



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



SYİ yöntemiyle çoruh havzası uzun dönem (1969-2020) meteorolojik kuraklığının analizi

Long-term (1969-2020) meteorological drought analysis of the çoruh basin using the SPI method

Yazar(lar) (Author(s)): Oğuz ŞİMŞEK¹, Nazire Göksu SOYDAN-OKSAL², Elif Miraç UNCU³, Veysel GÜMÜŞ⁴, Mehmet ŞEKER⁵

ORCID¹: 0000-0001-6324-0229

ORCID²: 0000-0001-6469-2649

ORCID³: 0000-0002-5647-1341

ORCID⁴: 0000-0003-2321-9526

ORCID⁵: 0000-0002-4007-0703

To cite to this article: Şimşek O., Soydan Oksal N. G., Uncu E. M., Gümüş V. ve Şeker M., “SYİ yöntemiyle çoruh havzası uzun dönem (1969-2020) meteorolojik kuraklığının analizi”, *Journal of Polytechnic*, 27(4): 1553-1564, (2024).

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz: Şimşek O., Soydan Oksal N. G., Uncu E. M., Gümüş V. ve Şeker M., “SYİ yöntemiyle çoruh havzası uzun dönem (1969-2020) meteorolojik kuraklığının analizi”, *Politeknik Dergisi*, 27(4): 1553-1564, (2024).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.1295259

SYİ Yöntemiyle Çoruh Havzası Uzun Dönem (1969-2020) Meteorolojik Kuraklığının Analizi

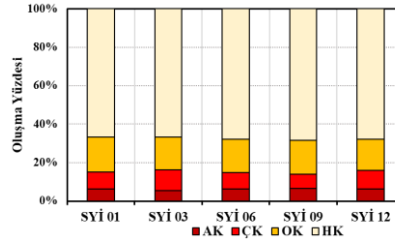
Long-term (1969-2020) Meteorological Drought Analysis of the Çoruh Basin Using the SPI Method

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Çoruh Havzası meteorolojik kuraklığının analizi/ Analysis of Coruh Basin meteorological drought
- ❖ Kuraklık süre, şiddet ve büyüklüğünün belirlenmesi/ Determination of drought duration, severity and magnitude
- ❖ Yağış parametresine bağlı kuraklık analizi/ Drought analysis based on precipitation parameter
- ❖ Kuraklık sınıflarının oluşum oranlarının hesaplanması/ Calculation of the percentages of occurrence of drought classes

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Çoruh Havzasında bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarında uzun yıllar ölçülen yağış verileri kullanılarak havzanın meteorolojik kuraklık analizi Standartlaştırılmış Yağış İndeksi yöntemiyle değerlendirilmiştir. The meteorological drought analysis of the basin was evaluated by the Standardized Precipitation Index method, using the precipitation data measured for many years at the meteorological observation stations in the Coruh Basin.



Şekil. Kuraklık sınıflarının oluşum oranları /Figure. Occurrence rates of drought classes

Amaç (Aim)

Bu çalışmanın amacı, Çoruh Havzasında 1969-2020 yılları arasında ölçülen yağış verileri yardımıyla farklı zaman periyotları için havzanın meteorolojik kuraklığının değerlendirilmesidir. / The aim of this study is to evaluate the meteorological drought of the basin for different time periods with the help of precipitation data measured between 1969 and 2020 in the Coruh Basin.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Çoruh havzasında bulunan beş farklı meteoroloji gözlem istasyonunda ölçülen uzun dönem (52 yıl) yağış verileri kullanılarak Standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemiyle meteorolojik kuraklık analizi. / Meteorological drought analysis with Standardized precipitation index method using long-term (52 years) precipitation data measured at five different meteorological observation stations in the Çoruh basin.

Özgünlük (Originality)

Çoruh Havza'sı için son yıllarda ölçülen yağış verileri kullanılarak yapılan ilk meteorolojik kuraklık analizidir. / It is the first meteorological drought analysis for the Coruh Basin using precipitation data measured in recent years.

Bulgular (Findings)

Havzada en uzun kurak dönemin 2010 yılından sonra yaşandığı ve zaman ölçeğinin artmasıyla kuraklık bileşenlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. / It was determined that the longest dry period in the basin was experienced after 2010 and the drought components increased with the increase in the time scale.

Sonuç (Conclusion)

Tortum istasyonu en yüksek kuraklık riskinin tespit edildiği istasyondur. / Tortum station is the station where the highest drought risk is detected.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

SYİ Yöntemiyle Çoruh Havzası Uzun Dönem (1969-2020) Meteorolojik Kuraklığının Analizi

Araştırma Makalesi / Research Article

Oğuz ŞİMŞEK^{1*}, Nazire Göksu SOYDAN-OKSAL², Elif Miraç UNCULU¹, Veysel GÜMÜŞ¹, Mehmet ŞEKER¹

²Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Harran Üniversitesi, Türkiye

²Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Mersin Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 10.05.2023 ; Kabul/Accepted : 13.07.2023 ; Erken Görünüm/Early View : 08.09.2023)

ÖZ

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerinin arttığı günümüzde, kuraklık giderek daha büyük bir sorun haline gelmektedir. Bu nedenle, ulusal ve uluslararası düzeyde kuraklıkla mücadele ve önleme stratejileri için kuraklığın geçmiş davranışlarının bölgesel düzeyde araştırılması oldukça önemlidir. Bu amaçla, sunulan çalışmada, Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer alan Çoruh Havzası'nın meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde havza sınırları içerisinde bulunan beş farklı meteoroloji gözlem istasyonunda 1969-2020 yılları arasında ölçülen 52 yıllık yağış verileri kullanılmıştır. Kuraklık analizinde sadece yağış parametresine dayalı hesap yapan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yönteminden yararlanılmıştır. 1-, 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman periyotlarında kurak ve yağışlı dönem oluşma yüzdeleri elde edilmiş ve farklı kuraklık sınıflarının meydana gelme yüzdeleri değerlendirilmiştir. Ayrıca, ele alınan tüm istasyonlarda en kurak dönemin süresi, kuraklığın şiddeti ve büyüklüğü elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, havzada en uzun kurak dönemin (kritik dönem) çoğunlukla 2010 yılından sonra yaşandığı belirlenmiştir. Zaman ölçeğinin artmasıyla İspir istasyonu dışındaki diğer istasyonlarda kuraklık süresi ve şiddeti artmıştır. Tortum istasyonunun ele alınan istasyonlar arasında kuraklık açısından en riskli istasyon olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çoruh havzası, meteorolojik kuraklık, syi, en uzun kuraklık.

Long-term (1969-2020) Meteorological Drought Analysis of the Çoruh Basin Using the SPI Method

ABSTRACT

Drought is becoming a major issue in modern days when the effects of global warming and climate change are intensifying. Therefore, it is very important to investigate the historical drought patterns at the regional level for drought mitigation and prevention strategies at national and international scales. For this reason in the presented study, a meteorological drought analysis of the Çoruh Basin in the northeast of Turkey was conducted. In determining meteorological drought, 52 years of precipitation data measured between 1969 and 2020 at five different meteorological observation stations located within the borders of the basin were used. The Standardized Precipitation Index (SPI) method, which calculates only based on precipitation parameter, was used in the drought analysis. The occurrence percentages of dry and rainy periods in 1-, 3-, 6-, 9- and 12-month periods were obtained, and the percentages of occurrence of different drought classes were evaluated. In addition, the duration of the driest period and the severity and magnitude of the drought were obtained at all stations. The results obtained determined that the longest dry period (critical period) in the basin was mostly experienced after 2010. With the increase in the time scale, the duration and severity of drought increased at stations other than the İspir station. It has been determined that the Tortum station is the riskiest in terms of drought among the stations studied.

Keywords: Coruh Basin, meteorological drought, SPI, longest drought.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kuraklık, belirli bir sürece dayanan ve etkisini uzun süre sonra gösteren, önemli düzeyde çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri olan bir afettir. Kuraklık, yağışların uzun yıllar ölçülen normal düzeyinin önemli ölçüde altında kalması sonucu arazi kullanımını ve kaynak üretim sistemlerini negatif olarak etkileyen ve önemli hidrolojik düzensizliklere neden olan bir olaydır [1, 2]. Kuraklığa etki eden parametreler başlıca yağış, enlem derecesi, yükselti, sıcaklık artışı, nem miktarındaki düşme, rüzgâr şiddeti ve topografik özellikler şeklinde sıralanabilir. Ancak, bu parametreler arasında yağış, en belirleyici faktör olup, aylık yağışın uzun yıllar boyunca ortalama

yağış miktarının altında seyretmesi durumu kuraklık olarak tanımlanmaktadır [3-6]. Kuraklık en yıkıcı doğal afetlerin başında gelmesinin yanında küresel iklim değişikliğinden kaynaklı meydana gelen anomaliler nedeniyle de birçok araştırmacı tarafından araştırılan önemli bir konudur [7-13]. Kuraklık ile ilgili artan bir ilgi olmasına rağmen, bölgesel değişkenlikler, kuraklığın başlangıç, bitiş zamanı, şiddeti veya etkileyeceği alanın kesin olarak belirlenememesi araştırmacıları sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, özellikle bölgesel olarak bu araştırmaların artırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta : oguzsimsek@harran.edu.tr

Kuraklık oluşum nedenlerine ve etki ettiği kaynağa göre genellikle dört farklı şekilde sınıflandırılabilir. Bunlar; meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik kuraklıktır. Meteorolojik kuraklık; yağışın uzun yıllar boyunca belirgin şekilde ortalamasının altında gerçekleşmesi olarak tanımlanmaktadır. Meteorolojik kuraklığı belirleyen en önemli etken yağış azlığının ne kadar sürdüğü ve şiddetidir [14-16]. Çoğunlukla, yağışın belirli bir düzeyden daha az olması koşuluna göre kurak dönemler belirlenebilir. Meteorolojik kuraklığın uzun sürmesi durumunda ise meydana gelmesi muhtemel ilk kuraklık türü ise hidrolojik kuraklıktır. Bu kuraklık sınıfında ise uzun süreli yağış azlığının; yüzey akışı veya yeraltı su seviyesi gibi hidrolojik sistemin bileşenlerinde bir azalma meydana gelmektedir [17, 18]. Meteorolojik ve/veya hidrolojik kuraklık sırasında veya sonrasında ise tarımsal kuraklık meydana gelmesi kaçınılmazdır. Toprakta bitkinin büyümesi ve canlı kalmasını sağlayacak miktarda suyun ve nemin bulunmaması tarımsal kuraklık olarak tanımlanırken, bu kuraklık türü genellikle tarımsal ürün miktarında azalmaya neden olur. Bütün bu kuraklık türlerinin neticesinde de sosyo-ekonomik kuraklık oluşması kaçınılmazdır [19]. Sonuç olarak bir bütün olarak değerlendirildiğinde kuraklık türleri birbiri ile iç içe geçmiştir ve ilişkidir.

