

## **Seyhan Göksu-Himmetli Alt-Havzasının Akım Verileri ile Kuraklık Analizi**

Ahmet İRVEM Mustafa ÖZBULDU Cihan ÇIPLAK

Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Böl.,31040, Hatay

---

### **Özet**

Kuraklık; yağışların uzun yıllık ortalamalara göre önemli ölçüde azalması sonucunda, ortaya çıkan doğal bir afettir. Kurak dönemlerin belirlenmesi ve etkilerinin azaltılması açısından kuraklık analizlerinin yapılması gereklidir. Bu çalışmada; Seyhan havzası Göksu-Himmetli alt-havzasında bulunan 1801 nolu akım gözlem istasyonuna ait 1936-2011 yılları arasındaki aylık toplam akım verileri kullanılmıştır. Akım verileri ReDIM yazılımına aktararak, SPI ve RUN yöntemleri ile 3 ve 12 aylık kurak dönem analizleri yapılmıştır. Üç aylık dönemler için yapılan SPI analizi sonucu; en şiddetli kuraklık Mayıs 1989-Ekim 1989 arasında, kuraklığın en uzun sürdüğü dönem ise Eylül 1972-Mart 1975 arasında olduğu belirlenmiştir. On iki aylık dönemler için ise; en şiddetli kuraklık Mayıs 2001-Nisan 2002 arasındaki dönemde görülürken, en uzun kuraklık ise Nisan 1972-Nisan 1975 arasında görülmüştür. RUN yöntemine göre ise; en uzun kuraklığın 2003-2008 yılları arasındaki dönemde gerçekleştiği görülmüştür. En fazla birikimli su eksikliği 1970-1974 yılları arasında 42511 m<sup>3</sup> olarak, en fazla kuraklık şiddeti 1994 yılında 10859 m<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, havzada 20 yılda bir 4 yıl ve üzeri sürelerde hidrolojik kuraklık yaşandığı görülmüştür. Bu sonuca göre 2020-2023 yılları arasında kurak bir dönemine girilme riski olduğu belirlenerek havza su kaynaklarının korunması için gerekli önlemler alınmalıdır.

**Anahtar kelimeler:** Göksu-Himmetli alt havzası, SPI yöntemi, RUN yöntemi, ReDIM

### **Drought Analysis by Using Stream Flow Data of The Seyhan Göksu-Himmetli Sub-Basin Abstract**

Drought is a natural disaster resulting from a significant reduction of rainfall based on long-year averages. Drought analysis is required to determine the drought periods and to reduce harmful effects of drought. In this study, the monthly streamflow data for the period between 1936 and 2011 were obtained from the current observation station (1801) within the Göksu-Himmetli sub-basin of the Seyhan basin was used. Data was transferred to ReDIM software to analyze the drought period for 3 and 12 months periods by using the SPI and RUN methods. As a result of SPI analysis performed for the three months period; the most severe drought was observed between May 1989 and October 1989. The longest period of drought was observed between September 1972 and March 1975. For the twelve months period; the most severe drought was observed in the period between May 2001 and April 2002. The longest drought was found between April 1972 and April 1975. According to the RUN method; the longest drought was occurred between 2003 and 2008. The highest cumulative water deficiency was 42551 m<sup>3</sup> between 1970 and 1974, and the maximum drought intensity was 10859 m<sup>3</sup> in 1994. Moreover, hydrological droughts that have 4 years or more duration occurs in every 20 years in the basin. Water resources in this region must be protected due to there is a drought risk between years of 2020-2023.

**Key words:** Göksu-Himmetli sub-basin, SPI methods, RUN methods, ReDIM

---

## Giriş

Kuraklık, belirli bir zaman aralığında, geniş bölgelerde su miktarının önemli derecede azalmasını karakterize eden doğal bir olaydır. Dünyanın değişik bölgelerinde meydana gelen kuraklıklar, ekonomik faaliyetlere, canlı yaşamına ve çeşitli çevresel etmenlere etki ederler. Çok yavaş gelişerek belirli bir süreçte oluşan kuraklık olaylarında, süre uzadıkça sonuçlar da çok tehlikeli boyutlara ulaşabilir (Kömüşçü,2001).

Kuraklığın önemli zararı ise nehirlerin kuruması veya suyun azalması ile doğal yaşamı tehdit etmesidir. Kurak ve yarı kurak iklim özelliğine ait alanlarda akarsuların verimleriyle ilgili bilgiler, kullanma ve sulama suyu, sulama zamanının belirlenmesi ve rezervuar işletilmesi açısından önemlidir. Akarsu havzasında yağışlarda meydana gelecek değişim direkt olarak akarsu akımlarını da etkileyecektir (Yürekli ve ark,2009).

Kuraklık başta meteorolojik kuraklık olmak üzere, hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik kuraklık olarak kendini gösterir. Meteorolojik kuraklık uzun bir zaman içinde yağışın belirgin şekilde normal değerlerin altına düşmesi olarak tanımlanır. Toprakta özellikle büyüme döneminde bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmaması olarak tanımlanan tarımsal kuraklık ise nem kaybı ve su kaynaklarında azalma olduğu zaman ortaya çıkar. Yeraltı su kaynakları ve yüzey suları, yağış dönemlerindeki yağış miktarları ile ilişkilidir. Uzun süreli yağış azlığında, yeraltı su seviyesinde, yüzey akışta ve toprak neminde görülen azalma hidrolojik kuraklık olarak tanımlanır.

