

Ceyhan Havzası'nda Meteorolojik Kuraklık İndekslerinin Karşılaştırmalı Analizi ve Değerlendirilmesi

Recep YURTAL^{1,a}, Shafiqullah RAHMANI^{1,b}

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

^aORCID: 0000-0003-3175-6567; ^bORCID: 0000-0001-5933-3967

Makale Bilgileri

Geliş : 01.09.2025

Kabul : 21.11.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1774054

Sorumlu Yazar

Recep YURTAL

ryurtal@cu.edu.tr

Anahtar Kelimeler

Meteorolojik kuraklık analizi

Ceyhan havzası

Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ)

Ondalık kuraklık indeksi (OKİ)

Normalin yüzdesi indeksi (NYİ)

Atıf şekli: YURTAL, R., RAHMANI, S., (2025). Ceyhan Havzası'nda Meteorolojik Kuraklık İndekslerinin Karşılaştırmalı Analizi ve Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 40(4), 843-854.

ÖZ

Bu çalışmada, Ceyhan Havzası'nda yer alan sekiz meteorolojik istasyonun 1986-2019 dönemine ait aylık yağış verileri kullanılarak meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Normalin Yüzdesi İndeksi (NYİ), Ondalık Kuraklık İndeksi (OKİ) ve Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemleri hem yıllık hem de farklı zaman ölçeklerinde uygulanmış, sonuçlar karşılaştırılmış ve havza genelinde kuraklık eğilimleri değerlendirilmiştir. Eksik veriler, istasyonlar arası mesafe, yükseklik benzerliği ve korelasyon yapısı dikkate alınarak çoklu komşuluk ortalaması yöntemiyle tamamlanmıştır. Çalışmada ayrıca tüm yöntemlere göre en kurak yıllar belirlenmiş, bu yılların mekânsal haritaları oluşturulmuş ve Mann-Kendall testi ile trend analizi yapılmıştır. Sonuçlar, özellikle 2013, 1993, 2016, 1999, 1990 ve 1989 yıllarının yöntemler arası tutarlı biçimde en kurak dönemler olduğunu göstermektedir. Havza genelinde uzun dönemli yağış azalma eğiliminin zayıf-orta düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, Ceyhan Havzası'nın iklim değişikliğine karşı duyarlılığını göstermesi bakımından önemlidir.

Comparative Analysis and Evaluation of Meteorological Drought Indices in the Ceyhan Basin

Article Info

Received : 01.09.2025

Accepted : 21.11.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1774054

Corresponding Author

Recep YURTAL

ryurtal@cu.edu.tr

Keywords

Meteorological drought analysis

Ceyhan basin

Standardized precipitation index (SPI)

Deciles drought index (DDI)

Percent of normal index (PNI)

How to cite: YURTAL, R., RAHMANI, S., (2025). Comparative Analysis and Evaluation of Meteorological Drought Indices in the Ceyhan Basin. Çukurova University, Journal of the Faculty of Engineering, 40(4), 843-854.

ABSTRACT

This study conducted a meteorological drought analysis using monthly precipitation data from eight meteorological stations in the Ceyhan Basin for the period 1986–2019. The Percent of Normal Index (PNI), Deciles Drought Index (DDI), and Standardized Precipitation Index (SPI) methods were applied on both annual and different time scales, with the results compared and drought trends assessed across the basin. Missing data were completed using the multiple imputation method, taking into account the inter-station distance, elevation similarity, and correlation structure. The study also identified the driest years according to all methods, created spatial maps for these years, and performed a trend analysis using the Mann-Kendall test. The results consistently indicate that the years 2013, 1993, 2016, 1999, 1990, and 1989 were the driest periods across the different methods. A weak to moderate long-term decreasing trend in precipitation was detected across the basin. These findings are significant as they reveal the susceptibility of the Ceyhan Basin to climate change.

1. GİRİŞ

Kuraklık, tarihsel süreçte medeniyetlerin sürdürülebilirliğini tehdit eden, ekolojik dengeyi bozan ve sosyo-ekonomik sistemleri olumsuz yönde etkileyen en önemli doğal afetlerden biridir. Tarımsal verimlilikten su kaynakları yönetimine, kentsel altyapıdan enerji üretimine kadar pek çok sektörü doğrudan etkileyen kuraklık olayları, küresel iklim değişikliğiyle birlikte artan bir frekans ve şiddette gözlemlenmektedir. Bu nedenle, kuraklığın bilimsel yöntemlerle izlenmesi, analiz edilmesi ve etkilerinin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Kuraklığın nesnel olarak ölçülebilmesi ve karşılaştırılabilmesi amacıyla çeşitli kuraklık indeksleri geliştirilmiştir. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ), Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PDSI), Ondalık Kuraklık İndeksi (OKİ), Normalin Yüzdesi İndeksi (NYİ) ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SYEI) bu indekslerin en yaygın kullanılanlarıdır. Her bir indeks, farklı iklim koşullarında ve çeşitli zaman ölçeklerinde kuraklığın boyutlarını anlamak için kendine has avantajlar ve sınırlılıklar taşımaktadır.

Kuraklık indekslerine ilişkin literatür incelendiğinde, bu indekslerin dünya genelinde ve Türkiye'de birçok havza ve bölgede uygulandığı görülmektedir. Alami ve arkadaşları [1] Afganistan'daki Helmand Nehri Havzası'nda yaptıkları çalışmada, farklı indekslerin benzer sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Fakhrabadi ve arkadaşları [2] ise İran'da SPATSIM modeli ile SYİ'yi farklı zaman ölçeklerinde uygulamışlardır.

Türkiye'de kuraklık analizi konusunda önemli çalışmalar yapılmıştır. Apak [3] Ege Bölgesi'nde, Arslan ve arkadaşları [4] Kızılırmak Havzası'nda SYİ yöntemini kullanarak kuraklık analizleri gerçekleştirmişlerdir. Bacanlı ve Akşan [5] Akdeniz Bölgesi'nde SYEI indeksini uygularken, Deniz [6] Türkiye genelinde kuraklığın izlenmesi için SYİ'nin uygun bir yöntem olduğunu belirlemiştir.

Bölgesel çalışmalar kapsamında, Dinç ve arkadaşları [7] Antalya'da, Ersoy [8] Konya'da, Fidan [9] Doğu Akdeniz'de, Gümüş ve arkadaşları [10] Şanlıurfa'da SYİ yöntemiyle kuraklık analizleri yapmışlardır. Gürler [11] hidrolojik kuraklık değerlendirmesi yaparken, Şener ve arkadaşları [12] Çorak Gölü Havzası'nda CBS tabanlı bir analiz gerçekleştirmişlerdir. Ceyhan, Seyhan ve Asi havzalarında yapılan kuraklık çalışmalarında farklı indekslerin karşılaştırılması, bölgesel eğilimlerin ortaya çıkarılmasında önemli katkılar sağlamıştır [13,14].

