

PAPER DETAILS

TITLE: Tersakan ve Bolluk Göllerindeki (Konya) Yillik ve Aylık Su Yüzeyi Degisimlerinin Uydu Görüntüleri Ile Analizi

AUTHORS: Murat Uzun

PAGES: 219-243

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/4160060>



TERSAKAN VE BOLLUK GÖLLERİNDEKİ (KONYA) YILLIK VE AYLIK SU YÜZEYİ DEĞİŞİMLERİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ

Analyses of Annual and Monthly Water Surface Changes In Tersakan and Bolluk Lakes (Konya) With Satellite Images

Murat UZUN

Marmara Üniversitesi
İnsan Ve Toplum Bilimleri Fakültesi
İstanbul-Türkiye
murat.uzun@marmara.edu.tr

Abstract

Lakes are one of the areas of constant change due to their different formation origins, dynamic structure, hosting geographical components and interaction potential. In this respect, long and short-term change results of lakes are used in future predictions, management and planning areas. In this study, it was aimed to comparatively analyse the long-term, short-term and monthly water surface changes of Tersakan and Bolluk Lakes (Konya) located in the Central Anatolia Region of our country through satellite images. For long term analyses, Landsat satellite images of April and August for 5-year periods between 1984 and 2024 were used in the study. For short-term monthly data, Sentinel 2 MSI satellite images, which offer higher resolution, were utilised. In this context, satellite images of 26 different dates were obtained and water surface was extracted using the Normalised Water Difference Index (NDWI) and threshold method. The data obtained were then analysed and compared cartographically and quantitatively. The results of the analyses show that the water surface area of both lakes decreased by 70 % from 1984 to 2024. Short-term lake surface change results show that Lake Tersakan shrank by 8.7% from 2018 to 2023, while Lake Bolluk shrank by 44% during this period. Monthly analyses reveal that both lakes have above-average water surface for 5 months and below-average water surface for 7 months. It was found that the largest area of water surface was in February, March, April and December and most of the lake basin dried up in the other months. In both lakes, it was found that the areas covered with water for 12 months constituted only 2 per cent of the total lake water surface.

Keywords: Lake surface change, NDWI, Remote Sensing, Tersakan Lake, Bolluk Lake.

Öz

Göller, farklı oluşum kökenleri, dinamik yapısı, coğrafi bilişenleri barındırma ve etkileşim potansiyeli nedeniyle daimî değişim alanlarından biridir. Bu bakımdan göllerin uzun ve kısa dönemli değişim sonuçları, gelecek tahminleri, yönetim ve planlama alanlarında kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizin İç Anadolu Bölgesinde yer alan Tersakan ve Bolluk Göllerinin (Konya) uzun dönemli (1984-2024), kısa dönemli (2018-2023) ve yıl içerisinde aylık su yüzey değişimlerinin uydu görüntüleri üzerinden karşılaştırmalı analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada uzun dönemli analizler için Landsat 1984-2024 yılları arası 5 yıllık dönemlerde nisan ve ağustos ayları kapsamındaki uydu görüntüleri kullanılmıştır. Araştırmada kısa dönemli aylık veriler için daha yüksek çözünürlük sunan Sentinel 2 MSI uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda toplam 26 farklı tarihteki uydu görüntüleri temin edilmiş, Normalize Farkı Su İndisi (NDWI) ve eşik yöntemi ile su yüzeyi çıkarımı yapılmıştır. Daha sonra elde edilen veriler kartografik ve kantitatif olarak analizlere tabi tutulmuş ve karşılaştırmıştır. Analiz sonuçları 1984'den 2024'e her iki gölünde su yüzey alanının %70 oranında küçüldüğünü göstermektedir. Kısa dönemli göl yüzeyi değişim sonuçları, Tersakan Gölü'nün 2018'den 2023'e %8,7 küçüldüğünü, Bolluk Gölü'nün ise bu dönemde %44 oranında küçüldüğünü ortaya koyar. Aylık analiz bulgularından her iki gölde de 5 ay ortalamının üstünde, 7 ay ortalamının altında su yüzeyinin olduğu tespit edilmiştir. En geniş alanlı su yüzeylerinin şubat, mart, nisan ve aralık aylarında olduğu diğer aylarda göl çanağının büyük bölümünün kuruduğu saptanmıştır. Her iki gölde de 12 ay suyla kaplı sahalarının toplam göl su yüzeyi alanının sadece % 2'sini oluşturduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Göl yüzey değişimi, NDWI, Uzaktan Algılama, Tersakan Gölü, Bolluk Gölü.

1. GİRİŞ

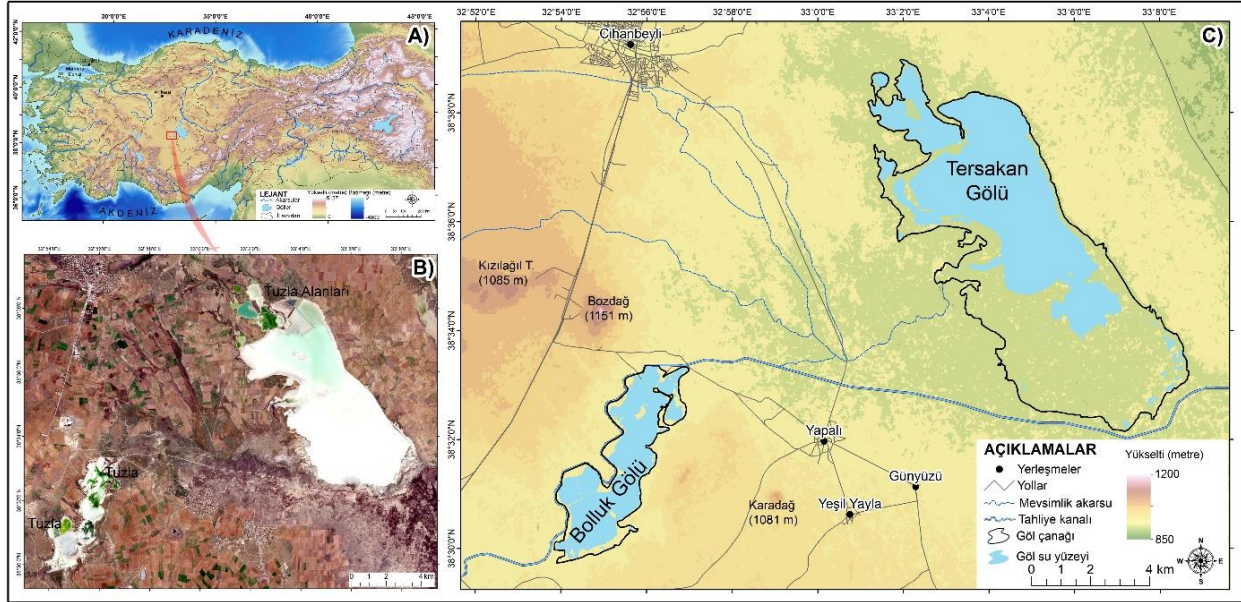
Etrafı kara kütlesi ile çevrili, farklı oluşum kökenlerine sahip göller, fiziksel, kimyasal ve ekolojik olarak da çeşitlilikleri barındırmakta ve su döngüsünün içerisinde dinamik bir yapı göstermektedir (Woolway, vd., 2020). Göllerin hidrografik açıdan beslenme kaynakları da farklılıklar sunar (Sikder vd., 2023). Bu nedenle göller, çok çeşitli doğal ortam koşullarından ve özellikle de klimatolojik unsurlardan etkilenmektedir. Dünyadaki en önemli tatlı su kaynakları olma özelliği sonucu göller, insan faaliyetleri ile yoğun ilişki içerisinde (Busker vd., 2019; Ataol & Onmuş, 2021; Yang vd., 2022). Bunun yanında bazı göllerde farklı antropojenik kullanımlarda (tuz üretimi, sodyum sülfat üretimi vb.) olabilmektedir. Bütün bu özelliklerle göller, dinamik ve duyarlı yapısı, hidrografik bağlantıları (yüzeysel, yer altı ve meteroik) ve antropojenik kullanımların ekseninde yoğun değişimlere sahne olmaktadır (Fan vd., 2021). Göllerde meydana gelen değişimler, buharlaşma ile su kaybı, yanlış su kullanımı, siltasyon, ötrofikasyon, yapay göl oluşturma ve antropojenik müdahaleler şeklinde sınıflandırılabilir (Pekel vd., 2016). Yapılan çalışmalar, göllerde buharlaşma oranının son 50 yılda %58 arttığını ve kara içi su rezervuarında değişimler olduğunu göstermektedir (Zhao vd., 2022). Meydana gelen değişimlerde, yapay ve antropojenik müdahaleye uğramış göllerin buharlaşma miktarına katkısının yüksek olduğu tespit edilmiştir (Zhao vd., 2022).

Dünyada 0,002 km²'den daha büyük göllerin sayısı takribi 117 milyondur ve bu göller buzul alanları hariç dünya karasının %3,7'sini kaplamaktadır (Verpoorter vd., 2014). Bu göller, oluşum, alansal büyüklük, derinlik, floristik yayılım, antropojenik kullanım açısından çeşitlilikler arz etmekte ve coğrafi bileşenler göllerdeki zamansal ve mekânsal değişimleri de çeşitlendirmektedir (Luo vd., 2022). Göllerin buharlaşarak su kaybetme dinamikleri, suyun alanına, dağılışına, buharlaşma oranına ve antropojenik müdahalelere bağlıdır (Hoşgören, 2020). Ancak belirtilen dinamikler coğrafi konuma göre değişir ve bu süreç karmaşık ilişkilerle değişen çevrenin tezahürlerine karşı hassastır. Küresel iklim değişikliği, sıcaklık artışı ve özellikle suya insan müdahalesinin de göllerde büyük boyutlarda etki oluşturduğu bilinmektedir (Cooley vd., 2021; Khorshiddoust vd., 2022; Kaya vd., 2023; Weyhenmeyer vd., 2024). Bazı çalışmalar, Dünyadaki birçok gölde mevsimlik yüzeysel su depolanmasının %61'nin antropojenik olarak oluşturulan rezervuarlarda meydana geldiğini, yıllık değişkenliğin doğal göl rezervuarlarında 0,22 m olduğu, bu verinin yapay göllerde 0,86 m olduğunu göstermektedir (Cooley vd., 2021). Dünyada son çeyrek asırda kalıcı olduğu düşünülen göllerin 162.000 km²'sinin mevsimlik değişen su yüzeyine dönüştüğü, 90.000 km²'sinin ise yok olduğu bilinmektedir (Pekel vd., 2016).

İklim değişikliği, antropojenik kullanımlara karşı oldukça hassas olan göl varlıklarındaki zamansal ve mekânsal değişimler, doğal ortam koşullarındaki birçok dinamik süreci ve unsuru etkilemekte, canlı ve insan yaşamında da değişimler oluşturabilmektedir (Akbaş vd., 2020; Cooley vd., 2021). Bu bakımdan göllerdeki değişimler, su kalitesi, miktarı, ekolojik hassasiyet boyutu, hidrografik etkisi açısından incelenabilmektedir (Akbaş, 2024). Aynı zamanda göllerin yüzey alanındaki değişimlerin zamansal ve mekânsal olarak incelenmesi de gelecek tahminleri, havza, su yönetimi ve sürdürülebilirlik açısından da kullanılabilir (Alevkayalı vd., 2023; Uzun, 2024). Göllerin su yüzey alanındaki değişimlerin incelenmesinde farklı spektral ve mekânsal çözünürlük sağlayan çeşitli uydu görüntüleri kullanılmakta, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile hızlı, kanıtlanabilir, kartografik ve kantitatif sonuçlar ortaya konmaktadır (Kuleli vd., 2011; Kale, 2018; Liu vd., 2019; Aydın vd., 2020; Lausch vd., 2024). Dünyada ve Türkiye'de göllerin alansal değişimleri çeşitli zamansal süreler temel alınarak analiz edilmiştir (Tağıl, 2007; Bahadır, 2013; Choiński vd., 2016; Duru, 2017; Dereli & Tercan, 2020; Yurteri & Kurttaş, 2021; Dinç, 2023; Kale & Erimiş, 2024; Meyer vd., 2024; Wang vd., 2024). Ancak bu çalışmaların çoğunun uzun dönemli ya da mevsimsel değişimlere odaklandığı, dinamik yapı sunan göllerin yıl içerisindeki aylık değişimlerinin birkaç çalışma dışında çok fazla incelenmediği görülmektedir (Kuleli vd., 2011). Aynı zamanda yapılan çalışmaların birçoğunda geniş alanlı göllerin incelendiği anlaşılmaktadır. Belirtilen durumlar nedeniyle bu çalışmada ülkemizin karasal-yarı kurak iklim koşullarındaki, dar alanlı Tersakan ve Bolluk göllerinin zamansal ve mekânsal değişimlerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın temel hedefi, Tersakan Gölü ve Bolluk Gölü'nün 1984-2024 yılları arasındaki 5 yıllık periyotlar ile uzun dönemli değişimini, 2018 ve 2023 yıllarındaki aylık su yüzeyi değişimlerini

CBS ve UA teknikleri ile saptamak, farklı yöntemlerle analiz ederek karşılaştırmak, coğrafi olarak ilişkiler kurarak gölleri incelemektir.

Araştırma sahasını oluşturan Tersakan Gölü ve Bolluk Gölü, Türkiye'nin iç kesiminde, Tuz Gölü'nün güneybatısında yer alır (Şekil 1). Göllerin doğu, kuzeydoğusunda Tuz Gölü, kuzeybatısında Lale Dağı, batısında Bozdağ, güneybatı ve güneyinde Cihanbeyli platosu yer alır. Göller idari sınır olarak Konya'nın Cihanbeyli ilçesi sınırları içerisinde. Tersakan ve Bolluk gölleri coğrafi koordinat sistemine göre 38°30'-38°39' kuzey enlemleri ile 32°52'-33°10' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1- A) ve B) Araştırma sahasının lokasyon haritası (Sentinel 2 MSI uydu görüntüsü 14.12.2023) C) Tersakan ve Bolluk gölleri çevresi sayısal yükselti modeli (SYM)

Figure 1- A) and B) Location map of the research area (Sentinel 2 MSI satellite image 14.12.2023) C) Digital elevation model (DEM) around Tersakan and Bolluk lakes

Göller, takribi olarak 900-920 m yükseltide, derin olamayan çanak içerisinde bulunur. Göller, oluşum kökeni olarak yerli kaya gölleri içerisinde. Ancak göller, jeolojik dönemde Konya Kapalı Havzası'na tekabül eden ve günümüzde en geniş kalıntısı Tuz Gölü olarak belirtilen gölün muhtelif jeomorfolojik, hidrografik değişimlerden ötürü bu gölden ayrılan kalıntıları niteliğindedir (Hoşgören, 1994). Dolayısıyla göllerin tektonik göl kapsamında olduğu anlaşılmaktadır. Bolluk Gölü kuzeybatısındaki ve Tersakan Gölü'nde KB-GD uzanımlı faylar, göllerin tektonizma denetiminde oluştuğunu işaret edebilmektedir (Delibaş, 2010). Bazı araştırmacılara göre ise Tersakan Gölü, Tuz Gölü'nün kuruması ve çoraklaşması ile bu gölden ayrılmış ancak Bolluk Gölü'nün oluşumu ise, pliyosen kalkerinin aşınması ya da gölün kuzeyindeki traverten konilerinin bu vadiyi tıkaması sonucu meydana gelmiştir (Wenzel, 1937; Erol, 1968). Bolluk Gölü kuzeyinde yoğunlaşmakla birlikte göl çanağı içerisinde de traverten konileri bulunmaktadır (Erinç, 1960; Erol, 1968; Pınar vd., 2018). Göllerin günümüzde derinlikleri çok az olup, oldukça sığ (0-0,5 m arasında), çorak bir özellik göstermektedirler. Her iki gölünde suları kimyasal olarak tuzlu-sodalıdır. Göllerin beslenme kaynaklarını meteoik su varlığı, yer altı suları ve mevsimlik akışa geçen dereler oluşturur. Bolluk Gölü'nün batı ve kuzey kesimi ile Tersakan Gölü'nün güneyinden tahliye kanalı geçmekte, kanal suları Tuz Gölü'ne deşarj olmaktadır. Her iki gölde önemli sulak alan varlıklarıdır ve bu özellikleri ile kuşların göç yolu güzergahları içerisinde. Tersakan ve Bolluk gölleri, Tuz Gölü'nün muhtelif bağlantısı olma özelliği nedeni ile Tuz Gölü Özel Çevre Koruma Bölgesi sınırları içerisinde. Göller ve yakın çevresi Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre, temel iklim sınıfında B-kurak, alt iklim tipinde Bsk-kurak-soğuk karasal iklim sınıfı içerisinde yer alır (Öztürk vd., 2017). Çalışma sahası ve yakın çevresi ülkemizin en az yağış alan yerlerindendir ve bu durum göllerin su döngüsünde önemli rol oynar (Saris & Gedik, 2021). Tersakan ve Bolluk gölleri, Acıgöl'den sonra Türkiye'nin en fazla sodyum sülfat üretim

sahasını oluşturmaktadır. Tersakan Gölü'nün kuzeyinde, Bolluk Gölü'nün kuzey ve güneybatısında tuzla alanları bulunmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın materyallerini, Harita Genel Müdürlüğü'nden alınan 1:25.000 ölçekli topografya paftaları, Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Kurumu'ndan (USGS-United States Geological Survey) 1984-2024 yılları arasında her 5 senelik dönemde nisan ve ağustos aylarına ait Landsat multispektral uydu görüntüleri, Copernicus üzerinden 2018 ve 2023 yıllarının her ayı için Sentinel 2 MSI multispektral uydu görüntüleri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan Cihanbeyli istasyonu iklim verileri oluşturmaktadır (Tablo 1).

