and its propagation in time was examined statistically with SPI analyses. Low precipitation, high evaporation, excessive water withdrawal and high agricultural water consumption are the major factors that increase the impact and severity of drought. For this reason, practices that will increase water efficiency such as limiting water consumption, especially agricultural irrigation, and reuse of waste water in different sectors, should be implemented and all water users should act within the framework of common sustainability goals. Within this context, successful basin protection action plans can be produced by joint participation of public institutions, universities, private sector and civil society and prioritizing the protection and sustainability of natural resources, and solutions can be found not only for drought but also for many problems in the basin.

1. GİRİŞ

Su yeryüzünde öncelikli olarak doğal canlı yaşamının devamı için gerekli olan temel kaynaktır. Günümüz modern dünyasında, insan etkinliklerinin tamamı doğrudan ya da dolaylı olarak bir su tüketimine neden olur. Bu nedenle su kaynakları üzerinde insan baskısı her geçen gün artmaktadır. Yağışlarla yenilenebilen yüzey ve yeraltı suları üzerindeki antropojenik baskılar dünyanın hemen her bölgesinde farklı ölçekte ve şiddette su sorunlarının oluşmasına neden olur. Bu durum ise doğal ekosistem, insan sağlığı, tarım faaliyetleri ve ekonomik koşulları doğrudan etkiler. Suyla ilgili sorunlara bakıldığında su stresi, su azlığı ve su kıtlığı dikkati çeker. Belirli bir bölge / havzada erişilebilir su durumunu ifade eden bu kavramlar, suyun hidrolojik döngü içerisinde farklı rezervuarlarda depolanma süresi ve miktarı ile ilişkili olan çeşitli kuraklık süreçleri ile bağlantılıdır. Kuraklık, yaratmış olduğu sorun ve getirdiği yıkımlar sebebiyle afet olarak nitelenmekle beraber ifade edilmesi karmaşık bir olaydır. Sık görülen meteorolojik kökenli afetlerden biri olan kuraklık, yavaş gelişmesine karşın daha uzun süre ve geniş alanlarda etkili olması sebebiyle diğer afetlerden ayrılır (Keskiner, Çetin, Uçan ve Şimşek, 2016). Geniş alanlarda ve belirli bir zaman aralığında ortalama su varlığında meydana gelen önemli azalmaları ifaden eder. Kurak-yarı kurak iklim bölgelerinden nemli iklim bölgelerine kadar bütün iklim koşullarının hâkim olduğu alanlarda meydana gelebilecek bir olaydır. İklim değişiklikleriyle beraber kuraklığın etkisi ve şiddetinde artışlar meydana gelmektedir.

Literatürde yaygın olarak meteorolojik, tarımsal, hidrolojik kuraklık olmak üzere üç tip kuraklık tanımlanır (Van Loon, 2015). Kuraklığa bağlı olarak bazı ekonomik ürünlerin arz ve talebinin sağlanamaması noktasında kuraklığın sosyo-ekonomik etkilerini öne alan ve bazı kaynaklarda sosyo-ekonomik kuraklık olarak tanımlanan bir kavram da söz konusudur (Mengü Pamuk, Anaç ve Özçakal, 2011). Meteorolojik kuraklık, belli bir dönem içerisinde yeryüzüne düşen yağış miktarının ortalamanın altına inmesiyle meydana gelir. Meteorolojik kuraklık süresinin uzaması halinde toprak neminin azalması sonucunda bitkilerin yetişme devresinde fizyolojik su ihtiyaçlarını karşılayamayacak derecede su azlığı meydana gelmesi olarak tanımlanan tarımsal kuraklık oluşur. Yağışta izlenen açıklığın daha da artmasıyla beraber toprak nemi azlığından sonra, yüzey ve yeraltı su kaynakları varlığında gözlenen azalmalar hidrolojik kuraklığı ifade eder. Sosyo-ekonomik kuraklık ise yukarıdaki üç tip kuraklıkla ilişkilidir. Su kaynakları sisteminin su talebini karşılamadaki yetersizliği veya insan sağlığına etkileridir (Van Loon, 2015). Bütün kuraklık koşulları meteorolojik kuraklıkla başlar ve gelişir.

1951-2010 yılları arasında küresel ölçekte kuraklığın sıklığı, süresi ve şiddetinin incelendiği bir çalışmada, 1951-1970 yılları arasında Kuzey Amerika ve Avustralya, 1971-1990 yılları arasında Ekvatorial bölge ve 1991-2010 yılları arasında Akdeniz havzasının kuraklıktan etkilendiği tespit edilmiştir (Spinoni, Naumann, Carrao, Barbarosa ve Vogt, 2013). Doğu Akdeniz Havzası ve Türkiye için yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde özellikle 1970’li yıllardan sonra toplam yağış miktarlarında azalma ve kurak koşulların etkisinde artış (Sırdaş ve Şen, 2003; Türkeş, Koç ve Sarış, 2007; Türkeş, 2012) ve hatta çölleşmeye eğilimli alanların varlığı ortaya konmuştur (Ceylan, Akgündüz, Özveren, Erkan, Çınar ve Dermirörs, 2009). Ceylan vd. (2009) çalışmasında Türkiye’de çölleşmeye meyilli alanların Konya Ovasının doğusundan Doğu Akdeniz bölümüne doğru ilerlediği ifade etmiştir.

Konya Kapalı Havzası özelinde yapılan çalışmalardan birinde Konya, Karaman, Karapınar ve Aksaray istasyonlarının kuraklık eğilimi incelenmiş ve özellikle 1970’li yılların başı ile 2000’li yılların başlarında şiddetli kuraklığın yaşandığı belirlenmiştir (Türkeş, Akgündüz ve Dermirörs, 2009). Doğan (2013) tarafından yapılan çalışmada havzada bulunan 12 istasyonun yağış verileri 6 farklı kuraklık indisiyle analiz edilmiş ve havzada tüm zamanların %35’inde kuraklık görüldüğü vurgulanmıştır. Bir diğer çalışmada 1984-2011 yılları arasında havza genelinde ortalama sıcaklıklarda 2-3°C artış ve toprak nemindeki azalmaya bağlı olarak kuraklığın şiddetlendiği tespit edilmiştir (Orhan ve Ekercin, 2015). Havzanın bir kısmını içine alan Konya il sınırları dahilinde yapılan çalışmada yıllık mutlak ve minimum sıcaklıklarda artış gözlenmişken genel olarak yağış miktarlarında anlamlı bir değişkenliğe saptanmamıştır. Sadece ilkbahar mevsiminde genel olarak anlamlı bir azalma trendi tespit edilmiştir (Kılıç, 2016). Diğer çalışmada özellikle 1998-2015 yılları arasında uzun kurak dönemin yaşandığı ve havzanın %81,5’inde kurak koşulların hâkim olduğu ortaya konmuştur (Meriç, 2017). Kulu, Aksaray, Karapınar ve Çumra istasyonlarında kuraklığın araştırıldığı çalışmada ortalama sıcaklıklarda 2-3°C artış ve ortalama yağış miktarında azalma eğilimi gözlenmiştir. Özellikle 2000’li yıllardan itibaren kuraklığın etkisini arttırdığı vurgulanmıştır (Akın 2019).

Bu çalışmanın amacı Türkiye’nin önemli tarımsal üretim alanlarından birisi olan Konya Kapalı Havzası’nda farklı zamansal ölçeklerdeki yağış verisine dayanarak meteorolojik kuraklık analizi yapmak; kuraklığın şiddet ve frekansındaki zamansal değişimleri açıklamak ve alansal farklılıkları ortaya koymaktır.

2. VERİ VE YÖNTEM

Araştırmada Konya Kapalı Havzası içerisinde yer alan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne (MGM) ait 11 adet meteoroloji gözlem istasyonunun istasyon açılış tarihinden itibaren kaydedilen günlük toplam yağış verileri kullanıldı. İstasyon seçimi yapılırken alanı temsil edecek yoğunlukta ve optimum uzunlukta süreklilik gösteren istasyonlar seçildi. İstasyonlara ait bilgiler **Tablo 1**'de verildi.

Çalışmada, ilk önce yağış verileri aylık, mevsimlik (İlkbahar, Yaz, Sonbahar, Kış) ve yıllık seriler halinde düzenlendi. Öncelikli olarak bu serilere kuraklık analizi uygulandı. Elde edilen sonuçlarda öne çıkan 6 aylık (Kasım-Nisan) dönem ve daha uzun sürelerdeki kuraklık durumunu tespit edebilmek için 12 aylık 24 aylık ve 36 aylık toplam yağış serileri hazırlandı. 24 ve 36 aylık serilerde iki ve üç yıllık toplam yağışlar kaydırılarak hesaplama yapıldı ve kuraklık analizi uygulandı. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (*Standardized Precipitation Index, SPI*) ile yapılan bu analizlerin ardından farklı zamansal ölçeklerde kuraklığın boyutları ortaya konuldu. Daha sonra orta, şiddetli ve ekstrem kuraklıkların en fazla görüldüğü 6 dönem Gidişler sınaması ile uzun dönemli ısrar bileşeni bakımından analiz edilerek, verilerdeki periyodiklik istatistiksel olarak ortaya konuldu. Son olarak elde edilen indis değerleri kullanılarak havzaya ait kuraklık şiddeti haritası Kriging enterpolasyon yöntemi uygulanarak hazırlandı. Yöntemlere ilişkin bilgiler aşağıda verildi.

