



Türkiye’de bulunan Batman ve Diyarbakır illerinin çeşitli kuraklık indeksleriyle kuraklık analizlerinin yapılması

Drought analysis of Batman and Diyarbakır provinces in Türkiye with various drought indices

Fatih Özmen¹ , Murat Batan^{1*}

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Batman Üniversitesi, Batman, Türkiye.
fatihozmen91@gmail.com, muratbatan@yahoo.com

Geliş Tarihi/Received: 20.05.2024
Kabul Tarihi/Accepted: 10.03.2025

Düzeltilme Tarihi/Revision: 09.02.2025

doi: 10.5505/pajes.2025.50945
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Son yıllarda iklim değişikliğinin etkisini artırmasıyla buharlaşma artmış ve yağışlar azalmıştır. Bu durum kuraklığa neden olarak başta tarımsal faaliyetler olmak üzere birçok sektörü olumsuz etkilemiştir. Bu nedenle kuraklık ile ilgili bilimsel çalışmalarda da artış görülmüştür. Bu çalışmada kuraklıkla mücadele eden Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin iki şehri olan Batman ve Diyarbakır illerinin uzun yıllar yağış, sıcaklık ve akarsu akım verileri kullanılarak dört ayrı yöntemle kuraklık analizi yapılmıştır. Bu yöntemler Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYI), Keşif Kuraklık İndisi (KKI), Ondalık Kuraklık İndisi (OKI) ve Akım Kuraklık İndisi (AKI)’dir. 1990-2020 yılları arası 31 yıllık aylık toplam yağış verileri ve aynı döneme ait maksimum ve minimum sıcaklık verileri Meteoroloji Bölge Müdürlüğü’nden temin edilmiştir. 1990-2019 yılları arası döneme ait Batman ile Diyarbakır illeri arasında bulunan Batman çayına ait bir istasyonun akarsu akım verileri ise Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüğü’nden temin edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; Batman ili için SYI yöntemine göre 17 yılda, KKI yöntemine göre 16 yılda, OKI yöntemine göre 12 yılda ve AKI yöntemine göre 13 yılda kuraklık etkisi olduğu belirlenmiştir. Diyarbakır ili için ise, SYI yöntemine göre 17 yılda, KKI yöntemine göre 18 yılda, OKI yöntemine göre 12 yılda kuraklık etkisi olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçları her iki ilin de analiz yapılan dönemde kuraklıktan etkilendiğini ve önlem alınması gerektiğini göstermiştir. Özellikle, tatlı suyun en büyük tüketicisi olan tarımsal faaliyetlerde su tasarrufu sağlayan yöntemlerin kullanılması, az su tüketen ürünlerin teşvik edilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmesi kuraklık ve iklim değişikliğine karşı mücadelede önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: Türkiye, Batman ili, Diyarbakır ili, DrinC, SYI metodu, KKI metodu, OKI metodu, AKI metodu, KI metodu.

Abstract

In recent years, as climate change has increased, evaporation has increased and precipitation has decreased. This situation caused drought and negatively affected many sectors, especially agricultural activities. For this reason, there has been an increase in scientific studies on drought. Drought analysis was carried out with four different methods using long-term rainfall, temperature and stream flow data of Batman and Diyarbakır provinces, two cities of the Southeastern Anatolia Region. These methods are the Standardized Precipitation Index (SPI), Reconnaissance Drought Index (RDI), Decimal Drought Index (DDI) and Streamflow Drought Index (SDI). Monthly total precipitation data for 31 years between 1990-2020 and maximum and minimum temperature data for the same period were obtained from the Regional Directorate of Meteorology. Stream flow data for the period between 1990-2019 were obtained from the State Hydraulic Works Regional Directorate. Drought for Batman province according to the analysis results, had an effect in 17 years according to the SPI method, in 12 years according to the DDI method, in 16 years according to the RDI method and in 13 years according to the SDI method. Drought for Diyarbakır province according to the analysis results, had an effect in 17 years according to the SPI method, in 12 years according to the DDI method, in 18 years according to the RDI method. Analysis results showed that both provinces were affected by drought and precautions needed to be taken. In particular, the use of water-saving methods in agricultural activities, which are the largest consumers of fresh water, the encouragement of products that consume less water, and the transition to renewable energy sources are important in the fight against drought and climate change.

Keywords: Türkiye, Batman province, Diyarbakır province, DrinC, SPI method, RDI method, DDI method, SDI method, AI method.

1 Giriş

Son 20-30 yıldır küresel ısınmanın etkisini artırmasıyla kuraklık, taşkın gibi doğal afetlerin sayısında ve şiddetinde artış gözlemlenmiştir. Bu aşırı olaylar en başta tarımsal faaliyetler olmak üzere birçok sektörü olumsuz etkilemiştir. Birçok ülke bu olumsuzluklarla başa çıkabilmek için büyük bütçeler ayırmaktadır. Bu nedenle birçok akademisyen ve uzman kuraklık üzerine çalışmalar yapmış ve kuraklığın günümüzdeki ve gelecekteki durumunu belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmalarda kuraklığın hangi yıllarda, hangi bölgelerde etkili olduğu, şiddetinin ne olduğu, hangi sıklıkla görüldüğü belirlenmeye çalışılmıştır [1],[2]. Bu çalışmaların birçoğunda

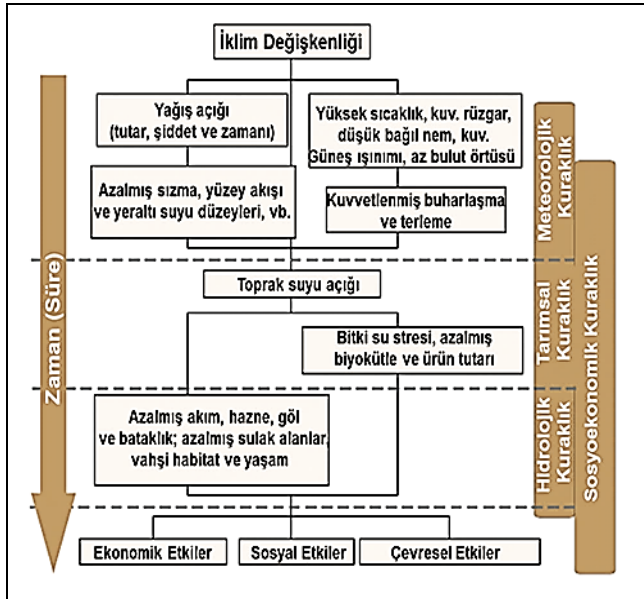
da iklim değişikliğinin kuraklığı tetiklediği ve kuraklığın görülme sıklığını artırdığı belirlenmiştir [3],[4].

Küresel ısınmayı ve dolayısıyla kuraklığı insan faaliyetleri sonucu açığa çıkan sera gazları tetiklemektedir. Bu nedenle uluslararası toplum sera gazlarını azaltma üzerine birtakım çalışmalar yapmaktadır. IPCC (İntergovernmental panel on climate change) raporları, BMİDÇS (Birleşmiş Milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi), KP (Kyoto protokolü) ve son olarak PA (Paris anlaşması) bu çalışmaların bir ürünüdür. Bu sözleşme ve raporlarda son yıllarda artık iklim değişikliği ile mücadelenin yanında, iklim değişikliğine uyum çalışmalarının da yapılması gerektiği vurgulanmıştır [5].

Kuraklık, yağışın uzun yıllar ortalamasından daha az yağması ile meydana gelen ve herhangi bir yerde ve herhangi bir

*Yazışılan yazar/Corresponding author

zamanda gerçekleşebilen iklim olayı olarak tanımlanır [6]. Kuraklık çeşitleri ile ilgili literatürde yaygın olarak tanımlanmış üç kuraklık tipi vardır. Bunlar; meteorolojik kuraklık, tarımsal kuraklık ve hidrolojik kuraklıktır. Meteorolojik kuraklık; belirli bir zaman periyoduna ait yağışın (en az 30 yıllık) normal değerlerinden düşük gelmesi olarak tanımlanır. Meteorolojik kuraklık kuraklık evresinin ilk aşamasıdır. Bölgeden bölgeye değişiklik gösterir. Tarımsal kuraklık; toprak neminin bitki ihtiyacını karşılayamayacak ölçüde eksikliği olarak tanımlanır. Su kaynaklarında kıtlık ve nem kaybının artması sonucu meydana gelir. Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklıktan sonra, hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkar. Hidrolojik kuraklık; yağış eksikliği nedeni ile yer altı ve yer üstü su kaynaklarındaki azalış olarak tanımlanır. Meteorolojik kuraklıktan çok sonraları bile hidrolojik kuraklık etkisini devam ettirebilir [7]. Bazı kaynaklarda da bu üç kuraklık çeşidine ilave olarak sosyo ekonomik kuraklık da dahil edilerek dört kuraklık çeşidi tanımlanmıştır. Sosyo ekonomik kuraklık fiziksel bir olguyu değil, kuraklığın sosyo ekonomik sistemlere etkisini incelemektedir [8]. Aşağıda Şekil 1’de iklim değişikliğinden kaynaklı meydana gelen dört kuraklık çeşidi, gerçekleşme zamanları, nedenleri ve etkileriyle beraber verilmiştir.



Şekil 1. Gerçekleşme zamanlarına göre dört kuraklık çeşidi [9].

Figure 1. Four drought types according to their occurrence times [9].

Literatürde kuraklık analizi için çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler arasında Standart Yağış İndeksi (SYI), Keşif Kuraklık İndeksi (KKI), Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SYEI), Akım Kuraklık İndeksi (AKI), Ondalık Kuraklık İndeksi (OKI), Palmer Kuraklık İndeksi (PKI), Erinc Kuraklık İndeksi (EKI), Normalin Yüzdesi İndeksi (NYI), Thornthwaite Yöntemi İndeksi (TYI), De Martonne-Gotmann İndeksi (DMGI) yöntemleri bazılarıdır [2]. Bu yöntemlerden SYI, NYI, OKI gibi yöntemler sadece uzun dönem yağış verilerini kullanarak kuraklık analizi yapmakta iken, KKI, SYEI, DMGI gibi yöntemler uzun dönem yağış verilerinin yanında, uzun dönem sıcaklık verilerini de kullanarak meteorolojik kuraklık analizi yapmaktadır. AKI gibi bazı yöntemler de akarsu akım verilerini kullanarak hidrolojik kuraklık analizi yapmaktadır. PKI gibi bazı yöntemler de yağış,

sıcaklık verilerinin yanında toprağın su tutma kapasitesi verilerini de kullanarak tarımsal kuraklık analizi yapmaktadır.

SYI yöntemi Dünya’da en fazla kullanılan yöntemler arasındadır. Sadece yağış verisi kullanması ve kolay uygulanabilen bir yöntem olması ve doğru sonuçlar vermesi nedenleri ile çok tercih edilmektedir. Literatürdeki bir çalışmada Türkiye’de yapılan kuraklık analizi ile ilgili yayınlar incelenmiş ve bu yayınların %56’lık kısmında SYI yöntemi kullanıldığı belirlenmiştir [10]. KKI indeksinin de yağışın yanında sıcaklık verilerinin de kullanılarak hesaplanan evapotranspirasyon değerlerini dikkate alması nedeniyle meteorolojik ve tarımsal kuraklığı analiz etmede güçlü bir indeks olduğu literatürdeki bazı çalışmalarda belirtilmiştir [11],[12].

Literatürde kuraklık analizi ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bir kısmı ülke ölçeğinde, bir kısmı bölge ya da havza ölçeğinde olup, bazıları da daha küçük bir alanı kapsayıp il ölçeğinde çalışmalardır.

Ülke ölçeğinde yapılan bir çalışmada, Türkiye’deki 133 istasyon için aylık toplam yağış verileri kullanılarak SYI yöntemi ile kuraklık analizi yapılmıştır. En uzun kurak dönemler ortalamasının 20 ay sürdüğü ve kuraklık genliğinin istasyonların %72’sinde artış yönünde olduğu belirlenmiştir [13].