Yöntemsel açıdan, Fidan [9] Markov zinciri yöntemini, Ersoy [8] yapay sinir ağlarını, Keskiner ve arkadaşları [15] ise olasılık temelli yaklaşımları kullanmışlardır. Hasaniha [16] farklı indekslerin karşılaştırmasını yaparken, Topçu ve arkadaşları [17] L-momentler yöntemiyle bölgesel frekans analizi gerçekleştirmiştir.

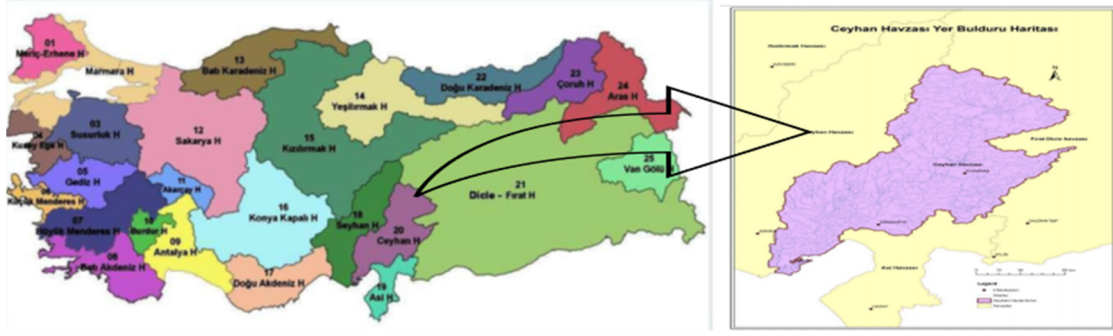
Uluslararası literatürde, Mokarram ve arkadaşları [18] SYİ ve NYİ yöntemlerini İran'da karşılaştırmış, Said ve arkadaşları [19] Somali'de farklı indeksleri test etmiş, Tirivarombo ve Hughes [20] ise Zambezi Havzası'nda tarımsal kuraklık ve gıda güvenliği ilişkisini incelemiştir.

Bu çalışmanın amacı, sözü edilen literatürdeki yöntemsel birikimden yararlanarak Ceyhan Havzası'nda kapsamlı bir kuraklık analizi gerçekleştirmektir. Farklı zaman ölçeklerinde (3, 6, 12 ay) SYİ ve diğer indeks yöntemleri uygulanacak, sonuçlar karşılaştırılacak, kuraklığa eğilimli alanlar belirlenecek ve mekansal dağılım haritaları üretiləcəktir. Böylece havza için etkin bir kuraklık yönetim stratejisinin geliştirilmesine bilimsel katkı sağlanması hedeflenmektedir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Ceyhan Havzası, Türkiye'nin 25 havzasından biri olup, 26.875 km² yağış alanına sahiptir. Havza, 35°15'–37°43' kuzey enlemleri ve 36°33'–38°44' doğu boylamları arasında yer alır. Ceyhan Nehri'nin toplam uzunluğu 509 km olup, yıllık ortalama debi 82,9 m³/s ve yıllık toplam akım 7,18 km³'tür. Havza verimi 10.7 L/s/km² olarak hesaplanmıştır (Şekil 1) [21].



Şekil 1. Ceyhan Havzası'nın Türkiye'deki konumu [21]

2.2. Veri Kaynağı ve İstasyonlar

Çalışmada, Ceyhan Havzası'nda bulunan 8 meteoroloji istasyonuna (Ceyhan, Kozan, Yumurtalık, Afşin, Elbistan, Göksun, Kahramanmaraş, Osmaniye) ait 1986–2019 dönemi aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Veriler, Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir (Çizelge 1, Şekil 2). Eksik veriler, coğrafi yakınlık ve yükseklik benzerliği dikkate alınarak komşu istasyonların ortalamaları ile tamamlanmıştır (Çizelge 2 ve 3).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan meteorolojik gözlem istasyonları

No	İstasyon no	İstasyon adı	Yükseklik (m)	Enlem	Boylam	Gözlem grubu
1	17960	Ceyhan	30	37° 00' 55"	35° 47' 44"	OMGİ
2	70908	Kozan	112	37° 26' 01"	35° 49' 08"	OMGİ
3	17979	Yumurtalık	17	36° 46' 08"	35° 47' 25"	OMGİ
4	17868	Afşin	1230	38° 14' 26"	36° 55' 09"	OMGİ
5	17870	Elbistan	1137	38° 12' 14"	37° 11' 54"	OMGİ
6	17866	Göksun	1344	38° 01' 27"	36° 28' 56"	OMGİ
7	17255	Kahramanmaraş	572	37° 34' 34"	36° 54' 54"	OMGİ
8	17355	Osmaniye	94	37° 06' 08"	36° 15' 14"	OMGİ



Şekil 2. Çalışmada kullanılan meteorolojik gözlem istasyonları

Çalışmada kullanılan meteorolojik verilerdeki eksiklikler, coğrafi yakınlık ve yükseklik benzerliği göz önünde bulundurularak komşu istasyonların verileri kullanılarak giderilmiştir (Çizelge 2 ve 3). Bu tamamlama işlemi dört aşamada gerçekleştirilmiştir: (1) Eksik veriye sahip istasyonla aynı topoğrafik zon içinde bulunan en yakın iki istasyon belirlenmiştir. (2) İstasyonlar arasındaki veri tutarlılığını garantilemek için korelasyon katsayısı %70'in üzerinde olan istasyonlara öncelik verilmiştir. (3) Seçilen istasyonların

verileri, ağırlıklı çoklu komşuluk ortalaması yöntemiyle birleştirilmiştir. (4) Son olarak, her bir eksik ay değeri, tamamlayıcı istasyonların söz konusu aya ait ortalamaları ile tamamlanmıştır.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan meteorolojik istasyonlarda eksik veri bulunan yılların özeti

İstasyon	Eksik veri olan yıllar ve aylar
Ceyhan	2001 (6. ay), 2006 (12. ay)
Yumurtalık	1998 (6. ay), 2004 (6. ay), 2009 (6. ay), 2010 (12. ay)
Afşin	2001 (6. ay), 2006 (12. ay), 2010 (11. ay)
Elbistan	1990 (1. ay), 2000 (6. ay), 2001 (6. ay), 2006 (12 ay), 2010 (11 ay)
Göksun	2001 (6. ay), 2006 (12. ay)
Kahramanmaraş	1989 (6. ay), 2004 (6. ay), 2008 (6. ay), 2010 (11. ay), 2016 (12. ay)
Osmaniye	1986 (1., 2., 3. aylar), 1991 (6. ay), 1996 (6. ay), 1997 (1., 2., 3., 5. 6. aylar), 1998 (6. ay), 2010 (11. ay)

