

Kocadere Havzasında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi İle Farklı Zaman Ölçeğinde Kuraklık Analizi

Gözen YÜCEERİM^{1,*} Gülay YILMAZ¹ Merve ETÖZ¹ C.Oğuz ACAR¹¹Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir

*Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author e-mail): gozenyuceerim@gmail.com

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655270

Öz

Kuraklık, su kaynaklarını, tarımı ve tüm canlıları etkileyen, sosyo-ekonomik zararlara neden olan, bir doğal afettir. Kuraklığın karakteristiklerini belirlemek için pek çok indeks geliştirilmiş olup, kuraklığın izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, dünyada sıklıkla kullanılan bir indeks olan SYİ (Standartlaştırılmış Yağış İndeksi) farklı zaman dilimleri için hesaplanmıştır. Böylece bir meteorolojik kuraklık indeksi olan SYİ'nin farklı periyotlar için tarımsal ve hidrolojik kuraklık açısından yol göstericiliği değerlendirilmiştir. Çalışmada Susurluk Büyük Akarsu Havzası sınırları içinde bulunan Kocadere Havzasına ait 30 yıllık (1987-2016) yağış verileri kullanılmıştır. Havza alanına yerleştirilen yağış istasyonlarından, su yılı (1 Ekim- 30 Eylül) dikkate alınarak elde edilen veriler kullanılarak SYİ, 1 (SYİ-1), 6 (SYİ-6) ve 12 (SYİ-12) aylık olmak üzere 3 farklı dönem için hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarla farklı dönemlerdeki kuraklık şiddeti sınıfları belirlenerek, değerlendirmeler için yağış ve akım verilerinden yararlanılmıştır. İndeks değerinin sıfırın altına düştüğü durumlar kurak dönemin başlangıcı kabul edilerek yapılan değerlendirmede; 1987-2016 su yılları arasındaki dönemin, SYİ-1 için %48.34'ü kurak, % 51.66'sı yağışlı, SYİ-6 için % 51.66'sı kurak, % 48.34'ü yağışlı ve SYİ-12 için % 50.00'si kurak, %50.00'si ise yağışlı olarak sınıflandırılmıştır. Aylık SYİ (SYİ-1) değerlerinin ölçülen yağış değerleriyle uyumlu olduğu ve indeks değerini yansıttığı gözlemlenmiştir. 6 aylık SYİ (SYİ-6) değerlerinin ise havza için yağış bakımından önemli bir dönem olan Ekim-Mart ayları arasında düşen yağışın izlenmesi açısından iyi bir gösterge olduğu tespit edilmiştir. Yıllık olarak hesaplanan (SYİ-12) indeks değerleri ise havzada ölçülen yıllık toplam akımlardaki artış ve azalışı açıklamaktadır.

Anahtar kelimeler : Kocadere havzası, kuraklık, SYİ (standartlaştırılmış yağış indeksi)

Analysis of Drought at Different Timescales by Standardized Precipitation Index in Kocadere Basin

Abstract

Drought is a natural disaster which affect water resources, agriculture and all living things also causes socio-economic damages. Numerous indices have been developed to characterize the drought, and these indices are widely used for drought monitoring. In this study, frequently used SPI (Standardized Precipitation Index) was calculated for different time periods. Thus, it is aimed to evaluate the guidance of the SPI, which is a meteorological drought index, in terms of agricultural and hydrological drought for different periods. In the study, 30 years (1987-2016) precipitation data which belongs to the Kocadere Basin have been used. The data obtained by considering the water year (1 October – 30 September), from the rainfall stations which were located in basin area. With this data SPI was calculated for 3 different time periods (SPI-1, SPI-6 and SPI-12). Drought severity classes

in different periods were determined and precipitation - flow data were used for evaluations. As an evaluation, when the index value fell below zero, is considered as the beginning of the dry season. In this circumstance, the period between 1987-2016 water year is classify as, 48.33% dry, 51.67% rainy for SPI-1; 51.67% dry, 48.33% rainy for SPI-6 and 50.00% dry and 50.00% rainy for SPI-12. Its observed that, SPI-1 values were consistent with measured rainfall and reflect the index value. Moreover, SPI-6 values were found to be a good indicator of precipitation monitoring between october and march, which is an important period for this basin. The annualized index values (SPI-12) clarify the increase and decrease in total annual flows measured in the basin.

