



## Akım Kuraklık İndeksi ile Asi Havzasının Hidrolojik Kuraklık Analizi

Veysel GÜMÜŞ<sup>1</sup>, \*

<sup>1</sup> Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.

### Öz

Bu çalışmada Türkiye'nin güneyinde yer alan ve sınır aşan sular kapsamına giren Asi havzasında bulunan dört akım gözlem istasyonuna ait 52 yıllık (1954-2005) akım verileri kullanılarak hidrolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Kuraklığın belirlenmesinde Akım Kuraklık İndeksi (AKİ) yöntemi kullanılmıştır. Aylık akım verileri kullanılarak 3, 6 ve 12 aylık AKİ değerleri ile Asi havzasının kurak ve nemli dönemlerinin şiddeti, büyüklüğü ve dağılımı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, tüm zaman ölçekleri için ele alınan istasyonların ortalama AKİ değerlerine göre 1980-2005 arasındaki kurak geçen yıl sayısının, 1954-1979 yılları arasındaki kurak geçen yıl sayısından çok daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca havza bazında aşırı kurak yıl 2000 ve 2001 yılları olarak belirlenmiştir.

### Makale Bilgisi

Başvuru: 07/10/2016

Düzeltilme: 22/01/2017

Kabul: 01/02/2017

### Anahtar Kelimeler

Kuraklık

Kuraklık analizi

Asi Havzası

Akım Kuraklık İndeksi

### Hydrological Drought Analysis of Asi River Basin with Streamflow Drought Index

#### Abstract

In this study, hydrological drought analysis is carried out by using 52 years (1954-2005) streamflow data of Asi River Basin in the south of Turkey. Streamflow Drought Index (SDI) method is used in determining the drought. The severity, the size and the distribution according to the drought and wet period of Asi River Basin were determined for 3, 6 and 12-month time scales by using monthly streamflow data. As a result, drought year in the period of 1979-2005 are observed more according to the period of 1954-1979. The extreme droughts are determined in the year of 2000 and 2001 for the all-time scales.

### Keywords

Drought

Drought analysis

Asi River Basin

Streamflow Drought index

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kuraklık, yağışın normal zamandaki değerinden önemli derecede az olması durumu ile meydana gelen doğal bir felaket olarak tanımlanır. Herhangi bir zamanda ve herhangi bir yerde meydana gelebilen kuraklık olayının farklı türleri mevcuttur. Yağış eksikliği durumunda meteorolojik kuraklık, yüzeysel ya da yeraltı suyundaki eksiklik durumu hidrolojik kuraklık olarak tanımlanır. Tarımsal kuraklık ise yağış, yerüstü ve yeraltı su eksikliğinin tarımsal üretkenliği kısıtlaması durumu ile ifade edilir [1]. Fiziksel bir olay olan kuraklık sadece bir doğa olayı olsa da toplumun su kaynaklarına hayati bağımlılığı nedeniyle yıkıcı etkiler yaratabilmektedir. Bu yıkıcı etkilerin zararlarını en aza indirmek için bölgesel bazda geçmiş veriler kullanılarak kuraklığın frekansının ya da riskli bölgelerin tespiti planlama açısından oldukça önem arz etmektedir.

Kuraklığın izlenmesinin en temel yolu kuraklık indeksleridir. Böylece kuraklığın nicel olarak süresinin ve şiddetinin belirlenmesinin mümkün olabilmektedir. Meteorolojik ve hidrolojik kuraklığın belirlenebilmesi için birçok yöntem mevcuttur. Meteorolojik kuraklık için, sıcaklık ve yağış tabanlı yöntemler olan Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (Palmer Drought Severity Index -PDSI) [2], Keşif Kuraklık İndeksi-KKİ (The Reconnaissance Drought Index-RDI) [3] yöntemleri kullanılmaktadır. Ayrıca, sadece yağışa bağlı kuraklık indeksi hesaplayan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi-SYİ (The Standardized Precipitation Index-SPI) [4] yöntemi ise literatürde kuraklığın belirlenmesi amacıyla özellikle meteorolojik veri olarak sadece yağışın bulunduğu durumlarda sıklıkla kullanılmaktadır [5-13].