Çizelge 3. Eksik verilerin tamamlanmasında kullanılan kaynak istasyonlar

Eksik veri olan istasyonlar	Eksik veri yılları	Tamamlama kaynağı olarak kullanılan istasyon(lar)	Gerekçe
Osmaniye (17355)	1986, 2001, 2004, 2006, 2010	Ceyhan (17960), Yumurtalık (17979)	Aynı kıyusal yağış rejimi, düşük rakım, yüksek korelasyon
Kahramanmaraş (17255)	1989, 1991, 1996, 1997, 1998, 2004, 2006, 2008, 2010, 2016	Göksun (17866), Afşin (17868), Elbistan (17870)	Yüksek rakım – İç kesim iklimi benzerliği
Afşin (17868)	1990, 2001, 2006, 2010	Elbistan (17870), Göksun (17866)	En yüksek korelasyonlu yüksek rakımlı istasyonlar
Elbistan (17870)	2000, 2001	Afşin (17868), Göksun (17866)	Benzer iklim, rakım ve konum
Göksun (17866)	2001, 2006, 2010	Afşin (17868), Kahramanmaraş (17255)	Rakım benzerliği ve mekânsal yakınlık
Yumurtalık (17979)	1998, 2006, 2009, 2010	Ceyhan (17960), Osmaniye (17355)	Düşük rakım – kıyı iklimi benzerliği
Ceyhan (17960)	2001, 2006, 2010	Kozan (70908), Osmaniye (17355)	Aynı alt havza, yüksek korelasyon

2.3. Yöntem

Çalışmada, Normalin Yüzdesi İndeksi (NYİ), Ondalık Kuraklık İndeksi (OKİ), ve Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) olmak üzere üç farklı meteorolojik kuraklık indeksi kullanılmıştır:

- **Normalin Yüzdesi İndeksi (NYİ):** Belirli bir zaman dilimindeki yağışın uzun dönem ortalamasına oranının yüzde olarak ifadesidir [22]. İndeks değerlerine göre kuraklık sınıfları Çizelge 4'de gösterilmiştir.

$$NYİ = \frac{P}{\bar{P}} \times 100 \quad (1)$$

Burada P gözlenen yağış, $\bar{P}$ uzun dönem yağış ortalamasıdır.

Çizelge 4. Normalin yüzdelere göre kuraklık sınıfları

Sınıflar	İndeks değerleri
Kurak Değil	100 <
Normal	80 – 100
Hafif Kurak	70 – 80
Orta Derecede Kurak	55 – 70
Şiddetli Kurak	40 – 55
Aşırı Kurak	< 40

- **Ondalıklar Kuraklık İndeksi (OKİ):** Gibbs ve Maher [23] tarafından önerilen ve yağış verilerinin ondalık dilimlere ayrılarak kuraklık şiddetinin sınıflandırıldığı bir yöntemdir. Kuraklık sınıflandırması Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Çizelge 5. Ondalıklar kuraklık indeksine göre kuraklık sınıfları

Sınıflar	İndeks değerleri
Normalin çok altı	1-2
Normalin altı	3-4
Normale yakın	5-6
Normalin üstü	7-8
Normalin çok üstü	9-10

- **Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ):** McKee ve arkadaşları [24] tarafından geliştirilmiş ve farklı zaman ölçeklerinde kuraklığın şiddetini ortaya koymak amacıyla yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. SYİ hesaplamalarında kullanılan olasılık temelli yaklaşım, dağılım uyumu ve standartlaştırma algoritması Guttman [25] tarafından ayrıntılı biçimde açıklanmıştır. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), SYİ'yi meteorolojik kuraklığın izlenmesinde standart bir gösterge olarak önermektedir [26]. Kuraklık sınıflandırması Çizelge 6'da gösterilmiştir.

$$SYİ = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2)$$

Burada x yağış, μ ortalama, σ standart sapmadır.

Çizelge 6. Standartlaştırılmış Yağış İndeksinin kuraklık sınıflandırılması.

Kuraklık kategorisi	SYİ değerleri
Çok şiddetli yağışlı	≥ 2
Çok yağışlı	1.50 ~ 1.99
Orta şiddetli yağışlı	1.00 ~ 1.49
Normal	0.99 ~ 0
Normale yakın kuraklık	0 ~ -0.99
Orta şiddetli kuraklık	-1.00 ~ -1.49
Şiddetli kuraklık	-1.50 ~ -1.99
Çok şiddetli kuraklık	≤ -2

2.3.1. İndeks Hesaplamalarında Kullanılan Yazılım

Tüm indeks hesaplamaları, AgriMetSoft tarafından 2017 yılında geliştirilen **Meteorological Drought Monitor (MDM)** yazılımı (v1.0) kullanılarak gerçekleştirilmiştir [27]. Yazılım, aylık, mevsimlik ve yıllık zaman ölçeklerinde NYİ ve OKİ hesaplamalarına imkan sağlamaktadır. SYİ hesaplamaları ise yazılımın entegre modülü ile yapılmıştır. Yazılıma <https://agrimetsoft.com/MDM> adresinden ücretsiz erişilebilmektedir.

2.3.2. İstatistiksel Analiz

İndeks değerlerinin sınıflandırılmasında literatürde kabul görmüş eşik değerler kullanılmıştır (Çizelge 4, 5, 6). Elde edilen sonuçlar, havza genelinde kuraklık eğilimlerini değerlendirmek için mekansal ve zamansal olarak analiz edilmiştir.