Keywords: Drought, Kocadere basin, SPI (standardized precipitation index)

GİRİŞ

Kuraklığı tek bir tanımla açıklamak mümkün olmasa da genel bir tanımlama ile yağışların normalin altına düşmesiyle ortaya çıkan, çok yavaş başlayan ancak aylar ve hatta yıllar boyunca gelişen, tarımsal üretimi, hidrolojik dengeyi, ekonomiyi ve aslında tüm insanları etkileyen bir doğal afettir. Bu denli yaygın etkiye sahip olan kuraklığı izlemek, ölçmek ve değerlendirmek, oluşabilecek olumsuzluklara karşı hazırlıklı olmak bakımından büyük önem taşımaktadır. İzleme ve değerlendirmeyi yapabilmek için ise kuraklık indeksleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kuraklığı ölçebilmek için kuraklık tipine bağlı olarak belirlenen dört yaklaşım kullanılır. Meteorolojik kuraklık, diğer bir deyişle yağışların azlığı kuraklığın ilk işaretidir. Tarımsal kuraklık ise meteorolojik kuraklıktan sonra oluşur. Özellikle kuru tarım alanlarında, toprak nemindeki azlık ile kendini gösterir. Böylece tarım, kuraklık tarafından etkilenen ilk ekonomik sektör olur. Yağışların akışa geçerek nehir ve göllerin su seviyelerini etkilemesi ise belli bir zaman alır ve neticesinde hidrolojik kuraklık gözlemlenir. Sosyoekonomik kuraklık diğer üç yaklaşımdan farklı olarak ölçülebilir fiziksel bir olguyu değil, kuraklığın sosyoekonomik sistemlere etkisini inceler. Ekonomik, sosyal ve çevresel etkiler bu kapsamda değerlendirilir.

Farklı zaman ölçeklerinde etkili olabilen kuraklık olaylarını incelemek, meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklığı izlemek için çeşitli yaklaşımlar ve yöntemler geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemlerde yer alan indeksler, kuraklık koşullarının başlangıcını saptamak, kuraklık olaylarını ölçmek, izlemek ve kuraklık afetinin büyüklüğünü saptamak açısından önemlidir. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI) bahsi geçen indeksler içinde yaygın olarak kullanılanlarından biridir.

McKee ve ark. (1993) tarafından geliştirilen Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI), esnek, güçlü ve hesaplaması kolay bir indekstir. Yağış verisi indeksin tek girdi parametresidir. Yağışlı periyotları da kurak periyotlar gibi etkili bir şekilde analiz eder. SYI çoklu zaman ölçeği için yağışta meydana gelen açığı ölçmek üzere tasarlanmış bir indekstir ve bu zaman ölçekleri farklı su kaynakları üzerindeki etkileri yansıtır. Toprak nemi koşulları, yağış anormalliklerine nispeten kısa bir sürede cevap verirken, yeraltı suyu, akarsu ve rezervuar depolaması, uzun vadeli yağış anormalliklerini yansıtır. Bu nedenlerden dolayı, McKee ve ark. (1993) başlangıçta SYI'ni 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık zaman ölçekleri için hesaplamıştır (WMO, 2012).

Fiorillo ve Guadagno (2010) Güney İtalya'da yürüttükleri çalışmada, SYI'nin farklı zaman ölçekleri ile kaynak debisi arasındaki ilişkiyi incelemişler ve sonuçta SYI-12 ile ifade ettikleri kümülatif yağış ile kaynak debisinin benzer trende sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Labeledzki (2007) ise Polonya'da, detaylı olarak incelemek üzere seçtiği 1991-2005 yılları arasındaki dönemde, farklı zaman ölçekleri için meteorolojik ve tarımsal kuraklığı belirlemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Bunun sonucunda 2000 yılında Polonya'da görülen tarımsal ve meteorolojik kuraklığı aylık ve üç aylık SYI değerlerinin altı aylık SYI değerinden daha iyi yansıttığı, ancak çok yıllık verilerle daha ileri analizler yapılarak hangi zaman ölçeğinin en uygun olduğunun belirlenebileceğini belirtmiştir.

