



## Standart Kuraklık İndeksleri İle Kuraklık Analizi: Konya Kapalı Havzası Örneği

*Drought Analysis with Standard Drought Indices: The Case of Konya Closed Basin*Arman UÇAR<sup>1\*</sup>, Ebru ERİŞ<sup>2</sup>, Fevzi ÖNEN<sup>3</sup><sup>1</sup> Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, [armucr@gmail.com](mailto:armucr@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6419-9490><sup>2</sup> Ege Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, [ebru.eris@ege.edu.tr](mailto:ebru.eris@ege.edu.tr) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0601-7666><sup>3</sup> Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, [fonen@dicle.edu.tr](mailto:fonen@dicle.edu.tr) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2368-1035>

## MAKALE BİLGİLERİ

## Makale Geçmişi:

Geliş 5 Ağustos 2024  
Revizyon 8 Eylül 2024  
Kabul 11 Eylül 2024  
Online 23 Aralık 2024

## Anahtar Kelimeler:

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi,  
Akım Kuraklık İndeksi, Konya  
Kapalı Havzası.

## ÖZ

Dünya nüfusundaki hızlanan artış ve buna paralel olarak doğal kaynaklarda meydana gelen azalma mevcut kaynakların maksimum verim ile kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Yetersiz yağış, buharlaşma, jeolojik yapının değişmesi, insan faktörü gibi çeşitli meteorolojik, hidrolojik, jeolojik, sosyolojik olaylar sonrasında bir bölgedeki suyun miktarının azalması ile kuraklık meydana gelir. Kuraklık ile ilgili olarak literatürde temeli matematiksel denklemlere dayanan ve yağış, sıcaklık, evapotranspirasyon vb. verileri kullanan çeşitli kuraklık indeksleri bulunmaktadır. Ülkemizde kuraklık indeksleri ile gerçekleştirilmiş olan kuraklık analizlerinde genel olarak uzun dönemli verilere sahip olunması ve çoğu bölgede gözlem istasyonu bulunması sebebiyle yağış ve akım verileri kullanılmaktadır. Bu çalışmada da yağış ve akım gözlem istasyonlarına ait veriler kullanılarak iki farklı kuraklık indeksi (Standartlaştırılmış Yağış İndeksi, Akım Kuraklık İndeksi) ile kuraklığın yoğun bir şekilde gözlemlendiği Konya Kapalı Havzasında kuraklık analizi yapılmıştır. Çalışmanın amacı özellikle Konya Kapalı Havzası için güncel verilerle ve mümkün olduğu kadar çok sayıda gözlem istasyonu verisi ile yapılmış toplu bir kuraklık analizinin sunulmasıdır. Çalışma sonucunda yağışa bağlı kuraklıkta bariz bir eğilime rastlanmazken akıma bağlı kuraklıkta artma olduğu; akım kuraklığının yağışa göre daha uzun sürdüğü gibi sonuçlara varılmıştır. Ayrıca akımdaki çok şiddetli kuraklık sınıfı oranının yağıştakine göre bariz bir şekilde daha fazla olduğu, orta ve şiddetli kuraklık sınıflarının yağış ile karşılaştırıldığında akım için istasyon bazında daha çok değiştiği görülmektedir. Bu çıkarım akımda görülen kuraklığın yağışa göre daha değişken ve etki bakımından ayrı bir önemle değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 5 August 2024  
Received in revised form 8 September 2024  
Accepted 11 September 2024  
Available online 23 December 2024

## Keywords:

Standardized Precipitation Index,  
Streamflow Drought Index, Konya  
Closed Basin

Doi: 10.24012/dumf.1528706

\* Sorumlu Yazar

## ABSTRACT

The accelerating increase in the world population and the consequent parallel decrease in natural resources make it necessary to use the existing resources with maximum efficiency. Drought may occur because of the decrease in water amount in a region; as a result of various meteorological, hydrological, geological and sociological events such as insufficient precipitation, evaporation, change in geological structure, human factor. There are various drought indices developed by researchers in the literature based on mathematical equations and using data such as precipitation, temperature, evapotranspiration, etc. In drought analyses carried out with drought indices in our country, precipitation and flow data are generally used because they have long-term data and there are observation stations in most regions. In this study, drought analysis was carried out with two different drought indices (Standardized Precipitation Index, Streamflow Drought Index) using the data of precipitation and flow observation stations in Konya Closed Basin where drought is intensively observed. The aim of the study is to present a collective and summarized drought analysis with more station data for adequate interpretation, particularly in comparison with the most recent data for the Konya Closed Basin. As a result of the study, it was concluded that although there is no obvious trend in precipitation-related drought, there is an increase in flow-related, drought in flow lasts longer than precipitation. In addition, the proportion of extreme drought classes is significantly higher for flow than for precipitation, and moderate and severe drought classes show more variability on a station basis for flow compared to precipitation. This conclusion revealed that drought in flow is more variable than in precipitation and should be considered separately in terms of its impact.

## Giriş

Dünya nüfusunda gözlenen artış ivmesi ve bunun sonucunda doğal kaynaklarda ortaya çıkan hızlı tükenme eğilimi mevcut kaynakların maksimum verim ile kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Canlı yaşamının temel gereksinimlerinden olan suyun korunması yaşanabilir bir gelecek için büyük bir öneme sahiptir. Yetersiz yağış, buharlaşma, jeolojik yapının değişmesi, insan faktörü gibi çeşitli meteorolojik, hidrolojik, jeolojik, sosyolojik olay bir bölgede suyun miktarının azalmasına neden olmakta, bunun sonucunda kuraklık meydana gelebilmektedir. Kuraklık takibinin yapılabilmesi için, doğa ve doğanın bir parçası canlıların elzem ihtiyacı olan suyun atmosferden yeraltına kadar olan hidrolojik sürecinin gözlenmesi gerekir. Kuraklık hakkında değerlendirme yapılabilmesi için temeli kütle ve enerji korunum esaslı matematiksel denklemlere dayanan, söz konusu denklemlerde girdi verisi olarak yağış, sıcaklık, nem, evapotranspirasyon verisini kullanan farklı kuraklık indeksleri mevcuttur. Matematiksel hesaplamalarda tekil veri kullanımı girdi olarak kullanıldığı gibi kombine edilmiş farklı verilerin birlikte kullanılması da mümkündür. Kuraklık indeksi ile ilgili yapılan çalışmalarda, kolaylıkla temin edilebilmesi nedeniyle daha çok yağış ve akım verileri tercih edilmektedir.