Kuraklık risk yönetimi için, kuraklık meydana gelmeden önce yapılan çalışmaların etkisinin, kuraklık hissedilmeye başladıktan sonra yapılan çalışmalardan daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sebeple kuraklık ile ilgili çalışmalar yapıp, veriler analiz edilerek, elde edilen sonuçlara göre planlamaların yapılmasının kuraklık etkisinin azaltılmasında oldukça etkili olacağı söylenebilir [20]. Bu amaçla birçok araştırmacı tarafından farklı kuraklık analiz yöntemleri önerilmiştir. Kuraklıkların belirlenmesinde, analizinde ve değerlendirilmesinde farklı araştırmacılar tarafından önerilen ve geliştirilen kuraklık indekslerinden yararlanılmaktadır. Bu kuraklık indisi yöntemlerinde kuraklık indisi değerlerinin hesaplanması için çeşitli hidro-meteorolojik değişkenin girdi olarak kullanılması gerekmektedir. Meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde farklı yöntemler önerilmiş olsa da Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından önerilen ve kuraklığı izlemede sadece yağış parametresine dayalı hesaplama yapan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi dünyanın farklı bölgelerinde sıklıkla tercih edilmektedir [21-25]. Türkiye’de ise SYİ yöntemi ile yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde, ülke geneli için makro ölçekte yapılan çalışmalar öne çıkmaktadır [26-28]. Ancak, kuraklık, yapısı gereği yerel değişimler sergilediğinden, bölgesel olarak incelenmesi de gerekmektedir. Bu amaçla Türkiye’de de bölgesel olarak kuraklığın değişimini inceleyen bir çok çalışma yapılmaktadır. Örneğin, İç Anadolu bölgesinde 1953-2003 yılları arasında kaydedilen yağış verileri kullanılarak bölgenin meteorolojik kuraklığı Yeğnidemir [9] tarafından analiz edilmiştir. Meteorolojik kuraklığın değerlendirilmesinde SYİ yöntemi kullanılmış ve meteorolojik kuraklığın karakteristikleri belirlenmiştir.

Topçu [29], Seyhan Havzası’nda çok sayıda gözlem istasyonunun aylık yağış verilerini kullanarak SYİ yöntemiyle havzada kuraklık değerlendirilmesini gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda ele alınan istasyonların tamamında kuraklık oluşumunun nemli dönem oluşum yüzdesine yakın olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ortalama SYİ değerlerine göre Ulukışla istasyonu kuraklığın en az görüldüğü istasyon olurken, Karaisalı istasyonu ise kuraklığın en fazla olduğu istasyon olarak bildirilmiştir. Sonuçların genel olarak değerlendirilmesinden Seyhan havzasında hafif kurak sınıfının baskın olduğu belirlenmiştir. Zarei [30], İran’ın güneyinde bulunan 16 istasyonda 1980-2014 yılları arasında yağış verilerini kullanarak SYİ yöntemiyle bölgede meteorolojik kuraklığın mekânsal ve zamansal değişimini incelemişlerdir. Yapılan analizler neticesinde en fazla kuraklık oranı ele alınan istasyonların %37.5 değeriyle yıllık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Genel olarak sonuçlar, kuru sınıflı alan yüzdesinin artma eğiliminde olduğunu, bu nedenle çalışma alanının daha kuru olacağını ve bunun tarımsal faaliyetler, doğal kaynak yönetimi, yüzey su kaynakları ve yeraltı su kaynakları planlaması ve diğer faaliyetler üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Das ve ark. [31], Luni Nehir havzasındaki meteorolojik kuraklığı 39 adet meteoroloji gözlem istasyonunda 1973-2016 yılları arasında ölçülen yağış değerlerini kullanılarak SYİ yöntemiyle analiz etmişlerdir. Hem uzun ölçekli (24, 12 ve 9 ay) hem de kısa ölçekli (6, 3 ve 1 aylık) SYİ değerleri, kuraklık olaylarını ve şiddetli kuraklık koşullarının kapsadığı alan yüzdesini tanımak için hesaplanmıştır. Çalışma bölgesinde 1981, 1984, 1985, 1988, 1989, 1991, 1993, 1999, 2000, 2004, 2005 ve 2008 yıllarında büyük kuraklık olaylarının yaşandığı ve havzada kuraklığın daha yaygın hale gelme potansiyelinin bulunduğu bildirilmiştir. Gumus ve ark. [3], Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) bölgesinde bulunan 9 ilde yer alan 15 farklı meteoroloji gözlem istasyonunda kaydedilen aylık toplam yağış verilerini kullanarak GAP bölgesinin meteorolojik kuraklığını analiz etmişlerdir. Kuraklığın değerlendirilmesinde SYİ yöntemi kullanılmış ve 3-, 6- ve 12 aylık zaman ölçeğinde kuraklık indisi değerleri hesap edilmiştir. Çalışma sonucunda, GAP bölgesinde kuraklığın arttığı belirtilmiştir. Keskiner ve Şimşek [32], Akdeniz bölgesinin Göller bölgesi kapsamında yer alan Isparta, Seydişehir ve Eğirdir meteoroloji gözlem istasyonlarında 41 yıl boyunca kaydedilen yağış verileriyle üç farklı zaman ölçeğinde SYİ yöntemiyle meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. SYİ serileri iki farklı zaman periyodunda değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, son yıllara ait yağış verilerinin dikkate alınmasıyla istasyonların kuraklık riski altında olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmalardan görüleceği üzere bölgesel olarak ortaya çıkan farklılıklar, her bölgenin ayrı analiz edilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Bu amaçla, Türkiye’nin kuzeydoğusunda yer alan ve nispeten küçük bir nehir havzası olmasına rağmen iki farklı iklim tipini (Doğu Anadolu ve Karadeniz) barındıran, tarım ve hayvancılık açısından önemli

alanları içerisinde barındıran Çoruh nehir havzasında da detaylı bir kuraklık izleme çalışması yapılmıştır. Daha önce bölgesel olarak tarihsel kuraklık yapısı değerlendirilmemesi de bu çalışmanın ana motivasyonu olmuştur.

Bu çalışmada, Türkiye'nin kuzey doğusunda bulunan Çoruh Havzası'nda yer alan beş farklı meteoroloji gözlem istasyonuna ait 1969-2021 yılları arasında kaydedilen kesintisiz yağış verileri kullanılarak 1-, 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde SYİ yöntemiyle meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Kurak-yağışlı dönem, farklı kurak sınıfların oluşma yüzdeleri, kuraklık şiddeti ve en uzun kurak dönemler değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

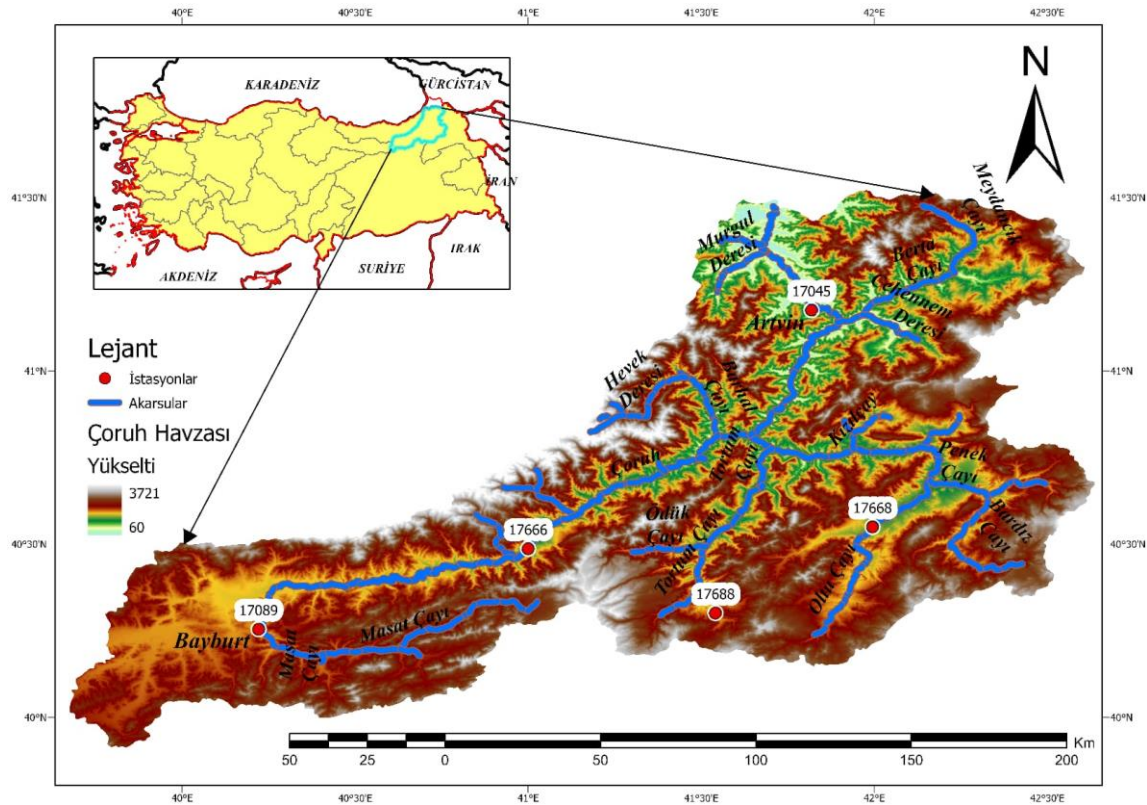
2.1. Çalışma Alanı ve Veri (Study Area and Data)

