



Yukarı Ceyhan Alt Havzasının Standart Yağış İndeksi ve Standart Akım İndeksi Kullanılarak Hidrolojik Kuraklık Analizi

Aysel KÖSE^{1*}, Beril SALMAN AKIN²

¹ Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

² Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Received: 14.06.2024

Accepted: 27.06.2024

Published: 30.09.2024

Atf yapmak için: Köse, A. & Salman Akın, B. (2024). Yukarı Ceyhan Alt Havzasının Standart Yağış İndeksi ve Standart Akım İndeksi Kullanılarak Hidrolojik Kuraklık Analizi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 9(3), 442-448. <https://doi.org/10.35229/jaes.1501591>

How to cite: Köse, A. & Salman Akın, B. (2024). Hydrological Drought Analysis of Upper Ceyhan Sub-Basin Using Standard Precipitation Index and Standard Runoff Index. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 9(3), 442-448. <https://doi.org/10.35229/jaes.1501591>

<https://orcid.org/0000-0002-4651-8505>
 <https://orcid.org/0000-0003-1730-154X>

***Sorumlu yazar:**

Aysel KÖSE

Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

✉: aysel.kose@tarimorman.gov.tr

Öz: Türkiye, Akdeniz iklim kuşağında yer aldığı için küresel iklim değişikliğinin etkileri, yağışların azalması ve buna bağlı olarak kuraklık yaşanması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Su kaynakları kuraklıktan doğrudan etkilenmektedir. Su kaynaklarında kuraklığın analiz edilmesi ile kuraklık riski yaşanan ve kuraklık olasılığı yüksek olan bölgelerde kuraklık öncesinde tedbirler alınabilmesi ve kuraklık etkilerinin azaltılabilmesi sağlanabilmektedir. Bu çalışmada, Yukarı Ceyhan Alt Havzasının hidrolojik kuraklık analizi Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Standart Akım İndeksi (SRI) yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. SPI indeksi hesaplamalarında, Gökşun ve Elbistan Meteoroloji Gözlem İstasyonlarına ait 1960-2023 yılları arasındaki 63 yıllık aylık toplam yağış verileri, Afşin istasyonu için 1970-2023 periyodu 53 yıllık aylık yağış verisi; SRI indeksinde Karaahmet, Gözlerüstü ve Hanköy akım gözlem istasyonlarındaki 1971-2015 dönemine ait akım verisi kullanılmıştır. SPI ve SRI değerleri 12 aylık dönem için değerler hesaplanmış ve karşılaştırma yapılmıştır. Yukarı Ceyhan Alt Havzasında 2001, 2007, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 ve 2023 yıllarında hidrolojik kuraklıkların (yağış azlığı, düşük akım) gerçekleştiği, 1960-2023 periyodunda 617 kurak ay yaşandığı ve kurak dönemlerin oluşma ihtimalinin yaklaşık % 31 olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarının, Yukarı Ceyhan Alt Havzası su yönetiminde ve özellikle su tahsisinde, kuraklık durumlarının ve etkilerinin değerlendirilmesi ile tedbirler alınmasında karar vericilere yol gösterebilecek önemli bilgiler sağlayacağı düşünülmektedir.

Keywords: Hidrolojik kuraklık, standart akım indeksi, standart yağış indeksi, su tahsisi, su yönetimi, yukarı Ceyhan alt havzası.

Hydrological Drought Analysis of Upper Ceyhan Sub-Basin Using Standard Precipitation Index and Standard Runoff Index

Abstract: Since Türkiye is located in the Mediterranean climate zone, the impacts of global climate change are manifested in the form of decreased precipitation and consequent drought. Water resources are directly affected by drought. By analysing the impacts of drought on water resources, it can be ensured that measures can be taken before drought occurs and the impacts of droughts can be reduced in regions with high drought risk and drought probability. This study aims to analyse hydrological droughts in Upper Ceyhan Sub-basin by using Standard Precipitation Index (SPI) and Standard Runoff Index (SRI) methods. In SPI index calculations, monthly total precipitation data for 63 years for the period of 1960-2023 for Gökşun and Elbistan Meteorological Observation Stations, monthly precipitation data for 53 years for the period of 1970-2023 for Afşin station, and flow data for the period of 1971-2015 at Karaahmet, Gözlerüstü and Hanköy flow monitoring stations were used for SRI index. SPI and SRI values were calculated and compared for a 12-month period. It was determined that hydrological droughts (lack of precipitation, low flow) occurred in the Upper Ceyhan Sub-basin in 2001, 2007, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2023; 617 dry months were experienced in the period of 1960-2023 and the probability of occurrence of dry periods was approximately 31%. It is considered that the results of this study will provide significant information that can guide decision makers in the Upper Ceyhan Sub-Basin water management and especially for water allocation, assessment of drought conditions and impacts and taking measures.