Kuraklık ile ilgili tanımlarda en belirgin problemlerden biri kurak dönem süresi boyunca yağış eksikliğinin yeraltı suları, su rezervuarları, toprak nemi, kar kütleleri ve nehir akımlar gibi farklı su kaynaklarına nasıl etki ettiğidir (Turgut ve Kömüşçü, 2010). Burada en önemli sorun yağış eksikliğinden kaynaklanan akımlarda meydana gelebilecek kuraklığın bu kaynaklar üzerindeki etkisinin süre ve şiddetlilik açısından farklı olmasından

kaynaklanmasındır. Bu durumda kuraklığın izlenmesi açısından akım verilerinin farklı zaman dilimleri içinde niceliksel olarak ifade edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Yağışlar kuzey yarımkürenin orta ve yüksek enlemlerinde her on yılda yaklaşık %0,5 ile %1 arasında artış gösterirken, Akdeniz havzasını da içine alan subtropikal karaların önemli bir bölümünde her on yılda yaklaşık olarak %3 azalma göstermiştir(Türkeş, 2007).Kısa süreli yağışların Türkiye genelinde önemli artış gösterdiğini ve Akdeniz ikliminden etkilenen Türkiye'nin güneybatısında yer alan istasyonlarda benzer durumun ortaya çıktığını tespit etmişlerdir (Acar ve Şenocak, 2007).

Paulo ve Pereira, (2006) Portekiz'in Alentejo bölgesinde kurak dönemlerin yerel ve bölgesel olarak belirlenmesi amacıyla yapmış oldukları çalışmalarında RUN teorisi, SPI ve PDSI indeksini kullanmışlardır. RUN teorisinin önceden belirlenen uzun yıllık yağış ortalamasına veya kritik bir yağış değerine göre hesaplamalar yapması nedeniyle kuraklık şiddetinin standart bir sınıflamasının yapılmasında bazı zorlukların olduğunu, PDSI ve SPI indeksin kuraklık özellikleri ile daha tutarlı sonuçlar verdiğini, PDSI indeksin hesaplanmasında daha çok veriye ihtiyaç duyulduğunda bu yöntemin kullanımının sınırlı olduğunu, SPI indeksi için sadece kolayca elde edilebilen yağış verisine ihtiyaç duyulduğu için kullanımın daha yaygın ve kolay olduğunu ifade etmişlerdir. Sonuç olarak kurak dönemleri belirlemede farklı indekslerin birleştirilerek kullanılmasının daha avantajlı olacağını açıklamışlardır.

Adnan ve ark. (2015) Pakistan'ın Sindh bölgesinde yaptıkları çalışmalarında ReDIM yazılımı ile 3,6,9,12 ve 24 aylık süreler için SPI ve Run metodu ile kurak dönemleri araştırmışlardır. Araştırmaları sonucunda yağış, toprak nemi ve SPI anomalileri arasında önemli derecede korelasyon belirlemişlerdir. 1969, 1974, 1987 ve 2002 yıllarında özellikle 1972-1974 ve 2000-2002 yılları arasında çok şiddetli kurak dönemlerin yaşandığını açıklamışlardır. Ayrıca Sindh bölgesi için kuraklık risk haritası geliştirmişler ve bu harita

üzerinde şiddetli kuraklık açısından riskli 10 alanı belirlemişlerdir.

Özfidaner ve ark. (2018) Seyhan Havzasında ölçülmüş olan aylık ortalama akımlar kullanılarak akarsu kuraklık indisi (SDI) metoduna göre kuraklığın saptanması amacıyla yaptıkları çalışmada, SDI metoduna göre 3, 6, 9,12 aylık dönemlerde kuraklık şiddetini ifade eden indeks değerleri elde etmişlerdir. Her iki istasyonda da 9-12 aylık referans dönemleri için SDI değerleri benzer sonuçlar elde etmişlerdir. 3 ve 6 aylık dönemlerde kuraklık değerlerinin 2000 yılından sonra önem kazandığını belirtmişlerdir.

Seyhan havzası iklim değişikliğinden dolayı ile kuraklıktan önemli derecede etkilenecek havzaların başında gelmektedir. Yüze su kaynakları, kar depolaması ve yeraltı suyu potansiyelinde %30'a varan önemli azalışların gerçekleşeceği kestirilmektedir (Ekmekçi, 2008).

Bu çalışmanın amacı, Seyhan Havzası Göksu-Himmetli, alt-havzasında bulunan 1801 nolu akım gözlem istasyonu, aylık toplam akım verilerini kullanarak, SPI ve RUN yöntemi ile kurak dönem analizlerinin yapılması, böylece çalışma alanı için 3 ve 12 aylık kuraklık dönemlerinin ve karakteristiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı olan Göksu-Himmetli alt havzası; Türkiye'nin güneyinde bulunan Seyhan Havzası içerisinde 37° 51' 59" kuzey enlemi, 36° 03' 32" doğu boylamı koordinatlarında yer almaktadır. Toplam drenaj alanı yaklaşık olarak 2596,8 km<sup>2</sup> ve ortalama denizden yüksekliği 665 metredir. Göksu-Himmetli alt havzası ve Seyhan havzasının sınırları ile Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ)'ne ait 1801 nolu akım gözlem istasyonunun konumu Şekil 1'de verilmiştir.

1801 nolu istasyondan elde edilen 1936-2011 yıllarına ait aylık akım verileri, bölgesel kuraklık belirleme modeli olan ReDIM yazılımına aktarılarak, model içerisinde entegre olan standart yağış indeksi (SPI) ve Run yöntemleri kullanılarak kurak dönem

analizleri yapılmıştır. Çalışma alanı sınırları ve akarsu yollarının haritalanması işlemlerinde ise ILWIS GIS yazılımı kullanılmıştır.

Standart Yağış İndeksi (SPI), esas olarak belirlenen zaman dilimi içerisinde, yağışın veya akım değerlerinin ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir. SPI yöntemi ile kuraklık değişimleri analizi için geliştirilen uygulama yazılımı sayesinde tek ya da çoklu istasyon seçeneği ile aylık toplam akım verileri kullanılarak geçmiş yıllara ait kuraklık analizi yapılabileceği gibi, ileriye dönük kuraklık tahmini de yapılabilmekte ve farklı kategorilerde kuraklık oluşumlarını sağlayan kritik akım değerleri elde edilebilmektedir.