SYI ile yapılan birçok çalışmada "SPI_SL_6.exe" programı yaygın olarak kullanılan bir programdır. Adeogun ve ark. (2014), Nijerya'da meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık analizi yaparken uygun olan SYI zaman ölçeğini belirlemek için yürüttükleri çalışmada, bu

programı kullanmışlardır. Ayrıca, Cornel (2014) Romanya’da, Pratoomchai (2015) Tayland’da, Kumar ve ark. (2013) ise İtalya ’da kuraklık ile ilgili yürüttükleri çalışmalarında bahsi geçen programı kullanmışlardır.

Bu çalışmada, Kocadere Havza’sı için aylık toplam yağış verileri kullanılarak, aylık (SYİ-1), altı aylık (SYİ-6) ve yıllık (SYİ-12) olarak meteorolojik kuraklık indeksi olan SYİ değerleri hesaplanmış ve diğer tipteki kuraklıklar (tarımsal ve hidrolojik kuraklık) için bir değerlendirme olanağı sağlamıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma yeri ve özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü Kocadere havzası Balıkesir’e 48 km, Bigadiç’e 8 km uzaklıktadır. Temsili bir su depolama havzası olan Kocadere Havzası güney-kuzeybatı yönünde olup havza içerisinde Yağcıbedir, Durasılar ve havza sınırında Kargın köyleri bulunmaktadır. Susurluk Büyük Akarsu Havzası içinde yer alan havzanın alanı, 11,366km²’dir. Havza çıkış yerinin yükseltisi 255 m, enlemi 39°25’12” N, boylamı 28° 11’52” E dir. Havzada genel olarak arazi dik eğimli olup, yer yer çok dik hatta sarp eğimde olan yerlere de rastlamak mümkündür. Havza yer alan arazi kullanım türleri %29.85 mera, %26.72 nadassız kuru tarım, % 23.76 fundalık, %15.10 orman (meşe ve çam fıstığı), %3.42 sulu tarım olarak dağılmaktadır. Havzanın %1.15’lik kısmı ise yerleşim yerlerini oluşturmaktadır. Bigadiç İlçesi bölgesel olarak Thornwaite sınıflamasına göre “Kurak, az nemli mezotermal”, Köppen sınıflamasına göre ise “Yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlı” iklim tipine girmektedir. Ortalama sıcaklık 14.4 °C olup en yüksek sıcaklık 43.5oC ile haziran ayında, en düşük sıcaklık ise -17.0 oC ile şubat ayında görülmüştür. Havzanın uzun yıllık yağış ortalaması ise 609.34 mm’dir. (Yılmaz ve ark., 2013).

Yağış verilerinin değerlendirilmesi

Çalışmada kullanılan yağış verileri, aynı çalışma alanında 1987-2012 su yılları arasında yürütülen, havzanın yağış ve akım karakteristiklerini inceleyen araştırma kapsamında ölçülmüş olan verilerdir. Bu doğrultuda, havza alanına yerleştirilen üç adet yağışölçerden alınan günlük yağış verilerin aritmetik ortalamaları dikkate alınarak aylık yağış toplamları elde edilmiştir.

2015 ve 2016 su yıllarında havzada başlatılan başka bir proje ile aynı noktalarda ölçüm alınmaya devam edilmiş ve önceki ile benzer şekilde aylık toplam yağış miktarları hesaplanmıştır.

Hiçbir ölçüm alınmayan 2013 ve 2014 su yılları için ise, veriler havzaya en yakın yağış istasyonu olan Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün 17698 numaralı Bigadiç İstasyonu’ndan temin edilmiştir. Bu verilerin havza yağış verisi olarak kullanılması için, 26 su yılı boyunca havzada yapılan ölçümler ile 26 yıllık Bigadiç istasyonuna ait veriler arasındaki ilişkiler aylar düzeyinde incelenmiştir. Yapılan inceleme ile 1987-2012 su yılları için Bigadiç istasyon verileri ile Havza’ya ait veriler arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre, en yüksek R2 değeri 0.93 ile Eylül ayları arasında bulunurken, en düşük R2 değeri 0.68 ile Temmuz ayları arasında görülmüştür. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda her ay için bir denklem çıkarılmış ve Bigadiç İstasyonuna ait yağış değerlerine uygulanarak eksik yağış verileri tamamlanmıştır.