***Corresponding author:**

Aysel KÖSE

The Ministry of Agriculture and Forestry,
Water Management General Directorate,
Ankara, Türkiye

✉: aysel.kose@tarimorman.gov.tr

Anahtar kelimeler: Standard precipitation index, standard runoff index, water allocation, water management, upper Ceyhan sub-basin.

GİRİŞ

Su kaynakları iklim değişikliği ve aşırı nüfus artışı nedeniyle hızlı bir şekilde hem kalite olarak bozulmakta hem de miktarı azalmaktadır. Nüfus artışı nedeniyle su kaynakları sınırlı bir kaynak durumuna gelmiştir. 2 milyardan fazla insan su sıkıntısı çeken ülkelerde yaşamakta ve 3,6 milyar insan yılda en az bir ay suya erişim yetersizliğiyle karşı karşıya kalmaktadır. Su ile ilgili tehlikelerin sıklığı ise son 20 yılda artmıştır. 2000 yılından bu yana sel kaynaklı felaketler % 134 oranında artarken, kuraklıkların sayısı ve süresi de % 29 artmıştır (WMO, 2021). Su kıtlığı dünya nüfusunun % 40'ından fazlasını etkilemektedir (World Bank, 2022).

Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi'ne göre kuraklık "Yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu, arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olan doğal olay" olarak ifade edilmektedir (UNCCD, 1994).

Kuraklıklar süresine göre kısa süreli ve uzun süreli olmak üzere 2 kategoride incelenmekte olup genellikle 6 aydan daha az süren kuraklıklara kısa süreli, 6 aydan daha fazla sürenlere ise uzun süreli kuraklık terimi kullanılmaktadır (Doğan, 2013).

Kuraklık tipleri dört kategoride tanımlanmıştır. Bu kuraklık tiplerinden "Meteorolojik Kuraklık, Normal yağış koşullarından negatif sapma; Tarımsal Kuraklık, ürünün büyümesi için gerekli olan normal toprak nemi koşullarından negatif sapma; Hidrolojik Kuraklık, Normal hidrolojik koşullardan negatif sapma; Sosyoekonomik Kuraklık ise toplumsal gereksinimleri karşılamada kullanılan su varlığının normal düzeyinden negatif sapması ya da normal düzeyinin altına inmesi" olarak tanımlanmaktadır (SYGM, 2022). Daha açık şekilde ifade etmek gerekirse, hidrolojik kuraklık, nehir, göl ve yeraltı su kaynaklarında su miktarının azalması ve seviye düşmesi şeklinde yeterli suyun bulunmaması durumudur.

Türkiye gibi Akdeniz iklim kuşağında yer alan ülkelerde önümüzdeki yıllarda sıcaklıkların artış ve yağışların azalış göstermesi beklenmektedir. Ülkemizde olası kuraklıkların şiddetlerinin artacağı ve kuraklık sürelerinin uzayabileceği öngörülmektedir (IPCC, 2014).

Ülkemizde ve dünyada kullanılan kuraklığın tespitinde kullanılan birçok kuraklık indeksi geliştirilmiştir. Geçmiş tarihlerde yaşanan meteorolojik, hidrolojik veya tarımsal kuraklık dönemlerinin tespitinde, kuraklık indekslerinin ve göstergelerinin kullanılması ile daha doğru bir değerlendirme yapılabilir (Türkeş vd., 1990).

Hidrolojik kuraklık durumu, uluslararası literatürde kabul görmüş Standart Yağış İndeksi, Standart Akım İndeksi, Standart Yeraltı Suyu İndeksi gibi çeşitli kuraklık indeksleri ve göstergeleri ile belirlenebilmektedir. Bu indekslerde genellikle yağış, akım ve seviye gibi veriler girdi olarak kullanılmaktadır. Hidrolojik kuraklık analizi, havzadaki yağış düzeninin ve nehir akımlarının anlaşılması, su kaynaklarının durumunun değerlendirilmesi ve gelecekteki kuraklık ihtimalinin öngörülmesinde önemlidir. Bu analizler, etkin bir su ve kuraklık yönetimi, kuraklığa hazırlıklı olunması ve

etkilerini azaltmaya yönelik su idarelerine tedbir alma imkânı sunabilmektedir.

Kuraklık yönetimi afet yönetiminin bir parçası olarak değerlendirilmektedir (Wilhite, 2000). Suyla ilgili afetler, son 50 yılda afetler listesinin başında yer almıştır ve doğal afetlerden kaynaklanan tüm ölümlerin %70'ini oluşturmaktadır (World Bank, 2022).