\*İletişim yazarı, e-mail:gumus@harran.edu.tr

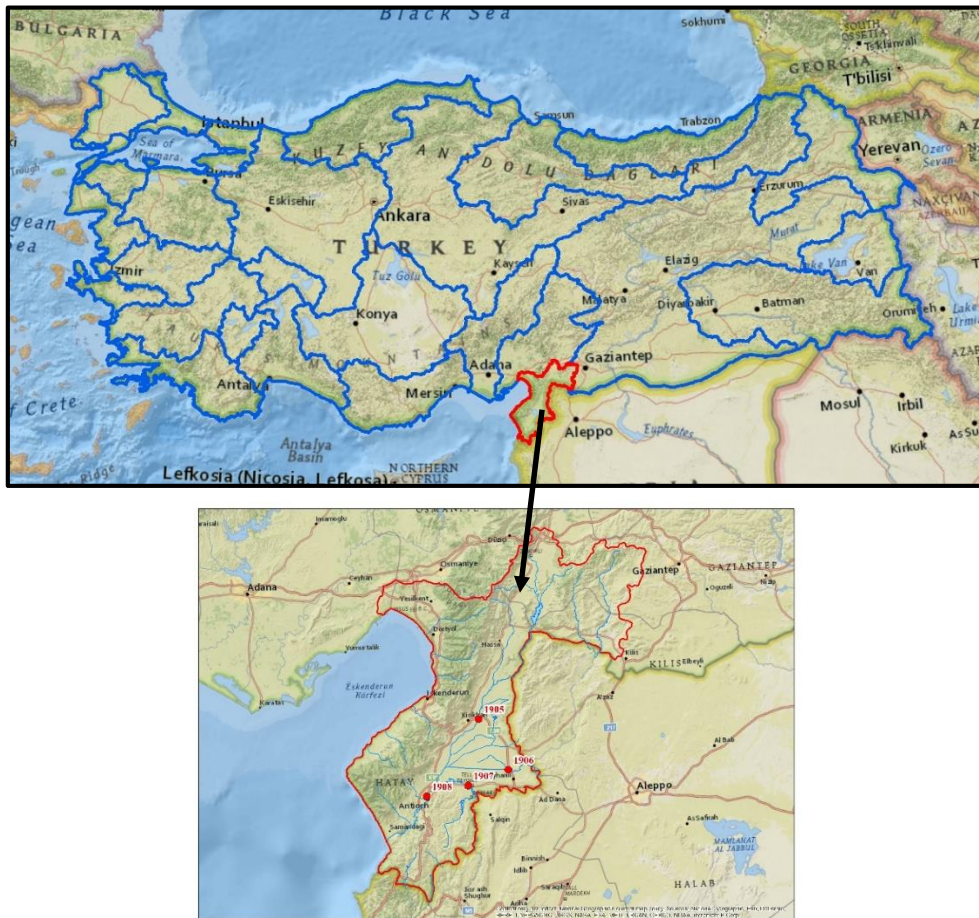
Hidrolojik kuraklığın belirlenmesinde ise Yüzeysel Su İhtiyaç İndeksi-YSİİ (The Surface Water Supply Index-SWSI) yağışın yanı sıra topoğrafik değişiklikleri, akış ve kar birikimini de dikkate alır. [14]. YSİİ'ye benzer olarak, Kuraklık İyileştirme Yöntemi-KİY (The Reclamation Drought Index-RCDI) yukarıda bahsedilen parametrelerin yanına ayrıca sıcaklık parametresini de kullanarak havza bazında kuraklığın değerlendirilmesine imkân tanımaktadır. [15]. Nalbantis [16] tarafından önerilen Akım Kuraklık İndeksi-AKİ (The Streamflow Drought Index -SDI) ise sadece aylık ortalama akım değerlerini kullanır ve diğer hidrolojik kuraklık izleme yöntemlerinden farklı olarak çok daha az veri girdisi ihtiyacı vardır. Son yıllarda AKİ kullanılarak hidrolojik kuraklığın izlenmesinde Türkiye'de ve Dünya'da yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [17-20]

Bu çalışma kapsamında, Türkiye'nin güneyinde yer alan ve sınır aşan sular kapsamına giren Asî havzasında bulunan dört akım gözlem istasyonuna ait aylık ortalama akım değerleri kullanılarak hidrolojik kuraklık AKİ yöntemi ile belirlenmiş ve değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIALS AND METHODS)

### 2.1. Çalışma Alanı (Study Area)

Türkiye'nin güneyinde yer alan ve sınır aşan sular kapsamına giren Asî Havzası 35.78-37.23 K 36.32-37.12 D koordinatları arasında yer almakta ve 7800 km<sup>2</sup> drenaj alanına sahiptir. (Şekil 1). Asî havzası için toplam su potansiyelinin 2.64 milyar m<sup>3</sup>/yıl olarak belirlenmektedir. Buna göre, su potansiyelinin 0.27 milyar m<sup>3</sup>/yıl kadarının Lübnan'dan; 1.09 milyar m<sup>3</sup>/yıl kadarının Suriye'den; 0.18 milyar m<sup>3</sup>/yıl Afrin'den, Suriye'den geçen sular dâhil olmak üzere 1.18 milyar m<sup>3</sup>/yıl kadarı Türkiye'den kaynaklanmaktadır [21]. Toplam su potansiyelinin yaklaşık %55'i ülkemiz dışından olan bu havzanın kuraklık değerlendirilmesinin yapılması ayrıca önem arz etmektedir.