2.1. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (Standardized Precipitation Index, SPI)

Mckee, Doesken ve Kleist, (1993) tarafından geliştirilen Standartlaştırılmış Yağış İndisi (buradan itibaren SPI) kuraklık çalışmalarında en yaygın kullanılan indistir. Bu yöntemde uzun dönemlere ait yağış verileri kullanılır. 3, 6, 9, 12, 24 ve 36 aylık

zamansal periyotlar şeklinde analizler yapılır. SPI'nin formülü aşağıdaki gibidir:

$$SPI = \frac{Xi - Xort}{Sp}$$

Formülde Xi bir zamansal periyotta herhangi bir döneme ait yağış miktarını, $Xort$ o periyotta uzun süre gözlenen yağışın ortalama değerini ve Sp yağış serisinin standart sapmasını ifade eder. İndis değeri negatif ise kurak, pozitif ise nemli koşulların hâkim olduğunu gösterir. Kuraklık, indis değerinin 0'ın altına indiği dönemde başlar ve 0'ın üstüne çıktığı zaman sona erer. Böylelikle kurak dönemlerin zaman içerisinde ne kadar tekrarlandığını, kuraklık şiddetini ve kuraklık eğiliminin ne yönde olduğunu yorumlama olanağı sağlar. SPI değerleri ve kuraklık sınıflandırması ilişkisi tablo 2 de verilmiştir. Bu çalışmada aylık (12 seri), mevsimlik (4 seri), 6 aylık (Kasım-Nisan), 12, 24 ve 36 aylık olmak üzere toplam 20 yağış serisinden oluşan çoklu bir inceleme dönemi oluşturuldu. Her bir dönemde düşen toplam yağış miktarlarında gözlenen değişimler SPI yöntemine göre analiz edildi.

Tablo 2. SPI Kuraklık Sınıflandırması.

Table 2. SPI Drought Classification.

SPI Değeri	Kuraklık Sınıfı
$0 \geq$	Kuraklık Yok
$0 \leq -0.99$	Hafif Kurak
$-1 \leq -1.49$	Orta Kurak
$-1.50 \leq -1.99$	Şiddetli Kurak
$-2.00 \leq$	Aşırı Kurak

SPI analizinin tercih edilme nedeni ve en önemli avantajı, uzun dönemli yağış verileri kullanılarak farklı zaman ölçeklerinde (3, 6, 12 ay gibi) hesaplanabilmesi; dolayısıyla birikimli yağış açıklarının etkilerini analiz etmek için elverişli olmasıdır. Bir olasılık dağılımına uyan uzun vadeli yağış kayıtlarına dayanan SPI'da; bu dağılım daha sonra normal dağılıma dönüştürülerek sıfır ortalama ve birim standart sapma sağlanır (Van Loon, 2015). Yeterli uzunlukta yağış

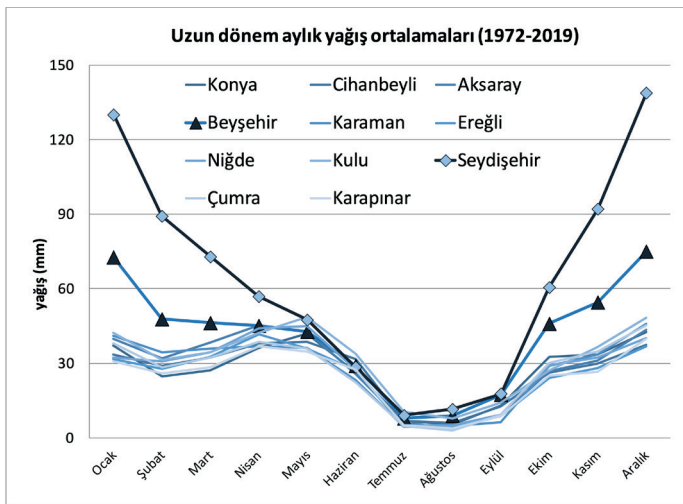
Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Bilgiler.

Table 1. Information on Meteorology Stations Used in the Study.

İstasyon Adı	İstasyon No	Veri Süresi	Enlem	Boylam	Yükselti (m)	Yıllık Toplam Yağış (mm)
Cihanbeyli	17191	1959-2019	38° 39'	32° 55'	968	318
Aksaray	17192	1964-2019	38° 22'	33° 59'	963	345
Beyşehir	17242	1960-2019	37° 40'	31° 44'	1145	494
Konya H.	17244	1930-2019	37° 59'	32° 34'	1020	325
Karaman	17246	1959-2019	37° 11'	33° 13'	1026	333
Ereğli	17248	1965-2019	37° 31'	34° 02'	1047	307
Niğde	17250	1935-2019	37° 57'	34° 40'	1212	341
Kulu	17754	1969-2019	39° 04'	33° 03'	1012	387
Seydişehir	17898	1960-2019	37° 25'	31° 50'	1134	767
Çumra	17900	1972-2019	37° 33'	32° 47'	1015	322
Karapınar	17902	1964-2019	37° 42'	33° 31'	998	292

Obruk Platosu ve Aksaray Ovası yer alır. Ortalama yükseltisi 2103 metre olan havzanın en alçak ve en yüksek yerleri 874 (Tuz Gölü'nün güneyi) ve 3400 (Bolkar Dağları) metre yükseltiyeye sahiptir. Havzayı kuzey ve doğudan Kızılırmak, batıdan Sakarya ve Akarçay, güneybatıdan Antalya, güneyden Doğu Akdeniz ve güneydoğudan Seyhan havzaları sınırlandırır. 50 bin 29 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin en büyük kapalı havzası olan Konya Kapalı Havzası'nın topraklarının büyük kısmını Konya, Karaman, Niğde ve Aksaray illerinin bazı kısımları oluşturur. Havzada toprağı bulunan diğer iller ise Nevşehir, Ankara, Isparta, Mersin ve Antalya'dır.

Havzanın yıllık ortalama yağış miktarı 391 mm olup yarı kurak iklim bölgesi sınıflandırmasına girer. Yağışın dağılışı havza içerisinde homojen olmayıp iklim tipleri mevkilere göre farklılıklar gösterir. Örneğin havzanın güneyinde bulunan Beyşehir ve Seydişehir İstasyonları görece olarak daha yüksek rakımda yer aldığı için yıllık toplam yağışı sırasıyla 494 mm ve 767 mm'dir. Bu istasyonlar kışları nispeten soğuk ve yağışlı yazları ise sıcak ve kurak iklim bölgesinde yer alır. Havzada bulunan diğer istasyonların yağış miktarları 292-387 mm arasında değişmekte olup kışları soğuk yazları sıcak ve kurak iklim tipi hakimdir (Çiftçi, Dursun, Levend ve Kunt, 2013; Çiçek ve Yılmaz, 2016; Öztürk, Çetinkaya ve Aydın, 2017; Yılmaz, 2010; Sarı ve İnan, 2011). **Şekil 2**'de açıkça görüleceği gibi, Seydişehir ve Beyşehir dışında diğer istasyonlarda yağış büyüklüğü ve mevsimselliği paraleldir. Bu istasyonlarda, Ocak ayından mayısa kadar olan dönemde aylık yağış ortalaması 30-45 mm arasında seyrederek ve hem kış hem de ilkbahar yağmurlarını işaret eder. Hazirandan itibaren azalan yağış tutarları, temmuz



Şekil 2. Konya Kapalı Havzasındaki istasyonların uzun dönem aylık yağış ortalamaları (1972-2019).

Figure 2. Long-term monthly precipitation averages of stations in Konya Closed Basin.

-eylül döneminde aylık 10 mm'nin altına iner. Ekim ile birlikte tekrar artış gözlenirse de bu istasyonlarda aylık toplam yağış 50 mm'yi aşmaz. Seydişehir ve Beyşehir'de kurak dönem karakteri (temmuz -eylül) diğer istasyonlar ile benzerdir ancak yağışlı dönemlerde (geç sonbahar, kış ve ilkbahar başlarına kadar uzanan bir dönem) aylık ortalama 50 mm'nin üzerinde kaydedilen yağışlar vardır. Bu açıdan özellikle Seydişehir kış aylarında gerçekleşen yaklaşık 390 mm'lik yağışla (toplam yağışın yarısı), yağış rejiminin mevsimselliği açısından tipik Akdeniz yağış rejimi özelliğindedir.