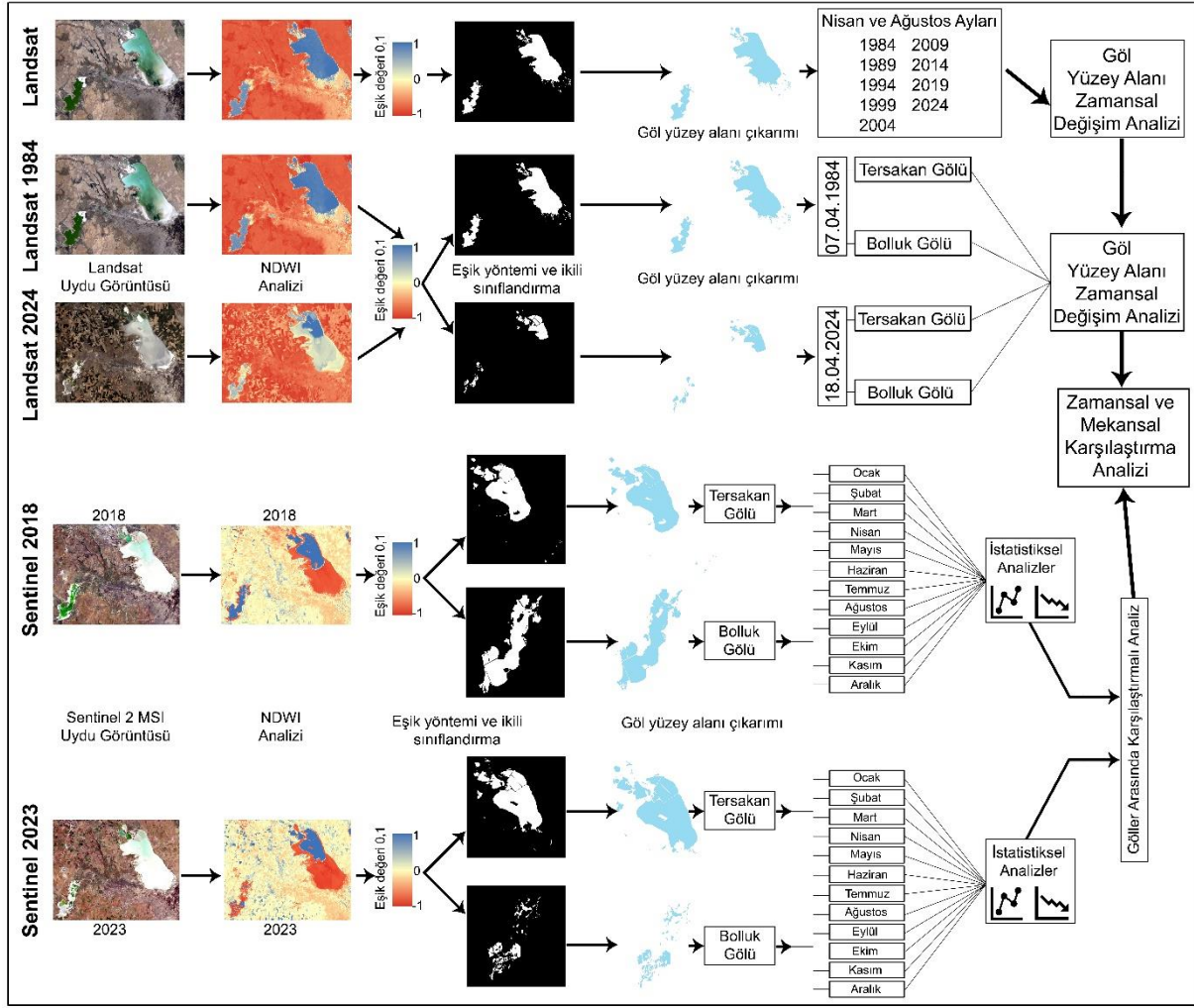
Tablo 1- Çalışmada kullanılan multispektral uydu görüntüleri
Table 1- Multispectral satellite images used in the study

Tarih	Uydu	B	Tarih	Uydu	B	Tarih	Uydu	B
07.04.1984	Landsat TM	0,2	05.04.2019	Landsat OLI	1,5	15.11.2018	Sentinel 2	3
26.08.1984	Landsat TM	1	27.08.2019	Landsat OLI	0	23.12.2018	Sentinel 2	2,8
18.04.1989	Landsat TM	1	18.04.2024	Landsat OLI	3,7	18.01.2023	Sentinel 2	1,5
16.08.1989	Landsat TM	0	06.08.2024	Landsat OLI	0	22.02.2023	Sentinel 2	2,3
14.04.1994	Landsat TM	9,8	02.01.2018	Sentinel 2	1,1	27.03.2023	Sentinel 2	1,4
22.08.1994	Landsat TM	2,3	11.02.2018	Sentinel 2	0,9	03.04.2023	Sentinel 2	1
14.04.1999	Landsat TM	20	28.03.2018	Sentinel 2	1,4	16.05.2023	Sentinel 2	1,3
03.08.1999	Landsat TM	1,8	14.04.2018	Sentinel 2	0,6	07.06.2023	Sentinel 2	0,9
11.04.2004	Landsat TM	2	17.05.2018	Sentinel 2	0,5	12.07.2023	Sentinel 2	0
03.08.2004	Landsat TM	0	13.06.2018	Sentinel 2	0	16.08.2023	Sentinel 2	0
09.04.2009	Landsat ETM	22	18.07.2018	Sentinel 2	0	15.09.2023	Sentinel 2	0
31.08.2009	Landsat ETM	0	15.08.2018	Sentinel 2	0	13.10.2023	Sentinel 2	0,8
23.04.2014	Landsat ETM	14,9	16.09.2018	Sentinel 2	0	07.11.2023	Sentinel 2	2,8
13.08.2014	Landsat ETM	0,1	09.10.2018	Sentinel 2	2,1	14.12.2023	Sentinel 2	2,4

B: Bulutluluk (%)

Araştırmada ilk olarak, Tersakan ve Bolluk göllerinin çanak sınır alanları belirlenmiştir. Bunun için topografya paftaları, eski ve güncel uydu görüntüleri kullanılmıştır. Göllerdeki antropojenik kullanım alanları da (tuzlalar) göl sahası kapsamına alınmıştır. Çalışmanın temeli iki basamaktan oluşmaktadır (Şekil 2). Bu bakımdan 1984-2024 yılları arasında nisan ve ağustos ayları göl yüzey alanının incelemesi birinci, 2018 ile 2023 yıllarının her ayının göl yüzey alanının incelenmesi ikinci basamağı oluşturur (Şekil 2). Göl yüzey alanlarının belirlenmesinde Normalize Fark Su İndisi (NDWI) kullanılmıştır. İndis formülü, $NDWI = (P_{green} - P_{NIR}) / (P_{green} + P_{NIR})$ şeklindedir (McFeeters., 1996). NDWI formülünde, P_{green} yeşil, P_{NIR} ise yakın kızılötesi bantları ifade eder. Landsat uydu görüntülerinde P_{green} 3.bant, P_{NIR} 5. bant iken, Sentinel uydu görüntülerinde P_{green} 3. bant, P_{NIR} 8 banttir.

Araştırmada uydu görüntüleri NDWI ile analiz edilmiş, eşik yöntemi (thereshold) ile kara-su yüzeyi ayrımı yapılmıştır. Eşik değer ile ortaya konan raster veriler ikili kategoride yeniden sınıflandırılarak göl yüzey alanları ortaya konmuştur (Hossain vd., 2021). Çalışmada su ayrımı için eşik değer 0,01 olarak belirlenmiş daha sonra kontrol noktaları ile NDWI sonuçları karşılaştırılmıştır (Tablo 2). Elde edilen göl yüzey alanı Tersakan Gölü için 157, Bolluk Gölü için 113 nokta üzerinden kontrol edilerek doğruluk analizi yapılmıştır. Bulutluluk oranı nispeten fazla olan uydu verilerinde doğruluk oranının %90 ve altına indiği, ancak verinin kullanılabilir olduğu bilinmelidir. Göllerin 40 yıllık zamansal ve mekânsal değişimi saptanmıştır. Ancak yarı kurak iklim şartları, göllerin beslenme durumu, klimatolojik koşulların etkisi nedeniyle göllerin kısa süreli ve aylık değişimlerinin de incelenmesi gerekmektedir. İlk olarak 1984-2024 arası her 5 yıllık dönemde nisan ve ağustos aylarının göl yüzey alanı hesaplanmıştır. Daha sonra 10 m mekânsal çözünürlüğe ve aylık olarak daha yüksek zamansal çözünürlüğe sahip Sentinel 2 MSI uydu görüntülerinden 2018 ve 2023 yıllarının her ayı için göl su yüzeyi alanı aylık değişimleri tespit edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları ile Tersakan ve Bolluk gölleri için ayrı ayrı olarak 2018 ve 2023 yıllarının her ayına ait su yüzeyi haritalanmış, kantitatif veriler istatistiksel analize tabi tutulup değişimin boyutları incelenmiştir.



Şekil 2- Araştırmanın iş-akış şeması
Figure 2- Work-flow diagram of the research

Tablo 2- Uydu görüntülerine göre NDWI analizi sonuçlarının doğruluk oranları
Table 2- Accuracy rates of NDWI analysis results according to satellite images

Tarih	Uydu	D	Tarih	Uydu	D	Tarih	Uydu	D
07.04.1984	Landsat TM	89	05.04.2019	Landsat OLI	95	15.11.2018	Sentinel 2	95
26.08.1984	Landsat TM	90	27.08.2019	Landsat OLI	99	23.12.2018	Sentinel 2	95
18.04.1989	Landsat TM	88	18.04.2024	Landsat OLI	91	18.01.2023	Sentinel 2	94
16.08.1989	Landsat TM	91	06.08.2024	Landsat OLI	98	22.02.2023	Sentinel 2	93
14.04.1994	Landsat TM	84	02.01.2018	Sentinel 2	92	27.03.2023	Sentinel 2	94
22.08.1994	Landsat TM	90	11.02.2018	Sentinel 2	93	03.04.2023	Sentinel 2	98
14.04.1999	Landsat TM	81	28.03.2018	Sentinel 2	92	16.05.2023	Sentinel 2	99
03.08.1999	Landsat TM	89	14.04.2018	Sentinel 2	94	07.06.2023	Sentinel 2	99
11.04.2004	Landsat TM	85	17.05.2018	Sentinel 2	97	12.07.2023	Sentinel 2	99
03.08.2004	Landsat TM	90	13.06.2018	Sentinel 2	97	16.08.2023	Sentinel 2	99
09.04.2009	Landsat ETM	80	18.07.2018	Sentinel 2	99	15.09.2023	Sentinel 2	99
31.08.2009	Landsat ETM	89	15.08.2018	Sentinel 2	99	13.10.2023	Sentinel 2	97
23.04.2014	Landsat ETM	86	16.09.2018	Sentinel 2	99	07.11.2023	Sentinel 2	95
13.08.2014	Landsat ETM	90	09.10.2018	Sentinel 2	96	14.12.2023	Sentinel 2	95,

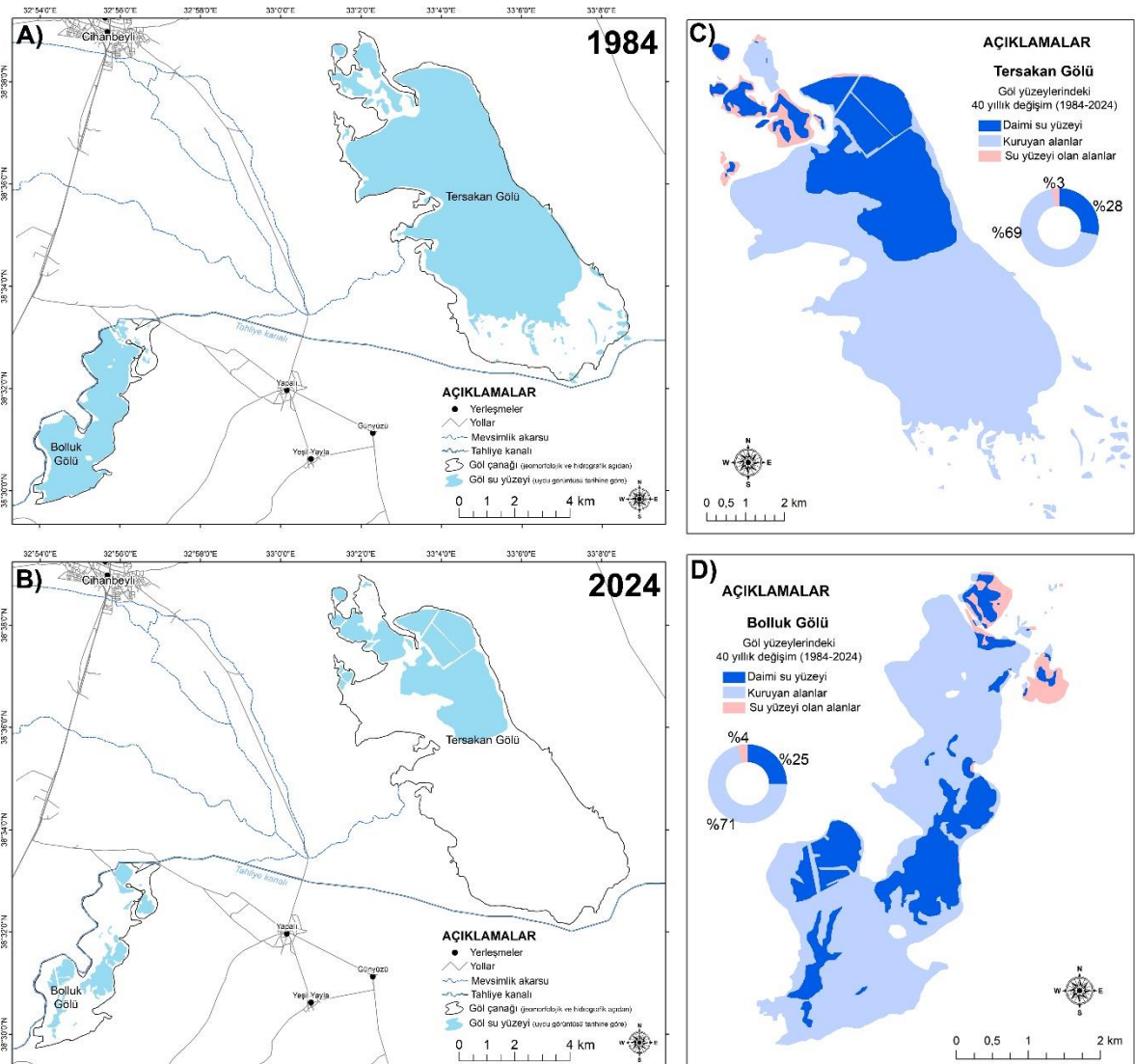
D: Kara-su yüzeyi ayrımı doğruluk oranı (%)

