



Farklı standartlaştırılmış indis yöntemleri ile Bartın ilinin meteorolojik kuraklıklarının analizi

Analysis of meteorological droughts of Bartın province with different standardized drought index methods

Emre Ablak^{1,*} , Ecem Tuncer Uysal² , Ahmet Kumanlıoğlu^{3,*} 

^{1,2,3}Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 45140, Manisa, Türkiye

Öz

Yağışların uzun dönem ortalamalarının altında kalmasıyla meydana gelen meteorolojik kuraklıkların belirlenmesi, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetiminde önemli bir rol oynar. Meteorolojik kuraklık, süresi, şiddeti ve yoğunluğu gibi özellikleriyle hidrolojik ve tarımsal kuraklıkların oluşumunu ve niteliklerini doğrudan etkiler. Bu süreçlerin açıklanmasında kullanılan indis yöntemleri, yağış miktarı, sıcaklık ve potansiyel evapotranspirasyon gibi faktörlere dayalı olarak meteorolojik kuraklık olaylarını tanımlar. Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan Bartın ili için 1970-2020 yılları arasında 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemlerde meteorolojik kuraklıklar incelenmiştir. Meteorolojik kuraklıkların tespitinde Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI), Standartlaştırılmış Yağış ve Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ve Standartlaştırılmış Yağış ve Sıcaklık İndisi (SPTI) yöntemleri kullanılmıştır. Üç farklı standardize indis yöntemiyle yapılan analizlerde, farklı zaman dilimlerinde tüm kuraklık sınıflarının gözlemlendiği tespit edilmiştir. Çalışmada, uzun dönemli (12 aylık) kuraklıkların karakteristik özellikleri Run (gidişler) teorisi ile değerlendirilmiş ve en şiddetli kuraklık döneminin 1981-1982 yılları arasında gerçekleştiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: SPI, SPEI, SPTI, Kuraklık, Bartın

1 Giriş

Kuraklık, belirli bir bölgede nem miktarındaki geçici azalmadan kaynaklanan ve su kıtlığına yol açan doğal bir iklim olayıdır. Bu olgu, zaman ve mekan açısından sınırlı olmaksızın her yerde ve her dönemde meydana gelebilir. Kuraklık, yağış miktarının optimal seviyenin altına düşmesiyle ortaya çıkan ve arazi ile kaynak üretim sistemleri üzerinde olumsuz etkiler yaratan, önemli hidrolojik değişikliklere yol açan doğal bir olaydır [1]. Ayrıca, yağışların kayıtlı normal seviyelerinin belirgin şekilde altına düşmesi sonucunda toprak ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi olarak da tanımlanmaktadır [2,3]. Kuraklığın başlangıç ve bitiş noktalarının net olmaması, etkisinin kümülatif olarak artması, aynı anda birden fazla kaynağı etkilemesi ve ekonomik boyutunun büyük olması, onu diğer afetlerden ayıran en belirgin özellikleridir [4].

Abstract

Identifying meteorological droughts, which occur as a result of precipitation falling below long-term averages, plays a vital role in the sustainable management of water resources. The characteristic features of the drought process, such as duration, severity and intensity, which begin with meteorological drought, also affect the formation and characteristics of hydrological and agricultural droughts. Therefore, index-based methods characterize meteorological drought processes by utilizing factors like precipitation, temperature, and potential evapotranspiration. In the study conducted for Bartın province, located within the Western Black Sea Basin, meteorological droughts were examined in 1, 3, 6 and 12-month time scales between 1970 and 2020. The identification of meteorological droughts was performed using three standardized indices: the Standardized Precipitation Index (SPI), the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI), and the Standardized Precipitation Temperature Index (SPTI). The analysis revealed that, across different temporal scales, all drought severity classes were observed. Furthermore, the long-term (12-month) drought characteristics were assessed using Run Theory, identifying the most severe dry period as occurring between 1981 and 1982.

Keywords: SPI, SPEI, SPTI, Drought, Bartın

Kuraklık süreçlerinin başlangıcını, bitişini ve şiddetinin belirlenmesi amacıyla standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) [5], standartlaştırılmış yağış evapotranspirasyon indeksi (SPEI) [6], standartlaştırılmış yağış sıcaklık indeksi (SPTI), normalin yüzdesi indeksi (PNI) ve ondalıklar indeksi (DI) gibi pek çok indeks yöntemi geliştirilmiştir. Kuraklık karakteristik özelliklerinin belirlenmesinde hızlı ve doğru sonuçlar veren indeks yöntemlerinden standartlaştırılmış indis yöntemleri olan SPI, SPEI ve SPTI yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır [7, 8]. Kurak süreçlerin belirlenmesinde SPI yöntemi sadece yağış verilerini kullanırken, SPEI yöntemi yağış ve evapotranspirasyon verilerini, SPTI yöntemi ise yağış ve sıcaklık verilerini kullanmaktadır [3,10]. SPI hesaplamasında yalnızca yağış verisi gerektirdiğinden veri toplama ve uygulama açısından diğer indislere göre en kolay yöntemdir. Kuraklık süreçlerinde

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: ahmet.kumanlioglu@cbu.edu.tr (A. A. Kumanlıoğlu)
Geliş / Received: 30.10.2024 Kabul / Accepted: 09.01.2025 Yayınlanma / Published: 15.01.2025
doi: 10.28948/ngumuh.1575949

sadece yağışın etkisini gösterip yalnızca meteorolojik kuraklığı analiz eder. SPEI indis yöntemi yağış ve potansiyel evapotranspirasyon arasındaki farkı yani zemin nemi açığını kullanarak hesaplamaları yapmaktadır. Zemin nemi açığı, iklim değişikliği etkilerinin bir sonucu olarak ta karşımıza çıktığından SPEI indis yöntemi meteorolojik ve tarımsal kuraklık ile beraber kuraklıklarda su dengesi ve iklim değişikliği etkilerini anlamak için kullanılabilir. SPTI indis yöntemi ise yağış verileri ile beraber sıcaklık verilerini kullanarak kuraklık indis değerlerini hesaplamaktadır. İndis değerlerinin hesaplanmasında sıcaklık verilerinin kullanılması kurak süreçlerde sıcaklık değişiminin etkisini göstermektedir [2, 3, 9, 10, 11, 12]. SPI, SPEI ve SPTI gibi standartlaştırılmış kuraklık indeksleri, normal dağılımlı standartlaştırılmış z değerlerinde sahip meteorolojik gözlemlerle ifade edilir. Bu sebeple, "0" indeks değeri ortalama yani normal koşulları, pozitif değerler nemli dönemleri, negatif değerler ise kurak dönemler belirtir [3,9].