Bu çalışmada, Yukarı Ceyhan Alt Havzasının hidrolojik kuraklık analizi kullanımı uluslararası literatürde kabul görmüş Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Standart Akım İndeksi (SRI) yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. SPI indeksi, meteoroloji gözlem istasyonlarına ait yağış verisi ve SRI indeksinde akım gözlem istasyonlarındaki akım verisi kullanılmıştır. SPI ve SRI değerleri 12 aylık dönem için değerler hesaplanmış ve karşılaştırma yapılmıştır. Analiz çalışması sonuçları değerlendirilerek hidrolojik kurak dönemler belirlenmiş, kurak olay sayıları ve kuraklık oluşma ihtimalleri hesaplanmıştır.

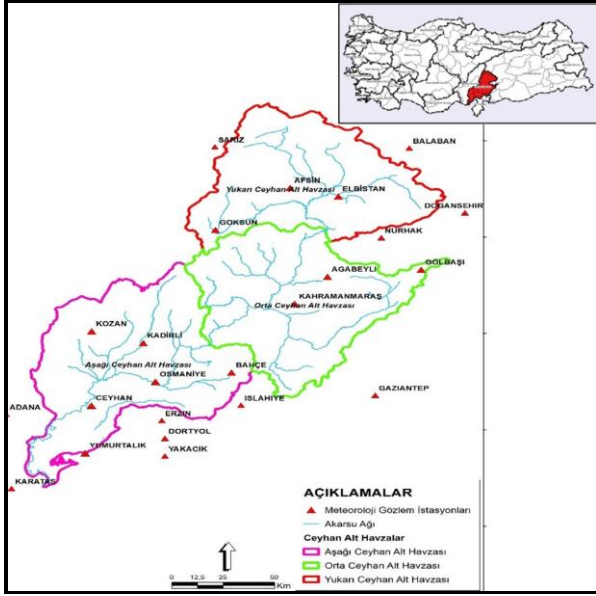
Bu çalışmanın sonuçlarının, Yukarı Ceyhan Alt Havzası su yönetiminde kuraklık durumlarının ve etkilerinin değerlendirilmesi, baraj işletme kurallarının revize edilmesi, hidrolojik kuraklık durumunda içme suyu, sulama suyu, enerji üretimi gibi su taleplerinin karşılanması için en uygun su tahsisinin yapılması ve su verimliliği tedbirlerinin alınması gibi hususlarda karar vericilere yol gösterebilecek önemli bilgiler sağlayacağı düşünülmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Ceyhan Nehir Havzasının memba kısmında yer alan Yukarı Ceyhan Alt Havzası ele alınmıştır. Alt havza 6.248 km² yağış alanına sahiptir (SYGM, 2019). Yukarı Ceyhan Alt Havzasının konum haritası Şekil 1'de gösterilmektedir.

Hidrolojik kuraklık analizi çalışmasında, havzada bulunan ve en az 30 yıllık kesintisiz aylık yağış verisine sahip olan Göksun, Afşin ve Elbistan Meteoroloji Gözlem İstasyonları (MGİ) ile bu istasyonlara en yakın mesafede bulunan D20A006 Karaahmet, E20A025 Gözlerüstü ve E20A022 Hanköy Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) kullanılmıştır. Belirlenen MGİ'ler için Standart Yağış İndeksi (SPI) ve AGİ'ler için Standart Akım İndeksi yöntemi uygulanmıştır. SPI için uzun yıllar geçmiş aylık yağış verisi ve SRI için uzun yıllar geçmiş aylık nehir akım (debi) verisi kullanılmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) temin edilen, Göksun ve Elbistan Meteoroloji Gözlem İstasyonlarına ait 1960-2023 yılları arasındaki 63 yıllık aylık toplam yağış verileri, Afşin istasyonu için 1970-2023 periyodu 53 yıllık aylık toplam yağış verileri havzanın SPI kuraklık analizi hesabında kullanılmıştır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünden (DSİ) alınan, Karaahmet, Gözlerüstü ve Hanköy AGİ'lerine ait 1971-2015 yılları arasındaki nehir akım verileri ise SRI kuraklık analizi hesabında ve SPI kurak dönemlerin doğrulanmasında kullanılmıştır. Yukarı Ceyhan Alt Havzasının, hidrolojik kuraklık analizinde, Su

Yönetimi Genel Müdürlüğü Kuraklık Veri Tabanı programı kullanılarak yağış ve akım verileri 12 aylık SPI ve SRI indeks değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 1. Yukarı Ceyhan Alt Havzası konum haritası.

Figure 1: Location map of Upper Ceyhan Sub-basin.

Yukarı Ceyhan Alt Havzasında bulunan ve çalışmada kullanılan MGI'lere ilişkin bilgiler Tablo 1'de, AGİ'lere ilişkin bilgiler Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 1. Kuraklık analizinde kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarının bilgileri (SYGM, 2019).

Table 1. Information on meteorological observation stations used in drought analysis.

