



## KARACAÖREN BARAJ GÖLLERİ VE ÇEVRESİ İÇİN STANDARTLAŞTIRILMIŞ YAĞIŞ İNDEKSİ (SYİ) YÖNTEMİ İLE KURAKLIK SINIFLAMASI VE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Simge VAROL<sup>1\*</sup>, Mehmet ULUSOY<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

<sup>2</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Bilimleri ABD., Isparta, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

*Kuraklık Analizi,  
Standartlaştırılmış Yağış  
İndeksi (SYİ) Yöntemi,  
Karacaören Baraj Gölleri.*

### Öz

Bu çalışmada Antalya havzasının önemli su kaynaklarından biri olan Karacaören-1 ve 2 Baraj Gölleri ve çevresindeki meteorolojik kuraklık Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Isparta ve Antalya DM istasyonlarında ölçülen yağış verileri kullanılmış ve bölge için kuraklık sınıflamaları yapılmıştır. Isparta DMİ verilerine göre bölgede 94 yıl içerisinde sadece 1 yıl (1969) "Aşırı Nemli", %4.26 "Orta Derecede Kurak", %6.38 "Şiddetli Kurak" ve %4.26 "Aşırı Kurak" geçmiştir. Antalya DMİ verilerine göre ise 93 yılın %2.15'i "Aşırı Nemli", %11.83 "Orta Derecede Kurak", %2.15 "Şiddetli Kurak" ve %3.22 "Aşırı Kurak" olarak geçmiştir. Her iki meteoroloji istasyonundaki kuraklık durumu birlikte değerlendirildiğinde kuraklığın farklı şiddetlerde benzer dönemlerde etkisini gösterdiği görülmüştür. Ayrıca kurak dönemlerdeki Karacaören-1 ve 2 Baraj Göllerinin seviye ve hacim değişiklikleri incelenmiştir. Buna göre Karacaören-1 Baraj gölü seviye ve hacim ve kuraklık analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde Isparta ve Antalya DM istasyonları verilerinden hazırlanan kuraklık analizleri ile Karacaören-1 Baraj Gölü seviye ve hacim değişikliklerinde uyumluluk olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle her iki istasyonda tespit edilen 1995, 2000-2003 yılları arası ile 2016-2022 yılları arasında gözlemlenen kuraklıklarda Karacaören-1 Baraj Gölü seviye ve hacimlerinde de düşüşler olduğu görülmüştür. Karacaören-2 Baraj Gölünde ise 2006-2007 yıllarındaki yoğun yağışlara bağlı olarak baraj göl seviyesinde dikkat çeken bir artış belirlenmiştir.

## DROUGHT CLASSIFICATION AND DETERMINATION OF ITS EFFECT BY STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX (SPI) METHOD FOR KARACAÖREN DAM LAKES OF ITS SURROUNDINGS

### Keywords

*Drought Analysis,  
Standardized Precipitation  
Index (SPI) Method,  
Karacaören Dam Lakes.*

### Abstract

In this study, the meteorological drought in and around Karacaören-1 and 2 Dam Lakes, which are one of the important water resources of the Antalya basin, was tried to be determined by the Standardized Precipitation Index (SPI) method. Precipitation data measured at Isparta and Antalya DM stations were used and drought classifications were made for the region. According to Isparta DMI data, only 1 year (1969) was "Extremely Humid", 4.26% "Moderate Arid", 6.38% "Severe Arid" and 4.26% "Extreme Arid" in 94 years in the region. According to Antalya DMI data, 2.15% of the 93 years were "Extremely Humid", 11.83% "Moderate Arid", 2.15% "Severe Arid" and 3.22% "Extreme Arid". When the drought situation in both meteorological stations was evaluated together, it was seen that the drought had an effect at different intensities in similar periods. In addition, the level and volume changes of Karacaören-1 and 2 Dam Lakes in dry periods were investigated. Accordingly, when the Karacaören-1 Dam Lake level, volume and drought analysis results are evaluated together, it has been observed that there is a compatibility between the drought analyzes prepared from the data of Isparta and Antalya DM stations and the level and volume changes of Karacaören-1 Dam Lake. Especially in the droughts observed between 1995, 2000-2003 and 2016-2022 detected in both stations, it was observed that there were decreases in the levels and volumes of Karacaören-1 Dam Lake. In Karacaören-2 Dam Lake, a remarkable increase was determined in the level of the dam lake due to the heavy rainfall in the years 2006-2007.

\* İlgili yazar / Corresponding author: simgevarol@sdu.edu.tr, +90-246-211-1990

**Alıntı / Cite**

Varol, S., Ulusoy, M., (2023). Karacaören Baraj Gölleri ve Çevresi için Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi ile Kuraklık Sınıflaması ve Etkisinin Belirlenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(3), 1142-1153.

**Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)**

Simge VAROL, 0000-0002-1905-9454  
Mehmet ULUSOY, 0000-0002-4445-2864

**Makale Süreci / Article Process**

<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b>	02.05.2023
<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b>	20.07.2023
<b>Yayın Tarihi / Published Date</b>	28.09.2023

## DROUGHT CLASSIFICATION AND DETERMINATION OF ITS EFFECT BY STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX (SPI) METHOD FOR KARACAÖREN DAM LAKES OF ITS SURROUNDINGS

Simge VAROL<sup>1†</sup>, Mehmet ULUSOY<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, Isparta, Turkey

<sup>2</sup> Süleyman Demirel University, Institute of Science and Technology, Department of Water Sciences, Isparta, Turkey

**Highlights**

- Karacaören Dam Lakes, which is one of the important water resources of the region, was chosen as the study area.
- Drought classifications were made by using the precipitation data of Isparta and Antalya DM stations selected for the study area with the standardized precipitation index method (SPI).
- It has been determined that meteorological droughts in the region have an effect on the level of Karacaören Dam Lakes.
- Likewise, it is also effective on the volumes of dam lakes according to the size of the droughts.

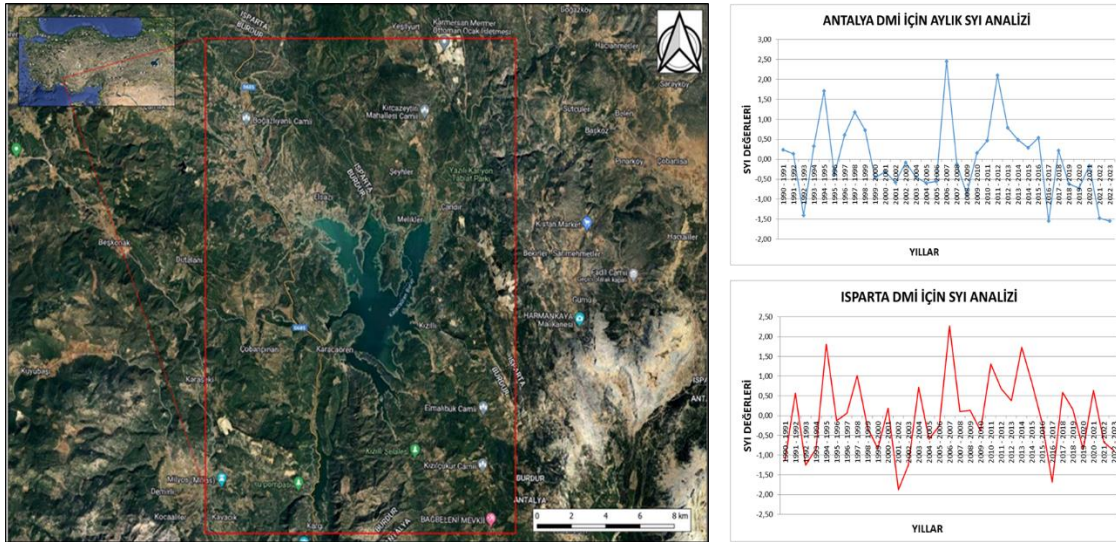
**Graphical Abstract**

Figure. Drought analysis in and around Karacaören-1 and 2 Dam Lakes

**Purpose and Scope**

In this study, it is aimed to reveal the dimensions of the meteorological drought caused by global climate change in and around Karacaören-1 and 2 dam lakes by using the standardized precipitation index method. In addition, the effect of drought on the level and volume of Karacaören-1 and 2 dam lakes was also evaluated.