Bu arada, ülkemiz toplam alanının yaklaşık %7'sini kaplayan Konya Kapalı Havzası tarımsal üretim bakımından önemli bir bölgedir. Havza Türkiye'nin tarım yapılabilir arazi varlığının %14'ünü oluştururken, kullanılabilir su kaynakları potansiyelinin sadece %3'üne sahiptir [1]. Havzanın ortalama yağışı Türkiye ortalamasının oldukça altında olup yaklaşık 380 mm civarındadır [2]. Konya Havzası'nın kuraklığa karşı hassasiyeti ile ilgili gerek kamu kurumları tarafından gerekse akademisyenler tarafından yapılmış çalışmalar mevcuttur. SYGM (2015) tarafından sunulan Konya Havzası Kuraklık Yönetim Planında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ), Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi, Erinç Kuraklık İndeksi vb. başta yağış ve sıcaklık olmak üzere meteorolojik değişkenlere dayalı kuraklık analizi yapılmıştır [3]. Atmaca (2011) yalnızca Konya ili için aylık toplam yağış miktarlarını kullanarak L-moment algoritması ile çalışma alanı homojen bölgelere ayırılmış ve SYİ ile kuraklık analizi gerçekleştirmiştir [4]. Doğan (2013) Konya Kapalı Havzası içerisinde yer alan 12 yağış istasyonuna ait 1972-2009 yılları arası yağış verisi ile Normal Yağış Yüzdesi, Yağış Kuyrukları, Z-Skoru, Çin Z İndeksi, SYİ ve Efektif Kuraklık İndeksi yöntemleri ile karşılaştırmalı kuraklık analizi gerçekleştirmiştir [5]. Gürler (2017) yalnızca Beyşehir ve Konya Çumra-Karapınar alt havzalarında SYİ, Standartlaştırılmış Akım İndeksi, Standartlaştırılmış Yeraltısuyu İndeksi, Standartlaştırılmış Depolama Hacmi İndeksi kullanarak karşılaştırmalı kuraklık analizi yapmıştır [6]. Ersoy (2019) Konya bölgesi için Yapay Sınır Ağları (YSA) yöntemini kullanarak 1971-2014 yılları arası aylık toplam yağış verilerinden hesaplanan SYİ değerlerini tahmin etmeye çalışmıştır [7]. Bayer Altın (2019) yine havza içerisinde yer alan 4 akım gözlem istasyonuna ait akım verilerini kullanarak, Akım Kuraklık İndeksi (AKİ) değerlerini bulmuş ve Mann-Kendall yöntemine göre indekslerinin eğimlerini belirlemiştir [8]. Bayçınar (2020) Konya Havzasındaki bazı istasyonların 1981-2010 yılları arasında elde edilen sıcaklık ve yağış verilerinden hareketle

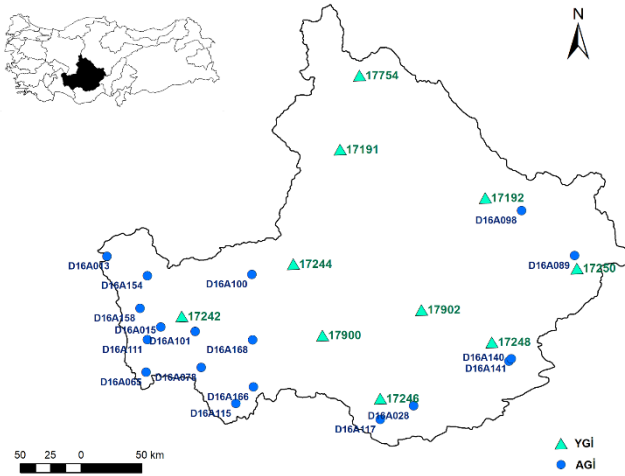
SYİ, Normalin Yüzdesi İndeksi, Aridite İndeksi ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi ile faktör analizini birleştirerek kuraklık indekslerinin ortak kullanımını değerlendirmiştir [9]. Sarış ve Gedik (2021), Konya Havzası için 11 meteoroloji istasyonunun değişik uzunluklarda kaydedilmiş aylık toplam yağış verilerinden SYİ değerlerini hesaplamış ve gidişler sınaması ile kuraklık indeksi değerlerindeki ısrar bileşenini belirlemiş ve farklı kuraklık sınıflarına göre kuraklığın şiddetini değerlendirmiştir [10]. Tuğrul ve Hınıs (2023) Konya Kapalı Havzası içerisinde yer alan Apa Barajı Havzasına ait yağış ve akım verilerini kullanarak Normalleştirilmiş Yağış İndeksi ve AKİ değerlerinin trend analizini gerçekleştirmişlerdir [11]. Geyikli (2023), Konya Havzası ile birlikte Yeşilirmak ve Kızılırmak Havzaları için SYİ, Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi, Standartlaştırılmış Akım İndeksi ve Keşif Kuraklık İndeksi kullanarak kuraklık analizi gerçekleştirmiş, ancak Konya Havzası için herhangi bir akım gözlem istasyonu verisi kullanmamıştır [12].

Bu çalışmada, öneminden dolayı Konya Kapalı Havzası çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Havzanın bütünü temsil edecek şekilde 10 yağış ve 18 akım gözlem istasyonuna ait 1935-2022 yılları arasındaki yağış ve akım verilerinden hesaplanan SYİ ve AKİ karşılaştırmalı olarak kuraklık analizi için sunulmuştur. Çalışmada amaç Konya Kapalı Havzası için güncel verilerle karşılaştırmalı olarak yeterli yorumlanmaya yönelik mümkün olduğu kadar çok sayıda istasyon verisi ile toplu bir kuraklık analizinin sunulmasıdır.