Program istenilen istasyon için 3, 6, 12 ve 24 ay bazında kuraklık indeksinin zaman ve yüzde oluşumunu hesaplayabilmekte ve aynı zamanda farklı kuraklık şiddeti kategorilerinde analize imkân vermektedir. SPI yöntemi için aşağıda verilen Eşitlik 1 uygulanmaktadır;

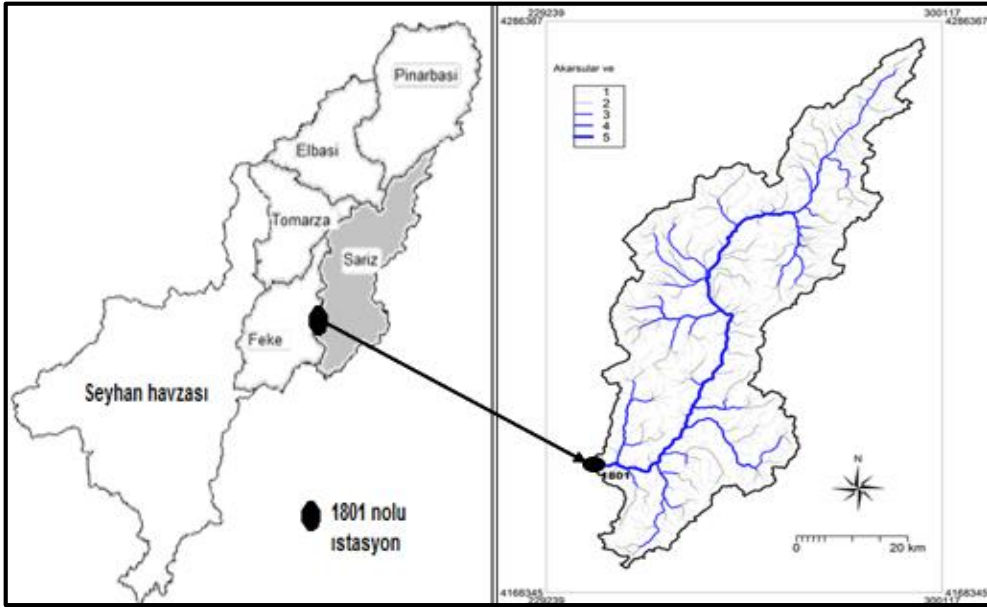
$$SPI = \frac{x_i - x_j}{q} \quad (1)$$

Bu eşitlikte;  $x_i$  yağış indeksi,  $x_j$  aktüel yağış miktarını,  $q$  ise ortalama yağış miktarını temsil etmektedir. SPI değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır, indeksin sıfırın altına ilk düştüğü dönem kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken, indeksin pozitif değere yükseldiği dönem kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir. SPI yöntemine göre yapılan sınıflandırma Çizelge 1.'de verilmiştir

Çizelge 1. SPI yöntemine göre indeks değerleri ve sınıflandırma (Vermes, 1998).

Table 1. Index values and classification according to SPI method (Vermes, 1998).

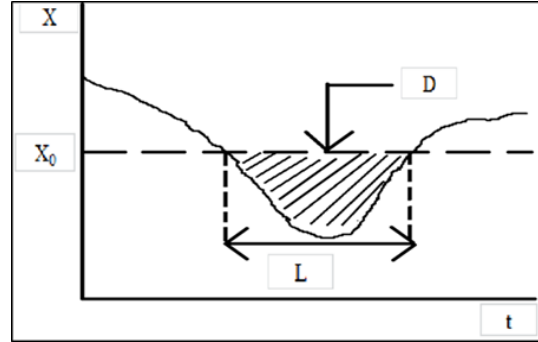
| SPI değerleri       | Sınıflandırma       |
|---------------------|---------------------|
| $\geq (2,00)$       | Çok şiddetli nemli  |
| $(1,50) - (1,99)$   | Çok nemli           |
| $(1,00) - (1,49)$   | Orta şiddetli nemli |
| $(0,99) - (0,00)$   | Normal              |
| $(0,00) - (-0,99)$  | Normale yakın kurak |
| $(-1,00) - (-1,49)$ | Orta şiddetli kurak |
| $(-1,50) - (-1,99)$ | Şiddetli kurak      |
| $\leq (-2,00)$      | Çok şiddetli kurak  |



Şekil 1. 1801 nolu akım gözlem istasyonunun konumu  
Figure 1. Position of current monitoring station 1801

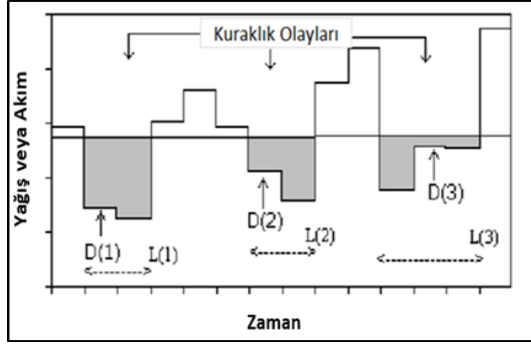
Run (gidiş) analizi, kurak dönemler için Yevjevich (1967) tarafından önerilen objektif bir yöntemdir. Seçilen bir  $\Delta t$  zaman aralığı ile ölçülen bir  $X$  rastgele değişkeninin  $X(t)$  stokastik sürecini göz önüne alır. Eşik düzeyi  $X$  değişkeninin  $q$  küçük kalma olasılığına ( $P(X < X_0) = q$ ) karşı gelen  $X_0$  değeri olursa, bazı zaman aralıklarında  $X(t)$  değeri  $X_0$ 'dan büyük, bazı zaman aralıklarında küçük olacaktır. Bu durumlarda  $X(t)$ 'nin sürekli olarak  $X_0$ 'ın üstünde kaldığı süre pozitif run (gidiş), altında kaldığı süre ise negatif run (gidiş) olarak tanımlanır.

