

## Kuraklık Oluşumunun Bilecik İli'nde Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Yöntemi Kullanılarak Değerlendirilmesi

Murat KARAER\* Hüseyin T. GÜLTAŞ

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 11230, Bilecik

\*Sorumlu yazar: murat.karaer@bilecik.edu.tr

Geliş tarihi: 13/08/2018 Yayına kabul tarihi: 30/11/2018

**Özet:** İklimde meydana gelen değişimler ya da anormallikler ve bunun en büyük sonuçlarından biri olan kuraklık tüm canlıları olumsuz etkileyen bir sorun haline gelmiştir. Kuraklığın zamanı, süresi ve şiddeti de önceden bilinemediğinden dolayı kuraklık analizi yapılırken olasılık ve istatistiksel metotlar kullanılmaktadır. Çalışmada, Bilecik Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden elde edilen 1980-2014 yılları arasındaki uzun süreli yağış verileri kullanılarak çeşitli periyotlar için (1, 3, 6, 12, 24 ay) Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) yöntemi kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda kuraklık en fazla 6 ve 12 aylık periyotlarda hissedilmiş, en fazla çok şiddetli kuraklık ise 12 aylık periyotta 1985 yılında görülmüştür. Mevsimsel olarak değerlendirme yapıldığında, kuraklığın genelde yaz aylarında, ancak bunun yanı sıra kış aylarında da bazı dönemlerde görüldüğü tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** İklim, Kuraklık analizi, Meteorolojik Kuraklık

### Evaluation of Drought Occurrence in Bilecik's Using Standardized Precipitation Index Method

**Abstract:** Today, changes or anomalies in the climate, which is one of the biggest results to drought, has become a problem that affects all living things negatively. Since the time, duration and severity of the drought are not known in advance, probability and statistical methods are used when drought analysis is carried out. In this study, observed monthly total precipitation data obtained for 1980-2014 years from Meteorological Station in Bilecik were used. Standardized Precipitation Index (SPI) method for 1, 3, 6, 12, 24 monthly time scales were used and drought values were computed. As a result of the analysis, the drought was felt at maximum for 6 and 12 months periods and the most severe drought was observed in 1985 at 12 months period. When seasonally assessed, the drought usually occurs in the summer months, but it has also been observed in some periods during the winter months.

**Keywords:** Climate, Drought analysis, Meteorological drought

#### Giriş

Gerek dünyada gerekse ülkemizde küresel ısınma ve küresel ısınma sonucu ortaya çıkan iklim değişikliği günümüzün en büyük sorunları arasında yer almaktadır. İklim değişikliğinin neden olduğu hava sıcaklığının artması ve düzensiz yağış rejimleri bizi kuraklık gibi büyük bir problemle karşı karşıya bırakmaktadır.

Kuraklık, yağışların kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına

düşmesine bağlı olarak arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına yol açan doğal bir olay olarak tanımlanmaktadır (MGM,2018). Kuraklık kademeli bir olgu olup, kısa süreli oluşabildiği gibi yıllarca da sürebilmektedir. Kuraklığın etkisi süre ve şiddeti bakımından farklı olduğundan, meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik olarak sınıflandırılmaktadır.

Meteorolojik kuraklık, yağışın normal değerlerinin altına düşmesi olarak tanımlanır

ve kaçınılması çok mümkün değildir. Meteorolojik kuraklığın süresine göre tarım alanlarının sulanmasında önemli sorunların yaşanması, mühendislik açısından ise barajlarda yeterli miktarda su toplanamaması, çevrenin ve sosyal yapının olumsuz yönde etkilenmesi gibi bir takım sorunlar ortaya çıkabilmektedir (Tonkaz ve Çetin, 2005). Bu nedenle, kuraklığın izlenmesi önemli bir hale gelmeye başlamış ve çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla kuraklık olaylarını takip etmek için farklı kuraklık indisleri geliştirilmiştir. Bunlardan en çok bilinenleri ve izlemede etkili olan yöntemler, Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (Palmer, 1965) ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (McKee vd. 1995) yaklaşımlarıdır. Bu kuraklık indisleri kullanılarak elde edilen sonuçlar, bir ülke ya da bölgenin iklimi ile ilgili bilgi vermesinin yanında belli dönemler arasında meydana gelen kuraklık eğilimleri (artış ya da azalış) hakkında da bilgi edinmeyi sağlamaktadır. Elde edilen bilgiler, kuraklık yönetimi ve kuraklıkla savaşım yeteneklerinin ve olanaklarının gelişmesinde kullanılabilir. Ülkemizde yapılan çalışmalarda da bu metodlar sıklıkla kullanılmış, özellikle bizimde çalışmamızda kullandığımız SPI yöntemi daha çok tercih edilmiştir.