Çalışmanın diğer basamağında Tersakan ve Bolluk göllerinin 2018 ile 2023 yılı içerisinde aylık göl su yüzeyi alanları bindirme analizine tabi tutulmuştur. Bu analiz ile bir yıl içerisinde alansal olarak su ile kaplı yüzey alanının dağılışı ve sayısal değerleri belirlenmiştir. Çalışmadaki uzun dönemli yıllık, kısa dönemli yıllık ve aylık veriler her iki göl kapsamında karşılaştırmalı olarak analiz edilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1 1984-2024 Yılları Arasında Tersakan ve Bolluk Gölleri Yüzeyindeki Değişimler

Tersakan ve Bolluk göllerinin su yüzeyi alanının uzun dönemli değişimleri 1984 ve 2024 yıllarının nisan ayını temel alan Landsat uydu görüntülerinden analiz edilerek ortaya konmuştur. Tersakan Gölü yüzey alanı 1984 yılında 41,89 km² iken 2024 yılına gelindiğinde 13,2 km²'ye gerilemiştir (Şekil 3). Tersakan Gölü yüzey alanı 40 yıllık dönem içerisinde 28,68 km² alan kaybetmiş ve 1984 yılına göre alanı % 68,4 küçülmüştür. Bolluk Gölü yüzey alanı ise 1984 yılında 9,86 km² iken 2024 yılında 2,99 km² olarak hesaplanmıştır (Şekil 3). Bolluk Gölü yüzey alanı 40 yıllık zaman diliminde 6,87 km² alan kaybetmiş ve 1984 yılına göre 2024 yılında göl yüzey alanı % 69,6 küçülmüştür.



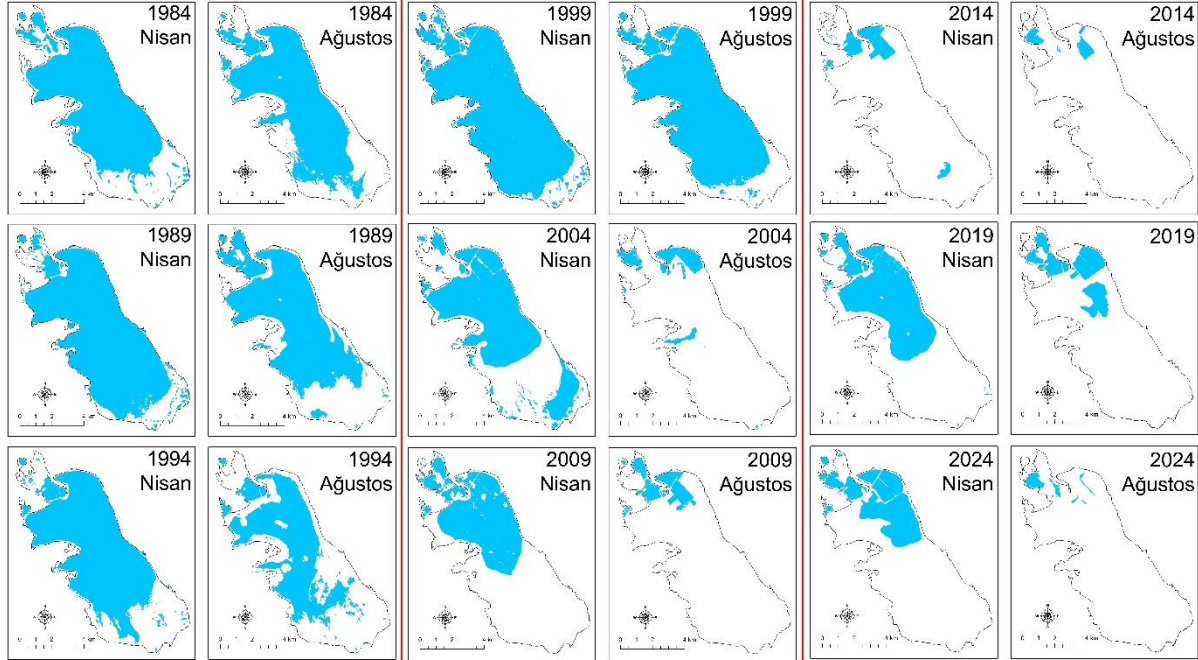
Şekil 3- Tersakan ve Bolluk göllerinin A) 1984 yılı göl su yüzeyi alanı B) 2024 yılı göl su yüzeyi alanı C) Tersakan Gölü yüzey alanının 1984-2024 yılları arasındaki değişimi D) Bolluk Gölü yüzey alanının 1984-2024 yılları arasındaki değişimi

Figure 3- A) Lake water surface area in 1984 B) Lake water surface area in 2024 C) Change in the surface area of Lake Tersakan between 1984-2024 D) Change in the surface area of Lake Bolluk between 1984-2024

Tersakan Gölü'nün 1984-2024 yılları arası göl yüzey alanı değişimi incelendiğinde, daimî su yüzeyi 11,95 km², kuruyan alanlar 29,93 km² ve su yüzeyi olan alanlar 1,25 km²'lik alan kaplamaktadır (Şekil 3). Veriler, 40 yıllık zaman diliminde Tersakan Gölü'nde daimî su yüzeyinin % 28, kuruyan alanların % 69 ve suya dönüşen alanların % 3'lük saha kapladığını göstermektedir. Değişimin dağılışı incelendiğinde, gölün kuzeyinde tuzla alanları ve batı, kuzeybatısındaki en derin yeri daimî su yüzeyi varlığının olduğu sahayı oluşturmaktadır. Tersakan Gölü'nün kuruyan alanları ise özellikle güneyden kuzeye ve batıdan doğuya doğru yönelim göstermektedir (Şekil 3). Suya dönüşen alanlar ise özellikle gölün kuzeyindeki tuzla sahalarında yoğunlaşmıştır.

Bolluk Gölü'nün 1984-2024 yılları arası göl yüzey alanı değişimi incelendiğinde, daimî su yüzeyi 2,54 km², kuruyan alanlar 7,31 km² ve su yüzeyi olan alanlar 0,44 km²'lik alan kapladığı tespit edilmiştir (Şekil 3). 40 yıllık zaman diliminde Bolluk Gölü'nde daimî su yüzeyi % 25, kuruyan alanlar % 71 ve suya dönüşen alanlar % 4'lük saha kaplamaktadır. Bolluk Gölü'nde 40 yıllık su yüzey alanı değişiminin dağılışı incelendiğinde, güneybatısındaki tuzla alanları, gölün orta kesimindeki sahalar ve kuzeydeki tuzla sodyum sülfat üretim alanlarında daimî su varlığı gözlemlenmektedir. Kuruyan alanlar, gölün özellikle kuzey ve güneyinde geniş yayılım göstermektedir (Şekil 3). Kuzey kesimdeki tuzla alanları antropojenik kullanım nedeniyle değişime uğramış ve suya dönüşen alanlar oluşmuştur. Bolluk Gölü için ayrıca kuzey kesimde ve gölün doğu kesiminde traverten konilerinin olduğu, bunların bazılarının göldeki su değişimi ilişkili olarak açığa çıktığı düşünülmektedir (Pınar vd., 2018).

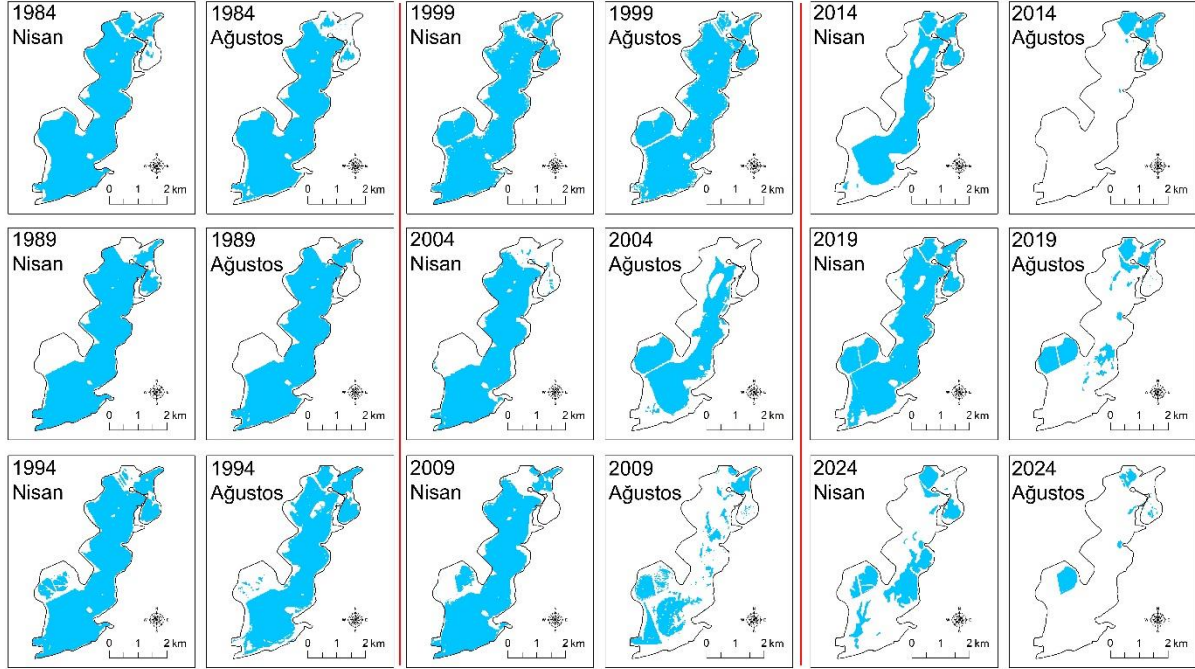
Göllerin 1984-2024 yılları arasında, 5 yıllık dönemlerde nisan ve ağustos ayları göl yüzey alanları belirlenmiştir (Tablo 3). Tersakan Gölü'nde hem nisan hem de ağustos aylarındaki su yüzey varlığının 1984'den 2024 yılına azalma eğiliminde olduğu saptanmıştır (Şekil 4 ve 6). Göl yüzey alanının özellikle güney kesiminden itibaren hidrolojik kuraklığa uğradığı ve alansal açıdan küçülerek son dönemlerde sadece tuzla alanlarında suyun olduğu saptanmıştır. Analiz verileri, nisan ayında göl yüzey alanının 1984'den 1999'a kadar 40-50 km² arasında olduğu, daha sonra su yüzeyinin hızlı küçülmeye uğradığını ortaya koymaktadır. Benzer durum ağustos ayları içinde tespit edilmiştir. Ayrıca 1999 yılında sonra nisan-ağustos ayları arasında göl su yüzey alanının değişkenlik oranının çok yüksek seviyelere ulaştığı saptanmıştır (Tablo 3).



Şekil 4- Tersakan Gölü'nün 1984-2024 arası 5 yıllık dönemde nisan ve ağustos ayları su yüzeyi alanı
Figure 4- Water surface area of Lake Tersakan in April and August in the 5-year period between 1984 and 2024

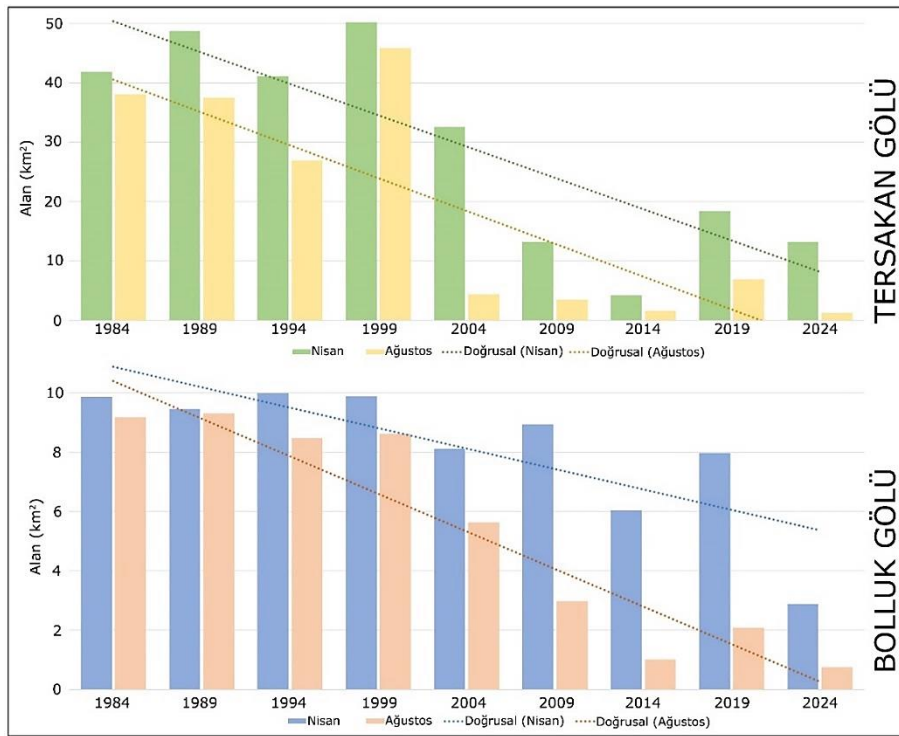
Bolluk Gölü'nün 1984-2024 yılları arasında 5 yıllık dönemlerde nisan ve ağustos ayları su yüzey alanının kantitatif olarak azaldığı, dağılışı açısından ise özellikle güney kesimden küçüldüğü tespit edilmiştir (Şekil 5 ve

6). Günümüzde gölün kuzeyinde ve güneybatısındaki tuzla alanları ve doğudaki en derin sahada su varlığının olduğu saptanmıştır. Bolluk Gölü su yüzeyinin 1984-2009 yılları arasındaki dönemde nisan ayında yüzölçümü 8-9,9 km² arasında iken bu yıldan itibaren gölün yüzeyinin oldukça küçüldüğü görülmektedir (Şekil 6 ve Tablo 3). Ağustos ayında ise göl yüzey alanının küçülme oranı daha fazladır. 1984-2024 arası dönemde nisan-ağustos göl yüzey değişkenlik oranının son yıllarda arttığı saptanmıştır (Şekil 6)



Şekil 5- Bolluk Gölü'nün 1984-2024 arası 5 yıllık dönemde nisan ve ağustos ayları su yüzeyi alanı

Figure 5- Water surface area of Lake Bolluk in April and August in the 5-year period between 1984 and 2024



Şekil 6- Göllerinin 1984-2024 arası dönemlerdeki nisan ve ağustos ayları su yüzeyi değişim grafiği

Figure 6- Water surface change graph of the lakes in April and August for the periods between 1984 and 2024

Tablo 3- 1984-2024 arası 5 yıllık dönemlerdeki göl yüzey alanı ve nisan-mayıs ayları arası değişimi
Table 3- Lake surface area in 5-year periods between 1984-2024 and its change between April-May