4. BULGULAR

Farklı sürelerde yağış serilerine uygulanan SPI analizinin sonuçları **Tablo 3**'te verildi. Kısa ve Uzun olarak iki dönem başlığı altında kuraklık analizi yapıldı. Bu yaklaşımın benimsenmesinin nedeni, kurak koşulların zamansal ölçekte ilerlemesine dolayısıyla kuraklığın yayılmasına ilişkin çıkarımlar ortaya koyma çabasıdır. Özellikle uzun dönemli kuraklıklar, yağış açığının zamansal ilerlemesine bağlı olarak, kuraklığın meteorolojik kuraklıktan, tarımsal ve hidrolojik kuraklığa doğru yayılmasına ve su kaynakları üzerindeki baskıya işaret eder.

Sonuçlar her bir istasyon için ayrı ayrı dönemlerde tespit edilen kurak yılların hafif kurak, orta şiddette kurak, şiddetli kurak ve aşırı kurak sınıflara yüzde olarak dağılımını gösterir. **Tablo 1**'de belirtildiği üzere istasyonların farklı gözlem uzunluklarına sahip olmasından dolayı, karşılaştırma yapabilmek için kurak yıl sayıları değil, her istasyonun kendi gözlem dönemine oranlanmış kurak yıl yüzdelikleri tercih edildi. Tabloda ilk dikkati çeken bulgu, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında, tüm istasyonlarda gözlenen kurak yılların %100'ü "hafif kurak" sınıfındadır. Bu aylarda mevsimsel olarak olağan bir yağış açığı olduğu için, önemli sapmalar söz konusu değildir. Bir diğer önemli bulgu da aşırı kurak yılların Aralık, Kış ve uzun dönemli serilerde (12, 24 ve 36 aylık) tespit edilmesidir. Bu nedenle, Konya havzasındaki istasyonlarda kuraklık büyüklüğü ve şiddeti, kuraklığın yayılışını da ortaya koyabilmek bağlamında kısa dönem kuraklık durumu ve uzun dönem kuraklık durumu olmak üzere iki alt başlıkta değerlendirildi ve hafif kuraklık dışındaki kuraklık sınıfları ele alındı.

4.1. Kısa süreli kuraklık durumu

Kısa süreli kuraklık durumunun tespiti için aylık, mevsimlik ve 6 aylık serilere uygulanan SPI analizi sonucunda elde edilen sonuçlar istasyon bazında değerlendirildi. 6 aylık olarak ifade edilen dönem, bir anlamda genişletilmiş kış mevsimi ya da

Tablo 3. SPI Analizi sonuçlarına göre kurak yılların dağılışı (%).
Table 3. Distribution of drought years according to SPI Analysis results (%).

İstasyon	Hafif kurak				Orta Kurak				Şiddetli Kurak				Aşırı Kurak							
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	6 Aylık	12 Aylık	24 Aylık	36 Aylık
Konya	73.6	81.5	74.0	75.5	68.1	76.8	100.0	100.0	100.0	75.9	76.9	57.4	68.9	66.7	76.0	83.0	66.7	67.4	70.8	53.5
	24.5	18.5	24.0	20.4	27.7	23.2	0.0	0.0	0.0	24.1	23.1	27.7	13.3	20.8	24.0	17.0	22.2	21.7	14.6	34.9
	1.9	0.0	2.0	4.1	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9	13.3	12.5	0.0	0.0	6.7	10.9	12.5	9.3
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	2.1	2.3
Cihanbeyli	71.0	75.7	77.1	77.1	76.5	89.5	100.0	100.0	100.0	67.6	75.0	65.6	65.6	65.6	86.1	77.8	74.2	66.7	72.7	78.1
	19.4	21.6	20.0	22.9	23.5	10.5	0.0	0.0	0.0	32.4	25.0	21.9	28.1	28.1	13.9	16.7	12.9	20.0	18.2	9.4
	9.7	2.7	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	3.1	6.3	0.0	5.6	9.7	13.3	9.1	12.5
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0
Aksaray	71.0	69.0	67.7	66.7	77.1	91.9	100.0	100.0	100.0	75.8	64.5	68.8	70.0	77.4	82.9	59.3	77.8	70.4	59.3	60.7
	25.8	17.2	29.0	23.3	22.9	8.1	0.0	0.0	0.0	24.2	35.5	18.8	16.7	12.9	17.1	29.6	0.0	7.4	37.0	25.0
	3.2	13.8	3.2	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	13.3	6.5	0.0	11.1	18.5	18.5	0.0	14.3
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	3.7	3.7	3.7	0.0
Beyşehir	77.8	82.9	75.8	77.1	81.8	85.7	100.0	100.0	100.0	69.7	69.7	77.1	65.6	67.7	81.1	81.6	70.0	62.1	68.0	71.4
	22.2	14.3	18.2	22.9	9.1	14.3	0.0	0.0	0.0	30.3	30.3	22.9	31.3	22.6	18.9	15.8	16.7	24.1	16.0	7.1
	0.0	2.9	6.1	0.0	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	9.7	0.0	2.6	13.3	10.3	12.0	14.3
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	4.0	7.1
Karaman	80.6	73.0	85.3	89.5	68.6	73.0	100.0	100.0	100.0	71.1	62.9	59.4	61.3	58.1	86.8	65.6	79.4	75.8	75.0	81.8
	13.9	18.9	8.8	10.5	28.6	27.0	0.0	0.0	0.0	28.9	37.1	25.0	25.8	41.9	13.2	28.1	8.8	18.2	15.6	12.1
	5.6	8.1	5.9	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	12.9	0.0	0.0	3.1	8.8	6.1	9.4	6.1
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	2.9	0.0	0.0	0.0
Ereğli	69.0	77.4	78.8	71.0	71.0	77.1	100.0	100.0	100.0	70.0	58.6	50.0	74.2	75.8	82.4	72.7	75.9	69.0	75.0	69.2
	20.7	16.1	21.2	29.0	29.0	22.9	0.0	0.0	0.0	30.3	31.0	23.3	19.4	18.2	17.6	24.2	6.9	17.2	17.9	19.2
	6.9	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	13.3	3.2	6.1	0.0	3.0	13.8	6.9	0.0	7.7
	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	3.2	0.0	0.0	0.0	3.4	6.9	7.1	3.8
Niğde	78.4	69.6	68.1	66.7	68.9	72.0	100.0	100.0	100.0	74.0	61.4	73.1	82.4	72.7	68.9	72.1	61.5	63.4	70.7	69.0
	17.6	28.3	29.8	27.1	26.7	28.0	0.0	0.0	0.0	26.0	38.6	21.2	9.8	15.9	28.9	18.6	15.4	22.0	17.1	21.4
	3.9	2.2	2.1	6.3	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	3.9	4.5	2.2	9.3	20.5	7.3	4.9	4.8
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	6.8	0.0	0.0	2.6	7.3	7.3	4.8
Kulu	80.0	89.7	74.1	70.4	72.4	72.4	100.0	100.0	100.0	87.9	71.0	65.4	82.1	54.2	83.9	80.0	81.5	76.0	80.8	69.2
	16.7	10.3	22.2	29.6	27.6	27.6	0.0	0.0	0.0	12.1	29.0	19.2	10.7	33.3	16.1	16.7	3.7	16.0	11.5	23.1
	3.3	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.4	7.1	12.5	0.0	3.3	14.8	8.0	7.7	3.8
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
Seydişehir	71.9	80.6	69.7	76.5	75.8	63.0	100.0	100.0	100.0	81.1	77.1	75.8	65.6	67.6	76.5	67.7	75.0	75.0	69.7	77.4
	28.1	16.7	24.2	20.6	18.2	22.2	0.0	0.0	0.0	18.9	22.9	12.1	31.3	26.5	23.5	32.3	12.5	15.6	21.2	9.7
	0.0	2.8	6.1	2.9	6.1	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1	3.1	5.9	0.0	0.0	12.5	9.4	6.1	6.5
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	6.5
Çumra	82.1	80.8	75.0	79.3	87.1	85.2	100.0	100.0	100.0	74.1	71.4	52.0	73.1	67.9	74.1	70.4	76.0	69.2	65.4	74.1
	10.7	11.5	20.8	20.7	12.9	14.8	0.0	0.0	0.0	25.9	28.6	20.0	15.4	25.0	25.9	22.2	12.0	23.1	30.8	18.5
	7.1	7.7	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	11.5	7.1	0.0	7.4	8.0	7.7	3.8	7.4
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0
Karapınar	84.4	80.0	70.0	74.2	88.6	58.1	100.0	100.0	100.0	69.7	60.7	43.3	75.8	75.0	66.7	75.8	67.9	68.8	74.2	65.4
	12.5	13.3	23.3	22.6	11.4	41.9	0.0	0.0	0.0	30.3	39.3	33.3	18.2	21.9	33.3	15.2	14.3	31.3	16.1	26.9
	3.1	6.7	6.7	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	6.1	3.1	0.0	9.1	14.3	0.0	9.7	7.7
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0

yağışlı dönemi kapsar ve zaman aralığı Kasım ayı başından Nisan ayı sonuna kadardır. Aşağıdaki açıklamalarda oran olarak ifade edilen ise yukarıda da belirtildiği gibi ilgili kuraklık sınıfındaki kurak yıl sayısının toplam kurak yıllara oranıdır. Analiz sonuçları **Tablo 3**'ye dayanarak istasyon bazında değerlendirildi:

- Konya istasyonunda orta kuraklık sınıfının oranı, toplam kuraklıkların ortalama olarak %22'sini oluşturdu ve ay bazında en yüksek oran %27.7 ile Aralık ve Mayıs'ta gözlemlendi. Şiddetli kurak yılların oranının, toplam kurak yılların %10'unu aştığı dönemler Aralık ayı ile Kış ve İlkbahar mevsimleridir. Aşırı kuraklık %4.4 oranıyla Kış ve 6 aylık dönemde tespit edildi.
- Cihanbeyli'de orta kuraklık sınıfının kısa dönem ortalama oranı %21.2, en fazla %32.4 ile Ekim ayında belirlendi. Şiddetli kuraklığın %10'u aştığı dönem Aralık ayı ve aşırı kuraklık durumu da sırasıyla %3.1 ve %3.2 oranlarıyla Kış ve 6 aylık dönemde tespit edildi.
- Aksaray istasyonunda orta kuraklık sınıfının oranı, toplam kuraklıkların ortalama olarak %20.1'ini oluşturdu ve ay bazında %35.5 ile en fazla Kasım ayında gözlemlendi. Şiddetli kurak yılların oranının, toplam kurak yılların %10'unu aştığı dönemler Aksaray'da diğer istasyonlardan fazladır. Şubat, Aralık, Kış ve Sonbahar ve 6 aylık dönemde şiddetli kuraklık oranları %11-18 arasında değişir. Aşırı kuraklık %3.7 ile 6 aylık ve %3.2 ile ilkbaharda tespit edildi.

- Beyşehir’de orta kuraklık sınıfının kısa dönem ortalama oranı %20.7, en fazla %31.3 ile kış mevsiminde belirlendi. Şiddetli kuraklığın %10’u aştığı dönem yalnızca 6 aylık (%13.3) dönemdir. Beyşehir’de aşırı kuraklık durumu tespit edilmedi. Diğer istasyonlara göre kısa süreli kuraklık şiddetinin daha zayıf olduğu bir istasyondur.
- Karaman istasyonunda orta kuraklık sınıfının oranı, toplam kuraklıkların ortalama olarak %22.6’sını kapsar ve %41.9 ile ilkbaharda en yüksektir. Şiddetli kurak yılların oranının, toplam kurak yılların %10’unu aştığı dönemler Aralık ayı ile kış mevsimidir. Aşırı kuraklık %3.1 ve %2.9 oranlarıyla sırasıyla sonbahar ve 6 aylık dönemde gözlemlendi.
- Ereğli’de orta kuraklık sınıfının kısa dönem ortalama oranı %22.1’dir, %31 ile Kasım ayında en yüksek oranda belirlendi. Şiddetli kuraklığın %10’u aştığı dönemlere bakıldığında, Kasım, Aralık ve 6 aylık dönem öne çıkar. Aşırı kuraklık durumu %13.3 oranıyla Aralık ve %3.2 ile kış ve %3.4 ile 6 aylık dönemde tespit edildi. Aralık ayındaki bu yüksek oran, aylık analizler açısından değerlendirildiğinde en yüksek orandır.
- Niğde istasyonunda orta kuraklık sınıfının oranı, toplam kuraklıkların ortalama olarak %23.7’sini oluşturdu ve ay bazında %38.6 ile en fazla Kasım’da gözlemlendi. Şiddetli kurak yılların oranının, toplam kurak yılların %10’unu aştığı tek zaman serisi 6 aylık (%20.5) dönemdir. Aşırı kuraklık ise %6.8, %3.9 ve %2.6 oranlarıyla sırasıyla ilkbahar, kış ve 6 aylık dönemde tespit edildi.
- Kulu’da orta kuraklık sınıfının kısa dönem ortalama oranı %19.6’dır, en fazla %33.3 ile ilkbaharda belirlendi. Şiddetli kuraklığın %10’u aştığı dönemler Aralık, ilkbahar ve 6 aylık dönemdir. Kısa süreli zaman serilerinde bu istasyon için aşırı kuraklık durumu tespit edilmedi.
- Seydişehir’e bakıldığında orta kuraklık sınıfının kısa dönem ortalama oranının %22.1 olduğu ve en fazla %31.3 ile kış mevsiminde öne çıktığı gözlenir. Şiddetli kuraklığın %10’u aştığı dönemler Haziran, Aralık, ve 6 aylık dönemdir. Özellikle Haziran ayındaki sonuç dikkat çekicidir. Kısa süreli zaman serilerinde bu istasyon için, Beyşehir ve Kulu’da olduğu gibi aşırı kuraklık durumu belirlenmedi.
- Çumra istasyonunda orta kuraklık sınıfının oranı, toplam kuraklıkların ortalama olarak %19’unu kapsar ve %28.6 ile Kasım ayında en yüksektir. Şiddetli kurak yılların oranının, toplam kurak yılların %10’unu aştığı dönemler Aralık ayı (%24) ve kış mevsimidir. Aralık ayı için bu oran tüm istasyonlar arasındaki en yüksek orandır. Aşırı kuraklık %4 ile Aralık ve kış mevsiminde gözlemlendi.

- Karapınar’da orta kuraklık sınıfının kısa dönem ortalama oranı %23.6’dır, %41.9 ile Haziran ayında en yüksek oranda belirlendi. Benzer bir oran Karaman ilkbahar orta kuraklık sınıfı için de tespit edildi. Bu iki değer tüm analizler içinde orta şiddetli kuraklık için belirlenmiş en yüksek istasyon oranlarıdır. Şiddetli kuraklığın %10’u aştığı dönemlere bakıldığında Aralık ve 6 aylık dönem öne çıkar. Aşırı kuraklık durumu %10 oranıyla Aralık ayında en yüksektir ve bu kuraklık sınıfında Ereğli’den sonraki aylık analizler açısından değerlendirildiğinde en yüksek ikinci orandır.

4.2. Uzun süreli kuraklık durumu

Uzun süreli (12, 24 ve 36 aylık) analizleri sonucunda, orta, şiddetli ve aşırı kuraklık sınıflarındaki kurak yıllar oranı ortalaması Konya, Aksaray, Çumra ve Karapınar da kısa süreli kuraklık sınıfı ortalamalarından yüksektir. Diğer istasyonlarda ise, uzun süreli kuraklıklar içerisinde orta kuraklık sınıfına giren yılların oranı, kısa süreli kuraklıklardan düşüktür ancak şiddetli ve aşırı kurak yılların oranı yüksektir. Bu durum uzun süreli kuraklıkların daha şiddetli olduğunun, dolayısıyla yerel fiziksel şartlara bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte toprak nem açığı sonucunda ortaya çıkan tarımsal kuraklığın ve yüzey/yeraltı su açığı olarak ifade edilen hidrolojik kuraklık için bir gösterge olarak değerlendirilebilir. Özellikle Cihanbeyli, Aksaray ve Beyşehir istasyonlarında şiddetli kuraklıkların oranı daha yüksekken, aşırı kuraklıklar açısından ise Beyşehir, Ereğli, Niğde ve Seydişehir dikkati çeker.

Tablo 4. Orta, şiddetli, aşırı kurak yılların toplam kuraklık içindeki oranı (%).

Table 4. The ratio of moderate, severe and extremely dry years in total drought (%).

İstasyonlar	12 Aylık	24 Aylık	36 Aylık
Konya	32.6	29.2	46.5
Cihanbeyli	33.3	27.3	21.9
Aksaray	29.6	40.7	39.3
Beyşehir	37.9	32.0	28.6
Karaman	24.2	25.0	18.2
Ereğli	31.0	25.0	30.8
Niğde	36.6	29.3	31.0
Kulu	24.0	19.2	30.8
Seydişehir	25.0	30.3	22.6
Çumra	30.8	34.6	25.9
Karapınar	31.3	25.8	34.6

Tablo 4’ten yola çıkarak her bir uzun süreli kuraklık için ayrı değerlendirmeler yapıldı. 12 Aylık dönem için Cihanbeyli, Beyşehir, Ereğli ve Niğde istasyonları öne çıkar. Bu istasyonların uzun dönemli analizlerinde, en yüksek kurak yıl sayısına 12 aylık dönemde ulaşıldı. %37.9 ile Beyşehir tüm istasyonlar

içinde en yüksek orana sahiptir. 24 aylık döneme ilişkin analiz sonuçlarına göre Aksaray, Karaman, Seydişehir ve Çumra'da en yüksek kurak yıl oranına bu periyotta ulaşıldı. Bu dönemde %40.7'lik oran ile Aksaray dikkat çeker. 36 aylık dönemin indis sonuçlarında da; Konya, Kulu ve Karapınar'ın en fazla kurak yıl sayısı ile tanımlandığı ifade edilebilir. Bu dönem için tüm istasyonlar içinde en fazla kurak yıl sayısına sahip istasyon Konya'dır (**Tablo 4**).