$X$ 'i bir ölçekte ölçülen yağışın ya da bir akarsuda ölçülen akımın ifadesi olarak, kuraklık analizinde kullanılabilir. Bu durum da negatif run kurak bir döneme karşı gelir. negatif run uzunluğu ( $L$ ) kurak dönemin süresini, bu süre boyunca  $X_0$  ile  $X(t)$  arasındaki su hacmini ifade eden negatif run toplamı, ( $D$ ) kurak dönemdeki su eksikliğini gösterir. Böylece negatif run toplamını, negatif run uzunluğuna bölünmesiyle kuraklığın ortalama şiddeti ( $I$ ) bulunur.  $L$  negatif run uzunluğu ve  $D$  negatif run toplamı Şekil 2'de görsel olarak verilmiştir.



Şekil 2. Negatif run uzunluğu ( $L$ ) ve negatif run toplamı ( $D$ )  
Figure 2. Negative run length ( $L$ ) and negative run sum ( $D$ ).

Runs analizinde uzun dönemler için kuraklık olaylarına ait kuraklık süreleri ( $L$ ) kritik düzeyinin altındaki yağışlar, kümülatif su eksikliği ( $D$ )'nin zamanla grafiksel gösterimi Şekil 3'te verilmiştir. Burada gözlem süresindeki maksimum run uzunluğu en uzun kurak dönemi temsil eder. En uzun (ya da toplam eksikliği en büyük olan) kurak dönem, su kaynakları sistemlerinin en zorlu koşullarda işleyeceği dönemdir.



Şekil 3. Kuraklık olaylarının özellikleri  
Figure 3. Properties of drought event

### Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, geçmiş yıllara ait aylık toplam akım verileri ReDIM yazılımına aktarılarak, kuraklık indekslerinden SPI ve Run yöntemlerine göre Göksu-Himmetli alt havzası için kurak dönemlerin analizleri yapılmıştır.

SPI yöntemine göre kurak dönem analizinde, EİEİ 1801 nolu istasyona ait 1936-2011 yılları arasındaki aylık toplam akım

verileri, ReDIM programına aktarılmıştır. ReDIM programı ile SPI indeks değerleri 3 ve 12 aylık dönemlere göre hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir. Göksu-Himmetli (1801) istasyonunun 3 aylık döneme göre kuraklık şiddetleri ve sayıları sonuçlarına göre; SPI değerinin -1'den daha küçük olduğu ve yeniden pozitif değer aldığı dönemler kurak dönem olarak tanımlanmış ve bu tanıma göre çalışma alanında 1936-2011 yılları arasında 35 kez kurak dönem görülmüştür. Bu 35 kurak dönemde toplam 153 ay kuraklık görülmüştür ve 1801 nolu istasyon için kurak ay sayısı ortalama 4,37 olarak bulunmuştur. Bu kurak dönemler içerisinde SPI -1.5' dan daha küçük olan diğer ifadeyle şiddetli kurak dönem 17 kez görülmüş ortalama şiddetli kurak ay sayısı 4,12 olarak hesaplanmıştır. Çok şiddetli kuraklığı ifade eden SPI -2'den daha küçük değerler 8 dönem görülmüş ve dönemlere göre ortalama çok şiddetli kurak ay sayısı 2,13 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Göksu-Himmetli (1801) istasyonunun 3 aylık döneme göre kuraklık şiddetleri ve sayıları.

Table 2. Drought intensities and numbers of Göksu-Himmetli (1801) station according to 3 month period.

|            | Kuraklık Şiddetleri ve Sayıları |                        |                        |                   |                       |
|------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|
|            | Yağışlı                         | Normale Yakın Kuraklık | Orta Şiddetli Kuraklık | Şiddetli Kuraklık | Çok Şiddetli Kuraklık |
|            | SPI>+1                          | -1<SPI<+1              | SPI<-1                 | SPI<-1,5          | SPI<-2                |
| Sayı       | 51                              | 91                     | 35                     | 17                | 8                     |
| Minimum    | 1                               | 0                      | 1                      | 1                 | 1                     |
| Ortalama   | 2,82                            | 0,99                   | 4,37                   | 4,12              | 2,13                  |
| Maksimum   | 11                              | 1                      | 31                     | 8                 | 5                     |
| Toplam     | 144                             | 90                     | 153                    | 70                | 17                    |
| Toplam (%) | 15,82                           | 9,89                   | 16,81                  | 7,69              | 1,87                  |

Bu hesaplamalara göre oluşturulan Göksu-Himmetli istasyonu akım indeksi sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir. Sonuçlara göre, ortalama SPI'de en az kuraklığın Nisan 2003 'te -1,02' görülen orta şiddetli kuraklık olup ve en şiddetli kuraklık ise Mayıs 1989'dan Ekim 1989'a kadar geçen 6 aylık sürede görülmüştür (SPI=-2,05). En uzun kurak dönem ise Eylül 1972 başlayan, Mart 1975 tarihinde biten 31 aylık kurak dönem olmuştur.

Göksu-Himmetli (1801) istasyonunun 12 aylık döneme göre kuraklık şiddetleri ve sayıları sonuçlarına göre; SPI değerinin -1'den daha küçük olduğu ve yeniden pozitif değer aldığı dönemler kurak dönem olarak tanımlanmış ve bu tanıma göre çalışma alanında 1936-2011 yılları arasında 12 kez kurak dönem görülmüştür.