## Çalışma Bölgesi ve Veri

İç Anadolu bölgesinde bulunan Konya Kapalı Havzasının kuzeyinde Sakarya ve Kızılırmak, doğusunda Kızılırmak ve Seyhan, güneyinde Doğu Akdeniz ve batısında Antalya ve Akarçay havzaları yer almaktadır. Havza yüzölçümü 49.805,34 km<sup>2</sup> olup Türkiye'nin yaklaşık %7'sini teşkil etmektedir. Havza arazisinin %56'lık kısmını meralar da dâhil olmak üzere tarım alanları, %37'sini ise orman ve yarı doğal alanlar oluşturur. Havza'daki tarım alanlarının büyük bir kısmı Konya ilinde yer almaktadır. SYGM (2024)'ye göre havzanın en önemli sorunlarını aşırı yeraltı suyu kullanımı, yerüstü sularına endüstriyel ve arıtılmamış kentsel deşarjlar, hidromorfolojik değişiklikler ve kuraklık riski oluşturmaktadır [13].

Havza kuraklık analizi için havza genelinde 10 adet yağış gözlem istasyon (YĞİ) ve 18 adet akım gözlem istasyonu (AGİ) kullanılmıştır. Özellikle AGİ'lerin mümkün olduğunca doğal akım olmasına dikkat edilmiş, bu konuda DSİ ile çeşitli görüşmeler yapılarak kullanılacak AGİ'lere karar verilmiştir. Bu istasyonlara ait genel bilgiler Tablo 1'de, havza konumları ise Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Konya Kapalı Havzasının genel görünümü ve kullanılan yağış ve akım gözlem istasyonlarının konumu

Tablo 1. Çalışmada kullanılan yağış ve akım gözlem istasyonlarının karakteristikleri

No	Adı	Koordinat	Yük. (m)	Gözlem Periyodu	Ort. Yağış (mm)
17191	Cihanbeyli	38°39'K 32°55'D	968	1958-2021	26.74
17192	Aksaray	38°22'K 33°59'D	963	1964-2021	28.81
17242	Beyşehir	37°40'K 31°44'D	1144	1960-2022	41.29
17244	Konya Hav.	37°59'K 32°34'D	1020	1929-2022	27.47
17246	Karaman	37°11'K 33°13'D	1026	1959-2022	27.75
17248	Ereğli	37°31'K 34° 2'D	1047	1964-2020	25.58
17250	Niğde	37°57'K 34°40'D	1212	1935-2022	28.37
17754	Kulu	39° 4'K 33° 3'D	1012	1969-2011	32.41
17900	Çumra	37°33'K 32°47'D	1015	1971-2011	26.99
17902	Karapınar	37°42'K 33°31'D	998	1967-2011	24.00
					Ort. Akım (m <sup>3</sup> /s)
D16A013	Çelték K.	38°1'K 31°11'D	1145	1960-2020	0.93
D16A015	Üstünler	37°36'K 31°35'D	1126	1992-2020	1.41
D16A028	Nalama Ç.	37°9'K 33°28'D	1125	1957-2020	1.68
D16A065	Derebucak	37°2'K 31°28'D	1212	1976-1998	4.06
D16A078	Taşagül	37°22'K 31°53'D	1095	1972-2020	3.07
D16A089	Kırkpınar K.	38° 2'K 34°39'D	1474	1995-2019	0.10
D16A098	Selime	38°17'K 34°16'D	1129	1999-2020	1.78
D16A100	K.muhsine	37°55'K 32°16'D	1261	1984-2020	0.97
D16A101	Aşağiesence	37°35'K 31°50'D	1111	1973-2020	0.95
D16A111	Yeşildağ K.	37°32'K 31°29'D	1124	1992-2020	3.85
D16A115	Sorkun	37° 9'K 32° 8'D	1150	1976-2020	2.19
D16A117	Seyithasan	37° 4'K 33°13'D	1140	1978-2020	0.43
D16A140	Aydınkent	37°24'K 34°10'D	1161	1984-2020	3.63
D16A141	Halkapınar	37°25'K 34°11'D	1160	1990-2020	0.86
D16A154	Tolca	37°55'K 31°29'D	1199	1991-2020	0.12
D16A158	Gölyaka	37°43'K 31°26'D	1125	1992-2020	0.42
D16A166	Pınarcık	37°15'K 32°16'D	1125	1999-2020	3.09
D16A168	Sadıklar	37°32'K 32°16'D	1167	1999-2020	0.23

## Yöntem

### Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ)

McKee ve diğ. (1993) tarafından geliştirilmiş olan bu indeks olasılıklı bir dönüştürmeye dayanmaktadır [14]. Yağışın gamma dağılımına uyduğu kabul edilmekte, bu dağılım normal dağılıma dönüştürülmekte ve ortalama yağış değeri çıkarılmış yağış standart sapmaya bölünmektedir. Bu şekilde elde edilen standart normal dağılım, kuraklık değerlendirme amacıyla kullanılan bir indekse dönüşmektedir. Standart Yağış İndeksi (SYİ) olarak bilinen bu indeks

$$SPI = \frac{X_{ij} - X_{im}}{\sigma} \quad (1)$$

ile hesaplanmaktadır. Burada,  $x_{ij}$ :  $i$  yağış istasyonunun  $j$  gözlemindeki aylık yağışı,  $x_{im}$ : uzun dönemli yağış ortalamasını,  $\sigma$ : standart sapmayı ifade etmektedir. SYİ değerleri 1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık (SYİ1, SYİ3, ..., SYİ48) indeksler şeklinde farklı zaman ölçekleri için hesaplanabilir.

### Akım Kuraklık İndeksi (AKİ)

Nalbantis ve Tsakiris (2009) tarafından geliştirilen bu indekste aylık akım verileri ( $Q_{i,j}$ ) kullanılarak hidrolojik kuraklık değerlendirme yapılabilmektedir [15]. Aylık akım verisi hacimlerine ait zaman serisinin  $Q_{i,j}$  ile gösterilmesi halinde  $i$ , hidrolojik yılı ve  $j$ , su yılı içerisindeki ayı ( $j=1$  için Ekim,  $j=12$  için Eylül) ifade etmektedir. Buna göre,

$$V_{i,k} = \sum_{j=1}^{3k} Q_{i,j}, \quad i = 1, 2, \dots, j = 1, 2, \dots, 12 \quad k = 1, 2, 3, 4 \quad (2)$$

Burada;  $i$  hidrolojik yıl ve  $k$  referans periyodu olmak üzere  $V_{i,k}$  kümülatif akım hacmini ifade eder. Örneğin; Ekim-Aralık için  $k = 1$ , Ekim-Mart için  $k = 2$ , Ekim-Haziran için  $k = 3$  ve Ekim-Eylül için  $k = 4$ .

