



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak ZerneK Barajının Alansal, Hacimsel ve Kıyı Değişimlerinin Zamana Bağlı Analizi

Time Dependent Analysis of Spatial, Volumetric and Coastal Variations of ZerneK Dam Using Remote Sensing Techniques

Yazar(lar) (Author(s)): İbrahim DEMİROĞLU¹ Fred Barış ERNST²

¹ ORCID ID: 0000-0003-3302-6402

² ORCID ID: 0000-0002-7568-2582

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Demiroğlu İ., Ernst F.B., “Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak ZerneK Barajının Alansal, Hacimsel ve Kıyı Değişimlerinin Zamana Bağlı Analizi”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 7(1): 15-26, (2022).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>



Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak ZerneK Barajının Alansal, Hacimsel ve Kıyı Değişimlerinin Zamana Bağlı Analizi

İbrahim DEMİROĞLU¹ Fred Barış ERNST¹

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Haliliye, ŞANLIURFA

²Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Haliliye, ŞANLIURFA

Öz

Sürdürülebilir ekosistemin sağlıklı bir şekilde işleminin önündeki engellerin başında kuraklık ve dolayısıyla susuzluk yer almaktadır. Su kaynakları ve su rezervlerinde zaman içinde meydana gelen değişimlerin incelenmesinin, söz konusu problemlerin çözümüne katkı sunacağı düşünülmektedir. Hidroloji analizlerinin uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi entegrasyonu ile yapılması hem maliyet hem de zaman açısından büyük fayda sağlamaktadır. Bu çerçevede çalışmada ZerneK Baraj Gölü'ne (Van) ilişkin 2000-2021 yılları arasında gerçekleşen hacimsel ve alansal değişimler incelenmiştir. Landsat uydu sistemlerine bağlı uydu verileri ve meteoroloji gözlem istasyonlarına ait veriler ışığında Normalize Edilmiş Fark Su Endeksi (NDWI) ve Radial Basis Function metotları kullanılarak analiz yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre 2021 yılında baraj su yüzey alanındaki 239.4002 hektarlık değer son yirmi yılda görülen en düşük seviyedeki su yüzey alanı olduğu tespit edilmiştir. Hacimsel değişim de su yüzey alanı değişiminde olduğu gibi 2020- 2021 yılları arasında 19.48 hm³'lük azalma ile son yirmi yıldaki meydana gelen en büyük azalmayı göstermektedir. Ayrıca yıllık sıcaklık ve yağış miktarlarının, baraja ilişkin su yüzey alanı üzerindeki etkilerinin tespit edilebilmesi amacıyla değişkenler arasındaki korelasyon ilişkisi incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre baraja ait su yüzey alanının minimum sıcaklıktan -0.427'lik bir korelasyon katsayısı ile orta düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir. Aynı değişkenin maksimum yağıştan ise 0.505'lik bir korelasyon katsayısı ile orta düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre su rezervlerinde meydana gelen değişimler analiz edilirken uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi teknolojilerinin kullanımının zaman ve maliyet açısından büyük fayda ve kolaylıklar sağladığı görülmektedir. Bu teknolojiler kullanılarak rezerv alanlarında meydana gelen değişim analizlerinin yapılması ile kaynaklara ilişkin yönetim politikalarının önemi ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla su kaynaklarının korunmasına yönelik politikaların uygulanmasının, gelecek kuşaklara daha sürdürülebilir bir yaşam alanı bırakılmasını olanaklı kılacağı düşünülmektedir.

Makale Bilgisi

Başvuru: 31/03/2022

Yayın: 30/04/2022

Anahtar Kelimeler

Uzaktan Algılama

NDWI

ZerneK Barajı

Keywords

Remote Sensing

NDWI

ZerneK Dam Base

Time Dependent Analysis of Spatial, Volumetric and Coastal Variations of ZerneK Dam Using Remote Sensing Techniques

Abstract

Drought and therefore lack of water is at the forefront of obstacles to the a healthy functioning of sustainable ecosystems. It is thought that examining the changes in water resources and water reserves over time will contribute to the solution of these problems. Performing hydrology analyzes with the integration of remote sensing and geographic information system provides great benefits in terms of both cost and time. In this context, the volumetric and spatial changes that took place between the years 2000-2021 regarding the ZerneK Dam Lake (Van) were examined in this study. Processing satellite data provided by Landsat satellite systems and data from meteorological observation stations, analysis was made using Normalized Difference Water Index (NDWI) and Radial Basis Function methods. According to the findings with 239,4002 hectares of dam water surface area in 2021 the lowest level of water surface has been observed during the last twenty years. The volumetric change, as well

as the change in water surface area, shows the greatest decrease in the last twenty years, with a decrease of 19.48 hm³ between 2020 and 2021. In addition, the correlation relationship between the variables was examined in order to determine the effects of annual temperature and precipitation amounts on the water surface area of the dam. As a result of the findings it was determined that the water surface area of the dam was moderately affected by the minimum temperature with a correlation coefficient of -0.427. It was determined that the same variable was moderately affected by maximum precipitation with a correlation coefficient of 0.505. According to the findings obtained from this study, the use of remote sensing and geographic information system technologies provides great benefits and conveniences in terms of time and cost while analyzing the changes in water reserves. The importance of management policies regarding resources is revealed by analyzing the changes in reserve areas by using these technologies. Therefore, it is thought that the implementation of policies for the protection of water resources will make it possible to leave a more sustainable ecosystem to future generations.