Dünyada ve ülkemizde, SPI, SPEI ve SPTI yöntemleri kullanılarak il ve/veya havza ölçeğinde meydana gelen kuraklıkların belirlenmesine yönelik pek çok çalışma mevcuttur. Lorenzo ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada, İber Yarımadası'ndaki meteorolojik kuraklıkların oluşumunu ve mekânsal değişikliklerini SPI yöntemi kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmada, 3 ve 12 aylık iki zaman ölçeğinde yapılan incelemeler sonucunda, 3 aylık meteorolojik kuraklıkların Doğu İber Yarımadası'nda daha az sıklıkla, ancak daha yoğun ve kalıcı olarak gerçekleşeceği ve RCP 8.5 senaryosunun geçerli olacağı gösterilmiştir. 21. yüzyılın ilk on yıllarında, 12 aylık dönemdeki meteorolojik kuraklıkların RCP 4.5 senaryosuna göre İber Yarımadası'nın kuzeybatı bölgesinde daha yaygın ve şiddetli olacağı öngörülmüştür [13]. Le ve ark. (2024), Tayvan'daki tayfun parametreleri ile SPI indeksi ile elde edilen kuraklık süreçleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma sonucunda Tayvan'daki tayfun özellikleri (sayı, süre, uzunluk, rüzgâr hızı) ile kuraklık oluşumu ve şiddeti arasında 2-4 yıllık zaman süreçlerinde pozitif bir korelasyon tespit etmişlerdir [14]. Kuraklık süreçlerini inceleyen Khan ve ark. (2021), Pakistan'ın farklı meteoroloji istasyonları için SPI ve SPTI indislerini kullanarak kuraklık olaylarının modellenmesinde iki boyutlu Copula dağılımlarını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, SPI ve SPTI indisleri ile elde edilen kuraklık süreçlerini karşılaştırmışlardır [15]. Ülkemizde yapılan çalışmalarda, Kumanlıoğlu (2023), İzmir ilini besleyen Tahtalı ve Gördes baraj havzalarının 1950-2017 yılları arasındaki 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemlerdeki meteorolojik ve hidrolojik kuraklıklarını belirlemiştir. Çalışmada meteorolojik kuraklıklar, SPI, SPEI ve SPTI standartlaştırılmış kuraklık indisleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, 2000 yılından önce meydana gelen kuraklıkların oluşumunda yağışların daha belirleyici olduğu, 2000 yılından sonra ortaya çıkan kurak süreçlerde ise zemin nemi açığını artıran evapotranspirasyon sürecinin daha baskın hale geldiği görülmüştür [9]. Durmuş ve Bulut (2023) yaptıkları çalışmada Batı Akdeniz bölgesinde 1980-2019 yılları arasında farklı zaman dilimlerinde oluşan ekstrem kuraklık şartlarını SPEI yöntemi ile belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda bölgede en fazla ekstrem kuraklık

olaylarının Burdur ilinde meydana geldiği ve genel olarak kıyı kesimlerin nemlilik eğiliminde olduğu fakat iç kesimlerde kuraklık eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir [16].

Karadeniz Bölgesi'nin meteorolojik kuraklarında belirlenmesine yönelik çalışmalarda, Öztürk ve Ünlü (2024) çalışmada Karadeniz Bölgesi'nin 1960-2020 yılları arasında meydana gelen meteorolojik kuraklık süreçlerini SPI yöntemi kullanılarak belirlemişlerdir. Çalışmanın sonuçları, bölgenin coğrafi yükseltilerinin etkisiyle genel bir kurak veya nemli dönemin olmadığı, doğu-batı yönünde ve kıyı ile iç kesimlerde kuraklık ve nemlilik dönemlerinin farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur [17]. Bozkurt Yıldız (2021) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında Karadeniz Bölgesindeki 33 meteorolojik gözlem istasyonundan elde edilen verileri kullanarak meteorolojik kuraklıkları SPI ve Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) yöntemleri ile araştırmıştır. Yüksek lisans tezi sonucunda Karadeniz Bölgesi'ndeki kuraklık olaylarının zaman artış gösterdiğini ve özellikle yaz ve sonbahar aylarında kuraklık eğilimlerinin daha fazla olduğu belirtmiştir [18]. Yüce ve ark. (2022), Samsun ili 1938-2020 yılları arasındaki meteorolojik kuraklık analizlerini SPI ve SPEI yöntemlerini kullanarak yapmışlardır. Çalışmada sonucunda 1 aylık zaman serilerinde SPI ve SPEI arasında güçlü bir ilişki bulunmuş; ancak 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman serilerinde bu ilişki nispeten azaldığını göstermişlerdir. Çalışmada ayrıca 1950 yılında hem süre hem de şiddet açısından uzun süren bir kurak dönem meydana geldiğini belirtmişlerdir [19].

Bartın ili için yapılan meteorolojik kuraklık çalışmalarda, Patal ve Yavuz (2020) yaptıkları çalışmada, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Bartın, Bolu, Düzce, Karabük, Kastamonu ve Zonguldak illerinin meteorolojik kuraklıklarını SPI ve De Martonne Kuraklık indis yöntemleri ile belirlemiş ve kuraklıkların eğilimlerini Mann-Kendall trend analizi ile belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda Batı Karadeniz Bölgesi'nde özellikle kış aylarında nemlilikte azalma ve kuraklık eğiliminde artış olduğunu göstermişlerdir [20].

Sunulan çalışmada Batı Karadeniz Havzası'nda bulunan Bartın ili 1970-2020 yılları arasındaki meteorolojik kuraklıkları 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde farklı standartlaştırılmış indis yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada SPI, SPEI ve SPTI standartlaştırılmış indis yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca farklı indis yöntemleri ile belirlenen meteorolojik kuraklıkların 12 aylık zaman ölçeğinde karakteristik özellikleri run (gidişler) analizi ile elde edilmiştir. Çalışma sonucunda Bartın ilinde 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman dilimlerindeki meteorolojik kuraklıklarda tüm kuraklık sınıflarının meydana geldiği ve 12 aylık zaman ölçeğinde en yoğun kurak periyodun 1981-1982 yılları arasında gerçekleştiği belirlenmiştir.

2 Materyal ve metod

2.1 Uygulama Alanı

Şekil 1'de verilen Bartın ili, Batı Karadeniz Bölgesi'nde 32° 22' doğu boylamı, 41° 37' kuzey enlemi üzerinde bulunmakta olup, 2268 km²'lik yüzölçümüne sahiptir.

$$t = \begin{cases} \sqrt{\ln \frac{1}{(H(x))^2}} & 0 < H(x) \leq 0.5 \\ \sqrt{\ln \frac{1}{1-H(x)^2}} & 0.5 \leq H(x) \leq 1 \end{cases} \quad (1)$$

$$SPEI = \begin{cases} -\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right) & 0 < H(x) \leq 0.5 \\ +\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right) & 0.5 \leq H(x) < 1 \end{cases} \quad (2)$$

Denklem (1)'de $H(x)$ aşılma olasılıklarını, **Denklem (2)**'de c_0, c_1, c_2, d_1, d_2 ve d_3 değerleri sabit değerler olup sırasıyla 2.515517, 0.802853, 0.010328, 1.1432788, 0.189269, 0.01308 değerlerini gösterir.

- Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI)

Vicente-Serrano ve ark. (2010) tarafından geliştirilen indeks yönteminde yağış ve potansiyel evapotranspirasyon değerleri kullanarak farklı zaman dilimlerin gerçekleşen kuraklık süreçlerini belirlemektedir [26]. Potansiyel evapotranspirasyon değerleri Thorntwaite veya Penman-Monteith gibi yöntemler kullanılarak elde edilebilir [3, 9].

SPEI indeks yönteminde kullanılan **Denklem (3)**'te gösterildiği şekilde yağış (P , mm) değerlerinden potansiyel evapotranspirasyon (PET , mm) değerlerini çıkartması ile elde edilen zemin nemi açığı (D , mm) değerlerini kullanarak kuraklık analizini yapmaktadır.

$$D = P - PET \quad (3)$$

Denklem (3) ile hesaplanan zemin nemi açığı (D) değerlerine en uygun olasılık yoğun fonksiyonu kullanılarak elde edilen aşılma olasılıkları $H(x)$ **Denklem (1)** ve **(2)** kullanılarak SPEI indeks değerleri hesaplanır.

- Standartlaştırılmış Yağış Sıcaklık İndeksi (SPTI)

Standartlaştırılmış yağış sıcaklık indeksi Ali ve ark. (2017) tarafından geliştirilmiştir. SPEI indis değerlerinin hesaplanma adımları SPI yöntemi ile aynıdır. Kuraklık indislerinin belirlenmesinde SPI sadece yağış değerlerini kullanırken SPTI değerleri yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak **Denklem (4)**'te verilen ifade ile elde edilen Demartone (D) değerlerini kullanmaktadır.

$$D_i = \frac{12 * P_i}{T_i} \quad (4)$$

Denklem (4)'te D , **Denklem (1)** 'de kullanılan $H(x)$ aşılma olasılıklarının belirlenmesinde kullanılan değerleri, P yağış (mm), T sıcaklık ($^{\circ}C$) değerlerini, i ilgili zaman dilimini göstermektedir.

Hesaplanan D değerlerine ait uygun olasılık dağılım fonksiyonu ile hesaplanan $H(x)$ değerleri kullanılarak **Denklem (1)** ve **(2)** yardımı ile SPTI değerleri hesaplanmaktadır.

Kuraklık sınıflandırması

SPI, SPEI ve SPTI indis değerlerinin belirttikleri kuraklık sınıfları **Tablo 2**'de verilmiştir [3].

Tablo 2. Standardize kuraklık indis değerlerine karşı gelen kuraklık sınıfları

İndis değerleri	Kuraklık Sınıfları
SPI, SEI, SPTI>2.0	Çok şiddetli nemli (ÇŞS)
1.5<SPI, SEI, SPTI≤2	Şiddetli nemli (ŞS)
1.5<SPI, SEI, SPTI≤1.0	Orta şiddetli nemli (OŞS)
1.0<SPI, SEI, SPTI≤0	Hafif şiddetli nemli (HŞS)
-1.0<SPI, SEI, SPTI≤0	Hafif şiddetli kurak (HŞK)
-1.5<SPI, SEI, SPTI≤-1.0	Orta şiddetli kurak (OŞK)
-2.0<SPI, SEI, SPTI≤-1.5	Şiddetli kurak (ŞK)
SPI, SEI, SPTI≤-2.0	Çok şiddetli kurak (ÇŞK)

Zaman serilerinin oluşturulması

Bartın ilin meteorolojik kuraklıkları 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman dilimleri için SPI, SPEI ve SPTI indis yöntemleri ile belirlenmiştir. İndis yöntemlerinde kullanılan farklı zaman dilimlerindeki zaman serileri **Denklem (5)** yardımı ile oluşturulmuştur [3, 9].

$$X_{i,j}^k = \begin{cases} \sum_{l=13-k+j}^{12} Y_{i-1,l} + \sum_{l=1}^j Y_{i,l} \text{ eğer } j < k \\ \sum_{i=j-k+1}^j Y_{i,l} \text{ eğer } j \geq k \end{cases} \quad (5)$$

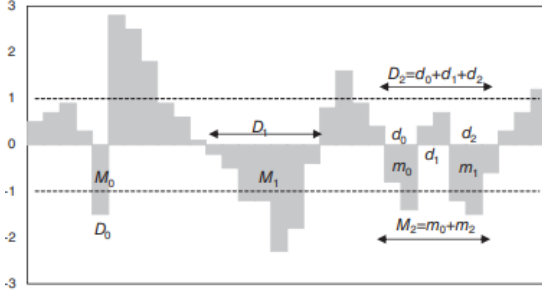
Denklem (5)'te X , istenilen zaman serisini, Y SPI'da yağışları, SPEI'de zemin nemi açığını (D) ve SPTI yönteminden Demartone (D) değerlerini göstermektedir. $Y_{i,j}^k$ olarak gösterilen kısımda j verilen ayı, i seçilen zamanı, k ise seçilen zaman dilimini göstermektedir.

2.1.2 Run Analizi (Gidişler Analizi)

Yevjevich (1967) tarafından geliştirilen Run analizi, kuraklıkların süresini, şiddetini ve yoğunluğunu tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu yöntemde, kuraklık indislerine göre eşik değerler belirlenir. Çalışma kapsamında, standardize edilmiş kuraklık indislerine dayalı eşik değerleri (-1, 0, 1) olarak belirlenmiştir. Kuraklık süresi (D), negatif indis değerlerinin gözlemlendiği dönemleri ifade ederken, kuraklık şiddeti (M), bu süre zarfında hesaplanan indis değerlerinin toplamı olarak tanımlanır. Kuraklık yoğunluğu (I) ise şiddetin süreye oranı (M/D) şeklinde tanımlanmıştır [3, 9, 27].

Şekil 2'de görüldüğü üzere, kuraklık olayları farklı şekillerde ortaya çıkabilir. Bir kuraklık olayı, negatif eşik değerinin altında tek bir ay süresince D_0 ve M_0 şiddetinde devam edebileceği gibi, birkaç ay boyunca D_1 ve M_1

şiddetinde meydana gelirse de tek bir kuraklık olayı olarak kabul edilir. İki kuraklık olayı arasındaki süre 6 ay veya daha kısa ise, bu durum da tek bir kuraklık olayı olarak değerlendirilir. Bu durumda, D_2 süresi d_0 , d_1 ve d_2 sürelerinin toplamı ile belirlenirken, M_2 şiddeti m_0 ve m_1 şiddetlerinin toplamı üzerinden hesaplanır. M_2 şiddeti ise m_0 ve m_1 şiddetlerinin toplamı ile hesaplanır [3, 9, 27].