Ülke ölçeğindeki başka bir çalışmada Kuzey Irak’taki 11 istasyona ait 49 yıllık günlük ortalama yağış verileri ile 6, 9 ve 12 aylık dönemler için SYI yöntemi ile kuraklık analizi yapılmıştır. Analiz yapılan istasyonların çoğunda hafif kuraklığın çıktığı belirlenmiştir [14].

Bölge ölçeğinde yapılan bir çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ndeki Siirt, Gaziantep ve Siverek istasyonlarına ait 40 yıllık yağış verileri kullanılarak SYI yöntemiyle kuraklık analizleri yapılmıştır. 12 aylık dönem için %80 ile %88 oranında normal, %12 ile %20 oranında şiddetli kuraklık olduğu belirlenmiştir [15].

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan 18 istasyon verisi kullanılarak yapılan bir çalışmada SYI ve KKI yöntemleriyle, kuraklık analizleri yapılmıştır. Batman ve Diyarbakır istasyonlarında 1966-2021 dönemi için 12 aylık kuraklık analizi sonuçlarına göre: Batman ili SYI yöntemine göre %48.5 yüzde ile göreceli kurak, Diyarbakır ili ise %48.2 yüzde ile göreceli kurak çıkmıştır. Batman ili için KKI yöntemine göre %50.2 yüzde ile göreceli kurak, Diyarbakır ili KKI yöntemine göre %47.5 yüzde ile göreceli kurak çıkmıştır [16].

Havza ölçeğinde yapılan bir çalışmada, Asi, Ceyhan, Seyhan ve Doğu Akdeniz havzalarını içine alan bölgede 35 istasyon verileri ile KKI yöntemiyle kuraklık analizleri yapılmıştır. 3-6-9-12 aylık KKI kuraklık indisi değerleri hesaplanmış ve ilgili bölgede hafif kuraklık yaşandığı görülmüştür. Ayrıca, sonuçlar haritalanmış ve kuraklığın etkili olduğu alanlar görselleştirilerek daha iyi görülebilmektedir [17]. Bu bölge için OKI yöntemiyle yapılan başka bir çalışmada, yine aynı istasyon verileri kullanılarak kuraklık analizi yapılmış ve bölge genelinde yağışların azaldığı belirlenmiştir [18].

Akdeniz havzası için SYEI yöntemiyle yapılan bir çalışmada 8 istasyon için yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak 1970-2018 dönemi için analizler yapılmıştır. Tüm istasyonların hafif kurak ve normale yakın kuraklık sınıfında olduğu belirlenmiştir [19].

İl ölçeğinde yapılan bir çalışmada, Iğdır ili için SYI, KKI ve AKI yöntemleriyle kuraklık analizleri yapılmış ve bu çalışma ile

düşük yağışların ve yüksek sıcaklıkların hidrolojik ve meteorolojik kuraklık üzerindeki bütünsel etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, İçdir ovasında çeşitli kurak ve orta kurak yıllar belirlenmiştir [4].

İran'ın Marand ovasında yapılan bir çalışmada *SYI* yöntemiyle kuraklık analizleri yapılmıştır. Ayrıca, bölgenin aylık ve yıllık yeraltı su seviyesi verileri analiz edilmiştir. Yeraltı su seviyesinde azalış olduğu ve bu azalışın aylık kuraklıklarla ilişkili olduğu belirlenmiştir [20].

İklim verilerindeki değişimi inceleyen bir çalışmada, Türkiye'deki tüm illerin 1991-2020 yılları arası dönemdeki yağış ve sıcaklık verileri yenilikçi trend pivot analiz yöntemi ile analiz edilmiştir. %5 önem seviyesine göre elde edilen trend analiz sonuçlarına göre, aylık toplam yağış verilerinin %41'i artan, %41'i azalan eğilim göstermiştir. Türkiye'de aylık ortalama sıcaklık verilerinde ise %67'lik bir artış eğilimi olduğu belirlenmiştir [21].

Literatürde bazı çalışmalar da gelecek iklim verilerini çeşitli yöntemlerle tahmin ederek gelecek yıllardaki kuraklık durumunu belirleme üzerinedir. Bunlardan birinde Türkiye'nin 2020-2050 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verilerini tahmin etmek için stokastik bir zaman serisi modeli oluşturulmuştur. Gelecek iklim verileri kullanılarak 2050 yılına kadar *SPEI* indeksiyle farklı zaman ölçekleri için kuraklık modelleri ve kuraklık haritaları oluşturulmuştur [22].

Bu çalışmada da kuraklıkla mücadele eden Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin iki ili olan Batman ve Diyarbakır illerinin *OKI* yöntemiyle meteorolojik kuraklık, *SYI* ve *KKI* yöntemleriyle meteorolojik ve tarımsal kuraklık ve *AKI* yöntemiyle hidrolojik kuraklık analizleri yapılmış ve literatürde yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu bölgesi illerinden Batman ve Diyarbakır'ın seçilmesinin nedeni bölgedeki diğer iller gibi kuraklıktan ciddi şekilde etkilenmesi ve kuraklıktan en fazla etkilenen sektör olan tarımsal faaliyetlerin yapılmasındandır. Literatürde kuraklık üzerine çok sayıda çalışma olmasına rağmen Batman ve Diyarbakır illeri için güncel verilerle yapılan çalışmalar sınırlıdır. Ayrıca, Batman ve Diyarbakır illeri için yapılan çalışmalarda hidrolojik kuraklığı analiz eden *AKI* yöntemi ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (*BMÇP*) kapsamında kullanılan *KI* (*AI-Aridity Index*) yöntemleriyle kuraklık analizleri yapılmamıştır. Bu açıdan da değerlendirildiğinde bu çalışmanın güncel verilerle yapılmış, orijinal bir çalışma olduğu söylenebilir.

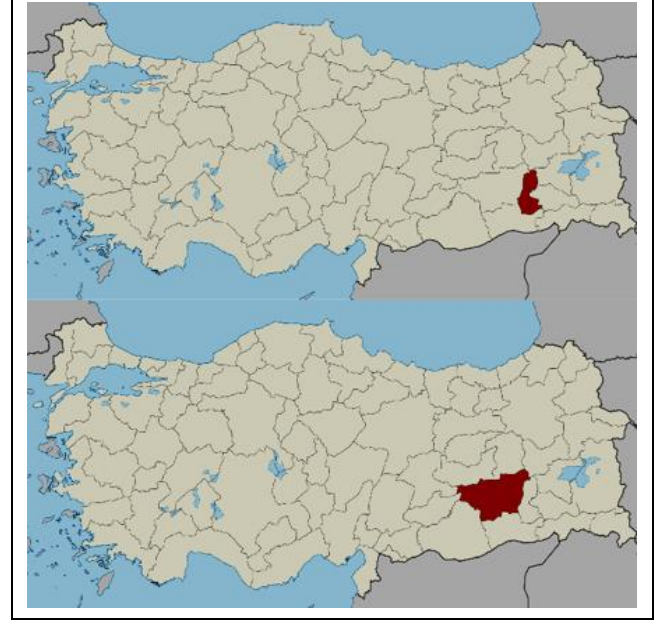
2 Materyal ve metot

2.1 Çalışma alanı

Batman ili, Dicle havzasında il topraklarından geçen Dicle nehri ve Batman çayı kenarındaki verimli ovalardan oluşan düz bir alanda bulunmaktadır. Çevresinde Siirt, Diyarbakır, Bitlis, Muş ve Mardin illeri bulunmakta olup, 41° 10' ve 41° 40' doğu boylamları ile 38° 40' ve 37° 50' kuzey enlemleri arasındadır. Şehir merkezinin denizden yüksekliği 540-560 m arasındadır. Şehirde karasal iklim hakimdir. Karasal iklimden dolayı yazın aşırı sıcak geçmekte, kışın ise aşırı soğuk olmasa da soğuk ve kar yağışlı geçmektedir [23].

Diyarbakır ili, Batman ilinin batısında ve Batman iline komşu olup 37°30' ve 38°43' kuzey enlemleri ile 40°37' ve 41°20' doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Şehir merkezinin denizden yüksekliği 670 m'dir [24]. İlin çevresindeki diğer iller Muş, Mardin, Şanlıurfa, Adıyaman, Malatya, Elâzığ ve Bingöl illeridir. Diyarbakır ilinde de yine karasal iklim hüküm sürer.

Gündüz ile gece arasında sıcaklık farkı olmaktadır. Kış ve bahar ayları yağışlı geçmekte, yaz ayları kurak geçmektedir [25]. Şekil 2'de Batman ve Diyarbakır illerinin Türkiye haritasındaki konumları görülmektedir.



Şekil 2. Batman ve Diyarbakır illerinin harita üzerindeki konumları [26],[27].

Figure 2. Locations of Batman and Diyarbakır provinces on the map [26],[27].

2.2 Veri seti

Bu çalışmada Batman ili için 4 yöntem olan *SYI*, *KKI*, *OKI* ve *AKI* yöntemleriyle, Diyarbakır ili için ise 3 yöntem olan *SYI*, *KKI*, *OKI* yöntemleriyle kuraklık analizleri yapılmıştır. Bu yöntemlerin hangi meteorolojik verileri ya da hangi hidrolojik verileri kullandığı, hangi yıllar arası analiz yapıldığı ve yöntemin belirlediği kuraklık türü Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan yöntemler, kullanılan veri türleri, analiz yapılan dönemler ve yöntemin belirlediği kuraklık türü

Table 1. The methods used in the study, the types of data used, the periods analyzed and the type of drought determined by the methods

Yöntem	Kullandığı veri türü	Analiz yapılan dönem	Kuraklık tipi
<i>SYI</i>	Aylık toplam yağış verileri	1990-2020	Meteorolojik
<i>KKI</i>	Aylık toplam yağış verileri ve PET hesabı için aylık maksimum ve minimum sıcaklık verileri	1990-2020	Meteorolojik ve Tarımsal
<i>OKI</i>	Aylık toplam yağış verileri	1991-2020	Meteorolojik
<i>AKI</i>	Batman çayı akım verileri	1990-2019	Hidrolojik

Daha sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için tüm yöntemlerde kullanılan verilerin en az 30 yıllık olması gerektiği için analizlerde *SYI* ve *KKI* yöntemleri için 31 yıllık veri, *OKI* ve

AKI yöntemleri için 30 yıllık veri kullanılmıştır [28]. OKI yönteminde yağış verileri %10'luk gruplara ayrıldığından analiz yapılan yıl sayısı 10'un katları olması gerekmektedir. Bu nedenle analizlerde 31 yıllık yağış verisi yerine 1991-2020 yılları arası dönemi kapsayan 30 yıllık veri kullanılmıştır [18].

Ayrıca tüm yöntemlerde veriler hidrolojik yıla göre düzenlenip, veri satırları Ekim ayından başlayıp Eylül ayında bitecek şekilde düzenlenmiştir [18]. Yağış ve sıcaklık verileri Meteoroloji Bölge Müdürlüğü (MGM)'den temin edilirken, akarsu akım verileri Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüğü'nden (DSİ) temin edilmiştir.

2.3 Yöntem

2.3.1 Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYI)

Kuraklığın belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan SYI yöntemi, Mckee, Doesken ve Kleist tarafından 1993 yılında geliştirilmiştir [28]. Bu yöntem, aylık yağış toplamalarına gamma olasılık yoğunluk fonksiyonunun eklenmesini içerir. Denklem (1)'den anlaşıldığı üzere aylık yağışlar ve uzun dönemli yağış ortalamaları arasındaki farkın standart sapmaya bölünmesi ile standartlaştırılması sonucu bulunmaktadır [29].

$$SYI = \frac{X_{ij} - X_{im}}{\sigma} \quad (1)$$

Burada, X_{ij} ; i . yağış istasyonundaki j . gözlemdeki aylık yağışı, X_{im} , uzun dönemli yağış ortalamasını ve σ , standart sapmayı ifade etmektedir.

SYI yöntemi, kuraklık kategorilerini belirlemek için kullanılır. Hesaplanan SYI indis değerleri negatif ise kuraklık olduğunu ve yağışın yetersiz olduğunu gösterir. SYI indis değerleri pozitif ise kuraklık olmadığını ve yağışın yeterli olduğunu gösterir. SYI sınıflandırma tablosu Tablo 2 ile verilmiştir.