$V_{i,k}$  kümülatif akım hacmine dayanarak,  $i$  hidrolojik yılına ait her bir  $k$  referans periyodu için Akım Kuraklık İndeksi (AKİ) aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir;

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - \bar{V}_k}{S_k} \quad i = 1, 2, \dots, \quad k = 1, 2, 3, 4 \quad (3)$$

$V_k$  ve  $S_k$ , sırasıyla, uzun bir zaman süresince tahmin edilen  $k$  referans periyoduna ait kümülatif akım hacminin ortalama ve standart sapmasını ifade etmektedir. Bu indeksin hesabında, normalizasyon için iki parametrelili log-normal dağılımı kullanılır. Akımın doğal logaritmasının alınması ile AKİ aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$SDI_{i,k} = \frac{y_{i,k} - \bar{y}_k}{S_{y,k}} \quad i = 1, 2, \dots, \quad k = 1, 2, 3, 4 \quad (4)$$

$$y_{i,k} = \ln(V_{i,k}), \quad i = 1, 2, \dots, \quad k = 1, 2, 3, 4 \quad (5)$$

Denklem (4)'te kullanılan  $y_{i,k}$ ; ortalaması  $\bar{y}_k$  ve standart sapması  $S_{y,k}$  olan kümülatif akımın doğal logaritmasıdır,

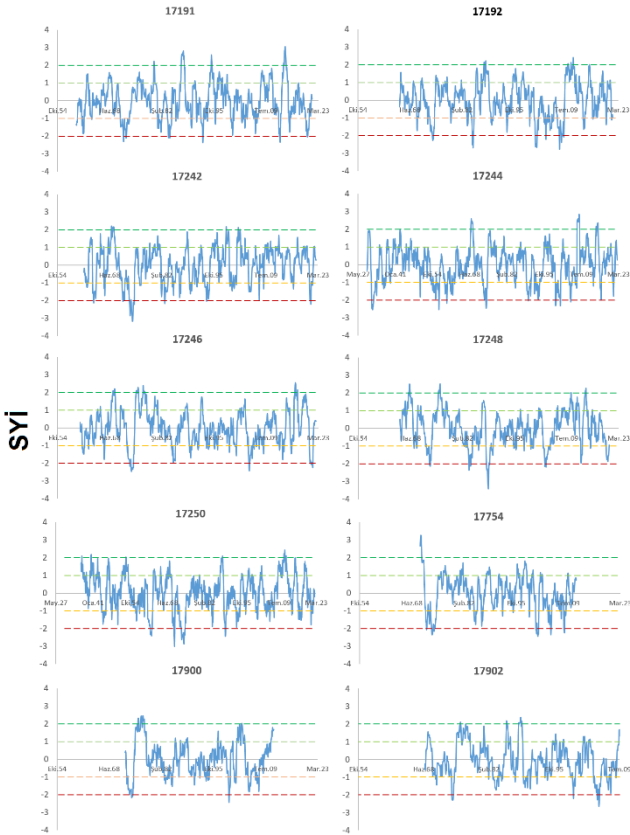
SYİ veya AKİ boyutsuz sayılar olup  $-\infty$  ile  $+\infty$  arasında değerler almaktadır. Bu indekslerin aldığı değerler kuraklığın şiddetini ifade etmektedir. Bu değerlere bağlı olarak literatürde kuraklık şiddet sınıflandırması Tablo 2'deki gibi yapılmıştır.

Tablo 2. SYİ/AKİ Değerlerine göre kuraklık sınıfı [14, 15]

SYİ/AKİ	Kuraklık Sınıfı
$0 \leq \text{SYİ/AKİ}$	Nemli
$-1.0 < \text{SYİ/AKİ} < 0$	Hafif Kurak
$-1.50 < \text{SYİ/AKİ} \leq -1.0$	Orta Kurak
$-2.0 < \text{SYİ/AKİ} \leq -1.5$	Şiddetli Kurak
$\text{SYİ/AKİ} \leq -2.0$	Çok Şiddetli Kurak

## Analiz ve Değerlendirme

Konya Kapalı Havzasında bulunan 10 yağış gözlem istasyonu için hesaplanan SYİ12 değerleri Şekil 2'de toplu olarak sunulmuştur. SYİ hesaplanırken 12 aylık ölçeğin seçilmesinin nedeni önceki çalışmalara da dayanarak SYİ12 yardımıyla akarsu akımı, yeraltı suyu gibi hidrolojik süreçler için kuraklığın uzun dönemdeki etkilerini görebilmektir. Yağış istasyonlarındaki gözlem periyodu içerisinde SYİ değerleri genel olarak -2 ve +2 değerleri arasında değişmekte ve özellikle -1 ile +1 aralığında yoğunlaşmaktadır. Bir başka deyişle hafif ve orta kurak sınıftan şiddetli kurak sınıfa doğru görülme olasılığı azalmaktadır.



Şekil 2. YGİ'lere ait SYİ12 değerleri

Şekil 2'de görüleceği üzere kuraklık indeks değerleri için gözlem süresi boyunca kayda değer bir artma ya da azalma

görülmektedir. Nitekim [12] ve [16] çalışmalarında da havzadaki YGİ'lere ait yağış verilerinde belirgin bir artma veya azalma bulunmamıştır.