Şekil 2. Run analizi

3 Bartın ili meteorolojik kuraklık analizleri

3.1 Bartın ili meteorolojik kuraklıkların gidiş eğrileri ve kuraklık sınıfları

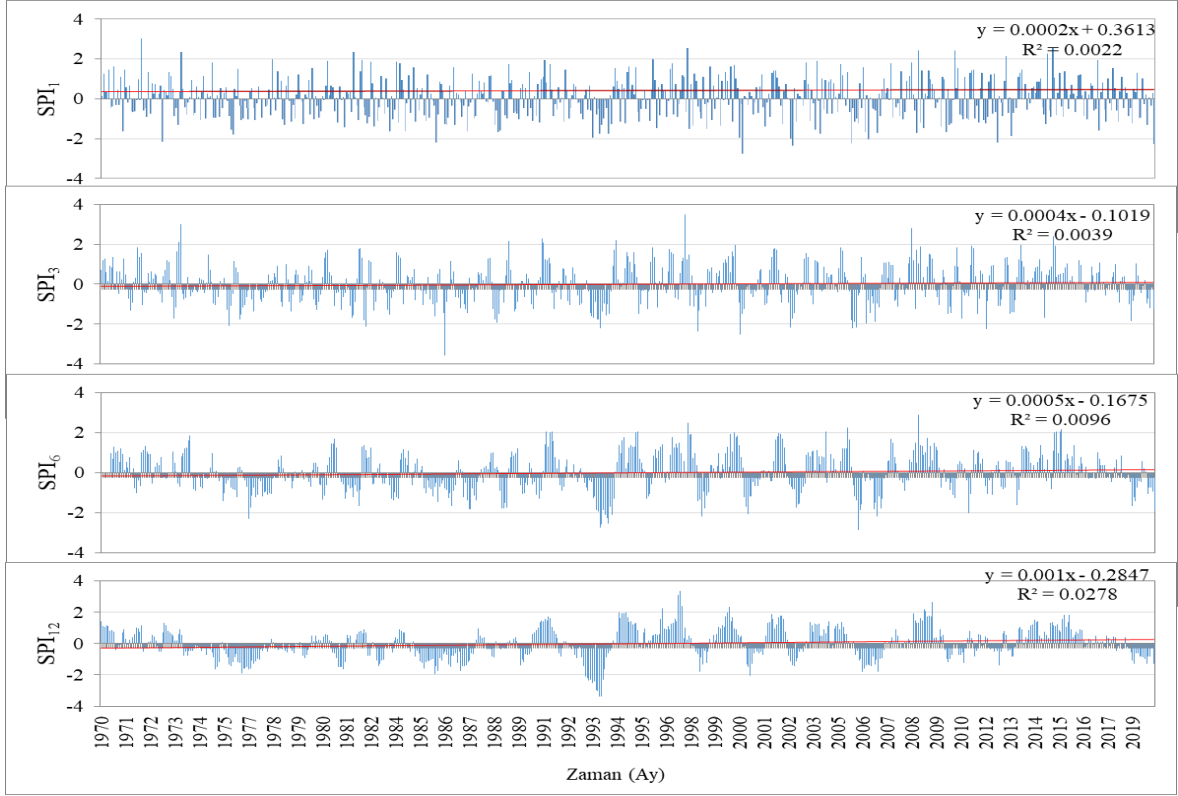
Bartın ilinde 1970-2020 yılları arasındaki 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemlerdeki meteorolojik kuraklıklar, SPI, SPEI ve SPTI indeks yöntemleriyle hesaplanmıştır. Bu dönemlere ait SPI, SPEI ve SPTI indislerinin gidiş eğrileri ve doğrusal kuraklık eğilimleri sırasıyla Şekil 3, 4 ve 5'te gösterilmektedir.

Şekil 3, 4 ve 5'te SPI, SPEI ve SPTI indislerinin gidiş eğrilerine genel olarak bakıldığında kuraklık olaylarının 1994 yılından önceki zaman dilimlerinde daha hakim olduğu bu yıldan sonra ise nemli dönemlerin daha baskın olarak meydana geldiği görülmektedir. Farklı zaman dilimindeki SPI, SPEI ve SPTI indekslerinin gidiş eğrileri birlikte incelendiğinde, 1 aylık yağış, evapotranspirasyon ve sıcaklıklara bağlı meteorolojik kuraklıkların değişken olduğu ve özellikle 1993-1994 yıllarında kurak bir periyot yaşandığı görülmektedir. 3 aylık zaman dilimindeki kuraklık süreleri incelendiğinde, 1 aylık döneme ek olarak 1976-1978 ve 2006-2007 yılları arasında da kurak periyotların meydana geldiği görülmektedir. İncelenen zaman dilimi 6 ay olarak alındığında Bartın ilinde meydana gelen kurak süreçlerinin süresi ve şiddetinin daha belirgin hale geldiği görülmektedir. 1 ve 3 aylık zaman dilimlerinde gözlenmeyen 1974-1978, 1985-1987, 1997-1998, 2000-2001, 2009 ve 2017-2019 yılları arasında kuraklık süreçlerinin meydana geldiği görülmektedir. 12 aylık zaman diliminde ise Bartın ilinde 1970-2020 yılları arasında meydana gelen kurak süreçler daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. 12 aylık zaman dilimlerinde meydana gelen kurak süreçler ve bu süreçlerin karakteristik özellikleri SPI, SPEI ve SPTI gidiş eğrileri kullanılarak run analizi ile değerlendirilip Bölüm 3.2'de detaylı olarak verilmiştir.

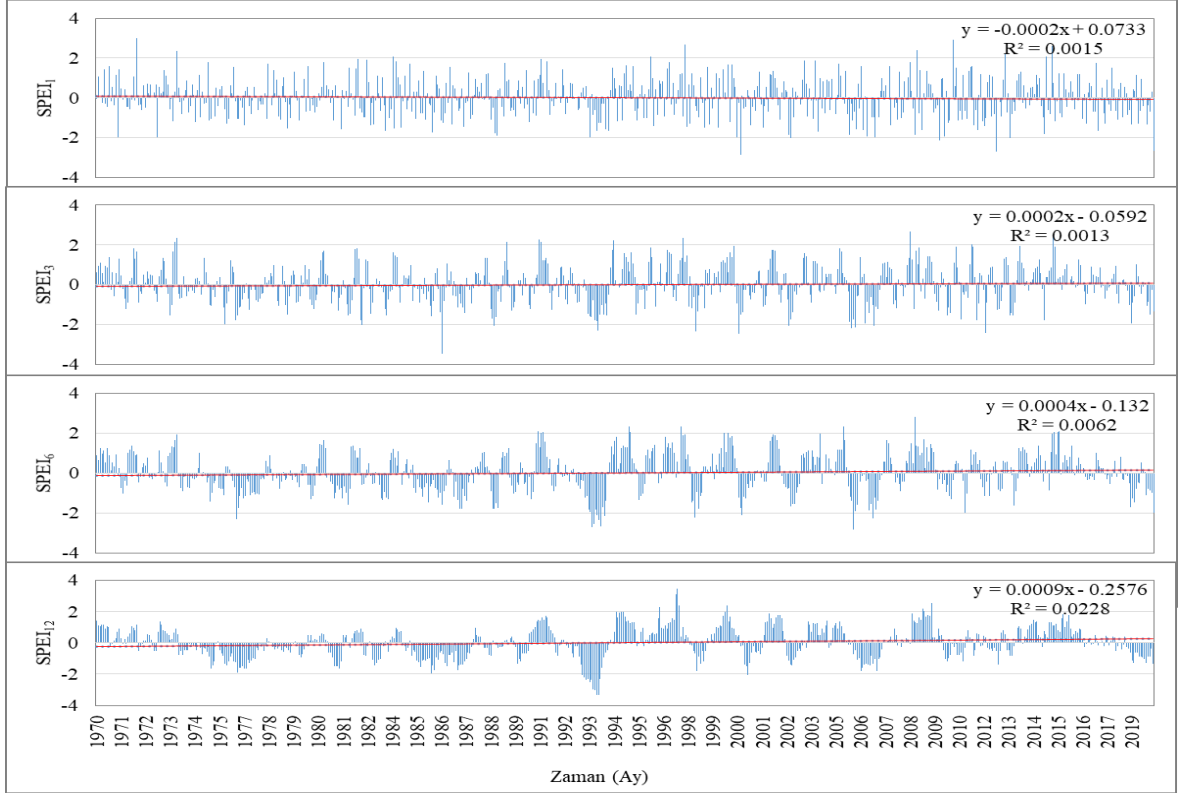
Bartın ili 1970-2020 yılları arası SPI, SPEI ve SPTI 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman dilimindeki gidiş eğrilerinden elde edilen kuraklık olaylarının kuraklık sınıflarına göre görülme sıklıkları Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3'te verilen Bartın ili 1970-2020 yılları arasında kısa (1 ve 3 aylık) ve uzun (6 ve 12 aylık) dönemde meydana gelen kuraklık olayları beraber incelendiğinde kısa dönem kuraklıklarda nemlilik ve kuraklık olaylarının dengeli olduğu görülmektedir. Ancak uzun dönem kuraklıklarda kuraklık olaylarının daha sıklıkla meydana geldiği görülmektedir. Bartın ilinde incelenen zaman dilimlerinde kısa ve uzun dönemlerde meydana gelen kuraklık olayları HŞK sınıfında meydana gelmiştir. ÇŞK sınıfı 1 aylık zaman diliminde daha az meydana gelirken 12 aylık zaman diliminde doğru gidildikçe daha fazla sayıda yaşanmıştır. Tablo 3'te verilen 1 aylık zaman dilimlerinde en fazla ÇŞK sınıfı 11 adet olay ile SPTI yönteminde belirlendiği görülmektedir. SPI yönteminde 8 defa SPEI yönteminde ise 6 defa kuraklık olayları ÇŞK sınıfında meydana geldiği belirlenmiştir. İndeks yöntemlerinin hepsinde Ocak.2001, Haziran.2003, Mayıs.2013 ve Aralık.2020 aylarında kuraklık ÇŞK sınıfında meydana geldiğini göstermiştir. Bu ayların yanında SPI yöntemi Aralık.1972, Mart.1986, Nisan.2006 ve Şubat 2007 aylarının, SPEI yöntem Ağustos.2010 ve Ocak.2014 aylarının ve SPTI yöntemi Aralık.1972, Mart.1986, Nisan.2006, Şubat 2007 ve Ocak.2014 aylarında kuraklık olaylarının ÇŞK sınıfında gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Tablo 3'te verilen 3 aylık zaman dilimlerinde en fazla ÇŞK sınıfı 11 adet olay ile SPEI ve SPTI yönteminde belirlendiği görülmektedir. SPI yönteminde 10 adet kuraklık olayı ÇŞK sınıfında meydana geldiği belirlenmiştir.