İstasyon No	İstasyon Adı	Yükseklik (m)	Veri Periyodu
178666	Göksun	1 344	1960-2023
17868	Afşin	1 230	1971-2023
17870	Elbistan	1 137	1960-2023

Tablo 2. Kuraklık analizinde kullanılan akım gözlem istasyonu bilgileri (SYGM, 2019).

Table 2. Flow observation station information used in drought analysis.

İstasyon No	İstasyon Adı	Su Kaynağı Adı	Yağış Alanı (km ²)	Veri Periyodu
E20A006	Karaahmet	Göksun Çayı	739,20	1971-2015
E20A022	Hanköy	Söğütlü Çayı	400,00	1971-2015
E20A025	Gözlerüstü	Hurman Çayı	914,70	1971-2015

Standart Yağış İndeksi (SPI): Standart Yağış İndeksi, McKee vd., (1993) tarafından yapılan çalışmanın sonucu olarak geliştirilmiştir. Yağış verilerini kullanarak kuraklığın izlenmesini temel alan bir kuraklık indeksidir. SPI indeksi değerleri, belirli bir zaman periyodunda (1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 ay) yağışların ortalamadan yani normalden olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile hesaplanır. Elde edilen SPI değerleri Tablo 3'te verilen

eşik değerler esas alınarak kuraklık sınıflandırması yapılır (McKee, Doesken, & Kleist, 1993). SPI değerleri geçmiş uzun yıllar aylık yağış verileri kullanılarak aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$SPI = \frac{x_i - x_j}{\sigma}$$

Bu denklemde x_i incelenen dönemdeki mevcut yağışı, x_j serinin ortalama yağışını ve σ serinin standart sapmasını ifade eder. Negatif SPI değerleri yağış azlığını, pozitif SPI değerleri ise yağış fazlalığını göstermektedir (SYGM, 2023).

Tablo 3. Standart Yağış İndeksi (SPI) kuraklık/nemlilik sınıflandırması (McKee, Doesken, & Kleist, 1993).

Table 3. Standard Precipitation Index (SPI) drought/humidity classification.

Standart Yağış İndeksi (SPI) Eşik Değerleri	Yağış (Kuraklık/Nemlilik) Sınıfı
2 ve üzeri	Aşırı Nemli
1,5-1,99	Çok Nemli
1-1,49	Orta Nemli
0,5-0,99	Hafif Nemli
-0,499 — 0,499	Normal
-0,5 — -0,99	Hafif Kurak
-1 — -1,49	Orta Kurak
-1,5 — -1,99	Şiddetli Kurak
-2 ve altı	Aşırı Kurak

Standart Akım İndeksi (SRI): Standart Akım İndeksi, SPI İndeksi hesaplama yöntemini esas alan ve hidrolojik kuraklığın tespitinde kullanılan bir indekstir. Nalbantis, (2008) tarafından geliştirilmiştir. SPI İndeksinde yağış verileri kullanılırken SRI İndeksinde aylık ortalama akım verileri kullanılmaktadır. Sadece akım verisi gerektirmesi nedeniyle SPI gibi kolay bir şekilde hesaplanabilmektedir. Kuraklık durumunda düşük akım dönemleri hakkında bilgi sağlayabilmektedir. SPI yöntemi gibi farklı zaman serilerinde (1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 ay) sonuçlar elde edilmektedir (WMO, 2016).

SRI sonuçları, aynı alanda gerçekleştirilen SPI analiziyle karşılaştırılarak değerlendirilebilmektedir. Yağış ve akım arasındaki ilişkinin tespiti amacıyla yapılan çalışmalarda SPI ve SRI arasında güçlü bir bağlantı olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Sheffield and Wood, 2007). Fakat, SRI, akımlar üzerindeki mevsimsel gecikmeleri de ifade edebilmekte olduğundan hidrolojik kuraklığı daha iyi tanımlayabilmektedir (Shukla, S., Wood, A.W., 2008). SRI İndeksinde göre hesaplama yapılırken akım gözlem istasyonlarının nehir havzasını iyi bir şekilde temsil etmesi ve akım zaman serilerinin sürekli ve doğal (müdahalesiz) olması önem taşımaktadır. Hidrolojik kuraklıkların analizlerinde, 9-12 aylık SRI sonuçları tam bir hidrolojik yağış dönemini yansıtabilmesi nedeniyle tercih edilmektedir (SYGM, 2019).

Tablo 4. Standart Akım İndeksi (SRI) kuraklık sınıflandırması (Shen, H. Vd, 2014).**Tablo 4.** Standard Runoff Index (SRI) drought classification.