SYİ12'ye göre en kurak uzun dönemler (Tablo 3) YGİ'ler için 30-59 ay arasında değişmekte yani 2 yıldan fazla sürmektedir. İstasyonlarda en uzun kurak dönem boyunca görülen en büyük kuraklık şiddetleri ise -1.71 ile -3.16 arasında değişmektedir. Tüm gözlem periyodu içerisinde en büyük kuraklık şiddeti değerleri en uzun kurak dönemlerde değil (1 YGİ hariç) daha kısa kurak dönemlerde yer almaktadır. Tüm gözlem süresince elde edilen en büyük kuraklık şiddetleri -2.35 ile -3.39 arasında değişmektedir ve en uzun kurak dönemde görülen kuraklık şiddetinden daha büyüktür. Bu durum daha kısa ancak daha şiddetli dönem içi kuraklıkların daha etkin olabileceğine işaret etmektedir. Cavus ve Aksoy (2020) ve Aksoy ve diğ. (2021) tarafından kuraklık ve kurak dönem arasında bu nedenle yapılan ayırımı dikkat çekmek gerekir [17, 18]. Öte yandan en uzun kurak dönemler ise tüm YGİ'lere bakıldığında bir istasyonda 1958-1963 arası, 4 istasyonda 1970'lerden sonra ilk 5 yıl, 2 istasyonda 1980 yıllarının başı ve son olarak 3 istasyonda ise 2003 ile 2008 yılları arasında gözlenmiş olup tüm havzayı etkisi altına alan tek bir en uzun kurak dönemden bahsedilmektedir (Tablo 3).

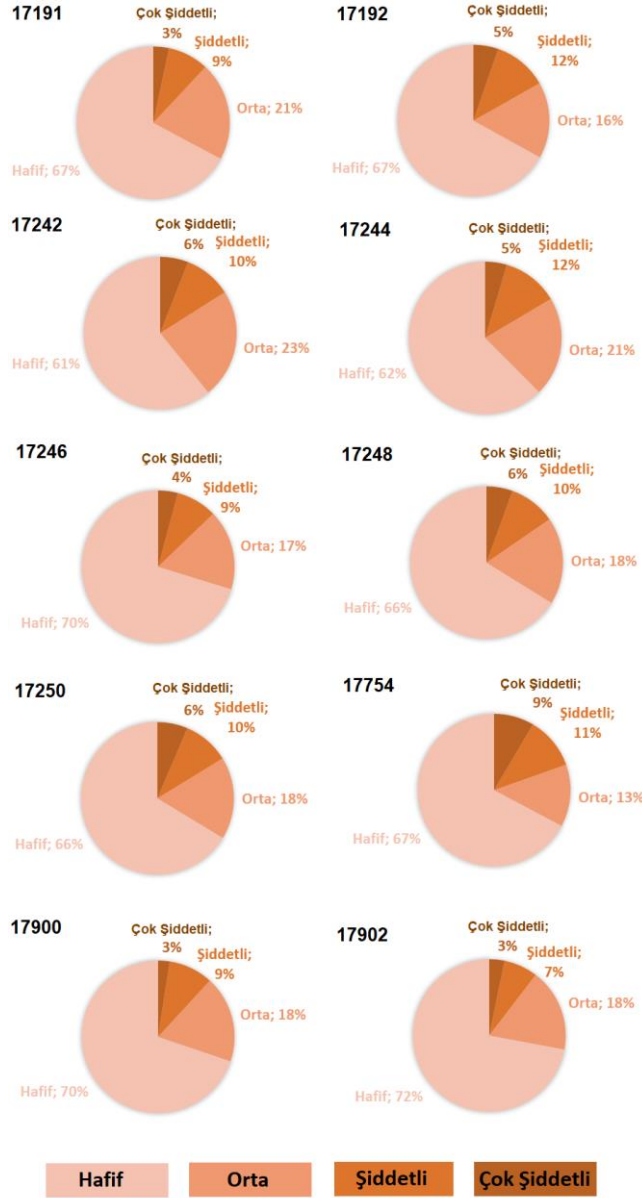
Kuraklık sınıfı görülme olasılıkları da Şekil 3'te her bir YGİ için ayrı ayrı verilmiştir. Havzada yalnızca kuraklık açısından bakıldığında hafif kuraklık sınıfının görülme olasılığı %61-%72 arasındadır. Geri kalan kuraklık sınıflarının görülme olasılığı değişiklik göstermekte, genel olarak çok şiddetli kurak sınıfının görülme olasılığının en az olduğu anlaşılmaktadır. SYİ normal dağılıma uyduğundan uç değerlerin görülme olasılığı düşüktür, çok şiddetli kuraklığın görülme olasılığının az olması da bu nedenle beklenen bir durumdur.

Tablo 3. YGİ'ler için SYİ12 kurak dönem değerlendirmesi

YGİ	En Uzun Kurak Dönem				Gözlem Süresince	
	Periyodu	Uzunluğu (ay)	En Şiddetli Kuraklık	Kuraklık Şiddeti	En Şiddetli Kuraklık	Kuraklık Şiddeti
17191	12/1970-03/1974	40	Şub.72	-2.30	Ara.92	-2.35
17192	04/2003-09/2006	42	Mar.04	-2.20	Eki.07	-2.76
17242	01/1971 -01/1975	49	Haz.74	-3.16	Haz.74	-3.16
17244	06/1958-04/1963	59	Oca.60	-2.17	Eki.32	-2.53
17246	05/2004-05/2007	37	Mar.05	-2.41	Mar.74	-2.46
17248	12/1981-04/1985	41	Kas.83	-2.36	Ara.88	-3.39
17250	03/1972-09/1976	55	Ağu.74	-2.88	Şub.71	-3.02
17754	12/1971 - 05/1975	40	Kas.73	-2.35	Ağu.01	-2.44
17900	04/2004- 04/2008	49	Nis.05	-1.84	Ara.99	-2.43
17902	11/1982-04/1985	30	Eyl.83	-1.71	Nis.05	-2.63

Yine havzada bulunan 18 AGİ'ye ait AKİ4 değerleri Şekil 4'te toplu olarak sunulmuştur. AKİ değerleri ancak  $k = 4$  ölçeğinde hesaplandığında SYİ12 ile karşılaştırılabilir. Şekil 4 incelendiğinde 18 AGİ'de AKİ değerlerinin genel olarak