Tablo 2. SYI yöntemi sınıflandırma tablosu [29],[2].

Table 2. SPI method classification table.[29],[2].

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi	
$SYI > 2.0$	Aşırı Yağışlı
$1.5 < SYI \leq 2.0$	Çok Yağışlı
$1.0 < SYI \leq 1.5$	Orta Yağışlı
$0 < SYI \leq 1.0$	Hafif Yağışlı
$-1 < SYI \leq 0$	Hafif Kurak
$-1.5 < SYI \leq -1.0$	Orta Kurak
$-2.0 < SYI \leq -1.5$	Çok Kurak
$SYI \leq -2$	Aşırı Kurak

2.3.2 Keşif kuraklık indeksi (KKI)

Bu yöntem, Tsakiris ve Vangelis tarafından ilk olarak kullanılmış, meteorolojik ve tarımsal kuraklığın gözlemlenmesi için önerilmiştir [30]. Genel olarak kurak ve yarı kurak alanlarda kullanılmaktadır. KKI'nin hesaplanması için gereken temel veriler, aylık toplam yağış (P) ve potansiyel evapotranspirasyon (PET)'dir.

KKI indis değerini bulmak için ilk önce α_k^i başlangıç değerini hesaplamak gerekir. Daha sonra KKI_{nor} (normalleştirilmiş) ve KKI_{std} (standartlaştırılmış) değerleri hesaplanır [31],[32].

$$\alpha_k^i = \frac{\sum_{j=1}^k P_{ij}}{\sum_{j=1}^k PET_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (2)$$

Burada, P_{ij} , i . yılın, j . ayının toplam yağış değerini, PET_{ij} , i yılın j . ayının PET değerini gösterir. (Ekim ayı için $k = 1$ alınır, Eylül ayı için $k = 12$ alınır) ve N , toplam yıl sayısıdır.

$$KKI_{or} = \frac{\alpha_k^i}{\mu_k} - 1 \quad (3)$$

Burada, μ_k , α_k değerlerinin aritmetik ortalamasıdır.

$$KKI_{std} = \frac{y_k^i - \mu_k}{\sigma} - 1 \quad (4)$$

Burada, y_k^i , α_k^i 'nin doğal logaritması ($\ln(\alpha_k^i)$); μ_k aritmetik ortalaması; σ , standart sapmasıdır.

KKI indis değerlerinin hesaplanması için kullanılan PET verilerini elde etmek için dört ayrı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler Hargreaves, Thornthwaite, Blaney-Criddle ve Penman-Monteith yöntemleridir [33]. Çoğunlukla sadece ortalama sıcaklığı kullanan Thornthwaite yöntemi kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemde sıcaklık 0 °C ve altında olduğu durumlarda PET değeri de 0 olacağından dolayı hatalı sonuç verebilmektedir. Bu alımda da 0 ve altında değerler olmasından dolayı Hargreaves-Samani yöntemi kullanılmıştır. Hargreaves-Samani yöntemi ile PET değerleri Denklem (5)'teki gibi hesaplanır [34].

$$PET = 0.0023 * 0.408 * Ra(T_{ort} + 17.8) * TD^{0.5} \quad (5)$$

Burada, PET , hesaplanan potansiyel evapotranspirasyon (mm); 0.408 katsayısı $MJ/m^2/gün$ biriminde ifade edilen radyasyonu, $mm/gün$ biriminde eş değer buharlaşmaya dönüştürmede kullanılan katsayı; R_a , uzay radyasyon miktarı $MJ/m^2/gün$; T_{ort} , aylık ortalama sıcaklık (°C); TD , aylık maksimum ve minimum sıcaklıkların farkıdır (°C).

KKI yöntemi sınıflandırması SYI yöntemi sınıflandırmasıyla çok benzerdir. Tablo 3'te KKI yöntemi sınıflandırma tablosu verilmiştir.

Tablo 3. KKI yöntemi sınıflandırma tablosu [35].

Table 3. RDI method classification table [35].

Keşif Kuraklık İndeksi	
$KKI \geq 2.0$	Aşırı Nemli
$1.5 \leq KKI < 2.0$	Çok Nemli
$1.0 \leq KKI < 1.5$	Orta Nemli
$-1 \leq KKI < 1$	Normale yakın
$-1.5 \leq KKI < -1.0$	Orta Kurak
$-2.0 \leq KKI < -1.5$	Çok Kurak
$KKI < -2$	Aşırı Kurak

2.3.3 Ondalık kuraklık indeksi (OKI)

Normalin yüzdesi indeksindeki bazı eksikliklere çözüm olarak Gibbs ve Maher tarafından geliştirilmiştir. OKI değerleri hesaplanması istenen istasyonun her bir hidrolojik yılının yağış serileri en az yağıştan en çok yağışa doğru sıralanır. Yağış serisi %10'luk kısımlara ayrılır (10 parçaya bölünür). İlk ondalık en düşük %10'luk kısmın yağış miktarını aşamayan yağış miktarı olarak belirlenir. İkinci ondalık, en düşük ikinci %10'luk kısmın yağış miktarını aşamayan yağış miktarıdır. Buna göre tüm ondalıklar belirlenip 10.ondalığa kadar gidilir [33]. OKI sınıflandırma tablosunda her iki ondalık bir kategoriye alınarak yağış sınıflandırılması yapılmıştır. OKI sınıflandırma tablosu Tablo 4'te verilmiştir.

2.3.4 Akım kuraklık indeksi (AKI)

Hidrolojik kuraklık indisi olarak da bilinen AKI yöntemi, Nalbantis ve Tsakiris tarafından bazı denklemler ile uygulanmıştır [36]. Hidrolojik yıl (i), yılın ayı (j), akım değeri

ise (Q_{ij}), ile tanımlanırsa, kümülatif akarsu akımlarına ($V_{i,k}$), ait zaman serisi Denklem (6)'dan elde edilir.

$$V_{i,k} = \sum_{j=1}^{3k} Q_{ij} \quad i = 1,2,\dots,N; \quad j = 1,2,\dots,12; \quad k = 1,2,3,4 \quad (6)$$

Tablo 4. OKI yöntemi sınıflandırma tablosu [18].

Table 4. DDI method classification table [18].

Ondalık Kuraklık İndeksi	
Ondalık 1-2; (en düşük %20)	Normalin çok altı yağış
Ondalık 3-4; (sonraki en düşük %20)	Normalin altı yağış
Ondalık 5-6; (orta, %20)	Normale yakın yağış
Ondalık 7-8; (sonraki en yüksek, %20)	Normalin üstünde yağış
Ondalık 9-10; (en yüksek, %20)	Normalin çok üstünde yağış

$V_{i,k}$, yılın k , referans periyodu için (4 dönem) kümülatif akım miktarını verir. N , yıl sayısını, $k = 1,2,3,4$ değerleri sırasıyla Ekim-Aralık; Ekim-Mart; Ekim-Haziran; Ekim-Eylül dönemlerini ifade eder. Ekim-Eylül dönemi de yıllık akımlara karşılık gelir. AKI değerleri, kümülatif akarsu akımlarına ($V_{i,k}$), göre aşağıda verilen Denklem (7)'den her yıl için 4 defa elde edilir.

$$AKI = \frac{V_{i,k} - V_k}{S} \quad i = 1,2,\dots,N; \quad j = 1,2,\dots,12; \quad k = 1,2,3,4 \quad (7)$$

V_k ve S , k referans periyodu için kümülatif akarsu akımlarının ortalama ve standart sapma değerlerini verir [37].

AKI yöntemi sınıflandırma tablosu KKI ve SYI yöntemleri sınıflandırma tablolarına çok benzerdir. Hatta SYI yöntemiyle birebir aynı olduğu söylenebilir. AKI yöntemi sınıflandırma tablosu Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. AKI yöntemi sınıflandırma tablosu [38].

Table 5. SDI method classification table [38].

Akım Kuraklık İndeksi	
$AKI > 2.0$	Aşırı Nemli
$1.5 < AKI \leq 2.0$	Çok Nemli
$1.0 < AKI \leq 1.5$	Orta Nemli
$0 < AKI \leq 1.0$	Hafif Nemli
$-1 < AKI \leq 0$	Hafif Kurak
$-1.5 < AKI \leq -1.0$	Orta Kurak
$-2.0 < AKI \leq -1.5$	Çok Kurak
$AKI \leq -2$	Aşırı Kurak

2.4 Çalışmada kullanılan DrinC programı

DrinC (Drought Indices Calculator) kuraklık indislerinin hesaplanması için basit, ancak kapsamlı bir arayüz sağlamak üzere geliştirilmiş bir yazılımdır. Tigkas ve diğ. (2015)'te geliştirdikleri bu program ile KKI, AKI ve yaygın olarak bilinen 2 indis olan SYI ve OKI hesaplamalarını yapmışlardır. Ayrıca program KKI hesabı yapmak için yağış verileri ile birlikte sıcaklık verilerini de kullanan PET (Potansiyel Evapotranspirasyon) modülü de içerir. Program PET hesabını Hargreaves, Thornthwaite, Blaney-Criddle metodlarıyla yapabilmektedir [31].

DrinC programında bu yöntemlerin yanısıra tarımsal kuraklık için daha iyi sonuçlar veren, modifiye edilmiş aSPI ve eRDI

yöntemleri ile de analiz yapılabilmektedir. DrinC programı ile kuraklık analizi yapıp, kuraklığın zamansal ve mekânsal değişimi izlenebilir. Program ayrıca iklim değişikliği ve kuraklık senaryolarını inceleme çalışmalarında kullanılabilmektedir. DrinC programıyla özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yapılan kuraklık analizlerinin iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir [31].

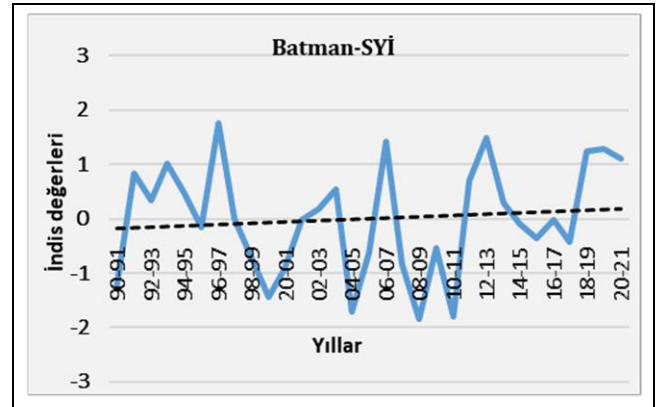
3 Bulgular ve tartışma

3.1 Batman ili kuraklık analizleri

3.1.1 Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYI) sonuçları

Batman ili için 1990-2020 yılları arası 31 yıllık periyod için MGM'den temin edilen toplam yağış verileri kullanılarak SYI yöntemiyle 12 aylık (yıllık) kuraklık analizi yapılmıştır. Veriler, hidrolojik yıl olan Ekim ayından başlayıp, Eylül ayında bitecek şekilde düzenlenmiştir. 12 ay ve daha düşük periyodlarda dağılım normal dağılıma uymayabilmektedir. Bu nedenle programda Gamma dağılımı seçilip analiz yapılmış ve dağılım normal dağılıma uydurulmuştur.