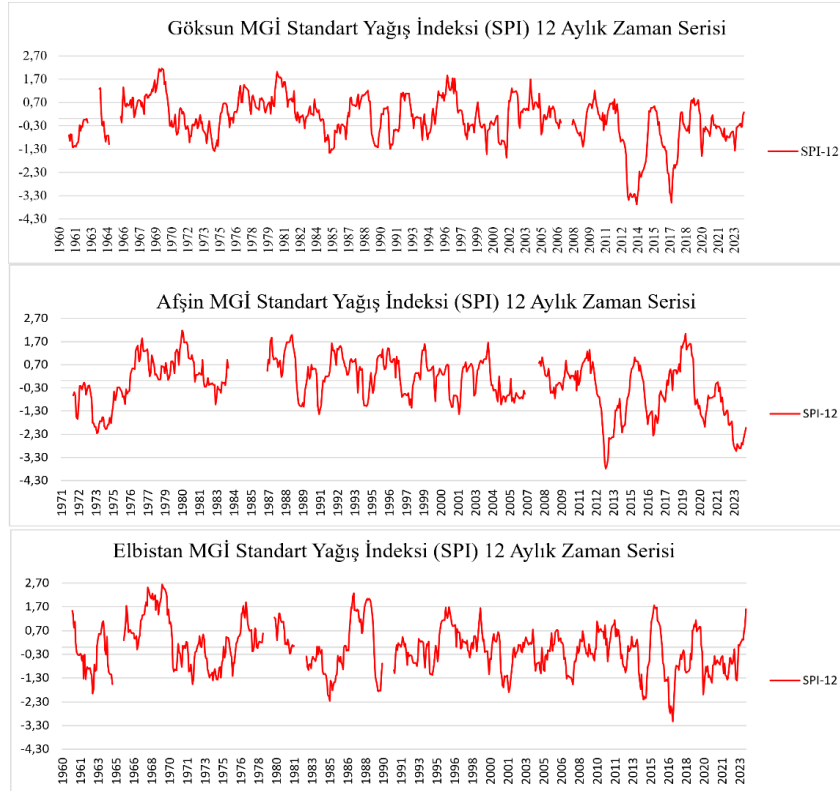
Standart Akım İndeksi (SRI) Eşik Değerleri	Kuraklık Şiddeti
2 ve üzeri	Aşırı Nemli
1,5-1,99	Çok Nemli
1-1,49	Orta Nemli
0,5-0,99	Hafif Nemli
-0,499 – 0,499	Normal
-0,5 – -0,99	Hafif Kurak
-1 – -1,49	Orta Kurak
-1,5 – -1,99	Şiddetli Kurak
-2 ve altı	Aşırı Kurak

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yukarı Ceyhan Alt Havzasında hidrolojik kuraklık analizinde uluslararası literatürde kabul görmüş

SPI ve SRI kuraklık indeksleri kullanılmıştır. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Kuraklık Veri Tabanı programı kullanılarak yağış ve akım verileri ile 12 aylık dönemler için SPI ve SRI indeks değerleri elde edilmiştir. SPI değerlerine göre sınıflandırma yapılarak kurak dönemler belirlenmiş, kurak geçen ay sayıları tespit edilmiş ve kuraklık oluşma ihtimalleri hesaplanmıştır. 12 aylık SPI değerleri ile MGI'lere yakın mesafede bulunan AGI'lerin SRI sonuçları karşılaştırılmıştır.

Standart yağış indeksi (SPI) analizleri: Göksun ve Elbistan Meteoroloji Gözlem İstasyonlarına ait 1960-2023 yılları arasındaki 63 yıllık aylık toplam yağış verileri, Afşin istasyonu için 1970-2023 periyodu 53 yıllık aylık toplam yağış verileri kullanılarak elde edilen 12 aylık SPI indeks sonuçları zaman serileri Şekil 2'de gösterilmektedir.

**Şekil 2.** Standart Yağış İndeksi (SPI) sonuçları (12 aylık).**Figure 2.** Standard Precipitation Index (SPI) results (12 months).