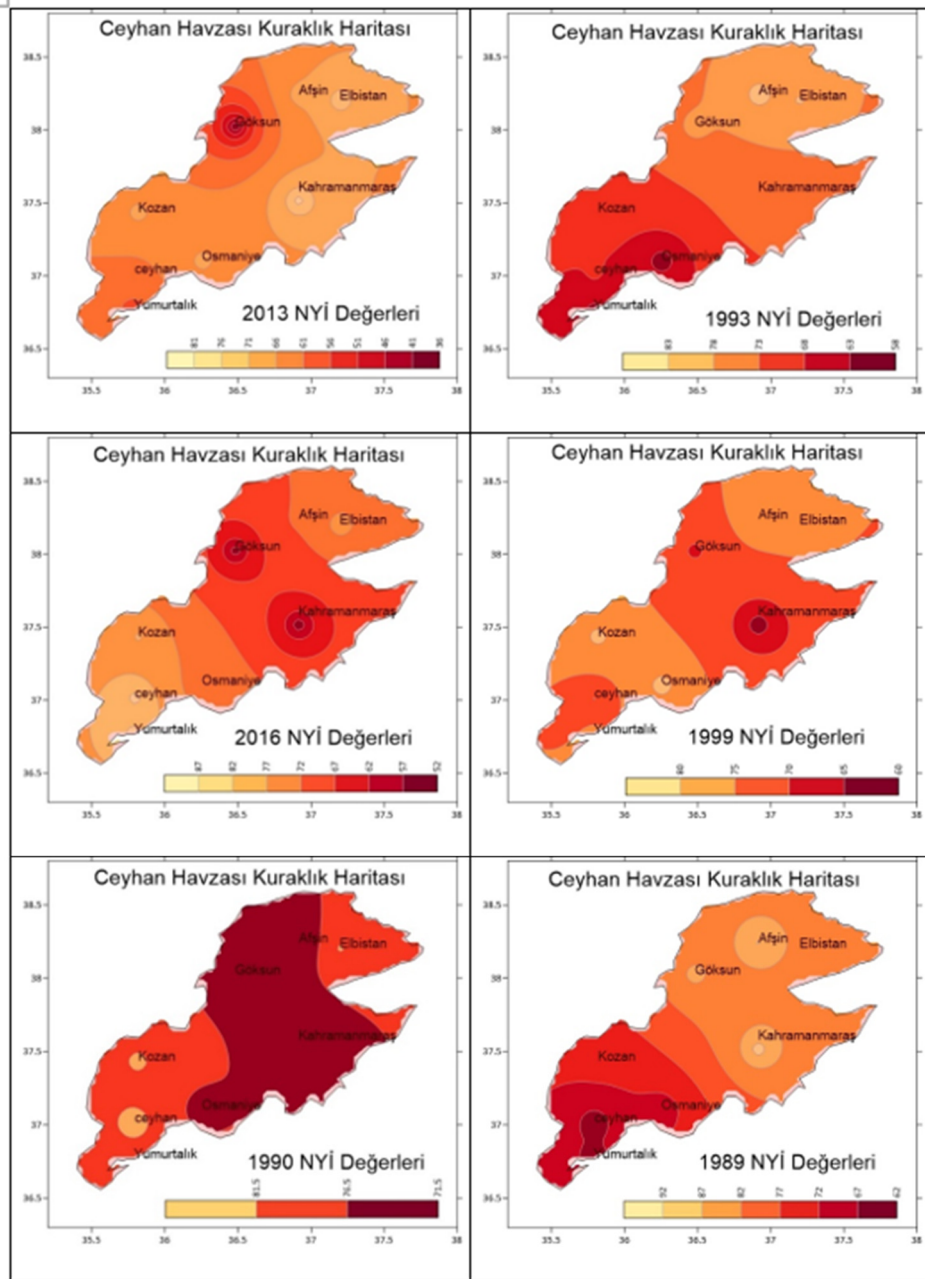
2.3.3. Trend Analizi

Bu çalışmada yağış serilerindeki uzun dönemli eğilimleri belirlemek amacıyla parametrik olmayan Mann–Kendall trend testi ve eğilim şiddetini belirleyen Sen's Slope tahmincisi uygulanmıştır. Mann–Kendall testi, zaman serilerinde monoton artış veya azalış eğilimini belirlemede yaygın olarak kullanılan bir yöntem olup verinin normal dağılıma koşulunu gerektirmez. Sen's Slope ise eğilim yönünü ve büyüklüğünü zamana bağlı medyan değişim oranı olarak hesaplar. Analizler yıllık toplam yağış serileri için tüm istasyonlarda ayrı ayrı yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ceyhan Havzası'nda meteorolojik kuraklığın değerlendirilmesinde NYİ (Normalin Yüzdesi İndeksi), OKİ ve SYİ (Standartlaştırılmış Yağış İndeksi) yöntemleri kullanılmıştır. Her üç yöntemin yıllık verileri kullanılarak, bölgenin en kurak 6 yılı belirlenmiş ve Surfer yazılımı [28] ile kuraklık haritaları oluşturulmuştur.

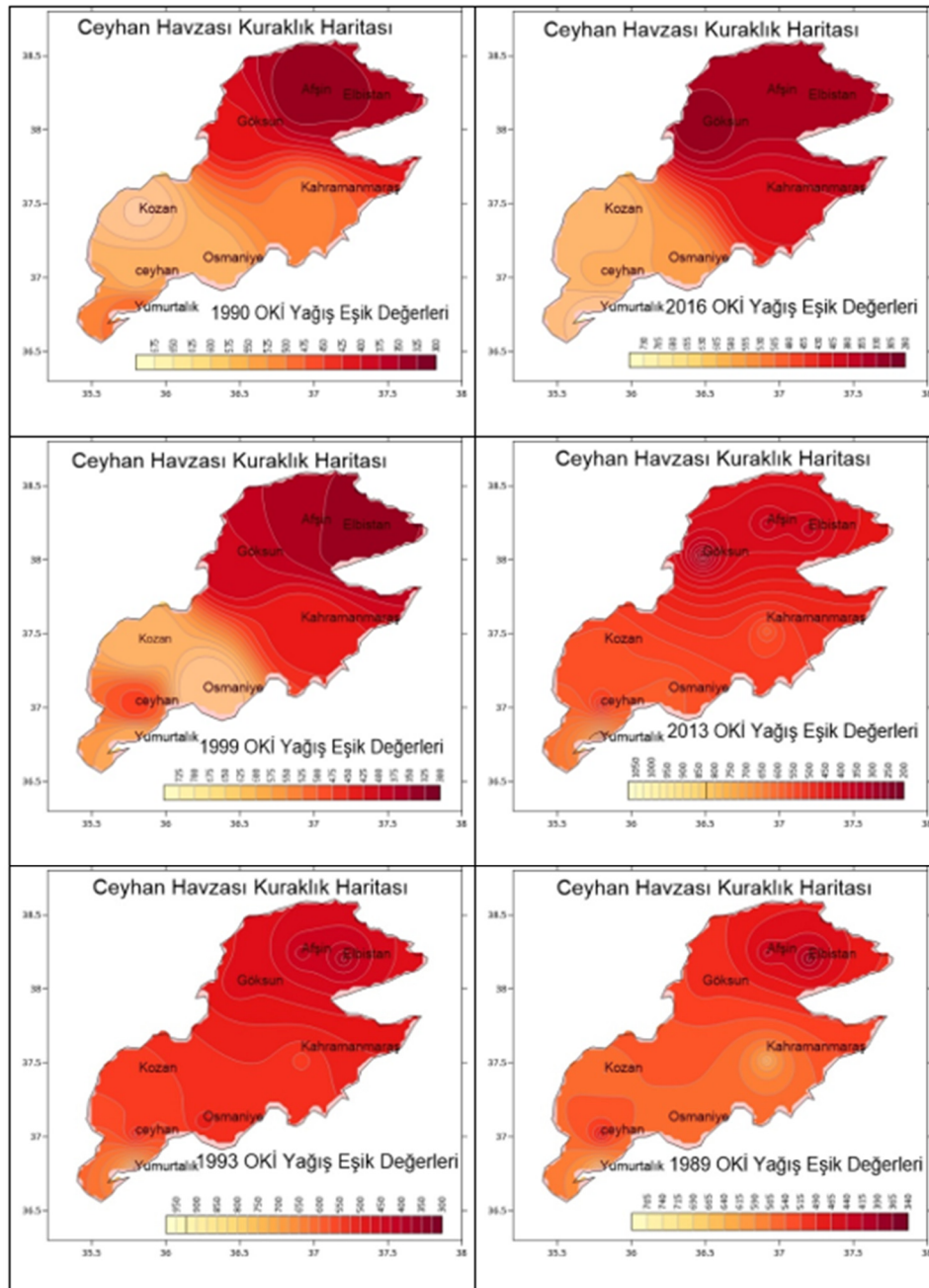
NYİ yöntemine göre en kurak yıllar sırasıyla 2013, 1993, 2016, 1999, 1990 ve 1989 olarak tespit edilmiştir (Şekil 3). Şekil 3'teki bu yıllara ait kuraklık haritaları incelendiğinde: 2013 yılının Göksun ve Yumurtalık bölgeleri için en kurak alanları olduğu; 1993 yılının Osmaniye, Yumurtalık, Ceyhan ve Kozan bölgeleri için belirgin kuraklık gösterdiği; 2016 yılında Kahramanmaraş ve Göksun bölgelerinin etkilendiği; 1999 yılında Kahramanmaraş, Göksun ve Ceyhan bölgelerinin kurak olarak öne çıktığı; 1990 yılında Afşin, Göksun, Kahramanmaraş ve Osmaniye bölgelerinin kuraklıktan etkilendiği; 1989 yılında Ceyhan, Yumurtalık ve Osmaniye bölgelerinin en kurak alanlar olduğu görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. 1986-2019 Dönemi NYİ değerlerine göre en kurak geçen yıllar