Şekil 1. Çalışma Alanı (Study area)

Tablo 1’de seçilen istasyonların konum bilgisi, isimleri, drenaj alanı ve ölçülmüş yıllık akım verilerinin ortalamaları verilmiştir. Ele alınan istasyonların tamamı için en yüksek akım değeri Ocak-Mart aralığında, en düşük akım değeri ise Temmuz-Eylül aralığında meydana gelmiştir. 1907 ve 1908 numaralı istasyonların veri tarihi 1949, 1905 ve 1906 numaralı istasyonların ise veri tarihi 1954 yılından başlamaktadır. AKİ hesaplaması yapılırken ortak zaman aralığının olması için analizde tüm istasyonlarda veri başlangıç tarihi 1954 olarak alınmıştır.

**Tablo 1.** Ele alınan istasyonların coğrafik bilgileri, analiz ve gözlem süreleri (Analysis, observation and geographical information of the selected stations)

AGİ No	İstasyon Adı	Enlem (K)	Boylam (D)	Drenaj Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama Akım (m <sup>3</sup> /s)	Gözlem Süresi	Değerlendirme Süresi
1905	Torun Köprüsü	36.5033	36.4111	1768	10.8	1954-2005	1954-2005
1906	Müşröflü	36.3069	36.5439	2764	8.4	1954-2005	1954-2005
1907	Demirköprü	36.2514	36.3533	16170	34.2	1949-2005	1954-2005
1908	Antakya	36.2144	36.1569	22624	72.5	1949-2005	1954-2005

## 2.2 Yöntem (Method)

### 2.2.1. Akım Kuraklık İndeksi (AKİ) (Streamflow Drought Index-SDI)

Nalbantis [16] tarafından geliştirilen bu yöntem ile bir çalışma bölgesindeki hidrolojik kuraklık incelenebilmektedir. Akım Kuraklık İndeksi (AKİ) aylık akım verileri ( $Q_{i,j}$ ) kullanılarak hesaplanmaktadır. Burada  $i$ , hidrolojik yılı,  $j$  ise Ekim-Eylül arasındaki zaman olarak tanımlanan hidrolojik yıl içerisindeki ayı temsil etmektedir. Kümülatif akım hacmi,

$$V_{i,j} = \sum_{j=3(k-1)+1}^{3k} Q_{i,j}, \quad k=1,2,3,4 \quad (1)$$

$$V_{i,j} = \sum_{j=6(k-1)+1}^{6k} Q_{i,j}, \quad k=1,2 \quad (2)$$

$$V_{i,j} = \sum_{j=1}^{12} Q_{i,j} \quad (3)$$

Şeklinde hesaplanır. Denklem 1, 2 ve 3’te sırasıyla 3, 6 ve 12 aylık kuraklık indis değerleri hesaplanır. Denklemlerdeki  $k$ , referans periyodu ifade eder ve Denklem 1’de  $k=1$  Ekim-Aralık (AKİ-3 Ekim),  $k=2$  Ocak-Mart (AKİ-3 Ocak),  $k=3$  Nisan-Haziran (AKİ-3 Nisan),  $k=4$  ise Temmuz-Eylül (AKİ-3 Temmuz) dönemlerini temsil eder. Denklem 2’de  $k=1$  ve  $k=2$  sırasıyla ilk 6 ay (AKİ-6 Ekim) ve son 6 aylık (AKİ-6 Nisan) periyodları, Denklem 3 ise yıllık kuraklık indis değerini (AKİ-12) ifade eder.

Referans periyot  $k$  ve  $i$ ’inci hidrolojik yıl için AKİ aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - \bar{V}_k}{S_k}, \quad k=1,2,3,4 \quad (10)$$

Burada,  $V_k$  ve  $S_k$  sırasıyla kümülatif akım hacimlerinin ortalamasını ve standart sapmasını temsil eder. AKİ değerleri Hong ve arkadaşları [19] tarafından aşırı nemli ile aşırı kuraklık arasında değişen sekiz farklı sınıfta ifade edilmiştir. Bu sınıflandırma Tablo 2’de verilmiştir.