Batman ili için SYI yöntemi analiz sonuçlarına göre, 3 yılın çok kurak, 2 yılın orta kurak, 12 yılın hafif kurak olduğu belirlenirken, 1 yılın çok yağışlı, 6 yılın orta yağışlı, 7 yılın hafif yağışlı olduğu belirlenmiştir. Batman ilinde analiz yapılan dönemde 17 yılda kuraklık etkisi görüldüğü, 14 yılda yağış etkisi görüldüğü belirlenmiştir. Çok kurak geçen yılların 2004, 2008 ve 2010 yılları olduğu belirlenmiştir. Aşağıda Şekil 3'te Batman ili için hesaplanan SYI kuraklık indeksi değerleri grafik ile gösterilmiştir. Grafikte kesikli siyah çizgiyle gösterilen eğilim çizgisinden anlaşıldığı üzere 1990 yılından 2020 yılına doğru uzun yıllar indisi değerlerinde hafif yukarı doğru bir artım olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Batman ili için SYI yöntemi kuraklık analizi sonuçları

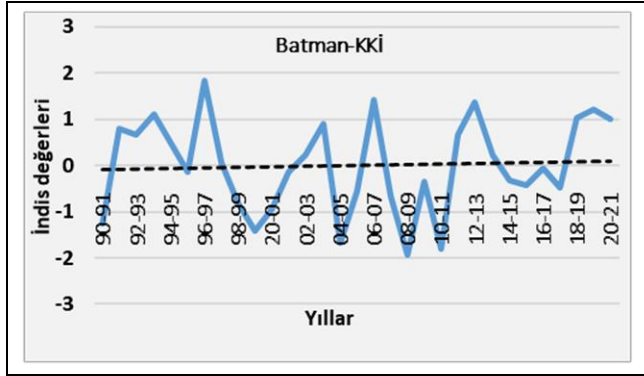
Figure 3. SPI method drought analysis results for Batman province

3.1.2 Keşif kuraklık indeksi (KKI) sonuçları

Batman ili için 1990-2020 yılları arası 31 yıllık periyod için MGM'den temin edilen toplam aylık yağış, maksimum sıcaklık ve minimum sıcaklık verileri kullanılarak KKI yöntemiyle 12 aylık (yıllık) kuraklık analizi yapılmıştır. Veriler, hidrolojik yıl olan Ekim ayından başlayıp, Eylül ayında bitecek şekilde düzenlenmiştir. 12 ay ve daha düşük periyodlarda dağılım normal dağılıma uymayabilmektedir. Bu nedenle programda Gamma dağılımı seçilip analiz yapılmış ve dağılım normal dağılıma uydurulmuştur.

KKI yönteminde kuraklık analizi yapabilmek için aylık toplam yağış verilerinin yanında *PET* değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. *PET* değerleri bilinmediğinden öncelikle Batman iline ait maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılarak Denklem (5)'te kullanılmak üzere ortalama sıcaklık verileri elde edilmiş ve Denklem (5)'e göre *PET* değerleri, *DrinC* programındaki *PET* modülü ile hesaplanmıştır.

Batman ili için *KKI* sonuçlarına göre, 3 yıl çok kurak, 2 yıl orta kurak, 11 yıl hafif kurak (normale yakın) olduğu belirlenirken, 1 yıl çok nemli, 6 yıl orta nemli, 8 yıl hafif nemli (normale yakın) olduğu belirlenmiştir. Batman ilinde analiz yapılan dönemde 16 yılda kuraklık etkisi görülürken, 15 yılda yağış etkisi görülmüştür. Çok kurak olan yıllar, 2004, 2008 ve 2010 yılları çıkmıştır. Çıkan sonuçlar *SYI* yöntemi sonuçları ile uyumludur. *SYI* yöntemiyle çok kurak olan yıllar (2004, 2008, 2010) aynıdır. Aşağıda Şekil 4'te Batman ili için hesaplanan *KKI* kuraklık indisi değerleri grafik ile gösterilmiştir. Grafikte kesikli siyah çizgiyle gösterilen eğilim çizgisinden anlaşıldığı üzere 1990 yılından 2020 yılına doğru uzun yıllar indisi değerlerinde hafif yukarı doğru bir artım olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Batman ili için *KKI* yöntemi kuraklık analizi sonuçları

Figure 4. *RDI* method drought analysis results for Batman province

KKI indisi değerlerinin hesaplanması için programa girilen verilerle *BMÇP* (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)'nın kuraklık analizinde kullandığı *KI* (Kuraklık İndeksi-Aridity Index) yöntemine göre de kuraklık analizi yapılabilmektedir. Program *KKI* analizini yaparken aynı zamanda *KI* kuraklık indeksine göre de analiz yapmış ve Batman ili için *KI* indeksine göre ortalama kuraklık şiddeti 0.25 (yarı kurak) olarak bulunmuştur.

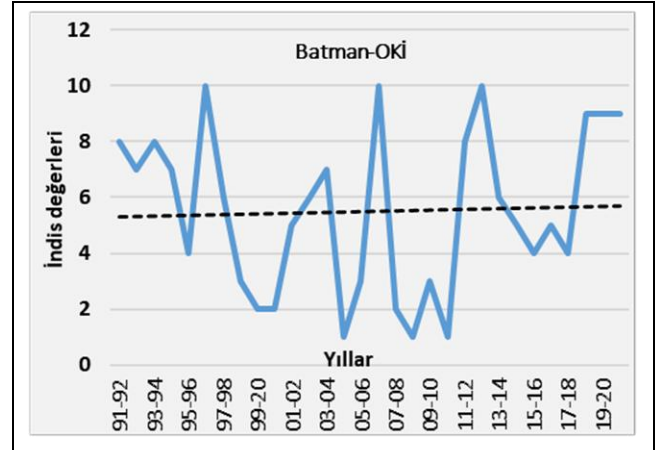
3.1.3 Ondalıklar kuraklık indeksi (*OKI*) sonuçları

Batman ili için 1991-2020 yılları arası 30 yıllık periyod için (10'un katları olması gerektiğinden) *MGM*'den temin edilen toplam aylık yağış verileri kullanılarak *OKI* yöntemiyle 12 aylık(yıllık) kuraklık analizi yapılmıştır. Veriler, hidrolojik yıl olan Ekim ayından başlayıp, Eylül ayında bitecek şekilde düzenlenmiştir.

OKI yöntemi kategorileri yağışı kategorize etmektedir. Analiz sonuçlarına göre Batman'da 6 yılda normalin çok altı yağış olduğu, 6 yılda normalin altı yağış olduğu, 6 yılda normal düzeyde yağış olduğu, 6 yılda normalin üstü yağış olduğu, 6 yılda da normalin çok üstü yağış olduğu belirlenmiştir. Batman ilinde analiz yapılan dönemde 12 yılda kuraklık etkisi olduğu belirlenmişken, 12 yılda da yağış etkisi olduğu belirlenmiştir.

Normalin çok altı yağış alan, yani çok kurak olarak nitelendirilebileceğimiz yıllar, 1999, 2000, 2004, 2007, 2008, 2010 yıllarıdır. *SYI* ve *KKI* yöntemleriyle karşılaştırıldığında birkaç yıl hariç, büyük ölçüde benzerlik göstermektedir.

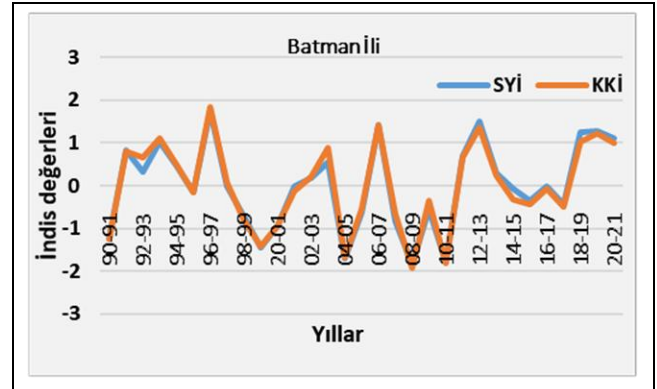
Aşağıda Şekil 5'te Batman ili için hesaplanan *OKI* kuraklık indisi değerleri grafik ile gösterilmiştir. Grafikte kesikli siyah çizgiyle gösterilen eğilim çizgisinden anlaşıldığı üzere 1991 yılından 2020 yılına doğru uzun yıllar indisi değerlerinde hafif yukarı doğru bir artım olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Batman ili için *OKI* yöntemi kuraklık analizi sonuçları

Figure 5. *DDI* method drought analysis results for Batman province

Batman ili analiz sonuçları incelendiğinde özellikle *SYI* ve *KKI* yöntemleri sonuçlarının Şekil 6'da görüldüğü üzere birbirleriyle çok uyumlu olduğu görülmüştür. *OKI* yönteminin sınıflandırma kategorisi değerleri farklı olduğundan grafiksel olarak diğer yöntemlerle karşılaştırılamamıştır. Ancak, *OKI* yöntemiyle belirlenen kurak yılların *SYI* ve *KKI* yöntemleriyle uyumlu olduğu belirlenmiştir.



Şekil 6. Batman ili için *SYI* ve *KKI* analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Figure 6. Comparison of *SPI* and *RDI* analysis results for Batman province

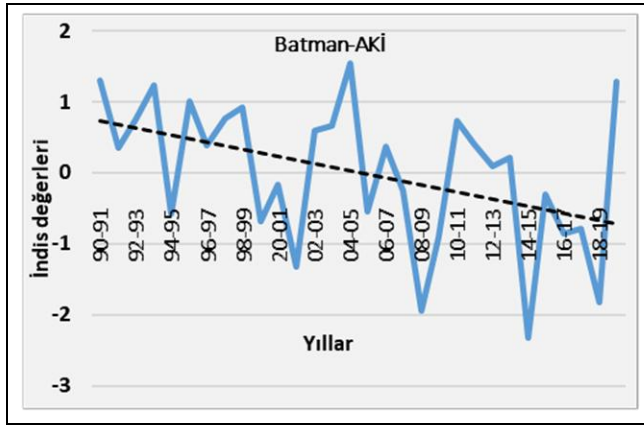
3.1.4 Akım kuraklık indeksi (*AKI*) sonuçları

1990-2019 yılları arası 30 yıllık periyod için *DSI*'den temin edilen Batman Çayı akım verileri kullanılarak *AKI* yöntemiyle 12 aylık(yıllık) kuraklık analizi yapılmıştır. Akım verilerinin ölçüldüğü istasyon Batman ili ile Diyarbakır illeri arasındadır. Ve Diyarbakır akım kuraklık analizi için Dicle nehri verileri *DSI*'den talep edilmesine rağmen temin edilemediğinden

Diyarbakır ili için akım kuraklık analizi yapılamamıştır. Batman çayı verileri, hidrolojik yıl olan Ekim ayından başlayıp, Eylül ayında bitecek şekilde düzenlenmiştir. 12 ay ve daha düşük periyotlarda dağılım normal dağılıma uymayabilmektedir. Bu nedenle programda Gamma dağılımı seçilip analiz yapılmış ve dağılım normal dağılıma uydurulmuştur.

Batman ili için AKI yöntemi analiz sonuçlarına göre, 1 yılın aşırı kurak, 2 yılın şiddetli kurak, 1 yılın orta kurak, 9 yılın hafif kurak olduğu belirlenirken, 1 yılın aşırı nemli, 4 yılın orta nemli, 12 yılın hafif nemli olduğu belirlenmiştir. Batman ilinde analiz yapılan dönemde 13 yılda kuraklık etkisi görülürken, 17 yılda yağış etkisi görülmüştür. Aşırı kurak yıl 2004 yılı, şiddetli kurak yıllar 2008 ve 2018 yıllarıdır. SYI, KKI, OKI sonuçlarıyla karşılaştırıldığında birkaç yıl hariç, büyük ölçüde benzerlik göstermektedir.

Aşağıda Şekil 7'de Batman ili için hesaplanan AKI kuraklık indisi değerleri grafik ile gösterilmiştir. Grafikte kesikli siyah çizgiyle gösterilen eğilim çizgisinden anlaşıldığı üzere 1990 yılından 2019 yılına doğru uzun yıllar akım kuraklık indisi değerlerinde aşağı doğru ciddi bir düşüş olduğu görülmektedir. Bu da analiz yapılan dönemde hidrolojik kuraklık etkisinin var olduğunu göstermektedir.