NYİ yöntemi, havzada kuraklığın mekansal dağılımını tutarlı bir şekilde yansıtmıştır. Özellikle 2013 ve 1993 yıllarının hem şiddetli hem de yaygın kuraklık gösterdiği görülmüştür. Bölgesel farklılıklar, topoğrafya ve iklim koşullarıyla ilişkilendirilebilir. Örneğin, Göksun ve Kahramanmaraş gibi yüksek rakımlı bölgelerle, Ceyhan ve Yumurtalık gibi kıyıs al anlar arasındaki kuraklık desenleri farklılık göstermektedir.

Ceyhan Havzası'nda OKİ (Ondalık Kuraklık İndeksi) yöntemi kullanılarak kuraklık analizi yapılmış ve yıllık verilere dayalı olarak en kurak 6 yıl belirlenmiştir. 1986-2019 dönemine ait istasyon verileri kullanılarak hesaplanan OKİ değerlerine göre, havza genelinde en kurak yıllar sırasıyla 1990, 2016, 1999, 2013, 1993 ve 1989 olarak tespit edilmiştir. Bu yıllara ait kuraklık haritaları Şekil 4'te sunulmuştur.



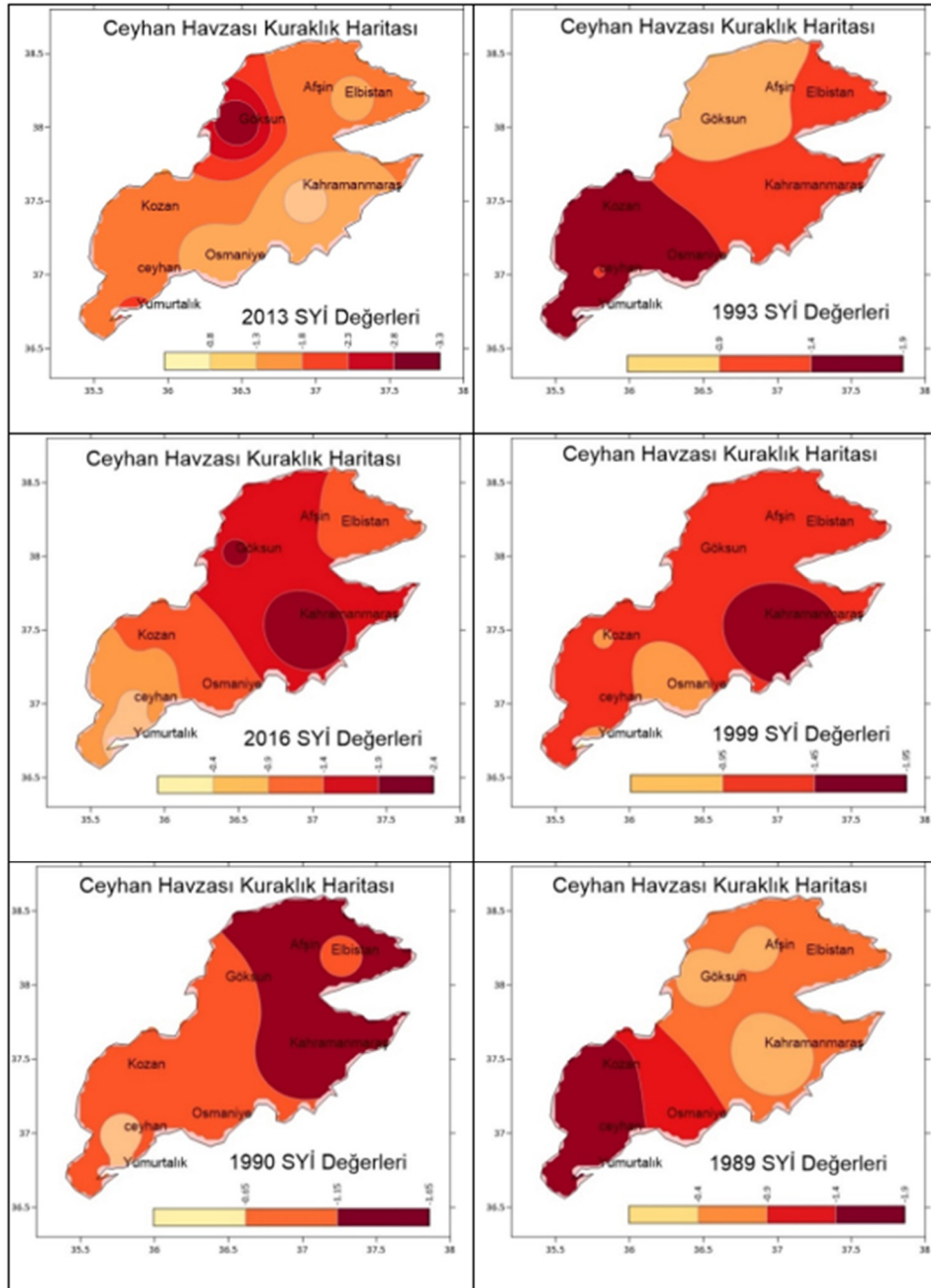
Şekil 4. 1986-2019 Dönemi OKİ değerlerine göre en kurak geçen yıllar

Haritalardan da görüleceği üzere: 1990 yılında Afşin, Elbistan ve Göksun bölgelerinin en şiddetli kuraklığı yaşadığı; 2016 yılında Göksun, Afşin, Elbistan ve Kahramanmaraş bölgelerinin belirgin kuraklık

gösterdiği; 1999 yılında Elbistan, Afşin ve Göksun bölgelerinin en kurak alanlar olarak öne çıktığı; 2013 yılında Göksun, Afşin ve Elbistan bölgelerinin kuraklıktan en fazla etkilenen bölgeler olduğu; 1993 yılında Elbistan ve Afşin bölgelerinde şiddetli kuraklık yaşandığı; 1989 yılında Elbistan, Afşin ve Ceyhan bölgelerinin en kurak alanlar olduğu görülmüştür.