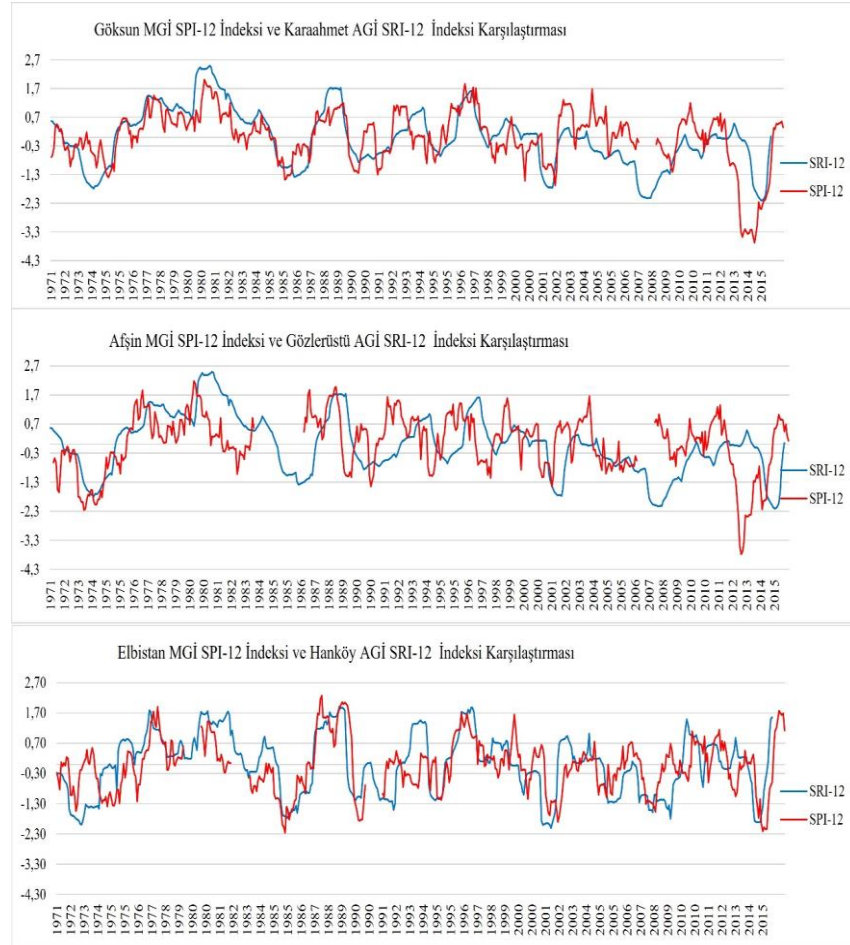
Elde edilen 12 aylık SPI indeksi sonuçlarına göre hesaplanan kuraklık olay sayıları ve kuraklık meydana gelme ihtimalleri Tablo 5'te verilmektedir. 12 aylık SPI değerleri için SPI kuraklık sınıflandırması yapılmış ve 1960-2023 döneminde Göksun istasyonunda 189 kurak ay, Elbistan istasyonunda 231 kurak ay ve 1971-2023 döneminde Afşin istasyonunda 197 kurak ay yaşandığı tespit edilmiştir. Hafif kurak, orta kurak, şiddetli kurak ve aşırı kurak olmak üzere Kuraklık olasılığı Göksun istasyonunda % 26,3; Afşin istasyonunda % 34,1 ve Elbistan istasyonunda % 32,7 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5. Standart Yağış İndeksine (SPI) göre kuraklık olay sayıları ve kuraklık olasılıkları (12 aylık).**Table 5.** Number of drought events and drought probabilities according to Standard Precipitation Index (SPI) (12 months).

SPI Sınıflandırma	Kuraklık Olay Sayıları (Ay)			Kuraklık Olasılıkları (%)		
	Göksun	Afşin	Elbistan	Göksun	Afşin	Elbistan
Aşırı Nemli	7	3	21	1,0	0,5	3,0
Çok Nemli	19	27	35	2,6	4,7	5,0
Orta Nemli	65	45	53	9,0	7,8	7,5
Hafif Nemli	121	111	82	16,8	19,2	11,6
Normal	318	195	284	44,2	33,7	40,2
Hafif Kurak	98	85	105	13,6	14,7	14,9
Orta Kurak	51	47	91	7,1	8,1	12,9
Şiddetli Kurak	11	35	22	1,5	6,1	3,1
Aşırı Kurak	29	30	13	4,0	5,2	1,8

12 aylık SPI İndeksi ve SRI İndeksi sonuçlarının karşılaştırılması: 12 aylık dönem için hesaplanan sonuçlar 1971-2015 yılları arasında Göksun MGİ-Karaahmet AGİ; Afşin MGİ-Gözlerüstü AGİ ve Elbistan MGİ-Hanköy

AGİ' Akım Gözlem İstasyonlarına ait aylık toplam nehir akım verileri kullanılarak elde edilen 12 aylık SRI İndeksi sonuçları zaman serileri Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Standart Akım İndeksi (SRI) sonuçlarının karşılaştırılması (12 aylık).
Figure 3. Comparison of Standard Precipitation Index (SPI) and Standard Flow Index (SRI) results (12 months).