1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği; dünyanın varoluşundan beri defalarca meydana geldiği bilinmektedir. Ancak yakın geçmişten bu yana meydana gelen iklim değişikliğinin canlı yaşamı ve doğa üzerindeki etkilerine vurgu yapılmaktadır. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de küresel ısınmanın sonuçlarından biri olan kuraklığın afet boyutuna doğru yol aldığı düşünülmektedir [13,14]. Bu bağlamda küresel ısınma tüm canlı yaşamını ve ekosistemi kuraklık ile tehdit etmektedir.

Yer küre üzerindeki canlı yaşamının devamından bahsedilebilmesi için temel ihtiyaçların başında yer alan su; kuraklık tehlikesi ile her geçen gün sürdürülebilirliğini yitirmektedir. Suyun ve su kaynaklarının sürdürülebilir geleceği; bu kaynakların israf edilmeden ekosistem ile uyum gösterecek bir şekilde kullanılması ile sağlanabilmektedir [6]. Su kaynaklarında ve rezervlerinde zamanla meydana gelen azalma, ekolojik dengenin ana unsurlarını doğrudan etkilemektedir. Atmosferde rol aldığı birçok etkinlik ve fonksiyonlarıyla suyun; sürdürülebilir iklim ve canlı yaşamı üzerinde önemli etkileri olduğu ifade edilmektedir [36].

Gelecek nesillerin susuzluk tehlikesiyle karşılaşmaması için su kaynaklarına ve rezervlerine yönelik önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu kapsamda nüfusun artmasına bağlı olarak suya olan ihtiyacın da artması sonucunda su kaynaklarında meydana gelen değişimlerin incelenmesi ve iklim değişikliğinden kaynaklanan azalmaların belirlenmesi suyun etkin yönetimi açısından önemini ortaya koymaktadır [6]. Dolayısıyla su kaynaklarında meydana gelen değişimlerin zamana bağlı analizinin yapılması ve bu değişimlerin çevresel faktörlerden nasıl etkilendiğinin belirlenmesi gerekmektedir.

Teknolojinin gelişimine paralel olarak su rezervlerinin izlenmesi, haritalanması ve incelenmesi birçok yöntemle yapılabilmektedir. Ancak rezerv alanlarının zamansal değişimleri incelendiğinde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Haritacılıkta klasik ölçme yöntemleri küçük çalışma alanlarında tercih edilirken; daha geniş çalışma alanlarında uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması, büyük su kütlelerinin daha hızlı ve daha etkin incelenmesine olanak sağlamaktadır [15,19].

Uzaktan algılama yerden belirli bir yükseklikte veya uzaydaki uydu platformlarına yerleştirilmiş ölçüm aletleri vasıtasıyla nesnelere temas etmeden nesnelere hakkında uzamsal, geospektral bilgi alma ve analiz etme tekniğidir [9]. Uzaktan algılama tekniği platformlara yerleştirilen cihazlar aracılığıyla uydu görüntülerine ek olarak yer ölçümlerine esas coğrafi bilgi sistemi verilerini de işleyen unsurları barındırmaktadır. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi teknikleri ile mekânsal bilgi sunan uydu verileri kullanılarak baraj, göl ve gölet gibi su rezervlerinin incelenmesi hızlı, kolay ve daha az maliyetli hale gelmiştir. Dolayısıyla uzaktan algılama tekniklerinin, hidrolojik kuraklığın belirlenmesi ve modellenmesinde çok kullanışlı bir araç haline geldiği belirtilmiştir [1,2,3,5,7,8,10,11,16,17,22,27,30,32,34,35,37]. Ayrıca uzaktan algılama yöntemlerinin kıyı alanlarındaki uzun süreli değişimlerin ve suya bağlı doğal afetlerin yer yüzeyi üzerindeki etkilerinin incelenmesinde faydalı sonuçlar ortaya koyduğu bilinmektedir [39,40,41].

Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak su rezervleri ve su kaynaklarının tespit edilmesinde Normalize Edilmiş Fark Su Endeksi (NDWI) yöntemi önemli bir temel oluşturmaktadır. Su alanlarının belirlenmesinde büyük kolaylık ve etkinlik sağladığı düşünülen NDWI yöntemi birçok çalışmada kullanılmıştır [5,7,12,16,18,21,25,27,29,31,38]. Nitekim bu yöntem kullanılarak uydu görüntülerindeki su bulunan

Tablo 1. Landsat Uydu Verileri Spektral Özellikleri

Landsat 4-5 TM ve Landsat 7 ETM+			Landsat 8 OLI		
Band	Band Genişliği (µm)	Mekânsal Çöz. (m)	Band	Band Genişliği (µm)	Mekânsal Çöz. (m)
			Band-1 Kıyı	0.435-0.451	30
Band-1 Mavi	0.441- 0.514	30	Band-2 Mavi	0.452-0.512	30
Band-2 Yeşil	0.519- 0.601	30	Band-3 Yeşil	0.533-0.590	30
Band-3 Kırmızı	0.631- 0.692	30	Band-4 Kırmızı	0.636-0.673	30
Band-4 Yakın Kızılötesi	0.772- 0.898	30	Band-5 Yakın Kızılötesi	0.851-0.879	30
Band-5 Kısa Dalga Kızıl Ötesi-1	1.547- 1.749	30	Band-6 Kısa Dalga Kızılötesi-1	1.566-1.651	30
Band-6 Termal Kızıl Ötesi	10.31- 12.36	60	Band-7 Kısa Dalga Kızılötesi-2	2.107-2.294	30
Band-7 Kısa Dalga Kızıl Ötesi-2	2.064- 2.345	30	Band-8 Pan	0.503-0.676	15
Band-8 Pan (Landsat 7)	0.515-0.896	15	Band-9 Bulut	1.363-1.384	30
			Band-10 Termal Kızıl Ötesi-1	10.60-11.19	100
			Band-11 Termal Kızıl Ötesi-2	11.50-12.51	100