12, 24, 36 aylık uzun süreli SPI analizi sonucunda, farklı kuraklık sınıflarında öne çıkan istasyonlar Tablo 3'den yararlanarak değerlendirildi. Havza geneli ortalamalarda, orta kuraklık sınıfındaki yılların oranı %19.4, şiddetli kuraklık %8.1 ve aşırı kuraklık ise %2.3 olarak hesaplandı. Orta kuraklık kategorisinde tanımlanan yılların oranı, 12 aylık analizlerde Karapınar'da (%31.3) en yüksektir. Çumra ve Beyşehir de 12 aylık kuraklık değerlendirmelerinde, orta kuraklık ile tanımlanan yıl sayısı oranı yüksektir. Orta kuraklığa sahip yılların oranı 24 aylık analizlerde %37 ile Aksaray ve %30.8 ile Çumra istasyonlarında öne çıkar. 36 aylık SPI sonuçlarına göre ise Konya %34.9 ile en yüksek yıl oranına sahipken, Aksaray (%25) ve Karapınar'da (%26.9) dikkati çeker.

Şiddetli kuraklık kategorisinde tanımlanan yılların oranı, 12 aylık analizlerde Aksaray'da (%18.5) en yüksektir. Konya, Cihanbeyli ve Beyşehir de 12 aylık kuraklık değerlendirmelerinde, orta kuraklık ile tanımlanan yıl sayısı oranı olarak %10'un üstündedir. Şiddetli kurak olarak tanımlanmış yılların oranı 24 aylık analizlerde %12.5 ile Konya ve %12 Beyşehir öne çıkar. 36 aylık veri setinin indis sonuçlarına göre ise Aksaray ve Beyşehir istasyonları %14.3 oranı ile, Cihanbeyli de %12.5 ile en yüksek yıl oranına sahiptir.

12, 24 ve 36 aylık da dahil olmak üzere tüm uzun süreli analizlerde Cihanbeyli, Karaman, Çumra ve Karapınar'da aşırı kurak olarak tanımlanmış yıl bulunmaz. Diğer istasyonlar incelendiğinde, Ereğli ve Niğde'de 12 aylık analizler sonucunda aşırı kurak yılların oranı sırasıyla %6.9 ve %7.3'tür. Aynı istasyonlar 24 aylık kuraklıkta da en yüksek yıl sayısı oranı ile dikkat çeker. 36 aylık SPI sonuçlarına göre ise havzada en yüksek yağış değerlerine sahip olan iki istasyon Beyşehir (%7.1) ve Seydişehir (%6.5) en yüksek yıl sayısı oranlarıyla öne çıkar.

Farklı sürelerde kurak yılların oranını değerlendirerek kuraklığın Konya Kapalı Havzasında farklı şiddet sınıflarına göre büyüklüğü değerlendirildi. Kuraklığın belirgin olduğu dönemler Aralık, Kış, 6 aylık ve daha uzun süreli (12, 24, 36 aylık) dönemlerdir. Kuraklığın genel olarak süresinin uzamasıyla

şiddetinin arttığı göze çarpar. Bu nedenle bir sonraki bölümde ele alınan kuraklığın dönemselliği konusunda uzun süreli kuraklıklar analiz edildi.

4.3. Kuraklığın dönemselliği

Kurak yılların zamansal değişkenliğini analiz etmek için gidişler sınaması uygulanarak, SPI değerlerinde ısrar olup olmadığına bakıldı. Böylelikle özellikle uzun süreli kuraklık analizi sonuçlarını gösteren grafiklerde gözlenen dönemselliğin istatistiksel olarak anlamlılığı test edildi. Orta, şiddetli ve ekstrem kuraklıkların en fazla görüldüğü 6 dönem, Gidişler sınaması ile uzun dönemli ısrar bileşeni bakımından analiz edildi. **Tablo 5**'te 1973-2019 ortak dönemi için uygulanan gidişler sınaması sonucunda elde edilen test istatistikleri verildi. Burada bir not düşmek gerekir; gidişler sınaması her bir istasyon için kendi gözlem dönemi için de uygulandı. Elde edilen sonuçlar açısından farklılık olmadığı için, karşılaştırmada kolaylık sağlaması açısından 47 yıllık ortak döneme ait analiz sonuçları verildi.

SPI değerlerine uygulanan Gidişler sınaması sonuçlarına göre, 36 aylık serilerinde tüm istasyonlar, 24 aylık serilerde ise Beyşehir ve Karapınar hariç bütün istasyonlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlara sahiptir (**Tablo 5**). 12 aylık serilerde ise istatistiksel olarak anlamlı sonuçlara rastlanmadı. 36 aylık indis serilerinin analiz sonuçlarında, Karaman haricinde tüm istasyonlarda anlamlılık %99 düzeyindedir. Çumra, Kulu, Karaman ve Cihanbeyli 24 aylık indislerinde %99, Konya, Aksaray, Seydişehir, Niğde ve Ereğli ise %95 düzeyinde anlamlı sonuçlar verdi. Buna göre uzun süreli kuraklıklarda ısrar olduğu ve kurak-nemli dönemlerin birbirini izlediği, istatistiksel olarak ortaya konuldu.

Şekil 3'te 24 ve 36 aylık serilerin SPI değerlerindeki zamansal değişkenliği göstermek üzere grafikler verildi. İstasyonlarda kurak şartlardaki dönemsellik belirgindir. 1973-1974'deki kuraklık tüm istasyonlarda öne çıkar. Bu dönemin dışında da ortak kurak dönemler vardır. Konya istasyonunda öne çıkan, orta ve şiddetli kurak sınıfında yer alan dönemler 1988-1994 ile 1998-2008'dir (**Şekil 3a**). Aksaray'a bakıldığında 1997'e kadar daha kısa süreli ve hafif kurak dönemler belirginken, 1998-2008'de Konya ile benzer şekilde uzun bir kurak dönem dikkati çeker ve kuraklığın şiddetinin arttığı da gözlenebilir (**Şekil 3b**). Karaman istasyonunda 1982-2013 arası, aralarda birer yıllık nemli dönemlerde kesintiye uğrayan ve son yıllarda şiddeti hafiften orta kurak sınıfına geçiş gösteren bir kuraklık gidişi söz konudur (**Şekil 3c**). Kulu'da 2000li

Tablo 5: Gidişler sınaması sonuçları.**Table 5:** Results of Run's Test.