Çoruh Havzası'nın, Türkiye'nin kuzeyinde bulunan Gürcistan ile sınırı bulunmaktadır. Havzanın güneyinde Fırat Havzası, kuzeyinde Doğu Karadeniz Havzası, batısında Yeşilirmak Havzası ve doğuda Aras Nehri Havzası yer almaktadır. Havza 19.654 km² büyüklüğünde ve 540 mm yıllık ortalama yağışa sahiptir [33, 34]. Bölgede çok sayıda hidroelektrik üretim tesisinin inşası yapılmakta ya da planlanma aşamasındadır. Örneğin, Artvin ilinde inşası tamamlanan, çift eğrilikli beton kemer kategorisinde dünyanın en yüksek üçüncü barajı ve 2022 yılında su tutmaya başlayan Yusufeli Barajı, Çoruh nehri üzerinde bulunmaktadır [35]. Yağış verilerinde meydana gelecek

azalmaya bağlı olarak oluşabilecek kuraklığın, bölgede enerji tesislerinin ve bölge halkının ekonomik faaliyetlerinin aksamasına yol açabileceği değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, Çoruh havzasında bulunan Artvin, Bayburt, İspir, Oltu ve Tortum meteoroloji gözlem istasyonlarında 1969-2020 yılları arasında kaydedilen 52 yıllık yağış verisi kullanılarak SYİ yöntemiyle meteorolojik kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Çoruh havzasında meteorolojik kuraklığın değerlendirilmesinde ele alınan istasyonların havzanın içindeki konumları Şekil 1'de verilmiştir.

Çoruh havzasında bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarının bilgileri ve bu istasyonlarda kaydedilen yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) sağlanmıştır. Bu istasyonlara ait bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir. Bölgede daha fazla meteoroloji istasyonu bulunmasına rağmen uzun yıllar boyunca kaydedilen ve düzenli veri bulunan beş adet istasyon bu çalışmada kullanılmıştır. Çoruh havzasında 17045-Artvin istasyonu en kuzeyde ve en düşük yükseltiye sahip iken, 17688-Tortum istasyonu en büyük yükseltiye sahiptir. Ölçüm aralığının farklılık göstermesinden dolayı, ortak yıl aralığı olan 1969-2020 yılları arasındaki veriler meteorolojik kuraklık analizinde kullanılmıştır. Ele alınan istasyonlar arasında en büyük ortalama, maksimum ve standart sapma değere 17045-Artvin istasyonu sahip iken, en küçük değerlere sahip istasyon ise Oltu istasyonudur. Havza genelinde ele alınan istasyonların ortalama yağış yüksekliği 39.69 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı (Study area)

Çizelge 1. Analizde kullanılan istasyonlara ait coğrafi bilgiler ve veri aralığı (Geographic information and data range of the stations used in the analysis)

Numarası	Adı	Veri Aralığı	Kullanılan Veri Aralığı	Yükselti (m)	Enlem (°)	Boylam (°)	Ort. (mm)	Mak. (mm)	Stan. Sap. (mm)
17045	Artvin	1950-2020		613	41.17	41.82	57.81	342.20	42.63
17089	Bayburt	1958-2020		1584	40.26	40.22	36.00	149.10	26.46
17666	İspir	1956-2020	1969-2020	1223	40.49	40.99	36.98	142.70	26.63
17668	Oltu	1969-2020		1312	40.55	41.99	30.47	118.20	22.90
17688	Tortum	1959-2020		1576	40.30	41.54	37.18	170.20	26.45

2.2. Yöntem (Method)

2.2.1. Kuraklık analizi (Drought analysis)

Meteorolojik kuraklığın analizinde farklı araştırmacılar tarafından çeşitli kuraklık indeksleri önerilmiş olsa da dünyada ve ülkemizde meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde sadece yağış verilerini kullanmasından dolayı Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi oldukça sık tercih edilmektedir [36-39].

SYİ yönteminde indis değerleri, istenen zaman ölçeği için yağış değerinden uzun yıllara ait ortalama yağış değerinin farkının standart sapmaya bölünmesiyle hesaplanır [40, 41]. SYİ yöntemiyle 1, 3, 6 aylık kısa dönem ya da 9, 12, 24 ve 48 aylık uzun dönem gibi farklı zaman periyotlarında kuraklık analizi yapılabilmektedir [42]. SYİ yöntemi uygulanmadan önce yağış verileri gamma dağılımına uydurulur ve gamma dağılımına uydurulmuş yağış değerleri kullanılarak Eşitlik 1'de görüldüğü gibi SYİ değerleri hesaplanır.

$$SYI_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{\sigma_j} \quad (1)$$

Eşitlik 1'deki X_{ij} , \bar{X}_i , ve σ_j sırasıyla, i. yılın j. ayındaki yağış, j. aydaki ortalama aylık yağış ve j. aydaki yağışların standart sapmasını temsil etmektedir.

SYİ değerlerinin sıfırın altında olduğu dönemlerde kuraklığın oluştuğu, sıfırın üstünde olduğu dönemler ise yağışlı dönemler olarak kabul edilmektedir. SYİ indis değerleri bir zaman periyodu içerisinde devamlı olarak sıfırın altında ise bu dönem kurak dönem olarak tanımlanır [43]. Bir zaman serisinde kesintisiz olarak en uzun kurak dönemlerin yaşandığı zaman aralığı ise kritik zaman periyodu olarak belirlenir. SYİ yönteminde kullanılan kuraklık sınıfları ve aralıkları Çizelge 2'de verilmiştir [40].

SYİ değerlerinin analizinde en az 30 yıllık kesintisiz kayda sahip aylık olarak kaydedilen yağış dizileri hazırlanmakta ve 1-, 3-, 6-, 9-, 12-, 24- ve 48- vb. aylık dönemler için SYİ değerleri belirlenmektedir. Belirlenen dönem için yağış azlığının farklı su kaynaklarına ne kadar sürede etkisi olacağı incelenilmektedir. Örneğin herhangi bir dönemde yağış azlığı toprak nemini çok hızlı etkileyebilirken, yeraltı suları ve nehirlerin yağış

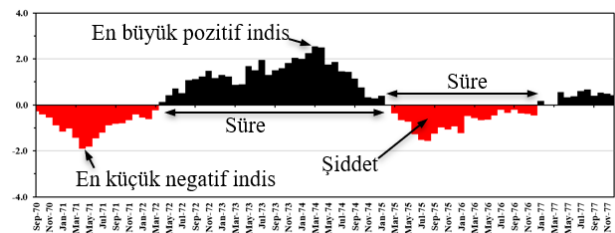
azlığından etkilenme durumu daha uzun sürebilir. Her zaman dilimindeki veri dizileri kaydırılarak ayın indis değeri hesaplanırken ondan önceki ayların değerleri kullanılarak belirlenmektedir [44]. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında kısa ve orta vadeli değişimlerin izlenebilmesi için 1-, 3-, 6-, 9- ve 12 aylık SYİ değerleri hesaplanarak kuraklıklar değerlendirilmiştir.

Çizelge 2. SYİ yönteminde kuraklık sınıflandırılması (Drought classification in SPI method) [40]

Kuraklık Sınıfı	SYİ değer aralığı
Aşırı Kurak (AK)	SYİ < -2.00
Çok Kurak (ÇK)	-2.00 ≤ SYİ < -1.50
Orta Kurak (OK)	-1.50 ≤ SYİ < -1.00
Hafif Kurak (HK)	-1.00 ≤ SYİ < 0
Hafif Yağışlı (HY)	0 ≤ SYİ < 1.00
Orta Yağışlı (OY)	1.00 ≤ SYİ < 1.50
Çok Yağışlı (ÇY)	1.50 ≤ SYİ < 2.00
Aşırı Yağışlı (AY)	2.00 ≤ SYİ

2.2.2. Run Teori (Run Theory)

Kuraklık analizinde indis değerlerinin hesaplanmasının yanında kuraklık bileşenlerinin (kuraklığın süresi, kuraklığın şiddeti, en büyük ve en küçük indis değerleri) belirlenmesi oldukça önemlidir [45]. İstasyonlara ait hesaplanan kuraklık karakteristikleri Run Teorisi [46] ile belirlenmiştir. Kuraklığın süresi, şiddeti ve en büyük ve en küçük değerleri (peak) Şekil 2'de görüldüğü gibi belirlenir. Bu yöntemle, meteorolojik kuraklıklar Şekil 2'de görüldüğü gibi; kuraklık süre ve şiddeti karakterize edilebilir. SYİ değerlerine göre kuraklık karakteristiğini hesaplayan bu teoride çizilen grafiğe göre, değerler sıfırın altındaysa kuraklık yaşanmıştır ve değerler sıfır olana kadar kuraklık devam etmiştir.

**Şekil 2.** Kuraklık bileşenleri (Drought components)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Çoruh havzasında bulunan Artvin, Bayburt, İspir, Oltu ve Tortum meteoroloji gözlem istasyonları için 1-, 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ indis değerlerinin zamansal dağılımları grafiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu grafiklerde SYİ değerlerinin zamansal değişiminde siyah olan kısım yağışlı (SYİ ≥ 0), kırmızı olan kısımlar ise kurak (SYİ < 0) dönemleri ifade etmektedir. Aşağıda sunulan grafiklerde 1-, 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinin kısaltmaları sırasıyla SYİ01, SYİ03, SYİ06, SYİ09 ve SYİ12 olarak ele alınmıştır.