Şekil 7. Batman ili için AKI yöntemi kuraklık analizi sonuçları

Figure 7. SDI method drought analysis results for Batman province

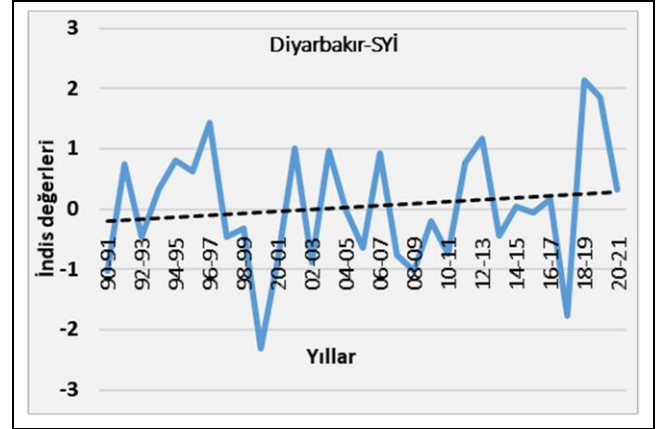
3.2 Diyarbakır ili kuraklık analizleri

3.2.1 Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYI) sonuçları

Diyarbakır ili için 1990-2020 yılları arası 31 yıllık periyot için MGM'den temin edilen toplam yağış verileri kullanılarak SYI yöntemiyle 12 aylık (yıllık) kuraklık analizi yapılmıştır. Veriler, hidrolojik yıl olan Ekim ayından başlayıp, Eylül ayında bitecek şekilde düzenlenmiştir. 12 ay ve daha düşük periyotlarda dağılım normal dağılıma uymayabilmektedir. Bu nedenle programda Gamma dağılımı seçilip analiz yapılmış ve dağılım normal dağılıma uydurulmuştur.

Diyarbakır ili için SYI yöntemi analiz sonuçlarına göre, 1 yılın aşırı kurak, 1 yılın çok kurak, 2 yılın orta kurak, 13 yılın hafif kurak olduğu belirlenmişken, 1 yılın aşırı yağışlı, 1 yılın çok yağışlı, 3 yılın orta yağışlı, 9 yılın hafif yağışlı olduğu belirlenmiştir. Diyarbakır ilinde analiz yapılan dönemde 17 yılda kuraklık etkisi görülürken, 14 yılda yağış etkisi görülmüştür. Aşırı ve çok kurak geçen yılların 1999 ve 2017 yılları olduğu belirlenmiştir. Aşağıda Şekil 8'de Diyarbakır ili için hesaplanan SYI kuraklık indisi değerleri grafik ile gösterilmiştir. Grafikte kesikli siyah çizgiyle gösterilen eğilim çizgisinden anlaşıldığı üzere 1990 yılından 2020 yılına doğru uzun yıllar indisi değerlerinde hafif yukarı doğru bir artım olduğu görülmektedir.

çizgisinden anlaşıldığı üzere 1990 yılından 2020 yılına doğru uzun yıllar indisi değerlerinde hafif yukarı doğru bir artım olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Diyarbakır ili için SYI yöntemi kuraklık analizi sonuçları

Figure 8. SPI method drought analysis results for Batman province

3.2.2 Keşif kuraklık indeksi (KKI) sonuçları

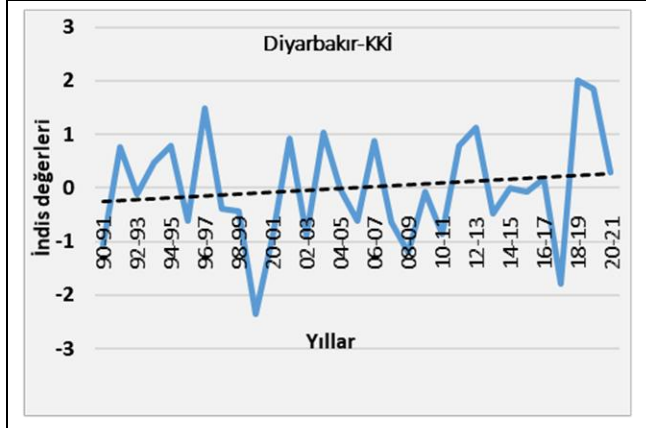
Diyarbakır ili için 1990-2020 yılları arası 31 yıllık periyot için MGM'den temin edilen toplam aylık yağış, maksimum sıcaklık ve minimum sıcaklık verileri kullanılarak KKI yöntemiyle 12 aylık (yıllık) kuraklık analizi yapılmıştır. Veriler, hidrolojik yıl olan Ekim ayından başlayıp, Eylül ayında bitecek şekilde düzenlenmiştir. 12 ay ve daha düşük periyotlarda dağılım normal dağılıma uymayabilmektedir. Bu nedenle programda Gamma dağılımı seçilip analiz yapılmış ve dağılım normal dağılıma uydurulmuştur.

KKI yönteminde kuraklık analizi yapabilmek için aylık toplam yağış verilerinin yanında PET değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. PET değerleri bilinmediğinden öncelikle Diyarbakır iline ait maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılarak Denklem (5)'te kullanılmak üzere ortalama sıcaklık verileri elde edilmiş ve Denklem (5)'e göre PET değerleri, DrinC programındaki PET modülü ile hesaplanmıştır.

Diyarbakır ili için KKI sonuçlarına göre; 1 yılın aşırı kurak, 1 yılın çok kurak, 2 yılın orta kurak, 14 yılın hafif kurak (normale yakın) olduğu belirlenirken, 1 yılın aşırı nemli, 1 yılın çok nemli, 3 yılın orta nemli, 8 yılın hafif nemli (normale yakın) olduğu belirlenmiştir. Diyarbakır ilinde analiz yapılan dönemde 18 yılda kuraklık etkisi görülürken, 13 yılda yağış etkisi görülmüştür. Aşırı ve çok kurak olan yıllar, 1999 ve 2017 yıllarıdır. Çıkan sonuçlar SYI yöntemi sonuçları ile uyumludur. SYI yöntemiyle çok kurak olan yıllar (1999, 2017) aynıdır. Aşağıda Şekil 9'da Diyarbakır ili için hesaplanan KKI kuraklık indisi değerleri grafik ile gösterilmiştir. Grafikte kesikli siyah çizgiyle gösterilen eğilim çizgisinden anlaşıldığı üzere 1990 yılından 2020 yılına doğru uzun yıllar indisi değerlerinde hafif yukarı doğru bir artım olduğu görülmektedir.

KKI indisi değerlerinin hesaplanması için programa girilen verilerle BMÇP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)'nın kuraklık analizinde kullandığı KI (Kuraklık İndeksi-Aridity Index) yöntemine göre de kuraklık analizi yapılabilmektedir. Program KKI analizini yaparken aynı zamanda KI kuraklık indeksine göre de analiz yapmış ve Diyarbakır ili için KI

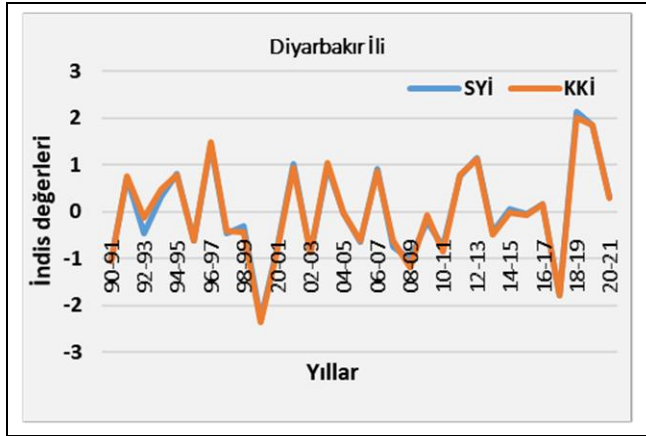
indeksine göre ortalama kuraklık şiddeti 0.26 (yarı kurak) olarak bulunmuştur.



Şekil 9. Diyarbakir ili için KKI yöntemi kuraklık analizi sonuçları

Figure 9. RDI method drought analysis results for Batman province

Diyarbakir ili analiz sonuçları incelendiğinde özellikle SYI ve SYI yöntemleri sonuçlarının Şekil 10'da görüldüğü üzere birbirleriyle çok uyumlu olduğu görülmüştür. OKI yönteminin sınıflandırma kategorisi değerleri farklı olduğundan grafiksel olarak diğer yöntemlerle karşılaştırılamamıştır. Ancak, OKI yöntemiyle belirlenen kurak yılların SYI ve KKI yöntemleriyle uyumlu olduğu belirlenmiştir.



Şekil 10. Diyarbakir ili için SYI ve KKI analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Figure 10. Comparison of SPI and RDI analysis results for Diyarbakir province

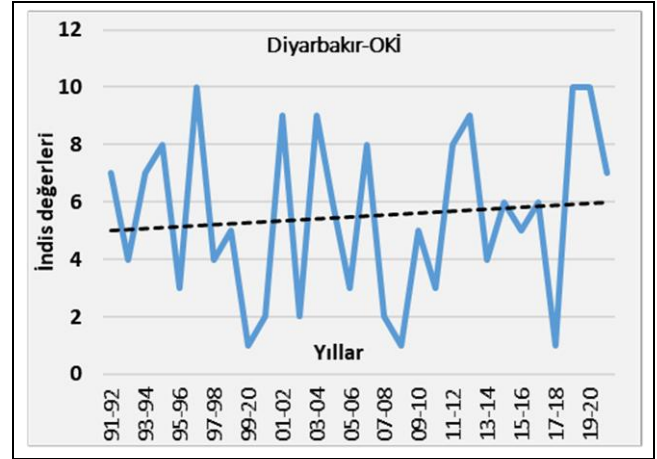
3.2.3 Ondalık kuraklık indeksi (OKI) sonuçları

Diyarbakir ili için 1991-2020 yılları arası 30 yıllık periyod için (10'un katları olması gerektiğinden) MGM'den temin edilen toplam aylık yağış verileri kullanılarak OKI yöntemiyle 12 aylık(yıllık) kuraklık analizi yapılmıştır. Veriler, hidrolojik yıl olan Ekim ayından başlayıp, Eylül ayında bitecek şekilde düzenlenmiştir.

OKI yöntemi kategorileri yağışı kategorize etmektedir. Analiz sonuçlarına göre Diyarbakir'da 6 yılda normalin çok altı yağış olduğu, 6 yılda normalin altı yağış olduğu, 6 yılda normal düzeyde yağış olduğu, 6 yılda normalin üstü yağış olduğu, 6 yılda da normalin çok üstü yağış olduğu belirlenmiştir.

Diyarbakir ilinde analiz yapılan dönemde 12 yılda kuraklık etkisi olduğu belirlenirken. 12 yılda da yağış etkisi olduğu belirlenmiştir. Normalin çok altı yağış alan, yani çok kurak olarak nitelendirebileceğimiz yıllar, 1999, 2000, 2002, 2007, 2008, 2017 yıllarıdır. SYI ve KKI yöntemleriyle karşılaştırıldığında birkaç yıl hariç, büyük ölçüde benzerlik göstermektedir.

Aşağıda Şekil 11'de Diyarbakir ili için hesaplanan OKI kuraklık indisi değerleri grafik ile gösterilmiştir. Grafikte kesikli siyah çizgiyle gösterilen eğilim çizgisinden anlaşıldığı üzere 1991 yılından 2020 yılına doğru uzun yıllar indis değerlerinde hafif yukarı doğru bir artım olduğu görülmektedir.



Şekil 11. Diyarbakir ili için OKI yöntemi kuraklık analizi sonuçları

Figure 11. DDI method drought analysis results for Diyarbakir province

3.3 Tüm yöntemlere göre Batman ve Diyarbakir illeri kuraklık analizleri hakkında bilgi ve kuraklık analiz sonuçları

Bu çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI), Keşif Kuraklık İndeksi (KKI), Ondalık Kuraklık İndeksi (OKI) ve Akım Kuraklık İndeksi (AKI) ile kuraklıktan etkilenen Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinden olan Batman ve Diyarbakir illerinin kuraklık analizi DrinC (Drought Indices Calculator) programı ile yapılmıştır. SYI ve KKI yöntemleri için MGM'den 1990-2020 dönemi yağış ve sıcaklık verileri temin edilmiştir. SYI yöntemi için 1990-2020 dönemi olan 31 yıllık periyod için aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. KKI yöntemi için yağış verilerinin yanında PET (Potansiyel Evapotranspirasyon) hesabı için sıcaklık verilerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için 1990-2020 dönemi aylık maksimum ve aylık minimum sıcaklık verileri ile programda önce ortalama sıcaklık verileri elde edilmiş, daha sonra PET değerleri hesaplanmıştır. Uzun dönem aylık toplam yağış verileri ile PET değerleri programa girilerek 31 yıllık KKI kuraklık indisi değerleri hesaplanmıştır.

Ondalık Kuraklık İndeksi (OKI) yöntemi için de sadece uzun dönem yağış verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, veriler analiz için %10'luk gruplara ayrılacağından analiz yapılan yıl sayısı 10'un katı olmalıdır. Bu nedenle 31 yıllık aylık toplam yağış verileri yerine 30 yıllık aylık toplam yağış verileri (1991-2020) kullanılmıştır. Akım Kuraklık İndeksi (AKI) yöntemine göre ise uzun dönem akarsu akım verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için Batman Çayı 1990-2019 dönemi akım verileri DSI'den temin edilmiştir. Diyarbakir ili için Dicle

nehri uzun dönem akım verilerine ulaşamadığı için AKI yöntemiyle analiz yapılamamıştır.

Batman ili için SYI yöntemi analiz sonuçlarına göre, 3 yılın çok kurak, 2 yılın orta kurak, 12 yılın hafif kurak olduğu, 1 yılın çok yağışlı, 6 yılın orta yağışlı, 7 yılın hafif yağışlı olduğu belirlenmiştir. 17 yılda kuraklık etkisi görüldüğü, 14 yılda yağış etkisi görüldüğü belirlenmiştir. Çok kurak geçen yılların 2004, 2008 ve 2010 yılları olduğu belirlenmiştir.

Batman ili için KKI sonuçlarına göre, 3 yıl çok kurak, 2 yıl orta kurak, 11 yıl hafif kurak (normale yakın) çıkmıştır. KKI sonuçlarına göre, 1 yıl çok nemli, 6 yıl orta nemli, 8 yıl hafif nemli (normale yakın) çıkmıştır. Yani 16 yılda kuraklık etkisi görülürken, 15 yılda yağış etkisi görülmüştür. Çok kurak olan yıllar, 2004, 2008 ve 2010 yıllarıdır.

Batman ili OKI yöntemi analiz sonuçlarına göre, 6 yılda normalin çok altı yağış olduğu, 6 yılda normalin altı yağış olduğu, 6 yılda normal düzeyde yağış olduğu, 6 yılda normalin üstü yağış olduğu, 6 yılda da normalin çok üstü yağış olduğu belirlenmiştir. Yani 12 yılda kuraklık etkisi olduğu söylenebilir. Normalin çok altı yağış alan, yani çok kurak olarak nitelendirebileceğimiz yıllar, 1999, 2000, 2004, 2007, 2008, 2010 yıllarıdır.

Batman ili için AKI yöntemi analiz sonuçlarına göre, 1 yıl aşırı kurak, 2 yıl şiddetli kurak, 1 yıl orta kurak, 9 yıl hafif kurak çıkmıştır. AKI sonuçlarına göre 1 yıl aşırı nemli, 4 yıl orta nemli, 12 yıl hafif nemli çıkmıştır. 13 yılda kuraklık etkisi görülürken, 17 yılda yağış etkisi görülmüştür. Aşırı kurak yıl 2004 yılı, şiddetli kurak yıllar 2008 ve 2018 yıllarıdır.

Batman ili kuraklık analizi sonuçlarına göre dört yöntemden özellikle SYI ve KKI yöntemleri sonuçlarının Şekil 6'da verilen grafikten de görüleceği üzere birbirleriyle çok uyumlu olduğu görülmüştür. Batman ili için bu iki yöntemde çok kurak geçen yıllar da tamamen aynı çıkmıştır. Batman ili için OKI ve AKI yöntemleri sonuçlarının birkaç yıl hariç SYI ve KKI yöntemleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Diyarbakır ili için SYI yöntemi analiz sonuçlarına göre, 1 yılın aşırı kurak, 1 yılın çok kurak, 2 yılın orta kurak, 13 yılın hafif kurak olduğu belirlenmiştir. SYI yöntemi analiz sonuçlarına göre 1 yılın aşırı yağışlı, 1 yılın çok yağışlı, 3 yılın orta yağışlı, 9 yılın hafif yağışlı olduğu belirlenmiştir. Yani 17 yılda kuraklık etkisi görülürken, 14 yılda yağış etkisi görülmüştür. Aşırı ve çok kurak geçen yılların 1999 ve 2017 yılları olduğu görülmüştür.

Diyarbakır ili için KKI sonuçlarına göre; 1 yıl aşırı kurak, 1 yıl çok kurak, 2 yıl orta kurak, 14 yıl hafif kurak (normale yakın) çıkmıştır. KKI sonuçlarına göre, 1 yıl aşırı nemli, 1 yıl çok nemli, 3 yıl orta nemli, 8 yıl hafif nemli (normale yakın) çıkmıştır. Yani 18 yılda kuraklık etkisi görülürken, 13 yılda yağış etkisi görülmüştür. Aşırı ve çok kurak olan yıllar, 1999 ve 2017

yıllarıdır. Diyarbakır ili için OKI analizi sonuçlarına göre, 6 yılda normalin çok altı yağış olduğu, 6 yılda normalin altı yağış olduğu, 6 yılda normal düzeyde yağış olduğu, 6 yılda normalin üstü yağış olduğu, 6 yılda da normalin çok üstü yağış olduğu belirlenmiştir. Yani 12 yılda kuraklık etkisi olduğu söylenebilir. Normalin çok altı yağış alan, yani çok kurak olarak nitelendirebileceğimiz yıllar, 1999, 2000, 2002, 2007, 2008, ve 2017 yıllarıdır.

Diyarbakır ili kuraklık analizi sonuçlarına göre üç yöntemden özellikle SYI ve KKI yöntemleri sonuçlarının Şekil 10'da verilen grafikten de görüleceği üzere birbirleriyle çok uyumlu olduğu görülmüştür. Diyarbakır ili için bu iki yöntemde aşırı ve çok kurak geçen yıllar da tamamen aynı çıkmıştır. Diyarbakır ili için OKI ve AKI yöntemleri sonuçlarının birkaç yıl hariç SYI ve KKI yöntemleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Batman ve Diyarbakır illerinin KKI yöntemiyle kuraklık analizi yapılırken DrinC programı girilen verilerle aynı zamanda BMÇP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)'nın kullandığı KI (Kuraklık İndeksi-Aridity İndeks) yöntemine göre de analiz yapılmaktadır. Bu yöntemde göre de Batman ili 0.25 kuraklık değeri ile yarı kurak, Diyarbakır ili 0.26 kuraklık değeri ile yarı kurak çıkmıştır.

Aşağıda Tablo 6'da Batman ve Diyarbakır illeri için yapılan kuraklık analizi yöntemlerinin sonuçları verilmiştir. Tabloda her bir yöntemde göre Batman ve Diyarbakır illerinin kuraklıktan etkilenen yıl sayıları, analiz yapılan dönemler ve aşırı kurak ve çok kurak yılların hangileri olduğu verilmiştir.

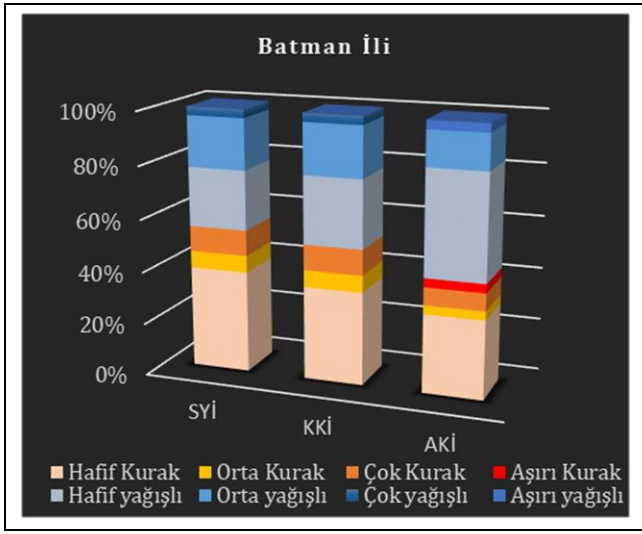
Aşağıda Şekil 12'de Batman ilinde analiz sonuçlarına göre her bir yöntemde göre aşırı kurak, çok kurak, orta kurak, hafif kurak yılların ve aşırı yağışlı, çok yağışlı, orta yağışlı, hafif yağışlı yılların yüzdeleri yığılmış sütun grafik ile gösterilmiştir. Batman ilinin SYI yöntemine göre analiz yapılan dönemde kuraklık etkisinin görüldüğü yılların toplam göreceli kuraklık yüzdesi %55, KKI yöntemine göre %52, OKI yöntemine göre %40, AKI yöntemine göre %43 olduğu belirlenmiştir. OKI yönteminin kuraklık kategorileri diğer üç yöntemle uyumadığı için Şekil 12'de gösterilememiştir.

Aşağıda Şekil 13'te Diyarbakır ilinde analiz sonuçlarına göre her bir yöntemde göre aşırı kurak, çok kurak, orta kurak, hafif kurak yılların ve aşırı yağışlı, çok yağışlı, orta yağışlı, hafif yağışlı yılların yüzdeleri yığılmış sütun grafik ile gösterilmiştir. Diyarbakır ilinin SYI yöntemine göre analiz yapılan dönemde kuraklık etkisinin görüldüğü yılların toplam göreceli kuraklık yüzdesi %55, KKI yöntemine göre %58, OKI yöntemine göre %40 olduğu belirlenmiştir. Dicle nehri akım verileri DSI'den talep edilmesine rağmen temin edilemediği için AKI yöntemine göre analiz yapılamamıştır. OKI yönteminin kuraklık kategorileri diğer yöntemlerle uyumadığı için Şekil 13'te gösterilememiştir.

Tablo 6. Batman ve Diyarbakır illerinin kuraklık analizi sonuçları

Table 6. Drought analysis results of Batman and Diyarbakır provinces

İl	Yöntem	Analiz yapılan dönem	Kurak yıl sayısı	Aşırı ve Çok Kurak yıllar
Batman	SYI	1990-2020	17	2004, 2008, 2010
	KKI	1990-2020	16	2004, 2008, 2010
	OKI	1991-2020	12	1999, 2000, 2004, 2007, 2008, 2010
	AKI	1990-2019	13	2004, 2008, 2018
Diyarbakır	SYI	1990-2020	17	1999, 2017
	KKI	1990-2020	18	1999, 2017
	OKI	1991-2020	12	1999, 2000, 2002, 2007, 2008, 2017



Şekil 12. Batman ili için kuraklık analizi sonuçlarının yüzdesi

Figure 12. Percentage of drought analysis results for Batman province

3.4 Analiz sonuçlarının literatürdeki çalışmalarla karşılaştırılması

Literatürde Batman ve Diyarbakır illerinin kuraklık analizini yapan bazı çalışmalar mevcuttur. Her ne kadar bu çalışmalarda analiz yapılan dönemler farklı olsa da bir fikir vermesi açısından bu çalışma sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmalardan birinde Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde 18 istasyon için SYI ve KKI yöntemleriyle, kuraklık analizleri yapılmıştır. Batman ve Diyarbakır istasyonlarında 1966-2021 dönemi için 12 aylık kuraklık analizi sonuçlarına göre: Batman ilinin SYI yöntemine göre göreceli kuraklık yüzdesi %48.5 çıkmışken, Diyarbakır ilinin SYI yöntemine göre göreceli kuraklık yüzdesi %48.2 çıkmıştır. Batman ilinin KKI yöntemine göre göreceli kuraklık yüzdesi %50.2 çıkmışken, Diyarbakır ilinin KKI yöntemine göre göreceli kuraklık yüzdesi %47.5 çıkmıştır [16]. Bu çalışmada ise Batman ve Diyarbakır illerinin 1990-2020 dönemi için SYI yöntemine göre her iki ilde göreceli kuraklık yüzdesi %55 çıkmışken, Batman ilinin KKI yöntemine göre göreceli kuraklık yüzdesi %52, Diyarbakır ilinin KKI yöntemine göre göreceli kuraklık yüzdesi %58 çıkmıştır. Bu kuraklık yüzdeleri, her iki çalışmada analiz yapılan dönemler farklı olsa da çalışma sonuçlarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Yani, her iki çalışmada da Batman ve Diyarbakır illerinde kuraklığın etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi için yapılan başka bir çalışmada 1970-2017 dönemi için SYI yöntemiyle yapılan kuraklık analizinde; Batman ili %48 göreceli kuraklık yüzdesi ile, Diyarbakır ili ise %46.5 göreceli kuraklık yüzdesi ile kurak çıkmıştır [39]. Çalışma dönemi bu çalışmadan farklı olmasına rağmen, analiz sonuçları bu çalışmanın sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi illeri için yapılan bir çalışmada da 1960-2015 arası dönem için SYI, EKI ve De Martonne (DM) indeksleriyle kuraklık analizleri yapılmıştır. Batman ili için SYI yöntemine göre bu çalışmadaki gibi 12 aylık dönemde kurak geçen yılların göreceli sıklık yüzdesi %27.2, Diyarbakır ili için %27.56 çıkmıştır [40]. Bu çalışmada ise Batman ve Diyarbakır illeri için 1990-2020 döneminde SYI yöntemi sonuçlarına göre

kuraklık etkisi görülen yılların göreceli sıklık yüzdesi %55 çıkmıştır. Bu farklılığın, analiz yapılan dönemlerin ve analiz yapılan yılların sayılarının farklı olması ve son dönemlerde kuraklığın etkisini artırmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmalarda kullanılan yağış verilerinin ölçüldüğü istasyonlar da farklıdır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi illeri için KKI yöntemiyle kuraklık analizi ve referans bitki su tüketimi (ET_0) hesabı yapan bir çalışmada 1975-2010 dönemi olan 35 yıllık dönem için kuraklık yüzdesi hesaplanmasa da Batman ili KKI analiz sonuçlarına göre 3 defa şiddetli kuraklık, 6 defa orta dereceli kuraklık, 53 defa da hafif kuraklık görülürken, Diyarbakır ili için KKI analiz sonuçlarına göre 5 defa şiddetli kuraklık, 11 defa orta dereceli kuraklık ve 57 defa da hafif kuraklık görüldüğü tespit edilmiştir [41]. Hafif kurak yıllar bu çalışmadaki gibi en fazla görülen kuraklık sınıfı olmuştur ve her iki ilde de bu çalışmada olduğu gibi kuraklığın etkili olduğu belirlenmiştir.

Batman ili için yapılmış bir çalışmada 1988-2018 dönemi için SYI, NYI, DMGI, Modifiye Fournier İndeksi (MFI) ve Bagnouls Gaussien İndeksi (BGI) yöntemleriyle kuraklık analizleri yapılmıştır. SYI yöntemine göre 1988-2018 dönemi için 12 aylık periyotta göreceli kuraklık yüzdesi %45 bulunmuştur [2]. Bu değer bu çalışmanın sonuçlarıyla yakındır. Bunun analiz yapılan dönemlerin yakın olması ve analiz yapılan yıl sayılarının aynı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Diyarbakır ili için yapılan bir çalışmada 1980 öncesi uzun dönem ve 1980-1999 arası dönem için TYI, BGI, Aşındırıcı Güç İndeksi (AGI) ve Geliştirilmiş Fournier Yağış İndeksi (GFYI) yöntemleriyle kuraklık analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada analiz sonuçlarının göreceli kuraklık yüzdesi hesaplanmasa da Diyarbakır ili kurak karakterli olduğu belirlenmiştir [42]. Bu çalışmada da %58 göreceli kuraklık yüzdesi ile Diyarbakır ili kurak karakterli bir il olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve literatürdeki çalışmaların çoğu Batman ve Diyarbakır illerinde kuraklığın etkili olduğu ve kuraklığın etkilerini azaltıcı bazı tedbirlerin alınması gerektiğini göstermektedir. Tarımsal faaliyetler, tatlı suyun yaklaşık %70'ini tükettiği için kuraklıktan en fazla etkilenen sektör tarım sektörüdür. Bu nedenle tüm bölgelerde, özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı bölgelerde güncel verilerle kuraklık analizleri yapılmalıdır. Kuraklık analiz sonuçlarına göre kuraklığın şiddeti, kuraklığın etkili olduğu bölgeler ve kuraklıkta nasıl bir girişat olduğunu gösteren kuraklık trendleri belirlenip, kuraklığın etkili olduğu bölgelerde çiftçiler ve ilgili bakanlıklar tarafından kuraklığın etkilerini azaltıcı uyum çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışmalar hakkında öneriler sonuç bölümünde verilmiştir.

4 Sonuçlar

Bu çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI), Keşif Kuraklık İndeksi (KKI), Ondalık Kuraklık İndeksi (OKI) ve Akım Kuraklık İndeksi (AKI) ile kuraklıktan etkilenen Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinden olan Batman ve Diyarbakır illerinin kuraklık analizleri yapılmıştır. SYI ve KKI yöntemleri için 31 yıllık, OKI ve AKI yöntemleri için 30 yıllık güncel veri kullanılmıştır.

Batman ili, SYI yöntemi analiz sonuçlarına göre 17 yılda kuraklık etkisi görülmüşken, 3 yılın çok kurak, 2 yılın orta kurak, 12 yılın hafif kurak olduğu belirlenmiştir. Çok kurak geçen yıllar 2004, 2008 ve 2010'dur. Göreceli kuraklık yüzdesi ise %55 olarak belirlenmiştir.

Batman ili, *KKI* yöntemi analiz sonuçlarına göre 16 yılda kuraklık etkisi görülmüşken, 3 yılın çok kurak, 2 yılın orta kurak, 11 yılın hafif kurak olduğu belirlenmiştir. Çok kurak geçen yıllar 2004, 2008 ve 2010'dur. Göreceli kuraklık yüzdesi ise %52 olarak belirlenmiştir.

Batman ili, *OKI* yöntemi analiz sonuçlarına göre 12 yılda kuraklık etkisi görülmüşken, 6 yılda normalin çok altı yağış olduğu, 6 yılda normalin altı yağış olduğu belirlenmiştir. Normalin çok altı yağış alan, yani çok kurak olarak nitelendirebileceğimiz yıllar, 1999, 2000, 2004, 2007, 2008, 2010 yıllarıdır. Göreceli kuraklık yüzdesi ise %40 olarak belirlenmiştir.

Batman ili, *AKI* yöntemi analiz sonuçlarına göre 13 yılda kuraklık etkisi görülmüşken, 1 yıl aşırı kurak, 2 yıl şiddetli kurak, 1 yıl orta kurak, 9 yıl hafif kurak olduğu belirlenmiştir. Aşırı kurak yıl 2004 yılı, şiddetli kurak yıllar 2008 ve 2018 yıllarıdır. Göreceli kuraklık yüzdesi ise %43 olarak belirlenmiştir.

Diyarbakır ili, *SYI* yöntemi analiz sonuçlarına göre 17 yılda kuraklık etkisi görülmüşken, 1 yılın aşırı kurak, 1 yılın çok kurak, 2 yılın orta kurak, 13 yılın hafif kurak olduğu belirlenmiştir. Aşırı ve çok kurak geçen yılların 1999 ve 2017 yılları olduğu belirlenmiştir. Göreceli kuraklık yüzdesi ise %55 olarak belirlenmiştir.

Diyarbakır ili, *KKI* yöntemi analiz sonuçlarına göre 18 yılda kuraklık etkisi görülmüşken, 1 yılın aşırı kurak, 1 yılın çok kurak, 2 yılın orta kurak, 14 yılın hafif kurak olduğu belirlenmiştir. Aşırı ve çok kurak geçen yılların 1999 ve 2017 yılları olduğu belirlenmiştir. Göreceli kuraklık yüzdesi ise %58 olarak belirlenmiştir.

Diyarbakır ili, *OKI* yöntemi analiz sonuçlarına göre 12 yılda kuraklık etkisi görülmüşken, 6 yılda normalin çok altı yağış olduğu, 6 yılda normalin altı yağış olduğu belirlenmiştir. Normalin çok altı yağış alan, yani çok kurak olarak nitelendirebileceğimiz yıllar, 1999, 2000, 2002, 2007, 2008, ve 2017 yıllarıdır. Göreceli kuraklık yüzdesi ise %40 olarak belirlenmiştir.

Batman ve Diyarbakır illeri kuraklık analizi sonuçlarına göre dört yöntemden özellikle *SYI* ve *KKI* yöntemleri sonuçlarının birbirleriyle çok uyumlu olduğu görülmüştür. Her iki il için bu iki yöntemde çok kurak geçen yıllar da tamamen aynı çıkmıştır. Her iki il için *OKI* ve *AKI* yöntemleri sonuçlarının birkaç yıl hariç *SYI* ve *KKI* yöntemleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Batman ve Diyarbakır illerinin *KKI* yöntemiyle kuraklık analizi yapılırken *DrinC* programı girilen verilerle aynı zamanda *BMÇP* (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)'nın kullandığı *KI* (Kuraklık İndeksi-Aridity İndeksi) yöntemine göre de analiz yapmaktadır. Bu yöntemde göre de Batman ili 0.25 kuraklık indeks değeri ile yarı kurak, Diyarbakır ili 0.26 kuraklık indeks değeri ile yarı kurak çıkmıştır.

Kuraklıklar yeraltı sularını da önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, bundan sonra yapılacak kuraklık çalışmalarında yeraltı suyu ya da toprak nemini dikkate alan yöntemlerle de analizlerin yapılması yararlı olacaktır. Son yıllarda tarımsal kuraklık analizlerinde daha iyi sonuçlar verdiği ispatlanan *aSPI* ve *eRDI* gibi modifiye yöntemlerle tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde tarımsal kuraklık analizlerinin yapılması daha doğru sonuçlar elde edilmesi açısından önerilir. Bu çalışmada iki il için yapılan analizler bölgenin tüm illeri için, hatta ülke ölçeğinde tüm iller için

güncel verilerle yapılması da ülke ya da bölge genelinde kuraklıkta son durumu görmek açısından yararlı olacaktır.

Yapılan bu çalışmada tüm yöntemlere göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinden Batman ve Diyarbakır illerinde kuraklığın etkili olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle su kaynaklarının planlı ve verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bunun için kuraklıkla mücadele eden bölgelerde özellikle tatlı suyun en büyük tüketicisi olan tarım sektöründe buharlaşmayı azaltıcı ve su tasarrufu sağlayan damlama ve yağmurlama gibi yöntemlere geçiş hızlandırılmalıdır. Daha az su tüketen ürünlerin ekimi yapılmalı ve tarım ürünlerinin daha az su tükettiği bölgeler belirlenip, bu bölgelerde ekimin devlet tarafından teşvik edilmesi gerekmektedir.

Batman ve Diyarbakır illeri gibi yazın suyun yaklaşık %50'sinin buharlaştığı illerde buharlaşmaya karşı etkili tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bunun için sulama suyu üstü açık kanallar yerine kapalı borularla iletilmeli, buharlaşmayı engelleyen yeraltı barajlarının yapımı hızlandırılmalıdır.

İklim değişikliği ve bunun sonucunda meydana gelen kuraklık tarım sektörü yanında tüm sektörleri etkilediği için tüm alanlarda sera gazlarını azaltan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş hızlanmalı, fosil yakıtların kullanımı azaltılmalıdır. Tüm sektörlerde çevreci projeler hayata geçirilmeli, halk iklim değişikliği ve su tasarrufu konusunda bilinçlendirilmelidir. Ayrıca, bu faaliyetler hükümet politikası haline getirilmelidir.

5 Conclusions

In this study, drought analyses of Batman and Diyarbakır provinces, which are among the Southeastern Anatolia Region provinces affected by drought, were conducted using Standardized Precipitation Index (*SPI*), Reconnaissance Drought Index (*RDI*), Decimal Drought Index (*DDI*) and Streamflow Drought Index (*SDI*), which are frequently used in the literature. 31 years of current data were used for *SPI* and *RDI* methods, and 30 years of current data were used for *DDI* and *SDI* methods.

According to the *SPI* method analysis results for Batman province, drought effect was observed in 17 years, 3 years were determined to be very dry, 2 years were moderately dry, and 12 years were slightly dry. The very dry years were 2004, 2008 and 2010. The relative drought percentage was determined as 55%.

According to the *RDI* method analysis results for Batman province, drought effect was observed in 16 years, 3 years were determined to be very dry, 2 years were moderately dry, and 11 years were slightly dry. The very dry years were 2004, 2008 and 2010. The relative drought percentage was determined as 52%.

According to the *DDI* method analysis results for Batman province, while drought effects were observed in 12 years, it was determined that there was much below normal precipitation in 6 years and below normal rainfall in 6 years. The years with much below normal precipitation, that is, the years that we can describe as very dry, are 1999, 2000, 2004, 2007, 2008, 2010. The relative drought percentage was determined as 40%.

According to the *SDI* method analysis results for Batman province, drought effect was observed in 13 years, 1 year was determined to be extremely dry, 2 years were severely dry, 1 year was moderately dry, and 9 years were slightly dry. The

extremely dry year was 2004, and the severely dry years were 2008 and 2018. The relative drought percentage was determined as 43%.

According to the *SPI* method analysis results for Diyarbakır province, drought effect was observed in 17 years, 1 year was determined to be extremely dry, 1 year was very dry, 2 years were moderately dry, and 13 years were slightly dry. The extremely and very dry years were 1999 and 2017, respectively. The relative drought percentage was determined as 55%.

According to the *RDI* method analysis results for Diyarbakır province, drought effect was observed in 18 years, 1 year was determined to be extremely dry, 1 year was very dry, 2 years were moderately dry, and 14 years were slightly dry. The extremely and very dry years were 1999 and 2017, respectively. The relative drought percentage was determined as 58%.

According to the *DDI* method analysis results for Diyarbakır province, while drought effects were observed in 12 years, it was determined that there was much below normal precipitation in 6 years and below normal rainfall in 6 years. The years with much below normal precipitation, that is, the years that we can describe as very dry, are 1999, 2000, 2002, 2007, 2008, 2017. The relative drought percentage was determined as 40%.

According to the drought analysis results of Batman and Diyarbakır provinces, it was seen that the results of the *SPI* and *RDI* methods, especially from the four methods, were very compatible with each other. For both provinces, the very dry years in these two methods were exactly the same. It was seen that the results of the *DDI* and *SDI* methods were compatible with the *SPI* and *RDI* methods for both provinces, except for a few years.

While the drought analysis of Batman and Diyarbakır provinces is carried out using the *RDI* method, the *DrinC* program also analyzes the data entered for *RDI* according to the Aridity Index method used by the United Nations Environment Program (UNEP). According to this method, Batman province is semi-arid with a drought index value of 0.25, and Diyarbakır province is semi-arid with a drought index value of 0.26.

Droughts also significantly affect groundwater. Therefore, in future drought studies, it would be useful to conduct analyses using methods that take groundwater and soil moisture into account. In addition, it is recommended to perform agricultural drought analyses in regions where agricultural activities are intense, with modified methods such as *aSPI* and *eRDI*, which have been proven to give better results in agricultural drought analyses in recent years, in order to obtain more accurate results. It would be useful to conduct the analyses conducted for two provinces in this study with up-to-date data for all provinces in the region, or even for all provinces on a country scale, in order to see the latest situation in drought across the country or region.

In this study, it was determined that drought was effective in Batman and Diyarbakır provinces of the Southeastern Anatolia Region according to all methods. Therefore, water resources should be used in a planned and efficient manner. For this, in regions struggling with drought, especially in the agricultural sector, which is the largest consumer of fresh water, the transition to methods such as drip and sprinkler, which reduce evaporation and provide water saving, should be accelerated.

Products that consume less water should be planted and regions where agricultural products consume less water should be determined and planting in these regions should be encouraged by the state.

In provinces such as Batman and Diyarbakır, where approximately 50% of the water evaporates in the summer, effective measures must be taken against evaporation. For this purpose, irrigation water should be transmitted through closed pipes instead of open channels, and the construction of underground dams that prevent evaporation should be accelerated.

Since climate change and the resulting drought affect all sectors with together the agricultural sector, the transition to renewable energy sources that reduce greenhouse gases in all areas should be accelerated, and the use of fossil fuels should be reduced. Environmental projects should be implemented in all sectors, and the public should be made aware of climate change and water conservation. In addition, these activities should be made government policy.

6 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Fatih Özmen, literatür taraması, verilerin toplanması, analizler, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi başlıklarında; Murat Batan, fikrin oluşması, sonuçların incelenmesi ve değerlendirilmesi, içerik açısından makalenin kontrol edilmesi, makalenin şekilsel olarak iyileştirilmesi, yazım denetimi başlıklarında katkı sunmuştur.

Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

"Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur". "Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır".

7 Kaynaklar

- [1] Batan M. Küresel İklim Değişikliği ve Beklenen Sonuçları. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, 2014.
- [2] Batan M. "Çeşitli kuraklık indisleri ile Batman ilinin kuraklık analizi ve kontur haritalarının çıkarılması". *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(2): 252-265, 2021.
- [3] Guardiola-Claramonte M, Troch PA, Breshears DD, Huxman TE, Switanek MB, Durcik M, Durcik M, Cobb NS. "Decreased streamflow semi-arid basins following drought-induced tree die-off: A counter-intuitive and indirect climate impact on hydrology". *Journal of Hydrology*, 406(3-4), 225-233, 2011.
- [4] Yaltı S, Aksu H. "Drought analysis of Iğdır, Türkiye". *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(12), 2227-2232, 2019.
- [5] Batan M, Toprak ZF. "küresel iklim değişikliğinin olumlu etkileri ve bu etkilerin iklim değişikliğine uyum kapsamında değerlendirilmesi". *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 6(2), 93-102, 2015.
- [6] Kapluhan E. "Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi". *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27, 487-510, 2013.
- [7] Ilgar R. "Çanakkale'de kuraklık durumu ve eğilimlerinin standartlaştırılmış yağış indisi ile belirlenmesi". *Marmara Coğrafya Dergisi*, (22), 183-204, 2010.
- [8] Nabaei and et all. "Copula based assessment of meteorological drought characteristics: Regional investigation of Iran". *Agricultural and Forest Meteorology* 276-277, 1-10, 2019.

- [9] Sarıcan Y. Avrupa Birliği ve Türkiye’de Kuraklık Yönetimi Uygulamalarının Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 2015.
- [10] Öztürk YD, Ünlü R. “Türkiye’de yapılan kuraklık analiz çalışmaları üzerine bir derleme”. *Afet ve Risk Dergisi*, 5(2), 669-680, 2022.
- [11] Mohammed R, Scholz M. “Impact of evapotranspiration formulations at various elevations on the reconnaissance drought index”. *Water Resources Management*, 31(1), 531-548, 2017.
- [12] Özmen F. Batman ve Diyarbakır İllerinin Uzun Yıllar İklim Verileri Kullanılarak Çeşitli Kuraklık İndisleriyle Kuraklık Analizinin Yapılması ve Literatürle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi, Batman, Türkiye, 2022.
- [13] Yetmen H. Türkiye’nin Kuraklık Analizi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2013.
- [14] Hasan IF. “Trend detection of metrological drought in north of Iraq”. *Journal of Engineering and Sustainable Development*, 25(3), 60-73, 2021.
- [15] Özfidaner M. Topaloğlu F. “Standart yağış indeksi yöntemi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde kuraklık analizi”. *Toprak Su Dergisi*, 9(2), 130-136, 2020.
- [16] Taşkolu İ, Güneydoğu Anadolu Bölgesi İçin Kuraklık Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, 2023.
- [17] Topçu E, Seçkin N. “Drought assessment using the reconnaissance drought index (RDI): A case study of Eastern Mediterranean, Seyhan, Ceyhan, and Asi basins of Turkey”. *Journal of Engineering Research*, 10(2B), 124-141, 2022.
- [18] Topçu E, Seçkin N. “Doğu Akdeniz, Seyhan, Ceyhan ve Asi havzalarında farklı yöntemler kullanılarak kuraklık analizi”. *Çukurova Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 39, 6, 2020.
- [19] Bacanlı ÜG, Akşan GN. “Drought analysis in Mediterranean region”. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(6), 665-671, 2019.
- [20] Khorrami B, Gündüz O. “Analyses of meteorological drought and its impacts on groundwater fluctuations, a case study: Marand Plain (Iran)”. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(6), 711-717, 2019.
- [21] Ceyhanlı AI, Ceribasi G. “Changes in precipitation and air temperature over Turkey using innovative trend pivot analysis method”. *Journal of Water and Climate Change*, 15(5), 2446-2463, 2024.
- [22] Ceyhanlı AI, Ceribasi G. “Prediction of precipitation temperature data and drought assessment of Turkey with stochastic time series models”. *Pure and Applied Geophysics*, 181(9), 2913-2933, 2024.
- [23] Aydın Y. “Batman ili toprak ve su kaynaklarının tarımsal açıdan değerlendirilmesi”. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1), 178-186, 2019.
- [24] Gürsoy S, Sessiz A, Akın S. “Diyarbakır ilinde uygulanan toprak işleme yöntemleri ve makinalı ekimde karşılaşılan sorunlar”. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9(3), 181-186, 2013.
- [25] Diyarbakır Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. “Diyarbakır İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu”. Diyarbakır, Türkiye, 190, 2016.
- [26] Vikipedi. https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:Batman_in_Turkey.svg, (14.01.2022).
- [27] Vikipedi. https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:Diyarbakir_in_Turkey.svg (14.01.2022).
- [28] İrcan MR, Duman N. “Standartlaştırılmış yağış indisi (SYI) yöntemi ile Şanlıurfa ili kuraklık analizi”. *Coğrafya Dergisi*, (42), 1-18, 2021.
- [29] Gümüş V, Başak A, Oruç N. “Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYI) yöntemi ile Şanlıurfa istasyonunun kuraklık analizi”. *Harran University Journal of Engineering*, 1(1), 36-44, 2016.
- [30] Tsakiris G, Vangelis H. “Establishing a drought index incorporating evapotranspiration”. *European Water Publications*, 9(10), 3-11, 2005.
- [31] Tigkas D, Vangelis H, Tsakiris G. “DrinC: a software for drought analysis based on drought indices”. *Earth Science Informatics*, 8(3), 697-709, 2015.
- [32] Yürekli K, Ünlükara A, Yıldırım M. “Farklı yaklaşımlarla Karaman ilinin kuraklık analizi”. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 19-23, 2010.
- [33] Topçu E. Doğu Akdeniz, Seyhan, Ceyhan ve Asi Havzalarında Farklı Yöntemler Kullanılarak Kuraklık Analizi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 2018.
- [34] Hargreaves, G.H., Samani, Z.A. “Estimation potential evapotranspiration”. *Journal of The Irrigation and Drainage Division*, 108(3), 225-230, 1982.
- [35] Cai W, Zhang Y, Yao Y, Chen Q. “Probabilistic analysis of drought spatiotemporal characteristics in the Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan area in China”. *Atmosphere*, 6, 431-450, 2015.
- [36] Nalbantis I, Tsakiris, G. “Assessment of hydrological drought revisited”. *Water Resource Management*, 23, 881-897, 2009.
- [37] Özfidaner M, Şapolyo D, Topaloğlu F. “Seyhan havzası akım verilerinin hidrolojik kuraklık analizi”. *Toprak Su Dergisi*, 7(1), 57-64, 2018.
- [38] Gümüş V. “Akım kuraklık indeksi ile Asi havzasının hidrolojik kuraklık analizi”. *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 65-73, 2017.
- [39] Güngen Y. Standart Yağış İndisi (SPI) ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye, 2019.
- [40] Oruç N. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, 2017.
- [41] Anlı AS. “Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde referans bitki su tüketiminin (ET_0) zamansal değişimi ve RDI (Keşif Kuraklık İndeksi) yöntemiyle meteorolojik kuraklık analizi”. *Tarım Bilimleri Dergisi*, (20), 248-260, 2014.
- [42] Hamidi N. “Temperature-rainfall and drought analysis for Diyarbakir city, Turkey”. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 4(10), 572-582, 2018.