%95 düzeyinde anlamlı %95 düzeyinde anlamlı

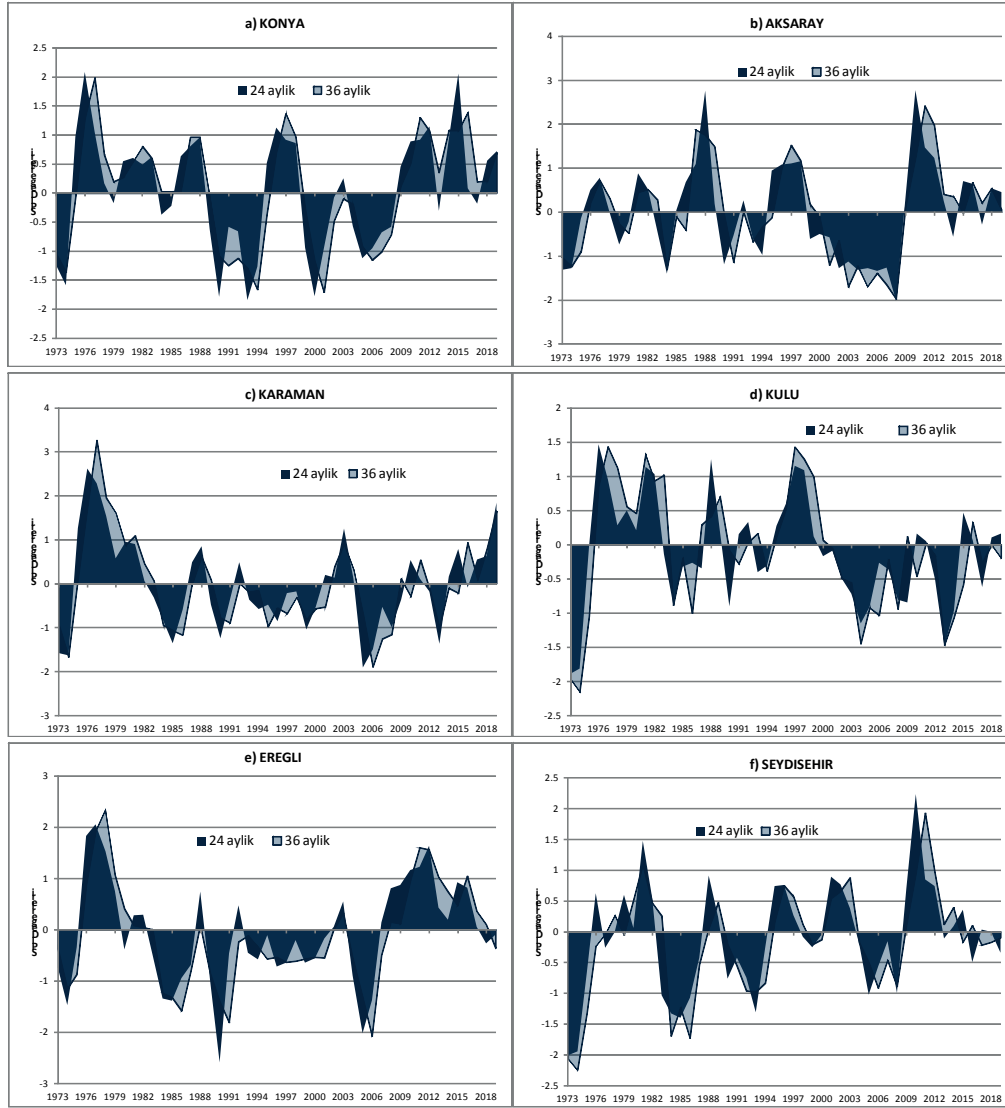
İstasyon	Test istatistikleri	Kış	6 aylık	Yıllık	12 aylık	24 aylık	36 aylık
Konya	Gidiş sayısı	19	28	26	26	16	8
	Z Değeri	-1.4723	0.8884	0.2982	.298	-2.358	-4.718
	Anlamlılık	0.1409	0.3743	0.7655	.766	.018	.000
Cihanbeyli	Gidiş sayısı	26	25	27	27	15	11
	Z Değeri	0.2982	0.0031	0.5933	.593	-2.653	-3.833
	Anlamlılık	0.7655	0.9975	0.5530	.553	.008	.000
Aksaray	Gidiş sayısı	20	22	25	25	16	12
	Z Değeri	-1.1772	-0.5870	0.0031	.003	-2.358	-3.538
	Anlamlılık	0.2391	0.5572	0.9975	.997	.018	.000
Beysşehir	Gidiş sayısı	20	24	24	24	18	14
	Z Değeri	-1.1772	0.0000	0.0000	.000	-1.767	-2.948
	Anlamlılık	0.2391	1.0000	1.0000	1.000	.077	.003
Karaman	Gidiş sayısı	24	24	24	24	12	16
	Z Değeri	0.0000	0.0000	0.0000	.000	-3.538	-2.358
	Anlamlılık	1.0000	1.0000	1.0000	1.000	.000	.018
Ereğli	Gidiş sayısı	20	26	20	20	16	11
	Z Değeri	-1.0438	0.4473	-1.0438	-1.044	-2.237	-3.728
	Anlamlılık	0.2966	0.6546	0.2966	.297	.025	.000
Niğde	Gidiş sayısı	20	24	22	24	16	12
	Z Değeri	-1.0438	0.0000	-0.4473	.000	-2.237	-3.429
	Anlamlılık	0.2966	1.0000	0.6546	1.000	.025	.001
Kulu	Gidiş sayısı	18	26	25	25	14	15
	Z Değeri	-1.6402	0.4473	0.1491	.149	-2.833	-2.535
	Anlamlılık	0.1010	0.6546	0.8815	.881	.005	.011
Seydişehir	Gidiş sayısı	22	24	23	23	17	14
	Z Değeri	-0.4473	0.0000	-0.1491	-.149	-2.062	-2.948
	Anlamlılık	0.6546	1.0000	0.8815	.881	.039	.003
Çumra	Gidiş sayısı	20	20	20	20	14	16
	Z Değeri	-1.0438	-1.0438	-1.0438	-1.044	-2.948	-2.358
	Anlamlılık	0.2966	0.2966	0.2966	.297	.003	.018
Karapınar	Gidiş sayısı	20	24	24	24	18	14
	Z Değeri	-1.0438	0.0000	0.0000	.000	-1.640	-2.948
	Anlamlılık	0.2966	1.0000	1.0000	1.000	.101	.003

yılların başına kadar kısa süreli kurak dönemler (1973-1974, 1983-1987) gözlenirken, 2001 itibariyle 2019'a kadar uzun, ağırlıklı hafif ve orta ancak bazı yıllar şiddetli kurak özelliği gösteren bir kurak dönem dikkati çeker (**Şekil 3d**). Ereğli'de 1982-2007 yılları arasında uzun ve bazı yıllar ekstrem kuraklıkların gerçekleştiği bir dönem gözlenirken (**Şekil 3e**); Beyşehir ile birlikte havzanın en yağışlı istasyonu olan Seydişehir'de ise 1982-1994 yılları arasındaki kuraklık dikkat çekicidir. Seydişehir istasyonunda ayrıca 1973-1976 yıllarında ekstrem kuraklık, 2000'li yıllarda ise hafifi-orta kuraklıklar dikkati çeker (**Şekil 3f**).

Şekil 4 ve **Şekil 5**'te seçilmiş iki yıl olan 1974 ve 2001 üzerinden 6, 12, 24 ve 36 yıllık sürelerde, istasyonlar için hesaplanmış SPI değerlerinin havzadaki dağılımını gösteren haritalar verildi. 1974 yılı havza genelinde kurak bir yıl olarak dikkati çeker. 1974 yılı verisi 24 aylık için 1974 ve 1975 yılı yağış toplamını, 36 aylık için ise 1974-1976 yılı yağış toplamını ifade eder. 6 Aylık serilerde Cihanbeyli ve Çumra'da hafif

kuraklık ve Ereğli'de orta kuraklık durumu, havzanın geri kalanında ise şiddetli kuraklık görülür. 12 aylık SPI haritasında Cihanbeyli'de Hafif kuraklık görülürken, havzanın doğu ve batısında şiddetli-aşırı kuraklık (Niğde çevresi) ve orta bölümünde ise orta kuraklık hâkim olmuştur. 24 ve 36 aylık serilerde aşırı kuraklığın alanının genişlediği, batıda Beyşehir Gölü çevresinde Niğde'de yoğunlaştığı gözlemlendi. 36 aylık dönemde aynı zamanda Kulu da aşırı kuraklık özelliği göstermiştir. Bu iki dönemde hafif kuraklık gözlenmezken, iç bölgelerde orta ve şiddetli kuraklıklar hakimdir (**Şekil 4**).

Şekil 5'te sunulan 2001 yılı kuraklık haritalarında ise, farklı bir kuraklık deseni gözlemlendi. 1974'ün tersi bir biçimde 12, 34, 36 aylık gibi uzun dönemlerde değil de 6 aylık kuraklık haritasında şiddetli ve aşırı kuraklık durumu vardır. Burada, Aksaray aşırı kurak, havzanın güney ve doğusu ise şiddetli kurak karakterdedir. Kuzeyde Cihanbeyli'de kuraklık gözlenmezken, havzanın geri kalanında ise hafif ve orta kuraklık egemendir. 12 aylık SPI haritasında bu kez kuraklık paterni kuzeyde Tuz Gölü çevresinde



Şekil 3: Seçilmiş istasyonlarda SPI değerlerinin yılla- arası değişkenliği.
Figure 3: Inter-annual variability of SPI values at selected stations.

orta ve şiddetli kurak iken güneyde ağırlıklı olarak hafif kuraklık özelliği gösterir. 24 ve 36 yıllık SPI haritalarında baskın olan kuraklık türü hafif kuraklık olup, Konya, Cihanbeyli ve Aksaray'da orta kuraklık tespit edildi (Şekil 5).