Çizelge 3. Göksu-Himmetli (1801) istasyonunun 12 aylık döneme göre kuraklık şiddetleri ve sayıları

Table 3. Drought intensities and numbers of Göksu-Himmetli (1801) station according to 12 month period.

|                   | Kuraklık Şiddetleri ve Sayıları |                        |                        |                   |                       |
|-------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|
|                   | Yağışlı                         | Normale Yakın Kuraklık | Orta Şiddetli Kuraklık | Şiddetli Kuraklık | Çok Şiddetli Kuraklık |
|                   | SPI>+1                          | -1<SPI<+1              | SPI<-1                 | SPI<-1,5          | SPI<-2                |
| <b>Sayı</b>       | 20                              | 79                     | 12                     | 7                 | 5                     |
| <b>Minimum</b>    | 1                               | 1                      | 1                      | 5                 | 1                     |
| <b>Ortalama</b>   | 7,25                            | 1,00                   | 12,42                  | 14,71             | 6,00                  |
| <b>Maksimum</b>   | 25                              | 1                      | 37                     | 36                | 12                    |
| <b>Toplam</b>     | 145                             | 79                     | 149                    | 103               | 30                    |
| <b>Toplam (%)</b> | 16,09                           | 8,77                   | 16,54                  | 11,43             | 3,33                  |

Görülen 12 kurak dönemde, toplam 149 ayda kuraklık görülmüştür ve kurak ay sayısı ortalama 12,42 olarak bulunmuştur. Bu kurak dönemler içerisinde SPI -1.5' den daha küçük olan diğer ifadeyle şiddetli kurak dönem 7 kez görülmüş ve ortalama şiddetli kurak ay sayısı 14,71 olarak hesaplanmıştır.

Bu hesaplamalara göre oluşturulan Göksu-Himmetli istasyonu akım indeksi sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Çok şiddetli kuraklığı ifade eden SPI -2'den daha küçük değerler 5 dönem görülmüş ve dönemlere göre ortalama 6,00 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlara göre, ortalama SPI'de en az kuraklığın Nisan 1991 'de -1,01 görülen orta şiddetli kuraklık olup ve en fazla kuraklık ise Mayıs 2001 'den Nisan 2002 'ye kadar geçen 12 aylık sürede şiddetli kuraklık görülmüştür (SPI = -1,97). En uzun kurak dönem ise Nisan 1972'de başlayan ve Nisan 1975 tarihinde biten 37 aylık kurak dönem olmuştur.

Run yöntemine göre kurak dönem analizinde, 1801 nolu istasyon için EİEİ'den alınan 1936-2011 yılları arasındaki yıllık akım verileri kullanılmıştır. Bu veriler ReDIM programına aktarılmıştır. ReDIM 'den elde edilen sonuçlar Şekil 4.'de verilmiştir. Uzun yıllar ortalama akım değeri 28000 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmış ve bu değer üzerindeki akım değerleri kurak olmayan yılları, altındaki akım değerleri ise kurak yılları ve dönemleri ifade etmektedir.

Kuraklıkla ilgili karakteristik değerler ise Çizelge 6'da verilmiştir. Run yöntemi sonuçlarına göre, çalışma alanı için en uzun kurak dönem 2003-2008 yılları arasındaki 6 yıllık dönemde görülmüştür. Bir sonraki en uzun kurak dönem 5 yıl olarak 1997-2001 yılları arasında görülmüştür. En fazla birikimli su eksikliği 1970-1974 yılları arasında 42551 m<sup>3</sup> iken en az birikimli su eksikliği 1951 yılında 236 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. En fazla kuraklık şiddeti 1994 yılında 10859 m<sup>3</sup>/yıl iken en az kuraklık şiddeti 1951 yılında 236 m<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır. En fazla su eksikliğinin görüldüğü ilk 3 değer 42551, 40542, 25334 m<sup>3</sup> aşılma olasılığı için (D>d) yineleme yılları sırasıyla 248, 201, 41 olarak hesaplanmıştır.

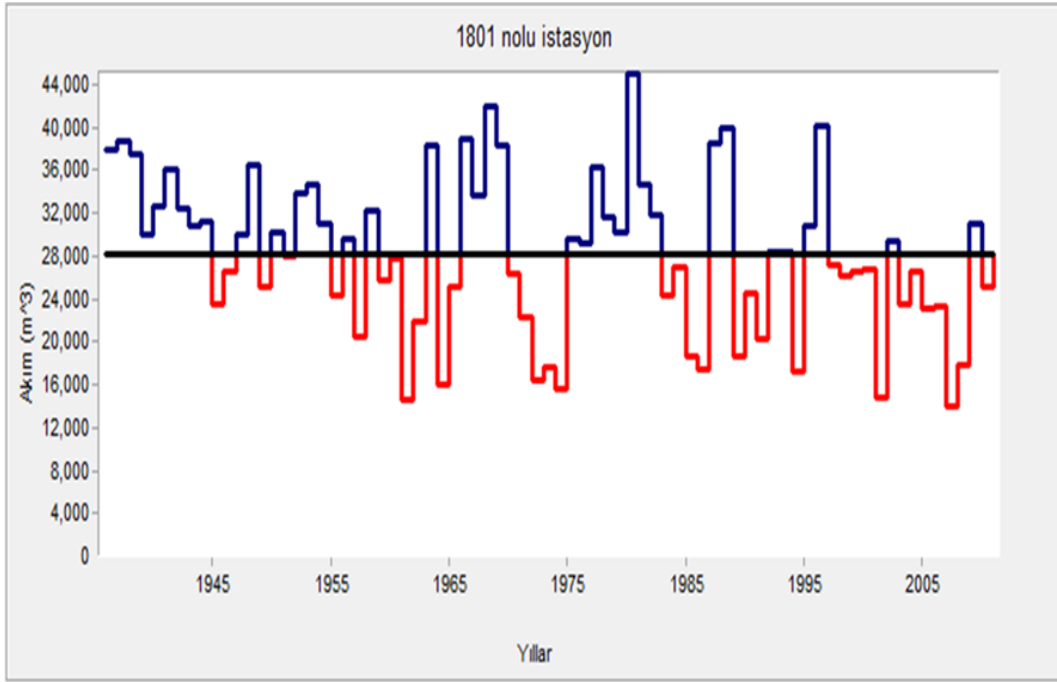
Kuraklıkların aynı sürede meydana gelme olasılıkları (L=l) 6 ve 5 yıllık süre için 285 ve 138 yıl olarak hesaplanmıştır. Kurak sürelerin aşılma olasılıkları için (L≥l) yineleme yılları 300 ve 146 olarak hesaplanmıştır. Aynı kurak sürenin ve su eksikliğinin aynı anda aşılma olasılığı için (L=l, D>d) yineleme yılları 941, 1306 ve 159 olarak hesaplanmıştır. Kurak sürenin ve su eksikliğinin, ikisinin birden aşılma olasılıkları için yineleme yılları 310, 247 ve 77 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4. Göksu-Himmetli (1801) istasyonu 3 aylık dönem için akım indeksi sonuçları  
Table 4. Göksu-Himmetli (1801) station current index results for a 3-month period