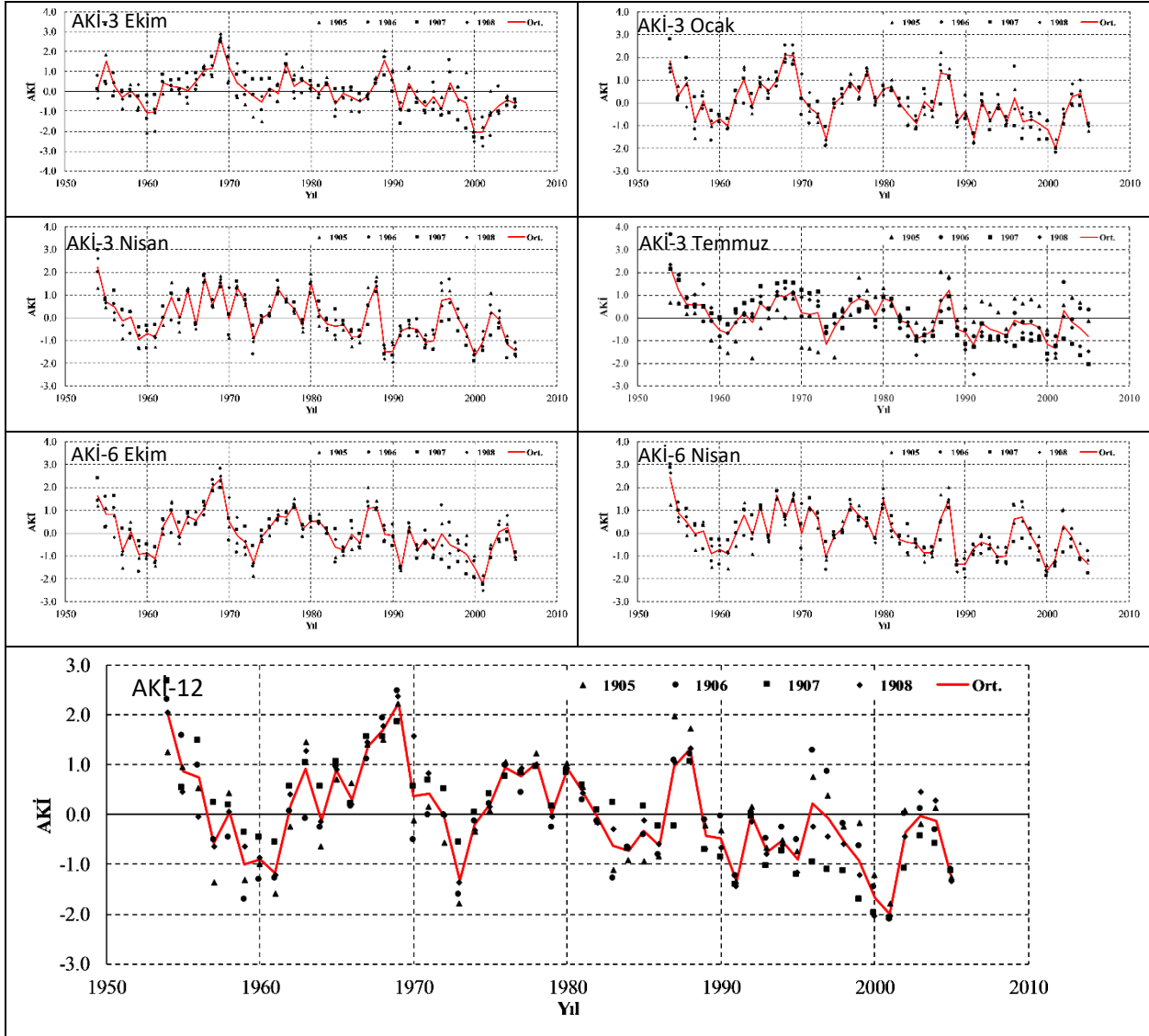
**Tablo 2.** AKİ değerlerinin sınıflandırması (Classification of SDI values) [19]

AKİ Değeri	Sınıflandırma
$AKİ \leq -2$	Aşırı Kurak (AK)
$-2 < AKİ \leq -1.5$	Şiddetli Kurak (ŞK)
$-1.5 < AKİ \leq -1$	Orta Kurak (OK)
$-1 < AKİ \leq 0$	Hafif Kurak (HK)
$0 < AKİ \leq 1$	Hafif Nemli (HN)
$1 < AKİ \leq 1.5$	Orta Nemli (ON)
$1.5 < AKİ \leq 2$	Şiddetli Nemli (ŞN)
$AKİ > 2$	Aşırı Nemli (AN)