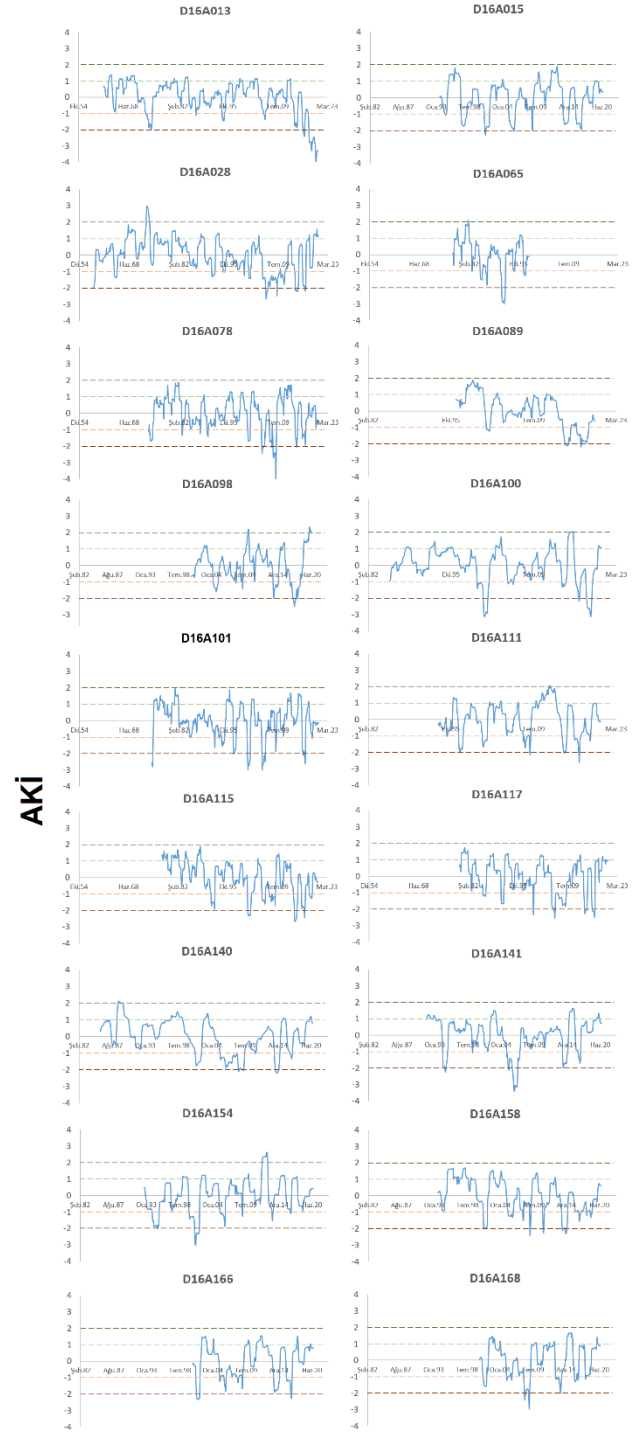
+2'ye ulaşmadığı, özellikle 0 ile -1 ve -1 ile -2 arasında yani hafif kuraklık ile şiddetli kuraklık arasında değiştiği görülmektedir. Şekil 4'ten özellikle D16A013, D16A028, D16A089, D16A115, D16A158 gibi istasyonların AKİ değerlerinde azalma eğilimi görülmektedir. Yine [16] çalışmasında havzadaki AGİ'lerin yaklaşık %80'inde azalma eğilimi tespit edilmiş, bu eğilimlerin ancak bazılarının belirgin olduğu görülmüştür. Yağışa bağlı kuraklıkta herhangi bir eğilime rastlanmazken akıma bağlı kuraklıkta artma net bir şekilde göze çarpmaktadır.



Şekil 3. YGI'lere ait SYİ12 kuraklık sınıfı olasılıkları

AKİ12'e göre en kurak uzun dönemler (Tablo 4) AGİ'ler için 23-94 ay arasında değişmekte, bir başka deyişle yağış kuraklığına göre akım kuraklığı daha uzun sürmektedir. En uzun kurak dönemde kuraklık şiddetleri -1.22 ile -4.09 arasında değişmekte, gözlem süresince en büyük kuraklık şiddetine sahip aylar genelde (AGİ toplam sayısının yaklaşık yarısında) en uzun kurak dönem içerisinde görülmektedir. Bir başka deyişle tüm gözlem periyodu içerisinde en büyük

kuraklık şiddet değerleri AGİ'lerin yarısı için en uzun kurak dönemler dışında kalmakta ve -2.17 ile -5.13 arasında değerlerini almaktadır. Bu sonuçtan; akımlarda görülecek uzun kuraklık dönemleri içerisinde pik şiddetlerin görülmesinin olası olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4. AGİ'lere ait AKİ12 değerleri

Tüm AGİ'lere bakıldığında en uzun kurak dönemlerin genel olarak 2000'li yılların sonrasında görüldüğü anlaşılmaktadır (Tablo 4). Oysa YGI'lere bakıldığında uzun dönem kuraklıkların 2000 yılından önce görüldüğü, AGİ'lerde ise uzun dönem kuraklıkların günümüze daha yakın tarihlerde

gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Yakın tarihte YGİ'ler ciddi bir kuraklık gelişmemesine rağmen AGİ'lerde kuraklık görülmesi son yıllarda kuraklık üzerinde iklim değişikliğinden ziyade insan etkisinin olduğunu düşündürmektedir.

Kuraklık sınıfı görülme olasılıkları AGİ'ler için Şekil 5'te verilmiştir. AGİ'ler için YGİ'lerde olduğu gibi hafif kuraklık sınıfında görülme olasılığı daha fazladır ancak YGİ'lerden farklı olmak üzere AGİ'lerde orta, şiddetli ve çok şiddetli kuraklık sınıfları AGİ'den AGİ'ye daha çok değişmektedir. YGİ'lere topluca bakıldığında görülen homojen dağılım AGİ'lerde görülmemektedir. Bununla birlikte genel olarak AGİ'lerde YGİ'lere göre çok şiddetli kuraklık sınıfının oranı bariz bir şekilde daha fazladır. Bölgede akımda görülen kuraklığın yağışa göre daha değişken ve çok daha etkili olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4. Akım Gözlem İstasyonları AKİ Değerlendirmesi