| S.No | Başlangıç    | Son          | Süre (Aylar) | SPI Ortalama | SPI Minimum | SPI Sınıflandırma      |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------------------------|
| 1    | Mart 1945    | Nisan 1945   | 2            | -1,24        | -1,42       | Orta şiddetli kuraklık |
| 2    | Mart 1946    | Mart 1946    | 1            | -1,04        | -1,04       | Orta şiddetli kuraklık |
| 3    | Nisan 1949   | Nisan 1949   | 1            | -1,26        | -1,26       | Orta şiddetli kuraklık |
| 4    | Şubat 1950   | Şubat 1950   | 1            | -1,09        | -1,09       | Orta şiddetli kuraklık |
| 5    | Şubat 1951   | Şubat 1951   | 1            | -1,12        | -1,12       | Orta şiddetli kuraklık |
| 6    | Şubat 1952   | Şubat 1952   | 1            | -1,06        | -1,06       | Orta şiddetli kuraklık |
| 7    | Mayıs 1957   | Temmuz 1957  | 3            | -1,20        | -1,32       | Orta şiddetli kuraklık |
| 8    | Mart 1961    | Ekim 1961    | 8            | -1,79        | -2,19       | Şiddetli kuraklık      |
| 9    | Ocak 1962    | Mart 1962    | 3            | -1,21        | -1,43       | Orta şiddetli kuraklık |
| 10   | Kasım 1962   | Ocak 1963    | 3            | -1,35        | -1,62       | Orta şiddetli kuraklık |
| 11   | Nisan 1964   | Kasım 1964   | 8            | -1,61        | -1,95       | Şiddetli kuraklık      |
| 12   | Şubat 1965   | Mart 1965    | 2            | -1,30        | -1,40       | Orta şiddetli kuraklık |
| 13   | Aralık 1965  | Ocak 1966    | 2            | -1,39        | -1,41       | Orta şiddetli kuraklık |
| 14   | Mart 1972    | Temmuz 1972  | 5            | -1,52        | -2,01       | Şiddetli kuraklık      |
| 15   | Eylül 1972   | Mart 1975    | 31           | -1,51        | -2,03       | Şiddetli kuraklık      |
| 16   | Aralık 1975  | Mart 1976    | 4            | -1,15        | -1,31       | Orta şiddetli kuraklık |
| 17   | Ocak 1977    | Şubat 1977   | 2            | -1,06        | -1,08       | Orta şiddetli kuraklık |
| 18   | Kasım 1983   | Şubat 1984   | 4            | -1,21        | -1,36       | Orta şiddetli kuraklık |
| 19   | Nisan 1985   | Nisan 1985   | 1            | -1,06        | -1,06       | Orta şiddetli kuraklık |
| 20   | Haziran 1985 | Haziran 1985 | 1            | -1,04        | -1,04       | Orta şiddetli kuraklık |
| 21   | Ağustos 1985 | Ocak 1986    | 6            | -1,40        | -1,67       | Orta şiddetli kuraklık |
| 22   | Mayıs 1986   | Aralık 1986  | 8            | -1,65        | -2,07       | Şiddetli kuraklık      |
| 23   | Mayıs 1989   | Ekim 1989    | 6            | -2,05        | -2,22       | Çok şiddetli kuraklık  |
| 24   | Nisan 1991   | Mayıs 1991   | 2            | -1,18        | -1,34       | Orta şiddetli kuraklık |
| 25   | Mayıs 1994   | Aralık 1994  | 8            | -1,56        | -1,90       | Şiddetli kuraklık      |
| 26   | Ağustos 1999 | Ağustos 1999 | 1            | -1,05        | -1,05       | Orta şiddetli kuraklık |
| 27   | Nisan 2000   | Nisan 2000   | 1            | -1,19        | -1,19       | Orta şiddetli kuraklık |
| 28   | Aralık 2000  | Kasım 2001   | 12           | -1,63        | -2,37       | Şiddetli kuraklık      |
| 29   | Aralık 2002  | Aralık 2002  | 1            | -1,08        | -1,08       | Orta şiddetli kuraklık |
| 30   | Nisan 2003   | Nisan 2003   | 1            | -1,02        | -1,02       | Orta şiddetli kuraklık |
| 31   | Ağustos 2006 | Eylül 2006   | 2            | -1,13        | -1,20       | Orta şiddetli kuraklık |
| 32   | Şubat 2007   | Kasım 2007   | 10           | -1,88        | -2,40       | Şiddetli kuraklık      |
| 33   | Şubat 2008   | Mart 2008    | 2            | -1,20        | -1,40       | Orta şiddetli kuraklık |
| 34   | Mayıs 2008   | Aralık 2008  | 8            | -1,66        | -2,11       | Şiddetli kuraklık      |
| 35   | Ocak 2010    | Ocak 2010    | 1            | -1,21        | -1,21       | Orta şiddetli kuraklık |