### 3. BULGULAR (RESULTS)

Asi havzasında hidrolojik kuraklığın belirlenmesi amacıyla 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçekleri için AKİ değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerin zamansal dağılımları Şekil 2’de verilmiştir. İstasyon bazlı tüm zaman ölçekleri için bazı yıllarda Aşırı Kurak (AK) ve Aşırı Nemli (AN) değerler bulunsa da dört istasyonun aritmetik ortalaması olarak hesaplanan AKİ değerleri genel değerlendirmede kullanılmıştır. Ortalama AKİ 3-Ekim değerlerine göre 2000 ve 2001 yıllarında aşırı kurak dönem meydana geldiği belirlenirken, sadece 1969 yılı aşırı nemli olduğu görülmüştür. En fazla akım değerinin olduğu Ocak, Şubat ve Mart dönemini kullanarak hesaplanan AKİ-3 Ocak incelendiğinde, 1973 ve 1991 yıllarında şiddetli kuraklık belirlenirken, sadece 2001 yılı aşırı kurak olduğu görülmüştür. AKİ-3 Ocak için Aşırı nemli dönem tespit edilmemiştir. AKİ 3-Nisan değerlerine göre ise 1954 yılı aşırı nemli olarak ortaya çıkmış, aşırı kurak dönem ise oluşmamıştır. 1967, 1969 ve 1980 yılları Şiddetli Nemli, 1989 ve 2000 yılları ise Şiddetli Kurak dönem olarak belirlenmiştir. En az akım değerinin meydana geldiği Temmuz-Ağustos ve Eylül dönemlerini kapsayan AKİ-3 Temmuz değerlerinde ise 1954 yılı Aşırı Nemli olmuş, aşırı kurak dönem meydana gelmemiştir. Ayrıca bu dönemde istasyonların AKİ değerlerinin ortalama AKİ değerine yakın olduğu görülmüştür. Bu durumu kurak dönemde meydana gelen akım değerinin yıllara göre genel olarak değişmediği anlamına gelmektedir.

Altı aylık hidrolojik kuraklığın izlenmesi amacıyla hesaplanan AKİ-6 Ekim değerlerine göre 1954 yılı şiddetli nemli, 1968 ve 1969 yılları aşırı nemli, 2000 yılı şiddetli kurak yıl olurken sadece 2001 yılında aşırı kuraklık belirlenmiştir. AKİ-6 Temmuz değerlerine göre ise 1954 yılı aşırı nemli, 1967 ve 1969 yılları şiddetli nemli, 2000 yılı ise şiddetli kurak olarak tespit edilmiş, AKİ-6 Temmuz zaman ölçeğinde şiddetli kuraklık meydana gelmemiştir. AKİ-12 değerlerine göre ise 1968 yılı şiddetli nemli, 1954 ve 1969 yılı aşırı nemli olurken, 2000 yılı şiddetli kurak, 2001 yılı ise aşırı kurak yıl olmuştur. Tüm zaman ölçekleri beraber incelendiğinde, 1954, 1968 ve 1969 yılları nemliliğin en fazla olduğu yıllar, 2000 ve 2001 yılları ise kuraklığın en fazla olduğu yılları olarak meydana gelmektedir.



Şekil 2. Asi havzasında AKİ değerlerinin zamansal değişimi (Temporal variation of SDI values)