Yukarıdaki karşılaştırma grafiği (Şekil 3) incelendiğinde, Göksun, Afşin ve Elbistan MGİ'den elde edilen 12 aylık SPI değerleri ile SRI değerlerinin benzerlik gösterdiği görülmektedir. SRI İndeksi sonucuna göre, 2001 yılında Hanköy AGİ'de; 2007 yılında Gözlerüstü AGİ'de; 2014 ve 2015 yıllarında Karaahmet ve Gözlerüstü AGİ'de aşırı kurak akımlar olduğu tespit edilmiştir. 12 aylık SPI değerlerine göre, Göksun, Afşin ve Elbistan MGİ'de 2013 ve 2014 yılları ile 2016 ve 2017 yılları arasında, 2023 yılında ise Afşin istasyonunda aşırı kurak dönemler yaşandığı belirlenmiştir. SPI yöntemi ile belirlenen kurak dönemlerden 2014 ve 2015 yıllarının, SRI yöntemi ile kurak periyot olduğu doğrulanmıştır.

Akbaş, (2014) tarafından Palmer kuraklık şiddeti indeksine göre hazırlanan "Türkiye üzerindeki önemli kurak yıllar" çalışması baz alınarak yapılan analiz neticesinde 1971 yılında havza genelinde kurak koşullar yaşanırken yaz döneminde sadece Kahramanmaraş'ta aşırı kurak iklim koşulları hüküm sürmüştür. 1972 ve 1973

yıllarında kış dönemleri, 1974 yılının tamamı, 1989 yılı kış dönemi, 1989 kışında orta ve yazında şiddetli, 1991 kışında şiddetli, 2001 yılının tamamı ve 2007-2008 yılları kuraklık gözlenmiştir.

Şimşek vd., (2014) tarafından yapılan çalışmaya göre ise 2013 ve 2014 yıllarında Türkiye genelinde özellikle kuraklığın hüküm sürdüğü yaz aylarında ve tarım yılı genelinde havzanın tamamında kurak koşulların hüküm sürdüğü gözlenmiştir.

Ceyhan Havzası'nın 1981-2010 döneminde yıllık toplam doğal akımları için Akım Kuraklık İndeksi (Nalbantis, 2008) metoduyla hidrolojik kuraklık analizi sonuçlarına göre 1985-1986, 1991, 2001 ve 2007-2008 yıllarında "Orta Kuraklık" gözlemlendiği tespit edilmiştir (Özdemir&Erkuş, 2017).

Uzunkol ve Kızılelma, (2015) tarafından yapılan çalışmada Ceyhan Havzası'nın kuraklık eğilimleri ve kuraklık durumları SPI İndeksi ve Aridite İndeksi ile tespit edilmiştir. Çalışmada, havzanın kuzeyinde yer alan

Elbistan ile güneyinde yer alan Kozan ve Ceyhan yarı kurak ve çölleşmeye açık bölgeler olarak belirlenmiştir. Genel anlamda SPI sonuçlarına göre çalışma alanındaki istasyonlardan Elbistan, Göksun, Kahramanmaraş ve Yumurtalık'da kurak dönemler yağışlı dönemlerden daha fazla iken, diğer istasyonlarda yağışlı dönem kurak yıllara göre daha yoğun olduğu tespit edilmiştir.

Ceyhan Havzası Kuraklık Yönetim Planı (SYGM, 2019) çalışmasında, SPI indeksi 12 aylık değerleri 1971-1972, 1974, 1982, 1986, 1991, 1993, 2000, 2001, 2004 ve 2007 yıllarında hafif kuraklığı; 1973, 1985 ve 1990 yıllarında orta şiddetli kuraklığı; 2014 ve 2016 yıllarında şiddetli kuraklığı göstermektedir. SRI indeksi 12 aylık değerleri ise 1974, 1985, 1990, 2008 ve 2014 yıllarında hafif kuraklığı, 1972-1973 ve 2001 yıllarında orta şiddetli kuraklığı, 1973 ve 2007 yıllarında şiddetli kuraklığı belirtmektedir.

Ceyhan Havzasında daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda tespit edilen kurak dönemler ile bu çalışmada elde edilen kurak yılların (2013, 2014, 2016 ve 2017) ortak olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışma ile 2023 yılında da aşırı kurak dönem gerçekleştiği tespit edilerek kuraklık analiz çalışmasına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

SONUÇ

12 aylık SPI İndeksi sonucuna göre, Yukarı Ceyhan Alt Havzasında 2013-2014 yılları ile 2016-2017 yılları arasında Göksun, Afşin ve Elbistan MGİ'de ve 2023 yılında ise Afşin istasyonunda aşırı kurak dönemler yaşandığı tespit edilmiştir. 12 aylık SRI İndeksi sonucuna göre, 2001 yılında Hanköy AGİ'de; 2007 yılında Gözlerüstü AGİ'de; 2014 ve 2015 yıllarında Karaahmet ve Gözlerüstü AGİ'de aşırı kurak akımlar oluştuğu belirlenmiştir. 1960-2023 döneminde Göksun istasyonunda 189 kurak ay, Elbistan istasyonunda 231 kurak ay ve 1971-2023 döneminde Afşin istasyonunda 197 kurak ay yaşandığı tespit edilmiştir. Kurak dönemlerin yaşanma olasılığı, Göksun istasyonunda % 26,3; Afşin istasyonunda % 34,1 ve Elbistan istasyonunda % 32,7 olarak hesaplanmıştır.