**Design/methodology/approach**

<sup>†</sup> İlgili yazar / Corresponding author: simgevarol@sdu.edu.tr, +90-246-211-1990

In this study, the Standardized Precipitation Index (SPI) method was used to determine the severity and duration of droughts in and around Karacaören Dam Lake and to classify droughts. For this purpose, precipitation data of Isparta and Antalya State Meteorological Stations (DMI) were used as the closest stations around the study area, since the data of Meteorology stations in the study area do not have the required measurement periods. For both stations, 12-month SPI values were calculated and evaluated according to the Gamma distribution of precipitation data using the DrinC software program.

### **Findings**

In this study, the duration and extent of drought in the region were determined by the Standardized Precipitation Index method (SPI). Here, according to Isparta DMI data, the years 1957, 1986, 1992 and 2011 are "Moderately Arid", the years 1932, 1970, 1972-1973, 1977, 1993 are "Severe Arid" and the years 1989-1990, 1999, 2008 are "Extreme Arid". determined as the period. According to Antalya DMI data, the years 1941, 1948, 1955, 1964, 1972, 1989-1990, 1992, 2014, 2016-2017 were in the "Moderate Drought" period, the years 1957 and 1973 were in the "Severe Arid" period, and the years 1931, 2008 and 2022. was determined as the "Extreme Arid" period. When the drought situation in the regions represented by both meteorology stations is evaluated together, it has been seen that the drought for both stations shows its effect in similar periods at different intensities.

In the study, it was also tried to determine the effect of drought in the region on the level and volume of Karacaören-1 and 2 Dam Lakes. Accordingly, when the Karacaören-1 Dam Lake level, volume and drought analysis results are evaluated together, it has been observed that there is a compatibility between the drought analyzes prepared from the data of Isparta and Antalya DM stations and the level and volume changes of Karacaören-1 Dam Lake. Especially in the droughts observed between 1995, 2000-2003 and 2016-2022 detected in both DM stations, there was a decrease in the level and volume of Karacaören-1 Dam Lake, and in Karacaören-2 Dam Lake due to heavy rainfall in 2006-2007. significant increase was observed.

### **Research limitations/implications**

This article has been prepared with the data of the doctoral thesis carried out in Süleyman Demirel University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Aquatic Sciences. In the next stages of the research, climate data and water quality studies will be included.

### **Practical implications**

The studies within the scope of this research article have not been applied before in and around Karacaören-1 and 2 Dam Lakes, which were selected as the study area. Drought analysis is increasingly important in today's conditions. In the study, index method was applied with only precipitation data. It is recommended to carry out detailed studies with more comprehensive and different climate data.

### **Social Implications**

The drought problem due to global climate change manifests itself in different periods and sizes in every region of the world. It is seen that meteorological drought is effective in the level and volume changes of Karacaören - 1 and 2 Dam Lakes, which are one of the important water resources of the region and located in the Antalya basin and the Lakes Region, which are selected as the study area in this study, which was revealed as an indicator of this. For this reason, it is important to determine the size, duration and spatial distribution of drought in today's world, where the need for water is increasing and access to clean and usable water is increasingly difficult.

### **Originality**

The studies within the scope of this research article have not been applied before in and around Karacaören-1 and 2 Dam Lakes, which were selected as the study area. The study area is one of the important water resources of the region. It is currently used as irrigation water and is a water source that is planned to be used as a drinking water source in the future. Today, the increasing need for water and the demand for clean and usable water are important for the protection of water resources. Drought is also the main problem of water resources. Therefore, this study is important for local and regional people. In this respect, the study is an original research article.

## 1. Giriş (Introduction)

Dünyamızın var oluşundan itibaren yıllar boyu iklimsel özellikleri değişim halindedir. Özellikle yer kürede insan yaşamının artması, insanoğlu tarafından hayatta kalmak için yapılan çeşitli faaliyetler iklim özelliklerini olumsuz yönde etkilemekte ve küresel iklim değişikliği adı ile insan hayatına yön vermektedir. Artan nüfus, sanayileşme, ormansızlaşma ve fosil yakıt kullanımı gibi pek çok faktör meteorolojik koşulları sürekli değiştirmiş ve kendisi ile birlikte sosyolojik, ekonomik, toplumsal, çevresel gibi pek çok problemi de beraberinde getirmiştir (Partigöç & Soğancı, 2019).

Küresel iklim değişikliğinin neden olduğu en büyük meteorolojik olaylardan birisi ise kuraklıktır. Elbette ki kuraklığı tek bir tanımlama ile açıklamak mümkün değildir. Ancak en genel anlamı ile kuraklık; normalden çok daha az miktarda gerçekleşen yağışlarla ortaya çıkan kısa süreli dönemler şeklinde başlayarak giderek artan şiddet ve sürede gerçekleşen bu şekilde dünya genelinde tarımsal gelişmeyi, yeryüzündeki su döngüsünü, beşeri anlamda dünya ve ülke ekonomisini sonuçta da insanlığı etkileyen doğal bir afettir. (Yüceerim vd., 2019). Bu nedenle kuraklığı 4 farklı türde incelemek mümkündür. Bunlar; meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik kuraklıktır. Kuraklığın boyutlarını yani etki derecesini, süresini ve gerçekleşeceği zamanı tahmin etmek oldukça zordur. Kuraklık bazen kısa süreli (tek bir mevsim) ve küçük bir bölgeyi etkisi altına alırken önceki iklim verileri göstermiştir ki uzun yıllar boyunca sürerek çok büyük alanları etkileyebilmektedir. Yavaş yavaş başlayan ve su kaynaklarının artan su talebini karşılayamaması durumu kuraklık ile sonuçlanmaktadır. Tüm bunlar ise insan faaliyetleri ile yakından ilişkilidir (Turan, 2018). Kuraklık etkilerinin en çok gözlemlendiği ve hissedildiği değişiklikler başta su kaynakları üzerinde gerçekleşmektedir. Su kaynakları üzerindeki bu değişimler, suya olan talepte artma, suyun nicelik olarak kullanılamaması, su kaynaklarına sahip olabilmek için verilen savaşlar gibi etkilere sebep olmaktadır (Doğan ve Tüzer 2011; Turan 2018). Ülkemiz de iklim değişikliğine bağlı kuraklık ve diğer potansiyel etkilerin görülmesi açısından risk taşıyan ülkeler arasında bulunmaktadır. Bu bağlamda öngörüler ülkemizin gelecekte (2050 yılında) su fakiri bir ülke olacağı yönündedir (Kadioğlu 2011). Pek çok alanda geniş bir etki alanına sahip kuraklığın süresini, boyutlarını ve alansal dağılımlarını izlemek ve değerlendirmelerini yapmak ileriki dönemlerde ortaya çıkabilecek olumsuz durumlara karşı önlem alınması bakımından önem taşımaktadır. Kuraklığın izlenmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi için kuraklık indeksleri gibi farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemlerde kullanılan başlıca parametreler başta yağış olmak üzere sıcaklık, potansiyel buharlaşma ve terlemedir. Yöntemlerin bazılarında birden fazla iklim parametresine ihtiyaç duyulurken standartlaştırılmış yağış indeksi gibi birkaç yöntemde sadece yağış verilerinin olması yeterlidir. Bu yönüyle standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi en sık kullanılan yöntemlerden biri olmuştur.