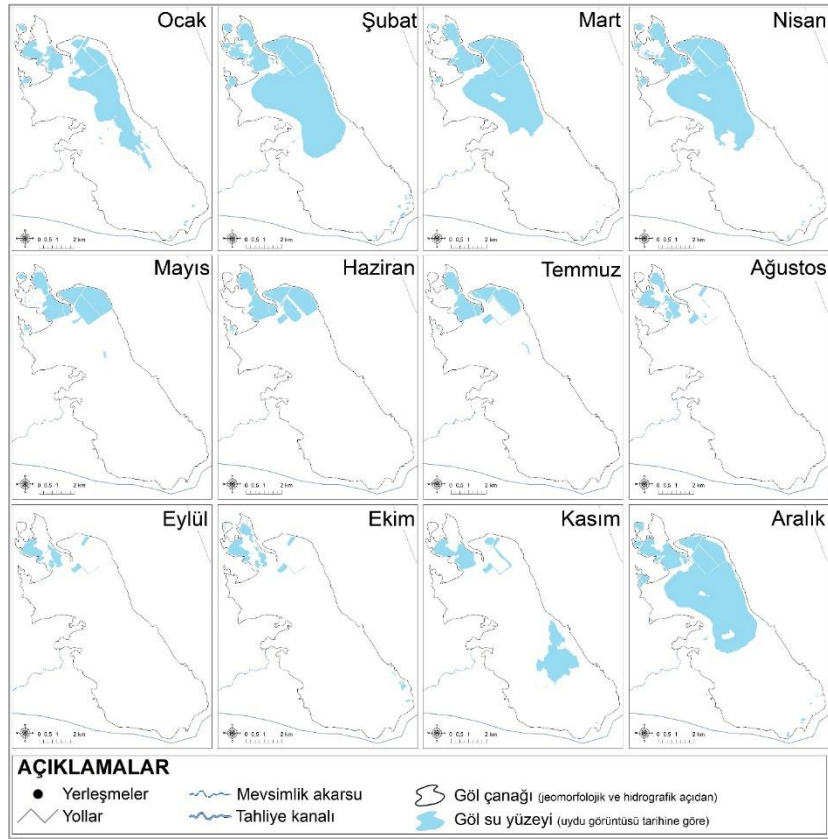
	Göl Yüzeyi (km ²)		Göl Yüzeyi (km ²)		Nisan-Ağustos Arası Değişkenlik			
	Tersakan Gölü		Bolluk Gölü		Değişim (km ²)		Değişim Oranı (%)	
	Nisan	Ağustos	Nisan	Ağustos	Tersakan Gölü	Bolluk Gölü	Tersakan Gölü	Bolluk Gölü
1984	41,89	38,01	9,86	9,17	3,88	0,69	9,2	7
1989	48,67	37,51	9,45	9,29	11,16	0,16	22,9	1,7
1994	41,07	26,96	9,99	8,46	14,11	1,53	34,3	15,3
1999	50,24	45,88	9,88	8,62	4,36	1,26	8,6	12,7
2004	32,58	4,39	8,12	5,63	28,19	2,49	86,5	30,6
2009	13,23	3,51	8,92	2,98	9,72	5,94	73,4	66,5
2014	4,21	1,64	6,03	1,02	2,57	5,01	61	83
2019	18,42	6,87	7,96	2,08	11,55	5,88	62,7	73,8
2024	13,2	1,23	2,89	0,75	11,97	2,14	90,6	74

3.2. Tersakan Gölü'nün 2018 ve 2023 Yılındaki Aylık Su Yüzey Alanı Değişim Analizi

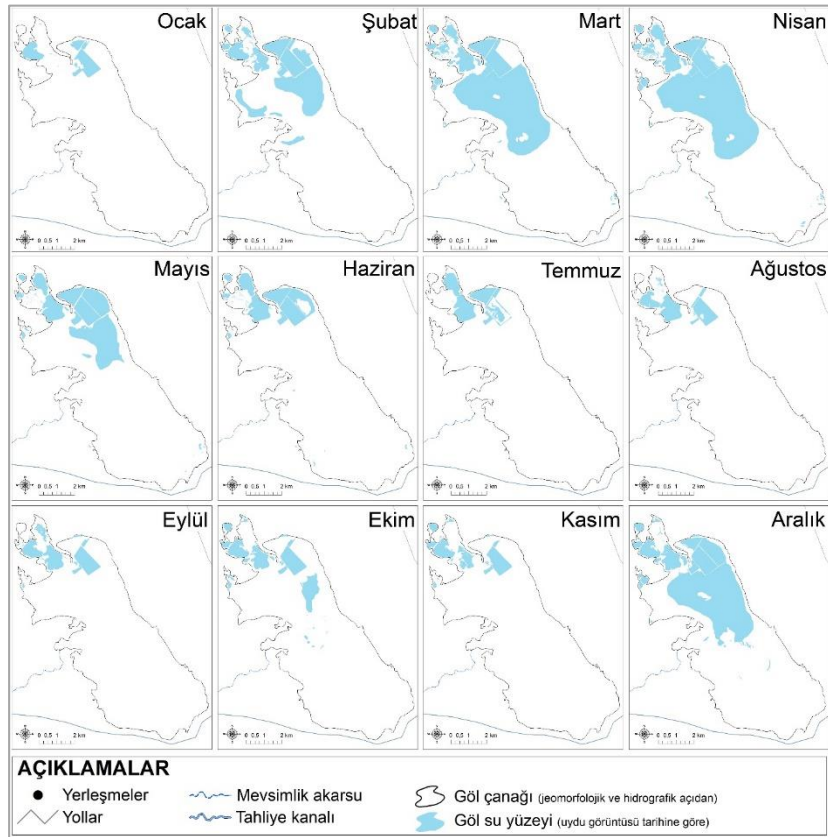
2018 yılı Tersakan Gölü su yüzeyi analizine göre en geniş su yayılımının şubat ayında (20,95 km²), en dar alanlı su yüzeyinin ise eylül ayında (1,62 km²) olduğu saptanmıştır (Şekil 7). Tersakan Gölü su yüzeyi 2018 modelinin yıllık seyri incelendiğinde, ocak ayında 11,6 km² olan su yüzeyi, şubat ayında pik yapmakta, mart ayında düşüş yaşarken nisan'da ikinci kez pik yapmakta, daha sonra mayıs itibarıyla alansal değerler oldukça azalmaktadır (Tablo 4 ve Şekil 9). Hazirandan eylüle kadar azalma eğilimi devam etmekte, daha sonra tekrar göl su yüzeyi artmakta ve aralık ayında en yüksek ikinci pik yaşanmaktadır. Tersakan Gölü 2018 yılı aylık verilerinin ortalaması 9,56 km²'dir. Bu değer üstünde 5 ay, altında ise 7 ay bulunmaktadır (Şekil 9). Mayıs-Kasım ayları arası göl seviyesinin en düşük alansal dağılımda olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemde gölün doğu ve güneyinde sular tamamen kurumakta, kuzeydeki tuzla alanları ve küçük gölcüklerin olduğu alanlarda su yüzeyi dağılışı göstermektedir (Şekil 7).

Tersakan Gölü'nün 2023 yılı göl su yüzeyi analizine göre, en geniş su yayılımının nisan ayında (20,88 km²), en dar alanlı su yüzeyinin ise kasım ayında (3,15 km²) olduğu saptanmıştır (Şekil 8 ve Tablo 4). Tersakan Gölü su yüzeyinin 2023 yılı içerisindeki seyrine göre, ocak, şubat ve mart ayında alansal açıdan yükseliş trendinin olduğu, nisan ayında pik değere ulaşıldığı, mayıs ayı itibarıyla azalma trendinin ağustos ayında en düşük seviyelere ulaştığı, eylül, ekimde çok düşük yükseliş trendi olduğu, kasımda en düşük seviyenin görüldüğü, aralık ayında ise tekrar pik seviyelerine çıktığı tespit edilmiştir (Tablo 4). Gölün, 2023 yılı aylık su yüzeyi ortalaması 8,72 km²'dir. Ortalamanın üzerinde 5 ay, ortalamanın altında ise 7 aylık verinin olduğu model grafiğinden anlaşılmaktadır (Şekil 6). Göl su yüzeyi 2023 yılında nisan ayında pik yaparken suyun çanak içerisindeki dağılımı kuzey-kuzeydoğu kesiminde tuzla alanları ile beraber gözlemlenmektedir. Mayıs ayından itibaren kasım ayına kadar göl su yüzeyi alanı kuzeye doğru daralmakta (yer yer değişimler olmakla beraber) ve tuzla sahası ile en dar alanlı görünümünü almaktadır (Şekil 5).

Tersakan Gölü'nün 2018 ve 2023 yılları içerisindeki aylarda göl su yüzeyi gölün çanağı ile oranlandığında oldukça düşük seviyelerin olduğu dikkat çekmektedir. Tersakan Gölü 2018 yılı su yüzeyi aylık verilerinin pik yaptığı dönemlerde bile (şubat, mart, nisan ve aralık) çanak alanının maksimum %30-35'ne tekabül etmektedir (Tablo 4). Aylık göl yüzey alanlarının ortalama olarak göl çanağını kapladığı oran 2018 yılı için %16,2 olarak tespit edilmiştir. 2018 yılı içerisindeki en düşük seviyelerin görüldüğü eylül, ekim aylarında ise su yüzeyi göl çanak alanının %2,7-%3,5'ni kaplamaktadır. Tersakan Gölü'nün 2018 yılı içerisindeki maksimum seviyesinde bile çanak alanının sadece 1/3'üne ulaştığını, minimum seviyede ise tuzla alanları hariç gölün büyük bir bölümünün kurduğunu analiz verileri göstermektedir.

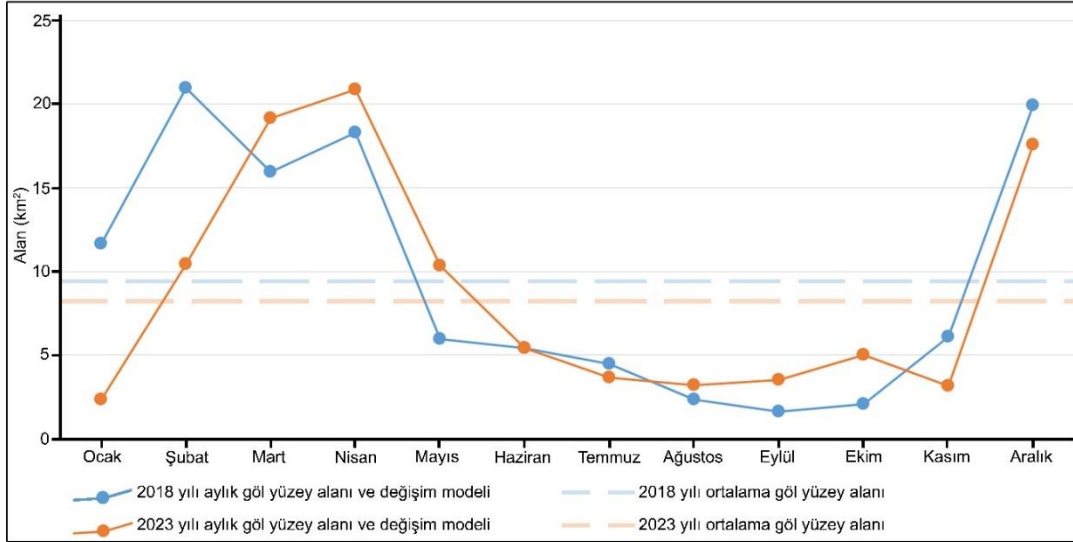


Şekil 7- Tersakan Gölü'nün 2018 yılı içerisindeki aylık göl su yüzeyi alanı değişimi
 Figure 7- Monthly lake water surface area change of Lake Tersakan in 2018



Şekil 8- Tersakan Gölü'nün 2023 yılı içerisindeki aylık göl su yüzeyi alanı değişimi
 Figure 8- Monthly lake water surface area change of Lake Tersakan in 2023

Tersakan Gölü 2023 yılı su yüzeyi aylık verilerinin maksimum yaptığı dönemlerde (mart, nisan ve aralık) çanak alanının maksimum %29-35’ni kapladığı tespit edilmiştir (Tablo 4). 2023 yılı içerisindeki en düşük seviyelerin görüldüğü ağustos ve kasım aylarında ise su yüzeyi göl çanak alanının %5,4 ile %5,3’ünü kaplamaktadır. Aylık göl yüzey alanlarının ortalama olarak göl çanağını kapladığı oran 2023 yılı için %14,8 olarak tespit edilmiştir. Gölün 2023 verilerinden, belirtilen yıl içerisindeki maksimum seviyesinde bile çanak alanının sadece 1/3’üne ulaştığı saptanmıştır. 2023 yılı göl yüzey alanı minimum dağılışının 2018 yılında olduğu gibi sadece tuzla alanlarında görüldüğü, gölün büyük bir bölümünün kuruduğu tespit edilmiştir.



Şekil 9- Tersakan Gölü’nün 2018 ve 2023 yılları içerisindeki aylık su yüzeyi değişim modeli

Figure 9- Monthly water surface change model of Lake Tersakan in 2018 and 2023

Tablo 4- Tersakan Gölü’nün 2018 ve 2023 yılları içerisindeki aylık değişimlerin sayısal değerleri
Table 4- Numerical values of monthly changes in Lake Tersakan in 2018 and 2023

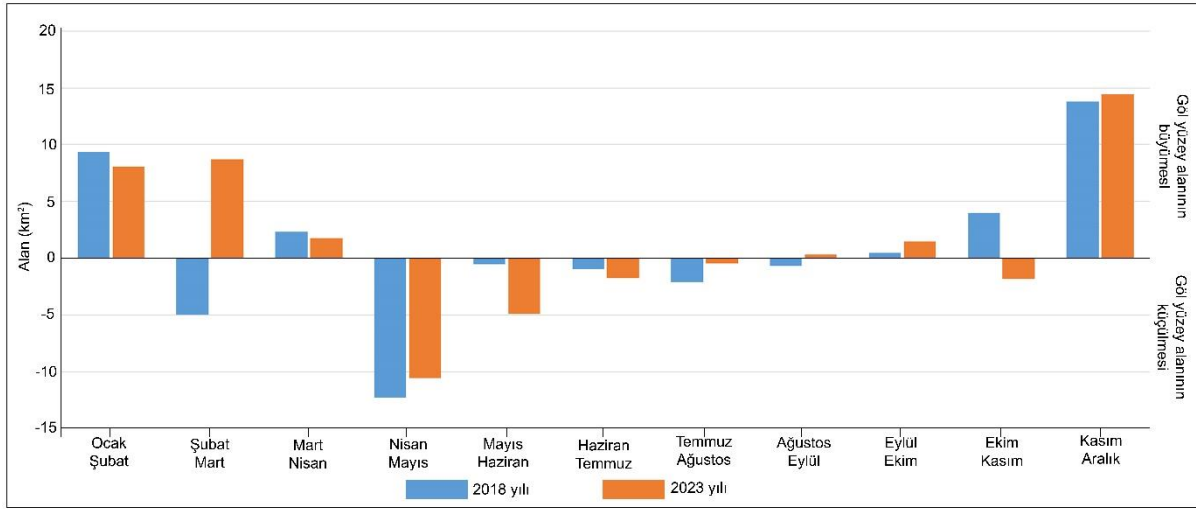
2018 YILI			2023 YILI		
Aylar	Göl yüzey alanı (km ²)	Çanak alanına göre su yüzeyi oranı (%)	Aylar	Göl yüzey alanı (km ²)	Çanak alanına göre su yüzeyi oranı (%)
Ocak	11,634	19,7	Ocak	2,363	4,01
Şubat	20,953	35,6	Şubat	10,456	17,7
Mart	15,942	27,1	Mart	19,166	32,6
Nisan	18,288	31,1	Nisan	20,888	35,5
Mayıs	5,979	10,1	Mayıs	10,323	17,5
Haziran	5,438	9,2	Haziran	5,426	9,2
Temmuz	4,463	7,5	Temmuz	3,648	6,2
Ağustos	2,326	3,9	Ağustos	3,203	5,4
Eylül	1,627	2,7	Eylül	3,501	5,9
Ekim	2,083	3,5	Ekim	5,005	8,5
Kasım	6,091	10,3	Kasım	3,157	5,3
Aralık	19,922	33,8	Aralık	17,570	29,8

Tersakan Gölü su yüzeyinin 2018 yılındaki aylık verileri üzerinden dönemsel değişim analizleri yapılmıştır. Bu analizlere göre su yüzeyinin 6 dönem kuruduğu 5 dönem ise bir önceki aya göre artış gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 5). Alansal olarak göl su yüzeyindeki en büyük azalmanın nisan-mayıs döneminde (-12,3 km²), daha sonra şubat-mart dönemlerinde yaşandığı analizlerden anlaşılmaktadır (Şekil 10). Göl su yüzeyindeki alansal artışın en çok olduğu dönem kasım-aralık (13,8 km²) ve ocak-şubat dönemleridir. Tersakan Gölü 2018 yılı su yüzeyinin dönemsel değişimlerinde alansal olarak mayıstan ekime kadar kantitatif değerlerin düşük

olduğu tespit edilmiştir. Oransal olarak göl su yüzeyi nisan-mayıs döneminde %67,3 küçülmüştür. Ancak ocak-şubat (%80), ekim-kasım (%192) ve kasım-aralık (%200) dönemlerinde su yüzeyi artışının oldukça fazla olduğu analizden anlaşılmaktadır.