OKİ yöntemi, havzada kuraklığın mekansal dağılımını önemli ölçüde yansıtmıştır. Özellikle yüksek rakımlı ve iç kesimlerde (Afşin, Elbistan, Göksun) kuraklığın daha şiddetli ve sık görüldüğü belirlenmiştir. Bu durum, bölgenin karasal iklim özellikleri ve yağış rejimi ile ilişkilendirilebilir.

Ceyhan Havzası'nda Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi kullanılarak yapılan kuraklık analizinde, 1986-2019 dönemine ait yıllık veriler değerlendirilmiş ve en kurak 6 yıl belirlenmiştir. SYİ'ye göre havzada en kurak yıllar sırasıyla 2013, 1993, 2016, 1999, 1990 ve 1989 olarak tespit edilmiştir. Bu yıllara ait kuraklık haritaları Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5. 1986-2019 Dönemi SYİ değerlerine göre en kurak geçen yıllar

Üç yöntemle göre belirlenen yıllık en kurak yılların karşılaştırmalı sonuçları Çizelge 7’de sunulmuştur. Çizelge 7’de yer alan 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 sütunları, ilgili yöntemle göre en kurak yıldan daha az kurak olana doğru sıralanmış yılları göstermektedir (1 = en kurak yıl). Çizelge 7 incelendiğinde SYİ ve NYİ yöntemlerinin tamamen aynı sıralamayı verdiği, en kurak yılların 2013, 1993, 2016, 1999, 1990 ve 1989 olarak belirlendiği görülmektedir. Bu durum, her iki yöntemin mekânsal ve zamansal kuraklık dönemlerini tutarlı biçimde yakalayabildiğini göstermektedir. Buna karşın OKİ yöntemi, özellikle 1990 ve 2016 yıllarını daha şiddetli kuraklık dönemleri olarak öne çıkarmıştır. OKİ’nin farklı sonuç üretmesi, yöntemin olasılıksal temelli yapısı ve düşük yağışlı yıllara daha duyarlı olmasıyla açıklanabilir. Bu farklılıklar literatürde de [13,14] rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Seyhan Havzası’nda SPI ve PNI kullanılarak yapılan kuraklık analizinde [29] ve Asi Havzası’nda farklı meteorolojik kuraklık indekslerinin karşılaştırıldığı çalışmada [30] indekslerin kurak yılları büyük ölçüde tutarlı biçimde belirlediği görülmüş, bu durum mevcut çalışmanın bulgularıyla paralel sonuçlar ortaya koymuştur.

Çizelge 7. Üç yöntemle göre belirlenen yıllık en kurak yıllar

Yöntem	1	2	3	4	5	6
SYİ	2013	1993	2016	1999	1990	1989
NYİ	2013	1993	2016	1999	1990	1989
OKİ	1990	2016	1999	2013	1993	1989

Üç farklı kuraklık yöntemine göre elde edilen yıllık değerlendirmelere ek olarak, tüm istasyonlara ait yağış serilerinin uzun dönemli eğilimleri Mann–Kendall testi ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre anlamlı bir trend (artış veya azalış) tespit edilen istasyonların sonuçları Çizelge 8’de özetlenmiştir. Eğilimlerin büyüklüğü Sen’s Slope katsayısı ile belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda Afşin istasyonunda istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bir azalma eğilimi belirlenmiştir. Ceyhan istasyonunda zayıf bir azalma eğilimi görülmesine rağmen eğilim anlamlı bulunmamıştır ($p = 0.08$). Diğer istasyonlarda ise anlamlı bir artış ya da azalış eğilimi tespit edilmemiştir. Bu durum, havzanın genel olarak zayıf düzeyde bir yağış azalımı eğilimi gösterdiğini, ancak eğilimin istasyonlar arasında mekânsal olarak farklılaştığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 8. Mann–Kendall trend testi sonuçları

İstasyon	Trend	Sen’s Slope	p-değeri
Ceyhan	Zayıf azalma	-0.12	0.08
Kozan	Anlamsız	-0.03	0.41
Afşin	Orta düzey azalma	-0.25	0.03
Göksun	Zayıf artış	0.06	0.22

Haritalar incelendiğinde de: 2013 yılında Göksun ve Yumurtalık bölgelerinin en şiddetli kuraklığı yaşadığı; 1993 yılında Kozan, Osmaniye, Yumurtalık ve Ceyhan bölgelerinin belirgin kuraklık gösterdiği; 2016 yılında Kahramanmaraş ve Göksun bölgelerinin kuraklıktan en fazla etkilenen bölgeler olduğu; 1999 yılında Kahramanmaraş bölgesinin en kurak alan olarak öne çıktığı; 1990 yılında Afşin ve Kahramanmaraş bölgelerinde şiddetli kuraklık yaşandığı; 1989 yılında Ceyhan, Kozan, Yumurtalık ve Osmaniye bölgelerinin en kurak alanlar olduğu görülmüştür.

SYİ yöntemi de NYİ’ye paralel olarak, kuraklığın mekânsal dağılımını benzer şekilde ve tutarlı biçimde yansıtmıştır. Özellikle 2013 ve 1993 yıllarının hem şiddetli hem de yaygın kuraklık gösterdiği görülmüştür. Bölgesel farklılıklar, topografya ve iklim koşullarıyla ilişkilendirilebilir. Örneğin, Göksun ve Kahramanmaraş gibi yüksek rakımlı bölgelerle, Ceyhan ve Yumurtalık gibi kıyısal alanlar arasındaki kuraklık desenleri farklılık göstermektedir.

Bulgulara göre NYİ, OKİ ve SYİ Yöntemlerinin Karşılaştırıldığında yöntemler arasında benzerlikler ve farklılıklar olduğu görülmektedir.

Benzerlikler açısından: her üç yöntem de Ceyhan Havzası için 1986-2019 dönemindeki en kurak 6 yılı büyük ölçüde aynı belirlemiştir: 2013, 1993, 2016, 1999, 1990 ve 1989. Bu durum, yöntemlerin tutarlı olduğunu ve şiddetli kurak dönemleri güvenilir bir şekilde tespit edebildiğini göstermektedir.