3.1. Kuraklık Analizi (Drought Analysis)

3.1.1. 17045-Artvin istasyonu kuraklık analizi (Drought analysis of 17045 Artvin station)

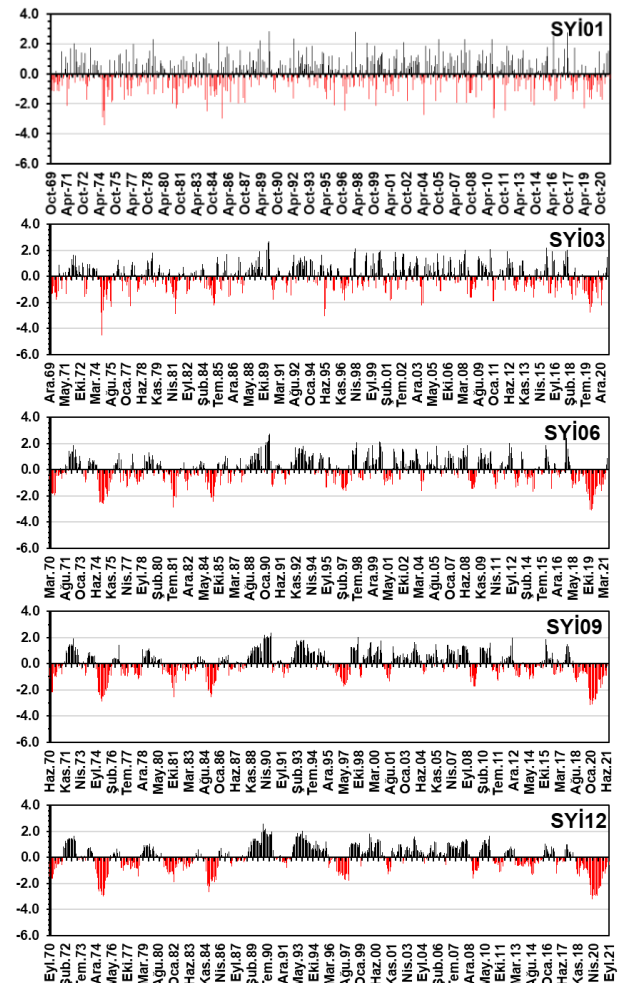
17045-Artvin istasyonunda 1-, 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ değerlerinin zamansal değişimi Şekil 3'te verilmiştir. 17045-Artvin istasyonunda 1-, 3- ve 6- aylık zaman ölçeklerinde, kurak ve yağışlı dönemler arasında geçiş oldukça kısa zaman içinde gerçekleşirken zaman ölçeğinin büyümesiyle bu geçiş süresinde artış meydana gelmiş ve böylece yağışlı ve kurak dönemler daha belirgin yaşanmıştır. 17045-Artvin istasyonunda tüm zaman ölçeklerinde son yıllarda kuraklığın yaşandığı görülmektedir.

Şekil 4'te, 17045-Artvin istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ değerlerinin farklı kuraklık sınıflarında meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. 3- aylık zaman ölçeğinde kuraklık oluşum yüzdesi %48, 1- ve 6- aylık zaman ölçeklerinde kurak dönem oluşumu % 49 olmuştur. 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde ise kurak dönem oluşumu % 47 olarak elde edilmiştir. Genel olarak tüm zaman ölçeklerinde kuraklık oluşumu %50'den daha az olmuştur. Her ne kadar kuraklık oluşum yüzdesi yağışlı indis değerlerinin oluşumundan az olsa da zaman ölçeğinin büyümesiyle "ÇK" oluşum yüzdesi artmış ve "ÇY" oluşma yüzdesi azalmıştır.

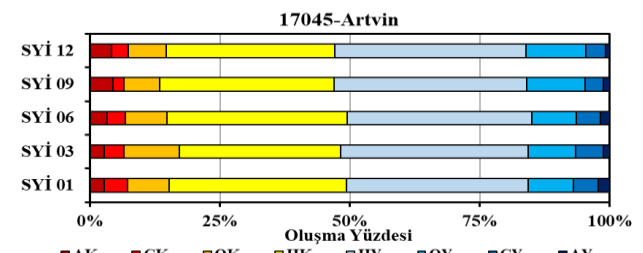
3.1.2. 17089-Bayburt istasyonu kuraklık analizi (Drought analysis of 17089-Bayburt station)

Şekil 5'te, 17089-Bayburt istasyonunda dört farklı zaman ölçeğinde hesap edilen SYİ değerlerinin zamansal değişimi verilmiştir. 17089-Bayburt istasyonunda 1- ve 3- aylık zaman ölçeklerinde kurak dönemlerin belirgin olmadığı, bununla birlikte zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin belirginleştiği söylenebilir. Ayrıca, tüm zaman ölçeklerinde yağışlı dönemlere ait indis değerleri çoğunlukla +2'den küçük olmuştur. Tüm zaman ölçeklerinde 1995-2001 ve 2005-2013 yılları arasında istasyonda oldukça yağışlı dönem yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu yağışlı döneme karşın 1973-1978, 1981-1986, 2013-2021 yılları arasında ise kuraklığın daha belirgin ve şiddetinin büyük olduğu görülmektedir. Bayburt istasyonu, Artvin istasyonunda olduğu gibi son yıllarda kuraklık etkisinde bulunmaktadır. Özellikle 2011 yılından itibaren istasyonda kuraklık baskın olarak yaşanmaktadır.

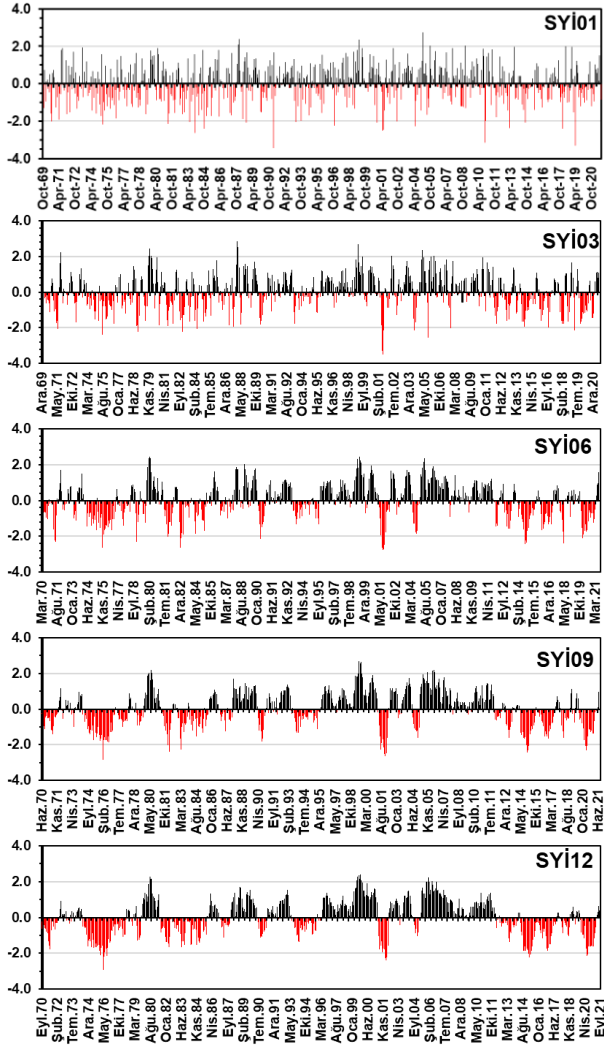
Şekil 6'da, 17089-Bayburt istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki oluşma yüzdeleri sunulmuştur. Kuraklık oluşumu SYİ01 için %48, SYİ03 ve SYİ12 için %50, SYİ06 için %47 iken SYİ09 için ise %49 olarak hesap edilmiştir. Sonuç olarak, Bayburt istasyonunda kurak ve yağışlı dönemlerin gerçekleşme oranlarının birbirine çok yakın olduğu anlaşılmaktadır. 17089-Bayburt istasyonunda çoğunlukla "HY" ve "HK" yaşanmıştır. Zaman ölçeğinin artmasıyla istasyonda meydana gelen "HK" ve "HY" sınıflarının oluşum yüzdeleri arasında geçişlerin olduğu ve bu sınıflar dışındaki sınıfların oluşumun yüzdelerinde çok küçük farklılıklar olmuştur.



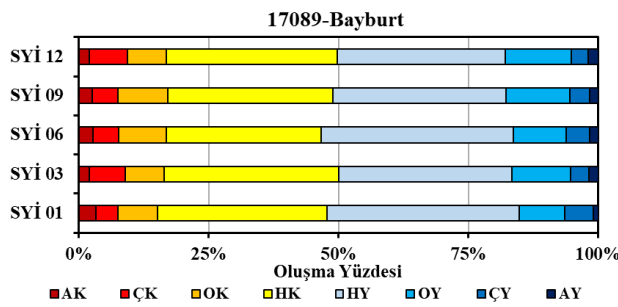
Şekil 3. SYİ değerlerinin zamansal değişimi (17045-Artvin)
(Temporal variation of SPI values (17045- Artvin))



Şekil 4. SYİ yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17045-Artvin) (Percentage of occurrence of drought classes by SPI method (17045-Artvin))



Şekil 5. SYİ değerlerinin zamansal değişimi (17089-Bayburt)
(Temporal variation of SPI values (17089- Bayburt))