Çalıdağ vd. (2004) Türkiye'nin kuzeybatısı (Trakya bölgesi) için yaptığı çalışmada SPI kuraklık yöntemini kullanmıştır. Elde ettikleri SPI değerlerine göre Trakya bölgesinin 2000-2001 yılları arasında İstanbul hariç şiddetli kuraklık etkisi altında kaldığı sonucuna varmışlardır. Topçuoğlu vd. (2008) Ege bölgesinde SPI yöntemini 1,3 ve 12 aylık periyotlar için kullanmıştır. Analiz sonucunda bölgede 1977, 1989, 1990 ve 1992 yıllarında kuraklık gözlemlendiğini ve bunun yanında kıyı bölgelerde kuraklığın daha şiddetli hissedildiğini belirtmişlerdir. Kıymaz vd. (2011) SPI yöntemini kullanarak 1, 3, 6, 12, 24 aylık periyotlar için Seyfe gölü kuraklık oluşumlarını 1. Dönem (1975-1991) ve 2. Dönem (1992-2008) olarak analiz etmişlerdir. Şiddetli ve çok şiddetli kuraklık oluşumlarının her iki dönemde de kısa ve uzun dönemler için minimum değerler gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır. Ilgar (2010) Çanakkale için 1929-2007 yılları

yağış verilerini kullanarak 3 ve 12 aylık periyotlar için SPI yöntemi kullanmış, analizler sonucunda Çanakkale yıllık kuraklık koşullarında artış olduğunu belirtmiştir. Gümüş vd. (2016) Şanlıurfa'da 1937-2014 yılları arasındaki 78 yıllık yağış verilerini kullanarak SPI yöntemiyle 1, 3, 6, 12 aylık periyotlar için kuraklık analizi yapmışlardır. Çalışma sonucunda, 1986-2014 yılları arasındaki 29 yıl aşırı kurak geçen ay sayısının, 1937-1985 yılları arasındaki 49 yıl kurak geçen ay sayısından daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, Bilecik meteoroloji istasyonuna ait aylık toplam yağış değerleri kullanılarak SPI yöntemi ile 1, 3, 6, 12 ve 24 aylık periyotlar için kuraklık indisi hesaplanmıştır. 1980-2014 yılları arasındaki veriler kullanılarak hesaplanan bu sonuçlar mevsimler olarak değerlendirilmiş, kuraklık karakteristikleri ve bunların birbirleri ile olan ilişkileri belirlenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma Alanı

Bilecik, Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda, Marmara, Karadeniz, İç Anadolu ve Ege bölgelerinin kesişim noktasında, 39° ve 40° 31' kuzey enlemleri ile 29° 43' ve 30° 41' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Marmara ve İç Anadolu iklimi karışık haldedir. İklimi geçit tipi özelliği gösterir. Güney ve doğusunda İç Anadolu'nun yayla iklimi hüküm sürer. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı, diğer bölgelerde ise kışlar ılık geçer. Yıllık yağış toplamı 450 kg/m<sup>2</sup> dolaylarındadır. Yağış en çok ocak ve mayıs aylarında düşmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması da 12.3° dir. Uzun yıllar iklim verileri Tablo 1'de verilmiştir.

### Standartlaştırılmış Yağış İndeksi

Kuraklığın belirlenmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerden biri Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) metodudur. McKee vd. (1993) tarafından geliştirilen bu yöntemde SPI değeri yağış değerinin sayısal bir değere dönüştürülmesiyle hesaplanmaktadır.

$$SPI = \frac{X_i - X_{ort}}{\sigma}$$

$X_i$ : Belirli bir periyotta ki toplam yağış (mm)

$X_{ort}$ : Aynı periyot için ortalama toplam yağış (mm)

$\sigma$ : Standart sapma

Hesaplanan SPI değerinin 0' ın altına düşmesiyle başlayan kurak periyot, bu değer pozitif değere çıkmasıyla birlikte bitmektedir. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde Tablo-2'de verilen SPI yöntemine göre kuraklık şiddeti sınıfları, dikkate alınmıştır (Tsakiris ve Vangelis, 2004).