Tablo 2. Uydu Verilerine Ait Tarihler

Görüntü Tarihi	Kullanılan Uydu	Path/Row
02.07.2000	Landsat 5 TM	170/33
07.07.2001	Landsat 5 TM	170/33
10.07.2002	Landsat 5 TM	170/33
26.07.2003	Landsat 7 ETM	170/33
15.07.2004	Landsat 5 TM	170/33
02.07.2005	Landsat 5 TM	170/33
05.07.2006	Landsat 5 TM	170/33
24.07.2007	Landsat 5 TM	170/33
10.07.2008	Landsat 5 TM	170/33
13.07.2009	Landsat 5 TM	170/33
01.08.2010	Landsat 5 TM	170/33
03.07.2011	Landsat 5 TM	170/33
04.07.2012	Landsat 7 ETM	170/33
08.07.2013	Landsat 8 OLI	170/33
11.07.2014	Landsat 8 OLI	170/33
14.07.2015	Landsat 8 OLI	170/33
16.07.2016	Landsat 8 OLI	170/33
03.07.2017	Landsat 8 OLI	170/33
06.07.2018	Landsat 8 OLI	170/33
09.07.2019	Landsat 8 OLI	170/33
11.07.2020	Landsat 8 OLI	170/33
14.07.2021	Landsat 8 OLI	170/33

Çalışma bölgesinin coğrafi koşulları gereği akarsular ve su rezervleri kış mevsiminde minimum seviyelere düşmektedir. Kış mevsiminde yoğunluklu olarak kar şeklinde meydana gelen yağışlar, yaz mevsiminde eriyerek akarsulara karışmakta ve dolayısıyla su rezervleri maksimum seviyelere ulaşmaktadır[4]. Bu

nedenle çalışmada temmuz ayına ait veri setleri kullanılmıştır. Kullanılan uydu verilerinin projeksiyon sistemi Universal Transverse Markator (UTM) projeksiyonudur. Koordinat sistemi ve datumu ise World Geodetic Sytem 1984 (WGS-84) sistemindedir. Çalışmaya esas kullanılan diğer veriler de meteoroloji gözlem istasyonlarına ait 2000-2021 yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık değerleri ve 2010-2021 yılları arasındaki yıllık toplam yağış miktarlarıdır. Tablo 3'te gözlem istasyonları ve istasyonlara ait konum bilgileri yer almaktadır. Ayrıca Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen gözlem istasyonlarına ait UTM projeksiyonu ve WGS-84 datumundaki konumsal veriler de aynı tabloda yer almaktadır.

Tablo 3. Meteoroloji Gözlem İstasyonları

No	İstasyon Adı/Numarası	Sağa(Y)	Yukarı(X)
1	YÜKSEKOVA/17920	436972.85	4159289.83
2	HAKKÂRİ/17285	388630.96	4159354.13
3	BAŞKALE/17880	413771.53	4211097.18
4	BAHÇESARAY/18235	307857.69	4221310.02
5	BAŞKALE ALBAYRAK/18772	430557.03	4222166.63
6	BAŞKALE ÇALDIRAN/18773	422761.10	4182533.86
7	ÇALDIRAN AŞAĞIYANIKTAŞ/18779	404702.36	4343524.96
8	ÇATAK/18583	328970.09	4207116.85
9	ERCİŞ/17784	356172.34	4320286.89
10	GEVAŞ/17852	335574.20	4240363.33
11	GÜRPINAR SEVİNDİK/18776	402006.12	4240405.79
12	MURADIYE/17786	392869.02	4316383.47
13	ÖZALP/17812	410963.76	4279244.61
14	GÜRPINAR/18237	360846.12	4242830.22
15	SARAY/18585	428396.31	4277615.36
16	VAN BÖLGE/17172	355708.94	4259182.74
17	ÇALDIRAN/18238	407042.11	4332652.65
18	GEVAŞ AYDINOCAK/18778	311271.21	4250654.55

DSİ Bölge Müdürlüğü tarafından baraj gözlem istasyonu verilerine ait limnigraf ölçümleri, su rezervine ilişkin hacimsel değişimin belirlenmesi için kullanılan materyaller arasında yer almaktadır. Limnigraf istasyonu ile geçmiş yıllara ait su seviyesi ölçülmüştür. Nitekim kayıt altına alınan bu veriler hacimsel değişimin incelenmesinde fayda sağlamaktadır. Ayrıca akım gözlem istasyonlarında da mevcut olan limnigraf lar havzayı besleyen akarsuyun debisine ilişkin bilgilerin elde edilmesine olanak tanımaktadır.

Bu kapsamda temin edilen uydu görüntüleri ve meteoroloji verileri ArcGIS programı kullanılarak haritalandırılmıştır. Uydu görüntüleri Qgis programında yer alan SCP (Semi Automatic Classification Plugin) modülü ile atmosferik ve radyometrik düzeltme işlemine tabi tutulmuştur. Ön işlemesi tamamlanan görüntüler ArcGIS programına yüklenerek, çalışma alanına ait bu görüntülere, İmage Analysis Processing modülünde bulunan clip (kesme) işlemi yapılmıştır. Bu vasıta ile uydu görüntüsünün tamamı üzerinden değil sadece çalışma alanı üzerinden analiz edilmesi olanaklı hale gelmiştir.