Çizelge 5. Göksu-Himmetli (1801) istasyonu 3 aylık dönem için akım indeksi sonuçları  
Table 5. Göksu-Himmetli (1801) station current index results for a 3-month period.

| S.No | Başlangıç    | Son          | Süre (Aylar) | SPI Ortalama | SPI Minimum | SPI Sınıflandırma      |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------------------------|
| 1    | Temmuz 1957  | Ocak 1958    | 7            | -1,04        | -1,06       | Orta şiddetli kuraklık |
| 2    | Mayıs 1961   | Haziran 1962 | 14           | -1,75        | -2,17       | Şiddetli kuraklık      |
| 3    | Haziran 1964 | Nisan 1965   | 11           | -1,66        | -1,94       | Şiddetli kuraklık      |
| 4    | Nisan 1971   | Nisan 1971   | 1            | -1,07        | -1,07       | Orta şiddetli kuraklık |
| 5    | Nisan 1972   | Nisan 1975   | 37           | -1,76        | -2,15       | Şiddetli kuraklık      |
| 6    | Aralık 1985  | Mart 1987    | 16           | -1,53        | -1,86       | Şiddetli kuraklık      |
| 7    | Temmuz 1989  | Mayıs 1990   | 11           | -1,32        | -1,47       | Orta şiddetli kuraklık |
| 8    | Nisan 1991   | Nisan 1991   | 1            | -1,01        | -1,01       | Orta şiddetli kuraklık |
| 9    | Ocak 1992    | Mart 1992    | 3            | -1,05        | -1,09       | Orta şiddetli kuraklık |
| 10   | Haziran 1994 | Nisan 1995   | 11           | -1,38        | -1,59       | Orta şiddetli kuraklık |
| 11   | Mayıs 2001   | Nisan 2002   | 12           | -1,97        | -2,25       | Şiddetli kuraklık      |
| 12   | Nisan 2007   | Nisan 2009   | 25           | -1,93        | -2,37       | Şiddetli kuraklık      |



Şekil 4. Göksu-Himmetli (1801) istasyonu için yıllara göre kurak dönemleri  
Figure 4. Drought periods per year for Göksu-Himmetli (1801) station



Çizelge 6. Göksu-Himmetli alt havzası Run yöntemi sonuçları  
Table 6. Göksu-Himmetli sub-basin Run method results

| S.No | Başlangıç | Son  | Süre<br>[yıl] | Kümülatif<br>Eksiklik<br>[m <sup>3</sup> ] | Kuraklık<br>Şiddeti<br>[m <sup>3</sup> /yıl] | Tr<br>(L=l)<br>[yıl] | Tr<br>(L>=l)<br>[yıl] | Tr<br>(D>d)<br>[yıl] | Tr<br>(L=l, D>d)<br>[yıl] | Tr<br>(L>=l,<br>D>d)<br>[yıl] |
|------|-----------|------|---------------|--|--|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1    | 1945      | 1946 | 2             | 6182                                       | 3091   | 16                   | 16                    | 6                    | 19                        | 9                             |
| 2    | 1949      | 1949 | 1             | 3048                                       | 3048   | 7                    | 8                     | 4                    | 10                        | 4                             |
| 3    | 1951      | 1951 | 1             | 236  | 236  | 7                    | 8                     | 4                    | 7                         | 4                             |
| 4    | 1955      | 1955 | 1             | 3812                                       | 3812   | 7.                   | 8                     | 5                    | 12                        | 5                             |
| 5    | 1957      | 1957 | 1             | 7722                                       | 7722   | 7.                   | 8                     | 7                    | 28                        | 7                             |
| 6    | 1959      | 1962 | 4             | 22388                                      | 5597   | 67                   | 71                    | 30                   | 129                       | 50                            |
| 7    | 1964      | 1965 | 2             | 15182                                      | 7591   | 16                   | 16                    | 14                   | 62                        | 16                            |
| 8    | 1970      | 1974 | 5             | 42511                                      | 8502   | 138                  | 146                   | 248                  | 1306                      | 277                           |
| 9    | 1983      | 1986 | 4             | 25344                                      | 6336   | 67                   | 71                    | 41                   | 173                       | 60                            |
| 10   | 1989      | 1991 | 3             | 21007                                      | 7002   | 32                   | 34                    | 26                   | 109                       | 33                            |
| 11   | 1994      | 1994 | 1             | 10859                                      | 10859  | 7                    | 8                     | 9                    | 61                        | 9                             |
| 12   | 1997      | 2001 | 5             | 19326                                      | 3865   | 138                  | 146                   | 22                   | 159                       | 77                            |
| 13   | 2003      | 2008 | 6             | 40542                                      | 6757   | 285                  | 300                   | 201                  | 941                       | 310                           |
| 14   | 2010      | 2010 | 1             | 3094                                       | 3094   | 7                    | 8                     | 4                    | 10                        | 4                             |

## Sonuçlar

Çalışma alanı olan Göksu-Himmetli alt havzası; Türkiye'nin güneyinde bulunan Seyhan havzası içerisinde 37° 51' 59" kuzey enlemi, 36° 03' 32" doğu boyları koordinatlarında yer almaktadır. 1801 nolu istasyondan elde edilen 1936-2011 yıllarına ait aylık akım verileri, bölgesel kuraklık belirleme modeli olan ReDIM yazılımına aktararak, model içerisinde entegre olan standart yağış indeksi (SPI) ve Run yöntemleri kullanılarak kurak dönem analizleri yapılmıştır.