Tablo 1. \*Bilecik ili 1939-2017 yılları arası ortalama iklim verileri

Table 1. Average climate data annual between 1939-2017 for Bilecik province

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	Jan.	Feb.	March	April	May	June	July	Augst	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.5	3.7	6.4	11.5	16.2	19.9	22.1	22.0	18.4	13.8	9	4.6	12.5
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	5.9	7.7	11.3	17.0	21.9	25.8	28.3	28.4	24.8	19.2	13.5	7.9	17.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.3	0.3	2.3	6.6	10.8	14.1	16.2	16.3	13.0	9.5	5.5	1.8	8.0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.2	3.9	4.8	6.2	8.0	9.7	10.4	9.9	8.3	5.7	4.2	3.0	77.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	14.3	12.9	13.0	10.9	10.3	7.7	3.9	3.4	5.0	8.4	9.7	13.2	112.7
Aylık Toplam Yağış Miktarı	50.2	42.0	46.9	42.1	47.3	39.3	18.0	12.0	21.5	40.5	37.2	55.3	452.3
Ortalaması (mm)													

\*Bilecik Meteoroloji İl Müdürlüğü

Tablo 2. SPI Yönteminde kullanılan kuraklık şiddeti sınıfları

Table 2. Drought severity classes used in SPI methods

SPI Değerleri SPI Values	Kuraklık Sınıflandırılması Drought Classification
$2.0 > SPI$	Aşırı yağışlı (AY)
$1.5 < SPI \leq 2.0$	Çok yağışlı (ÇY)
$1.0 < SPI \leq 1.5$	Orta yağışlı (OY)
$0 < SPI \leq 1.0$	Hafif Yağışlı (HY)
$-1.0 < SPI \leq 0$	Hafif Kurak (HK)
$-1.5 < SPI \leq -1.0$	Orta kurak (OK)
$-2.0 < SPI \leq -1.5$	Çok kurak (ÇK)
$-2.0 \leq SPI$	Aşırı kurak (AK)

## Bulgular ve Tartışma

Bilecik Meteoroloji istasyonuna ait verilerden elde edilen aylık, 3 aylık, 6 aylık, 12 aylık ve 24 aylık SPI zaman serilerine bağlı kuraklık durumları Tablo 3'te ayrıntılı olarak verilmiştir. Tabloda zaman serilerine bağlı nemli dönem ve kurak geçen ay sayıları şiddetlerine göre yüzde (%) değerleriyle birlikte verilmiştir.

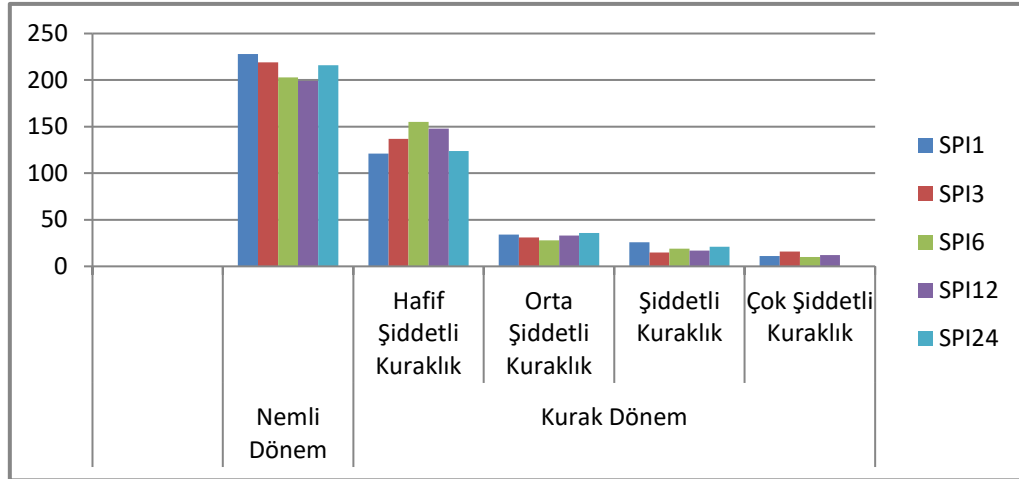
Tablo 3. Nemli ve kurak geçen ayların şiddetleri ve yüzdeleri