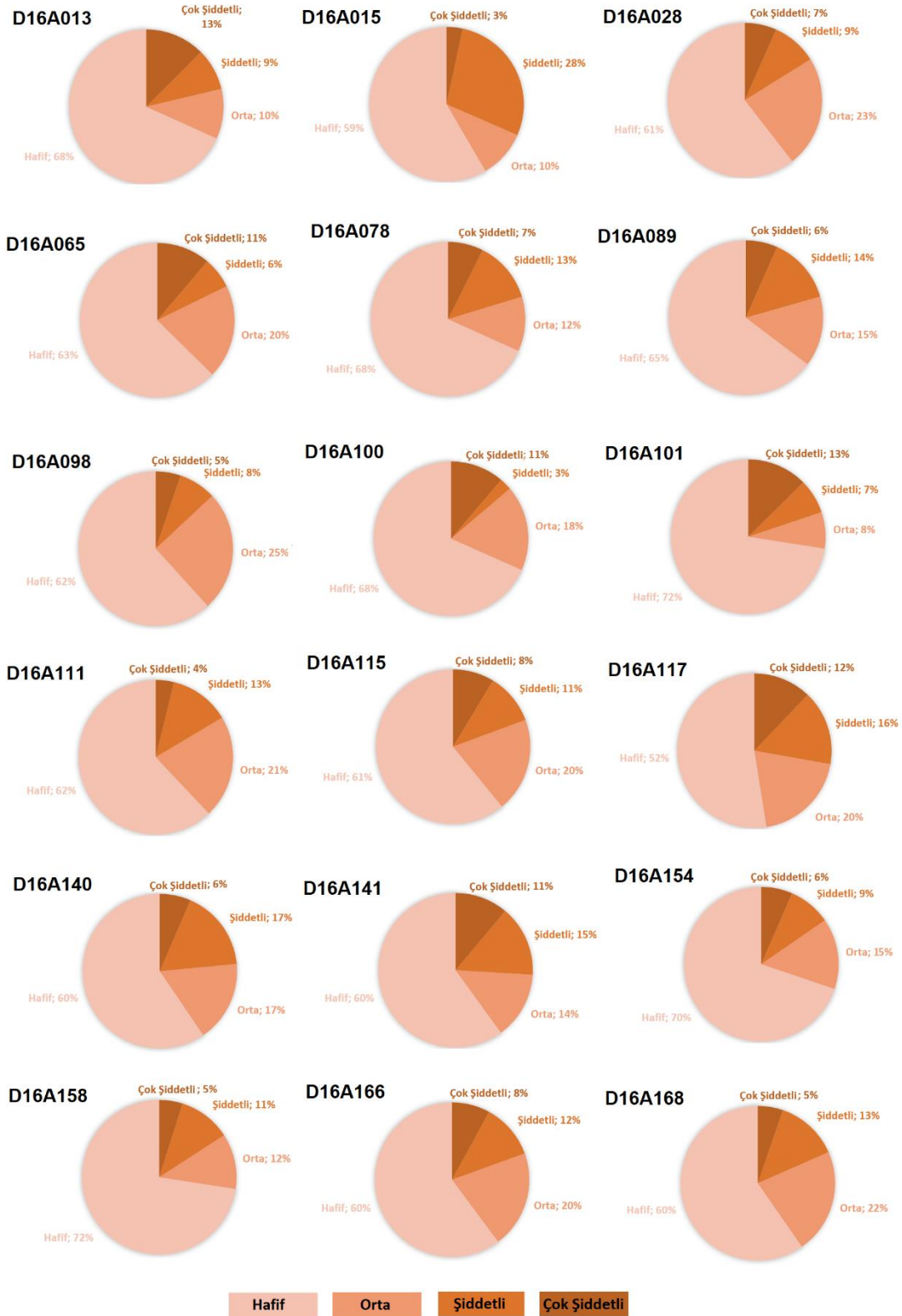
AGİ	En Uzun Kurak Dönem				Gözlem Süresince	
	Periyodu	Uzunluğu (av)	En Şiddetli Kuraklık	Kuraklık Şiddeti	En Şiddetli Kuraklık	Kuraklık Şiddeti
D16A013	03/2016-09/2020	55	Şub.20	-4.09	Şub.20	-4.09
D16A015	02/2000-01/2002	24	Nis.01	-2.28	Nis.01	-2.28
D16A028	01/2005-03/2012	87	Mar.06	-2.65	Mar.06	-2.65
D16A065	12/1984-11/1987	36	Mar.87	-1.84	Kas.91	-2.99
D16A078	12/1984-03/1988	40	Oca.88	-1.22	Ara.08	-5.13
D16A089	08/2013-09/2019	74	May.17	-2.17	May.17	-2.17
D16A098	06/2016-03/2019	34	Eki.17	-2.50	Eki.17	-2.50
D16A100	06/2016-02/2020	45	Oca.19	-3.12	Haz.01	-3.13
D16A101	03/1991-01/1995	47	Şub.92	-1.67	Nis.01	-3.01
D16A111	04/2007-02/2009	23	Ara.08	-2.15	Şub.17	-2.62
D16A115	03/2005-03/2009	49	Ara.08	-1.70	May.14	-2.66
D16A117	02/2005-01/2010	60	Oca.06	-2.57	Oca.06	-2.57
D16A140	08/2004-05/2012	94	Tem.08	-2.11	Kas.14	-2.21
D16A141	05/2004-04/2007	36	Nis.06	-3.40	Nis.06	-3.40
D16A154	01/1993-02/1996	38	Ara.94	-2.02	Nis.01	-3.03
D16A158	03/2016-02/2020	48	Şub.17	-1.54	Ara.08	-2.37
D16A166	02/2005-03/2009	50	Mar.06	-1.83	Eyl.01	-2.33
D16A168	01/2007-03/2009	27	Ara.08	-2.95	Ara.08	-2.95

## Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada Konya Kapalı Havzasında bulunan 10 yağış ve 18 akım gözlem istasyonuna ait yağış ve akım verileri kullanılarak SYİ ve AKİ indeksleri hesaplanmıştır. Böylece bölge için en güncel verilerle karşılaştırmalı olarak yeterli yorumlamaya yönelik daha çok sayıda istasyon verisi ile toplu bir kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizden çıkan sonuçlar özetlenirse;