Farklılıklar: açısından; NYİ ve SYİ kurak yıllar sıralamaları tamamen aynıdır: 1. 2013, 2. 1993, 3. 2016, 4. 1999, 5. 1990, 6. 1989. OKİ ise kurak yıllar sıralamasında farklılık göstermiştir: 1. 1990, 2. 2016, 3. 1999, 4. 2013, 5. 1993, 6. 1989. OKİ, 1990 yılını en kurak yıl olarak öne çıkarmıştır.

Ayrıca, yöntemler arasında bölgesel vurgudaki farklılıklar da vardır. OKİ, kuraklığın şiddetini özellikle iç ve yüksek rakımlı bölgelerde (Afşin, Elbistan, Göksun) daha belirgin olarak vurgulamıştır. NYİ ve SYİ ise kuraklığı hem iç hem de kıyı bölgelerinde (Ceyhan, Yumurtalık, Osmaniye) benzer şiddette göstermiştir. Örneğin, 1989 yılı için OKİ Ceyhan'ı işaret ederken, NYİ ve SYİ Ceyhan, Yumurtalık, Osmaniye ve Kozan'ı işaret etmiştir.

Yöntemlerin performansı ve güvenilirliği karşılaştırıldığında, SYİ ve NYİ'nin neredeyse identik sonuçlar vermesi, bu iki yöntemin Ceyhan Havzası gibi heterojen bir havzada dahi yüksek düzeyde uyumlu ve güvenilir olduğunu kanıtlamaktadır. Bu, literatürde de sıklıkla rastlanan bir durumdur ve bu iki indeksin yağış verisini standartlaştırma/normalize etme metodolojilerinin benzerliğinden kaynaklanmaktadır. OKİ'nin nispeten farklı bir sıralama ve bölgesel vurgu getirmesi, olasılıksal temeline dayandırılabilir. OKİ, uzun dönem yağış verisinin olasılık dağılımına dayanır ve normallikten sapmaları farklı bir şekilde ölçer. Bu, onu özellikle istatistiksel anormalliklerin (aşırı kurak/yağışlı dönemler) olduğu durumlarda diğer yöntemlerden farklı kılabılır. 1990 yılını en şiddetli kurak yıl olarak belirlemesi, bu yıla ait yağış değerlerinin olasılık dağılımında çok ekstrem bir konumda olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Bölgesel dinamiklerin anlaşılmasına katkı açısından, OKİ'nin iç bölgelerdeki kuraklığı daha şiddetli göstermesi, havzanın farklı mikro-klima bölgelerine işaret ediyor olabilir. Bu durum, kuraklık yönetimi planlamasında bölgesel ölçekli stratejilerin geliştirilmesi gerektiğini gösterir. Örneğin, Afşin-Elbistan bölgesi OKİ'ye göre sürekli yüksek kuraklık riski altında görülmektedir.

Mekansal desenlerde örtüşme açısından ise, özellikle SYİ ve NYİ yöntemleri, kuraklığın mekansal dağılımı konusunda neredeyse aynı sonuçlar vermiştir. Örneğin, 2013 yılında her ikisi de Göksun ve Yumurtalık'ı en kurak bölgeler olarak işaretlemiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Ceyhan Havzası'nda 1986–2019 dönemine ait yağış verilerini kullanarak meteorolojik kuraklığı üç farklı yöntem (SYİ, NYİ, OKİ) ile değerlendirmiş; mekânsal ve zamansal kuraklık desenlerini ortaya koymuş ve istasyon bazlı trend analizleriyle uzun dönem eğilimleri incelemiştir.

- **Kuraklık Eğilimleri Açısından**

Bulgular, havzada özellikle yaz dönemlerinde kuraklık şiddetinin belirgin olarak arttığını göstermektedir. Üç yönteme göre 2013, 1993, 2016, 1999, 1990 ve 1989 yılları tüm havza genelinde öne çıkan kurak yıllardır. Hem kıyı (Ceyhan, Yumurtalık, Osmaniye) hem de iç ve yüksek rakımlı alanlar (Afşin, Elbistan, Göksun) farklı yıllarda kuraklıktan etkilenmiş; bu durum havzanın heterojen iklim özelliklerini teyit etmektedir.

- **Trend Analizi Açısından**

Mann–Kendall ve Sen's Slope testleri, havzanın uzun dönem yağış eğilimleri açısından genel olarak zayıf bir azalma eğilimine sahip olduğunu göstermiştir.

- Afşin istasyonunda $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir yağış azalımı tespit edilmiştir.
- Ceyhan istasyonunda zayıf bir azalış eğilimi görülmüş ancak anlamlı değildir ($p = 0.08$).
- Diğer istasyonlarda ise anlamlı bir eğilim belirlenmemiştir.

Bu sonuçlar, Ceyhan Havzası'nda belirgin bir kuraklaşma sinyalinin iç kesimlerde yoğunlaştığını, kıyı istasyonlarında ise eğilimin daha zayıf olduğunu göstermektedir. Böylece bulgular, literatürde benzer havzalar için bildirilen eğilimlerle uyumludur.

- **Yöntemler Açısından:**

Üç yöntem birlikte değerlendirildiğinde:

- SYİ ve NYİ, hem sıralama hem mekânsal desen açısından yüksek tutarlılık göstermiştir.

- OKİ, 1990 ve 2016 yıllarını daha şiddetli kurak dönemler olarak öne çıkarmış ve özellikle iç bölgelerdeki aşırı olaylara daha duyarlı olduğunu ortaya koymuştur.
- SYİ-NYİ, genel kuraklık eğilimlerinin izlenmesinde;
- OKİ ise risk analizleri ve aşırı kurak dönemlerin belirlenmesinde daha işlevseldir.

Dolayısıyla yöntemlerin birlikte kullanılması, Ceyhan Havzası için daha bütüncül bir kuraklık değerlendirmesi sağlamaktadır.

Risk Bazlı Detay Analiz için OKİ, özellikle su kaynakları planlaması ve tarımsal kuraklık riskinin belirlenmesi gibi konularda, farklı bir perspektif sunarak tamamlayıcı bir yöntem olarak kullanılmalıdır. İç bölgelerdeki yüksek riski vurgulaması, bu bölgelere yönelik önlemlerin artırılması gerektiğini göstermektedir.

İleri Çalışmalar için her bir yöntemin farklı zaman ölçeklerindeki (3 ay, 6 ay, 12 ay vb.) performanslarının tarımsal ve hidrolojik kuraklıkla ilişkisinin incelendiği detaylı bir validasyon çalışması, hangi yöntemin hangi amaç için daha uygun olduğunu netleştirecektir.

• Havza Yönetimi Açısından

Bu çalışma, Ceyhan Havzası'nın gelecekte artan kuraklık riskine açık bir bölge olduğunu göstermektedir. İç kesimlerdeki anlamlı yağış azalışı ve kıyı bölgelerinde görülen yaygın kuraklık, su yönetimi açısından kritik bir uyarıdır.