Table 3. Severity and percentages of wet and dry months

SPI Zaman Serileri Time Series of SPI	Nemli Dönem Wet Period	Kurak Dönem Drought Period			
		Hafif Şiddetli Kuraklık Near Normal Drought	Orta Şiddetli Kuraklık Moderate Drought	Şiddetli Kuraklık Severe Drought	Çok Şiddetli Kuraklık Extreme Drought
SPI <sub>1</sub>	Ay 228 % 54.29	121	34	26	11
SPI <sub>3</sub>	Ay 219 % 52.39	137	31	15	16
SPI <sub>6</sub>	Ay 203 % 48.92	155	28	19	10
SPI <sub>12</sub>	Ay 199 % 48.66	148	33	17	12
SPI <sub>24</sub>	Ay 216 % 54.41	124	36	21	0

Şekil 1' de nemli ve kurak dönemler şiddetlerine göre zaman serilerinde karşılaştırdığında il genelinde büyük çoğunluğun kurak geçmediği görülmektedir. Yaşanan kuraklıklarda genelde hafif şiddetli olarak hissedilmiştir. Nemli aylar, aylık, 24

aylık ve 3 aylık periyotlar da, hafif şiddetli kuraklık ise 6 ve 12 aylık periyotlarda en fazla gözlenmiştir. Çok şiddetli kuraklık 3 aylık, şiddetli kuraklık ise aylık periyotta en yüksek seviyeye ulaşmıştır.



Şekil 1. Nemli ve kurak dönemlerin şiddetlerine göre zaman serilerinde karşılaştırması  
Figure 1. According to the severity of wet and dry periods compare of the time series

Mevsimler olarak kuraklık daha çok yaz aylarında yaşanmıştır fakat kış aylarında da kuraklık gözlenmiştir. 1980-2014 yılları arasında en fazla çok şiddetli kuraklık 12 aylık periyotta 1985 yılında görülmüştür. En uzun kuraklık 24 aylık periyotta arka arkaya 39 ayla 1984-1987 Mart ayı arasında yaşanmıştır.

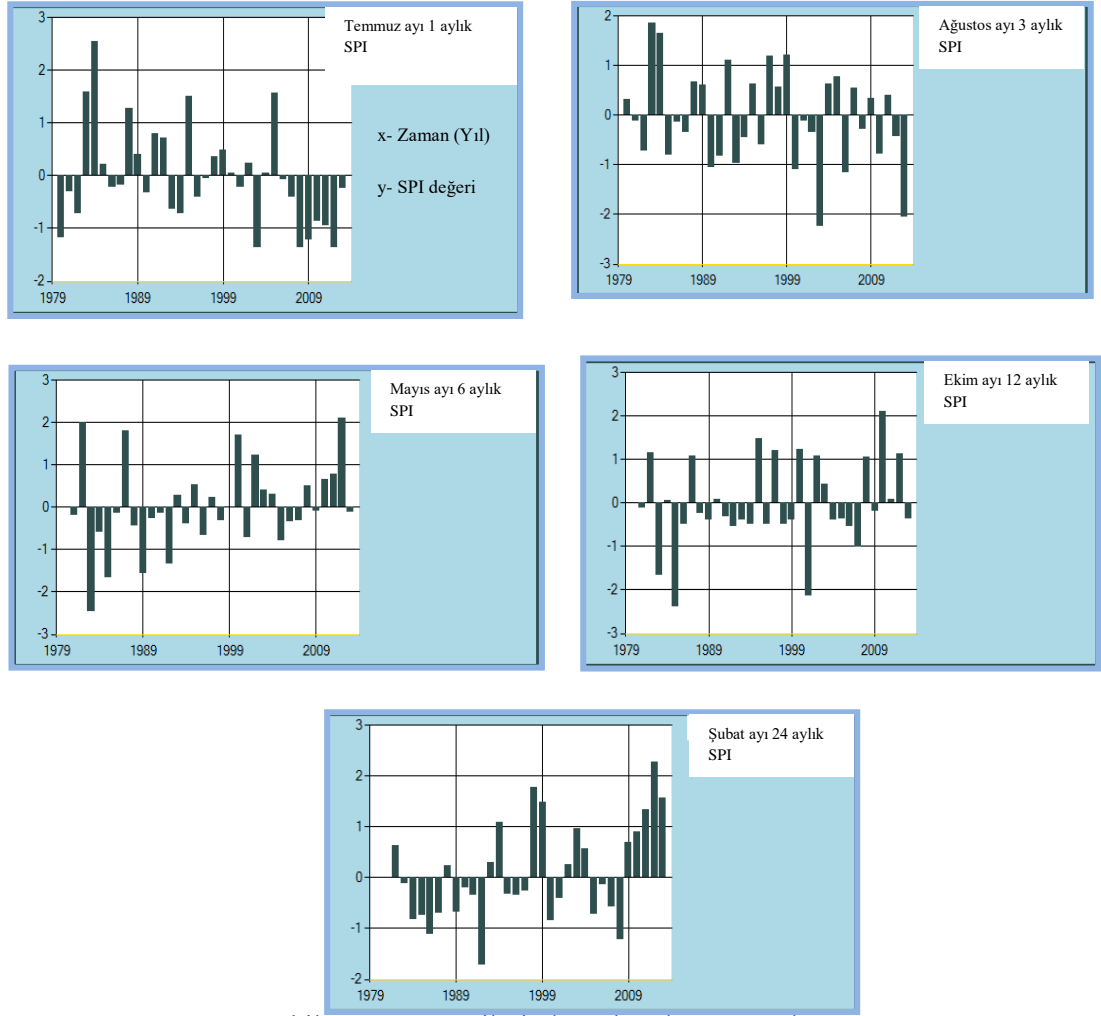
Zaman serileri içinde ise en kurak geçen aylar Şekil2' de verilmiştir.