Değerlendirmeler yapılırken kullanılan aylık toplam akım değerleri ise yine 1987-2012 su yılları arasında yürütülen aynı çalışmadan alınmıştır.

Standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) McKee ve ark. (1993) tarafından kuraklığı izlemek ve tanımlamak üzere geliştirilen bir indekstir. SYİ ile herhangi bir bölgede belirli bir zaman ölçeğinde kurak veya nemli olaylardaki anormallikler belirlenebilir. (Pamuk ve ark., 2004).

Yağışta meydana gelen açık, yeraltı suları, rezervuar depolaması, toprak nemi, kar örtüsü ve akımlar üzerinde farklı etkilere sahiptir. SYİ, çoklu zaman ölçekleri için yağışın olasılığına dayanarak yağış açığını ölçmek üzere tasarlanmıştır. Böylelikle kuraklığın farklı su kaynakları üzerindeki etkisini yansıtır (Tsakiris ve Vangelis, 2004).

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (McKee ve ark., 1993).

$$SYI = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (\text{Eşitlik 1.})$$

Eşitlik 1. de SYİ, standart yağış indeksini, x_i gözlenen yağışı (mm), \bar{x} yağış serisinin ortalamasını (mm) ve σ , serinin standart sapmasını, göstermektedir.

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi değerleri dikkate alınarak yapılan kuraklık değerlendirmesinde, indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. İndeksin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indeksin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir (McKee ve ark., 1995).

Sonuçların değerlendirilmesinde Çizelge 1. de verilen SYİ yöntemine göre kuraklık şiddeti sınıfları Tsakiris ve Vangelis (2004) dikkate alınmıştır.

Çizelge 1. SYİ değerlerine göre kuraklık şiddeti sınıfları
Table 1. Drought classification based on SPI values

SYİ Değeri	Kuraklık şiddeti
≥2.00	Çok şiddetli yağışlı
1.50 – 1.99	Çok yağışlı
1.00 – 1.49	Orta şiddetli yağışlı
0.99 – 0.00	Normal
0.00- (-0.99)	Normale yakın kurak
(-1.00) – (-1.49)	Orta şiddetli kurak
(-1.50) – (-1.99)	Şiddetli kurak
≤-2.00	Çok şiddetli kurak

SYİ değerlerinin hesaplanmasında; en az 30 yıllık sürekli periyoda sahip aylık yağış dizileri (m boyutunda) hazırlanır. Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına etkisi dikkate alınarak indekslerdeki değişimlerin gözleneceği 1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 gibi farklı zaman dilimleri belirlenir (Dinç ve ark., 2016).

Çalışmada aylık olarak hesaplanan SYİ (SYİ-1) değerleri, kısa dönem koşullarını yansıttığı için, elde edilen sonuçlar meteorolojik kuraklık, kısa dönemli toprak nemi ve özellikle büyüme dönemine denk gelen bitki stresi ile ilişkilidir. Altı aylık periyotlarla