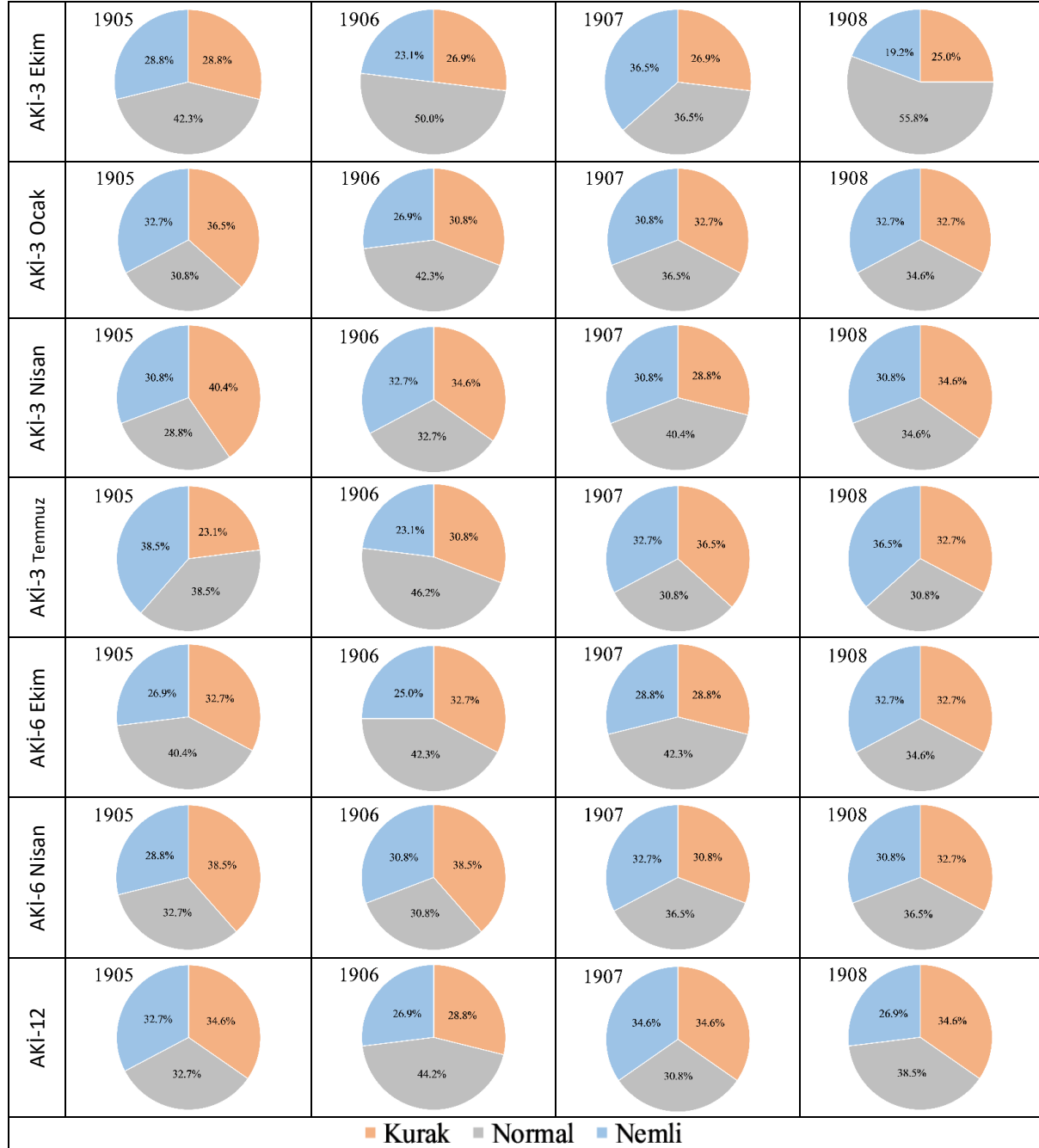
Kuraklığın geçmişten günümüze değişiminin belirlenmesi amacıyla veri seti 1954-1979 ve 1980-2005 yılları arasında kapsayacak şekilde ikiye bölünmüştür. Elde edilen sonuçlar Tablo 3'te sunulmuştur. Bu tabloya göre, 1980-2005 yılları arasında tüm zaman ölçekleri için hesaplanan kuraklığın 1954-1979 yılları arasında hesaplanan kuraklıktan oldukça fazla olduğu görülmüştür. Böylece meydana gelen kuraklık olaylarının geçmişten günümüze artarak geldiği görülmektedir.

Tablo 3. İki farklı dönem için hesaplanan kurak yıl sayısı (Number of drought years for two different periods)

	AKİ-3 Ekim	AKİ-3 Ocak	AKİ-3 Nisan	AKİ-3 Temmuz	AKİ-6 Ekim	AKİ-6 Temmuz	AKİ-12
1954-1979 Arası Kurak Yıl Sayısı	7	9	10	7	9	11	8
1980-2005 Arası Kurak Yıl Sayısı	19	17	19	21	18	19	21

Tüm zaman ölçeklerine göre hesaplanan AKİ değerlerinin 0.5'ten büyük olması durumunun nemli, -0.5'den küçük olması durumunun kurak, 0.5 ile -0.5 arasında olması durumunun ise normal olarak sınıflandırılarak Asi Havzasında ele alınan istasyonların AKİ değerlerine göre dağılımları Şekil 3'te verilmiştir. AKİ-3 Ekim değerlerine göre en fazla kuraklık %28.8 ile 1905 numaralı istasyonda, en yüksek nemlilik ise %36.5 ile 1907 numaralı istasyonda, AKİ-3 Ocak değerlerine göre 1905 istasyonunda kuraklık %36.5 olurken, en yüksek nemlilik 1905 ve 1908 istasyonlarında %32.7 olarak hesaplanmıştır. AKİ-3 Nisan değerlerine göre en fazla kuraklık %40.4 ile 1905 numaralı istasyonda, en yüksek nemlilik ise %32.7 ile 1906 numaralı

istasyonda, AKİ-3 Temmuz değerlerine göre en fazla kuraklık %36.5 ile 1907 numaralı istasyonda, en yüksek nemlilik ise %38.5 ile 1905 numaralı istasyonda meydana gelmiştir. AKİ-6 Ekim değerlerine göre en yüksek kuraklık %32.7 ile 1905, 1907 ve 1908 numaralı istasyonlarda, en yüksek nemlilik ise %32.7 ile 1907 numaralı istasyonda, AKİ-6 Nisan değerlerine göre ise en yüksek kuraklık %38.5 ile 1905 ve 1906, en yüksek nemlilik ise 1907 numaralı istasyonda % 32.7 olarak belirlenmiştir. Yıllık kuraklık ve nemliliğin izlenmesi amacıyla hesaplanan AKİ-12 ile hesaplanan en yüksek kuraklık % 34.6 ile 1905, 1907 ve 1908 ile, en yüksek nemlilik ise %34.6 ile 1907 numaralı istasyonda belirlenmiştir. Tüm değerler beraber incelendiğinde, tüm istasyonların kurak ve nemli dönemleri birbirine yakın olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.** Ası Havzasında ele alınan istasyonların AKİ değerlerine göre dağılımları ( $AKİ \leq -0.5 = \text{Kurak}$ ,  $AKİ \geq -0.5 = \text{Nemli}$ ,  $0.5 > AKİ > -0.5 = \text{Normal}$ ) (Distribution of the SDI values at selected stations-  $SDI \leq -0.5 = \text{Dry}$ ,  $SDI \geq -0.5 = \text{Wet}$ ,  $0.5 > SDI > -0.5 = \text{Normal}$ )