Tablo 5- Tersakan Gölü'nün 2018 ve 2023 yılları içerisindeki su yüzey değişimlerin aylar arasındaki sayısal değerleri
Table 5- Numerical values of water surface changes of Lake Tersakan in 2018 and 2023 between months

2018 YILI			2023 YILI		
Aylar	Bir önceki aya göre alansal değişim (km ²)	Bir önceki aya göre değişim oranı (%)	Aylar	Bir önceki aya göre alansal değişim (km ²)	Bir önceki aya göre değişim oranı (%)
Ocak-Şubat	9,319593	80,1	Ocak-Şubat	8,092909	342
Şubat-Mart	-5,010983	23,9	Şubat-Mart	8,71066	83,3
Mart-Nisan	2,345801	14,7	Mart-Nisan	1,722191	8,9
Nisan-Mayıs	-12,30938	67,3	Nisan-Mayıs	-10,565635	50,5
Mayıs-Haziran	-0,540543	9	Mayıs-Haziran	-4,897044	47,4
Haziran-Temmuz	-0,975584	17,9	Haziran-Temmuz	-1,777742	32,7
Temmuz-Ağustos	-2,136629	47,8	Temmuz-Ağustos	-0,445311	12,2
Ağustos-Eylül	-0,698917	30	Ağustos-Eylül	0,297978	9,3
Eylül-Ekim	0,455912	28	Eylül-Ekim	1,504017	42,9
Ekim-Kasım	4,007514	192	Ekim-Kasım	-1,847688	37
Kasım-Aralık	13,830805	200	Kasım-Aralık	14,412736	456



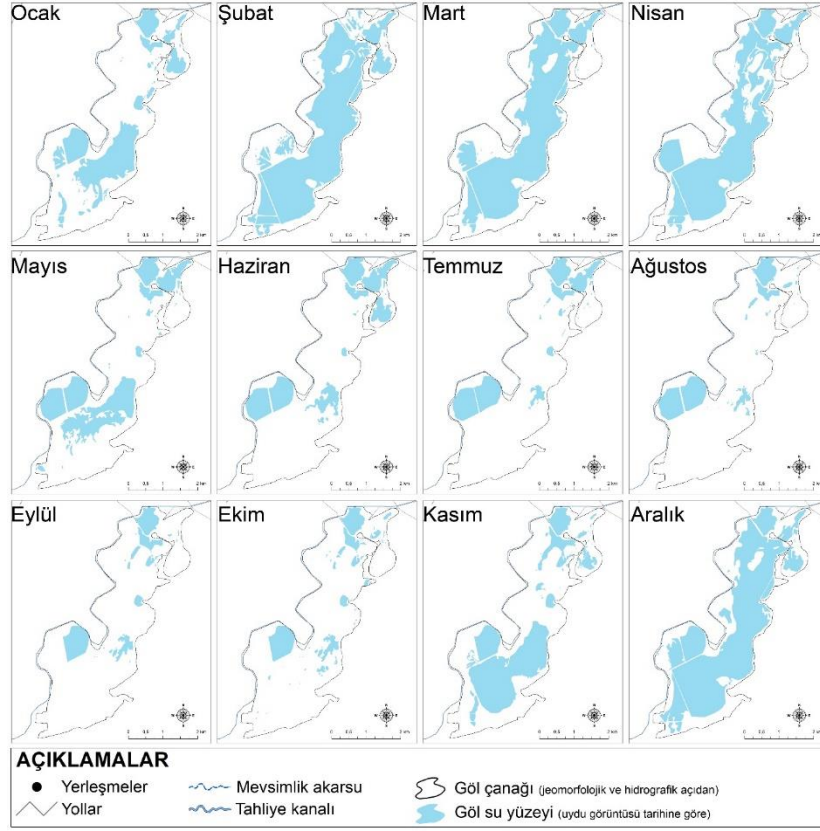
Şekil 10- Tersakan Gölü'nün 2018 ve 2023 yılları içerisindeki aylar arasındaki su yüzeyi değişimleri

Figure 10- Water surface changes of Lake Tersakan between months in 2018 and 2023

Tersakan Gölü su yüzeyinin 2023 yılındaki aylık verileri üzerinden dönemsel değişim analizlerine göre su yüzeyinin 5 dönem kurduğu, 6 dönem ise bir önceki aya göre artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 10 ve Tablo 5). Alansal olarak göl su yüzeyindeki en büyük azalmanın nisan-mayıs döneminde (-10,56 km²), daha sonra mayıs-haziran (4,89 km²) dönemlerinde yaşandığı saptanmıştır. Göl su yüzeyindeki alansal artışın en çok olduğu dönem kasım-aralık (14,4 km²), şubat-mart (8,7 km²) ve ocak-şubat (8,09 km²) dönemleridir. Tersakan Gölü 2023 yılı su yüzeyinin dönemsel değişimlerinde alansal olarak nisandan ağustosa azalma eğilimin olduğu tespit edilmiştir. Yüzdesel olarak göl su yüzeyinin nisan-mayıs döneminde %50,5 küçüldüğü, şubat-mart (%83,3), ocak-şubat (%342), kasım-aralık (%456) dönemlerinde ise su yüzeyi artışının oldukça fazla olduğu saptanmıştır (Tablo 5).

3.3. Bolluk Gölü'nün 2018 ve 2023 Yılındaki Aylık Su Yüzey Alanı Değişim Analizi

Bolluk Gölü'nün aylık su yüzeyi analizlerine göre 2018 yılı göl su yüzeyinin en geniş yayılımının aralık ayında (8,17 km²) en dar alanlı su yüzeyinin ise eylül ayında (1,43 km²) olduğu saptanmıştır (Şekil 11 ve Tablo 6).



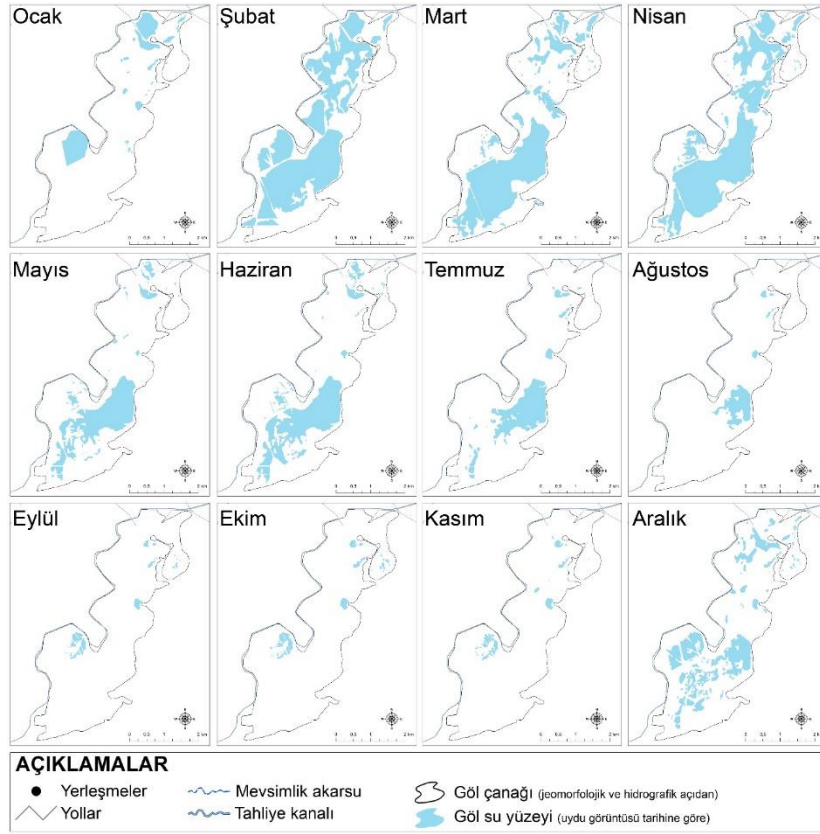
Şekil 11- Bolluk Gölü'nün 2018 yılı içerisindeki aylık göl su yüzeyi alanı değişimi

Figure 11- Monthly lake water surface area change of Bolluk Lake in 2018

Bolluk Gölü su yüzeyinin 2018'deki yıllık seyrine bakıldığında, ocak ayında 3,68 km² olan su yüzeyi, şubat ayında en yüksek ikinci seviyeye ulaşmakta, daha sonra mart, nisan aylarında düşük bir azalma eğilimi sergilemektedir (Şekil 13). Mayıs ayı ile göl yüzey alanı seviyesi oldukça azalmakta eylül ve ekim aylarında minimum değerler gözlemlenmektedir. Ekimden itibaren göl yüzey alanı hızlı bir artış göstermekte ve aralık ayında pik değere ulaşmaktadır. Bolluk Gölü 2018 yılı aylık verilerinin ortalaması 4,34 km²'dir. Bu değer üstünde 5 ay, altında ise 7 ay bulunmaktadır (Tablo 6). Göl yüzey alanı şubat, mart, nisan ve aralık aylarında gölün KD-GB uzanımına paralel olarak en geniş yayılımını sergilemektedir. Mayıs ayında itibaren kuzeydeki ve güneydoğudaki tuzla alanları hariç su yüzeyi kurumaya başlamakta ve temmuz-ekim arası göl yüzeyinin büyük çoğunluğu ortadan kalkmaktadır (Şekil 11). Kasım ve aralık ayları ile yine KD-GB doğrultusunda su yüzey alanı genişlemektedir.

Bolluk Gölü'nün 2023 yılı göl su yüzeyi analizlerine göre, en geniş su yayılımının şubat ayında (6,36 km²), en dar alanlı su yüzeyinin ise eylül ayında (0,259 km²) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 12 ve Tablo 6). Bolluk Gölü su yüzeyinin 2023 yılı içerisindeki seyri incelendiğinde, ocak ayında 1,21 km² olan su yüzeyi, şubat ayında en yüksek seviyeye ulaşmakta, daha sonra martta küçük bir azalma yaşamakta, nisan ayında ikinci pik seviyesine ulaşmaktadır (Şekil 13). Mayıs ve haziran aylarında azalan su yüzeyi temmuz-kasım ayları arasında minimum seviyeye gerilemekte, aralık ayında ise trendi artış yönüne dönmektedir. Bolluk Gölü 2023 yılı aylık verilerinin ortalaması 2,41 km²'dir. Bu değer üstünde 4 ay, altında ise 8 ay bulunmaktadır (Şekil 13). Bolluk gölü su yüzey alanı ocak ayında kuzey ve güneydoğudaki tuzlalarda mevcuttur. Göl su yüzeyi alanı, şubat, mart ve nisan aylarında göl çanağının uzanımına paralel olarak KD-GB yönünde geniş bir alanda yayılım göstermektedir (Şekil 12). Mayıs ve haziran aylarında gölün güneyinde su yüzeyi gözlemlenmekte, temmuz

ayından itibaren gölün güneydoğusundaki tuzla ile muhtelif yerlerdeki su birikintisi hariç gölün büyük bir bölümünün kurumaktadır. Aralık ayında gölün güney ve kuzeyinde tekrar su yayılımı artmaktadır.



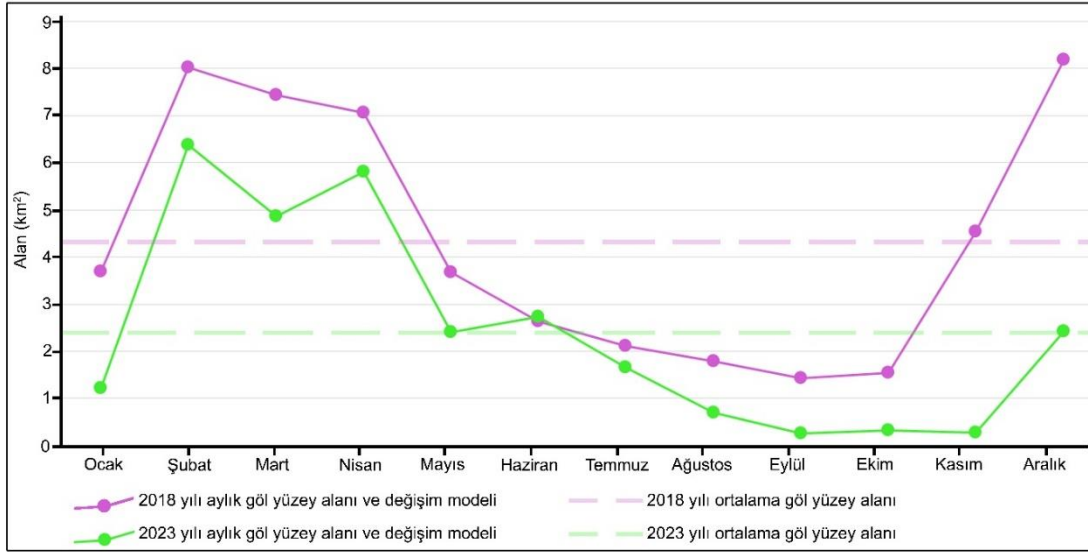
Şekil 12- Bolluk Gölü'nün 2023 yılı içerisindeki aylık göl su yüzeyi alanı değişimi
Figure 12- Monthly lake water surface area change of Bolluk Lake in 2023

Bolluk Gölü 2018 yılı su yüzeyi aylık verilerinin pik yaptığı dönemlerden şubat ve mart ayı, göl yüzey alanı gölün çanak alanının %62,4 ile %63,6'sını kaplamaktadır (Tablo 6). Göl su yüzeyinin 2018 yılı içerisindeki en düşük seviyelerin görüldüğü ağustos, eylül ve ekim aylarında ise su yüzeyi göl çanak alanının %11,1- %13,8'ni kaplamaktadır. Aylık göl yüzey alanlarının ortalama olarak göl çanağını kapladığı oran 2018 yılı için %33 olarak tespit edilmiştir. Bulgular, gölün 2018 yılı içerisindeki maksimum seviyesinde bile çanak alanının sadece 2/3'üne ulaştığını göstermektedir. Bolluk Gölü 2018 yıllık aylık su yüzeyi alanı verilerinin minimum değerlerinde, gölün kuzeyindeki ve güneydoğusundaki tuzla alanları hariç gölün büyük bir bölümünün kuruduğu ve çoraklaştığı tespit edilmiştir.