Özetle, üç yöntem de havzanın kuraklık geçmişini anlamak için değerli veriler sunar. SYİ ve NYİ genel tabloyu çizerken, OKİ bu tabloya önemli bir detay ve derinlik katmaktadır.

Çalışma sonuçlarına göre; bölgesel tarımsal üretim planlamasında kuraklık riskleri dikkate alınmalı, erken uyarı sistemleri ve kuraklık tahmin modelleri geliştirilmeli, yeraltı suyu yönetimi ve su tasarrufu politikaları güçlendirilmeli, ileri iklim projeksiyonları kullanılarak bölgesel ölçekte daha ayrıntılı çalışmalar yapılmalıdır.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın veri ihtiyacı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışmamızın gerçekleştirilmesinde sağladıkları değerli katkı ve teknik destek için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ve çalışanlarına en derin şükranlarımızı sunarız.

6. KAYNAKLAR

1. Alami, M., Din, S. & Tayfur, G. (2018). Meteorological drought analysis by different methods in Helmand River Basin, Afghanistan. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8(2), 847-849.
2. Fakhrabadi, A., Entezari, A. & Bazrafshan, O. (2014). Assess the drought situation in Kashan desert of Kashan and Aran Shahrstan Hay Bidgol (Nushabad) using the standardized precipitation index (SPI). *Quarterly Geographical Journal of Territory*, 11(42), 77-86.
3. Apak, E. (2009). Standart yağış indeksi (SPI) yöntemi ile Ege Bölgesinde kuraklık analizi. *Yüksek lisans tezi*. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 60.
4. Arslan, O., Bilgil, A. ve Veske, O. (2016). Standart yağış indisi yöntemi ile Kızılırmak Havzası'nın meteorolojik kuraklık analizi. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(2), 188-194.
5. Bacanlı, Ü. & Akşan, G. (2019). Drought analysis in Mediterranean Region. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(6), 665-671.
6. Deniz, D. (2009). Türkiye'deki kuraklığın standart yağış indeksi (SPI) ile incelenmesi. *Yüksek lisans tezi*. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı, 106.
7. Dinç, N., Aydınşakir, K., Işık, M. ve Büyüktaş, D. (2016). Standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) yöntemi ile Antalya ili kuraklık analizi. *Derim*, 33(2), 279-298.
8. Ersoy, T. (2019). Konya ili meteorolojik kuraklık analizi. *Yüksek lisans tezi*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı, 71.

9. Fidan, İ. (2011). Doğu Akdeniz Bölgesinde standardize yağış indeksi (SYİ) ile kuraklık analizi ve Markov zinciri yöntemini kullanarak kurak olma olasılıklarının belirlenmesi. *Yüksek lisans tezi*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 88.
10. Gümüş, V., Başak, A. ve Oruç, N. (2016). Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) yöntemi ile Şanlıurfa istasyonunun kuraklık analizi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 1(1), 36-44.
11. Gürler, Ç. (2017). Beyşehir ve Konya-Çumra-Karapınar alt havzalarında standartlaştırılmış indeks yaklaşımı ile hidrolojik kuraklık değerlendirilmesi. *Uzmanlık tezi*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 139.
12. Şener, E. ve Şener, Ş. (2019). Meteorolojik kuraklığın coğrafi bilgi sistemleri tabanlı zamansal ve konumsal analizi: Çorak Gölü Havzası (Burdur-Türkiye) örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(3), 596-607.
13. Topçu, E., Seçkin, N. & Haktanır, N.A. (2022a). Drought analyses of Eastern Mediterranean, Seyhan, Ceyhan, and Asi Basins by using aggregate drought index (ADI). *Theoretical and Applied Climatology*, 147(3-4), 909-924.
14. Topçu, E. & Seçkin, N. (2022b). Drought assessment using the reconnaissance drought index (RDI): A case study of Eastern Mediterranean, Seyhan, Ceyhan, and Asi basins of Turkey. *Journal of Engineering Research*, 10(2B), 124-141.
15. Keskiner, A.D., Çetin, M., Şimşek, M. ve Akın, S. (2020). Kuraklık riski altındaki havzalarda gölet haznelerinin tasarımı: Seyhan Havzası'nda bir uygulama. *Teknik Dergi*, 31(5), 10189-10210.
16. Hasaniha, H. (2008). İran'ın kuzeybatısında kuraklık ve verim ilişkisinin analizi. *Doktora tezi*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 153.
17. Topçu, E. & Seçkin, N. (2016). Drought analysis of the Seyhan Basin by using standardized index and L-moments. *Journal of Agricultural Sciences*, 22, 196-215.
18. Mokarram, M. & Mohmood, A. (2015). Using SPI and PN indices for determination of drought in the Fars Province. *Journal of Applied Hydrology*, 2(1), 49-60.
19. Said, A.A., Cetin, M. & Yurtal, R. (2019). Drought assessment and monitoring using some drought indicators in the semi-arid Puntland State of Somalia. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(11A), 8765-8772.
20. Tirivarombo, S. & Hughes, D.A. (2011). Regional droughts and food security relationships in the Zambezi River Basin. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(14-15), 977-983.
21. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, (2018). *Ceyhan Havzası taşkın yönetim planı*. Ankara.
22. Hayes, M.J. (2006). Drought indices. *Van Nostrand's Scientific Encyclopedia*. Erişim tarihi: 28.08.2025.
23. Gibbs, W.J. & Maher, J.V. (1967). *Rainfall deciles as drought indicators*. Bureau of Meteorology Bulletin No. 48. Commonwealth of Australia.
24. McKee, T.B., Doesken, N.J. & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *8th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society*, Boston, Massachusetts, ABD.
25. WMO ve GWP, (2016). *Handbook of drought indicators and indices* (M. Svoboda ve B.A. Fuchs, Ed.). Integrated Drought Management Programme (IDMP). (WMO-No: 1173).
26. Guttman, N.B. (1999). Accepting the standardized precipitation index: A calculation algorithm. *Journal of the American Water Resources Association*, 35(2), 311-322.
27. AgriMetSoft. (2017). *Meteorological Drought Monitor (MDM)* [Bilgisayar yazılımı]. AgriMetSoft. <https://www.agrimetsoft.com/mdm.aspx>. Erişim tarihi: 28.08.2025.
28. Golden Software. (2022). *Surfer*, Golden, Colorado, USA.
29. Öztürk, M. ve Seçkin, N. (2020). Standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) ve normalin yüzdesi indeksi (PNI) kullanılarak Seyhan Havzası'nda kuraklık analizi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 35(2), 101-112.
30. Yılmaz, H. ve Topçu, E. (2021). Meteorolojik kuraklık indekslerinin karşılaştırılması: Asi Havzası örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(3), 45-58.