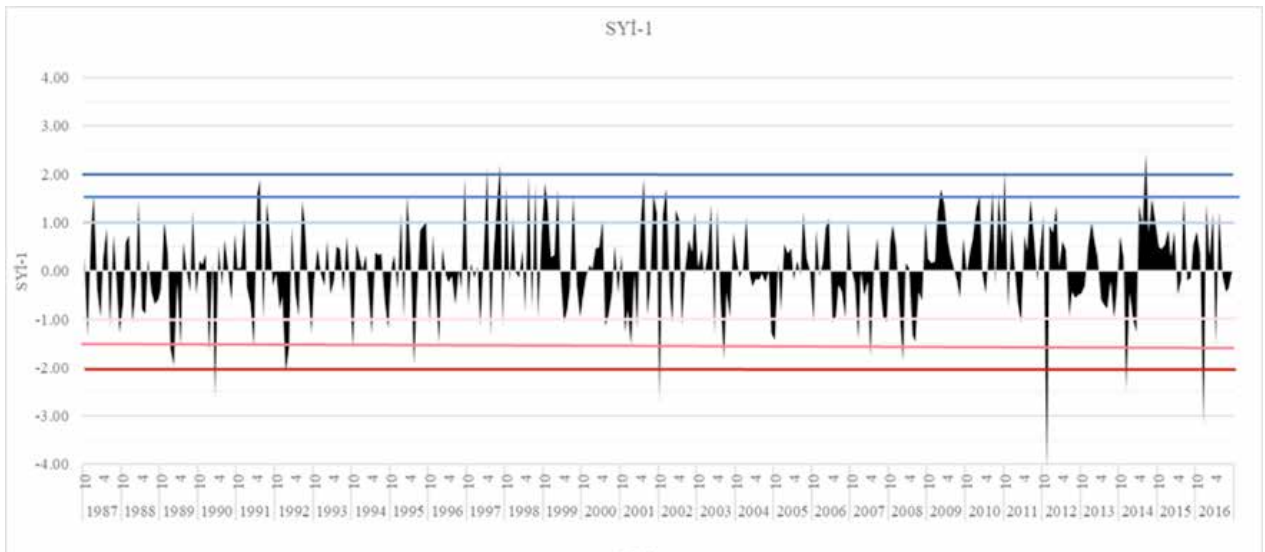
hesaplanan SYİ (SYİ-6), farklı mevsimler süresince gerçekleşen yağışın gösterilmesinde çok etkilidir. Ayrıca, elde edilen değerler toprak nem koşulları ve su kaynaklarındaki anormallikler ile ilişkilendirilebilir. Yıllık olarak hesaplanan SYİ (SYİ-12) ise uzun dönem yağış desenini yansıtır. Hesaplanan indeks değerleri genelde akarsu akımlarına, rezervuar seviyelerine ve daha da uzun zaman ölçeğinde yeraltı suyu seviyelerine bağlıdır (WMO, 2012).

Temeli yukarıda açıklanan eşitliğe dayanan indeksin, hesaplanması için programlar da geliştirilmiştir. Çalışmada bu programlardan biri olan "SPI_SL_6.exe" programı kullanılmıştır. Program, Ulusal Kuraklık Azaltma Merkezi (The National Drought Mitigation Center-NDMC) tarafından geliştirilmiştir.

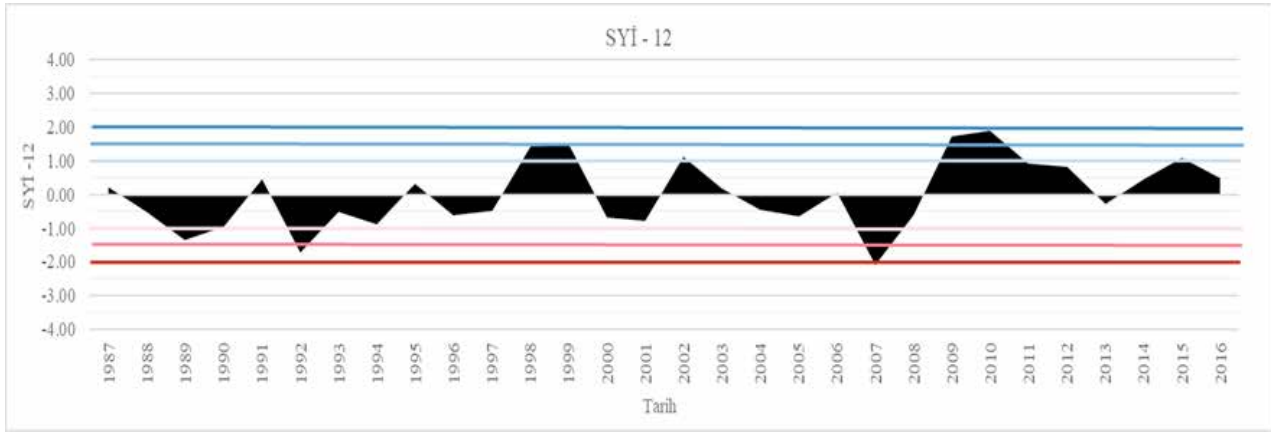
Programın girdi dosyası "notepad" dosyası halinde hazırlanır ve ". cor" uzantısı ile program formatına dönüştürülür. Yağış serileri hazırlanırken programın düzgün çalışabilmesi için eksik veriler için "-99" değeri girilirken, tüm yağış verileri "100" katsayısı ile çarpılarak bütün değerlerin tam sayı olması sağlanır. Açılan ekranda komut satırına sırasıyla dönem sayısı, bu dönemlerin hangisi olduğu, girdi dosyası adı ve çıktı dosyası adı yazılarak sonuçlar elde edilir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kocadere Havza'sına ait yağış değerleri kullanılarak, üç farklı dönem için (SYİ-1, SYİ-6 ve SYİ-12) SPI_SL_6.exe programı ile hesaplama yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, SYİ-1 indeks değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 1. de gösterildiği gibi gerçekleşmiştir.