Bolluk Gölü'nün 2023 yılı içerisindeki aylık göl su yüzeyi alanları incelendiğinde, pik değerlerin olduğu şubat, mart ve nisan ayların göl yüzey alanı, göl çanağının %37,9 ile %49,5'lik alanını kaplamaktadır (Tablo 6). Göl yüzeyi alanının en dar olduğu eylül, ekim ve kasım aylarında ise göl yüzeyi göl çanağının %2 ile %2,4'ünü kaplamaktadır. Elde edilen veriler Bolluk Gölü'nün 2023 yılı aylık yüzey alanının göl çanağının %50'sini bile kaplayamadığını ve ortalama olarak sadece %18'ni oluşturduğunu göstermektedir. 2023 yılı içerisindeki 5 ayda (ocak, ağustos, eylül, ekim, kasım) göl yüzey alanı göl çanağının %10'nu bile kaplamadığı saptanmıştır (Tablo 6). Bolluk Gölü 2023 yılı, aylık su yüzeyi alanı verilerinin minimum değerlerinde tuzla alanları da dahil olmak üzere gölün büyük bir bölümünün kuruduğu ve göl çanağının çoraklaştığı saptanmıştır.

Bolluk Gölü su yüzeyinin 2018 yılındaki aylar arasında vukuu eden değişimleri kantitatif olarak incelenmiştir (Tablo 7 ve Şekil 14). Bulgulara göre Bolluk Gölü'nde su yüzeyinin 6 dönem kuruduğu 5 dönem ise bir önceki aya göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Alansal olarak göl su yüzeyindeki en büyük azalmanın nisan-mayıs döneminde (-3,39 km²) gerçekleştiği, diğer dönemlerdeki azalmanın ise 1 km² ve altında olduğu tespit edilmiştir. Bolluk Gölü su yüzeyindeki alansal artışın en çok olduğu dönem ocak-şubat (4,33 km²)

dönemidir (Şekil 14). Bolluk Gölü'nün 2018 yılı su yüzeyi dönemsel değişimlerinde alansal olarak dalgalanmalar olduğu değişim yönünün süreklilik arz etmediği saptanmıştır. Bolluk Gölü'nde oransal açıdan göl su yüzeyinin nisan-mayıs döneminde %48 küçüldüğü tespit edilmiştir. Ancak ocak-şubat (%117), ekim-kasım (%192) ve kasım-aralık (%80) dönemlerinde su yüzeyi artışının oldukça fazla olduğu analiz verilerinden anlaşılmaktadır (Tablo 7).



Şekil 13- Bolluk Gölü'nün 2018 ve 2023 yılları içerisindeki aylık su yüzeyi değişim modeli

Figure 13- Monthly water surface change model of Bolluk Lake in 2018 and 2023

Tablo 6- Bolluk Gölü'nün 2018 ve 2023 yılları içerisindeki aylık değişimlerin sayısal değerleri

Table 6- Numerical values of monthly changes in Bolluk Lake in 2018 and 2023

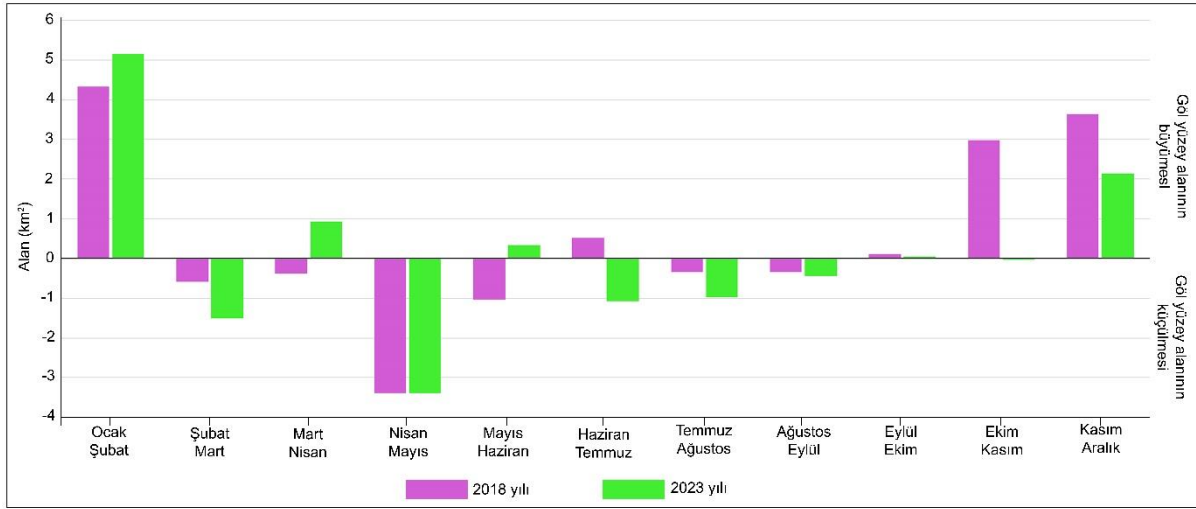
2018 YILI			2023 YILI		
Aylar	Göl yüzey alanı (km ²)	Çanak alanına göre su yüzeyi oranı (%)	Aylar	Göl yüzey alanı (km ²)	Çanak alanına göre su yüzeyi oranı (%)
Ocak	3,687	28,7	Ocak	1,212	9,4
Şubat	8,020	62,4	Şubat	6,369	49,5
Mart	7,440	57,9	Mart	4,868	37,9
Nisan	7,064	55,0	Nisan	5,804	45,2
Mayıs	3,672	28,5	Mayıs	2,409	18,7
Haziran	2,631	20,4	Haziran	2,737	21,3
Temmuz	2,118	16,4	Temmuz	1,662	12,9
Ağustos	1,781	13,8	Ağustos	0,692	5,3
Eylül	1,432	11,1	Eylül	0,259	2,0
Ekim	1,550	12,0	Ekim	0,318	2,4
Kasım	4,539	35,3	Kasım	0,280	2,1
Aralık	8,176	63,6	Aralık	2,420	18,8

2023 yılı analiz sonuçlarına göre Bolluk Gölü'nde su yüzeyinin 6 dönem kuruduğu 5 dönem ise bir önceki aya göre su yüzeyinin alansal olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 7 ve Şekil 14). 2023 yılında, göl su yüzeyinde alansal olarak en büyük azalmanın nisan-mayıs döneminde (-3,39 km²) gerçekleştiği, şubat-mart, haziran-temmuz arasında 1 km², diğer dönemlerde ise bu değerinde altında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bolluk Gölü su yüzeyindeki alansal artışın en çok olduğu dönem ocak-şubat (5,15 km²) dönemidir. 2023 yılı için göl su yüzeyindeki artışın en çok olduğu diğer dönemi ise kasım-aralık oluşturmaktadır. Bolluk Gölü'nde oransal açıdan göl su yüzeyinin nisan-mayıs döneminde %58,4 küçüldüğü saptanmıştır. 2023 yılı içerisindeki diğer dönemlerden ocak-şubat (%425), ağustos-eylül (% 62) ve kasım-aralık (%763) dönemlerinde su yüzeyi artışının

oldukça fazla olduğu analiz verilerinden anlaşılmaktadır (Tablo 7). Özellikle kasım-aralık ayında meteorik veri kaynakları ile gölün beslenmesi, göl yüzey alanının kasım ayı göre ekstrem şekilde artış göstermesine neden olmuştur.

Tablo 7- Bolluk Gölü'nün 2018 ve 2023 yılları içerisindeki su yüzey değişimlerin aylar arasındaki sayısal değerleri
Table 7- Numerical values of the water surface changes of Bolluk Lake in 2018 and 2023 between months

2018 YILI			2023 YILI		
Aylar	Bir önceki aya göre alansal değişim (km ²)	Bir önceki aya göre değişim oranı (%)	Aylar	Bir önceki aya göre alansal değişim (km ²)	Bir önceki aya göre değişim oranı (%)
Ocak-Şubat	4,332502	117,4	Ocak-Şubat	5,156938	425
Şubat-Mart	-0,579856	7	Şubat-Mart	-1,500281	23,5
Mart-Nisan	-0,375591	5	Mart-Nisan	0,935645	19,2
Nisan-Mayıs	-3,391939	48	Nisan-Mayıs	-3,395316	58,4
Mayıs-Haziran	-1,04087	28,3	Mayıs-Haziran	0,328236	13,6
Haziran-Temmuz	0,513234	19,5	Haziran-Temmuz	-1,075295	39,2
Temmuz-Ağustos	-0,337417	15,9	Temmuz-Ağustos	-0,970001	58,3
Ağustos-Eylül	-0,348773	19,5	Ağustos-Eylül	-0,432432	62,4
Eylül-Ekim	0,118623	8,2	Eylül-Ekim	0,058281	22,4
Ekim-Kasım	2,988534	192	Ekim-Kasım	-0,037638	11,8
Kasım-Aralık	3,637166	80,1	Kasım-Aralık	2,139992	763



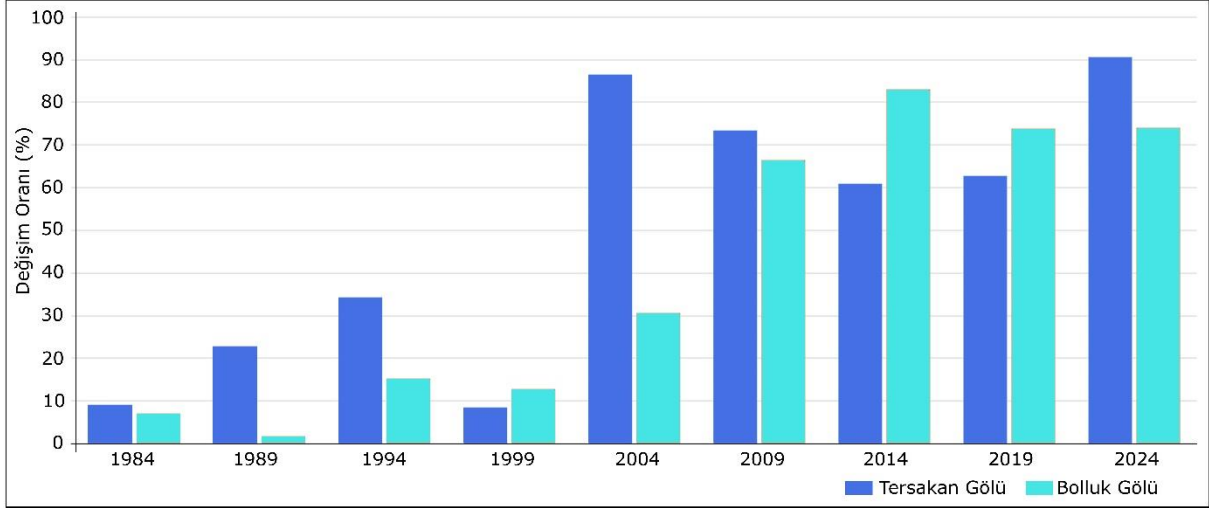
Şekil 14- Bolluk Gölü'nün 2018 ve 2023 yılları içerisindeki aylar arasındaki su yüzeyi değişimleri

Figure 14- Water surface changes of Lake Bolluk between months in 2018 and 2023

3.4. Tersakan Gölü ve Bolluk Gölü Yüzey Alanı Değişimlerinin Zamansal ve Mekânsal Açidan Karşılaştırmalı Analizi

Tersakan ve Bolluk Gölleri, ülkemizin andoreik havzalarından olan Konya Kapalı havzası içerisinde yer almaktadır. Göllerin, yaklaşık yükselti seviyelerinin aynı olduğu ve iklim koşullarının benzer olduğu bilinmektedir (Öztürk vd., 2017). Her iki gölden de önemli miktarda sodyum sülfat üretilmesi, göllerin antropojenik açıdan da benzer kullanımlara sahip olduğunu göstermektedir. Beslenme koşulları ve oluşum kökenleri benzer olan göllerin uzun dönem yıllık, kısa dönem yıllık ve aylık değişimleri ise yapılan analiz sonuçlarında bazı farklılıkları barındırmaktadır. Uzun dönemli (1984-2024) göl yüzey alanı değişim analizine göre her iki gölünde kuruyan alan oranı % 70 civarındadır. 40 Yıllık dönem içerisinde en geniş su varlığı ayındaki (nisan) analizler, her iki gölün büyük bir bölümünün kuruduğunu, günümüzde göl su varlığının tuzla alanları ve çevresinde yayılım gösterdiğini ortaya koymaktadır.

1984-2024 yılları arasında 5 yıllık dönemlerde nisan-ağustos ayları kapsamında göl su yüzeyi alanının değişkenliği oransal olarak saptanmıştır (Şekil 15). Analiz sonuçlarından bütün dönemlerde nisan ayından ağustos ayına göl su yüzey alanının negatif olarak azaldığı ve küçülmenin meydana geldiği anlaşılmaktadır. Elde edilen bulgulara göre her iki gölünde 2009 yılından sonra nisan-ağustos periyodunda su yüzeyi değişkenliğinin %60'ın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Tersakan Gölü'nde değişkenliğin en yüksek olduğu yıl 2024 olup %90 oranı görülmekte iken Bolluk Gölü'nde 2014 yılında %83 oranı saptanmıştır.



Şekil 15- Tersakan ve Bolluk göllerinin 1984-2024 arası 5 yıllık dönem kapsamında nisan ayından ağustos ayına göl su yüzeyi alanı değişim oranları

Figure 15- Rates of change in lake water surface area of Tersakan and Bolluk lakes from April to August for the 5-year period between 1984 and 2024

Tersakan Gölü'nün 5 yıllık periyodunda nisan ayı su yüzeyi dağılışının eğilimi azalma yönünde olup R^2 değeri 0,69 iken benzer durumun görüldüğü ağustos ayı için bu değer 0,67'dir. Bolluk Gölü'nde 1984'den 2024 göl yüzey alanının her iki ayda da azalma eğilimin olduğu saptanmıştır. Bolluk Gölü su yüzey alanı eğilim değeri nisan ayı için R^2 0,64 iken ağustos ayında bu değer 0,89 olduğu saptanmıştır. Elde edilen bulgular her iki göl kapsamında 40 yıllık süreçte azalma eğiliminin olduğu, en hızlı azalmanın Bolluk Gölü'nde ağustos ayları için görüldüğü tespit edilmiştir.