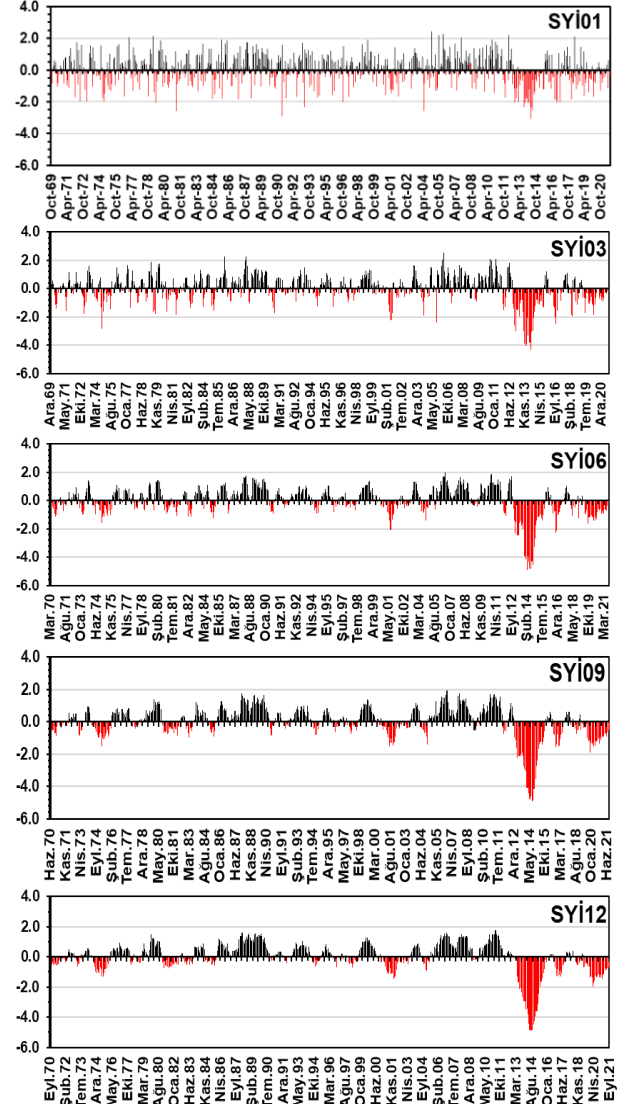


Şekil 6. SYİ yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri
(17089-Bayburt) (Percentage of occurrence of drought
classes by SPI method (17089-Bayburt))

3.1.3. 17666-İspir istasyonu kuraklık analizi (Drought analysis of 17666-İspir station)

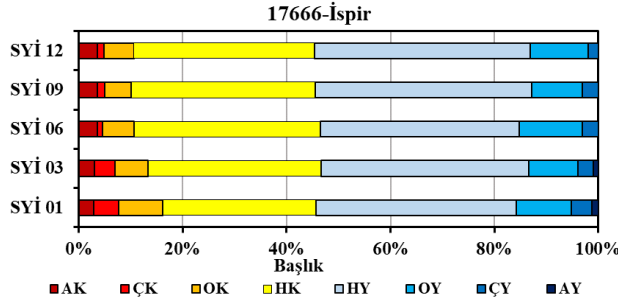
17666-İspir istasyonunda 1-, 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ değerlerinin zamansal değişimi Şekil 7'de görülmektedir. 17666-İspir istasyonunda 1- ve 3- aylık zaman ölçeklerinde meteorolojik kuraklığın çok uzun yıllar sürmediği kısa bir zaman sonra yağışlı dönemlerin yaşandığı

söylenbilir. Özellikle 2013 yılından önceki zaman periyodunda istasyonda yağışların etkisinde olduğu anlaşılırken, 2013 yılından itibaren istasyonun kuraklık etkisinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 17666-İspir istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ değerlerine göre 2014 yılında en şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Bu istasyonda “AY” oluşumunun oldukça küçük yüzdelere sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 7. SYİ değerlerinin zamansal değişimi (17666-İspir)
(Temporal variation of SPI values (17666-İspir))

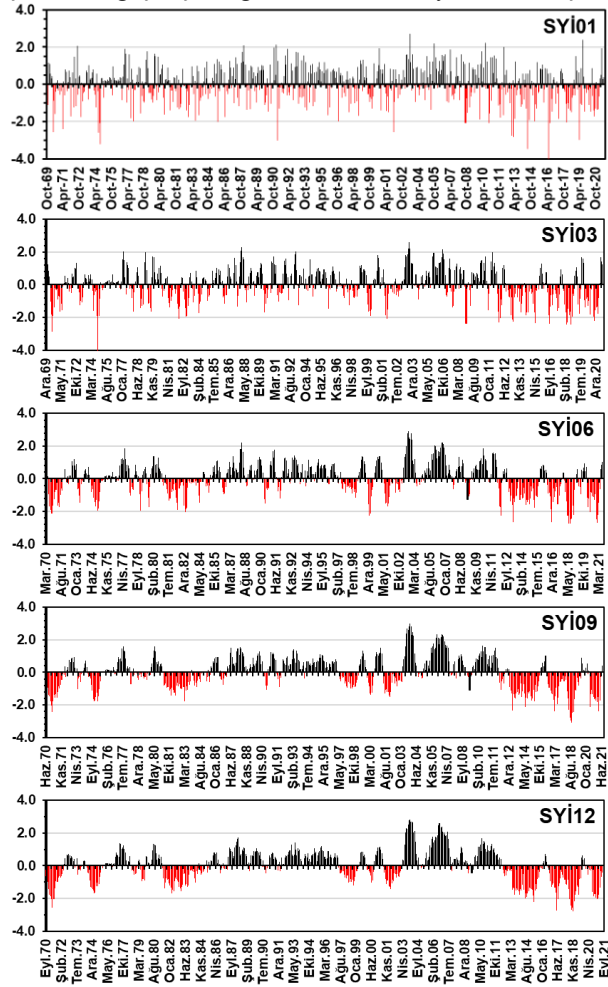
Şekil 8'de, 17666-İspir istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. 3- ve 6- aylık zaman ölçeklerinde %47 oranında kuraklık oluşurken, 1-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde bu oran azalarak %45 olmuştur. 17666-İspir istasyonunda çoğunlukla “HY” ve “HK” sınıfın yaşandığı görülmektedir. 1- ve 3- aylık zaman ölçekleri dışında diğer zaman ölçeklerinde “AY” sınıfı oluşmamıştır. “HK” dışındaki diğer kuraklık sınıflarının toplamı en büyük değerine %16 ile 1- aylık zaman ölçeğinde sahip olmuştur.



Şekil 8. SYİ yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17666-İspir) (Percentage of occurrence of drought classes by SPI method (17666-İspir))

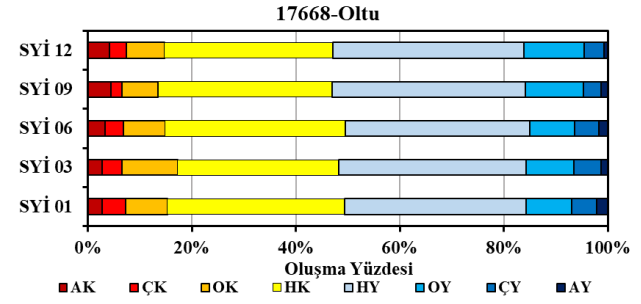
3.1.4. 17668-Oltu istasyonu kuraklık analizi (Drought analysis of 17668 Oltu station)

17668-Oltu istasyonunda 1-, 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ değerlerinin değişimi Şekil 9’da verilmiştir. Tüm zaman ölçeklerinde 17668-Oltu istasyonunda çoğunlukla yağışlı geçmiştir. En uzun kuraklık yakın geçmişte yaşanmıştır. Son yıllarda yaşanan kurak ve yağışlı dönemlerdeki indis değerlerinin şiddeti geçmişe göre daha büyük olmuştur.



Şekil 9. SYİ değerlerinin zamansal değişimi (17668-Oltu) (Temporal variation of SPI values (17668- Oltu))

Şekil 10’da, 17668-Oltu istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ değerlerinin farklı kuraklık sınıflarında meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. SYİ01 ve SYİ03’te %54 yağışlı dönem oluşumu %53, SYİ06 ve SYİ09’de ise bu oran %52, SYİ12’de ise %53 olarak elde edilmiştir. 17668-Oltu istasyonunda çoğunlukla kuraklık açısından risk temsil etmeyen indis değerinin -1 ile +1 arasında değiştiği “HY” ve “HK” sınıfının oluştuğu görülmektedir. Ayrıca, zaman ölçeğinin artmasıyla “AK” oluşma yüzdesi artarken “AY” oluşma yüzdesi azalmaktadır.

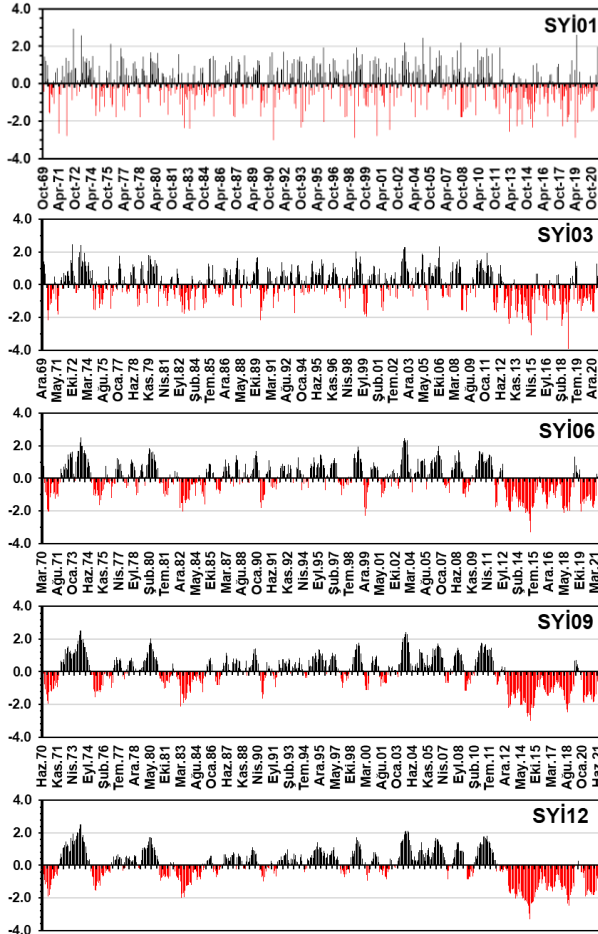


Şekil 10. SYİ yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17668-Oltu) (Percentage of occurrence of drought classes by SPI method (17668-Oltu))

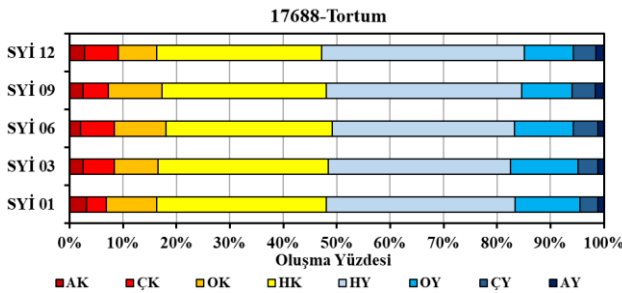
3.1.5. 17688-Tortum istasyonu kuraklık analizi (Drought analysis of 17688 Tortum station)

17688-Tortum istasyonunda 1-, 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ değerlerinin zamansal değişimi Şekil 11’de verilmiştir. 17688-Tortum istasyonunda 1- ve 3- aylık zaman ölçeklerinde yağışlı ve kurak dönemler arasındaki geçişler çok kısa sürelerde olmuştur. Zaman ölçeğinin 1’den 12’e artmasıyla bu dönemler arasındaki geçiş zamanı büyümüş ve dönemler daha uzun yaşanmıştır. Tüm zaman ölçeklerinde 2001-2013 arasında istasyonda oldukça yağışlı dönem yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu yağışlı döneme karşın 2012-2021 yılları arasında ise gene olarak kuraklığın belirgin ve şiddetinin büyük olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerinde en şiddetli kuraklık 2014-2018 yılları arasında yani yakın geçmişte yaşanmıştır.