SPI analiz sonuçlarında grafiklerde de görüldüğü gibi, aylık periyotta en kurak ay Temmuz olurken, 3 aylık periyotta Ağustos, 6 aylıkta Mayıs, 12 Aylıkta Ekim, 24 aylık periyotta ise Şubat ayında yaşanmıştır.

Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Dinç vd. (2016) Antalya'da yaptıkları çalışmada 1970-2014 yılları arasındaki uzun süreli yağış verilerini kullanarak meteorolojik kuraklık analizi yapmışlardır. Analiz sonucunda 3, 6, 12 ve 24 aylık SPI değerlerinde bir azalma olmadığı, SPI değerlerinin normale yakın kurak (0,99 / - 0,99) eğiliminde olduğunu hesaplamışlardır. Kuraklığın yaz aylarında görülebildiği gibi kış aylarında da yaşandığını belirlemişlerdir. Keskin vd. (2007) Isparta ilinde 1965-2014

yılları arasındaki yağış verileriyle SPI yöntemini kullanarak meteorolojik kuraklık analizi yapmışlardır. 12 aylık periyotlar için yaptıkları analiz sonucunda kurak ayların frekansını yaklaşık %58 olarak bulmuşlardır. Çalışma alanında çok şiddetli kuraklığında yaşandığını saptamışlardır. Yürekli ve Anlı (2008) Karaman ilinde yaptıkları çalışmada 1929-2007 yılları arasındaki yağış verilerini SPI yöntemini kullanarak meteorolojik kuraklık analizi yapmışlardır. Genel olarak aylar için elde edilen SPI değerleri 0.99 / - 0.99 değerleri arasında kaldığını gözlemlemişlerdir. Anlı vd. (2007) Çekerek Havzasında bulunan 17 yağış istasyonundan elde edilen aylık ve yıllık yağmur verilerinden yararlanarak kuraklığın bölgesel analizini gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analiz sonuçlarından havzanın kuraklık durumunun normal ve normale yakın olduğunu belirtmişlerdir.

Bizim elde ettiğimiz sonuçlarda da kuraklığın yaz aylarında olduğu gibi kış aylarında da yaşandığı gözlemlenmiştir. Bunun yanında çalışma alanında çok şiddetli kuraklığın yaşandığı tespit edilmiş fakat genel eğilimin normal ve normale yakın olduğu görülmüştür.



Şekil 2. Zaman serilerinde en kurak geçen aylar  
Figure 2. The driest months in time series

## Sonuçlar

Bilecik Meteoroloji istasyonundan el edilen yağış verilerinin SPI yöntemiyle analizi sonucunda, bu istasyona bağlı yağışlarda meydana gelen anormal ve normal durumlar tespit edilmiştir. Elde edilen kuraklık ve nemlilik sonuçları kullanılarak durum değerlendirmesi yapılmıştır.

Tablo 4'te, zaman serilerine bağlı ekstrem maksimum ve minimum SPI değerleri verilmiştir. 1983 yılı Bilecik'in en sert kuraklığının yaşandığı yıllardan birisi olmuştur. SPI 12 değeri -3,12'ye kadar ulaşmıştır. En kurak dönem 39 ayda 1984-1987 yılları arasında yaşanmıştır.