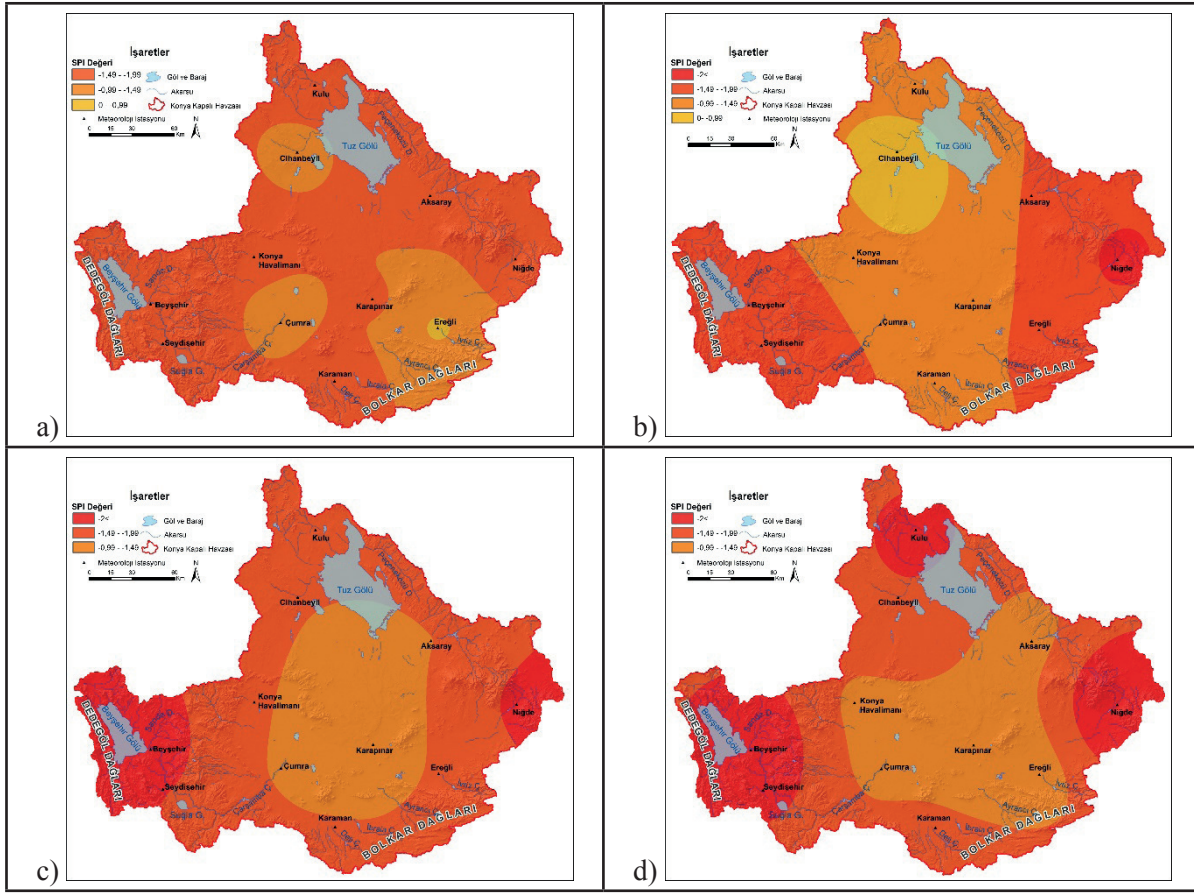
5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Konya Kapalı Havzası için 91-47 yıl arası uzunlukta yağış verisi olan 11 meteoroloji istasyonu ile gerçekleştirilen kuraklık analizi sonucunda elde edilen başlıca bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Kısa süreli yağış serilerinde, orta ve şiddetli kuraklıklar daha fazla gözlemlendi. Aylık bazda Aralık ayı dışında aşırı kuraklık tespit edilmedi. Şiddetli ve aşırı kuraklık tespit

edilen dönemler ağırlıklı olarak Aralık, kış ve 6 aylık dönem oldu.

2. Kısa süreli yağış serilerinde, aşırı kuraklık sınıfında en yüksek yıl oranlarına Aralık ayında Ereğli (%13.3) ve Karaman'da (% 10) ulaşıldı. Şiddetli kuraklık sınıfına giren yıl oranı bakımından Aksaray, Konya, Çumra ve Ereğli öne çıkan istasyonlardır. Orta kuraklık karakterindeki yıl sayısı geçiş mevsimlerinde veya bu mevsimler içerisindeki aylarda daha yüksek oldu.
3. Uzun süreli (12, 24 ve 36 aylık) yağış serilerinde özellikle şiddetli ve aşırı kurak yılların oranı kısa süreli serilerden belirgin biçimde yüksektir. Uzun süreli serilerdeki bu durum aynı zamanda tarımsal ve hidrolojik kuraklığın geliştiğine dair bir gösterge oluşturmaktadır. Uzun süreli yağış serilerinde daha şiddetli kuraklıklar gözlemlendi.



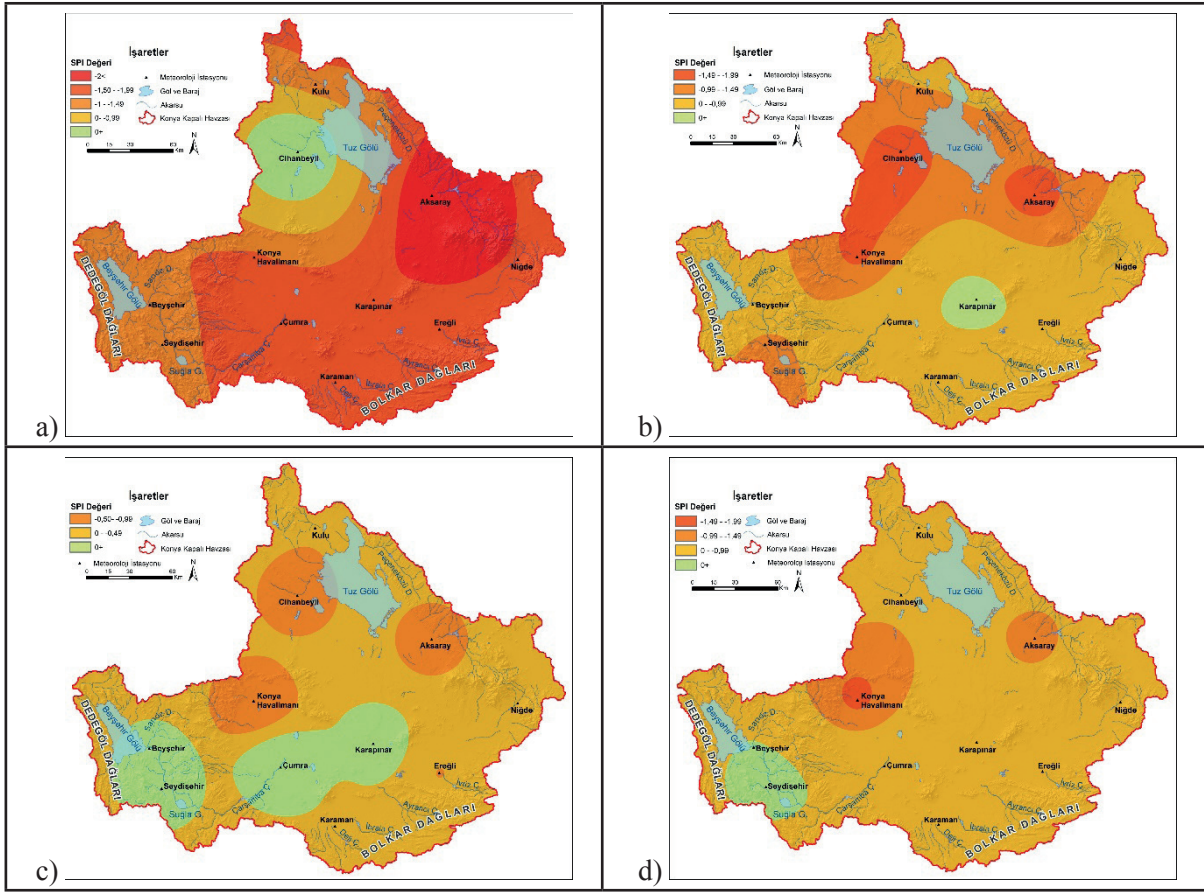
Şekil 4: 1974 yılı indis değerlerinin alansal dağılımı (a) 6 aylık, (b) 12 aylık, (c) 24 aylık ve (d) 36 aylık.
Figure 4: Spatial distribution of 1974 index values (a) 6-month, (b) 12-month, (c) 24-month and (d) 36-month.

Cihanbeyli, Aksaray ve Beyşehir istasyonlarında şiddetli kuraklıkların oranı daha yüksekken, aşırı kuraklıklar açısından ise Beyşehir, Ereğli, Niğde ve Seydişehir öne çıkar.

- Şiddetli kuraklık kategorisinde tanımlanan yılların oranı, 12 aylık analizlerde Aksaray'da (%18.5), 24 aylık analizlerde %12.5 ile Konya'da ve 36 aylık serilerin indis sonuçlarına göre ise Aksaray ve Beyşehir istasyonlarında (%14.3) en yüksek yıl oranına sahiptir.
- Uzun süreli serilerde Cihanbeyli, Karaman, Çumra ve Karapınar'da aşırı kurak yıl saptanmadı. Niğde 12 aylık ve 24 aylık analizler sonucunda en yüksek aşırı kurak yıl oranına (%7.3) sahip istasyondur. 36 aylık SPI sonuçlarına göre ise havzada en yüksek aşırı kurak değerlerine sahip olan istasyon Beyşehir'dir (%7.1).
- SPI değerlerine uygulanan Gidişler sınaması sonuçlarına göre, 36 aylık kuraklık dönemi serilerinde tüm istasyonlar, 24 aylık serilerde ise Beyşehir ve Karapınar hariç bütün istasyonlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlara sahiptir. Bu sonuç bu kuraklık serilerindeki dönemselliği vurgular.

- Şiddetli ve aşırı kurak yıllar 1973-1974, 1982-1984, 1988-1990 ve 2000-2002 ve 2012-2014 olarak gözlemlendi. Havza geneli için yaklaşık olarak 10 yılda bir gerçekleşen kurak dönemlerden söz edilebilir.