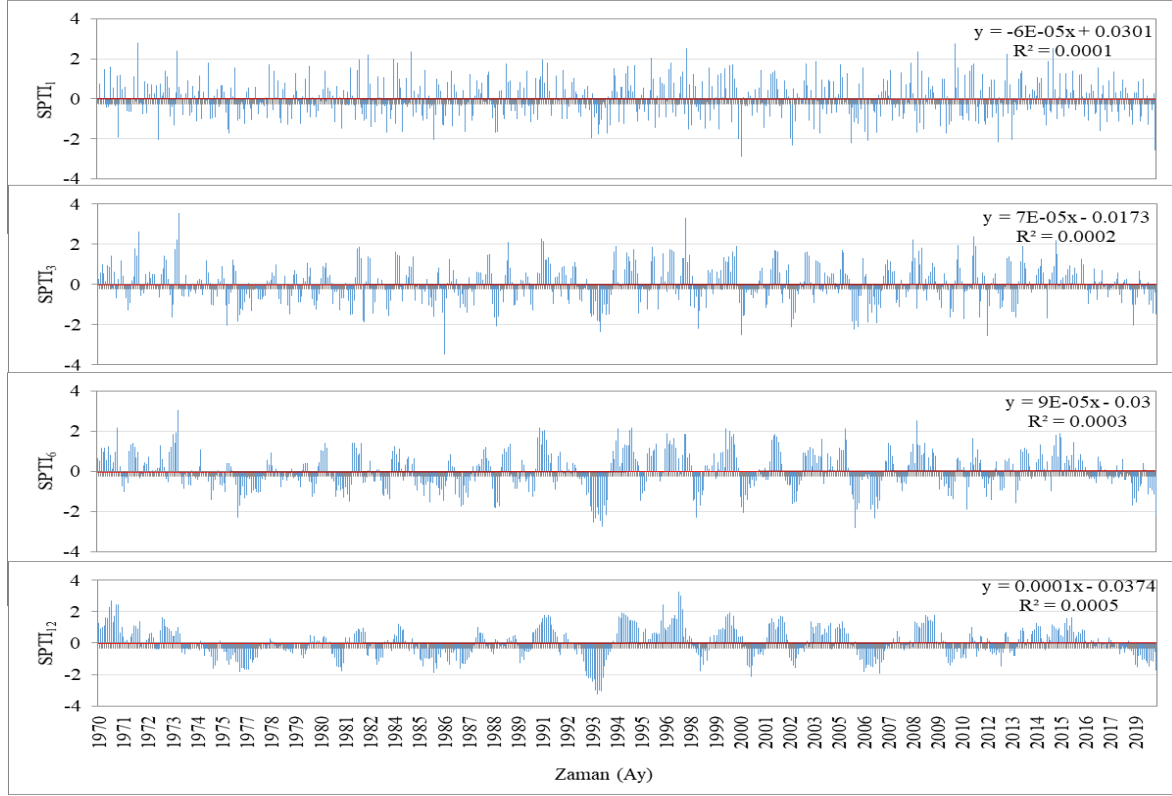
1970-2020 yılları arasındaki 3 aylık zaman dilimlerinde indeks yöntemleri Ekim.1986, Nisan.1994, Aralık.1998, Ocak.2001, Haziran.2003, Haziran.2006, Ağustos.2006 ve Kasım.2012 aylarında Bartın ilinin kuraklıkların ÇŞK sınıfında yaşandığını belirlemişlerdir. Bunlara ek olarak SPI, Mayıs.1976 ve Aralık.1982 aylarının, SPEI, Aralık.1982, Nisan.1989 ve Temmuz.2007 aylarının ve SPTI, Mayıs.1976 ayında da kuraklıkların ÇŞK sınıfında gerçekleştiğini belirlemiştir. Tablo 3'te verilen 6 aylık zaman dilimlerinde en fazla ÇŞK sınıfı 12 adet olay ile SPI ve SPTI yönteminde belirlendiği görülmektedir. SPEI yönteminde 11 adet kuraklık olayı ÇŞK sınıfında meydana geldiği belirlenmiştir. SPI, SPEI ve SPTI indeks yöntemlerinin hepsi Şubat.1977, Şubat - Mart.1994, Mayıs - Haziran - Temmuz.1994, Ağustos.1994, Ocak.1999, Nisan.2001, Ağustos.2006, Temmuz.2007 aylarında kuraklık olaylarının ÇŞK sınıfından gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Bu aylara ek olarak SPEI indeksi Aralık.2011 ve SPTI yöntemi Aralık.2020 aylarındaki kuraklık olaylarının da ÇŞK sınıfında geçtiğini belirtmiştir. Tablo 3'te verilen 12 aylık zaman dilimlerinde en fazla ÇŞK sınıfı 12 adet olay ile SPI ve SPEI yönteminde belirlendiği görülmektedir. SPTI yönteminde 11 adet kuraklık olayı ÇŞK sınıfında meydana geldiği belirlenmiştir. SPI ve SPEI indeksleri Aralık.1993-Ekim.1994 tarihleri arasındaki aylarda kurak olaylarının ÇŞK sınıfında geçtiği belirlerken SPTI yöntemi ÇŞK sınıfındaki kuraklık olaylarının 1 ay gecikme ile başladığını yani Ocak.1994 ile Ekim.1994 ayları arasında meydana geldiğini belirlemiştir. Bu dönemlere ek olarak yine tüm yöntemler Ekim.2001 ayındaki kuraklık olayının da ÇŞK sınıfında geçtiğini belirtmişlerdir.



Şekil 3. Bartın ilinin 1970-2020 yılları arasındaki 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemlere ait SPI indislerinin eğrileri ve doğrusal kuraklık eğilimleri.



Şekil 4. Bartın ilinin 1970-2020 yılları arasındaki 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemlere ait SPEI indislerinin eğrileri ve doğrusal kuraklık eğilimleri.



Şekil 5. Bartın ilinin 1970-2020 yılları arasındaki 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemlere ait SPTI indislerinin eğrileri ve doğrusal kuraklık eğilimleri.

Tablo 3. Bartın ili 1970-2020 yılları arası SPI, SPEI ve SPTI 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman dilimlerindeki gidiş eğrilerinden elde edilen kuraklık olaylarının kuraklık sınıflarına göre yüzdesel görülme sıklıkları

Kuraklık Sınıfları	1 aylık			3 aylık			6 aylık			12 aylık		
	SPI	SPEI	SPTI	SPI	SPEI	SPTI	SPI	SPEI	SPTI	SPI	SPEI	SPTI
NEMLİ	311	305	306	302	306	303	299	293	293	292	295	295
HŞK	202	211	208	212	207	211	212	221	223	216	210	212
OŞK	69	61	65	62	58	57	59	55	52	64	65	59
ŞK	22	29	24	24	28	28	25	27	27	17	19	24
ÇŞK	8	6	9	10	11	11	12	11	12	12	12	11

SPI, SPEI ve SPTI gidiş eğrilerinin 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman dilimlerindeki indis değerlerinin yüzdesel olarak belirtilen doğrusal eğilim değerleri **Tablo 4**'te verilmiştir.

Tablo 4 incelendiğinde, Bartın ili 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman dilimlerindeki meteorolojik kuraklıkların sadece 1 aylık zaman dilimleri için hesaplanan SPEI ve SPTI indislerindeki kurak olaylar yönünde doğrusal eğilimde olduğu ancak diğer tüm zaman dilimlerinde ve indekslerde gidişlerinin nemli olaylar yönünde doğrusal eğilimde olduğu görülmektedir.

Tablo 4. SPI, SPEI ve SPTI gidiş eğrilerinin 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman dilimlerindeki indis değerlerinin yüzdesel olarak belirtilen doğrusal eğilimleri

	1 ay	3 ay	6 ay	12 ay
SPI	%0.02	%0.04	%0.05	%0.10
SPEI	% -0.02	%0.02	%0.04	%0.09
SPTI	% -0.01	%0.01	%0.01	%0.01

3.2 Bartın ili meteorolojik kuraklıkların karakteristik özellikleri

Bartın ilinin 1970-2020 yılları arasında farklı standartlaştırılmış indeks yöntemleri ile hesaplanan 12 aylık zaman diliminde meydana gelen kuraklıkların karakteristik özellikleri run analizi ile edilmiştir. İlgili sonuçlar SPI yöntemi için **Tablo 5**'te, SPEI yöntemi için **Tablo 6**'da ve SPTI yöntemi için **Tablo 7**'de verilmiştir.

Tablo 5'te yer alan SPI indisleri kullanılarak yapılan run analizi sonucunda Bartın ilinde 1970-2020 yılları arasında 13 farklı kurak periyot meydana gelmiştir. En uzun kurak dönem Kasım.1985 yılında başlamış 35 ay sürerek Eylül.1988 yılında tamamlanmıştır. Bu kurak periyot 37.14 şiddetinde ve 1.06 yoğunluğunda gerçekleşmiştir. İkinci en uzun dönem Şubat.1993 ile Mart.1995 yılları arasında 26 ay boyunca meydana gelmiştir. Kurak dönem süre bakımından ikincil olsa da 37.83 şiddeti ile ve 1.45 yoğunluğu ile en

şiddetli ve en yoğun olarak yaşanmış kurak periyodu göstermektedir.

