



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN:1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



**İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin çok zamanlı uydu görüntüleri ile incelenmesi**

*Investigation of the effect of climate change on water resource sthrough multi-time satellite images*

*Yazar(lar) (Author(s)): Gürdoğan DOğRUL<sup>1</sup>, Murat ALKAN<sup>2</sup>*

*ORCID<sup>1</sup>: 0000-0002-5858-6652*

*ORCID<sup>2</sup>: 0000-0002-1592-8472*

**Bu makaleye řu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Doğrul G., Alkan M., “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile İncelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 25(3): 1349-1358, (2022).

**Erişim linki(To link to this article):**<http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.1169913

# İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile İncelenmesi

## Investigation of the Effect of Climate Change on Water Resources Through Multi-Time Satellite Images

### Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Düden Gölü, Gölköy Baraj Gölü, Bademli Baraj Gölü ve Burdur Gölü'nün incelenmesi. /Investigation of Düden Lake, Gölköy Dam Lake, Bademli Dam Lake and Burdur Lake.
- ❖ Google Earth ile, bu göllerin 2011, 2015 ve 2021 yıllarındaki yüzölçümlerinin hesaplanması./Calculating of the water surface area of these lakes in 2011, 2015 and 2021 using Google Earth.
- ❖ Elde edilen ölçümlerin SPI verileriyle karşılaştırılması. /Comparison of obtained measurements with SPI data.

### Grafik Özet (Graphical Abstract)

Araştırmada dört göl incelenmiştir. Yapılan ölçüm sonucunda; Düden Gölünün su kaybının %3.4, Gölköy Baraj Gölünün %24.6, Burdur Gölünün %10.3 ve Bademli Baraj Gölünün %73.1 olduğu tespit edilmiştir. /Four lakes were examined in the study. As a result of the measurement; It has been determined that the water loss of Düden Lake is 3.4%, Gölköy Dam Lake is 24.6%, Burdur Lake is 10.3% and Bademli Dam Lake is 73.1%.



Şekil. Google Earth yazılımı /Figure. Google Earth software

### Amaç (Aim)

Bu Araştırmada göllerin yüzeysel su kayıplarını ortaya koyarak Türkiye'nin olası kuraklık tehdidine karşı farkındalık oluşturmak amaçlanmıştır. /In this research, it is aimed to raise awareness against the possible drought threat of Turkey by revealing the water losses of the lakes.

### Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Google Earth Pro programı kullanılmıştır. / Google Earth Pro program was used.

### Özgünlük (Originality)

Bu çalışmada, seçilen göllerde uzun yıllarda meydana gelen su kayıpları uydudan ölçülmüştür. / In this study, the water losses in the selected lakes for many years were measured by satellite.

### Bulgular (Findings)

Düden Gölünün su kaybı %3.4, Gölköy Baraj Gölünün %24.6, Burdur %10.3 ve Bademli Baraj Gölünün %73.1 olmuştur. / Water loss of Düden Lake was 3.4%, Gölköy Dam Lake was 24.6%, Burdur 10.3% and Bademli Dam Lake was 73.1%.

### Sonuç (Conclusion)

Küresel ısınmanın ve etkilerinin azaltılması için gerekli önlemler öncelikle alınmalıdır. /Necessary measures should be taken primarily to reduce global warming and its effects.

### Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

# İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile İncelenmesi

*Araştırma Makalesi / Research Article*

**Gürdoğan DOĞRUL<sup>1\*</sup>, Murat ALKAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>J. Gn. K. lığı, Eğt. Öğrt. Daire Bşk, Ankara, Türkiye

(Geliş/Received : 01.06.2022 ; Kabul/Accepted : 12.08.2022 ; Erken Görünüm/Early View : 21.09.2022)

## ÖZ

Son zamanlarda iklim değişikliğinin bir sonucu olarak gelişen kuraklığın, tarımsal ve hidrolojik etkileri sonucu meydana gelen sosyo ekonomik kuraklığın tüm hayatı olumsuz etkilediği görülmektedir. Bu araştırma makalesinde; Türkiye’de bulunan göl ve barajların belli bir zaman içerisinde yüzeyden verdikleri su kaybı veya kazancı ve genel yüzölçümlerinin değişimi incelenmiştir. Araştırmada örnek olarak ele alınan Düden Gölü, Gököy Baraj Gölü, Bademli Baraj Gölü ve Burdur Gölü olmak üzere toplam dört göl incelenmiştir. İnceleme Google Earth Pro uygulaması üzerinden yapılmıştır. 2011, 2015 ve 2021 yıllarındaki yüzölçümler karşılaştırılmıştır. Yapılan ölçüm sonucunda elde edilen bulgulara göre Düden Gölünün son on bir yıldaki su kaybının %3.4, Gököy Baraj Gölünün son yedi yıldaki su kaybının %24.6, Burdur Gölünün son yedi yıldaki su kaybının %10.3 ve Bademli Baraj Gölünün son on bir yıldaki su kaybının %73.1 seviyelerine ulaştığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kuraklık, küresel ısınma, iklim değişikliği.

## Investigation of the Effect of Climate Change on Water Resources Through Multi-Time Satellite Images

### ABSTRACT

In recent years, it has been observed that the socioeconomic drought, which has occurred as a result of drought, agricultural and hydrological effects due to climate change, has adversely affected all life. In this research article; The water loss or gain given by the lakes and dams in Turkey over a certain period of time and the change in their general surface area have been examined. In the study, a total of four lakes, namely Düden Lake, Gököy Dam Lake, Bademli Dam Lake and Burdur Lake, were examined. There view was made through the Google Earth Pro application. Surface areas in 2011, 2015 and 2021 were compared. According to the findings obtained as a result of the measurement, the water loss of Düden Lake in the last eleven years is 3.4%, The water loss of Gököy Dam Lake in th elast seven years is 24.6%, 10.3% of Burdur Lake's water loss in the last seven years and Bademli Dam Lake, it has been determined that the water loss in the last eleven years has reached 73.1%.

**Keywords:** Drought, global warming, climate change.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyanın her yerindeki toplumlar depremler, volkanik patlamalar, kasırgalar, fırtınalar, hortumlar, geniş orman yangınları, seller ve kuraklıklar gibi çok sayıda doğal tehlikeye maruz kalmaktadır [1]. Seller ve hidrolojik kuraklıklar gibi hidrolojik aşırılıklar, belirli bölgelerle sınırlı olmayan, küresel çapta meydana gelebilen ve bu nedenle çok sayıda insanı ve geniş bölgeleri etkileyebilen doğal tehlikelerdir [2].

Sel ve deprem olayları, hızlı, açıkça görülebilir ve dramatik sonuçları nedeniyle hem sosyal medyada ve hem de bilimsel literatürde çok dikkati çekerken, kuraklık olayları daha yavaş başlangıçlı olduğundan ve yavaş ve sistematik ilerleme gösterdiğinden genellikle hemen fark edilmemekte ancak çeşitli ve dolaylı sonuçlara sebep olmaktadır [3-5]. Ancak kuraklık türlerinden biri olan hidrolojik kuraklıklar geniş alanları kapsayabilmekte ve ekolojik sistem ve birçok ekonomik

sektör üzerinde yıkıcı etkilere sebep olarak aylarca hatta yıllarca sürebilmektedir [3,6]. Hidrolojik kuraklıklarda etkilenen alanlara örnek olarak içme suyu temini, mahsul sulama ve dolayısıyla mahsul üretimi, su yoluyla ulaşım, hidroelektrik üretimi ve suya bağlı olan rekreasyon alanları verilebilir [3,5,7].

Küresel düzeyde artan sıcaklık etkisiyle oluşan ısınma, hidrolojik durumun değişmesi, kuraklık, su kaynaklarının hacminde ve kalitesinde meydana gelen azalma ve su sorunu, aşırı buharlaşma, deniz seviyesinin yükselmesi, karların ve buzulların erimesi, meteorolojik değişim kaynaklı felaketlerde artış, yağış rejimi ve miktarında değişiklikler ve yangınlar gibi sorunların da sebebini oluşturmaktadır.

Küresel ısınma ve bunun sonucu oluşan iklim değişikliği, küresel bir sorun olarak gezegenin bugünü ve geleceğini tehdit etmektedir. Küresel ısınma, yerkürenin ortalama sıcaklık seviyesinde iklim değişikliğine sebep açabilecek bir artışı ifade ederken [8] iklim değişikliği, gerek küresel ölçekte gerekse yerel ölçekte mevsimlik

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)  
e-posta : gurdogandogrul@yahoo.com.tr

meteorolojik verilerdeki değişiklikleri ifade eden genel bir terimdir [8,9]. İklim değişikliği ve küresel ısınma zaman içerisindeki kuraklık veya aşırı yağışın etkisiyle daha belirgin hale gelen ve zamanla daha derin hissedilen kuraklığın yaşam üzerindeki olumsuz etkileri ile insanlar ve karar vericiler arasında farkındalık oluşmaya başlamıştır [9].

Kuraklık, birçok şekilde tanımlanmakla birlikte evrensel bir tanımı yoktur [10]. Ancak en basit olarak, normal koşullara kıyasla su eksikliği olarak tanımlanabilir [6]. Tallaksen ve ark. kuraklığı; normalin altındaki su mevcudiyetinin sürekli devam ettiği bir dönem olarak tanımlamaktadır. Bir bölgeden diğerine önemli ölçüde değişiklik gösteren, büyük alansal ve uzun zamansal özelliklere sahip, tekrarlayan ve küresel çapta etkili olabilen bir olgudur [3,11].

Kuraklıklar genel olarak dört kategoriye ayrılmaktadır [3,6,12];

- Meteorolojik kuraklık; muhtemelen artan potansiyel buharlaşmayla birleşen, geniş bir alana ve geniş bir zaman periyoduna yayılan, yeryüzüne düşen yağış miktarı eksikliğini ifade etmektedir.
- Tarımsal kuraklık (toprak nemi kuraklığı); toprak nemi eksikliğidir ve bitki örtüsüne nem tedarikini azaltmaktadır. Tarımsal kuraklık tarımsal üretim yetersizliğine sebep olmakta, bu da tarım ürünlerinde kıtlığa sebep olmaktadır.
- Hidrolojik kuraklık; yüzey ve yeraltı sularındaki negatif gelişmelerle ilgili bir terimdir. Normalin altındaki yeraltı veya göllerdeki su seviyeleri, azalan sulak alan ve akarsu akımı olarak tanımlanmaktadır.
- Sosyoekonomik kuraklık; yukarıda bahsedilen başta meteorolojik kuraklık olmak üzere üç kuraklık türünün sonucu oluşmaktadır. Su kaynakları sistemlerinin su taleplerini karşılamada yetersiz kalması ve bunun sonucunda ekolojik ve sağlıkla ilgili olumsuz sonuçların ortaya çıkmasıdır.

Özetlemek gerekirse; literatürde yaygın bir şekilde meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık olarak üç tip kuraklık tanımlanmakta [11] ve bu kuraklık sebebiyle bazı ekonomik ve tarımsal ürünlerin üretiminin sağlanamaması, kuraklığın sosyoekonomik etkilerinin yaşandığı sosyoekonomik kuraklık oluşmaktadır [13-15].

Bu araştırmanın konusunu teşkil eden hidrolojik kuraklık, meteorolojik kuraklığın su kaynakları üzerine etkisi olarak tanımlanmaktadır [14]. Diğer bir deyişle hidrolojik kuraklık, nehirlerde anormal düzeyde düşük akarsu akışı ve göllerde, rezervuarlarda ve yeraltı sularında anormal düzeyde düşük seviyeler olarak kendini gösteren hidrolojik sistemdeki su eksikliğini ifade etmektedir [3] ve tekrarlayan bir doğal tehlikeyi ifade eden daha büyük kuraklık olgusunun bir parçasıdır [16].

Meteorolojik kuraklık ve hidrolojik kuraklık tarımsal kuraklığa ve etkileri açısından da sosyoekonomik kuraklığa sebep olmaktadır [14,15]. Kuraklığın sosyal yaşam üzerine etkileri, yani sosyoekonomik kuraklık,

büyük kitleleri etkilemektedir. Özellikle tarımsal alanlardaki yok olma eğilimini gösteren azalmalar, bir an önce tedbir alınmasını zorunlu kılmaktadır. Çünkü yaşam için vazgeçilmez bir doğal kaynak olan su olmadan canlı yaşamının sürdürülmesi imkânsızdır. Küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin en belirgin sonuçlarından olan su rezervlerindeki azalmanın, çevresel etkilerinin de ötesinde sürdürülebilir yaşamı engelleyebilecek seviyelere ulaştığı gözlenmektedir.

Araştırmanın esas alındığı 2011-2021 yılları ve 2015-2021 yılları arasında Türkiye’de sıcaklık değişimlerine bakıldığında; 2011 yılı Türkiye ortalama sıcaklığının aylar arasında önemli farklılıklar görülmesine rağmen 13.2°C ile 1971-2000 yılları ortalaması olan 13.2°C civarında gerçekleştiği [17], 2015 yılının ortalama sıcaklığının 14.3°C ile 1981-2010 normali olan 13.5°C’nin 0.8°C üzerinde gerçekleştiği ve 2015 yılının 1971’den bu yana gerçekleşen beşinci sıcak yıl olduğu [18], 2021 yılı ortalama sıcaklığının 14.9°C ile 1981–2010 ortalaması olan 13.5°C’nin 1.4°C üzerinde, 1991-2020 ortalaması olan 13.9°C’nin ise 1°C üzerinde gerçekleştiği görülmektedir. Türkiye ortalama sıcaklık değerlerinde, 2011 yılı hariç, 1998 yılından beri yükselen sıcaklık farkları dikkati çekmektedir. En sıcak yıl 15.5°C ile 2010 yılı olurken, 2021 yılı 14.9°C sıcaklık değeriyle en sıcak dördüncü yıl olmuştur [19].

Alansal ortalama yağışlara bakıldığında; aylar arasında ve batı bölgelerinde önemli yağış farklılıkları görülmekle birlikte Türkiye’nin 2011 yılı alansal ortalama yağışının 654.7 mm ile uzun yıllık ortalama olan 642.8 mm’nin %2 yani 11.9 mm üzerinde gerçekleştiği [17], 2015 yılında alansal ortalama yağışın 577 mm ile uzun yıllık ortalama olan 574 mm civarında gerçekleştiği [18], ve 2021 yılı alansal ortalama yağışın 524.8 mm olarak 1991-2020 normali olan 573.4 mm’nin 48,6mm yani %8.5 altında gerçekleştiği dikkati çekmektedir [19,20]. Yağışlardaki azalma nedeniyle kuraklığın etkisi en fazla su kaynaklarında hissedilmektedir [21]. Elektrik üretilen baraj göllerindeki su kayıpları elektrik üretimini de olumsuz etkilemektedir.

Su kaynaklarında yaşanan bu azalma tarım ve orman ürünlerinde de azalışa, enerji sıkıntısına ve kıyı bölgelerden iç bölgelere doğru nüfus göçüne sebep olacaktır. Ekolojik dengenin korunması ve insan topluluklarının yaşamını sürdürülebilmesi için, su rezervlerinin bugün ve gelecekteki ihtiyaçları karşılayabilecek şekilde akılcı kullanılması bir zorunluluktur [15].

Dünya ülkelerinin su fakirlik indeksini belirlemek için 2002 yılında yapılan ve su kaynağı, erişim, kapasite, kullanım ve çevre olmak üzere beş farklı kategorinin değerlendirildiği bir çalışmada Türkiye, 147 ülke arasında 78. sırada yer alırken, Finlandiya 1. sırada yer almıştır [22].

Türkiye’de kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1960 yılında 4000 m<sup>3</sup> iken [23], 2000 yılında 1.652 m<sup>3</sup>’e, 2009 yılında 1.544 m<sup>3</sup>’e ve 2020 yılında ise 1.346 m<sup>3</sup>’e gerilemiştir. Su kaybındaki dramatik düşüş

dikkat çekicidir. Kişi başına düşen kullanılabilir su potansiyeline bakıldığında, Türkiye su baskısı yaşayan, gelecekte sıkıntı yaşayabilecek ülkeler arasında bulunmaktadır [24].

Küresel ısınmanın ve küresel iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkilerinin incelendiği bu çalışmada örnek olarak Düden Gölü, Gököy baraj Gölü, Bademli Baraj Gölü ve Burdur Gölü ele alınmıştır. Gerek su kaynaklarındaki azalmaya gerekse enerji kaynaklarına dikkat çekmeye ve bunun küresel etkilerinin tespit edilmesiyle bir farkındalık oluşturulmaya ve sürdürülebilir politikalar üretilmesi için yardımcı olunmaya çalışılmıştır.

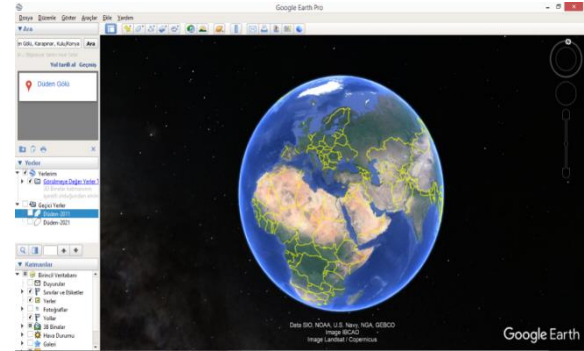
## 2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Gelişen uydu teknolojisinin kullanıldığı uzaktan algılama, hidrolojik su değişimlerinin, kuraklığın izlenmesinde ve su kaynakları yönetiminde büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu yöntemde uydu görüntüleri kullanılarak göllerin su alanlarında meydana gelen değişimler izlenebilmekte ve geleneksel yöntemlerle elde edilmesi mümkün olmayan bilgilere ulaşılabilmektedir [25,26].

Bu çalışmada kullanacağımız yardımcı araç Google şirketinin kullanıma sürdüğü “Google Earth Pro” (Şekil 1) programıdır.

Google Earth, tüm Dünya'nın uydular vasıtasıyla çekilmiş değişik çözünürlükteki fotoğraflarının temin

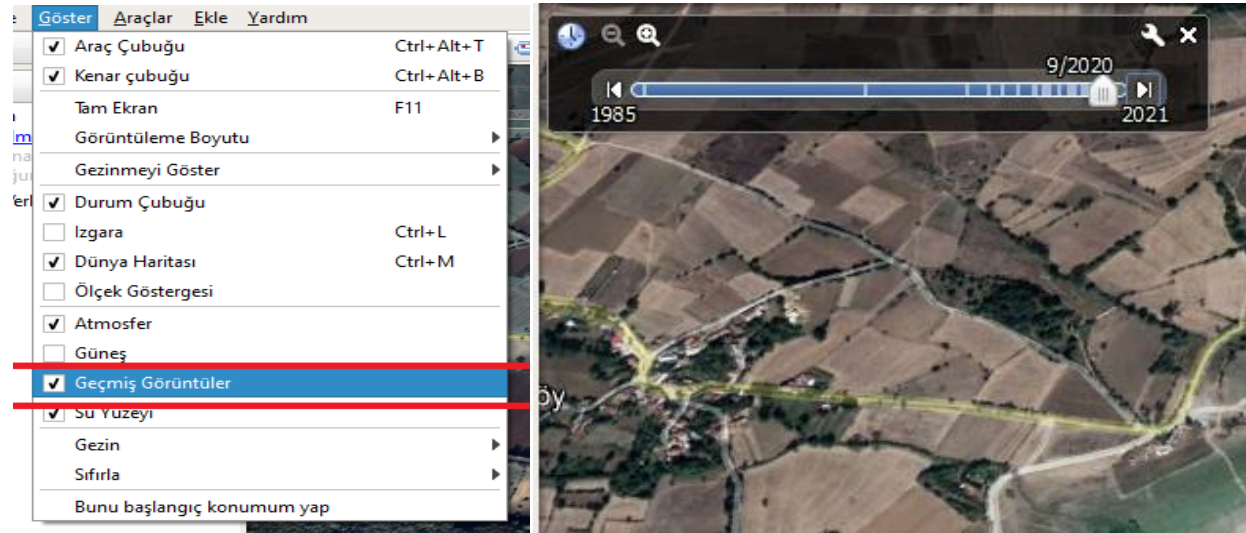
edilebildiği, Keyhole isimli şirket tarafından geliştirilen ve Google Labs tarafından satın alınan bir bilgisayar yazılım programıdır. Bu programın birçok özelliği var olmasına rağmen, çalışmamızda sadece iki özelliği kullanılacaktır.



Şekil 1. Google Earth yazılımı (Google Earth software)

Google Earth, verilerini Dünya'yı incelemek için uzayda konuşlanmış uydulardan almakta ve programın yazılımına tabi tutarak kullanılabilir hale getirmektedir.

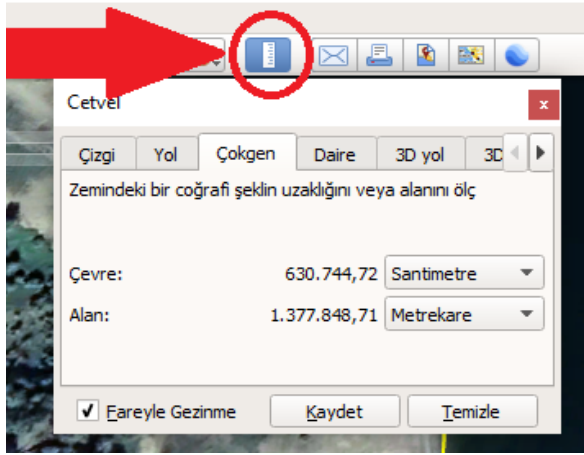
Google Earth Pro'da önceki verilere ulaşabilmek için menüsünde bulunan görev çubuğundan “göster” seçeneğinden “geçmiş görüntüler” özelliğini aktif edilerek zaman içerisindeki görüntülere ulaşılabilmektedir (Şekil 2). Haritanın sol üstünde beliren zaman çizelgesinden istenilen tarih seçilerek seçilen zamandaki görüntü elde edilebilir.



Şekil 2. Google Earth Pro yazılım menüsü (Google Earth Pro software menu)

Google Earth Pro uygulamasında manuel olarak köşe noktalarının işaretlenmesi ile seçilen yüzeyin alanı bulunabilir. Bu süreçte ne kadar fazla köşe noktası alınırsa o kadar daha az hata payı olacaktır. İşaretleme yapmak için Google Earth Pro uygulamasında üstteki görev çubuğundan “cetvel” imgesine tıklayarak açılan

pencerede “çokgen” (Şekil 3) seçeneği seçilerek köşe noktaları işaretlenir. Her kıvrım ve kenarlar yeterli köşe noktasıyla işaretlenince çevre ve alan hesabı açılan pencerede görülecektir (Şekil 3).



Şekil 3. Alan hesaplama motoru (Area calculation program)

SPI (Standardized Precipitation Index- Standart Yağış İndeksi) dünya çapında çoğunlukla kullanılan ve sadece

yağış verileri ile çalışan bir meteorolojik kuraklık formülüdür [14]. İlk olarak Mc Kee ve ark. tarafından geliştirilen Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) farklı iklimlere sahip bölgelerin kuraklık durumunu tanımlamak amacıyla yağış parametresini sayısal bir değere dönüştürmektedir [27].

SPI ilgilenilen bir zaman dilimi içerisinde düşen toplam yağışın, o zaman diliminin de içinde olduğu uzun yıllar ortalamasından farkının, yine o zaman diliminin uzun yıllar verilerinden elde edilen standart sapmasına oranı ile elde edilmektedir [14].

$$SPI = (X_i - X_{ort}) / \sigma \quad (1)$$

$X_i$ , belli bir zaman dilimi içerisindeki toplam yağışı,  $X_{ort}$  araştırmaya konu edilen zaman dilimi içerisindeki yağış toplamının uzun yıllar ortalamasını ve  $\sigma$  ilgili zaman diliminin uzun yıllar verisinden elde edilen standart sapmasını ifade eder. SPI indisinin sayısal değerleri ve hangi sınıfa karşılık geldiği Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. SPI değerleri ve sınıflandırma (SPI values and categorization) [28]

Sınıflandırma	Olağanüstü Nemli	Aşırı Nemli	Çok Nemli	Orta Nemli	Hafif Nemli	Normal Civarı	Hafif Kurak	Orta Kurak	Şiddetli Kurak	Çok Şiddetli Kurak	Olağanüstü Kurak
SPI İndisi Değerleri		1,6	1,3	0,8	0,51	0,5	-0,51	-0,8	-1,3	-1,6	>-2
	>2,00	1,99	1,59	1,29	0,79	-0,5	-0,79	-1,29	-1,59	-1,99	

Kuraklık olayı burada, SPI'nin sürekli olarak negatif olduğu veya -1.0 ve daha düşük bir değere karşılık geldiği bir dönem olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle kuraklık SPI ilk sıfırın altına düştüğünde başlamakta ve pozitif değere ulaştığında sona ermektedir [27].

Araştırmada Konya’da bulunan Düden Gölü, Bolu’da bulunan Gököy Baraj Gölü, Burdur’da bulunan Burdur Gölü ve Bademli Baraj Gölü incelenmiştir.

### 2.1. Düden Gölü

İç Anadolu Bölgesi’nde Tuz Gölü’nün kuzey batısında, Konya’nın Kulu ilçe merkezine 5 km. mesafede bulunan Düden Gölü denizden 950 metre yükseklikte, 800 hektarlık sığ ve tektonik bir göldür (Şekil 4). Gölün suyu hafif tuzludur. Başlıca su girişi batıdaki Kulu Deresi yoluyla gerçekleşmekte, göl çevresinde bulunan küçük pınarlar da suları ile gölü beslemektedir. Su çıkışı yoktur. Gölün bulunduğu İç Anadolu Bölgesi denizden uzaklığı ve dağların uzantılarında kaldığı için karasal iklime sahiptir. Karasal iklim de yaz ayları sıcak ve kurak geçerken kışları soğuk ve kar yağışlıdır. Yaz aylarının kurak geçmesi sebebiyle step iklimi hâkimdir. Bitki örtüsü bozkır olup küçük pınarların göle karıştığı noktalar dışında çok zayıftır ve ormanların azlığı sebebiyle aldığı yağış da azdır. Genelde daha az suya

ihtiyaç duyan patates, çavdar ve yeşil mercimek, elma ve armut gibi ürünler yetiştirilmektedir [29].

Düden Gölü, dünya çapında nesli tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan dikkuyruk ve flamingo gibi kuşlarının Türkiye’deki en önemli üreme alanlarından biridir. Göl ve çevresinde ayrıca, gülen sumru, Macar ördeği, yaz ördeği, kılıçgaga, pasbaşpatka, angit, cılıbit, kara boyunlu batağan, uzunbacak ve Akdeniz martısı kuşları da yaşamaktadır [29].

Düden gölünün bulunduğu Konya ilinin 1991-2021 yılları arasındaki mevsim normallerine bakıldığında; ortalama sıcaklığın 11.9 °C, ortalama en yüksek sıcaklığın 18.3°C, ortalama en düşük sıcaklığın 6.0°C, ortalama yağışlı gün sayısının 95.2 gün ve yıllık toplam yağış miktarı ortalamasının 325.3 mm olduğu görülmektedir [30].



Şekil 4. Düden Gölü (Düden Lake)

## 2.2. Gölköy Baraj Gölü

Bu araştırmada incelenen Bolu ilindeki Gölköy Baraj Gölü, Bolu'nun 10 kilometre batısında, Bolu Ovası'nı sulama ve taşkın kontrolü amacıyla Mudurnu ve Büyüksu çayları üzerinde kurulmuştur (Şekil 5). Alanı, su seviyesinin yüksek olduğu zamanlarda 185 hektarı bulmaktadır [31].

Gölköy Baraj Gölünün bulunduğu Bolu ilinin 1991-2021 yılları arasındaki mevsim normallerine bakıldığında; ortalama sıcaklığın  $10.9^{\circ}\text{C}$ , ortalama en yüksek sıcaklığın  $17.7^{\circ}\text{C}$ , ortalama en düşük sıcaklığın  $5.8^{\circ}\text{C}$ , ortalama yağışlı gün sayısının 132.2 gün ve yıllık toplam yağış miktarı ortalamasının  $573.6\text{ mm}$  olduğu görülmektedir[32].



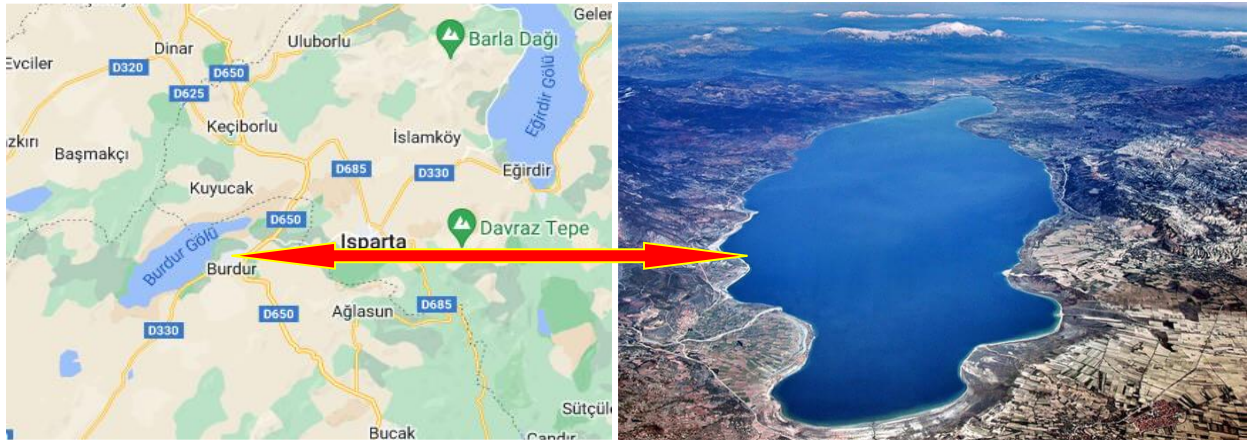
Şekil 5. Gölköy Baraj Gölü (Gölköy Dam Lake)

## 2.3. Burdur Gölü

Burdur Gölü, Burdur iliyle Isparta ili arasında oluk şeklinde kuzeydoğu ve güneybatı doğrultusunda uzanan, suyla dolu tektonik bir çöküntüdür. (Şekil 6). Göl büyüklüğü açısından tuzlu göller arasında üçüncü, Türkiye'de ise yedinci büyük göldür. Türkiye'nin en derin göllerinden biridir. Koordinatları,  $37^{\circ}45'$  Kuzey,  $30^{\circ}12'$  Doğu'dur. Burdur bölgesinde karasal iklim hâkimdir. Oldukça yakın olmasına rağmen Akdeniz ikliminin hâkim olmamasının sebebi, yüksek dağlardır. Yazlar oldukça sıcak, kışları oldukça soğuk geçer. Bölgede  $-16,7^{\circ}\text{C}$  -  $+39,6^{\circ}\text{C}$  arasında seyreden bir sıcaklık

vardır. Burdur Gölü havzasına su girişi ve çıkışı olmayıp, kapalı bir havzadır. Gölün su rezervini, düşen yağışlar, taşkın dereler, mevsimlik ve sürekli nehirler ve yeraltı suyu oluşturmaktadır. Bozcay, Ulupınar, Bayındır, Bügdüz, Kurna Çerçin, Keçiborlu (Adalar Çayı) dereleri gölü besleyen önemli akarsulardır. Bunların debileri oldukça düşüktür ve genelde yaz aylarında kurumaktadır.

Burdur Gölü alt havzası iki yüzün üzerinde kuş türünün yaşadığı ülkemizin önemli yaşam alanlarından birisidir. Göl, tükenme tehlikesi yaşayan dikkuyruk ördeğinin de kışlama alanıdır. Kuş türlerinde sonbahar ve kış aylarında ciddi bir artışlar olmaktadır [33].



Şekil 6. Burdur Gölü (Burdur Lake) [34]

#### 2.4. Bademli Baraj Gölü

Burdur ilinde sulama amacı ile Bademli Çayı üzerinde 1987-1997 yılları arasında inşa edilen Bademli Barajının gövde hacmi 707.000 m<sup>3</sup>'dür.

Burdur Gölü ve Bademli Baraj Gölünün bulunduğu Burdur ilinin 1991-2021 yılları arasındaki mevsim



Şekil 7. Bademli baraj Gölü (Bademli Dam Lake)

### 3. ANALİZ VE SONUÇLAR

Google Earth Pro'nun araştırmamız için en önemli özelliği olan yüzölçümü hesaplama aracını kullanılarak Şekil 8'deki zamana bağlı olarak sınırladığımız su kaynak yüzölçümlerinden aldığımız verilere göre:

Araştırmamıza göre Konya Düden Gölü'nün 2011 yılındaki yüzölçümü 8.049.498,05 m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. 2021 yılındaki yüzölçümü ise 7.777.292,64 m<sup>2</sup>'dir. Google Earth verilerine göre Düden Gölü'nde 2011 yılından 2021 yılına kadar yüzeiden 272.205,41 m<sup>2</sup>'lik alana eşit su kaybı meydana gelmiştir. Bu belirtilen kayıp metre küp cinsinden suyun miktarı değil, yüzölçümüdür. Yüzde olarak bakıldığında ise bu kaybının %3,4 olduğu görülmektedir.

Bolu Gököy Baraj Gölü'nün 2015 yılındaki yüzölçümü 1.773.776,80 m<sup>2</sup> iken 2021 yılındaki yüz ölçümünün 1.337.848,71 m<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Gököy Baraj

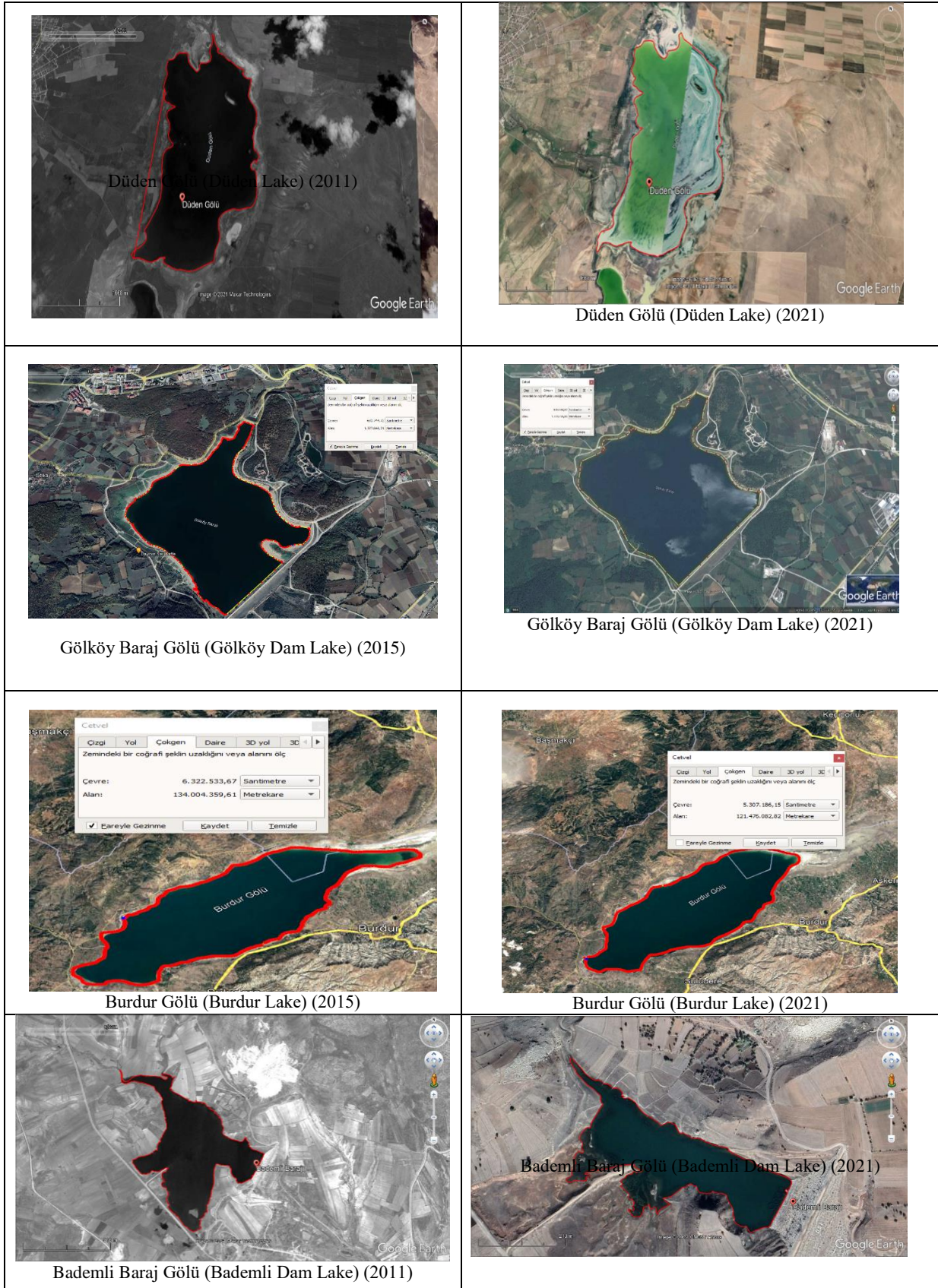
normallerine bakıldığında; ortalama sıcaklığın 13,5°C, en yüksek ortalama sıcaklığın 20,1°C, en düşük ortalama sıcaklığın 7,7°C, ortalama yağışlı gün sayısının 94,5 gün ve yıllık toplam yağış miktarı ortalamasının 432,3 mm olduğu görülmektedir [35].

Gölünde 2015 yılından itibaren son yedi yılda yüzeiden 435.928,09 m<sup>2</sup>'lik bir alana eşit su kaybı meydana gelmiştir. Yüzde olarak bakıldığında ise Gököy Baraj Gölündeki su kaybı %24,6'dır.

Burdur Gölünün Google Earth verilerine göre 2015 yılındaki yüz ölçümüne baktığımızda 134.004.359,61 m<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. 2021 yılındaki yüzey alanı ise 121.476.082,82 m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Bu şekilde Burdur gölü 2015 yılından 2021 yılına kadar olan yedi yıllık süreçte 12.528.277 m<sup>2</sup> küçülmüştür. Bu su kaybı yüzölçümünün %10,3'üne eşit bir alandır.

Burdur'da bulunan Bademli Baraj Gölünün 2011 yılı yüzölçümü; 382.087,072 m<sup>2</sup> iken, 2021 yılında 102.906,84 m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Son on bir yıllık bir zaman aralığında Bademli Barajı'nın yüzölçümü 382.087,072 m<sup>2</sup>'den 102.906,84 m<sup>2</sup>'ye gerilemiş olup, barajın yüzölçümü 279.181 m<sup>2</sup> azalmıştır. Bademli Baraj Gölündeki son on bir yıldaki su kaybı %73,1 seviyelerine ulaşmıştır.





Şekil 8. Zamana bağlı yüzölçümler (Time-dependent surface areas)

Araştırmaya konu olan iki göl, Burdur Gölü ve Bademli Baraj Gölü, Burdur ili sınırları içerisinde bulunmaktadır. Burdur gölü, 2015-2021 yılları arasında yüzölçümünün %10.3'ünü; Bademli baraj gölü ise 2011-2021 yılları arasında yüzölçümünün %73.1'ini kaybetmiştir. Meteoroloji verilerine göre; Burdur iline düşen toplam yağış miktarı 2011 yılında 466,2 mm ve 2015 yılında 457.8 mm iken 2021 yılında dramatik bir düşüşle 328 mm'ye gerilemiştir. Aynı ilin 2011, 2015 ve 2021 yıllarındaki Standart Yağış İndeksi (SPI) verilerine bakıldığında ise sırasıyla 1.0727; 0.8396 ve -2.931 olduğu görülmektedir. SPI verileri Çizelge 1'deki cetvelle karşılaştırıldığında; araştırmanın başlangıcı olarak ele alınan 2011 ve 2015 yıllarının Standart Yağış İndekslerinin pozitif, yani nemli alanda iken, 2021 yılında olağanüstü kurağa ( $> -2$ ) döndüğü görülmektedir. Buradan yola çıkarak, Burdur ilinin yıllık toplam yağış miktarlarının, SPI verilerinin ve Google Earth ile tespit edilen göllerdeki yüzey kaybı verilerinin birbirleriyle uyumlu olduğu söylenebilir.

Araştırmaya konu olan diğer bir göl, Düden Gölüdür ve Konya'da bulunmaktadır. Düden Gölü araştırmanın başlangıç yılı olan 2011 yılı ile 2021 yılları arasında su yüzölçümünün %3.4'ünü kaybetmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan verilere göre; Konya iline düşen toplam yağış miktarı 2011 yılında 413.4 mm iken 2021 yılında 359.7 mm'ye gerilemiştir. Aynı ilin 2011 ve 2021 yıllarındaki SPI verilerine bakıldığında sırasıyla 3.36 ve 1.199 olduğu görülmektedir. Yani 2011 yılından 2021 yılına kadar Standart Yağış İndeksinin "olağanüstü nemliden" ( $>2.00$ ) "orta nemliye" (0.8-1.29) döndüğü, yağışların kısmen düştüğü görülmektedir. Bu değişim Google Earth ile ölçülen nispeten küçük yüzey kaybını açıklamaktadır. Diğer bir deyişle; Konya ilinin yıllık toplam yağış verileri, SPI verileri ve Google Earth ölçümleri birbirleriyle uyumludur.

Bolu ilinde konuşlu Gököy Baraj gölü, araştırmanın başlangıç yılı olan 2015 ile 2021 yılları arasında yüzölçümünün %24.6'sını kaybetmiştir. Meteorolojiden elde edilen verilere göre; Bolu iline düşen toplam yağış miktarının 2015 yılında 636,3mm iken 2021 yılında 660,9mm'ye yükseldiği görülmektedir. Ayrıca aynı ilin 2015 ve 2021 yıllarındaki SPI verilerine bakıldığında sırasıyla 1.971 ve 4.325 olduğu görülmektedir. Yani Çizelge 1'deki cetvelle karşılaştırıldığında 2015 yılında "aşırı nemli" (1.6-1.99) iken, 2021 yılında yağış indeksinin daha da yükselerek "olağanüstü nemli" ( $>2.00$ ) duruma geldiği görülmektedir. Yıllık toplam yağış miktarları ile SPI verilerine dayanarak, 2015 yılına göre 2021 yılında gölün Google Earth ölçümünde yüzölçümünün artması beklenmekte iken düşmüştür. Fakat ara yıllara bakıldığında meteorolojiden alınan verilere göre 2020 yılında Bolu iline düşen yağış miktarının önemli ölçüde düşerek 535,6 mm olduğu görüldüğünden, bu yılın yağış indeksinin değerlendirmeye alınması gerektiği değerlendirilmiştir. 2020 yılı Bolu ilinin Standart Yağış İndeksi -0,2991 olarak hesaplanmıştır. Yani 2015 yılında "aşırı nemli"

iken, 2020 yılında "normal civarı"na gerilemiştir. O zaman Gököy barajının 2020 yılına 2015 yılına göre önemli ölçüde su kaybettiği, 2021 yılında ise toparlanmaya başladığı ama 2015 yılına göre halen yüzeyden %24.6 kayıp olduğu değerlendirilmektedir. Diğer bir deyişle, 2020 yılı verileri de dikkate alındığında; yıllık toplam yağış verileri, SPI verileri ve Google Earth ölçümleri birbirleriyle uyumlu görülmektedir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliği yağış özelliklerini değiştirerek o bölgenin su kaynakları üzerinde etkili olmaktadır. Yağışlar, belli bir zaman diliminde bölgenin su dengesinde değişiklikler meydana gelen getirmektedir. Bu nedenle iklim değişikliğine bağlı olarak değişen yağış rejimi, su kaynakları ve bölgenin hidrolojisi için önemli sonuçlar doğurabilmektedir. Günlük, mevsimlik, yıllık ve on yıllık döngüler halinde yağışlar rejiminde meydana gelen değişiklikler, su havzalarında hidrolojik değişikliklere sebep olmaktadır. Belli bir zaman aralığında yaşanan sıcaklık ve dolayısıyla buharlaşma da etkilidir ancak yağışlar yeryüzündeki suyun kaynağıdır.

Su kayıplarının nedeninin yağış eksikliği olduğu, SPI değerleriyle uydu ölçümlerinin uyumlu olmasından anlaşılmaktadır. Araştırma sonucunda araştırmaya konu olan göllerde ölçülen su yüzey kayıpları oldukça önemlidir ve ivedi ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Bugünkü ve gelecekteki kuşakların yaşamlarını sürdürebilmeleri için iklimin korunması çok önemlidir. Bu nedenle küresel ısınma ve olumsuz etkilerinin azaltılması için gerekli tedbirler öncelikle alınmalıdır. Günümüzün çözüm bekleyen önemli küresel sorunlarından biri olan küresel ısınma ve sebep olduğu iklim değişikliği, uluslararası düzeyde alınacak önlemlerle ele alınmalıdır. Zira kıtlık, kuraklık ve göç gibi etkileri olan iklim değişikliği sadece çevre sorunu değil, aynı zamanda ekonomik ve uluslararası işbirliğini zorunlu kılan bir sorun olduğu açıktır. Uluslar arası kuruluşların, sivil toplum kuruluşlarının ve hükümetlerin konuyla ilgili farkındalık oluşturacak icraatlar yapması ve küresel ısınmayı ve etkilerini azaltacak sistemli adımlar atması giderek büyüyen bu küresel sorunun yıkıcı hale gelmemesi açısından önemlidir.

#### ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

#### YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

**Gürdoğan DOĞRUL:** Literatür çalışması, metodun uygulanması, sonuçların ve makalenin yazım işlemini

gerçekleştirmiştir. / He carried out the literature review, application of the method, writing the results and the manuscript.

**Murat ALKAN:** Literatür çalışması, metodun uygulanması, sonuçların ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir. / He carried out the literature review, application of the method, writing the results and the manuscript.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur. / There is no conflict of interest in this study.

#### REFERANSLAR

- [1] Irasema AA., "Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries", *Geomorphology*, 47:107-124, (2002).
- [2] Zbigniew WK., Zdzislaw K., "Coping with hydrological extremes", *Water Int*, 25:66-75, (2000).
- [3] Lena MT., Henny AJVL., "Hydrological drought: processes and estimation methods for streamflow and groundwater", *In: Developments in Water Science*, vol. 48, (2004).
- [4] Swapnil SV., Bimal KB., Rahul N., Pulak G., Kripan GN., Chattopadhyay N., Gairola RM., "A combined deficit index for regional agricultural drought assessment over semi-arid tract of India using geostationary meteorological satellite data", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 39, 28-39, (2015).
- [5] Donald AW., ed. "Drought: A global assessment", *Routledge Hazards and Disasters Series*, vol. I & II, (2000).
- [6] Justin S., Eric F.W., "Drought: Past problems and future scenarios", London and Washington DC: Earthscan, (2011).
- [7] Michelle THVV., John RY., Fulco L., Stefan V., Dennis PL., Pavel K., "Vulnerability of US and European electricity supply to climate change", *Nat Clim Change*, 2:676-681, (2012).
- [8] Göknil ÇY., Türkiye'de küresel ısınmaya yol açan sera gazı emisyonlarındaki artış ile mücadelede iktisadi araçların rolü, Y.Lisans Tezi, A.Ü., SBE, (2006).
- [9] Emre O., Gang C., Burak BU., "Multi scale object-based drought monitoring and comparison in rainfed and irrigated agriculture from Landsat 8 OLI imagery", *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 44, 159-170, (2016).
- [10] Benjamin LH., "The impracticality of a universal drought definition", *Theoretical and Applied Climatology*, 117:607-611, (2014).
- [11] Anne FVL., "Hydrological drought explained", *WIREs Water*, 2, 359-392, (2015).
- [12] Ashok KM., Vijay PS., "A review of drought concepts", *Journal of Hydrology*, 391(1-2), 204-216, (2010).
- [13] Gülay PM., Süer A., Emrah Ö., "Kuraklık yönetim stratejileri", *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2): 175-181, (2011).
- [14] Jeanne LN., David CLM., Deon CN., Belinda R., Sally A., Brian WW., Greg GF. Andre KT., Patrick JOF., Jean-Marc MK., Francois AE., Evison K., Lara VN., Laurie B., "Natural hazards in a changing world: a case for ecosystem-based management", *PLoS One*, (2014).
- [15] Emre Ö., Muhittin K., "Baraj göllerindeki meteorolojik ve hidrolojik kuraklığın etkisinin çok zamanlı uydu görüntüleri ile analizi: Atıkhisar barajı (Çanakkale) örneği" *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 7, Sayı 2, 1023-1037 (2018).
- [16] Donald AW., Michael HG., "Understanding the drought phenomenon: the role of definitions", *Water Int*, 10:111-120, (2009).
- [17] "Türkiye 2011 Yılı iklim değerlendirmesi", Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, (2012).
- [18] "2015 Yılı iklim değerlendirmesi", Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, (2016).
- [19] "2021 Yılı iklim değerlendirmesi" Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İklim ve Ziraî Meteoroloji Dairesi Başkanlığı, Araştırma Dairesi Başkanlığı, (2022).
- [20] "2021 Yılı yağış değerlendirmesi", Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, (2022).
- [21] Erol K., "Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi", *Marmara Coğrafya Dergisi*, (27), 487-510, (2013).
- [22] Peter L., Jeremy M., Caroline S., "The water poverty index: an international comparison", *Keele Economics Research Papers*, (2002).
- [23] Gökşen Ç., "Su kaynakları yönetimi ve iklim değişikliği", *İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi, AB-TR*, (2019).
- [24] <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>. Erişim Tarihi: 10.01.2022.
- [25] Murat K., "Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak göksu deltası göllerinde zamansal değişimlerin incelenmesi", *The Journal of International Social Research*, Cilt: 8 Sayı: 37 Volume: 8 Issue: 37, (2015).
- [26] İrfan A., Derya M., "Göl yüzeyi değişimlerinin belirlenmesinde farklı dijital görüntü işleme tekniklerinin kullanılması", IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012), Zonguldak, (2012).
- [27] Thomas BM., Nolan JD., John K., "The relationship of drought frequency and duration of time scales", Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan17- 23, Anaheim CA, pp.179-186, (1993).
- [28] [https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendi\\_rme/kuraklik-analizi.aspx?d=yontemsinif](https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendi_rme/kuraklik-analizi.aspx?d=yontemsinif). Erişim Tarihi:10.01.2022.
- [29] <http://www.turkiyesulakalanlari.com/kulu-duden-golu-konya/>.Erişim Tarihi:10.01.2022.
- [30] [https://www.mgm.gov.tr/veridegerlen\\_dirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=KONYA](https://www.mgm.gov.tr/veridegerlen_dirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=KONYA).Erişim Tarihi: 10.01.2022.
- [31] <http://www.bolu.gov.tr/golkoy-baraj-golu>. Erişim Tarihi: 10.01.2022.

- [32] [https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendi\\_rme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=BOLU](https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendi_rme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=BOLU) Erişim Tarihi: 10.01.2022.
- [33] <http://www.burdur.gov.tr/goller>. Erişim Tarihi: 10.01.2022.
- [34] <https://www.goller.gen.tr/burdur-golu.html>. Erişim Tarihi: 10.01.2022.
- [35] [https://www.mgm.gov.tr/veridegerlen\\_dirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=BURDUR](https://www.mgm.gov.tr/veridegerlen_dirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=BURDUR). Erişim Tarihi: 10.01.2022