Çalışma sonucunda elde edilen ve yukarıda özetlenen bulguların önceki çalışmalarla bazı benzerlikleri söz konusudur. Türkeş vd.'nin (2009) Palmer Kuraklık İndisi ile yaptıkları çalışmada Konya, Karaman, Karapınar ve Aksaray istasyonlarının kurak dönemleri 1970'li ve 2000'li yılların başı olarak belirtilmiştir; aynı bulgu, bu çalışmada da elde edildi. Orhan ve Ekercin (2015) 1984-2011 yılları arasında Konya Kapalı havzasında sıcaklık artışı ve toprak nemindeki azalmaya bağlı olarak kuraklığın şiddetlendiği ifade etmiştir. Bu çalışmada uzun süreli dönemlerde gözlenen şiddetli ve aşırı kurak yıllar özellikle Konya, Ereğli, Aksaray ve Karaman'da benzer dönemde yoğunlaşır. Yağış açığı süresinin uzaması zaten kuraklığın meteorolojik karakterden, toprak nem açığı ile birlikte tarımsal ve ardından hidrolojik kuraklığa doğru ilerlemesine neden olur. Bunlara ek olarak Doğan (2013) ve Meriç, (2017) tarafından



Şekil 5: 2001 yılı indis değerlerinin alansal dağılımı (a) 6 aylık, (b) 12 aylık, (c) 24 aylık ve (d) 36 aylık.
Figure 5: Spatial distribution of 1974 index values (a) 6-month, (b) 12-month, (c) 24-month and (d) 36-month.

yapılan çalışmalarla da havzadaki kurak yılların oransal dağılımı açısından benzerlikler söz konusudur. Bu çalışmada, 20 farklı zamansal ölçekte uygulanan SPI analizleriyle, Konya Kapalı havzasında kuraklığın zamansal değişim patemi ve hidrolojik döngü çerçevesinde farklı rezervuarlarda yayılışı istatistiksel olarak ortaya konmuş oldu.

Kuraklık hidro-meteorolojik kökenli afetler arasında yavaş gelişen ancak etkileri uzun sürebilen bir afet olarak dikkati çeker. Birleşmiş Milletler Dünya Su Değerlendirme Programı 2019 raporuna göre küresel ölçekte neden olduğu kayıplar açısından yıllık ortalama değerlere bakıldığında; kuraklıktan etkilenen insan sayısı 55 milyon, hayatını kaybeden insan sayısı 1100 ve neden olduğu ekonomik zarar ise 5.4 milyar ABD Doları'dır (UN-WWDP, 2019). İklim değişikliğinin en önemli etkileri su kaynakları üzerinde yaşanmaktadır. Bu nedenle, kuraklığın analizi, izlenmesi ve etkilerinin azaltılması yönünde bilimsel çalışmalar artmakta ve özellikle havza yönetimi yaklaşımı çerçevesinde kuraklık yönetimi ön plana çıkmaktadır. Türkiye'de 2004 yılı itibarıyla Havza Koruma Eylem Planları hazırlanması

çalışmaları başlamış, 2010 yılında tamamlanmış ve 2014 yılından bu yana da bazı havzalarda uygulama aşamasına geçilmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı Web Sitesi, 2021). Konya Kapalı Havzası için Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde gerçekleştirilen çalışmalarda havzadaki en önemli baskı unsurlarından birinin de yağış ve su azlığı olduğu vurgulanmakta ve özellikle en önemli ve büyük tatlı su kaynağı olan Beyşehir Gölü'ndeki seviye azalmasına dikkat çekilmektedir. Yağış azlığının yanı sıra, buharlaşmanın yüksekliği, aşırı su çekimi ve tarımsal amaçlı su tüketiminin halen çok yüksek olması kuraklığın etkisini/siddetini artıran faktörlerdir. Bu nedenle, bilimsel çalışmalarla açıkça ortaya konan su azlığı durumu göz önünde bulundurularak, tarımsal sulama başta olmak üzere su tüketiminin sınırlandırılması ve atık suların farklı sektörlerde yeniden kullanımı gibi su verimini artıracak uygulamalara geçilmeli ve tüm su kullanıcıları ortak sürdürülebilirlik hedefleri çerçevesinde hareket etmelidir. Ancak, Türkiye'de havza bazlı çalışmaların entegre bir şekilde yürütülmesinde paydaşlar arasındaki koordinasyon eksikliğinden kaynaklı idari bazı sorunlar söz konusudur. Bu anlamda kamu kurumları, üniversite,

özel sektör ve sivil toplum ortak hareket ederek ve öncelikli olarak doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilirliği ön plana alarak başarılı havza koruma eylem planları üretilebilir ve yalnızca kuraklık değil, havzalardaki pek çok soruna çözüm bulunabilir.

Teşekkür: Verilerin temin edilmesindeki yardımlarından dolayı MGM Meteorolojik Veri İşlem Dairesi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

Acknowledgement: We would like to thank MGM Meteorological Data Processing Department for their assistance in obtaining the data.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonu tarafından SYL-2020-3399 proje kodu ile desteklenmektedir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

Grant Support: It is supported by the Scientific Research Projects (BAP) Commission of Çanakkale Onsekiz Mart University with the project code SYL-2020-3399.

KAYNAKÇA/REFERENCES

- Akın, B. (2019). *Tuz Gölü Havzası'nın kuraklık analizi*. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Akın, G. (2006). Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2), 29–43.
- Ceylan, A., Akgündüz, S., Dermirörs, Z., Erkan, A., Çınar, S. ve Özveren, E. (2009, Haziran). Aridity index kullanarak Türkiye'de çölleşmeye eğilimli alanlardaki değişimin belirlenmesi. I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, Konya.
- Çiçek, İ. ve Yılmaz, E. (2016). Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. *Beşeri Bilimler Dergisi*, 13(3), 3973–3994.
- Çiftçi, Ç., Dursun, Ş., Levend, S. ve Kunt, F. (2013). Topografik yapı, iklim şartları ve kentleşmenin Konya'da hava kirliliğine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 19–24.
- Doğan, S. (2013). *Konya Kapalı Havzası'nda kuraklık karakterizasyonunun zamansal-konumsal analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Keskiner, A. D., Çetin, M., Uçan, M. ve Şimşek, M. (2016). Coğrafi bilgi sistemleri ortamında yağış indeksi yöntemiyle olasılıklı meteorolojik kuraklık analizi. *Çukurova Tarım Gıda Bilim Dergisi*, 31(2), 79–90.
- Kılıç, N. (2016). *Konya ili uzun yıllar yağış-sıcaklık kayıtlarının analizi*. (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kol, Ç. ve Küpçü, S. (2008). *ArcGIS 3D: Analiz ArcView, ArcEditor ve ArcInfo için*. Ankara: Sinan Ofset Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti.
- McKee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J. (1993, January). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth conference on applied climatology, California. <https://www.scinapse.io/papers/2153179024>
- Mendenhall, W. & Reinmuth, J. (1982). *Statistics for management and economics* (4th Ed.), Duxbury Press.
- Mengü Pamuk G., Anaç S. ve Özçakal E. (2011). Kuraklık yönetim stratejileri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2): 175–181.
- Meriç, Y. (2017). Konya Kapalı Havzası'nda TMPA uydu kaynaklı yağış verileri ile kuraklık analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(2), 541–549.
- Orhan, O. ve Ekercin, S. (2015, Mayıs). Konya Kapalı Havzası'nda uzaktan algılama ve CBS teknolojileri ile iklim değişikliği ve kuraklık analizi. 8. TUFUAB Teknik Sempozyumu, Konya.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G. ve Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35, 17–37.
- Sarı, S. ve İnan, N. (2011). Seydişehir ve Beyşehir'in iklimlerinin karşılaştırılması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26, 291–310.
- Sarış F. (2016). Porsuk Çayı Havzasında Düşük Akım Analizi. *İstanbul Coğrafya Dergisi*, 33, 73–81.
- Sırdaş, S. ve Şen, Z. (2003). Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması. *İTÜ Dergisi*, 2(2), 95–103.
- Spinoni, J., Naumann, G., Carrao, H., Barbarosa, P. & Vogt, J. (2013). World drought frequency, duration and severity for 1951-2010. *International Journal of Climatology*, 34, 2792–2804. <https://doi.org/10.1002%2Fjoc.3875>
- Tekkanat, İ. S., & Sarış, F. (2015). Porsuk Çayı Havzasında akarsu akımlarında gözlenen uzun dönemli eğilimler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 64, 69–83.
- TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre Enstitüsü. (2010). Havza koruma eylem planlarının hazırlanması – Konya Kapalı Havzası. https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/havza%20koruma%20eylem%20planlar%C4%B1/Konya_Kapali_Havzasi.pdf
- Türkeş, M., Koç, T. ve Sarış, F. (2007). Türkiye'nin yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki değişkenlerin ve eğilimlerin zamansal ve alansal çözümlenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(1), 57–73.
- Türkeş, M., Akgündüz, S. ve Demirörs, Z. (2009). Palmer Kuraklık İndisi'ne göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(2), 129–144.
- Türkeş, M. (2012). Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1–32.
- UN World Water Development Programme Annual Report (2019). Leaving no one behind. <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/>
- Van Loon, A. F. (2015). Hydrological drought explained. *WIREs Water*, 2, 359–392. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wat2.1085>
- Yılmaz, M. (2010). Karapınar çevresinde yeraltı suyu seviye değişimlerinin yaratmış olduğu çevre sorunları. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2(2), 145–163.
- Yaprak, S. ve Arslan, E. (2008). Kriging Yöntemi ve Geoit Yüksekliklerinin Enterpolasyonu. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 98, 36–42.