Tablo 5. Bartın istasyonu SPI indislerine göre kurak dönemlerin karakteristik özellikleri

Başlangıç	Bitiş	Süre	Şiddet	Yoğunluk
Kas.74	Ara.78	50	39.2	0.78
Ara.81	Tem.82	8	9.48	1.19
Ara.83	Tem.84	8	6.45	0.81
Kas.85	Eyl.88	35	37.14	1.06
Eki.90	May.91	8	6.44	0.80
Şub.93	Mar.95	26	37.83	1.45
Oca.99	Eki.99	10	7.69	0.77
Haz.01	Haz.02	13	10.05	0.77
Ağu.03	May.04	10	8.40	0.84
Eki.06	Şub.08	17	19.63	1.15
Oca.11	Oca.12	13	8.13	0.63
Şub.13	Eyl.13	8	4.11	0.51
Eyl.19	Ara.20	16	12.89	0.81

Tablo 6'da yer alan SPEI indisleri kullanılarak yapılan run analizi sonucunda Bartın ilinde 1970-2020 yılları arasında 13 farklı kurak periyot meydana gelmiştir. En uzun kurak dönem SPI indis yönteminde olduğu gibi Kasım.1985 yılında başlamış 35 ay sürerek Eylül.1988 yılında tamamlanmıştır. Bu kurak periyot 32.21 şiddetinde ve 0.92 yoğunluğunda gerçekleşmiştir. İkinci en uzun dönem Haziran.1993 ile Mart.1995 yılları arasında 22 ay boyunca meydana gelmiştir. Kurak dönem süre bakımından ikincil olsa da 35.08 şiddeti ile ve 1.59 yoğunluğu ile en şiddetli ve en yoğun olarak yaşanmış kurak periyodu göstermektedir.

Tablo 6. Bartın istasyonu SPEI indislerine göre kurak dönem Run analizleri

Başlangıç	Bitiş	Süre	Şiddet	Yoğunluk
Kas.75	Ara.78	38	32.62	0.86
Ara.81	Tem.82	8	9.92	1.24
Oca.84	May.84	5	5.39	1.07
Kas.85	Eyl.88	35	32.21	0.92
Eki.90	May.91	8	5.43	0.68
Haz.93	Mar.95	22	35.08	1.59
Oca.99	Eki.99	10	7.93	0.79
Haz.01	Haz.02	13	11.52	0.89
Ağu.03	May.04	10	8.12	0.81
Eki.06	May.08	20	20.84	1.04
Oca.11	Oca.12	13	10.79	0.83
Şub.13	Eyl.13	8	5.86	0.73
Eyl.19	Ara.20	16	16.85	1.05

Tablo 7'de yer alan SPTI indisleri kullanılarak yapılan run analizi sonucunda Bartın ilinde 1970-2020 yılları arasında 13 farklı kurak periyot meydana gelmiştir. En uzun kurak dönem diğer indis yönteminde olduğu gibi Kasım.1985 yılında başlamış 35 ay sürerek Eylül.1988 yılında tamamlanmıştır. Bu kurak periyot 36.61 şiddetinde ve 1.05 yoğunluğunda gerçekleşmiştir. İkinci en uzun dönem Şubat.1993 ile Mart.1995 yılları arasında 26 ay boyunca meydana gelmiştir. Kurak dönem süre bakımından ikincil olsa da 37.40 şiddeti ile ve 1.43 yoğunluğu ile en şiddetli ve en yoğun olarak yaşanmış kurak periyodu göstermektedir.

Tablo 7. Bartın istasyonu SPTI indislerine göre kurak dönem run analizleri

Başlangıç	Bitiş	Süre	Şiddet	Yoğunluk
Kas.75	Ara.78	38	34.51	0,91
Ara.81	Tem.82	8	9.56	1,20
Ara.83	Tem.84	8	6.31	0,79
Kas.85	Eyl.88	35	36.61	1,05
Eki.90	May.91	8	6.34	0,79
Şub.93	Mar.95	26	37.40	1,43
Oca.99	Eki.99	10	7.75	0,77
Haz.01	Haz.02	13	10.24	0,79
Ağu.03	May.04	10	8.39	0,84
Eki.06	Şub.08	17	19.78	1,16
Oca.11	Oca.12	13	8.53	0,66
Şub.13	Eyl.13	8	4.36	0,55
Eyl.19	Ara.20	16	13.44	0,84

4 Sonuçlar

Sunulan çalışmada Bartın ilin 1970-2020 yılları arası kısa ve uzun dönem meteorolojik kuraklıkları SPI, SPEI ve SPTI indis yöntemleri ile araştırılmıştır. Çalışma kapsamında indeks yöntemlerinde elde edilen kuraklık gidiş eğrileri ile kuraklıkların doğrusal eğilimleri belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca SPI, SPEI ve SPTI indisleri ile elde edilen kuraklık olayların sınıfları belirlenmiştir. SPI, SPEI ve SPTI indisleri run analizine tabi tutularak 12 aylık zaman dilimlerinde meydana gelen kurak periyotlar ve bu kurak süreçlerin karakteristik özellikleri tanımlanmıştır.

Bartın ili 1970-2020 yılları arasındaki farklı dilimlerinde meydana gelen tüm kuraklık olaylarında kuraklık sınıflarının hepsi meydana gelmiştir. 1 aylık zaman diliminden 12 aylık zaman dilimine doğru gidildiğinde Bartın ilinde tüm indeks yöntemlerinde Yıldız Bozkurt (2021) çalışmasının Bartın ili için olan kısmına benzer şekilde ve Yüce ve ark. (2022) Samsun ili için yapılmış çalışmaya benzer olarak nemlilik olaylarının azaldığını ve ÇŞK sınıfında kuraklık olaylarının arttığı belirlenmiştir. Ayrıca ÇŞK sınıfında yer alan kuraklık olaylarının çok büyük bir kısmının 2001 yılından sonra meydana gelen kuraklık olaylarından kaynaklandığı belirlenmiştir. Uzun dönem zaman dilimi olan 6 ve 12 aylık kuraklıklarda 1994 yılının neredeyse tamamının ÇŞK sınıfında meydana geldiği görülmüştür.

SPI, SPEI ve SPTI indeksli ile elde edilen kurak gidiş eğrilerinin doğrusal eğilimleri genel olarak nemli olaylara doğrudur (1 aylık SPEI ve SPTI hariç).

SPI, SPEI ve SPTI indis yöntemlerinin run analizi sonucunda elde edilen karakteristik özelliklere göre, Bartın ilinin Yıldız Bozkurt (2021) çalışmasına benzer şekilde Kasım 1985 ile Eylül 1988 tarihleri arasındaki 35 aylık süreyi kurak bir dönem geçirdiği görülmektedir. Bartın ilindeki kuraklık karakteristiklerinden, en yoğun kuraklıkların evapotranspirasyon kayıplarından kaynaklandığı belirlenmiştir.