Bu çalışmada da bölgenin özellikle sulama ve enerji ihtiyacını karşılamak amaçlı kullanılan ve gelecekte de içme suyu kaynağı olarak kullanılması planlanan, ülkemizin önemli nehir havzalarından Antalya havzası içerisinde ve Göller Bölgesinde yer alan Karacaören-1 ve 2 Baraj Gölleri ve çevresi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamında Karacaören-1 ve 2 Baraj Gölleri ve çevresindeki Devlet Meteoroloji istasyonlarının uzun dönem yağış verileri kullanılarak uygulanan standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemleri ile bölgedeki meteorolojik kuraklığın süresi, boyutları ve Karacaören-1 ve 2 Baraj Gölleri seviye ve hacmi üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Daha önce Karacaören-1 ve 2 Baraj Gölleri ve çevresi için kuraklık analizinin yapılmamış ve kuraklığın bu önemli su kaynağı üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik bir araştırmanın bulunmaması çalışmanın önemini arttırmaktadır.

## 2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Günümüz problemlerinden en önemlisi olan kuraklık konusu ulusal ve uluslararası pek çok araştırmacının da dikkatini çekmiştir. Araştırmacılar meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik kuraklık konularında farklı bölgelerde bilimsel çalışmalar yapmışlar ve böylece dünya üzerindeki farklı coğrafyalarda kuraklığın boyutlarını ortaya çıkarmaya çalışmışlardır (Wilhite ve Glantz 1985; Choi vd. 2013; Sırdaş ve Şen 2003; Kömüşçü ve Erkan 2006; Orhan 2014; Mishra ve Singh 2011; Şener ve Şener 2019; Şener ve Şener 2021).

Kuraklığın boyutlarını belirlemeye yönelik, geçmiş ve uzun dönem iklim verileri kullanılarak yapılan çalışmaların başında kuraklık indeks yöntemleri gelmektedir. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (Mckee vd. 1993), Palmer Kuraklık İndeksi (Palmer 1965), Standart Yağış Buharlaşma İndeksi (Vicente Serrano vd. 2010), Normalin Yüzdesi İndeksi (Willeke vd. 1994), Keşif Kuraklık İndeksi (Tsakiris ve Vangelis 2005), Ondalıklar kuraklık indeksi (Gibbs ve Maher 1967), Standartlaştırılmış Akım İndeksi (Shukla ve Wood 1993), Standartlaştırılmış Yeraltısuyu İndeksi, Standartlaştırılmış Rezervuar İndeksi, China Z indeksi (Wu vd. 2001), Efektif Kuraklık İndeksi (Byun ve Wilhit 1999), Normalleştirilmiş Bitki Fark İndeksi (NDVI), Bitki Durum İndeksi (VCI) kullanılan kuraklık indekslerinden en önemlilerini oluşturmaktadır. Bu çalışmada da kuraklık indeks yöntemlerinden Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (Mckee vd. 1993) yöntemi uygulanmıştır.

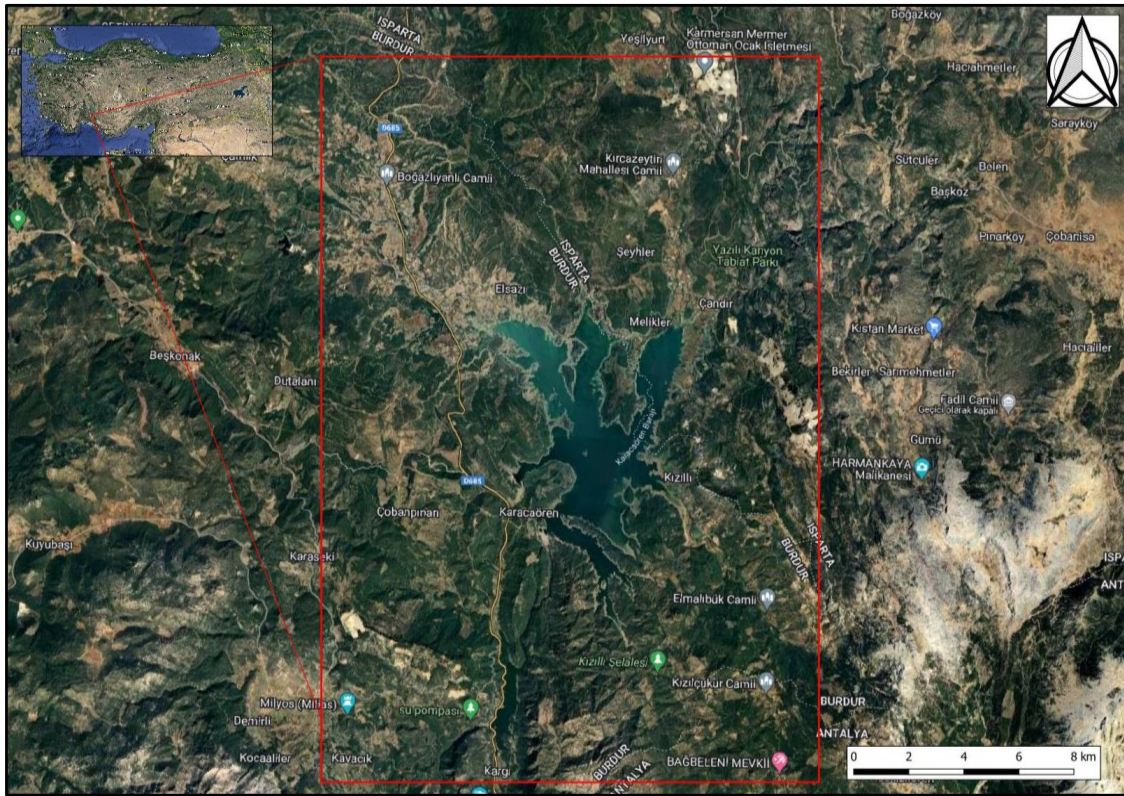
### 3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

#### 3.1. İnceleme Alanı (The Study Area)

Karacaören-1 ve 2 Baraj Gölleri ve çevresini kapsayan çalışma alanı Türkiye'nin güneybatısında yer alan 25 büyük nehir havzası içerisindeki Antalya havzası içerisinde yer almaktadır. Aynı zamanda Antalya havzasının bir alt havzası niteliğindeki Aksu Nehir Havzasının da en önemli bileşenidir. Çalışma alanındaki en önemli su kaynaklarını temsil eden Karacaören Baraj Gölü üzerinde Karacaören-1 ve Karacaören-2 Hidroelektrik Güç Santralleri (HES'ler) ve baraj gölleri bulunmaktadır. Bu santraller Burdur ili Bucak ilçe sınırları içerisinde yer alırken çalışma alanı Isparta, Burdur ve Antalya il sınırları içerisine dahildir. Burdur il sınırları içerisinde 1977-1990 yılları arasında inşa edilerek yapımı tamamlanan Karacaören Barajı Aksu çayı üzerinde, sulama, taşkın kontrolü ve elektrik enerjisi üretimi amacıyla yapılan bir barajdır (Şekil 1). Baraj içerisinde geleneksel türden yapılmış Karacaören-1 HES hidroelektrik güç santrali ve onun mansabında yine nehir tipi hidroelektrik güç santrali özelliğindeki Karacaören-2 HES yer almaktadır. Karacaören-2 HE santraline ait baraj gölü Karacaören-1 HE santraline ait baraj gölünden çok daha küçük bir göl alanına sahiptir. Karacaören-1 HES Aksu nehrinin akış gücünden yararlanarak oluşturulan çalışma prensibine sahip farklı amaçlar (elektrik üretmek, taşkın koruması sağlamak ve sulama ihtiyaçlarını karşılamak) için kullanıma yönelik kapsamlı bir testistir. Karacaören-1 HES'in içerisinde olduğu Karacaören-1 Baraj Gölü'nün normal su seviyesindeki hacmi 1.234 hm<sup>3</sup>, normal su seviyesindeki alanı 45,5 km<sup>2</sup>'dir. Karacaören-2 HES, nehir tipi bir hidroelektrik güç santrali olup, Karacaören-1 Baraj Gölü'ndeki suyu bir enerji tüneli ile taşıyarak hidroelektrik güç üretir (Çeribaşı ve Yazgan Kayabalı, 2016).

İnceleme alanının oluşturan Karacaören-1 ve 2 Baraj Gölü ve çevresinde arazi kullanımının büyük bir kısmını orman arazileri ve daha az bir kısmını ise tarım arazileri oluşturmaktadır. Genel olarak bölgedeki iklim şartları kış mevsiminde soğuk ve yağışlı, yaz mevsiminde ise sıcak ve kuraktır. Bölgedeki iklim ülkemizdeki iklim sınıflamalarından Orta Anadolu, Akdeniz ve Ege arasında bir geçiş iklimi özelliğindedir. Çalışma alanında Karacaören Devlet Meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Karacaören Devlet Meteoroloji istasyonuna ait yağış verilerine göre 11 yıllık ortalama yağış değeri 1066.14 mm; ortalama sıcaklık değeri ise 17.65 °C'dir.

Çalışma alanı içerisindeki yerleşim alanlarında tarım ve hayvancılık önde gelen ekonomik faaliyetlerdir. Üretimi yapılan tarımsal ürünlerin başında arpa, buğday, mısır, pamuk, fıstık ve susam gelmektedir. Karacaören-2 Barajı yakınlarındaki yerleşim alanlarında ise seracılık faaliyetleri önemli geçim kaynaklarıdır. Ayrıca her iki baraj gölünde balık yetiştiriciliği ve işletmeciliği mevcuttur.



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası (Location map of the study area)

### 3.2. Yöntem (Method)

Bu çalışmada Karacaören-1 ve 2 Baraj Gölleri ve çevresindeki kuraklıkların şiddeti ve süresinin belirlenmesi, kuraklık sınıflamalarının yapılması amacıyla Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI) ile yöntemi kullanılmıştır. Bunun için çalışma alanı içerisindeki Meteoroloji istasyonları verilerinin gerekli ölçüm periyotlarına sahip olmaması nedeni ile çalışma alanı çevresinde yer alan en yakın istasyonlar olarak Isparta ve Antalya Devlet Meteoroloji istasyonlarına (DMİ) ait yağış verileri kullanılmıştır. Her iki istasyon için DrinC yazılım programı kullanılarak yağış verileri Gamma dağılımına göre 12 aylık SYİ değerleri hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

#### 3.2.1. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI) Yöntemi (Standardized Precipitation Index (SPI) Method)

SYİ, çoklu zaman ölçekleri için yağış açığını ölçmek üzere tasarlanmıştır. Bu zaman ölçekleri, kuraklığın farklı su kaynaklarının mevcudiyeti üzerindeki etkisini yansıtmaktadır. Toprak nemi koşulları, nispeten kısa bir ölçekte yağış anormalliklerine tepki vermektedir. Yeraltısuyu, nehir akışı ve rezervuar depolaması ise, daha uzun vadeli yağış anormalliklerini yansıtmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, McKee ve diğ. (1993) SYI'yi orijinal olarak 3-, 6-, 12-, 24- ve 48 aylık zaman ölçekleri için hesaplamışlardır.

Herhangi bir konum için SYİ hesaplaması, istenen bir süre için uzun süreli yağış kaydına dayalıdır. Bu uzun vadeli kayıt, bir olasılık dağılımına uyarlanır ve bu daha sonra konum ve istenen dönem için ortalama SYİ sıfır olacak şekilde normal dağılıma dönüştürülür (Edwards ve McKee, 1997). Pozitif SYI değerleri, medyan yağıştan daha büyük, negatif değerler ise medyan yağıştan daha azını gösterir. SYI normalize edildiğinden, daha nemli ve daha kuru iklimler aynı şekilde temsil edilebilir; böylece yağışlı dönemler de SYİ kullanılarak izlenebilir.

McKee ve diğerleri (1993), SYİ'den kaynaklanan kuraklık yoğunluklarını tanımlamak için aşağıdaki SYİ değer tablosunda (Tablo 1) gösterilen sınıflandırma sistemini kullanmıştır. Ayrıca, herhangi bir zaman ölçeği için bir kuraklık olayı için kriterleri tanımlamışlardır. SYİ sürekli olarak negatif olduğunda ve -1.0 veya daha düşük bir yoğunluğa ulaştığında bir kuraklık olayı meydana gelir. SYİ pozitif olduğunda olay sona erer. Bu nedenle, her kuraklık olayının, başlangıcı ve bitişiyle tanımlanan bir süresi ve olayın devam ettiği her ay için bir yoğunluğu vardır. Bir kuraklık olayı içindeki tüm aylar için SYİ'nin pozitif toplamı, kuraklığın "büyüklüğü" olarak adlandırılabilir.

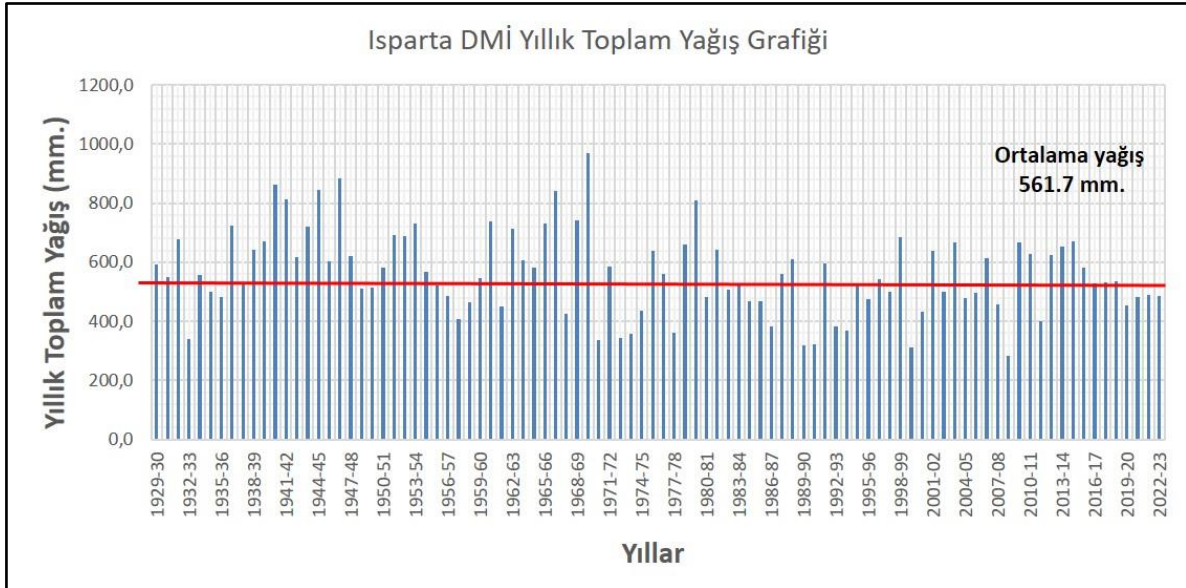
**Tablo 1.** SYİ'ye göre kuraklık koşullarının sınıflandırılması (Classification of drought conditions according to the SPI)

SYİ Değerleri	Kuraklık Sınıfları
$\geq 2.0$	Aşırı Nemli
1.5 ile 1.99	Çok Nemli
1.0 ile 1.49	Orta Derecede Nemli
-.99 ile 0.99	Normale Yakın
-1.0 ile -1.49	Orta Derecede Kurak
-1.5 ile -1.99	Şiddetli Kurak
$\leq -2$	Aşırı Kurak

### 4. Araştırma Bulguları (Experimental Results; Research Findings)

#### 4.1. Çalışma Alanı SYİ Değerlendirmeleri (SPI Assessments of Study Area)

Çalışmada Isparta DMİ'e ait 1929-2023 yılları arasındaki 94 yıllık aylık ortalama yağış (mm) verileri kullanılmıştır. Buna göre Isparta DMİ için ortalama yıllık yağış miktarı 561.7 mm. olarak belirlenmiştir (Şekil 2).

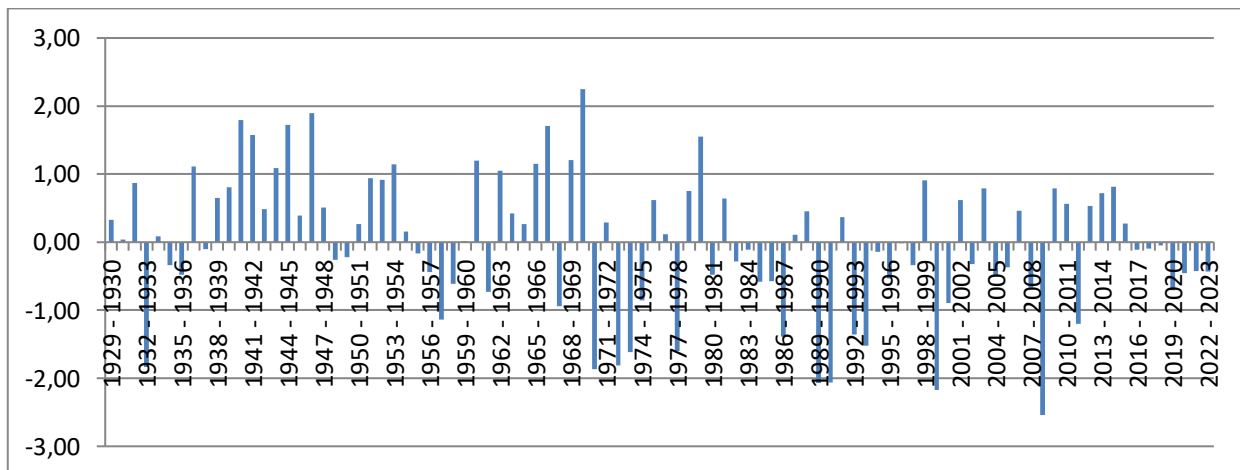


**Şekil 2.** Isparta DMİ’den elde edilen yağış verilerinin uzun yıllar dağılımı (mm.) (Long-term distribution of precipitation data obtained from Isparta SMS (mm.))

Isparta DMİ verilerine göre SYİ yöntemi ile elde edilen değerler Tablo 3 ve bu değerler ile oluşturulan grafik Şekil 3’de verilmiştir. Tablo 3 ve Şekil 3 incelendiğinde bölgede 94 yıl içerisinde sadece 1 yıl (1969) Aşırı Nemli olarak geçmiştir. Yine 94 yılın %6.38 (6 yıl) ı “Çok Nemli”, %7.45 (7 yıl) ı “Orta Derecede Nemli”, %4.26 (4 yıl) ı “Orta Derecede Kurak”, yine %6.38 (6 yıl) ı “Şiddetli Kurak” ve %4.26 (4 yıl) ı da “Aşırı Kurak” olarak geçmiştir. Isparta DMİ verilerine göre bölgede 94 yılın %70.21 inde yani 66 yıllık dönemde “Normale Yakın” kuraklıklar yaşandığı görülmektedir. SYİ sınıflamalarına göre özellikle 1940-1941 yıllarında arka arkaya, 1944 ve 1946 yıllarında ise bir yıl ara ile “Çok Nemli” bir dönem yaşanmış, 1970-1973 yılları arasında üst üste “Şiddetli Kuraklıklar” ve 1989 ve 1990 yıllarında “Aşırı Kuraklık” dönemi ortaya çıkmıştır (Tablo 2.).

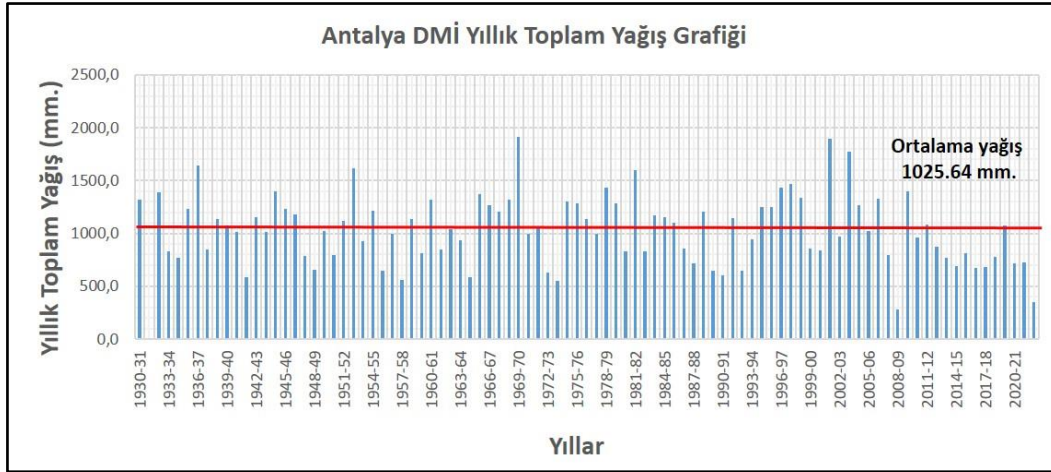
**Tablo 2.** Isparta DMİ için 12 aylık SYİ Değerleri ve Sınıfları (12-month SPI values and vlasses for Isparta SMS)

SYİ Değerleri	Kuraklık Sınıfları	Isparta DMİ	12 Aylık zaman ölçeği (%)
$\geq 2.0$	Aşırı Nemli	1969	1.06
1.5 ile 1.99	Çok Nemli	1940,1941,1944,1946,1966,1979	6.38
1.0 ile 1.49	Orta Derecede Nemli	1936,1943,1953,1960,1962,1965,1968,	7.45
-0.99 ile 0.99	Normale Yakın	1929-1931,1933-1935,1937-1939,1942,1945,1947-1952,1954-1956,1958,1959,1961,1963,1964,1967,1971,1974-1976,1978,1980-1985,1987,1988,1991,1994-1998,2000-2007,2009,2010,2012-2022	70.21
-1.0 ile -1.49	Orta Derecede Kurak	1957,1986,1992,2011	4.26
-1.5 ile -1.99	Şiddetli Kurak	1932,1970,1972,1973,1977,1993	6.38
$\leq -2$	Aşırı Kurak	1989,1990,1999,2008	4.26



**Şekil 3.** Isparta DMİ için 12 aylık SYİ grafiği (12-month SPI graph for Isparta SMS)

Antalya DM istasyonuna ait kuraklık analizlerinin yapılabilmesi için ise 1930-2023 yılları arasındaki 93 yıllık aylık ortalama yağış (mm) verileri kullanılmıştır. Buna göre Antalya DM için ortalama yıllık yağış miktarı 1025.64 mm. Olarak belirlenmiştir (Şekil 4).

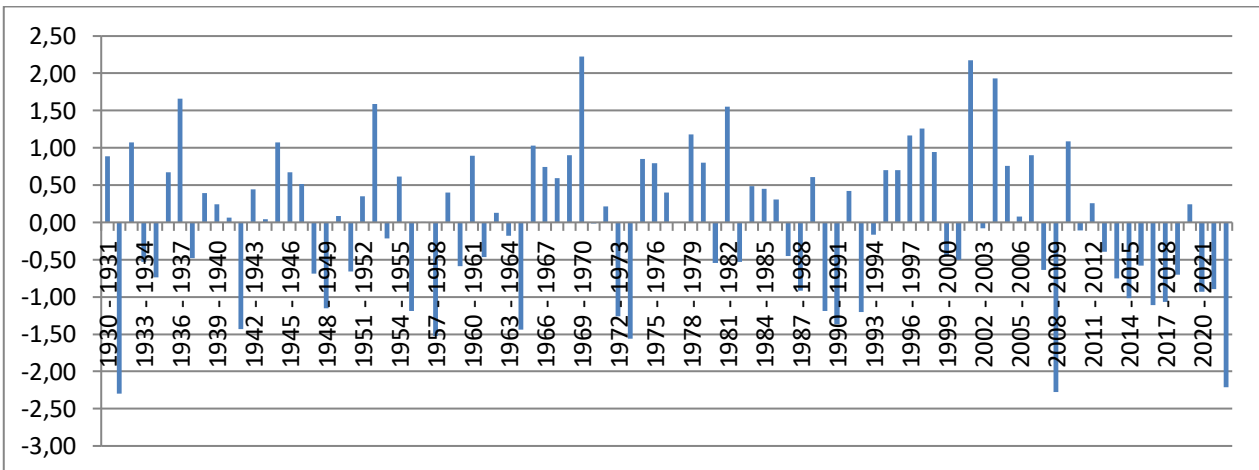


**Şekil 4.** Antalya DMİ'den elde edilen yağış verilerinin uzun yıllar dağılımı (mm.) (Long-term distribution of precipitation data obtained from Antalya SMS (mm.))

Antalya DMİ'den elde edilen yağış verileri ile hesaplanan SYİ değerleri ve kuraklık sınıfları ise Tablo 4'de ve bu değerlerle oluşturulan SYİ grafiği ise Şekil 5 de verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde 93 yılın %2.15'i yani 2 yılı "Aşırı Nemli" geçmiştir. %4.30 (4 yıl) ı "Çok Nemli", %7.53 (7 yıl) ı "Orta Derecede Nemli", %11.83 (11 yıl) ı "Orta Derecede Kurak", yine %2.15 (2 yıl) ı "Şiddetli Kurak" ve %3.22 (3 yıl) ı da "Aşırı Kurak" olarak geçmiştir. Antalya DMİ verilerine göre bölgede 93 yılın %68.82 inde yani 64 yıllık bir dönemde "Normale Yakın" kuraklıklar yaşanmıştır. Bölgede özellikle 1989 ve 1992 yılları ile 2014 ve 2107 yılları arasında arka arkaya "Orta Derecede Kuraklığın" yaşandığı, 1996 ve 1997 yıllarında ise arka arkaya iki yıl boyunca "Orta Derecede Nemli" bir dönemin yaşandığı görülmektedir.

**Tablo 4.** Antalya DMİ için 12 aylık SYİ Değerleri ve Sınıfları (12-month SPI values and classes for Antalya SMS)

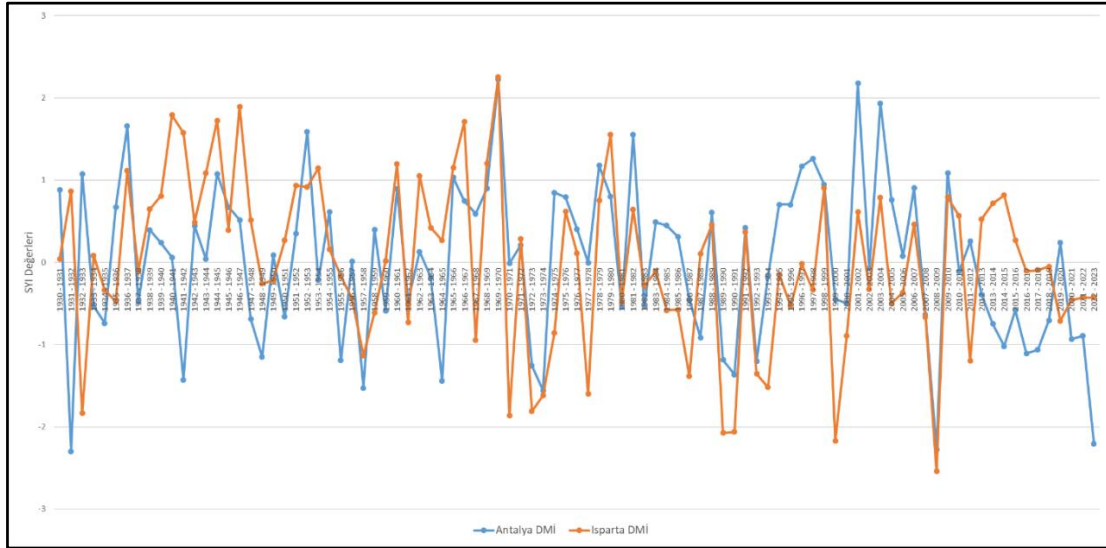
SYİ Değerleri	Kuraklık Sınıfları	Antalya DMİ	12 Aylık zaman ölçeği (%)
$\geq 2.0$	Aşırı Nemli	1969,2001	2.15
1.5 ile 1.99	Çok Nemli	1936,1952,1981,2003	4.30
1.0 ile 1.49	Orta Derecede Nemli	1932,1944,1965,1978,1996,1997,2009	7.53
-0.99 ile 0.99	Normale Yakın	1930,1933-1935,1937-1940,1942,1943,1945-1947,1949-1951,1953,1954,1956,1958-1963,1966-1968,1970,1971,1974-1977,1979,1980,1982-1988,1991,1993-1995,1998-2000,2002,2004-2007,2010-2013,2015,2018-2021	68.82
-1.0 ile -1.49	Orta Derecede Kurak	1941,1948,1955,1964,1972,1989,1990,1992,2014,2016,2017	11.83
-1.5 ile -1.99	Şiddetli Kurak	1957,1973	2.15
$\leq -2$	Aşırı Kurak	1931,2008,2022	3.23



**Şekil 5.** Antalya DMİ için 12 aylık SYİ grafiği (12-month SPI graph for Antalya SMS)



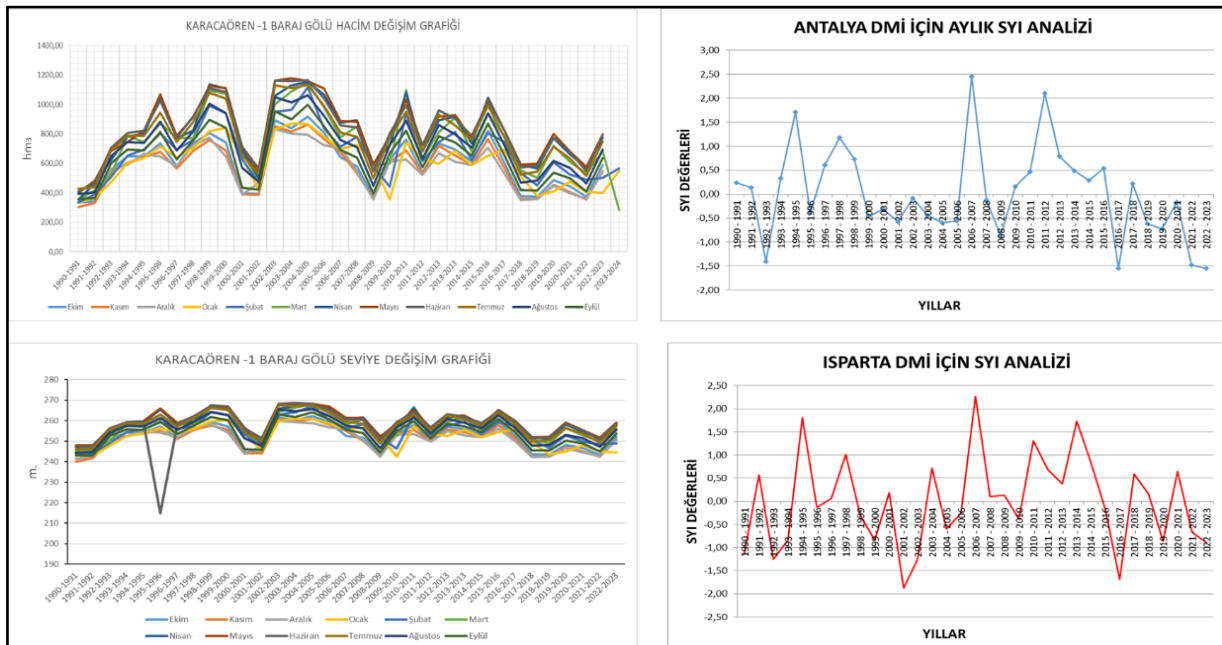
Çalışma alanı için seçilen DM istasyonları buldukları coğrafi koşullar ve yükseklikler bakımından farklılık göstermektedir. Isparta DMİ ye ait veriler daha yüksek kotlardaki yağışları ve iklimsel olarak daha çok karasal iklimi temsil ederken Antalya DMİ ise kot olarak deniz seviyesi ve ılıman Akdeniz iklimini temsil etmektedir. Her iki meteoroloji istasyonunun temsil ettiği bölgelerdeki kuraklık durumu birlikte değerlendirildiğinde her iki istasyon için de kuraklığın farklı şiddetlerde benzer dönemlerde etkisini gösterdiği görülmektedir (Şekil 6)



Şekil 6. Antalya DMİ ve Isparta DMİ için 12 aylık SYİ değişim grafiği (12-month SPI change graph for Antalya SMS and Isparta SMS)

#### 4.2. Kuraklığın Karacaören 1 ve 2 Baraj Gölleri Üzerine Etkisi (Effect of Drought on Karacaören 1 and 2 Dam Lakes)

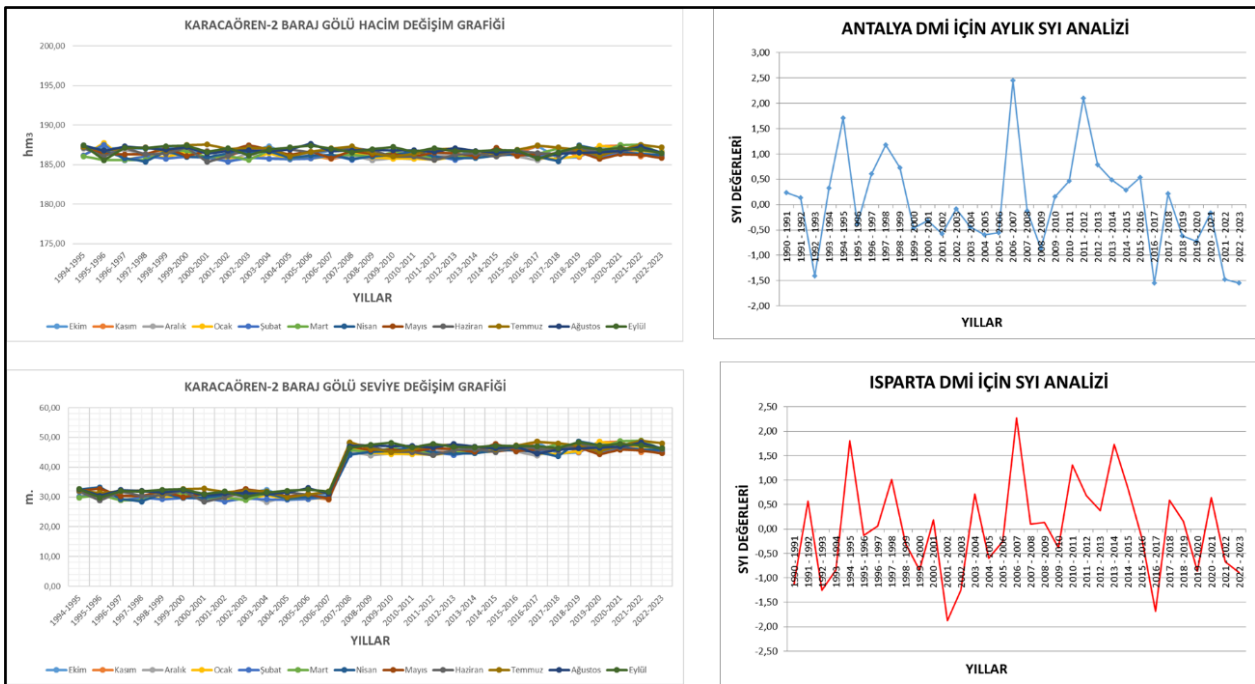
Çalışmada ayrıca iklim değişikliklerine bağlı olarak ortaya çıkan kuraklığın Karacaören 1 ve 2 Baraj Gölleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla barajların faaliyete geçtiği yıldan günümüze kadar olan seviye ve hacim değerleri incelenmiştir (Şekil 7). Isparta-Burdur ve Antalya il sınırları içerisinde yer alan Karacaören Baraj Göllerinden Karacaören-1 Baraj Gölü'nün denizden yüksekliği 280 m ve göl alanı 45,5 km<sup>2</sup>'dir. Baraj 1990 yılında faaliyete geçmiş ve bu dönemde seviye ve hacim değerleri ölçülmeye başlanmıştır. Karacaören-1 Baraj Gölü, 1995 yılı Haziran ayında 214,76m. ile en düşük seviyeye inmştir. Bugüne kadar baraj gölü seviyesinin en yüksek olduğu dönem 268,63m. ile 2003 yılı Mayıs ayıdır. Yine 1990 yılının Kasım ayında 304,958 hm<sup>3</sup> ile en düşük hacme sahipken 1178,77 hm<sup>3</sup> 2003 yılı Mayıs ayında en yüksek hacme sahip olmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Karacaören-1 Baraj Gölü Hacim, seviye ve SYİ değişim grafikleri (Karacaören-1 Dam Lake volume, level and SPI change graphs)

Karacaören Baraj Gölleri, beslenimini yağışların yanı sıra yüzeysel akış olarak Isparta çayı, Aksu çayı, Değirmen dere, Eğirdir ve Kovada Gölü ile kısmen de yeraltı suyu boşalmalarından sağlamaktadır. Buna bağlı olarak Karacaören-1 Baraj gölü seviye, hacim ve kuraklık analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde Isparta ve Antalya DM istasyonları verilerinden hazırlanan kuraklık analizleri ile Karacaören-1 Baraj Gölü seviye ve hacim değişikliklerinde uyumluluk olduğu gözlenmiştir. Özellikle her iki istasyonda tespit edilen 1995, 2000-2003 yılları arası ile 2016-2022 yılları arasında gözlemlenen kuraklıklarda Karacaören-1 Baraj Gölü seviye ve hacimlerinde de düşüşler olduğu görülmektedir (Şekil 7).

Çalışma alanında yer alan Karacaören-2 Baraj Gölü'nün ise denizden yüksekliği 347 m ve göl alanı 2.34 km<sup>2</sup>'dir. Baraj 1994 yılında faaliyet geçmiş ve izlenmeye başlamıştır. Karacaören-2 Baraj Gölü, faaliyete başladığı 1994 yılında 29,83-32,65m. seviye aralığında iken 2003 yılı Aralık ayında 28,29m. olan en düşük seviyeye inmiştir. Bugüne kadar baraj gölü seviyesinin en yüksek olduğu dönem 48,88m. İle 2021 yılı Temmuz ayıdır. Yine 1994 yılında 186,11 ila 187,44 hm<sup>3</sup> aralığında hacme sahipken 2000 yılı Haziran ayında 185,33 hm<sup>3</sup> ile en düşük hacime, 2005 yılın Ağustos ayında ise 187,61 hm<sup>3</sup> ile en yüksek hacme sahip olmuştur (Şekil 8). Karacaören-2 Baraj gölü seviye, hacim ve kuraklık analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde Isparta ve Antalya DM istasyonları verilerinden hazırlanan kuraklık analizleri ile Karacaören-2 Baraj Gölü seviye ve hacim değişikliklerinde uyumluluk olduğu gözlenmiştir. Özellikle her iki istasyonda tespit edilen 2006-2007 yıllarındaki yoğun yağışlara bağlı olarak baraj gölü seviyesinde dikkat çeken bir artış söz konusudur (Şekil 8).