Asi Havzasında ele alınan istasyonların Kurak ve Nemli meydana gelme oranları Şekil 4'te incelenmiştir. Tüm zaman ölçekleri incelendiğinde, tüm istasyonlar için en yüksek meydana gelme oranları Hafif Kurak ve Hafif Nemli sınıflandırmada meydana gelmiştir. Aşırı kurak ve Aşırı Nemli dönem AKİ-3 Nisan ayı hariç diğer üç aylık zaman ölçeklerinde belirlenmiş ve meydana gelme oranı %5'in altında olmuştur. AKİ-6 Ekim ve AKİ-6 Nisan değerlerinde ise Aşırı Nemli dönem tüm istasyonlarda %5'in altında kalmış ve AKİ-6 Nisan'da aşırı kuraklık meydana gelmemiştir. AKİ-12 değerlerine göre ise, 1907 istasyonu hariç diğer tüm istasyonlarda kuraklığın meydana gelme oranı nemliliğin meydana gelme oranından fazla olduğu görülmektedir. Tüm istasyonların Aşırı Kurak gelme oranı, % 3 civarında, Şiddetli Kuraklık %5, Orta kuraklık ise %10 civarında meydana gelmiştir.



Şekil 4. Çalışılan istasyonların Kurak/Nemli meydana gelme oranları Drought/Wet occurrence rate of the selected stations)

#### 4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada Türkiye'nin güneyinde yer alan ve sınır aşan sular kapsamına giren Asi havzasında bulunan dört akım gözlem istasyonuna ait aylık ortalama akım değerleri kullanılarak hidrolojik kuraklık AKİ yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

- En fazla akım değerinin olduğu Ocak, Şubat ve Mart dönemini kullanarak hesaplanan AKİ-3 Ocak değerlerine göre, 1973 ve 1991 yıllarında şiddetli kuraklık belirlenirken, sadece 2001 yılı aşırı kurak olduğu görülmüştür.
- En fazla akım değerinin olduğu ayları kapsayan AKİ-6 Ekim değerlerine göre 1954 yılı şiddetli nemli, 1968 ve 1969 yılları aşırı nemli, 2000 yılı şiddetli kurak yıl olurken sadece 2001 yılında aşırı kuraklık belirlenmiştir.
- Tüm zaman ölçekleri beraber incelendiğinde, 1954, 1968 ve 1969 yılları nemliliğin en fazla olduğu yıllar, 2000 ve 2001 yılları ise kuraklığın en fazla olduğu yılları olarak meydana gelmiştir.
- 1980-2005 yılları arasında tüm zaman ölçekleri için hesaplanan kuraklığın 1954-1979 yılları arasında hesaplan kuraklıktan oldukça fazla olduğu görülmüştür.
- Yıllık kuraklık ve nemliliğin izlenmesi amacıyla hesaplanan AKİ-12 ile hesaplanan en yüksek kuraklık % 34.6 ile 1905, 1907 ve 1908 ile, en yüksek nemlilik ise %34.6 ile 1907 numaralı istasyonda belirlenmiştir. Tüm değerler beraber incelendiğinde, tüm istasyonların kurak ve nemli dönemleri birbirine yakın olduğu görülmektedir.
- AKİ-12 değerlerine göre ise, 1907 istasyonu hariç diğer tüm istasyonlarda kuraklığın meydana gelme oranı nemliliğin meydana gelme oranından fazla olduğu görülmektedir.
- Tüm istasyonların Aşırı Kurak gelme oranı, % 3 civarında, Şiddetli Kuraklık %5, Orta kuraklık ise %10 civarında meydana gelmiştir.
- Yapılan analizler sonucunda; 1954-2005 yılları arasındaki dönemde özellikle 2000 yıllarının başlangıcı en şiddetli kuraklığın görüldüğü yıl olmuştur. Ayrıca, kuraklığın zamansal değişimi incelendiğinde son yıllarda kuraklık sayısının arttığı görülmüştür.