Şekil 1. SYİ-1 sonuçları
Figure 1. SPI-1 results



Şekil 3. SYİ-12 sonuçları

Figure 3. SPI-12 results

kategorisinde olan durum dikkat çekicidir. Bunun yanında 1991 su yılının ikinci yarısındaki “çok yağışlı” dönem kategorisine giren değerler ardından 1993 su yılının ilk yarısının “şiddetli kurak” kategorisine girmesi gibi ekstrem durumlar da tespit edilmiştir.

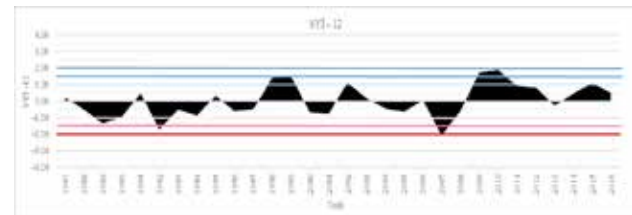
Üçüncü dönem olarak seçilen yıllık SYİ hesaplamasının sonuçlarına ait zamansal değişim Şekil 3. de verildiği gibi gerçekleşmiştir ve sonuçlar hidrolojik kuraklık açısından değerlendirilmeye çalışılmıştır. Buna göre, toplam 30 yılın 15 yılı yani %50’si kurak, %50’si ise yağışlı olarak sınıflandırılmıştır. 2007 su yılı bu 30 yıllık periyot içinde en kurak yıl olarak belirlenmiştir. Ayrıca 1988-1990 arasında ve benzer şekilde 1992-1994 yılları arasında 3’er yıllık uzun kurak dönem yaşandığı saptanmıştır. Kurak olarak belirlenen yılların kuraklık derecelerine göre dağılımı ise Çizelge 4. de verildiği gibi gerçekleşmiştir.

Çizelge 4. SSYİ-12’ye göre kurak ayların sayısı, oranı ve şiddeti
Table 4. Number, ratio and severity of dry months according to SPI-12

Negatif SYİ-12 Sayısı	Oranı (%)	Kuraklık Şiddeti
12	40,00	Normale yakın kurak
1	3,33	Orta şiddetli kurak
1	3,33	Şiddetli kurak
1	3,33	Çok şiddetli kurak

Bilindiği üzere hidrolojik kuraklığın başlıca nedeni, uzun süren kümülatif yağışın kıtlığıdır. Böylece, uzun süren meteorolojik kuraklık, kaynak ve nehir debileri ve piezometrik seviyeleri düşürür (Fiorillo ve Guadagno, 2010). Bu nedenle, indeks değerlerini, yağış ölçümleriyle aynı dönem ve aynı havza için ölçülen akım değerleri ile karşılaştırmak hidrolojik kuraklığı değerlendirmek açısından fikir veren bir yaklaşımdır.

Bu doğrultuda yıllık olarak hesaplanan SYİ-12 ile ölçülen yıllık akım değerlerinin bir karşılaştırması ise Şekil 4. de yapılmıştır. Burada, “akımdaki fark” olarak ifade edilen değerler aylık olarak uzun yıllık akım ortalamalarından olan farklardır. Şekil 3.4’de görüldüğü gibi indeks değerinin sıfırın altına indiği, yani kurak dönemin başladığı yıllar ile akımın ortalamadan olan farkının negatif değere düştüğü dönemler birbirine uyum göstermektedir. Ancak, 1995 su yılında görüldüğü gibi indeks değerinin pozitif olmasına rağmen akımda beklenen artışın gerçekleşmediği ve akımın ortalamadan düşük olarak ölçüldüğü durumlarda saptanmıştır. Burada dikkat çeken durum ise öncesindeki 3 su yılından birinin şiddetli kurak kategorisine girmiş olmasıdır.