Şekil 12’de, 17688-Tortum istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ değerlerinin farklı kuraklık sınıflarında oluşum yüzdeleri verilmiştir. Tüm zaman ölçeklerinde toplam kuraklık oluşumunun %50’den az olmuştur. 1-, 3- ve 9- aylık zaman ölçeklerinde kuraklık oluşumu %48 iken 6- aylık zaman ölçeğinde %49, 12- aylık zaman ölçeğinde %47 olmuştur. 17688 Tortum istasyonunda çoğunlukla “HY” ve “HK” sınıfın yaşandığı görülmektedir.



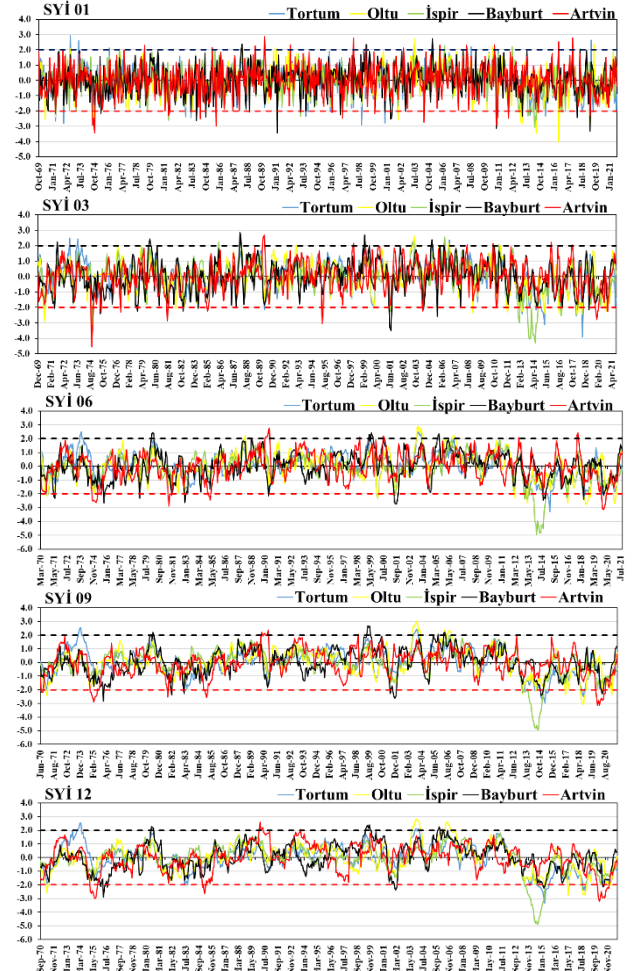
Şekil 11. SYİ değerlerinin zamansal değişimi (17688-Tortum)
(Temporal variation of SPI values (17688- Tortum))



Şekil 12. SYİ yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17688-Tortum)
(Percentage of occurrence of drought classes by SPI method (17688-Tortum))

Şekil 13'te, farklı zaman ölçeklerinde tüm istasyonlarda elde edilen SYİ indis değerlerinin zamansal değişimi verilmiştir. SYİ 01 değerlerinin tüm istasyonlarda genel olarak ± 2 aralığında değiştiği görülmektedir. Ayrıca, 1 aylık zaman ölçeğinde Artvin istasyonunda AK ve AY sınıflarının diğer istasyonlara kıyasla daha fazla sayıda oluştuğu belirlenmiştir. 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde İspir istasyonunda 2011 ile 2015 yılları arasında indis değerlerinin -2'den küçük olduğu dikkat çekmektedir. Tüm zaman ölçeklerinde ele alınan istasyonlarda genel olarak aşırı yağışlı ve kurak oluşumunun oldukça az

olduğu söylenebilir. Zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte özellikle SYİ 12 değerlerinde 2011 yılı sonrası azalma miktarı görülmektedir. Ele alınan istasyonlarda elde edilen indis değerlerinin negatif yönde artması bölgede gelecek yıllarda kuraklık riskinin artacağını ifade etmektedir. Bölgede yürütülen tarımsal faaliyetlerin ve su kaynakları üzerinde inşa edilen su yapılarının yaşanabilecek şiddetli kuraklıklara karşı uygun tedbirlerle sürdürülmesi ve işletilmesi önem arz etmektedir.



Şekil 13. Farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ değerleri
(SPI values obtained at different time scales)

3.2. Kuraklık Bileşenlerinin Analizi (Analysis of Drought Components)

Çoruh Havzasında bulunan 5 farklı meteoroloji gözlem istasyonunda 1-, 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde SYİ yöntemi için en uzun süren kurak dönem başlangıç, bitiş, süre ve şiddet ve en şiddetli kuraklık ve yağışlı dönemlere ait indis değeri ve oluştuğu tarih bilgileri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelgede verilen değerler ve tarihler Runs teorisi sonucunda elde edilmiştir. 17045-Artvin istasyonunda en uzun kuraklık 1-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde genellikle 2018 yılında başlayıp 2021 yılında sona ermiştir. Bu zaman ölçeklerinde en şiddetli kuraklık değeri ise 2019-2020 yıllarında elde edilmiştir. 17089-Bayburt istasyonunda

zaman ölçeğinin artmasıyla en uzun süren kuraklığın süresi artmış ve en uzun kurak dönemlerde kuraklık şiddeti ortalama 25.26 olmuştur. 17666-İspir istasyonunda en uzun kurak dönem ortalama 34.6 ay sürmüştür ve 2015-2016 yıllarında sona ermiştir. En şiddetli kuraklık ise tüm zaman ölçeklerinde 2014 yılında yaşanmış ve şiddeti dörtten büyük olmuştur. 17668-Oltu istasyonunda en uzun kurak dönem ortalama 28.8 ay sürmüştür ve şiddeti ortalama 34.55 olmuştur. 17688-Tortum istasyonunda en uzun kurak dönem ortalama 47.2 ay yaşanmış ve şiddeti ortalama 63.98 olarak gerçekleşmiştir. Bölge genelinde en şiddetli kuraklık oluşumları belirli dönemde meydana gelmemiştir. İspir istasyonunda tüm zaman ölçeklerinde en şiddetli kuraklık 2014 yılında, Tortum istasyonunda ise 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde 2015 yılında yaşanmıştır. Tüm zaman ölçekleri ve istasyonlar dikkate alındığında en şiddetli kuraklığın yaşandığı tarihlerin 2014 sonrasında oluştuğu açıkça görülmektedir. Çoruh Havzası genelinde en uzun kuraklık ortalama SYİ01'de 14.4 ay, SYİ03'te 22 ay, SYİ06'da 32.6 ay, SYİ09'da 43.8 ay ve SYİ12'de 52 sürmüştür. Çoruh Havzasında en uzun kuraklık şiddeti ortalama SYİ01'de 13.28, SYİ03'te 32.548, SYİ06'da 48.48, SYİ09'da 67.972 ve SYİ12'de ise 70.628 olarak elde edilmiştir. En büyük indis değeri Artvin ve Oltu istasyonlarında tüm zaman ölçekleri için sırasıyla 1990 ve 2003 yıllarında, Tortum istasyonunda ise 1970 yılların ilk yarısında "AY" olarak elde edilmiştir. Bölgenin genelinde çoğunlukla en büyük pozitif değer en küçük negatifin meydana geldiği tarihten daha öncedir. Çizelgedeki değerlerin genel olarak değerlendirilmesinden ele alınan istasyonlar arasında meteorolojik kuraklık açısından Tortum istasyonunun diğer istasyonlara kıyasla kuraklığa karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin kuzey doğusundaki Çoruh havzasında bulunan Artvin, Bayburt, İspir, Oltu ve Tortum meteoroloji gözlem istasyonlarının SYİ kuraklık indeksine göre farklı zaman ölçeklerinde yapılan meteorolojik kuraklık değerlendirilmesi sonuçlarına bakıldığında genel itibari ile kuraklığın zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerden nemli dönemlere geçiş sürelerinin arttığı görülmektedir. Bu hususta, Turgu ve ark. [47] tarafından yapılan çalışmada, 3- veya 6- ay gibi

kısa zaman ölçeklerinde SPI değerinin kurak veya nemli değerlerinin çok değişken olduğunun, ancak 12-, 24- ve 48- aylık zaman ölçeklerine göre SYİ değerlerinin yağıştaki değişime daha yavaş cevap verdiği, bunda bu çalışmada çıkan sonucu destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Bölgede aşırı kurak ve aşırı nemli dönemlerinde gözlemlendiği fakat genelde iklimsel olarak hakim dönemlerin hafif yağışlı ve hafif kurak olaraka değişim gösterdiği görülmektedir. Bu oran bölge genelinde ortalama %60-70 arasında belirtilmiştir. Hatta İspir istasyonunda belirtilen çalışma zaman diliminde hiç aşırı yağışlı dönem yaşanmamıştır. Sunulan bu çalışmanın bulgularıyla oldukça benzer bir sonuçtur. Bu çalışmanın tam aksine bir durumu beyan eden Akbaş [48] yaptığı çalışmada, söz konusu bölge ile alakalı aşırı kurak ve aşırı yağışlı dönemlerin yaşanma olasılığının daha yüksek olduğu, aksine hafif kurak ve hafif yağışlı durumlarının da yaşanma olasılığının düşük olduğunu belirtilmektedir. Dabanlı [49] tarafından yapılan kuraklık tehlike indeks değerlendirmesine göre çalışma alanında yer alan Artvin ilinin Türkiye'de kuraklık riskinin en düşük il olduğu, İspir, Oltu ve Tortum ilçelerini kapsayan Erzurum ve Bayburt illerinde de kuraklık açısından düşük tehlikeli grupta yer aldığı belirtilmiştir. Türkes [50] tarafından yapılan benzer bir başka çalışma da söz konusu bölge için Artvin ve Bayburt istasyonlarında en düşük risk grubunda, diğer istasyonların bulunduğu bölgelerde ise daha yüksek risk grubunda yer aldığı belirtilmiştir. Kuraklığın zamansal değişim grafiklerine bakıldığında tüm havzada özellikle 2013 yılı ile başlayan tüm zaman ölçeklerinde önemli seviyelerdeki kuraklıklar göze çarpmaktadır. Bu hususta Katipoğlu ve Acar [51] tarafından yapılan çalışmada da söz konusu bölge ile alakalı belirtilen tarihte aşırı ve çok kurak dönemlere önemle vurgu yapılmıştır. Havza genelinde aşırı kuraklıkların oluşma yüzdelere bakıldığında SYİ03, SYİ06 ve SYİ12 zaman ölçeklerine göre havza ortalaması %2-3 arasında değiştiği, Sönmez ve ark. [26] çalışmasında da bu oranın %1-3 arasında olduğu görülmektedir. Bu bağlamda son zamanlardaki yaşanan en büyük kuraklıklarında hesaba katıldığı düşünülürse bu oranın %2-3 arası aralığına geleceği aşırıdır. Yapılan çalışmalar ile sunulan bu çalışmanın sonuçlarının birbiriyle uyumlu olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Çoruh Havzası SYİ yöntemiyle kuraklık bileşenleri (Drought components of Çoruh Basin by SPI method)

İstasyon	Ölçek	Başlangıç	Bitiş	Süre	Şiddet	Min. değer	Min. değer tarihi	Mak. değer	Mak. değer tarihi
17045 Artvin	1	Haziran 19	Mart 20	10	8.46	3.43	Ekim 74	2.85	Ocak 90
	3	Mayıs 74	Eylül 75	17	23.43	4.55	Ekim 74	2.70	Mart 90
	6	Kasım 18	Mayıs 21	31	40.08	3.13	Ocak 20	2.77	Haziran 90
	9	Haziran 18	Temmuz 21	38	53.24	3.15	Aralık 19	2.40	Şubat 90
	12	Haziran 18	Eylül 21	40	57.21	3.22	Şubat 20	2.59	Şubat 90
17089 Bayburt	1	Ağustos 19	Haziran 20	11	6.34	3.43	Mart 91	2.73	Şubat 05
	3	Mayıs 75	Eylül 76	17	15.89	2.41	Temmuz 75	2.86	Ocak 88
	6	Ocak 14	Eylül 15	21	21.56	2.44	Eylül 14	2.46	Şubat 80
	9	Mayıs 74	Şubat 77	34	43.43	2.83	Ocak 76	2.68	Temmuz 99
	12	Haziran 81	Eylül 85	52	39.08	2.91	Nisan 76	2.40	Ekim 99

Çizelge 3 (devam). Çoruh Havzası SYİ yöntemiyle kuraklık bileşenleri (Drought components of Çoruh Basin by SPI method)

17666 İspir	1	Mart 13	Temmuz 15	29	35.56	3.09	Nisan 14	2.43	Şubat 05
	3	Ekim 12	Ağustos 15	35	70.76	4.31	Haziran 14	2.57	Mayıs 06
	6	Kasım 12	Ekim 15	36	85.67	4.94	Şubat 14	2.00	Ağustos 06
	9	Ocak 13	Ekim 15	34	89.59	4.93	Ağustos 14	1.95	Ekim 06
	12	Ocak 13	Mart 16	39	91.83	4.88	Eylül 14	1.79	Mayıs 11
17668 Oltu	1	Kasım 17	Eylül 18	11	10.37	4.02	Haziran 16	2.72	Temmuz 03
	3	Kasım 19	Mart 21	17	19.73	4.37	Ekim 74	2.63	Ağustos 03
	6	Ekim 12	Ağustos 15	35	38.19	2.65	Nisan 13	2.91	Ağustos 03
	9	Temmuz 16	Temmuz 19	37	45.92	3.09	Eylül 18	3.02	Kasım 03
	12	Haziran 12	Ocak 16	44	48.29	2.78	Kasım 18	2.83	Aralık 03
17688 Tortum	1	Ekim 19	Ağustos 20	11	5.67	3.02	Mart 91	2.94	Ağustos 72
	3	Ekim 13	Eylül 15	24	32.93	3.91	Eylül 18	2.48	Ekim 72
	6	Ekim 12	Ocak 16	40	56.9	3.31	Nisan 15	2.51	Ekim 72
	9	Ocak 13	Nisan 19	76	107.68	2.99	Nisan 15	2.55	Ocak 74
	12	Temmuz 12	Temmuz 19	85	116.73	3.32	Nisan 15	2.53	Mart 74

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, Türkiye'nin kuzey doğusunda yer alan Çoruh Havzası'nda bulunan Artvin, Bayburt, İspir, Oltu ve Tortum meteoroloji gözlem istasyonlarının meteorolojik kuraklık değerlendirilmesi yapılmıştır. Meteorolojik kuraklığın analizinde beş istasyona ait 1969-2020 yılları arasındaki 52 yıllık iklim parametreleri kullanılarak meteorolojik kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Meteorolojik kuraklığın 1-, 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde değerlendirilmesinde Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yönteminden yararlanılmıştır. Sonuç olarak, Çoruh havzasında ele alınan tüm istasyonlarda SYİ yöntemiyle 1-, 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeğinde aşırı kurak sınıfın oluşma oranının ortalaması sırasıyla %2.9, %2.5, %2.9, %3.1 ve %3.0 olmuştur. Çoruh havzasında en uzun ve en şiddetli kuraklıklar çoğunlukla yakın geçmişte yaşanmıştır. En uzun ortalama kuraklık SYİ01, SYİ03, SYİ06, SYİ09 ve SYİ12 için sırasıyla 14.4 ay, 22 ay, 32.6 ay, 43.8 ay ve 52 ay sürmüştür ve zaman ölçeğinin artmasıyla en kurak yaşanan dönemde kuraklık süresi ve şiddeti artmaktadır. Ele alınan istasyonlar arasında meteorolojik kuraklık açısından en riskli istasyonunun Tortum istasyonu olduğu belirlenmiştir. Türkiye'nin en yağışlı bölgesini kapsayan Çoruh Havzası'nın meteorolojik kuraklık analizi sonucunda, bölgenin her ne kadar yağışlı bir iklime sahip olsa da bölgede bazı istasyonlarda kuraklık oluşumunun %50'den büyük olduğu ve küçük kuraklık oranlarına rağmen, kuraklık açısından risk teşkil edebileceği ve değerlendirilen kuraklık sınıflarının oluşum yüzdesinin dikkat çekici olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak ele alınan bölgede tesislerin ve faaliyetlerin olumsuz etkilenmemesi için kuraklıkla ilgili çalışmaların yaygınlaştırılması ve risklerin değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu çalışmada, sadece yağış verilerine dayalı yöntem olan SYİ yönteminin yanında meteorolojik kuraklığın değerlendirilmesinde potansiyel evapotranspirasyon parametresinin dikkate alındığı diğer kuraklık yöntemlerinin kullanılması ele alınan bölgenin

tarımsal kuraklığının değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca, kuraklığın yanında meteorolojik kuraklık indislerinin trendinin belirlenmemiş olması bu çalışmanın eksikliği olarak değerlendirilebilir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Çalışmada kullanılan meteorolojik verilerin teminini sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne vermiş oldukları destekten dolayı teşekkür ederiz.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Oğuz ŞİMŞEK: Metodolojiyi belirlemiş ve çalışmanın yürütülmesini sağlamış ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

Nazire Göksu SOYDAN-OKSAL: Sonuçların değerlendirmiş ve makalenin yazılmasına yardımcı olmuştur.

Elif Miraç UNCU: Analizleri ve sonuçların grafiklenmesini yapmıştır

Veysel GÜMÜŞ: Kuraklık ve Run Teorisi kodlarının yazılması ve sonuçların kontrolünü yapmıştır.

