UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ ENTEGRASYONU İLE İKLİMSEL DEĞİŞİMLERİN BEYŞEHİR GÖLÜ'NE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ, ORTA-BATI ANADOLU

Esra GÜRBÜZ¹, Nizamettin KAZANCI², Klaus ARPE^{3,4}, Suzanne A. G. LEROY^{5,6}, Zeynep
ERGÜN⁷, Koray KOÇ⁸, Özgür YEDEK⁹, Tahsin Onur YÜCEL⁹, Alper GÜRBÜZ¹⁰

¹Dr. Öğr. Üyesi, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray, egurbuz@aksaray.edu.tr

²Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06520, Gölbaşı, Ankara, nkazanci@ankara.edu.tr

³Dr., Institute for the Environment, Brunel University, Uxbridge UB8 3PH (West London), UK

⁴Dr. Max-Planck-Institute für Meteorologie, 20146 Hamburg, Germany

⁵Prof. Dr., Institute for the Environment, Brunel University, Uxbridge UB8 3PH (West London), UK

⁶Prof. Dr., Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE), Europôle Méditerranéen de l'Arbois Avenue
Louis Philibert - BP 80, 13545 Aix En Provence, France, leroy@cerge.fr

⁷Araş. Gör., Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06520, Gölbaşı, Ankara, zergun@ankara.edu.tr

⁸Araş. Gör., Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 07100, Antalya, Turkey, koraykoc@akdeniz.edu.tr

⁹Yüksek Lisans Öğr., Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 06520, Gölbaşı, Ankara

¹⁰Dr. Öğr. Üyesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde, agurbuz@ohu.edu.tr

ÖZET

Türkiye'nin üçüncü büyük gölü olan Beyşehir Gölü, sahip olduğu tatlı su hacmi ve geniş yüzey alanı nedeniyle göllerdeki doğal ve insan kaynaklı değişikliklerin etkilerini gözlemlemek için önemli bir alandır. Beyşehir Gölü, yarı kurak karasal iklimden nemli ve sıcak Akdeniz iklimine geçişi temsil eden karstlaşmanın yoğun olduğu bir bölgede konumlanmaktadır. KB-GD uzanımlı göl çöküntüsü, doğuda Sultan Dağları ve Erenler-Alaca Dağı, batıda ise Anamas ve Dedegöl Dağları ile çevrilidir. Drenaj havzası açısından bu havza, komşu havzaları temsil eden Eğirdir Gölü ve Akşehir Gölü beslenme havzalarından Sultan ve Anamas dağlarının oluşturduğu su ayırıcı hattı ile ayrılır. Beyşehir Gölü'nün Suğla Gölü ve Konya Havzası ile bağlantısı ise Beyşehir Çayı/Kanalı-Çarşamba Çayı aracılığıyla sağlanmaktadır. Ülkemizin en büyük tatlı su gölü olan Beyşehir Gölü, 4200 km²lik bir drenaj alanından yağış, yer altı suyu ve kar suları ile beslenmektedir. Beyşehir Kanalı üzerinde 1914 yılından beri çalışmakta olan regülatör göl seviyesini 1120-1125,5 m'ler arasında denetlemektedir. Çevresinde konumlanan yerleşim yerlerinde hızla artan insan nüfusu da doğrudan göl ile etkileşim içerisinde. Bu özellikleriyle gölün, iklim değişimi karşısında davranışlarının ve bu davranışların kıyı kesimleri üzerindeki etkilerinin anlaşılması oldukça önemlidir. Yürütülen çalışma kapsamında, Beyşehir Gölü beslenme alanının son 40 yıllık meteorolojik ve iklimsel verileri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile analiz edilmiş, elde edilen veriler uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak tespit edilen göl kıyısı değişimleri ile karşılaştırılmıştır. İnceleme sonuçları Beyşehir Gölü drenaj havzasının iklimsel özellikleri ile gölün alansal özellikleri arasında beklenen aksine doğrusal bir ilişkiyi yansıtmamaktadır. Bu kapsamda elde edilen bulgular, bölgenin sahip olduğu yoğun karstlaşmanın ve giderek artan insan etkisinin Beyşehir Gölü'nün alansal özellikleri üzerinde daha önemli olabileceği sonucuna işaret etmektedir.

Anahtar Sözcükler: göl seviyesi değişimi, iklim değişimi, kıyı değişimi, Landsat

ABSTRACT

INVESTIGATING THE EFFECTS OF CLIMATIC CHANGES ON LAKE BEYŞEHİR BY THE INTEGRATION OF REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, CENTRAL-WEST TURKEY

Turkey's third largest lake, Lake Beyşehir, is an important area to observe the effects of climate change and the volume occupied by the large surface area due to in the lake. Lake Beyşehir is located in a region that represents transition from semi-arid continental climate to moist and warm Mediterranean climate. NW-SE-oriented lake depression is surrounded by the Sultan Mountains and Erenler-Alaca Dağı in the east and the Anamas and Dedegöl Mountains in the west. In terms of the drainage basin, this basin is separated from the drainage basins of Eğirdir Lake and Akşehir Lake, which represent neighboring basins, by the water separation line determined by the Sultan and Anamas mountains. The connection of Lake Beyşehir with Suğla Lake and Konya Basin is provided by Beyşehir Çayı / Kanalı-Çarşamba Creek. Beyşehir Lake, the biggest freshwater lake in our country, is fed with rainfall, ground water and snow waters from a drainage area of 4200 km². The regulator working on the Beyşehir Channel since 1914 controls the lake level between 1120-1125.5 m. The rapidly growing human population in the surrounding settlements directly interacts with the lake. It is very important to understand their response to climate change and their effects on the coastal regions with these characteristics. In this study, meteorological and climatic data of the last 40 years in Lake Beyşehir drainage basin were analyzed by Geographic Information Systems (GIS) and the obtained data were compared with the lake coastal changes where remote sensing data were determined. The fact that the drainage basin of Beyşehir represents one of the most important regions of our country in terms of karstification and therefore the water budget is directly affected by this, causes the climatic effect on the lake basin to be limited. The results of the study do not reflect a linear relation between the climatic characteristics of the drainage basin of Beyşehir Lake and the spatial characteristics of the lake. In this context, the findings suggest that the intense karstification and the increasing human impact in the region may be more important on the spatial characteristics of Lake Beyşehir.

Keywords: climatic change, coastal change, lake level change, Landsat.

1. GİRİŞ

Beyşehir Gölü günümüzde sahip olduğu yüz ölçümüyle yalnızca ülkemizin değil, bulunduğumuz coğrafyanın da en büyük tatlı su gölüdür. Bu özelliğine rağmen göl, bazı çevresel değişiklikler özelliklerle ilgili yayımlanmış bazı çalışmalar dışında yeterince incelenmemiştir (örn., Nas vd., 2009, 2010). Bununla birlikte, dünyanın birçok bölgesindeki benzeri nitelikteki büyük göller, su kaynağı olma özelliklerinin yanı sıra iklim değişikliğinin göstergeleri olarak da büyük ilgi görmektedir (örn. Birket ve Mason, 1995). Bölgesel ölçekte, Beyşehir Gölü havzası, güneyde sıcak ve nemli Akdeniz iklimi ile kuzey ve doğuda yarı kurak karasal iklim bölgeleri olmak üzere Türkiye'nin iki ana iklim alanı arasında yer almaktadır. Bu durum iklim değişikliklerinin göl üzerindeki etkilerini tahmin etmeyi zorlaştırmaktadır. Bölge ayrıca ülkemizdeki önemli karstik alanlardan bir tanesidir. Tüm bunlar iklim değişikliklerinin göl üzerindeki etkilerini takip etmeyi ve dolayısıyla gölün sürdürülebilirliğine yönelik yaklaşımların ortaya konmasını zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada, Beyşehir Gölü'nün son 40 yıllık dönemine ait meteorolojik ve iklimsel verilerinin, uzaktan algılama verileri ile incelenerek iklim değişikliklerinin, göl kıyıları üzerindeki ilişkisinin ortaya konulması hedeflenmiştir.

1.1 Coğrafi Çatı

Beyşehir Gölü, bir soda gölü niteliğindeki Van Gölü ve bir tuz gölü niteliğindeki Tuz Gölü'nden sonra Türkiye'nin üçüncü büyük gölüdür. Bununla birlikte, yukarıda da değinildiği gibi, ülkemizin ve bölgemizin de en büyük tatlı su gölüdür. Göl, deniz seviyesinden 1120 m yükseklikte, yaklaşık 9 m derinliğe sahip KB-GD uzanımlı tektonik kökenli bir çöküntü olarak batı Toros Dağları üzerinde yer almaktadır (örn. Koçyiğit, 1984, 2003; Nazik, 1992) (Şekil 1). Beyşehir Gölü, 2000 metrenin üzerine ulaşan yükseltilerle sınırlandırılmıştır (Kazancı, 1993). Göl, 4200 km²'lik bir drenaj alanına sahiptir ve komşu drenaj havzaları olan Eğirdir Gölü ve Akşehir Gölü havzalarından Anamas Dağları ile Sultan Dağları ve Erenler Dağı ile ayrılırken güneyde Suğla Gölü'ne Beyşehir Çayı kanalı ile bağlanır.

Şekil 1. Beyşehir Gölü'nün fizyografik görünümü.

Beyşehir Gölü, 26 derenin yüzey akışları ve 45 kaynak ile beslenmektedir. Uzun derelerin çoğu gölün doğusunda, Neojen çökelleri üzerinde yer alırken, daha kısa olan dereler genel olarak gölün batısındaki ve güneyindeki kesimlerde konumlanmıştır. Beslenme havzasında yer alan jeolojik birimlerin en önemlilerini karbonatlı kayalar, ofiyolitik ve volkanik-volkanoklastik kayalar temsil etmektedir (örn. Özgül, 1976). Öte yandan Beyşehir Gölü havzasının en önemli özelliklerinden biri bölgede yer alan yoğun karbonatlı kayalardan kaynaklanan karstik karakteridir. Beyşehir Gölü'nün su bütçesinde çok sayıda karstik yapı (örn. mağaralar, dolinler vs.) önemli rol oynamaktadır (örn. Nazik, 1992).

Beyşehir Gölü, bölgenin doğal güzelliklerinin de etkisiyle bölgede insan nüfusunun hızla artmasına rağmen iki millî parkın sınırları (Beyşehir ve Kızıldağ Millî Parkları) içerisinde kaldığı için antropojenik etkilere karşı görece olarak korunmaktadır (örn. Nas vd., 2009, 2010). Gölün bölgenin ikliminden ne düzeyde etkilendiği ise tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle, bu en büyük tatlı su gölümüzün iklim değişikliklerine verdiği tepkinin ve olası diğer etken süreçlerin neler olabileceğinin tespiti oldukça önemlidir.

2. MATERYAL VE METOD

Yürütülen çalışma kapsamında Beyşehir Gölü'nde meydana gelen kıyı değişimlerinin belirlenebilmesi amacıyla 1975-2015 yılları arasındaki farklı Landsat sensörlerine ait görüntüler kullanılmıştır (Çizelge 1, Şekil 2).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan görüntülerin tarihi ve kimlikleri.

Tarih	Sensör	Ürün Kimliği	Satır/Sütun
28.05.1975	Landsat 2	LM02_L1TP_191034_19750528_20180425_01_T2	191/34
16.05.1985	Landsat 5	LT05_L1TP_178034_19850516_20171212_01_T1	178/34
30.05.1990	Landsat 5	LT05_L1TP_178034_19900530_20180209_01_T1	178/34
28.05.1995	Landsat 5	LT05_L1TP_178034_19950528_20180209_01_T1	178/34
09.05.2000	Landsat 5	LT05_L1TP_178034_20000509_20171210_01_T1	178/34
21.04.2005	Landsat 5	LT05_L1TP_178034_20050421_20180126_01_T1	178/34
05.05.2010	Landsat 5	LT05_L1TP_178034_20100505_20161015_01_T1	178/34
19.05.2015	Landsat 8	LC08_L1TP_178034_20150519_20170409_01_T1	178/34

Şekil 2. Beyşehir Gölü'nün farklı yıllara ait Landsat görüntüleri.

Landsat uydusuna ait görüntüler, uydu programı faaliyete geçtiği günden itibaren özellikle çevresel değişimlerin izlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ücretsiz olarak temin edilen görüntüler bir çok farklı çalışmada, yapılan çalışmanın amacına uygun olarak çeşitli indeksler ve/veya görüntü işleme proseleri uygulanarak kullanılmaktadır. İklimsel değişimlerin Beyşehir Gölü üzerindeki etkisinin anlaşılması amacıyla yürütülen bu çalışmada da su alanları ile kara alanlarını ayırmak ve farklı yıllardaki göl alanlarını belirlemek amacıyla Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi/ NDWI (Normalized Difference Water Index) kullanılmıştır (örn., McFeeters, 1996).

$$NDWI = \frac{\text{Green}-\text{NIR}}{\text{Green}+\text{NIR}} \quad (1)$$

Burada yeşil dalga boyları kullanılarak suyun reflektansı maksimuma çıkarılırken, yakın kızılötesinin sudaki düşük yansıması minimize edilir. Bunun sonucunda su kütlesi, zenginleştirildiği için pozitif değerler alırken toprak ve bitki örtüsü ise '0' ya da negatif değerler alır (McFeeters, 1996).

Çalışma kapsamında ele alınan dönemlerde bölgede meydana gelen iklimsel değişimlerin anlaşılabilmesi için göl havzası sınırlarının içinde kaldığı illerde (Konya, Antalya, Isparta) bulunan meteoroloji istasyonları belirlenmiş ve bu istasyonlara ait ortalama sıcaklık, toplam aylık yağış ve buharlaşma verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir (Şekil 3).

Şekil 3. Beyşehir Gölü beslenme havzasını çevreleyen Konya, Antalya, Isparta illerinde bulunan meteoroloji istasyonları.

3. BULGULAR

Son yıllarda CBS desteğiyle iklimsel ve meteorolojik bilgilerin interpolasyonu üzerine yapılan araştırmalar, interpolasyonun iklim ve meteoroloji içinde geniş bir gelişme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir (örn. Hinton, 1996, Örmeci ve Ekercin, 2007). Bu çalışmada CBS tabanında incelenen Beyşehir Gölü drenaj havzasına ait meteorolojik veriler, iklimin göl kıyılarının zamansal olarak değişimleri üzerindeki etkisinin anlaşılması amacıyla kullanılmıştır.

Yapılan çalışma kapsamında, farklı yıllara ait Landsat görüntülerine NDWI uygulanmış ve elde edilen görüntüler üzerindeki su olan ve olmayan alanlar birbirinden ayrılmıştır (Şekil 4). Görüntülerde su olarak belirlenen alanlar içerisinde, göl sınırını oluşturan bölgeler üzerinden göl alanları hesaplanmıştır (Şekil 5).

Şekil 4. Beyşehir Gölü'nün farklı yıllara ait Landsat görüntüleri üzerinden hazırlanmış NDWI haritaları (siyah renkli kısımlar su varlığını göstermektedir).

Şekil 5. NDWI uygulaması sonucunda çizilen göl alanları.

Bölgeye ait meteorolojik veriler, uzun dönemli olarak (1973-2012) ve uydu görüntülerinin yılları dikkate alınarak 5 yıllık kısa dönemler hâlinde (örn. 1975 yılındaki göl alanı değerlendirmesi için 1973-1977 yılları arasına ait veriler) gruplanmış ve her veri seti için Kriging yöntemi kullanılarak bölgenin ortalama sıcaklık, toplam yağış ortalaması ve buharlaşma haritaları hazırlanmıştır (Şekil 6-8).

Şekil 6. Beyşehir Gölü havzası sınırlarının içinde kaldığı illerde (Konya, Antalya, Isparta) bulunan meteoroloji istasyonları kullanılarak hazırlanan uzun dönem (1973-2012) ve kısa dönem (açıklamalar için metne bakınız) ortalama sıcaklık haritaları.

Şekil 7. Beyşehir Gölü havzası sınırlarının içinde kaldığı illerde (Konya, Antalya, Isparta) bulunan meteoroloji istasyonları kullanılarak hazırlanan uzun dönem (1973-2012) ve kısa dönem (açıklamalar için metne bakınız) toplam yağış ortalamaları haritaları.

Şekil 8. Beyşehir Gölü havzası sınırlarının içinde kaldığı illerde (Konya, Antalya, Isparta) bulunan meteoroloji istasyonları kullanılarak hazırlanan uzun dönem (1973-2012) ve kısa dönem (açıklamalar için metne bakınız) buharlaşma haritaları.

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında alınan uzun dönem ortalama sıcaklık, toplam yağış ve buharlaşma verileri kullanılarak hazırlanan haritalar bölgenin genel iklim özelliklerini yansıtırken, 5'er yıllık periyotlar hâlinde hazırlanan haritalar ise göl alanı ölçümü yapılan dönemlerdeki değişimlerini yansıtmaktadır. Farklı yıllara ait Landsat görüntüleri üzerinden hesaplanan göl alanları kendi içerisinde dalgalanan bir periyot izlese de özellikle 1985 yılından günümüze göl alanında genel bir daralma eğilimi göstermektedir (Şekil 9). Bu eğilim son 40 yıllık dönemde özellikle 1990'dan itibaren yağış verileriyle uyum göstermese de buharlaşma verileriyle kısmen uyumludur. Bu durum gölün alan değişimlerinde iklimsel etkilerin yanı sıra bölgedeki karstlaşmayla ilişkili hidrolojik süreçlerin ve giderek artan insan etkisinin önemini de yansıtır niteliktedir.

Şekil 9. 1975-2021 yılları arası **a)** Beyşehir Gölü alan değişim grafiği, Beyşehir Gölü havzasının sınırları içinde kaldığı illerin (Konya, Antalya, Isparta) **b)** ortalama sıcaklık grafiği, **c)** Toplam yağış ortalaması grafiği, **d)** Ortalama buharlaşma grafiği.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerini Destekleme Koordinasyonluğu (AÜBAP) tarafından desteklenen 12B4343002 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği süreçte birinci yazar (E.G.) TÜBİTAK-BİDEB2211-A tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Birket, C. M. ve Mason, I. M.,** 1995. A new global lakes database for a remote sensing program studying climatically sensitive large lakes. *Journal of Great Lakes Research*, 21, 307-318.
- Hinton, J. C.,** 1996. GIS and remote sensing integration for environmental applications. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10, 877-890.
- Kazancı, N.,** 1993. Eğirdir Gölü çanağının oluşum zamanına ilişkin bir gözlem. *Jeoloji Mühendisliği*, 42, 50-51.

- Koçyiğit, A.**, 1984. Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 27, 1-15.
- Koçyiğit, A.**, 2003, Orta Anadolu'nun genel neotektonik özellikleri ve depremselliği. *TPJD Bülteni Özel Sayı*, 5, p. 1-26.
- McFeeters, S.K.**,1996. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 1996. 17(7): p. 1425-1432.
- Nas, B., Berktaş, A., Aygun, A., Karabörk, H. ve Ekercin, S.**, 2009. Seasonal and spatial variability of metals concentrations in Lake Beyşehir, Turkey. *Environmental Technology*, 30 (4), 345-353.
- Nas, B., Ekercin, S., Karabörk, H., Berktaş, A. ve Mulla, D.**, 2010. An application of Landsat-5 TM image data for water quality mapping in Lake Beyşehir, Turkey. *Water, Air & Soil Pollution*, 212 (1-4), 183-197.
- Nazık, L.**, 1992. Beyşehir Gölü güneybatısı ile Kemboş polyesi arasındaki karst jeomorfolojisi. *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi.
- Örmeci, C. ve Ekercin, S.**, 2007. An assessment of water reserve change in the Salt Lake, Turkey, through multitemporal Landsat imagery and real-time ground surveys. *Hydrological Processes*, 21, 1424-1435.
- Özgül, N.**, 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 19, 65-78.