Şekil 4. SYİ-12 ile yıllık toplam akımlardaki değişimler

Figure 4. Changes in total annual flow with SPI-12

SONUÇLAR

Yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, SYİ-1 değerlerinin kısa dönem kurak koşulları iyi yansıttığı ve ölçülen yağışlardaki değişimlerle iyi bir uyum sağladığı görülmektedir. Aylık olarak hesaplanan uzun yıllık ortalamalardan olan değişimleri meteorolojik kuraklık açısından değerlendirdiğimizde aylık SYİ’nin iyi bir gösterge olduğu görülmüştür.

SYİ-6 ile ilgili yapılan değerlendirmeden elde edilen sonuçlara göre, dönemlik hesaplanan bu

indeksin mevsimsel olarak yağışta meydana gelen azalmaları tespit yeteneği olduğu için, tarımsal üretim açısından önem taşıyan dönemler dikkate alınarak yapılacak hesaplamalarda yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Tarımsal kuraklık açısından kuraklığı belirlemede özellikle toprak neminin anahtar rol oynadığını düşünecek olursak, gerek toprak nem takibi gerekse diğer tarımsal kuraklık indeksleri ile SYİ-6'nın sonuçlarının karşılaştırılması yapılabilir.

Yıllık olarak hesaplanan indeks (SYİ-12) değerlerinin ise Havza'da ölçülen yıllık toplam akımlar ile uyumlu olduğu, kurak kategorisinde çıkan yılın toplam akım miktarının da uzun yıllık ortalamalardan düşük olduğu saptanmıştır. Bu durum bir yandan hidrolojik kuraklık açısından dikkate değer olsa da, daha net sonuçlar için SYİ-12'nin bir hidrolojik kuraklık indeksi ile karşılaştırılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Adeogun BK, Nwude MO, Mohammad YS, Adie DB (2014). Evaluation of suitable standardized precipitation index time scales for meteorological, agricultural and hydrological drought analyses, *FUTA Journal of Research in Sciences*, 2014 (2): 140-149.
- Cornel SN (2014). Comparative study regarding performance of some free software's for the calculation of the standardized precipitation index (SPI), *Analele Universităţii din Oradea, Fascicula Protectia Mediului Vol. XXIII*, Pp:779-788.
- Dinç N, Aydınşakir K, Işık M, Büyüktaş D (2016). Standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) yöntemi ile Antalya ili kuraklık analizi, *Derim*, 33 (2):279-298.
- Fiorillo F, Guadagno FM (2010). Karst spring discharges analysis in relation to drought periods, using the SPI, *Water Resour Manage*, 24:1867-1884.
- Kumar PV, Bindi M, Crisci A, Maracchi G (2013). Detection of variations in precipitation at different time scales of twentieth century at three locations of Italy, *Weather and Climate Extremes* 2:7-15.
- Labedzki L (2007). Estimation of local drought frequency in central Poland using the standardized precipitation index SPI, *Irrigation and Drainage*, 56: 67-77.
- Mckee TB, Doesken N J, Kleist J (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales, 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, pp.179-184.
- McKee TB, Doesken NJ, Kleist J (1995). Drought monitoring with multiple time scales, *American meteorological society, Proceedings of 9th. Conference on Applied Climatology*, Dallas, pp:233-236.
- Pratoomchai W, Kazama S, Manandhar S, Ekkawatpanit C, Saphaokham S, Komori D, Thongduang J (2015). Sharing of people's perceptions of past and future hydro-meteorological changes in the groundwater use area, *Water Resource Management*, 29:3807-3821.
- Pamuk G, Özgürel M, Topçuoğlu K (2004). Standart Yağış Indisi (SPI) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 41 (1):99-106.
- Tsakiris G, Vangelis H (2004). Towards a drought watch system based on spatial SPI, *Water Resources Management*, 18(1): 1-12.
- WMO, (2012). Standardized Precipitation Index User Guide, WMO-No. 1090, Switzerland.
- Vergni L, Todisco F (2011). Spatio-temporal variability of precipitation, temperature and agricultural drought indices in Central Italy, *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, 301-313.
- Yılmaz G, Aykanlı N, Abalı İ, Acar, O (2013). Balıkesir-Bigadiç Kocadere Havzası Yağış ve Akım Karakteristikleri, Proje Sonuç Raporu, Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir.