



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

Drought analysis of Batman and Diyarbakir provinces in Turkey with various drought indices

Fatih ÖZMEN¹, Murat BATAN^{1*}

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Batman Üniversitesi, Batman, Türkiye.
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(SYİ), Keşiş Kuraklık İndisi(KKİ), Ondalık Kuraklık İndisi(OKİ) ve Akım Kuraklık İndisi(AKİ)’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 SYİ yöntemine göre 17 yılda, KKİ yöntemine göre 16 yılda, OKİ yöntemine göre 12 yılda ve AKİ yöntemine göre 13 yılda kuraklık etkisi olduğu belirlenmiştir. Diyarbakır ili için ise, SYİ yöntemine göre 17 yılda, KKİ yöntemine göre 18 yılda, OKİ 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, SYİ metodu, KKİ metodu, OKİ metodu, AKİ 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 Diyarbakir 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 Diyarbakir 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: Turkey, Batman province, Diyarbakir province, DrinC, SPI method, RDI method, DDI method, SDI method, AI method.

1 Giriş

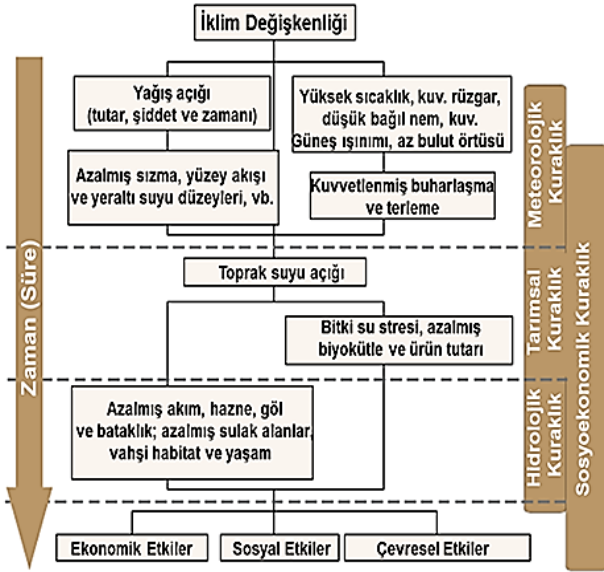
Son 20-30 yıldır küresel ısınmanın etkisini artırmasıyla kuraklık, taşkın gibi doğal afetlerin sayısında ve şiddetinde artış gözlemlenmiştir. Bu aşırı olaylar en başta tarımsal faaliyetler olmak üzere birçok sektörü olumsuz etkilemiştir. Birçok ülke bu olumsuzluklarla başa çıkabilmek için büyük bütçeler 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 bir takım 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].

*Yazışılan yazar/Corresponding author

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

Literatürde kuraklık analizi için çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler arasında Standart Yağış İndeksi(SYİ), Keşif Kuraklık İndeksi(KKİ), Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi(SYEİ), Akım Kuraklık İndeksi(AKİ), Ondalık Kuraklık İndeksi(OKİ), Palmer Kuraklık İndeksi(PKİ), Erinc Kuraklık İndeksi(EKİ), Normalin Yüzdesi İndeksi(NYİ), Thornthwaite Yöntemi İndeksi(TYİ), De Martonne-Gotmann İndeksi(DMGİ) yöntemleri bazılarıdır[2]. Bu yöntemlerden SYİ, NYİ, OKİ gibi yöntemler sadece uzun dönem yağış verilerini kullanarak kuraklık analizi yapmakta iken, KKİ, SYEİ, DMGİ gibi yöntemler uzun dönem yağış verilerinin yanında, uzun dönem sıcaklık verilerini de kullanarak meteorolojik kuraklık analizi yapmaktadır. AKİ gibi bazı yöntemler de akarsu akım verilerini kullanarak hidrolojik

kuraklık analizi yapmaktadır. PKİ gibi bazı yöntemler de yağış, sıcaklık verilerinin yanında toprağın su tutma kapasitesi verilerini de kullanarak tarımsal kuraklık analizi yapmaktadır.

SYİ 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 SYİ yöntemi kullanıldığı belirlenmiştir[10]. KKİ 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 SYİ 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 SYİ 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 SYİ 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 SYİ ve KKİ yöntemleriyle, kuraklık analizleri yapılmıştır. Batman ve Diyarbakır istasyonlarında 1966-2021 dönemi için 12 aylık kuraklık analizi sonuçlarına göre: Batman ili SYİ yöntemine göre %48,5 yüzde ile göreceli kurak, Diyarbakır ili ise %48,2 yüzde ile göreceli kurak çıkmıştır. Batman ili için KKİ yöntemine göre %50,2 yüzde ile göreceli kurak, Diyarbakır ili KKİ 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 KKİ yöntemiyle kuraklık analizleri yapılmıştır. 3-6-9-12 aylık KKİ kuraklık indisi değerleri hesaplanmış ve ilgili bölgede hafif kuraklık yaşandığı görülmüştür. Ayrıca, sonuçlar haritalanmış ve kuraklığın etkili olduğu alanlar görselleştirilerek daha iyi görülebilmıştır[17]. Bu bölge için OKİ yöntemiyle yapılan başka bir çalışmada, yine aynı istasyon verileri kullanılarak kuraklık analizi yapılmış ve bölge genelinde yağışların azaldığı belirlenmiştir[18].

Akdeniz havzası için SYEİ 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 SYİ, KKİ ve AKİ yöntemleriyle kuraklık analizleri yapılmış ve bu çalışma ile

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

İran'ın Marand ovasında yapılan bir çalışmada SYİ 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 analizi 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 OKİ yöntemiyle meteorolojik kuraklık, SYİ ve KKİ yöntemleriyle meteorolojik ve tarımsal kuraklık ve AKİ 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 AKİ 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.

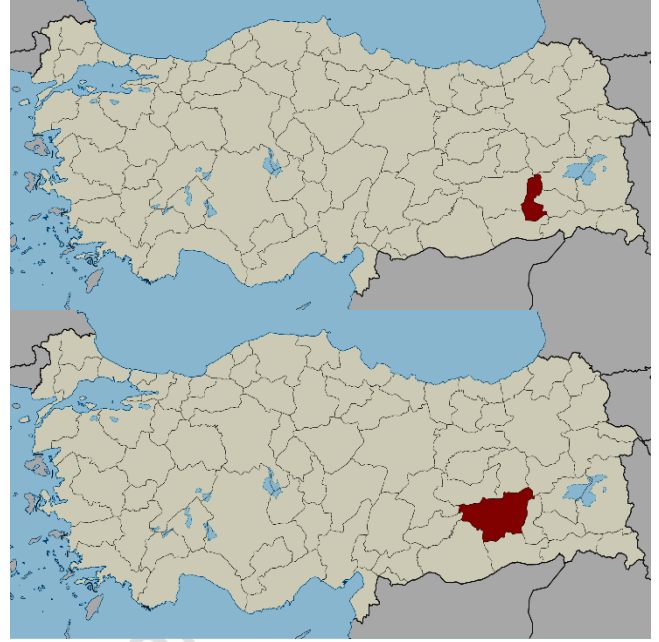
2 Materyal ve metod

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

Figure 2. Locations of Batman and Diyarbakır provinces on the map.

2.2 Veri seti

Bu çalışmada Batman ili için 4 yöntem olan SYİ, KKİ, OKİ ve AKİ yöntemleriyle, Diyarbakır ili için ise 3 yöntem olan SYİ, KKİ, OKİ 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. Daha sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için tüm yöntemlerde kullanılan verilerin en az 30 yıllık olması gerektiği için analizlerde SYİ ve KKİ yöntemleri için 31 yıllık veri, OKİ ve AKİ yöntemleri için 30 yıllık veri kullanılmıştır[28]. OKİ 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.

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
SYİ	Aylık toplam yağış verileri	1990-2020	Meteorolojik

KKİ	Aylık toplam yağış verileri ve PET hesabı için aylık maksimum ve minimum sıcaklık verileri	1990-2020	Meteorolojik ve Tarımsal
OKİ	Aylık toplam yağış verileri	1991-2020	Meteorolojik
AKİ	Batman çayı akım verileri	1990-2019	Hidrolojik

2.3 Yöntem

2.3.1 Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ)

Kuraklığın belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan SYİ 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].

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

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

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

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

Table2. SPI method classification table

STANDARTLAŞTIRILMIŞ YAĞIŞ İNDEKSİ	
$SYİ > 2.0$	Aşırı Yağışlı
$1.5 < SYİ \leq 2.0$	Çok Yağışlı
$1.0 < SYİ \leq 1.5$	Orta Yağışlı
$0 < SYİ \leq 1.0$	Hafif Yağışlı
$-1 < SYİ \leq 0$	Hafif Kurak
$-1.5 < SYİ \leq -1.0$	Orta Kurak
$-2.0 < SYİ \leq -1.5$	Çok Kurak
$SYİ \leq -2$	Aşırı Kurak

2.3.2 Keşif kuraklık indeksi (KKİ)

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. KKİ'nin hesaplanması için gereken temel veriler, aylık toplam yağış (P) ve potansiyel evapotranspirasyon (PET)'dir.

KKİ 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} ise PET değerini gösterir. (Ekim ayı için $k=1$ alınır, Eylül ayı için $k=12$ alınır) ve N, toplam yıl sayısıdır.

$$KKI_{nor} = \frac{\alpha_k^i}{\mu_k} - 1 \quad (3)$$

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.

KKİ 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 çalışmada da 0 ve altında değerler olmasından dolayı Hargreaves-Samani yöntemi kullanılmıştır. Hargreaves-Samani yöntemi ile PET değerleri Denklem(5)'teki gibi hesaplanır[34].

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

Burada, PET, hesaplanan potansiyel evapotranspirasyon (mm); 0.408 katsayısı MJ/m² /gün biriminde ifade edilen radyasyonu, mm/gün biriminde eş değer buharlaşmaya dönüştürmede kullanılan katsayı; Ra, uzay radyasyon miktarı (MJ/m² /gün); Tort, aylık ortalama sıcaklık (°C); TD, aylık maksimum ve minimum sıcaklıkların farkıdır (°C).

KKİ yöntemi sınıflandırması SYİ yöntemi sınıflandırmasıyla çok benzerdir. Tablo 3'te KKİ yöntemi sınıflandırma tablosu verilmiştir.

Tablo 3. KKİ yöntemi sınıflandırma tablosu[35].

Table 3. RDI method classification table

KEŞİF KURAKLIK İNDEKSİ	
$KKİ \geq 2.0$	Aşırı Nemli
$1.5 \leq KKİ < 2.0$	Çok Nemli
$1.0 \leq KKİ < 1.5$	Orta Nemli
$-1 \leq KKİ < 1$	Normale yakın
$-1.5 \leq KKİ \leq -1.0$	Orta Kurak
$-2.0 \leq KKİ < -1.5$	Çok Kurak
$KKİ < -2$	Aşırı Kurak

2.3.3 Ondalıklar kuraklık indeksi (OKİ)

Normalin yüzdesi indeksindeki bazı eksikliklere çözüm olarak Gibbs ve Maher tarafından geliştirilmiştir. OKİ 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]. OKİ sınıflandırma tablosunda her iki ondalık bir kategoriye alınarak yağış sınıflandırılması yapılmıştır. OKİ sınıflandırma tablosu Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. OKİ yöntemi sınıflandırma tablosu[18].

Table 4. DDI method classification table.

ONDALIKLAR KURAKLIK İNDEKSİ	
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

2.3.4 Akım kuraklık indeksi (AKİ)

Hidrolojik kuraklık indisi olarak da bilinen AKİ 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.

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

$V_{i,k}$ 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. AKİ değerleri, kümülatif akarsu akımlarına ($V_{i,k}$) göre aşağıda verilen Denklem (7)'den her yıl için 4 defa elde edilir.

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

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

AKİ yöntemi sınıflandırma tablosu KKİ ve SYİ yöntemleri sınıflandırma tablolarına çok benzerdir. Hatta SYİ yöntemiyle birebir aynı olduğu söylenebilir. AKİ yöntemi sınıflandırma tablosu Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. AKİ yöntemi sınıflandırma tablosu[38]

Table 5. SDI method classification table

AKIM KURAKLIK İNDEKSİ	
$AKİ > 2.0$	Aşırı Nemli
$1.5 < AKİ \leq 2.0$	Çok Nemli
$1.0 < AKİ \leq 1.5$	Orta Nemli
$0 < AKİ \leq 1.0$	Hafif Nemli
$-1 < AKİ \leq 0$	Hafif Kurak
$-1.5 < AKİ \leq -1.0$	Orta Kurak
$-2.0 < AKİ \leq -1.5$	Çok Kurak
$AKİ \leq -2$	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 diğerleri (2015)'te geliştirdikleri bu program ile KKİ, AKİ ve yaygın olarak bilinen 2 indis olan SYİ ve OKİ hesaplamalarını yapmışlardır. Ayrıca program KKİ 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].

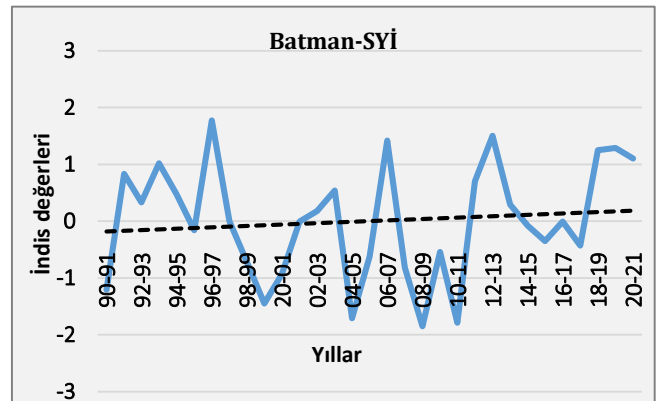
3 Bulgular ve tartışma

3.1 Batman ili kuraklık analizleri

3.1.1 Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) sonuçları

Batman ili için 1990-2020 yılları arası 31 yıllık periyod için MGM'den temin edilen toplam yağış verileri kullanılarak SYİ 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 SYİ 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 SYİ kuraklık indisi değerleri grafik ile gösterilmiştir. Grafikte kesikli siyah çizgiyle gösterilen eğilim çizgisinden anlaşıldığı üzere 1990 yılından 2020 yılına doğru uzun yıllar indis değerlerinde hafif yukarı doğru bir artım olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Batman ili için SYİ yöntemi kuraklık analizi sonuçları

Figure 3. SPI method drought analysis results for Batman province

3.1.2 Keşif kuraklık indeksi (KKİ) sonuçları

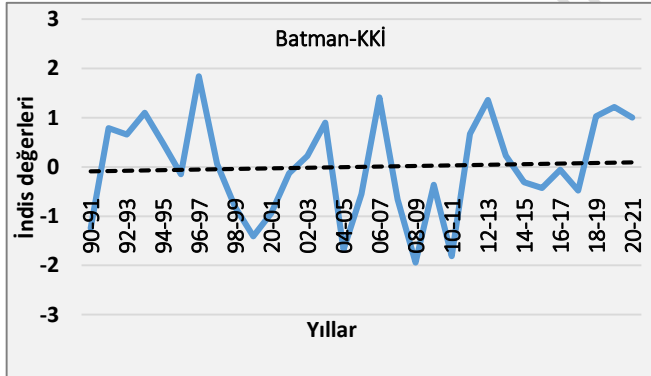
Batman ili için 1990-2020 yılları arası 31 yıllık periyod için MGM'den temin edilen toplam aylık yağış, maksimum sıcaklık

ve minimum sıcaklık verileri kullanılarak KKİ 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.

KKİ 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 KKİ 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 SYİ yöntemi sonuçları ile uyumludur. SYİ yöntemiyle çok kurak olan yıllar(2004, 2008, 2010) aynıdır. Aşağıda Şekil 4'te Batman ili için hesaplanan KKİ 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.

KKİ 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 KKİ 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.



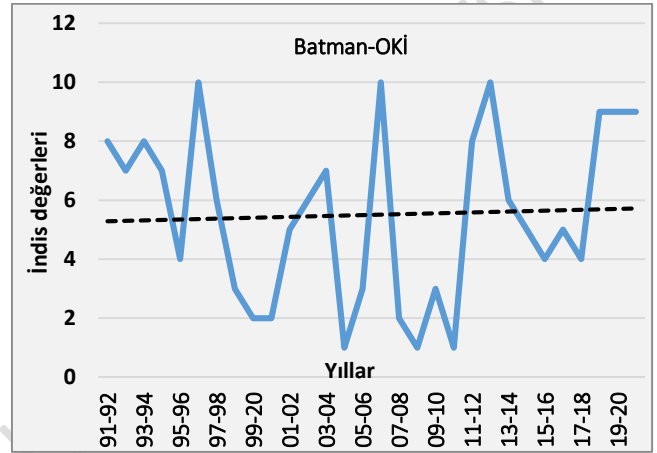
Şekil 4. Batman ili için KKİ yöntemi kuraklık analizi sonuçları
Figure 4. RDI method drought analysis results for Batman province

3.1.3 Ondalık kuraklık indisi (OKİ) 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 OKİ yöntemiyle 12 aylık(yıllık) kuraklık analizi yapılmıştır. Veriler, hidrolojik yıl olan Ekim ayından başlayıp, Eylül ayında bitecek şekilde düzenlenmiştir.

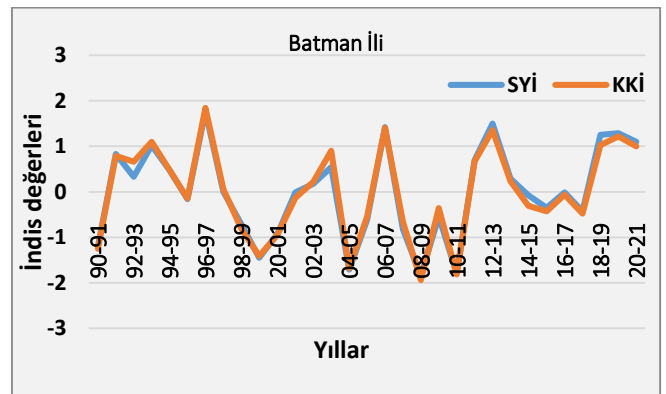
OKİ yöntemi kategorileri yağışı kategorize etmektedir. Analiz sonuçlarına göre Batman'da 6 yılda normalin çok altı yağış olduğu, 6 yılda normalin altı yağış olduğu, 6 yılda normal

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 nitelendirebileceğimiz yıllar, 1999, 2000, 2004, 2007, 2008, 2010 yıllarıdır. SYİ ve KKİ yöntemleriyle karşılaştırıldığında birkaç yıl hariç, büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Aşağıda Şekil 5'te Batman ili için hesaplanan OKİ 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 OKİ yöntemi kuraklık analizi sonuçları
Figure 5. DDI method drought analysis results for Batman province

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



Şekil 6. Batman ili için SYİ ve KKİ analiz sonuçlarının karşılaştırılması

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

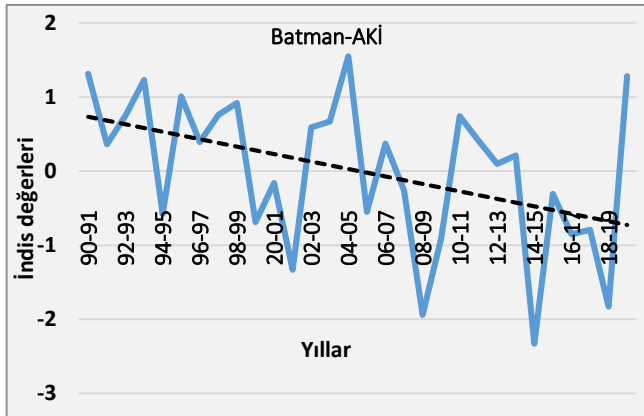
3.1.4 Akım kuraklık indisi (AKİ) sonuçları

1990-2019 yılları arası 30 yıllık periyod için DSİ'den temin edilen Batman Çayı akım verileri kullanılarak AKİ 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 DSİ'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 AKİ 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. SYİ, KKI, OKİ sonuçlarıyla karşılaştırıldığında birkaç yıl hariç, büyük ölçüde benzerlik göstermektedir.

Aşağıda Şekil 7'de Batman ili için hesaplanan AKİ 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 AKİ yöntemi kuraklık analizi sonuçları

Figure 7. SDI method drought analysis results for Batman province

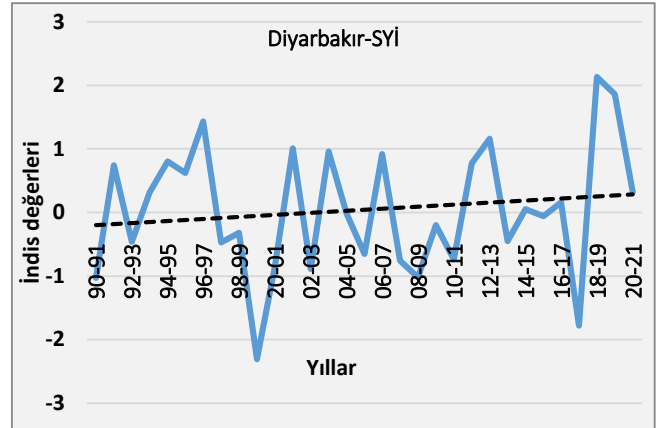
3.2 Diyarbakır ili kuraklık analizleri

3.2.1 Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) sonuçları

Diyarbakır ili için 1990-2020 yılları arası 31 yıllık periyot için MGM'den temin edilen toplam yağış verileri kullanılarak SYİ 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 SYİ 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 SYİ kuraklık indisi değerleri grafik ile

gösterilmiştir. Grafikte kesikli siyah çizgiyle gösterilen eğilim çizgisinden anlaşıldığı üzere 1990 yılından 2020 yılına doğru uzun yıllar indis değerlerinde hafif yukarı doğru bir artım olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Diyarbakır ili için SYİ yöntemi kuraklık analizi sonuçları

Figure 8. SPI method drought analysis results for Batman province

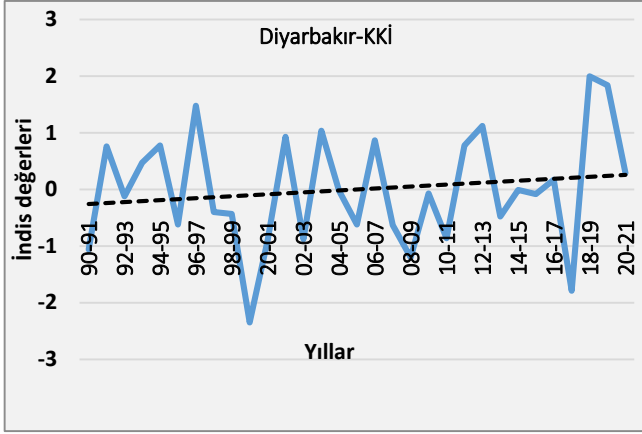
3.2.2 Keşif kuraklık indeksi (KKİ) sonuçları

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.

KKİ 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.

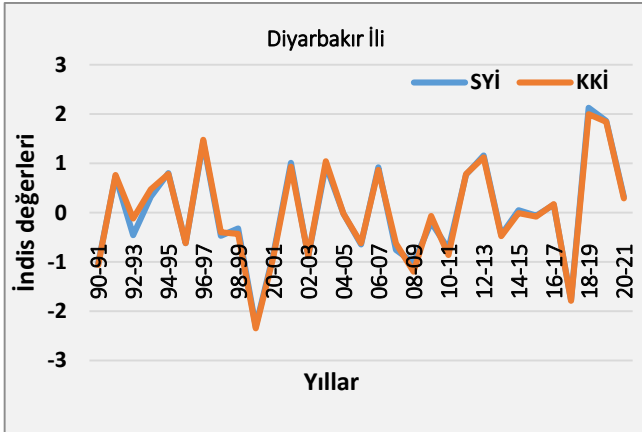
Diyarbakır ili için KKI sonuçlarına göre; 1 yılın aşırı kurak, 1 yılın çok kurak, 2 yılın orta kurak, 14 yılın hafif kurak(normale yakın) olduğu belirlenirken. 1 yılın aşırı nemli, 1 yılın çok nemli, 3 yılın orta nemli, 8 yılın hafif nemli(normale yakın) olduğu belirlenmiştir. Diyarbakır ilinde analiz yapılan dönemde 18 yılda kuraklık etkisi görülürken. 13 yılda yağış etkisi görülmüştür. Aşırı ve çok kurak olan yıllar, 1999 ve 2017 yıllarıdır. Çıkan sonuçlar SYİ yöntemi sonuçları ile uyumludur. SYİ 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 indis değerlerinde hafif yukarı doğru bir artım olduğu görülmektedir.

KKİ indis 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 KKİ yöntemi kuraklık analizi sonuçları
Figure 9. RDI method drought analysis results for Batman province

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



Şekil 10. Diyarbakir ili için SYİ ve KKİ analiz sonuçlarının karşılaştırılması
Figure 10. Comparison of SPI and RDI analysis results for Diyarbakir province

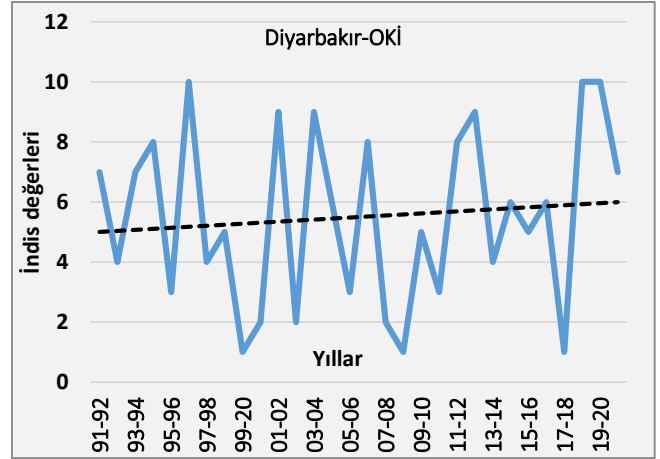
3.2.3 Ondalık kuraklık indeksi (OKİ) sonuçları

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 OKİ yöntemiyle 12 aylık (yıllık) kuraklık analizi yapılmıştır. Veriler, hidrolojik yıl olan Ekim ayından başlayıp, Eylül ayında bitecek şekilde düzenlenmiştir.

OKİ 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. SYİ ve KKİ yöntemleriyle karşılaştırıldığında birkaç yıl hariç, büyük ölçüde benzerlik göstermektedir.

Aşağıda Şekil 11'de Diyarbakir ili için hesaplanan OKİ 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 11. Diyarbakir ili için OKİ 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(SYİ), Keşif Kuraklık İndeksi(KKİ), Ondalık Kuraklık İndeksi(OKİ) ve Akım Kuraklık İndeksi(AKİ) ile kuraklıktan etkilenen Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinden olan Batman ve Diyarbakir illerinin kuraklık analizi DrinC(Drought Indices Calculator) programı ile yapılmıştır. SYİ ve KKİ yöntemleri için MGM'den 1990-2020 dönemi yağış ve sıcaklık verileri temin edilmiştir. SYİ yöntemi için 1990-2020 dönemi olan 31 yıllık periyod için aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. KKİ 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 KKİ kuraklık indisi değerleri hesaplanmıştır.

Ondalık Kuraklık İndeksi(OKİ) 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(AKİ) yöntemine göre ise uzun dönem akarsu akım verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için Batman Çayı 1990-2019 dönemi akım verileri DSİ'den temin edilmiştir. Diyarbakir ili için Dicle nehri uzun dönem akım verilerine ulaşılamadığı için AKİ yöntemiyle analiz yapılamamıştır.

Batman ili için SYİ 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 KKİ sonuçlarına göre, 3 yıl çok kurak, 2 yıl orta kurak, 11 yıl hafif kurak(normale yakın) çıkmıştır. KKİ 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 OKİ 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 AKİ yöntemi analiz sonuçlarına göre, 1 yıl aşırı kurak, 2 yıl şiddetli kurak, 1 yıl orta kurak, 9 yıl hafif kurak çıkmıştır. AKİ 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 SYİ ve KKİ 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 OKİ ve AKİ yöntemleri sonuçlarının birkaç yıl hariç SYİ ve KKİ yöntemleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Diyarbakır ili için SYİ yöntemi analiz sonuçlarına göre, 1 yılın aşırı kurak, 1 yılın çok kurak, 2 yılın orta kurak, 13 yılın hafif kurak olduğu belirlenmiştir. SYİ 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 KKİ sonuçlarına göre, 1 yıl aşırı kurak, 1 yıl çok kurak, 2 yıl orta kurak, 14 yıl hafif kurak(normale yakın) çıkmıştır. KKİ 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 OKİ 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 SYİ ve KKİ 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 OKİ ve AKİ yöntemleri sonuçlarının birkaç yıl hariç SYİ ve KKİ yöntemleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Batman ve Diyarbakır illerinin KKİ yöntemiyle kuraklık analizi yapılırken DrinC programı girilen verilerle aynı zamanda Birleşmiş Milletler Çevre Programı(BMÇP)'nin kullandığı KI (Kuraklık İndeksi-Aridity İndeks) yöntemine göre de analiz yapmaktadır. Bu yöntemle göre de Batman ili 0,25 kuraklık değeri ile yarı kurak, Diyarbakır ili 0,26 kuraklık değeri ile yarı kurak çıkmıştır.

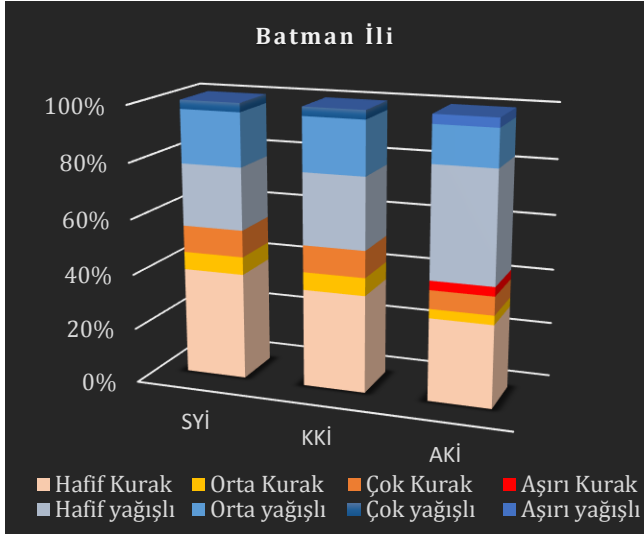
Aşağıda Tablo 6'da Batman ve Diyarbakır illeri için yapılan kuraklık analizi yöntemlerinin sonuçları verilmiştir. Tabloda her bir yöntemle göre Batman ve Diyarbakır illerinin kuraklıktan etkilenen yıl sayıları, analiz yapılan dönemler ve aşırı kurak ve çok kurak yılların hangileri olduğu verilmiştir.

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	SYİ	1990-2020	17	2004, 2008, 2010
	KKİ	1990-2020	16	2004, 2008, 2010
	OKİ	1991-2020	12	1999, 2000, 2004,2007,2008,2010
	AKİ	1990-2019	13	2004, 2008, 2018
Diyarbakır	SYİ	1990-2020	17	1999, 2017
	KKİ	1990-2020	18	1999, 2017
	OKİ	1991-2020	12	1999, 2000, 2002,2007,2008,2017

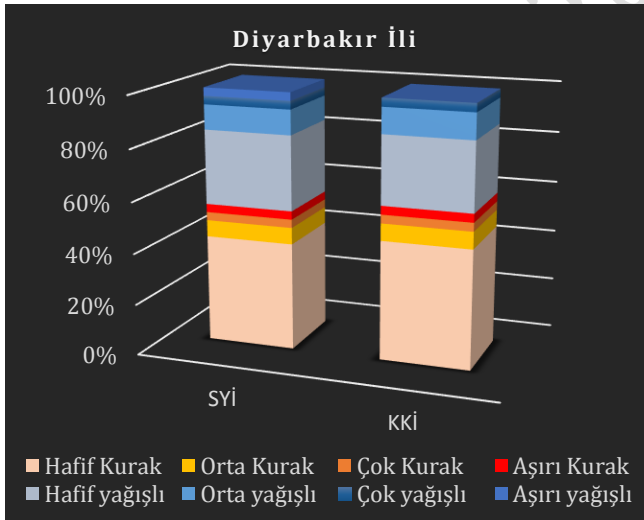
Aşağıda Şekil 12'de Batman ilinde analiz sonuçlarına göre her bir yöntemle göre aşırı kurak, çok kurak, orta kurak, hafif kurak yılların ve aşırı yağışlı, çok yağışlı, orta yağışlı, hafif yağışlı yılların yüzdeleri yığılmış sütun grafik ile gösterilmiştir. Batman ilinin SYİ yöntemine göre analiz yapılan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



Şekil 12. Batman ili için kuraklık analizi sonuçlarının yüzdesi

Figure 12. Percentage of drought analysis results for Batman province

Aşağıda Şekil 13'te Diyarbakır ilinde analiz sonuçlarına göre her bir yönteme 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 SYİ yöntemine göre analiz yapılan dönemde kuraklık etkisinin görüldüğü yılların toplam göreceli kuraklık yüzdesi %55, KKİ yöntemine göre %58, OKİ yöntemine göre %40 olduğu belirlenmiştir. Dicle nehri akım verileri DSİ'den talep edilmesine rağmen temin edilemediği için AKİ yöntemine göre analiz yapılamamıştır. OKİ yönteminin kuraklık kategorileri diğer yöntemlerle uyuşmadığı için Şekil 13'te gösterilememiştir.