Baraj, göl, akarsu gibi açık su yüzeylerine ilişkin yüzey alanlarının belirlenmesi ve bu alanların diğer alanlardan ayırt edilebilmesi amacıyla kullanılan Normalize edilmiş fark su indeksi (NDWI) tekniği uzaktan algılama teknikleri arasında yer almaktadır. Bu teknik ile yakın kızıl ötesi (NIR) ve yeşil band kullanılarak su yüzeyi ortaya çıkartılmaktadır. McFeeters'ın 1996 yılında yapmış olduğu çalışmaya göre yeşil ve yakın kızılötesi bandların farkı alınarak ve yine bu farkın yine bu bandların toplamına oranlanarak suyun algılanabileceği belirtilmiştir [24]. Buna göre:

$$NDWI = (Band2 - Band4)/(Band2 + Band4).....(1)$$

NDWI (-1) ila (+1) arasında değer almaktadır. NDWI değeri +1 sayısına yaklaştıkça su alanı derinleşmektedir. Bu değer 0'a yaklaşması su alanının daha sığ olduğu anlamına gelmektedir. Çalışmada kullanılan Landsat 4-5, ve Landsat-7 uydularında yeşil ışın band2'yi, yakın kızıl ötesi ışın ise band4'ü temsil ettiğinden bu uydular için denklem (1) kullanılmıştır. Landsat-8 uydusunda ise yeşil ışın band3'ü, yakın kızıl ötesi ışın ise band5'i temsil ettiğinden bu uydular için denklem (2) kullanılmıştır:

$$NDWI = (Band3 - Band5)/(Band3 + Band5).....(2)$$

NDWI ile su yüzey alanları belirlendikten sonra, ortaya çıkan hacimsel ve alansal değişim miktarlarının meteoroloji verileri ile olan ilişkisinin belirlenmesi için, gözlem istasyonlarına ait sıcaklık ve yağış değerleri Yarıçapsal Temelli Fonksiyon (Radial Basis Function-RBF) yöntem kullanılarak haritalandırılmıştır. Bu yöntemde enterpolasyon prensibi ile işlem yapılmakta ve doğruluk oranı yüksek sonuçlara ulaşılmaktadır [26]. Bu nedenle çalışma kapsamında gözlem istasyonlarına ait veriler ArcGIS programında bulunan RBF tekniği kullanılarak analiz edilmiştir.

Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak elde edilen, yıllara göre su yüzey alanı değişimine ilişkin veriler ile meteoroloji verileri arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak ortaya koyulması amacıyla zaman serisi analizi tekniklerinden faydalanılmıştır. Zaman serisi verileri günlük, aylık, yıllık gibi periyodik özelliklerde verilerdir ve değişkenler arasındaki ilişkinin periyodik olarak analiz edilmesini olanaklı kılmaktadır[33]. Bu kapsamda çalışmada 2000-2021 yıllarına ait hesaplanan su yüzey alanı, ortalama sıcaklık ve toplam yağış değerleri değişkenleri zaman serisi analiz yöntemlerinden faydalanılarak, SPSS programı aracılığıyla yıllık bazda doğrusal regresyon yöntemi ile incelenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

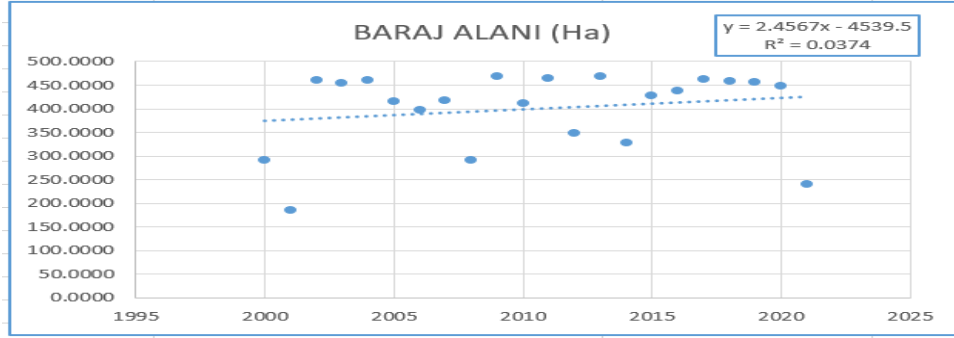
Çalışma yılları kapsamında her yılın Temmuz ayında Zerne Barajına ait su yüzey alanı NDWI yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Alansal bilgi alınabilmesi için shape file (shp) formatında kaydedilmiştir. Aynı zamanda oluşturulan ortalama sıcaklık ve toplam yağış haritalarından elde edilen değerler istatistiksel analizin yapılabilmesi için tablo haline getirilmiştir. Uygulamalar sonucunda elde edilen veriler Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4. Yıllara Göre Su Alanı Kot ve Hacim Değişikliği Tablosu

YIL	Su Alanı (Ha)	Yükseklik(M)	HACİM DEĞİŞİMİ (HM ³)
2000	291.8477	1928.82	-8.98
2001	184.4070	1912.10	30.29
2002	459.3141	1934.14	-0.01
2003	454.3669	1933.83	0.00
2004	461.1100	1933.94	-1.12
2005	415.7312	1928.99	0.00
2006	397.8680	1928.95	1.16
2007	417.8218	1928.30	-9.61
2008	291.4992	1920.60	12.66
2009	469.1475	1934.85	-0.62
2010	411.3331	1932.70	0.57
2011	465.1768	1934.80	-4.31
2012	348.6803	1927.40	4.17
2013	467.3475	1934.42	-6.10
2014	327.3462	1925.70	3.23
2015	426.6920	1932.20	0.02
2016	437.4146	1932.60	0.21
2017	462.6245	1934.30	-0.04
2018	458.4266	1932.30	-0.01
2019	456.1062	1933.35	-0.01
2020	447.0280	1933.47	-19.48
2021	239.4002	1914.71	

Elde edilen bulgulara göre; baraja ait su yüzey alanının 2001 yılında 184.4070 ha alan ile en düşük seviyede olduğu görülmektedir. Ancak baraj gölünün 2003 yılında 454.3669 ha alana ulaşarak faaliyetlerine devam ettiği anlaşılmaktadır. 2021 yılında ise su yüzey alanı 239.4002 ha yüz ölçümü ile son yirmi yılda görülen en düşük seviyeye düştüğü tespit edilmiştir. Aynı şekilde su yüksekliği de 2021 yılında 1914.71 m olarak ölçülmüş ve bu seviye 2001 yılından sonra görülen en düşük su seviyesi olarak kaydedilmiştir.

Barajın hacimsel değişimi ise; 2001 yılından 2002 yılına kadar geçen süre içinde 30.29 hm^3 'lük artış göstermiştir. Ancak 2020 yılı ile 2021 yılları arasında meydana gelen 19.48 hm^3 'lük azalma, barajın tesis edildiği tarihten günümüze kadar geçen süre içinde negatif yönde kaydedilmiş en yüksek oran olarak bulgular arasında yer edinmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3'te yıllara göre baraja ait su alanının ve hacminin değişimi gösterilmiştir:

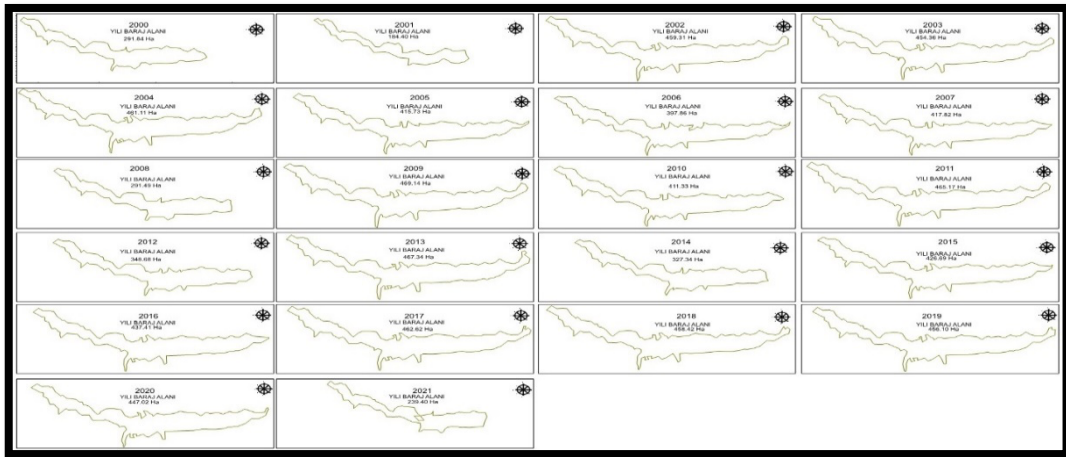


Şekil 2: Yıllara Göre Baraj Alanını Gösteren Doğrusal Grafik



Şekil 3: Yıllara Göre Baraj Hacim Değişimi

Şekil 2'de gösterilen su yüzey alanının yıllara göre düşük oranlı bir trende sahip olduğu görülse de 400 hektar ile 500 hektar arasındaki yoğunlaşmanın buna sebep olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşılık Şekil 3'te gösterilen hacimsel değişimin azalan bir trende sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4: 2000-2021 Yılları Arasında Ndwi Sonucu Elde Edilmiş Su Alanı

Şekil 4’te shape file olarak kaydedilen baraja ilişkin su yüzey alanlarının proje ölçeği sabit tutularak zamana bağlı değişimi gösterilmiştir.

Tablo 5. Yıllara Göre Sıcaklık ve Yağış Verileri

YIL	MİN T	MAX T	MEAN T	MİN P	MAX P	MEAN P
2000	7.4053	8.5468	7.9352			
2001	7.9235	9.1243	8.4863			
2002	6.6010	8.3491	7.4221			
2003	7.0136	8.6392	7.6801			
2004	6.6866	7.9747	7.3144			
2005	7.1006	8.4388	7.745			
2006	7.4024	8.4873	7.9051			
2007	6.8089	7.8911	7.3156			
2008	7.1915	8.3107	7.7841			
2009	6.7805	7.877	7.3129			
2010	9.2909	10.6197	9.8929	288.6671	366.7973	329.1643
2011	6.5207	7.943	7.2347	307.8331	551.0724	417.2306
2012	7.4790	8.8077	8.1046	255.4364	401.7554	326.5415
2013	7.2672	8.6111	7.9126	298.2008	469.5322	336.8059
2014	8.1062	9.5886	8.795	315.6124	494.7897	357.0402
2015	7.7737	9.5366	8.7229	103.8506	547.0729	248.8551
2016	6.8849	9.0037	7.7225	246.0899	520.5515	337.5392
2017	6.8826	9.1554	7.836	235.5293	425.2227	279.5728
2018	8.6147	10.4901	9.3358	353.9025	644.6551	426.3622
2019	7.1400	9.2327	8.0465	132.5268	585.762	242.6418
2020	7.2433	9.1753	7.9912	221.8027	568.5789	374.8453
2021	8.3125	10.3483	9.0701	181.9749	409.1068	285.1761

Tablo 5’te Radial Basis Function yöntemi kullanılarak gözlem istasyonlarına ait değerlerin ArcGIS programında analiz edilmesi sonucunda elde edilen, 2000-2021 yılları arasındaki ortalama sıcaklık ve 2010-2021 yılları arasındaki toplam yağış miktarları yer almaktadır. Gözlem istasyonlarının yağış verilerini 2010 yılından sonra kaydetmeye başlaması nedeniyle bu yıldan önceki yıllara ait yağış verilerine ulaşılamamıştır. Bulgular kapsamında 2010, 2018 ve 2021 yıllarında yıllık ortalama sıcaklığın yüksek olduğu görülmektedir. Toplam yağış miktarının ise 2021 yılında minimum seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6. Değişkenler Arasındaki İlişki Değerlerini Gösteren SPSS Analizi Sonuçları

		Correlations							
		Alan	minT	maxT	ortT	minP	maxP	ortP	
Pearson Correlation	Alan	1,000	-.427	-.397	-.411	,123	,505	,201	
	minT	-.427	1,000	,906	,990	,190	-.254	,043	
	maxT	-.397	,906	1,000	,944	-.010	-.128	-.116	
	ortT	-.411	,990	,944	1,000	,091	-.217	-.049	
	minP	,123	,190	-.010	,091	1,000	-.018	,848	
	maxP	,505	-.254	-.128	-.217	-.018	1,000	,328	
	ortP	,201	,043	-.116	-.049	,848	,328	1,000	
	Sig. (1-tailed)	Alan	.	,083	,101	,092	,352	,047	,265
		minT	,083	.	,000	,000	,277	,213	,448
maxT		,101	,000	.	,000	,487	,346	,360	
ortT		,092	,000	,000	.	,389	,249	,440	
minP		,352	,277	,487	,389	.	,478	,000	
maxP		,047	,213	,346	,249	,478	.	,149	
ortP		,265	,448	,360	,440	,000	,149	.	
N		Alan	12	12	12	12	12	12	12
		minT	12	12	12	12	12	12	12
	maxT	12	12	12	12	12	12	12	
	ortT	12	12	12	12	12	12	12	
	minP	12	12	12	12	12	12	12	
	maxP	12	12	12	12	12	12	12	
	ortP	12	12	12	12	12	12	12	

Tablo 6’da ise SPSS programı aracılığıyla yapılan istatistiksel analiz sonuçları yer almaktadır. Bu sonuçlara göre bağımlı değişken olan su yüzey alanının bağımsız değişkenler olan minimum sıcaklık ile negatif

yönde, maksimum yağış ile de pozitif yönde korelasyon ilişkisi içinde olduğu anlaşılmaktadır. Korelasyon katsayısının -1 ile +1 arasında değerler alabildiği bilgisine dayalı olarak Tablo 6'da gösterilen değerlere göre değişkenler arasında orta düzey korelasyon ilişkisinin varlığından söz edilebilir.

4. SONUÇ

Zernek Baraj Gölü; bölgenin enerji üretimine katkısının yanı sıra bölgede yapılan tarımsal faaliyetler için su kaynağı olarak da kullanılmaktadır. Dolayısıyla baraj gölünün zamana bağlı değişimlerinin incelenmesi ve bu değişimlere etki eden faktörlerin belirlenmesinin söz konusu faaliyetlerin devamı açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda çalışmada Zernek Baraj Gölü'nde 2000 yılından başlanarak 2021 yılına kadar yıl bazında oluşan değişimler, uzaktan algılama ve CBS yöntemleri kullanılarak gözlemlenmiştir. Baraj gölündeki söz konusu değişimlere etkisi olduğu düşünülen meteoroloji verileri de çalışmanın analizlerine dahil edilmiştir. Uydu verileri ve gözlem istasyonları verilerinin CBS tabanlı programlar aracılığıyla incelenmesi neticesinde su yüzey alanında ve hacminde meydana gelen değişimler yapılan analizler kapsamında belirlenmiştir. Baraja ilişkin en düşük su yüzey alanının 2001 yılında 185 ha, en yüksek su yüzey alanının ise 2009 yılında 469 ha olduğu görülmüştür. Yoğunluklu olarak 400 ila 500 ha arasında değişim gösteren su yüzey alanının, 2021 yılında 239 ha ile son 20 yılın en düşük yüzey alanı seviyesine indiği tespit edilmiştir. Söz konusu yılda limnigraf istasyonunda ölçülen 1914.71 metrelik su kotu, işletme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi için gerekli olan minimum su kotuna oldukça yaklaşmıştır. Bu nedenle 2021 yılında barajın enerji üretim faaliyetlerinin durduğu tespit edilmiştir. Yüzey alanında meydana gelen değişime orantılı olarak baraja ait su hacmi, 2001-2002 yılları arasında 30.3 hm³ ile analize dahil edilmiş tüm yıllara göre maksimum oranda bir artış gerçekleştirmiştir. Ancak incelenen yıllar içinde tespit edilen en yüksek azalmanın 19.5 hm³ ile 2020 yılından 2021 yılına geçerken meydana geldiği görülmüştür.

ArcGIS programı ile gözlem istasyonlarına ait verilerin haritalandırılması sonucunda, çalışma yılları arasında sıcaklık ortalamasının 8.91 °C, toplam yağış ortalamasının ise 498.74 kg/m² olduğu anlaşılmıştır. RBF (*Radial Basis Function*) yöntemi sonucu elde edilen 2021 yılına ilişkin ortalama sıcaklığın 10.34 °C, toplam yağış miktarının ise 409.10 kg/m² olduğu saptanmıştır. 2021 yılına ait sıcaklık verisinin ortalama sıcaklığın üstünde olduğu ve yağış verisinin ortalama toplam yağış miktarının altında kaldığı elde edilen bulgular arasındadır. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda baraja ait su yüzey alanının ve hacminin iklim verileri ile orta düzey bir korelasyon ilişkisi ilişki içinde olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu ilişkiye göre bağımlı değişken olan su yüzey alanının; bağımsız değişkenlerden biri olan minimum sıcaklıkla ters orantılı, bir diğer değişken olan maksimum yağış ile de doğru orantılı olduğu anlaşılmıştır.

Çalışmadan elde edilen bulgular baraj, göl, akarsu gibi su rezervlerinin korunmasına yönelik izlenimlerin gerçekleştirilmesinde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojileri kullanımının önemini ortaya koymaktadır. Söz konusu teknolojilerin kullanımı ile Zernek Baraj Gölü'ne ilişkin değişimlerin incelenmesi; su rezervlerin azalmasına yol açan faktörlerin belirlenmesi ve bunlara yönelik önlemlerin alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda yağışlar sonucu oluşan suların rezerv alanlarına deşarj edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca hidroloji analizleri yapılarak akım yönlerine bağlı olarak akarsuların toplanması ve rezerv alanlarına ulaşması sağlanmalıdır. Dolayısıyla su kaynaklarının korunmasına ilişkin ihtiyaç duyulan söz konusu önlemlerin alınmasının ancak su politikalarının geliştirilmesi ile mümkün olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle birçok meslek disiplini ilgilendiren su yönetim planlarının kolektif çalışmalar sonucu oluşturulması ve bir an önce yürürlüğe konulması gerektiği düşünülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- [1] İ. Akar, D. Maktav, Göl Yüzeyi Değişimlerinin Belirlenmesinde Farklı DGİ Tekniklerinin Kullanılması, IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Zonguldak, 2012.
- [2] A. A. Alesheikh, A. Ghorbanali, N. Nouri, Coastline change detection using remote sensing, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 4:1 (2007) 61-66.
- [3] F. Aşur, H. Alphan, Van Gölü Güney Kıyı Alanlarında Yerleşim Alan Kullanım Değerlendirmesi ve Görsel Analiz Yaklaşımları, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7:4 (2017) 223-233.
- [4] E. Batur, M. Kadioğlu, İ. Akın, M. Saban, M. N. Elkatmış, A. İlikçi, Van Gölü'nün Su Bütçesi ve Göl Su Seviyesinin Alansal Yağış ve Akımlarla İlişkisi, *Su Kaynakları*, 2 (2009) 12-26.
- [5] E. B. Çağlayan, F. Erel, E. B. Samur, M. Deniz, M. A. Mobariz, G. Kaplan, Uzaktan Algılama Teknikleri ile Akşehir Gölü'ndeki Alansal Değişiminin İzlenmesi, *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2:2 (2020) 70-76.
- [6] B. Çakmak, Z. Gökalp, İklim Değişikliği ve Etkin Su Kullanımı, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4:1 (2011) 87-95.
- [7] M. A. Çelik, Y. Kızılelma, A. E. Gülersoy, M. Denizdurduran, Farklı Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Aşağı Seyhan Ovası Güneyindeki Sulak Alanlarda Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi (1990-2010), *Turkish Studies - International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 8:12 (2013) 263-284.
- [8] A. Dervişoğlu, Sulak Alanların Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İrdelenmesi: Akgöl Örneği, Doktora Tezi, 2018.
- [9] Ş. Düzgün, TÜBA Açık Ders Malzemeleri Portalı, <https://acikders.tuba.gov.tr/course/index.php?categoryid=7>.
- [10] H. M. El-Asmar, M. E. Hereher, Change Detection of the Coastal Zone East of the Nile Delta Using Remote Sensing, *Environmental Earth Sciences*, 62 (2011) 769-777.
- [11] M. A. Erdoğan, F. Sönmez, S. Berberoğlu, Baraj Göllerinde Su Seviyelerinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Tahmini ve İzlenmesi: Adana Seyhan Baraj Gölü Örneği, *Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu*, İstanbul, 2014.
- [12] M. K. Ghosh, L. Kumar, C. Roy, Monitoring the coastline change of Hatiya Island in Bangladesh using remote sensing techniques, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 101 (2015) 137-144.
- [13] V. Gümüş, A. Başak, N. Oruç, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) ile Şanlıurfa İstasyonunun Kuraklık Analizi, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 1:1 (2016) 36-44
- [14] V. Gümüş, M. S. Yıldız, O. Şimşek, Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi: Murat Nehri-Palu Örneği, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3:3 (2018) 297-301.
- [15] S. Kale, D. Acarlı, Shoreline Change Monitoring in Atkhisar Reservoir by using Remote Sensing and Geographic Information System (GIS), *Fresenius Environmental Bulletin*, 28:5 (2019) 4329-4339.
- [16] G. Kaplan, Z. Yiğit Avdan, U. Avdan, T. Jovanovska, Uzaktan Algılama Teknikleriyle Uluslararası Suların İzlenmesi: Dojran Gölü Örneği, *International Disaster & Resilience Congress*, 2019.
- [17] M. Karabulut, Yakın Mesafe Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanılarak Yüzey Sularının İncelenmesi, 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, İstanbul, 2004.

- [18] M. Karabulut, Farklı Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Göksü Deltası Göllerinde Zamansal Değişimlerin İncelenmesi, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 8:37 (2015) 347-363.
- [19] S. Karaman, H. Avan, Z. Gökalp, Livestock Waste-Based Biogas Energy Potential of Tokat Province and Possible Implementations, Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi, 4:2 (2015) 11-19.
- [20] M. Karaman, E. Özelkan, S. Taşdelen, Dar Nehirlerin Sentinel2-A Uydu Görüntüleri ile Belirlenebilirliğinde Havza Hidrojeolojisinin Etkisi: Karamenderes (Çanakkale) Örneği, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4:2 (2018) 140-155.
- [21] Ö. A. Kaya, G. Kaplan, Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Burdur Gölü'ndeki Alansal Değişiminin Belirlenmesi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 7:1 (2021) 1-12.
- [22] P. Kumar, S. Herath, R. Avtar, K. Takeuchi, Mapping of Groundwater Potential Zones in Killinochi Area, Sri Lanka, Using GIS and Remote Sensing Techniques, Sustainable Water Resources Management, 2 (2016) 419-430.
- [23] T. R. Loveland, J. L. Dwyer, Landsat: Building a Strong Future, Remote Sensing of Environment, 122 (2012) 22-29.
- [24] S. K. McFeeters, The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, International Journal of Remote Sensing, 17:7 (1996) 1425-1432.
- [25] S. K. McFeeters, Using the Normalized Difference Water Index (NDWI) within a Geographic Information System to Detect Swimming Pools for Mosquito Abatement: A Practical Approach, Remote Sensing, 5 (2013) 3544-3561.
- [26] N. Nikolova, S. Vassilev, Mapping Precipitation Variability Using Different Interpolation Methods, Bulgaristan, 2006.
- [27] E. Özelkan, Uzaktan Algılama ile Belirlenen Baraj Gölü Alanının Zamansal Değişiminin Meteorolojik Kuraklık ile Değerlendirilmesi: Atikhisar Barajı (Çanakkale) Örneği, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6:4 (2019) 904-916.
- [28] N. Polat, M. A. Dereli, M. A. Uğur, M. Yalçın, Termal Uydu Görüntülerinin Jeotermal Kaynak Araştırmasında Kullanılabilirliğin Araştırılması: Afyonkarahisar Örneği, Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 3:3 (2018) 1-7.
- [29] C. Qiao, J. Luo, Y. Sheng, Z. Shen, Z. Zhu, D. Ming, An Adaptive Water Extraction Method from Remote Sensing Image Based on NDWI, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 40 (2012) 421-433.
- [30] G. Sarp, A. Erener, Barajların Çevresel Etkilerinin Zamansal ve Mekansal Olarak Uzaktan Algılama İle Değerlendirilmesi: Atatürk Barajı Örneği, Geomatik Dergisi, 2:1 (2017) 1-11.
- [31] G. Sarp, M. Özçelik, Water Body Extraction and Change Detection Using Time Series: A case Study of Lake Burdur, Turkey, Journal of Taibah University for Science, 11:3 (2017) 381-391.
- [32] G. A. Schultz, E. T. Engman, Remote Sensing in Hydrology and Water Management, Springer Publishing, Berlin, 2000.
- [33] M. Sevüktekin, M. Çınar, Ekonometrik Zaman Serileri: Eviews Uygulamalı, Dora Yayıncılık, Bursa, 2017.
- [34] A. İ. Şekertekin, Ş. H. Kutoğlu, A. M. Marangoz, Uzaktan Algılama Teknolojisi ve Uydu Görüntüleri Yardımıyla Önemli Çevresel (Su ve Kara Yüzeyi) Etkilerin Gözlemlenmesi, Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 5:2 (2015) 105-112.
- [35] Ş. Tağıl, İ. Cürebal, Altınova Sahilinde Kıyı Değişimini Belirlemede Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 15:2 (2005) 51-68.

- [36] M. Türkeş, Kuraklık, Çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi, Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi, 4:2 (2012) 1-32.
- [37] M. Uysal, M. A. Dereli, N. Polat, Eber Gölü'nün Uzaktan Algılama ile Değişiminin Belirlenmesi, Uluslararası Bolvadin Sempozyumu, Afyonkarahisar, 2017.
- [38] X. Yang, S. Zhao, X. Qin, N. Zhao, L. Liang, Mapping of Urban Surface Water Bodies from Sentinel-2 MSI Imagery at 10 m resolution via NDWI-Based Image Sharpening, Remote Sensing, 9 (2017) 1-19.
- [39] A.Y. Yiğit, Y. Kaya, Sentinel-2A uydu verileri kullanılarak sel alanlarının incelenmesi: Düzce örneği, Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 2:1 (2020) 1-9.
- [40] A.Y. Yiğit, Y. Kaya, H. İ. Şenol, Monitoring the change of Turkey's tourism city Antalya's Konyaaltı shoreline with multi-source satellite and meteorological data, Applied Geomatics, <https://doi.org/10.1007/s12518-022-00431-5> (2022).
- [41] A.Y. Yiğit, H. İ. Şenol, Y. Kaya, Çok zamanlı multispektral uydu verilerinin Marmara Gölü kıyı değişimi analizinde kullanılması, Geomatik Dergisi, 7:3 (2022) 253-260.