Bu veriler ışığında mevcut su kaynaklarının etkin kullanımı ve planlanması amacıyla, uygun politikalar üretilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Özellikle hidrolojik kuraklığın değerlendirilmesi amacıyla ülkemizde yapılmış çalışmaların artırılması, kuraklığın etkilerinin azaltılması ve su kaynaklarının verimli kullanılması amacıyla önemli olmaktadır. Ayrıca sınır aşan sular kapsamında stratejik öneme sahip olan Asi Havzası'nda hidrolojik kuraklığın, yağışın ve gözlem istasyonlarının trendinin belirlenmesi uygulayıcılara rehber olabilecektir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Kwon, H.-J. and Kim, S.-J., "Assessment of distributed hydrological drought based on hydrological unit map using SWSI drought index in South Korea", *KSCE Journal of Civil Engineering*, 14(6): 923-929, (2010).
- [2] Palmer, W. C., "Meteorological drought", Vol. 30, *US Department of Commerce, Weather Bureau Washington, DC, USA*, p, (1965).
- [3] Tsakiris, G., Pangalou, D. and Vangelis, H., "Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI)", *Water Resources Management*, 21(5): 821-833, (2006).
- [4] 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*. 1993. American Meteorological Society Boston, MA, USA.



- [5] Wu, H., Hayes, M. J., Wilhite, D. A. and Svoboda, M. D., "The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation", *International Journal of Climatology*, 25(4): 505-520, (2005).
- [6] Livada, I. and Assimakopoulos, V. D., "Spatial and temporal analysis of drought in greece using the Standardized Precipitation Index (SPI)", *Theoretical and Applied Climatology*, 89(3-4): 143-153, (2006).
- [7] Edossa, D. C., Babel, M. S. and Das Gupta, A., "Drought Analysis in the Awash River Basin, Ethiopia", *Water Resources Management*, 24(7): 1441-1460, (2009).
- [8] Gocic, M. and Trajkovic, S., "Spatiotemporal characteristics of drought in Serbia", *Journal of Hydrology*, 510: 110-123, (2014).
- [9] Karabulut, M., "Drought analysis in Antakya-Kahramanmaraş Graben, Turkey", *Journal of Arid Land*, 7(6): 741-754, (2015).
- [10] Wu, Y., Bake, B., Zhang, J. and Rasulov, H., "Spatio-temporal patterns of drought in North Xinjiang, China, 1961–2012 based on meteorological drought index", *Journal of Arid Land*, 7(4): 527-543, (2015).
- [11] Gümüş, V., Başak, A. and Oruç, N., "Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi ile Şanlıurfa İstasyonunun Kuraklık Analizi", *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 1(1): 36-44, (2016).
- [12] Şimşek, O., Gümüş, V., Soydan, N. G., Aköz, M. S. and Kirkgöz, M. S., *Asi Havzası'nda Kuraklığın Analizi ve Haritalandırılması*. in III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi. 2013. İstanbul-Türkiye.
- [13] Soydan, N. G., Gümüş, V., Şimşek, O., Aköz, M. S. and Kirkgöz, M. S., *Aşağı Fırat Havzası'nda Standart Yağış İndeksi ile Kuraklığın Analizi ve Haritalandırılması*. in VII. Ulusal Hidroloji Kongresi. 2013. Isparta-Türkiye.
- [14] Shafer, B. and Dezman, L., *Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas*. in *Proceedings of the Western Snow Conference*. 1982. Colorado State University Fort Collins, CO.
- [15] Weghorst, K., *The reclamation drought index: Guidelines and practical applications*. in *North American Water and Environment Congress & Destructive Water*. 1996. ASCE.
- [16] Nalbantis, I., "Evaluation of a hydrological drought index", *Eur Water*, 23(24): 67-77, (2008).
- [17] Gumus, V. and Algin, H. M., "Meteorological and hydrological drought analysis of the Seyhan–Ceyhan River Basins, Turkey", *Meteorological Applications*, 24(1): 62-73, (2017).
- [18] Tabari, H., Nikbakht, J. and Hosseinzadeh Talaei, P., "Hydrological Drought Assessment in Northwestern Iran Based on Streamflow Drought Index (SDI)", *Water Resources Management*, 27(1): 137-151, (2012).
- [19] Hong, X., Guo, S., Zhou, Y. and Xiong, L., "Uncertainties in assessing hydrological drought using streamflow drought index for the upper Yangtze River basin", *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 29(4): 1235-1247, (2014).
- [20] Arabzadeh, R., Kholoosi, M. M. and Bazrafshan, J., "Regional Hydrological Drought Monitoring Using Principal Components Analysis", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*: 04015029, (2015).
- [21] Baran, T., Öziő, Ü. and Özdemir, Y., *Şınır Aşan Asi Havzası Su Potansiyeli Ve Yararlanılması*. in *TMMOB Su Politikaları Kongresi*. 2006.