Şekil 13. Diyarbakır ili için kuraklık analizi sonuçlarının yüzdesi

Figure 13. Percentage of drought analysis results for Diyarbakır 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 SYİ ve KKİ yöntemleriyle, kuraklık analizleri yapılmıştır. Batman ve Diyarbakır istasyonlarında 1966-2021 dönemi için 12 aylık kuraklık analizi sonuçlarına göre: Batman ilinin SYİ yöntemine göre göreceli kuraklık yüzdesi %48,5 çıkmışken, Diyarbakır ilinin SYİ yöntemine göre göreceli kuraklık yüzdesi %48,2 çıkmıştır. Batman ilinin KKİ yöntemine göre göreceli kuraklık yüzdesi %50,2 çıkmışken, Diyarbakır ilinin KKİ yöntemine göre göreceli kuraklık yüzdesi %47,5 çıkmıştır[16]. Bu çalışmada ise Batman ve Diyarbakır illerinin 1990-2020 dönemi için SYİ yöntemine göre her iki ilde göreceli kuraklık yüzdesi %55 çıkmışken, Batman ilinin KKİ yöntemine göre göreceli kuraklık yüzdesi %52, Diyarbakır ilinin KKİ 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 SYİ 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 SYİ, EKİ ve De Martonne(DM) indeksleriyle kuraklık analizleri yapılmıştır. Batman ili için SYİ yöntemine göre bu çalışmadaki gibi 12 aylık dönemde kurak çıkan yılların göreceli sıklık yüzdesi %27,2, Diyarbakır ili için %27,56 çıkmıştır[40]. Bu çalışmada ise Batman ve Diyarbakır illeri için 1990-2020 döneminde SYİ 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 KKİ yöntemiyle kuraklık analizi ve referans bitki su tüketimi(ET₀) hesabı yapan bir çalışmada 1975-2010 dönemi olan 35 yıllık dönem için kuraklık yüzdesi hesaplanmasa da Batman ili KKİ analiz sonuçlarına göre 3 defa şiddetli kuraklık, 6 defa orta dereceli kuraklık, 53 defa da hafif kuraklık görülürken, Diyarbakır ili için KKİ 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 SYİ, NYİ, DMGI, Modifiye Fournier İndeksi(MFI) ve Bagnouls Gausson İndeksi(BGI) yöntemleriyle kuraklık analizleri yapılmıştır. SYİ 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 TYİ, BGI, Aşındırıcı Güç İndeksi(AGİ) ve Geliştirilmiş Fournier Yağış İndeksi(GFYİ) 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 gidişat 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(SYİ), Keşif Kuraklık İndeksi(KKİ), Ondalıklar Kuraklık İndeksi(OKİ) ve Akım Kuraklık İndeksi(AKİ) ile kuraklıktan etkilenen Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinden olan Batman ve Diyarbakır illerinin kuraklık analizleri yapılmıştır. SYİ ve KKİ yöntemleri için 31 yıllık, OKİ ve AKİ yöntemleri için 30 yıllık güncel veri kullanılmıştır.

Batman ili, SYİ 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, KKİ 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, OKİ 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, AKİ 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, SYİ 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, KKİ 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, OKİ 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 SYİ ve KKİ 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 OKİ ve AKİ yöntemleri sonuçlarının birkaç yıl hariç SYİ ve KKİ yöntemleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Batman ve Diyarbakır illerinin KKİ yöntemiyle kuraklık analizi yapılırken DrinC programı girilen verilerle aynı zamanda Birleşmiş Milletler Çevre Programı(BMÇP)'nin kullandığı KI (Kuraklık İndeksi-Aridity İndeks) yöntemine göre de analiz yapılmaktadır. Bu yöntemde göre de Batman ili 0,25 kuraklık indeks değeri ile yarı kurak, Diyarbakır ili 0,26 kuraklık index 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.

4 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.

Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Yazar 1, literatür taraması, verilerin toplanması, analizler, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi başlıklarında; Yazar 2, fikrin oluşması, sonuçların incelenmesi ve değerlendirilmesi, içerik açısından makalenin kontrol edilmesi, makalenin şekilsel olarak iyileştirilmesine katkı, yazım denetimi başlıklarında katkı sunmuşlardır.

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."

5 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, 2021; 7(2): 252-265, 2021
- [3] Guardiola-Claramonte M., Troch P.A., Breshears D. D., Huxman T.E., Switanek M.B., Durcik M., Durcik M., Cobb N. S., "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, Turkey", Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 7(12), 2227-2232, 2019.
- [5] Batan, M, Toprak, Z. F. "Küresel İklim Değişikliğinin Olumlu Etkileri ve Bu Etkilerin İklim 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), ss. 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 June, 2019.
- [9] Sarıcan Y. "Avrupa Birliği ve Türkiye'de Kuraklık Yönetimi Uygulamalarının Değerlendirilmesi", Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara, 2015.
- [10] Öztürk Y.D, 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] Taşkolcu 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", Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt: 39-6, 2020.
- [19] Bacanlı, Ü. G., & Akşan, G. N. "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] Ceyhunlu, A. I., & 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] Ceyhunlu, A. I., 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", YYÜ Tar Bil Derg, 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] DÇOM. Diyarbakır İl Çevre Durum Raporu, Diyarbakır İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Yayını, Diyarbakır, 2015.
- [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
- [28] İrcan MR, Duman N. "Standartlaştırılmış yağış indisi (SYİ) yöntemi ile Şanlıurfa ili kuraklık analizi". Coğrafya Dergisi. (42):1-18. Temmuz, 2021.
- [29] Gümüş V, Başak A, Oruç N. "Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) 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] Tığkas 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 ve diğ. "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 of potential evapotranspiration". J.Irrig.Drain. Eng., 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] Özfıdaner 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 A.S., Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde referans bitki su tüketiminin (ET₀) 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.