Şekil 8. Karacaören-2 Baraj Gölü Hacim, seviye ve SYİ değişim grafikleri (Karacaören-2 Dam Lake volume, level and SPI change graphs)

## 5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Bu çalışmada küresel boyutta etkisi altında olduğumuz kuraklığın, çalışma alanı olarak seçilen özellikle Antalya havzası için önemli su kaynaklarından birisi olan Karacaören-1 ve 2 Baraj Gölleri ve çevresindeki boyutları ele alınmıştır. Bu kapsamda çalışma alanı için seçilen Isparta ve Antalya DM istasyonları tarafından ölçülen uzun yıllara ait aylık yağış verileri kullanılmıştır. Bu veriler kullanılarak bölgedeki kuraklığın süresi ve boyutu Standartlaştırılmış Yağış İndeksi yöntemi (SYİ) ile belirlenmiştir. Burada Isparta DMİ verilerine göre 1957, 1986, 1992 ve 2011 yılları "Orta Derecede Kurak" dönem, 1932, 1970, 1972-1973, 1977, 1993 yılları "Şiddetli Kurak" dönem ve 1989-1990, 1999, 2008 yılları "Aşırı Kurak" dönem olarak belirlenmiştir. Antalya DMİ verilerine göre ise 1941, 1948, 1955, 1964, 1972, 1989-1990, 1992, 2014, 2016-2017 yılları "Orta Derecede Kurak" dönem, 1957 ve 1973 yılları "Şiddetli Kurak" dönem ve 1931, 2008 ve 2022 yılları ise "Aşırı Kurak" dönem olarak belirlenmiştir. Her iki meteoroloji istasyonunun temsil ettiği bölgelerdeki kuraklık durumu birlikte değerlendirildiğinde her iki istasyon için de kuraklığın farklı şiddetlerde benzer dönemlerde etkisini gösterdiği görülmüştür.

Çalışmada ayrıca bölgedeki kuraklığın Karacaören-1 ve 2 Baraj Göllerinin seviye ve hacimleri üzerindeki etkisi de belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre Karacaören-1 Baraj gölü seviye, hacim ve kuraklık analiz sonuçları

birlikte değerlendirildiğinde Isparta ve Antalya DM istasyonları verilerinden hazırlanan kuraklık analizleri ile Karacaören-1 Baraj Gölü seviye ve hacim değişikliklerinde uyumluluk olduğu gözlenmiştir. Özellikle her iki DM istasyonunda tespit edilen 1995, 2000-2003 yılları arası ile 2016-2022 yılları arasında gözlemlenen kuraklıklarda Karacaören-1 Baraj Gölü seviye ve hacimlerinde de düşüşler olduğu, Karacaören-2 Baraj Gölünde ise 2006-2007 yıllarındaki yoğun yağışlara bağlı olarak baraj göl seviyesinde dikkat çeken bir artış belirlenmiştir.

Sonuç olarak küresel iklim değişikliğine bağlı kuraklık sorunu dünyanın her bölgesinde farklı süre ve boyutlarda kendini göstermektedir. Bunun bir göstergesi olarak ortaya çıkarılan bu çalışmada da çalışma alanı olarak seçilen, ülkemizin önemli nehir havzalarından Antalya havzası içerisinde ve Göller Bölgesinde yer alan ve bölgenin önemli su kaynaklarından birisi olan Karacaören -1 ve 2 Baraj Göllerinin seviye ve hacim değişikliklerinde meteorolojik kuraklığın etkili olduğu görülmektedir. Bu nedenle artan su ihtiyacı, buna karşılık temiz ve kullanılabilir suya ulaşmanın giderek zorlaştığı günümüzde kuraklığın boyutu, süresi ve alansal dağılımlarının belirlenmesi çalışmaları önem taşımaktadır. Farklı iklim verileri ve mikro bölgeleme çalışmaları ile detaylı kuraklık analizlerinin yapılması su kaynaklarının korunması açısından tavsiye edilmektedir.

### **Teşekkür (Acknowledgement)**

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2022-8702 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

### **Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)**

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

### **Kaynaklar (References)**

- Byun H.R., Wilhite D.A., (1999), Objective quantification of drought severity and duration, *Journal of Climate*, 12(9), 2747-2756.
- Choi M., Jacobs J.M., Anderson M.C., Bosch D.D., (2013), Evaluation of drought indices via remotely sensed data with hydrological variables. *Journal of Hydrology*, 476, 265-273
- Çeribaşı H. ve Yazgan Kayabalı B., 2016. Karacören-1 Ve 2 Hes Projeleri Teknik Olmayan Özet (Çevre Ve Sosyal Durum Tespiti), GAMA ENERJİ A.Ş., ENCON Çevre Danışmanlığı A.Ş. Ankara, Mart 2016
- Doğan S., Tüzer M., 2011. Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 12(1), 21-34.
- Edwards, D. C. and T. B. McKee, 1997: Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report 97-2*, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Gibbs W.J. and Maher J.V. (1967) Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of meteorology bulletin no. 48*. Commonwealth of Australia, Melbourne
- Gibbs W.J., Maher, J.V., (1967), Rainfall Deciles as Drought Indicators, *Bureau of Meteorology Bulletin*, 48, Melbourne, Australia.
- Kadioğlu, M. (2011). Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek En Kötüsü Yönetmek, Marmara Belediyeler Birliği, İstanbul.
- Kininmonth W.R., Voice M.E., Beard G.S., de Hoedt G.C. and Mullen C.E (2000) Australian climate services for drought management. In D.A. Wilhite (ed.) *Drought, a global assessment*, Routledge, pp. 210-222
- Kömüşçü A., Erkan A., (2006), Kuraklık ve Türkiye Açısından Genel Bir Değerlendirme, DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J., (1993), The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, California, ss.179-183.
- McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim, California, 17-22 January 1993. Boston, American Meteorological Society, 179-184.
- Mishra A.K., Singh V.P., (2011), Drought modeling - a review, *Journal of Hydrology*, 403, 157-175
- Orhan O., (2014), Konya Kapalı Havzası'nda Uzaktan Algılama ve CBS Teknolojileri İle İklim Değişikliği ve Kuraklık Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Palmer W.C., (1965), *Meteorological Drought*, U.S. Department of Commerce, Weather Bureau, Research Paper No: 45, Washington, DC., USA, 58ss.
- Partigöç, N.S., & Soğancı, S., 2019. Küresel iklim değişikliğinin kaçınılmaz sonucu: Kuraklık. *Resilience*, 3(2), 287-299.
- Shukla S., Wood A., (2008), Use of a Standardized Runoff Index For Characterizing Hydrologic, *Geophysical Research Letters*, 35(2), L02405, doi:10.1029/2007GL032487.
- Sırdaş S., Şen Z., (2003), GAP Bölgesinde kurak dönem özelliklerinin araştırılması, III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 19-21 Mart, İstanbul, Türkiye, ss.305-317.
- Şener E., Şener Ş., (2019), Meteorolojik kuraklığın coğrafi bilgi sistemleri tabanlı zamansal ve konumsal analizi: Çorak Gölü Havzası (Burdur-Türkiye) örneği, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(3), 596-607
- Şener, E., Şener, Ş. (2021). SPI ve CZI kuraklık indislerinin CBS tabanlı zamansal ve konumsal karşılaştırması: Burdur Gölü Havzası örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 41-58.

- Tsakiris G., Vangelis H.J.E.W., (2005), Establishing a drought index incorporating evapotranspiration, *European water*, 9(10), 3-11.
- Turan, E.S., 2018. Türkiye'nin iklim değişikliğine bağlı kuraklık durumu., *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 2018; 4(1), 63-69, DOI: 10.213247/dacd.357384
- Vicente-Serrano S.M., Beguería S., López-Moreno J.I., (2010), A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23, 1696-1718.
- Wilhite D.A., Svoboda M.D., (2000), Drought early warning systems in the context of drought preparedness and mitigation, *Early warning systems for drought preparedness and drought management'in İçinde*, (Wilhite D.A, Sivakumar M.V.K., Wood D.A., Eds.), Lisbon, Portugal, ss.1-21.
- Willeke G., Hosking J.R.M., Wallis J.R., Guttman N.B., (1994), *The National Drought Atlas*, U.S. Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Report 94-NDS-4, 587ss.
- Wu H., Hayes M.J., Welss A., Hu Q., (2001), An evaluation the standardized precipitation index, the China-z index and the statistical Z-Score, *International Journal of Climatology*, 21, 745-758.
- Yüceerim, G., Yılmaz, G., Merve, E.T.Ö.Z., Acar, C.O., 2019. Kocadere Havzasında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi İle Farklı Zaman Ölçeğinde Kuraklık Analizi. *Toprak Su Dergisi*, 70-76.