Tablo 8- Tersakan ve Bolluk göllerinin 1984-2024 yılları arasındaki dönemde su yüzey alanının göl çanağında kapladığı oran (%)

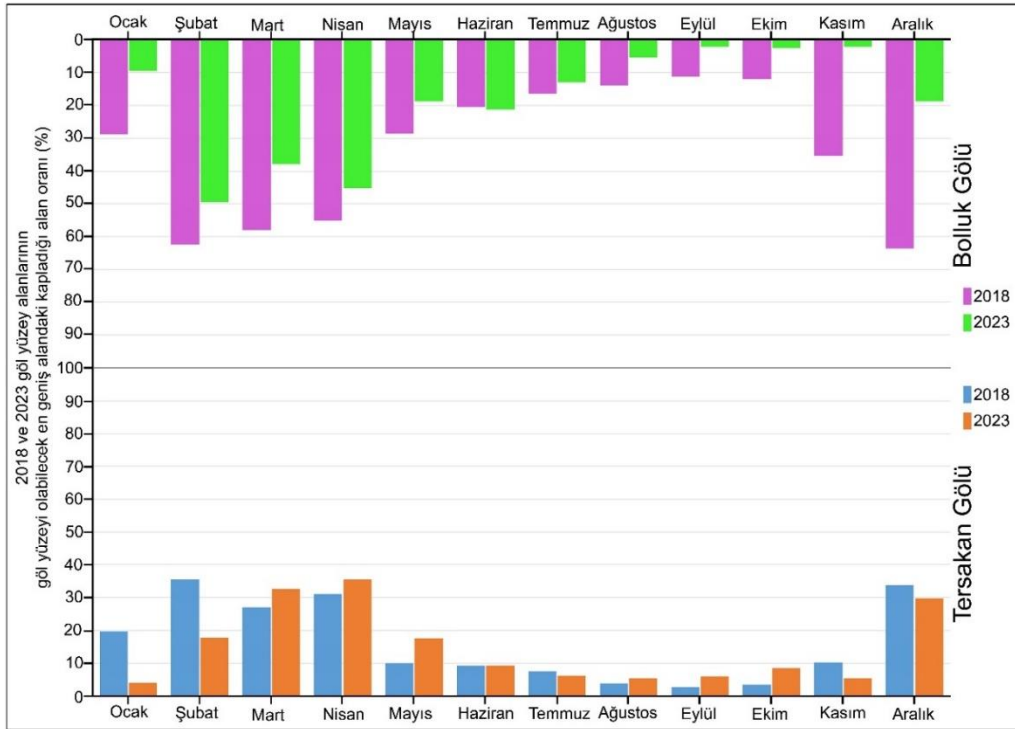
Table 8- Proportion of the water surface area of Tersakan and Bolluk lakes in the lake basin in the period between 1984 and 2024 (%)

Tersakan Gölü			Bolluk Gölü		
	Nisan	Ağustos		Nisan	Ağustos
1984	71,2	64,6	1984	76,8	71,4
1989	82,8	63,8	1989	73,5	72,3
1994	69,8	45,8	1994	77,8	65,8
1999	85,4	78	1999	76,9	67,1
2004	55,4	7,4	2004	63,2	43,8
2009	22,5	5,9	2009	69,4	23,2
2014	7,2	2,8	2014	46,9	7,9
2019	31,3	11,6	2019	61,9	16,1
2024	22,4	2,1	2024	22,5	5,8

Tersakan Gölü'nde nisan ayı kapsamında su varlığının göl çanak alanına oranı incelendiğinde 1984-2004 yılları arasında suyun gölün %50'den fazlasını kapladığı saptanmıştır (Tablo 8). Ancak belirtilen tarihten itibaren göl su yüzeyi azalmış ve çanak alanında kapladığı oranda düşüş göstermiştir. Tersakan Gölü'nde ağustos ayı

kapsamında aynı analiz yapıldığında 1989'dan sonra su varlığının çanak alanında kapladığı oran %50'nin altına düşmektedir. 2004 yılı ve sonrasında ise ağustos aylarında göl su yüzeyi varlığı hiçbir dönem çanak alanının %12'sine bile ulaşmamıştır. Bolluk Gölü'nde 2014 ve 2024 nisan ayı dönemi hariç diğer dönemlerde göl su yüzeyi varlığı göl çanak alanının %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır (Tablo 8). Ancak ağustos ayı kapsamında aynı analiz yapıldığında 2004 yılından itibaren su yüzeyi varlığının %50 oranının altına düştüğü, 2024 yılında %6'dan daha az oranda olduğu saptanmıştır.

Tersakan ve Bolluk göllerinin 2018 ve 2023 yılı içerisindeki aylarda su yüzeyinin kapladığı alanının çanak alanına oranı incelendiğinde farklılıklar dikkat çekmektedir (Şekil 16). Tersakan Gölü'nün pik seviyesinde yüzey alanı çanak alanının en fazla %38'ini kaplarken, Bolluk Gölü'nde bu oran %65 seviyelerine çıkmaktadır. Bu durum Tersakan Gölü'nün daha fazla kuruduğu ve çoraklaştığını göstermektedir. Göllerin su yüzeyinin genişlediği aylar ise her iki göl içinde benzerdir. Bu bakımdan şubat, mart, nisan ve aralık ayları göl yüzey alanının genişlediği aylar olarak gözlemlenmektedir (Şekil 16).

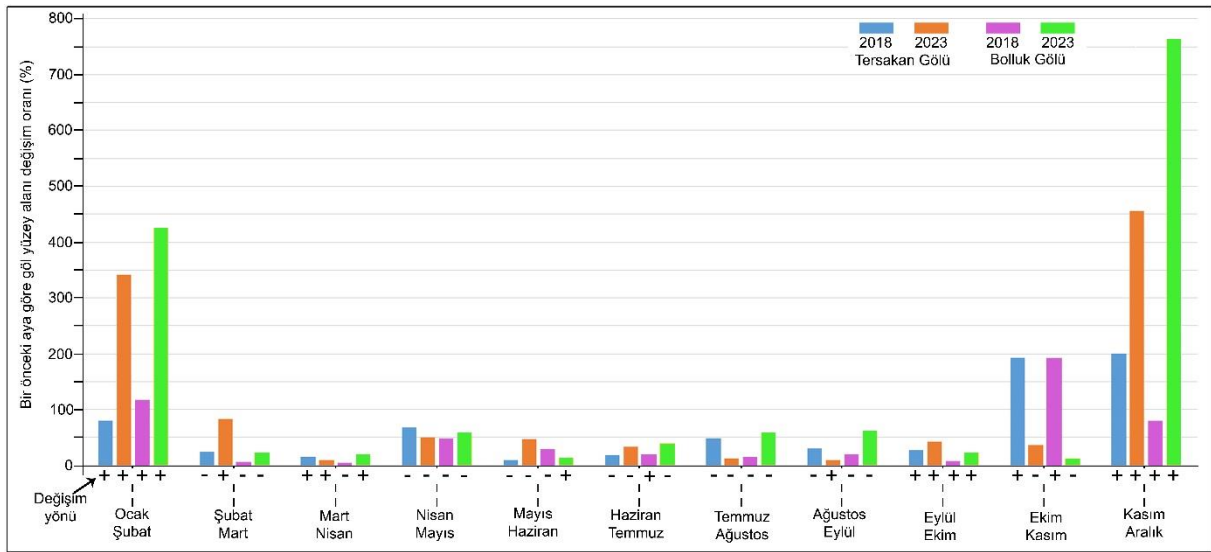


Şekil 16- Tersakan ve Bolluk göllerinin 2018 ve 2023 yılları içerisindeki aylarda göl yüzey alanının çanak alanına oranı karşılaştırması

Figure 16- Comparison of the ratio of lake surface area to bowl area of Tersakan and Bolluk lakes in the months of 2018 and 2023

Tersakan Gölü'nün 2018 yıllık aylık yüzey alanı ortalaması (9,56 km²) ile 2023 yılı yüzey alanı ortalaması (8,72 km²) farkı 0,8369 km²'dir. Bolluk Gölü'nün ise 2018 yıllık aylık yüzey alanı ortalaması (4,34 km²) ile 2023 yılı yüzey alanı ortalaması (2,41 km²) farkı 1,92 km²'dir. Değerler 5 yıllık dönemde oransal olarak analiz edildiğinde, Tersakan Gölü'nde 2018 yılına göre 2023 yılında aylık göl yüzey alanı ortalaması %8,7 azalırken, bu oran Bolluk Gölü'nde %44,2'dir. Veriler 40 yıllık dönemde göl yüzey alanının her iki göl için %69 seviyesinde azaldığını ancak kısa vadeli yakın dönemde Bolluk Gölü'ndeki su yüzey alanı azalmasının Tersakan Gölü'ne göre çok daha fazla olduğunu göstermektedir (Şekil 16). Bu durumun oluşmasında klimatolojik koşullar, küresel ısınma, göllerin bulunduğu sahanın litolojik yapısı, Bolluk gölleri travertenlerinden değişime neden olan yer altı suyunun aşırı kullanımı ve tuzla alanlarındaki antropojenik kullanımlar etkilidir.

Göllerin 2018 ve 2023 yılları içerisindeki aylar bazında dönemsel değişimleri karşılaştırıldığında, ekstrem göl yüzeyi değişimlerinin her iki gölde de ocak-şubat, ekim-kasım ve kasım-aralık dönemlerinde olduğu saptanmıştır (Şekil 17). Ancak göllerin su yüzey değişimlerin yönü farklılıklar göstermektedir. Bu bakımdan Tersakan ve Bolluk göllerinin değişim yönü açısından farklılık gösterdiği dönemleri, şubat-mart, mart-nisan, mayıs-haziran ve ağustos-eylül ayları oluşturmaktadır. Dönemler arası göl su yüzeyi değişim rejiminin ortalaması analiz edildiğinde, Tersakan Gölü'nün 2018 yılında değişim ortalaması %64,6 iken 2023 yılında bu oran %102'ye çıkmaktadır. Bolluk Gölü'nde ise 2018 yılı içerisindeki ayların bir önceki ay göre değişim ortalaması %49,1 iken bu oran 2023 yılında %136 olarak hesaplanmıştır. Bulgular her iki göl su yüzeyinin yıllık değişiminin 5 yıllık dönemde daha düzensiz hale geldiğini, ani değişen ekstrem sıcaklık ve yağış koşullarının göl yüzeyini etkilediğini göstermektedir. Göllerde pik artışın görüldüğü kasım-aralık dönemi karşılaştırıldığında, Tersakan Gölü için 2018 yılında %200'lük artış varken, 2023 yılında bu oran %456'ya çıkmıştır. Bolluk Gölü'nde aynı analiz kasım-aralık için incelendiğinde, 2018 yılında bir önceki aya göre artış %80 iken 2023 yılında bu oran %763'e çıkmıştır (Şekil 17).



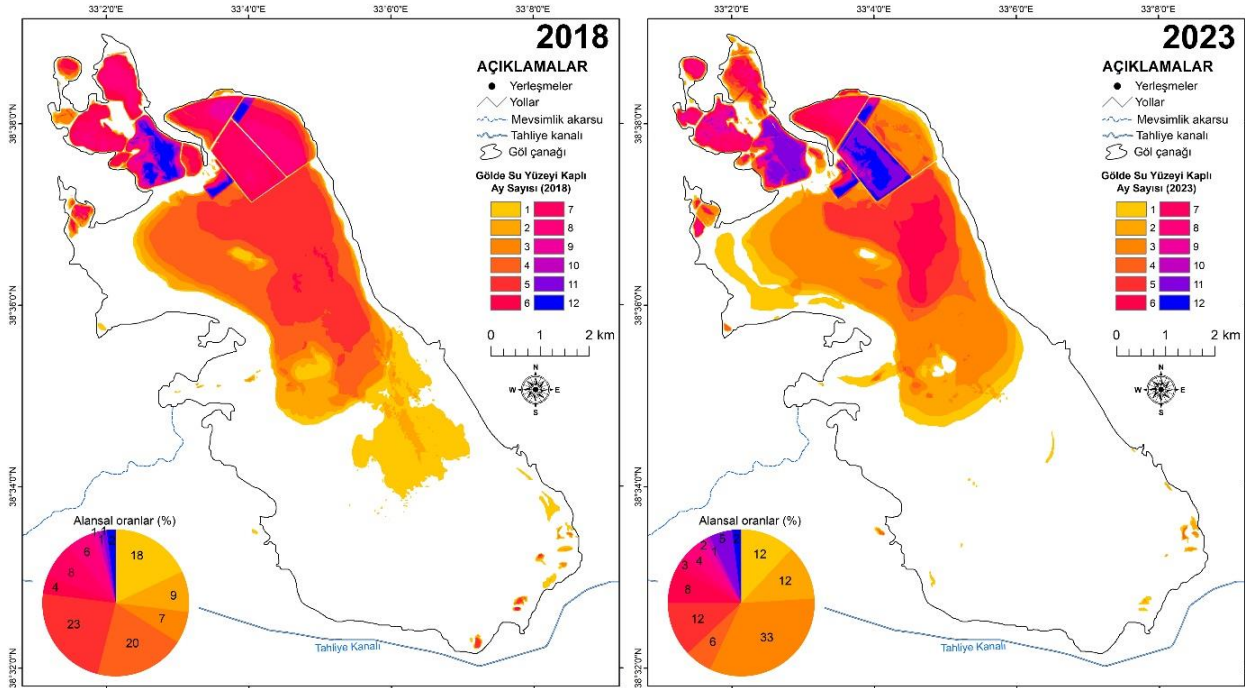
Şekil 17- Tersakan ve Bolluk göllerinin 2018 ve 2023 yıllarındaki göl yüzey alanının dönemsel değişim karşılaştırması

Figure 17- Comparison of the periodic change of lake surface area of Tersakan and Bolluk lakes in 2018 and 2023

Tersakan Gölü'nün 2018 ve 2023 yıllarında yüzeyin suyla kaplı olduğu ay sayısı dağılışı ve kantitatif açıdan analiz edilmiştir. Bulgulara göre 2018 yılında, toplam su yüzeyi alanının %23'ü 5 ay, %20'si 4 ay ve %18'i 1 ay suyla kaplı olduğu saptanmıştır (Şekil 18). Tersakan Gölü'nün 2018 yılında yıl boyunca (12 ay) suyla kaplı alanı 0,471 km²'dir. Bu değer, 2018 yılı içerisindeki göl su yüzeyi toplam alanının sadece %2'sini oluşturmaktadır. 2018 yılında gölün kuzeyindeki tuzla alanları yıl boyu suyun olduğu sahalardır. Bu sahadan itibaren göl su yüzeyinin özellikle güneye-güneydoğuya doğru genişlediği gözlemlenmektedir (Şekil 18). Tersakan Gölü'nün 2023 yılında toplam su yüzeyi alanının %33'ü 3 ay, %12'si 1 ay, %12'si 2 ay ve %12'si 4 ay su kaplıdır. Göl yüzeyinin 12 boyunca suyla kaplı olduğu ay 0,567 km²'dir ve 2023 yılındaki toplam su yüzeyi alanının sadece %2'sini oluşturmaktadır. Tersakan Gölü'nün 2023 yılında kuzeyindeki tuzla alanı ve muhtelif dar alanlı sahalar dışında büyük çoğunluğunun çoraklaştığı saptanmıştır. Gölde 12 boyunca suyla kaplı alanlardan itibaren suyun yıl içerisinde daha çok kuzeyde ve tuzla alanlarda olduğu, en geniş göl yüzeyinin olduğu dönemlerde suyun güneye doğru yayıldığı saptanmıştır (Şekil 14).

Tersakan Gölü'nde 2018 ve 2023 yılları su yüzeyinin kaç ay göl yüzeyinde var olduğu bulgusunun sonuçları karşılaştırıldığında, 2018 yılında suyun daha güneye yayıldığı, kuzeyde benzer dağılımların olduğu, 2023 yılında su yüzeyinin daha batıya yöneldiği tespit edilmiştir (Şekil 18). Bulgular, kısa vadede değişen sıcaklık ve yağış koşulları, yüzey ve yer altı drenaj bağlantısının değişmesi, antropojenik kullanımların farklılaşması göl yüzey alanının da değişmesine neden olduğunu ortaya koyar. Ayrıca morfojenetik açıdan yarı

kurak koşulların hâkim olduğu bölgede klimatolojik koşullardaki ani değişimlerin (Saris & Gedik, 2021) göl yüzey alanını farklı boyutlarda etkilediği düşünülmektedir.