Mehmet ŞEKER: Haritayı hazırlamış ve tartışma bölümünü yazmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Assembly U.N.G., "Elaboration of an international convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa", *Environmental Policy and Law*, 24(1): 36, (1994).
- [2] Topçu E. ve Karaçor F. "Erzurum istasyonunun standartlaştırılmış yağış evapotranspirasyon indeksi ve bütünleşik kuraklık indeksi kullanılarak kuraklık analizi", *Politeknik Dergisi*, 24(2): 565-574, (2021).
- [3] Gumus V., Simsek O., Avsaroglu Y. ve Agun B., "Spatio-temporal trend analysis of drought in the GAP Region, Turkey", *Natural Hazards*, 109(2): 1759-1776, (2021).
- [4] Katipoğlu O.M., Yeşilyurt S. N. ve Dalkılıç H.Y., "Yeşilirmak havzasındaki hidrolojik kuraklıkların Mann-Kendall ve yenilikçi Şen yöntemi ile trend analizi", *Gümüşhane Üni. Fen Bil. Ens. Dergisi*, 12 (2): 422-442, (2022).
- [5] Citakoglu H. ve Coşkun Ö., "Comparison of hybrid machine learning methods for the prediction of short-term meteorological droughts of Sakarya Meteorological Station in Turkey", *Environmental Science and Pollution Research*, 29(50): 75487-75511, (2022).
- [6] Katipoğlu O.M., Acar R. ve Senocak, S., "Investigation of Drought characteristics of Murat River flows, in Euphrates River valley", *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(3): 2022-2034, (2019).
- [7] Dahamsheh A., "Monitoring meteorological drought in Jordan", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, 61s, (2003).
- [8] Keskiner A. D., ve Çetin M., "Kuraklık Gidiş ve büyüklüğünün zaman ve mekan boyutunda belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) alanında bir uygulama", *Politeknik Dergisi* 26(4): 1-13, (2023).
- [9] Yeğnidemir K., "İç Anadolu bölgesinin standartlaştırılmış yağış indisi (SYİ) ile kuraklık analizi", Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, *Yüksek Lisans Tezi*, Kırıkkale, 173s, (2005).
- [10] Traore E.Y., "Drought and trend analysis in Trarza region in Mauritania", İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, *Yüksek Lisans Tezi*, İzmir, 68s, (2016).
- [11] Ersoy T., "Konya ili meteorolojik kuraklık analizi", Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, *Yüksek Lisans Tezi*, Isparta, 60s, (2019).
- [12] Hassan S.M., Omar A.A., Küçüktopcu E., Cemek B. and Mohamed M.J., "Drought analysis in Somalia using GIS-based on reconnaissance drought index (RDI) and standardized precipitation index (SPI)", *African Journal of Climate Change and Resource Sustainability*, 1(1): 62-75, (2022).
- [13] Katipoğlu O.M., "Prediction of streamflow drought index for short-term hydrological drought in the semi-arid Yesilirmak Basin using wavelet transform and artificial intelligence techniques", *Sustainability*, 15(2): 1-24, (2023).
- [14] Katipoglu O.M. ve Acar R., "Standartlaştırılmış yağış indeksi hesabında kullanılan dağılım fonksiyonu etkisinin ve kuraklık karakteristiklerinin araştırılması", *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3): 828-844, (2021).
- [15] Isia I., Hadibarata T., Jusoh M.N.H., Bhattacharjya R.K., Shahedan N.F., Bouaissi A., Fitriyani N.L. and Syafrudin M., "Drought analysis based on standardized precipitation evapotranspiration index and standardized precipitation index in Sarawak, Malaysia", *Sustainability*, 15(1): 1-18, (2022).
- [16] Mehta D.J. and Yadav S.M., "Meteorological drought analysis in Pali District of Rajasthan State using standard precipitation index", *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 15(1): 1-10, (2023).
- [17] Can İ. and Katipoğlu O.M., "Determining the lengths of dry periods in annual and monthly stream flows using runs analysis at Karasu River, in Turkey", *Water Supply*, 18(4): 1329-1338, (2018).
- [18] Köksoy E., "TR52 Bölgesi (Konya Karaman) Kuraklık İndeksi", *Konya: Mevlana Kalkınma Ajansı*, (2012).
- [19] Simsek O., "Hydrological drought analysis of Mediterranean basins, Turkey", *Arabian Journal of Geosciences*, 14(20): 1-17, (2021).
- [20] Günay Ü., Çay T. ve Dursun Ş., "Kırsal kalkınma politikalarına ve çevresel etkilerine genel bir bakış", *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(1): 1-10, (2022).
- [21] Diani K., Kacimi I., Zemzami M., Tabyaoui H. and Haghghi A.T., "Evaluation of meteorological drought using the standardized precipitation index (SPI) in the High Ziz River basin, Morocco", *Limnological Review*, 19(3): 125-135, (2019).
- [22] Mahmoudi P., Ghaemi A., Rigi A. and Amir Jahanshahi, S.M., "Recommendations for modifying the standardized precipitation index (SPI) for drought monitoring in arid and semi-arid regions", *Water Resources Management*, 35(10): 3253-3275, (2021).
- [23] Zuo D.-D., Hou W., Zhang Q. and Yan P.-C., "Sensitivity analysis of standardized precipitation index to climate state selection in China", *Advances in Climate Change Research*, 13(1): 42-50, (2022).
- [24] Parida S.K., Padhi J., Chakraborty P. and Das, B., "Drought characterization during monsoon months based on standardized precipitation index (SPI) in Nuapada District, Odisha, India", *Water Quality, Assessment and Management in India*, 59-69, (2022).
- [25] Lairenjam C. and Hangshing L., "Drought assessment in Kohima, Nagaland, India, using the standardized precipitation index (SPI)", *I. International Conference on Applied Science & Engineering (Case 2021)*, (2023).
- [26] Sönmez F.K., Kömüscü A.Ü., Erkan A. and Turgu, E., "An Analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index", *Natural Hazards*, 35(2): 243-264, (2005).
- [27] Tosunoglu F. and Can I., "Application of copulas for regional bivariate frequency analysis of meteorological droughts in Turkey", *Natural Hazards*, 82(3): 1457-1477, (2016).
- [28] Dabanli I., "Drought hazard, vulnerability, and risk assessment in Turkey", *Arabian Journal of Geosciences*, 11(18): 1-12, (2018).
- [29] Topçu E., "L-Momentler ve standart yağış indeksi (SYİ) yardımıyla Seyhan Havzası kuraklık analizi", Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, *Yüksek Lisans Tezi*, Adana, 167s, (2013).
- [30] Zarei A.R., "Analysis of changes trend in spatial and temporal pattern of drought over south of Iran using

- standardized precipitation index (SPI)", *SN Applied Sciences*, 1(5): 1-14, (2019).
- [31] Das J., Gayen A., Saha, P. and Bhattacharya S.K., "Meteorological drought analysis using standardized precipitation index over Luni River Basin in Rajasthan, India", *SN Applied Sciences*, 2(9): 1-17, (2020).
- [32] Keskiner A.D. ve Şimşek O., "Olasılıklı meteorolojik kuraklık analizi: Göller Yöresinde bir uygulama", *Süleyman Demirel Üni. Fen Bil. Ens. Der.*, 27(1): 160-169, (2023).
- [33] Şenocak S. ve Taşçı S., "Çoruh Havzası taban akışının İngiliz Hidroloji Enstitüsü yuvarlatılmış minimumlar yöntemi ile belirlenmesi", *Erzincan Üni. Fen Bil. Ens. Der.*, 13(1): 123-133, (2020).
- [34] Süme V. ve Türüt R., "Aşağı Çoruh'ta bulunan barajların hidroelektrik potansiyeli ve çevresel etkileri", *Turkish Journal of Hydraulic*, 2: 12-18, (2018).
- [35] Küçükbaşol Y., "Çoruh Nehri ve Yusufeli Barajı toplumsal, ekonomik ve çevresel etkileri bakımından bir baraj incelemesi", *Birey ve Toplum Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(2): 133-158, (2015).
- [36] Achite M., Simsek O., Adarsh S., Hartani T. and Caloiero, T., "Assessment and monitoring of meteorological and hydrological drought in semiarid regions: The Wadi Ouahrane basin case study (Algeria)", *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 130: 1-13, (2023).
- [37] Simsek O., Yıldız-Bozkurt S. and Gumus V., "Analysis of meteorological drought with different methods in the Black Sea region, Turkey", *Acta Geophysica*, 1-17, (2023).
- [38] Gumus V., Dinsever L.D. and Avsaroglu Y., "Analysis of drought characteristics and trends during 1965–2020 in the Tigris River basin, Turkey", *Theoretical and Applied Climatology*, 151(3-4): 1871-1887, (2023).
- [39] Aktürk G., Zeybekoğlu U. ve Yıldız, O., "Drought investigation using SPI and SPEI methods: a case study in Kırıkkale", *Uluslararası Müh. Araş. ve Gel. Der.*, 14(2): 762-776, (2022).
- [40] Mckee T.B., Doesken N.J. and Kleist, J., "The relationship of drought frequency and duration to time scales", *In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, 179-183, (1993).
- [41] Coşkun Ö. and Citakoglu H., "Prediction of the standardized precipitation index based on the long short-term memory and empirical mode decomposition-extreme learning machine models: The Case of Sakarya, Türkiye", *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 131: 103418, (2023).
- [42] Yüceerim G., Yılmaz G., Etöz M., and Acar C.O., "Kocadere Havzasında standartlaştırılmış yağış indeksi ile farklı zaman ölçeğinde kuraklık analizi", *Soil Water Journal*, 70-76, (2019) (Özel Sayı).
- [43] Gümüş V., Başak A. ve Oruç N., Drought analysis of Şanlıurfa station with standard precipitation index (SPI)", *Harran Üni. Müh. Der.*, 1(1): 36-44, (2016).
- [44] Tsakiris G. and Vangelis H., "Establishing a drought index incorporating evapotranspiration", *European Water*, 9(10): 3-11, (2005).
- [45] Gumus V., Avsaroglu Y., Simsek O. and Basak A., "Evaluating the duration, severity, and peak of hydrological drought using copula", *Theoretical and Applied Climatology*, 152(3-4): 1159-1174, (2023).
- [46] Yevjevich V.M., "Objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts", Colorado State University, *Libraries*, (1967).
- [47] Turgu E., Eskioğlu O., Öz Ö. ve Uğurlu A., "Farklı zaman ölçeklerindeki standart yağış indekslerinin havza bazında değerlendirilmesi", *VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, (2015).
- [48] Akbaş A., "Türkiye'de klimatolojik kuraklık olasılıklarının dağılışı", *Türk Coğrafya Dergisi*, 63, (2015).
- [49] Dabanlı, İ., "Türkiye'de iklim değişikliğinin yağış-sıcaklığa etkisi ve kuraklık analizi: Akarçay örneği", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, *Doktora Tezi*, İstanbul, 197s, (2017).
- [50] Türkeş M., "Türkiye'nin iklimsel değişkenlik ve sosyo-ekolojik göstergeler açısından kuraklıktan etkilenebilirlik ve risk çözümlemesi", *Ege Coğrafya Dergisi*, 26(2): p. 47-70, (2017).
- [51] Katipoğlu O.M. ve Acar R., "Fırat Havzası'ndaki Meteorolojik ve Hidrolojik Kuraklık Haritalarının Çeşitli Enterpolasyon Metotları ile Belirlenmesi", *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 298-317, (2021).