- Yağışa bağlı kuraklıkta bariz bir eğilime rastlanmazken akıma bağlı kuraklıkta artma net bir şekilde göze çarpmaktadır.
- SYİ ve AKİ'lerden hesaplanan en uzun kurak dönemler incelendiğinde, yağış kuraklığına göre akım kuraklığının daha uzun sürdüğü görülmektedir.
- Hem yağış hem de akım için tüm gözlem periyodu içerisinde en büyük kuraklık şiddet değerlerinin en uzun kurak dönemler içerisinde görülmediği anlaşılmaktadır. Bu durum özellikle yağış için belirgindir. Bu da Konya Kapalı havzası için kurak dönem içinde kalan kısa süreli ancak şiddetli tekil kuraklıkların başta tarım olmak üzere su ile ilişkili sektörlerde daha etkin ve tehlikeli olabileceğine işaret etmektedir.
- Akımlarda görülecek uzun dönem kuraklıkların pik şiddetlere ulaşması mümkün görülmemekte, kuraklığın hem şiddetli hem de uzun olmasının ciddi olumsuz etkilere yol açacağı düşünülmektedir.
- Konya Kapalı Havzasında yağıştaki uzun dönem kuraklıkların 2000 yılından önceki dönemlerde gözlemlendiği, akımdaki uzun dönem kuraklıkların ise 2000'li yıllardan sonra gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Yakın tarihte yağışta ciddi bir kuraklık gelişmemesine rağmen AGİ'lerde kuraklık görülmesi son yıllarda kuraklık üzerinde iklim değişikliğinden ziyade insan etkisinin olduğunu düşündürmektedir.
- Akımdaki çok şiddetli kuraklık sınıfı oranının yağıştakine göre bariz bir şekilde daha fazla olduğu, orta ve şiddetli kuraklık sınıflarının yağış ile karşılaştırıldığında akımda AGİ'den AGİ'ye daha çok değiştiği görülmektedir. Bu gözlem akımda görülen kuraklığın yağışa göre daha değişken ve etki bakımından ayrı bir önemle değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Önceki çalışmalarla birleştirildiğinde bu çalışma sonuçlarından anlaşılacağı üzere Konya Kapalı Havzasındaki kuraklığın özellikle insani etkiler nedeniyle arttığı anlaşılmaktadır. Bölgede açıldığı bilinen büyük orandaki kayıplar, bilinçsiz su tüketimi bu artışın nedenleri olarak gösterilebilir. Kuyuların kayıt altına alınması ve ücretlendirilmesi, ürün deseninde değişiklikler, sulama sistemlerinin modernleştirilmesi ve su tüketimi ile ilgili bilinçlendirmenin geliştirilmesi bölgedeki kuraklığın olumsuz etkilerini azaltacaktır. Bu çalışmada bölge için yapılan kuraklığın zamansal analizinin devamı niteliğinde olmak üzere sonraki bir çalışmada kuraklığın mekânsal analizinin yapılması uygun olacaktır.



Şekil 5. AGI'lere ait AKI12 kuraklık sınıfı olasılıkları

**Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı**

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Yazar Katkıları**

Yazarlar makaleye eşit derecede katkıda bulunmuştur.

## Kaynaklar

- [1] Tunçok, İ.K., Bozkurt, O.Ç. (2015) Bütüncül Havza Yönetimi: Konya Kapalı Havzası Uygulaması, 4. Su Yapıları Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 479-488.
- [2] SYGM (2022), Konya Havzası Kuraklık Yönetim Planının Güncellenmesi Projesi, Stratejik Çevresel Değerlendirme Taslak Kapsam Belirleme Raporu, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/scd/icerikler/konya-havzasi-kuraklik-yonet-m-plani-20220719131037.pdf> (Erişim: 04.2024)
- [3] SYGM (2015). Konya Havzası Kuraklık Yönetim Planı. Ankara, 329s.
- [4] Atmaca, D. (2011) Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi İle Konya İli Bölgesel Kuraklık Analizi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- [5] Doğan, S. (2013) Konya Kapalı Havzası Kuraklık Karakterizasyonunun Zamansal- Konumsal Analizi, Selçuk Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi.
- [6] Gürler, Ç. (2017) Beyşehir Ve Konya-Çumra-Karapınar Alt Havzalarında Standartlaştırılmış İndis Yaklaşımı İle Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi.
- [7] Ersoy, T. (2019) Konya İli Meteorolojik Kuraklık Analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- [8] Bayer Altın, T. (2019) Konya Kapalı Havzasında Akarsu Akımlarının Hidrolojik Kuraklık Analizi, Karaman Araştırmaları- 2, ss.13-24, Palet Yayınları.
- [9] Bayçınar, M. (2020) Konya Kapalı Havzası Örneğinde Faktör Analizi İle Kuraklık İndekslerinin Ortak Kullanımının Değerlendirilmesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- [10] Sarış, F., Gedik, F. (2021). Konya Kapalı Havzası'nda Meteorolojik Kuraklık Analizi, Coğrafya Dergisi, 42: 295-308, 10.26650/JGEOG2021-885519.
- [11] Tuğrul T., Hınıs M.A. (2023) Konya Apa Barajı Havzasında Meteorolojik ve Hidrolojik Kuraklık Trend Analizi, Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 13(1): 151-163.
- [12] Geyikli, M.S. (2023) Investigation of Dry and Wet Periods Characteristics with Different Drought Indices in Yeşilirmak, Kızılırmak and Konya Closed Basins, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi.
- [13] Url-1 (2024) <https://www.tarimorman.gov.tr/-SYGM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=135>, Erişim tarihi: 05.2024.
- [14] McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1993) The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, 17-22 January 1993, 179-184.
- [15] Nalbantis, I., Tsakiris, G. (2009) Assessment of Hydrological Drought Revisited. Water Resour Manage 23, 881-897, <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9305-1>
- [16] SYGM (2023) Konya Havzası Kuraklık Yönetim Planı; Cilt 1: Havzanın Genel Tanıtımı ve Kuraklık Analizleri, Ankara, 281s.
- [17] Cavus, Y., Aksoy, H. (2020) Critical drought severity/intensity-duration-frequency curves based on precipitation deficit, Journal of Hydrology, 584, 124312.
- [18] Aksoy, H., Cetin, M., Eris, E., Burgan, H. I., Cavus, Y., Yıldırım, I., Sivapalan, M. (2021). Critical drought intensity-duration-frequency curves based on total probability theorem-coupled frequency analysis. Hydrological Sciences Journal, 66(8), 1337-1358.