2015-2023 yılları arasında akım verilerinin temin edilememesi nedeniyle son 8 yıllık dönem için çalışma yapılamamıştır. 2014 yılında yağış azlığı nedeniyle aşırı kurak dönem yaşandığı ve 2014 yılında Karaahmet ve Gözlerüstü AGİ'lerde aşırı kurak akımların meydana geldiği, yağış azlığından kaynaklı düşük akımların gözlemlendiği düşünülmektedir. Ancak, kuraklığın oluşması sadece yağış azlığından meydana gelmemektedir. Bu nedenle, kuraklık analizinde yağış ve akım ile birlikte sıcaklık gibi diğer iklimsel faktörlerinde dikkate alınması ve birçok farklı analiz yöntemi kullanılarak karşılaştırma yapılması gerekmektedir.

Nehir akımlarının da sadece yağış yetersizliğinden düştüğünü söylemek doğru değildir. Bu nedenle, nehirlerden içme suyu, enerji ve sulama amaçlı su çekimi yapılması durumunda da nehir akımlarında bir düşüş olabileceği ve daha detaylı araştırılması gerektiği değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, yapılan çalışma ile Yukarı Ceyhan Alt Havzasında 2001, 2007, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 ve 2023 yıllarında hidrolojik kuraklıkların (yağış azlığı, düşük akım) gerçekleştiği, 1960-2023 periyodunda 617 kurak ay yaşandığı ve kurak dönemlerin oluşma ihtimalinin yaklaşık % 31 olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akbaş, A. (2014).** Türkiye üzerindeki önemli kurak yıllar. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, **12**(2), 101-118s.
- Doğan, S. (2013).** *Konya Kapalı Havzası kuraklık karakterizasyonunun zamansal-konumsal analizi*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Türkiye.
- IPCC. (2014).** *IPCC 5. Değerlendirme Raporu*.
- McKee, T., Doesken, N. & Kleist, J. (1993).** The relationship of drought frequency and duration to time scale. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, 1993, Anaheim, California, USA, 179-184p.
- Nalbantis, I. (2008).** Evaluation of a hydrological drought index, *European Water*, **23**(24), 67-77.
- Şen, Z. (2015).** *Applied Drought Modeling, Prediction, and Mitigation* (Chapter 2 - Basic Drought Indicators), Amsterdam: Elsevier.
- Sheffield & Wood. (2007).** *Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi-model, multi-scenario, IPCC AR4 simulations*, 31 p.
- Shen, H., Yuan, F., Ren, L., Ma, M., Kong, H. & Tong, R. (2014).** Regional drought assessment using a distributed hydrological model coupled with Standardized Runoff Index. *Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources*, **368**, 397-402, DOI: 10.5194/piahs-368-397-2015
- Shukla, S. & Wood, A.W. (2008).** Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought. *Geophysical Research Letters*, **35**(2), 1-7. DOI: 10.1029/2007GL032487
- Şimşek, O., Yıldırım, M. & Gördebil, N., (2014).** 2013-2014 Tarım Yılı Kuraklık Analizi. Ankara.Türkiye.
- SYGM. (2019).** *Seyhan Ceyhan ve Asi Havzaları Kuraklık Yönetim Planının Hazırlanması Projesi*. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 29-30-31-83-88-89s.
- SYGM. (2022).** *Kuraklık yönetimi*. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 113s.
- SYGM. (2023).** *Konya Havzası Kuraklık Yönetim Planı*. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

-
- Türkeş, M., Akgündüz, A.S. & Demirörs, Z. (1990).** Palmer Kuraklık İndisi'ne göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(2),129-144.
- UNCCD. (1994).** *United Nations Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa.*
- Uzunkol, M. & Kızılelma, Y. (2016).** Ceyhan Havzası'nın kuraklık durumu ve eğilimlerinin belirlenmesi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Yıl: 4, Sayı: 29, 503-519.
- Wilhite. (2000).** *Droughts: A Global Assesment (Hazards and Disasters)*, Routledge.
- WMO. (2016).** *Handbook of Drought Indicators and Indices (M, Svoboda and B,A, Fuchs), Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2*, World Meteorogical Organization.
- WMO. (2021).** 2021 State of climate services: water <https://library.wmo.int/records/item/57630-2021-state-of-climate-services-water#.Y1VW9W7MLUL>, (14 Haziran 2024).
- World Bank. (2022).** Water resource management. <https://www.worldbank.org/en/topic/waterresourcesmanagement>, (14 Haziran 2024).