Çalışmada 12 aylık zaman diliminde en uzun kurak dönem SPI, SPEI ve SPTI indis yöntemlerine göre Kasım.1985 ile Eylül 1988 yılları arasında 35 ay boyunca meydana gelmiştir. Elde edilen bu dönem Yıldız Bozkurt (2021) çalışmasında 12 aylık zaman dilimi için belirttiği kurak dönemle birebir uyumludur. Bartın ili, Kumanlioğlu (2020) yılında Gediz Havzası için yaptığı çalışmada belirttiği kurak dönemlere benzer şekilde, Bartın ili de 1984-1995 yılları arasında yoğun kurak dönemler yaşamıştır.

Sonuç olarak, Bartın ili zemin nemi açığını oluşturan evapotranspirasyon kaynaklı meteorolojik kuraklıklardan daha fazla etkilenmektedir. Sürdürülebilir su kaynakları yöntemi açısından bu tür kayıpların önlenmesi için Bartın iline özel bu tür çalışmaların artması gerekmektedir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %15

Kaynaklar

- [1] United Nations Convention to Combat Desertification, Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa U.N. Doc. A/AC.24/27, 33 I.L.M. 1328, United Nations, 1994.
- [2] A. A. Kumanlioğlu ve O. Fıstıkoğlu, Yukarı Gediz havzası yağışlarının meteorolojik kuraklık analizleri, DEUFMD, 21(62), 509-523, 2019. <https://doi.org/10.21205/deufmd.2019216216>
- [3] A. A. Kumanlioğlu, Characterizing meteorological and hydrological droughts: A case study of the Gediz River Basin, Turkey., 27, e1857, 2019. <https://doi.org/10.1002/met.1857>
- [4] A. Ü. Kömüşçü, A. Erkan, E. Turgu, Normalleştirilmiş yağış indeksi metodu ile Türkiye'de kuraklık oluşumunun coğrafik analizi, DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Yayını, Ankara, 2002
- [5] T. B. McKee, N. J. Doesken, J. Kleist, et al., The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the 8th conference on applied climatology, 17, 179-183, 1993.
- [6] S. M. Vicente-Serrano, S. Beguería, J. I. López-Moreno, A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index J. Clim., 23(7), 1696-1718, 2010. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>
- [7] Z. Ali, I. Hussain, M. Faisal, H.M. Nazir, M. Abd-el Moemen, T. Hussain, S. Shamsuddin, A novel multi-scalar drought index for monitoring drought: the standardized precipitation temperature index. Water Resour. Manag., 31(15), 4957-4969, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1788-1>
- [8] Z. Ali, I. Hussain, M. Faisal, M. et al., A novel multi-scalar drought index for monitoring drought: The standardized precipitation temperature index. Water Resources Management 31, 4957-4969 2017. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1788-1>
- [9] A. A. Kumanlioğlu, A new approach for characterization of meteorological and hydrological droughts: Cumulative standardized drought index (CSDI). Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 131, 103420, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2023.103420>
- [10] S. Karaman, Z. Gökalp. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3 (1), 59-66, 2010.
- [11] N. Salehnia, A. Alizadeh, H. Sanaeinejad, M. Bannayan, A. Zarrin, G. Hoogenboom, Estimation of meteorological drought indices based on AgMERRA precipitation data and station-observed precipitation data. Journal of Arid Land, 9(6): 797-809, 2017. <https://doi.org/10.1007/s40333-017-0070-y>
- [12] Y. Kayam, G. B. Aydın. İklim değişikliğinin Aydın yöresinde toprak nemi üzerindeki etkileri ve SWAP modeli ile simülasyonu. Toprak Su Dergisi, Özel Sayı, 31-45, 2017
- [13] M. N. Lorenzo, H. Pereira, I. Alvarez ve J. M. Diaz, Standardized precipitation index (SPI) evolution over the Iberian Peninsula during the 21st century. Atmospheric Research, 197,107132, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.107132>
- [14] T. V. Le, Y. A. Liou ve K. A., Nguyen, Revealing the intricate relationship: Droughts and typhoons in Taiwan using Standardized Precipitation Index (SPI), Journal of Hydrology: Regional Studies, 55, 101917, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101917>
- [15] M. A. Khan, M. Faisal, M. Z. Hashmi, A. Nazeer, Z. Ali ve I., Hussain, Modeling drought duration and severity using two-dimensional copula. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 214, 105530, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2020.105530>
- [16] B. Durmuş ve İ. Bulut, Batı Akdeniz'deki ekstrem kuraklık şartlarının SPEI yöntemi ile belirlenmesi. Türk Coğrafya Dergisi, 84, 41-52, 2023. <https://doi.org/10.17211/tcd.1327588>
- [17] Y. D. Öztürk ve R. Ünlü, Karadeniz Bölgesi kurak ve nemli dönemlerin SPI yöntemi kullanılarak belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 10(2), 247-262, 2024. <https://doi.org/10.21324/dacd.1383857>
- [18] S. Yıldız Bozkurt. Karadeniz Bölgesindeki tarihsel meteorolojik kuraklıkların farklı yöntemlerle değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, 2021.

- [19] M. İ. Yüce, H. Aksoy, A. Aytek, M. Eşit, F. Uğur, İ. Yaşa, A. Şimşek, İ. H. Değer. SOI ve SPEI ile Samsun ili kuraklık analizi. KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(3), 285-295, 2022. <https://doi.org/10.17780/ksujes.1108663>
- [20] T. Partal, E. Yavuz. Batı Karadeniz Bölgesinde kuraklık indisleri üzerinde trend analizi. Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 6(2), 345-353, 2020. DOI: 10.21324/dacd.643161
- [21] E. Gül, ve ark.. Batı Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı. Ankara, 2019, 821s.
- [22] T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Bartın İl Kültür Turizm Müdürlüğü <https://bartin.ktb.gov.tr/TR-68966/iklim.html> Erişim tarihi: 18.Aralık.2024
- [23] E. Baş, Ş. Palta, İ. C. İpek. Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Bartın ilinin Thornthwaite ve Köppen yöntemlerine göre iklim sınıflandırması. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 26 (4), 329-344, 2024. DOI: 10.24011/barofd.1484677
- [24] T. B. McKee, N. J. Doesken ve J.Kleist, The Relationship of drought frequency and duration to time scales. (th Conference on Applied Climatology, sayfa 1-6, Anaheim, California, 17-22 January 1993.
- [25] World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP)-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. Geneva, 2016.
- [26] S. M., Vicente-Serrano, S. Begueria, J. I. Lopez-Moreno, A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. J. Clim. 23, 1696-1718, 2010. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>
- [27] V. Yevjevich, An objective approach to definition and investigations of continental hydrologic drought. In: Hydrology paper, n.23, Colorado State University, Colorado, 1967.