Göksu-Himmetli alt havzasında ReDIM programı ile SPI indeks değerleri 3 ve 12 aylık dönemlere göre hesaplanmıştır. 3 aylık dönemler için yapılan SPI analizi sonucu, 1936-2011 yılları arasında 35 kez kurak dönem görülmüştür. Bu 35 kurak dönemde, toplam 153 ay kuraklık görülmüştür. Hesaplanan akım indeksi sonuçlarına göre; en az kuraklık görüldüğü dönem Nisan 2003 'te orta şiddetli olarak, en şiddetli kuraklık dönemi ise Mayıs 1989'dan Ekim 1989'a kadar geçen 6 aylık sürede görülmüştür. En uzun kurak dönem ise Eylül 1972 başlayan, Mart 1975 tarihinde biten 31 aylık kurak dönem olmuştur. 12 aylık dönemler için

yapılan SPI yönteminde ise 1936-2011 yılları arasında 12 kez kurak dönem görülmüştür. Görülen 12 kurak dönemde, toplam 149 ayda kuraklık görülmüştür. Hesaplanan akım indeksi sonuçlarına göre ; en az kuraklık Nisan 1991 'de orta şiddetli kuraklık olarak , en fazla kuraklık ise Mayıs 2001 'den Nisan 2002 'ye kadar geçen 12 aylık sürede şiddetli kuraklık olarak görülmüştür. En uzun kurak dönem ise Nisan 1972'de başlayan ve Nisan 1975 tarihinde biten 37 aylık kurak dönem olmuştur. Dikici ve ark. (2018) Palmer kuraklık indekslerini kullanarak Seyhan Havzasında yapmış oldukları kuraklık analizi sonucunda, indekslerin ortak olarak kuraklığı işaret ettiği dönemleri 1970-1974, 1984-1985, 1989, 2001, 2004-2009, 2013-2014 ve 2016 yılları olarak belirlemişlerdir.

Göksu-Himmetli alt havzası Run yöntemi sonuçlarına göre en uzun kurak dönem 2003-2008 yılları arasında 6 yıllık dönemde görülmüştür. En fazla birikimli su eksikliği 1970-1974 yılları arasında 42511 m<sup>3</sup> iken, en az birikimli su eksikliği 1951 yılında 236 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. En fazla kuraklık şiddeti 1994 yılında 10859 m<sup>3</sup>/yıl iken en az kuraklık şiddeti 1951 yılında 236 m<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır. En fazla su eksikliğinin görüldüğü ilk 3 değer 42551 m<sup>3</sup>, 40542 m<sup>3</sup>,

25334 m<sup>3</sup> aşılma olasılığı için yineleme yılları sırasıyla 248, 201 ve 41 olarak hesaplanmıştır. Kurak sürelerin aşılma olasılıkları için (L≥l) yineleme yılları 300 ve 146 olarak hesaplanmıştır. Aynı kurak sürenin ve su eksikliğinin aynı anda aşılma olasılığı için (L=l, D>d) yineleme yılları 941, 1306 ve 159 olarak hesaplanmıştır. Kurak sürenin ve su eksikliğinin, ikisinin birden aşılma olasılıkları için (L≥l, D>d) yineleme yılları 310, 247 ve 77 yıl olarak hesaplanmıştır.

Havzada 20 yılda bir 4 yıl ve üzeri sürelerde hidrolojik kuraklık yaşanmıştır. Bu sonuca göre 2020-2023 yılları arasında kurak bir dönemin yaşanabilme tehlikesi vardır. Bu nedenle kurak dönemlerde su temini, sulama, hidroelektrik üretimi, ekolojinin düzenlenmesi çalışmaları dikkatlice planlanmalıdır.

#### Kaynaklar

- Acar R, Şenocak S, 2007. Türkiye'deki kısa süreli yağışların trend analizi, 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildiri Kitabı, s. 335-349.
- Adnan S, Ullah K, Shouting G, 2015. Characterization of drought and its assessment over Sindh, Pakistan during 1951-2010. *Journal of Meteorological Research*, 29 (5): 837-857.
- Dikici M, İpek C, Topçu İ, 2018. Seyhan havzasında Palmer indeksleri ile kuraklık analizi, 6<sup>th</sup> International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, s.273-282, Alanya, Antalya.
- Ekmekçi M, 2008. Jeolojik geçmişten günümüze iklim değişiklikleri: küresel iklim değişimi ve Türkiye. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, 13-14 Mart, Ankara, s. 7-26.
- Kömüşçü AÜ, 1999. Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought *Journal of Climatology*, 17: 511-520.
- Kömüşçü A, 2001. An analysis of recent drought conditions in Turkey in relation to circulation patterns. *Drought Network News*, 13: 5-6.
- Özfidaner M, Şapolya D, Topaloğlu F, 2018. Seyhan havzası akım verilerinin hidrolojik kuraklık analizi. *Toprak Su Dergisi*, 7: 57-64.
- Paulo AA, Pereira LS, 2006. Drought concepts and characterization, *Water International*, 31 (1): 37-49.
- Tezcan L, Ekmekçi M, Atilla Ö, Gürkan D, Yalçınkaya O, Otgonbayar N, Saylu ME, Donma S, Yilmazer D, Akyatan A, Pelen N, Topaloglu F, İrvem A, 2007. Seyhan nehri havzasında tarım güvenliği için su kaynakları sistemlerinin iklim değişikliğine karşı duyarlılıklarının araştırılması. ICCAP Projesi Türk Grubu Sonuç Raporları, Kyoto, s. 1-24.
- Turgut E, Kömüşçü A, 2010. SYI kuraklık serilerinin trend analizi sürdürülebilir kalkınma ve hayat için meteoroloji sempozyumu, 27-28 Mayıs. Ankara.
- Türkeş M, 2007. İklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler, 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, s. 38-53, İstanbul.
- Yevjevich V, 1967. An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic drought. *Colorado State University, Fort Collins, Colorado*, s.18.
- Yürekli K, Anlı AS, Örs İ, Karahan G, 2009. Sakarya havzası aylık akımlarının kuraklık analizi, 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 779-784.