Nemli dönem ve kurak dönem karşılaştırıldığında, genel olarak tüm zaman periyotları için kurak ve nemli dönem

oranlarının birbirine yakın olduğu anlaşılmaktadır. Elde edilen bulgularda, Bilecik'te orta ve hafif şiddetli kuraklığın görülme riskinin her zaman olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Hesaplanan En Yüksek ve En Düşük SPI Değerleri  
Table 4. Calculated maximum and minimum SPI values

	En Yüksek Max.	En Düşük Min.
1 Ay	2.66 (2010, Ekim)	-2.99 (1983, Mart)
3 Ay	2.52 (2010, Ekim)	-3.11 (2001, Mart)
6 Ay	2.42 (2012, Haziran)	-3.12 (2013, Eylül)
12 Ay	2.61 (2011, Ocak)	-3.12 (1983, Mayıs)
24 Ay	2.81 (2012, Eylül)	-1.85 (1986, Kasım)

Kuraklık küresel boyutta yaşanan iklimsel değişimler nedeniyle dünyada ve ülkemizde ciddi tehditler oluşturmaktadır.

Bu nedenle, yapılan bu tahminler ve elde edilen kuraklık analiz değerleri dikkate alınarak bir merkez tarafından incelenmeli ve kuraklık eylem planları hazırlanmalıdır.

Bu planlamayla su kaynaklarının daha etkin kullanılması ve tarımsal faaliyetlerin kuraklıktan en az etkilenmesi sağlanmalıdır.

### Kaynaklar

- Anlı, A. S., Apaydin, H. Ozturk, F. 2007. Regional Flood Frequency Estimation for the Goksu River Basin through *L*-moments. International River Basin Management Conference, State Hydraulic Works, 22-24 March, Gloria Golf Resort Hotel, Belek, Antalya
- Çaldağ, B., Şaylan, L., Toros, H., Sırdaş, S., Bakanoğulları, F., 2004. Drought Analysis in Northwest Turkey. Role of Multi purpose Agriculture in Sustaining Global Environment, 169-179, Udine, Italy.
- Diñç, N., Aydınşakir, K., Işık, M., Büyüктаş, D., 2016. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) Yöntemi ile Antalya İli Kuraklık Analizi. Derim Dergisi, 33 (2):279-298.
- Gümüş, V., Başak, A., Oruç, N., 2016. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) Yöntemi ile Şanlıurfa İstasyonunun Kuraklık Analizi. H.Ü Müh. Der. 01 (2016) p.36-44.
- İlgar, R., 2010. Çanakkale’de Kuraklık Durumu ve Eğilimlerinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi ile Belirlenmesi. Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 22, S. 183 – 204.
- Keskin, M.E., Terzi, Ö., Taylan, E.D., Yılmaz, A.G., 2007. Isparta Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK, 350-359, İstanbul, Türkiye.
- Kıymaz, S., Güneş, V., Asar, M., 2011. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi İle Seyfe Gölünün Kuraklık Dönemlerinin Belirlenmesi. GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(1), 91-102 91.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology, 1993, pp. 179-183.
- Mckee, T.B, Doesken, N.J., Kleist, J., 1995. Drought Monitoring with Multiple Time Scales, American Meteorological Society. Proceeding of The 9<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, 15-20 January 1995, Boston, 233-236.
- Palmer, W.C., 1965. Meteorological Drought. Research Paper No. 45. United States Department of Commerce, Weather Bureau.
- Tonkaz, T. Çetin, M., 2005. Şanlıurfa’da Kuraklık Şiddetinin Standardize Yağış İndisi (SPI) ile Belirlenmesi ve Kuraklık Gidiş Analizi. GAP IV. Tarım Kongresi, 21-23 Eylül 2005, Şanlıurfa.
- Topçuoğlu, K., Mengü, G.P., Anaç, S., 2008. Ege Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi. 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları-Konya Kapalı Havzası Yer altı suyu ve Kuraklık Konferansı, 175-184, Konya, Türkiye.
- Tsakiris, G., Vangelis, H., 2004. Towards A Drought Watch System Based On Spatial SPI. Water Resources Management, 18(1):1-12.
- Yürekli, K., Anlı, A.S. 2008. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Karaman İli Kuraklığının Analizi. 5. Dünya Su Formu Konya Kapalı Havzası Yeraltı suyu ve Kuraklık Konferansı, 11-12 Eylül, Konya.
- <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/brosurler/kuraklik.pdf> (2018)