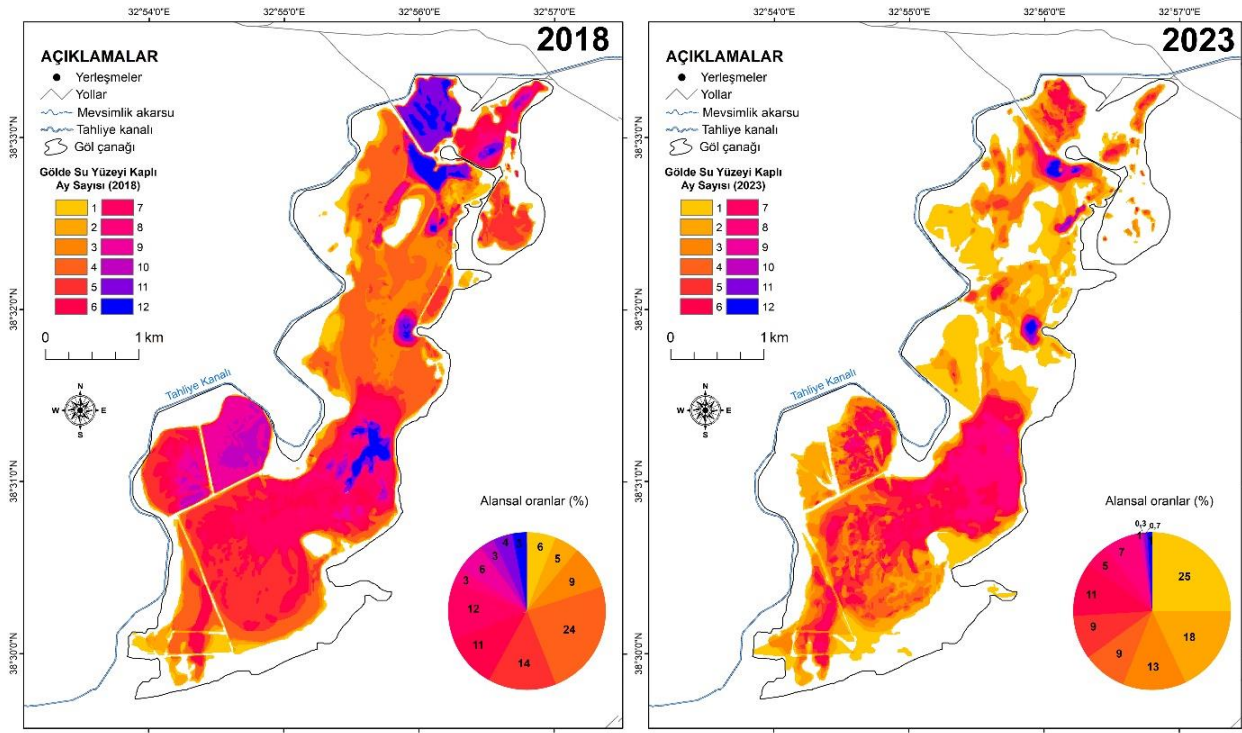
Şekil 18- Tersakan Gölü'nün 2018 ve 2023 yıllarındaki suyla kaplı yüzey alanı dağılışı ve oranı

Figure 18- Distribution and ratio of surface area covered with water in Lake Tersakan in 2018 and 2023

Bolluk Gölü'nün 2018 yılında yüzeyin suyla kaplı olduğu ay sayısı dağılışı ve kantitatif açıdan incelendiğinde, %24'ü 6 ay, %14'ü 5 ay, %12'si 7 ay ve %11'i 6 ay suyla kaplıdır (Şekil 19). Diğer ay sayısının oranı %10'un altında ve daha düşük seviyelerdedir. Bolluk Gölü'nün 12 ay boyunca (yıl boyu) suyla kaplı olan yüzey alanı 0,292 km²'dir ve bu alan toplam suyla kaplı alanının sadece %3'üne tekabül etmektedir. 2018 yılında Bolluk Gölü'nde 12 ay boyunca suyla kaplı olan sahalara, gölün kuzeyindeki tuzla alanları ile doğu kesimindeki muhtelif sahalarda mevcuttur. Gölde 9, 10 ve 11 ay suyla kaplı alanlar kuzey ve güneybatıdaki tuzla alanları ile gölün güneydoğusunda yoğunlaşmaktadır (Şekil 15). Gölün orta kesimi ile traverten konilerinin olduğu sahalara ve kıyı kesimlerine yakın alanlarda ise 1, 2 ve 3 ay suyla kaplı olmaktadır.

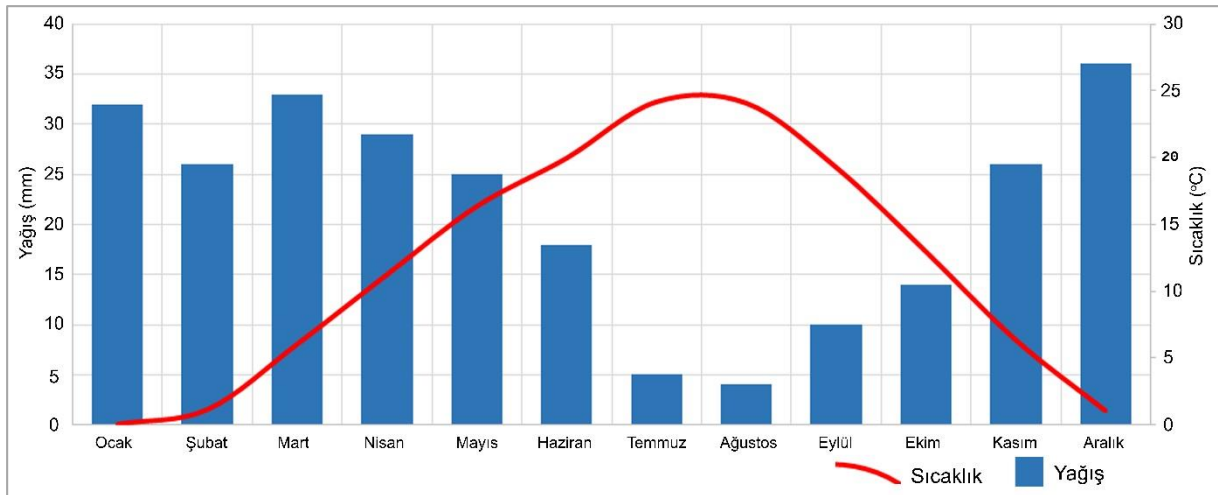
Bolluk Gölü'nün 2023 yılında % 25'i 1 ay, % 18'i 2 ay, % 13'ü 3 ay, % 11'i 6 ay, % 9'u 4 ay ve % 9'u 5 ay suyla kaplıdır (Şekil 15). Gölde, 2023 yılı içerisinde diğer suyla kaplı ay sayısının alansal ve oransal değerleri oldukça düşüktür. Bolluk Gölü'nün 2023 yılında 12 ay boyunca suyla kaplı alanı 0,032 km²'dir ve bu değer gölün % 1'ini oluşturmaktadır. Bolluk Gölü'nün 2023 yılında 12 ay boyunca suyla kaplı sahası, gölün kuzeyindeki muhtelif alanlardadır. Bu alanlardan itibaren dar alanlı olarak kuzeye doğru 11, 10, 9 ve 8 ay suyla kaplı sahalara dağılışı gösterir. Ancak bu ay sayısı kadar suyla kaplı sahaların asıl yoğunlaştığı alan gölün orta ve güney kesimine doğrudur. Gölde 2023 yılında tuzla alanlarında daralma ve su tutma ay sayısında azalma gözlemlenmiştir.

Bolluk Gölü'nde 2018 ve 2023 yılları su yüzeyinin kaç ay göl yüzeyinde var olduğu bulgusunun sonuçları karşılaştırıldığında, 2023 yılında gölde kuraklık ve çoraklaşmanın etkili olduğu dikkat çeker. Özellikle yıl boyu suyla kaplı sahaların alansal ve oransal olarak 2018'den 2023'e kadar küçülmesi klimatolojik koşullarla ilişkilendirilebilir. 2023 yılında Bolluk Gölü'nün kuzey kesiminde tuzla sahalarında su tutmanın azalması aynı zamanda bu kesimde suyun yüzeyel dağılışı da 2018'e göre azalmanın olduğu göstermektedir.

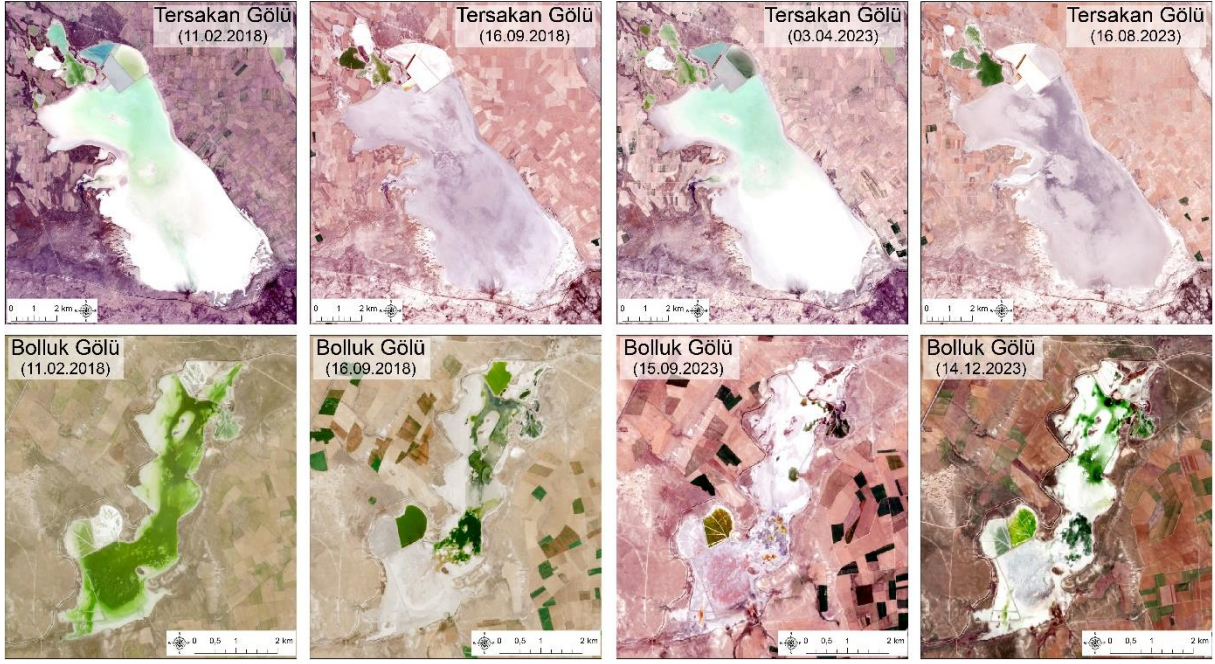


Şekil 19- Bolluk Gölü'nün 2018 ve 2023 yıllarındaki suyla kaplı yüzey alanı dağılışı ve oranı
Figure 19- Distribution and ratio of surface area covered with water in Bolluk Lake in 2018 and 2023

Tersakan ve Bolluk göllerinin suyla kaplı ay dağılışı ve kantitatif analizlerle karşılaştırıldığında, Tersakan Gölü'nde 1, 2 ve 3 ay suyla kaplı alanların, Bolluk Gölü'nde ise 2, 3, 4 ay suyla kaplı alanların oransal olarak daha fazla olduğu dikkat çekmektedir. Ayrıca Bolluk Gölü'nde suyun göl çanağının birçok yerine dağıldığı, Tersakan Gölü'nde ise güney kesimin tamamen kuraklaştığı tespit edilmektedir. Bolluk Gölü'nün, sıcaklık ve yağış koşullarındaki değişimler dikkate alındığında 2023 yılında klimatolojik koşullardan daha çok etkilendiği gözlemlenmektedir.



Şekil 20- Cihanbeyli meteoroloji istasyonunun sıcaklık ve yağış grafiği
Figure 20- Temperature and precipitation graph of Cihanbeyli meteorological station



Şekil 21- Tersakan ve Bolluk göllerinin bazı tarihlere ait Sentinel 2 MSI uydu görüntüleri
 Figure 21- Sentinel 2 MSI satellite images of Tersakan and Bolluk lakes for some dates

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Ülkemizin farklı iklim bölgelerinde, çeşitli ana su havzaları içerisinde, jeolojik-jeomorfolojik olarak çeşitli koşullar altında gelişen göllerde uzun ve kısa dönemli değişimler yaşanmaktadır (Tağıl, 2007; Kuleli vd., 2011; Bahadır, 2013; Duru, 2017; Kale, 2018; Davraz vd., 2019; Aydın vd., 2020; Dereli & Tercan, 2020; Ataol & Onmuş, 2021; Yurteri & Kurttaş, 2021; Alevkayalı vd., 2023; Dinç, 2023). Bu değişimler, göllerin beslenme durumu, alansal büyüklüğü, derinliği, antropojenik kullanımı ve iklim bölgesi özelliği ile farklılıklar göstermektedir. Araştırma kapsamında incelenen Tersakan ve Bolluk gölleri ile benzer özellikler gösteren Tuz Gölü'ndeki değişimler karşılaştırıldığında, Tuz Gölü'nde su yüzeyinin 1985-2016 yılları arasında eğilim olarak oldukça azaldığı (Aydın vd., 2020), Tersakan ve Bolluk göllerinde de 1984-2024 arasında su yüzeyinin % 70 oranında küçüldüğü saptanmıştır. Çalışma sahası ve yakın çevresi kapsamında son 50 yıllık dönemde sıcaklıkların 0,34°C arttığı (Aydın vd., 2020), yağışların ise belli dönemler haricinde azalma eğiliminde olduğu (Yılmaz, 2017; Aydın vd., 2020; Saris & Gedik, 2023), bu durumun göllerin meteorik beslenmesini azaltarak su döngüsündeki buharlaşmayı arttırdığı ve yüzeysel kayıpların yaşandığı ortaya çıkarmaktadır. Özellikle dönemsel olarak nisan ve ağustos ayları kapsamında incelenen veriler göllerde su yüzey alanının daralmasını kanıtlar niteliktedir. Ancak göl su yüzeyi kayıplarındaki artışın iklimsel etkenlerle tek başına açıklanamayacağı bilinmektedir. Bu bakımdan Ataol & Onmuş (2021) çalışmasında Türkiye'deki orijinal sulak alan varlığının 100 yıllık dönemde % 21 azaldığını ve antropojenik etkenlerin bu azalmada baş rollerden biri olduğunu belirtmektedir (Ataol & Onmuş, 2021). Ayrıca dönemsel olarak değişimler olmakla birlikte Tersakan ve Bolluk göllerinin uzun dönemli ve kısa dönemli verileri su yüzeyinde azalma eğiliminin olduğunu ortaya koyar. Özellikle atmosferik su girdisinin en az olduğu yaz aylarından ağustos ayında 1984'den 2024'e azalma trendinin daha büyük boyutlu olduğu tespit edilmiştir. Her iki gölün su yüzey alanının 40 yıllık dönemde %69 oranında küçüldüğü saptanmıştır. Çalışmada daha yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü üzerinden kısa dönemli (2018-2023 yılları arası) ve aylık olarak yapılan analiz sonuçları, Tersakan Gölü su yüzeyinin 2018'den 2023'e % 8,7 küçüldüğünü, Bolluk Gölü su yüzeyinin ise aynı dönemde % 44 küçüldüğünü göstermektedir. Çalışmada Tersakan Gölü su yüzeyinin yıl içerisinde 5 ay ortalamasının üstünde, 7 ay ortalamasının altında alan kapladığı saptanmıştır. Bu durum Bolluk Gölü'nde aynı şekilde gerçekleşmektedir. Analizlerden, göllerdeki aylık su yüzeyinin şubat, mart, nisan aylarında pik değerlere ulaştığı, daha sonra hızlı bir azalma trendi ile ağustos-eylül

arasında en düşük seviyeye geldiğini, bu aylardan sonra özellikle aralık ayında ekstrem şekilde göl yüzeyin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Meydana gelen yıllık göl su yüzeyi değişim rejiminin bu şekilde oluşmasında, Konya Kapalı Havzası'ndaki yağışların özellikle de kar erimelerinin etken olduğu düşünülmekte, yapılan klimatolojik çalışmalar bu sonucu desteklemektedir (Yılmaz, 2017). Aylık analizler, göllerdeki tuzla alanları dışında haziran-ekim arasında göl su yüzeyinin büyük bölümünün kuruduğu ve göl çanak alanlarının çoraklaştığını da göstermektedir. Göllerin su yüzeyi kaplı ay sayısı ve dağılışı analizi, Tersakan Gölü'nde suyun kuzeydeki tuzla alanları ve çevresinde, Bolluk Gölü'nde ise kuzey ve güneybatıdaki tuzla alanları ile doğu ve güneydoğudaki göl çanak tabanı alanlarında 10, 11 ve 12 ay suyun olduğunu göstermektedir. Bolluk Gölü çanak alanı içerisindeki traverten konilerinin göl su yüzeyin alanının dağılışı bazı sahalarda şekillendirdiği de bilinmekte (Erinç, 1960; Erol, 1968; Pınar vd., 2018) ve uydu görüntüleri analizlerinde de bu durum tespit edilmektedir. Çalışmada 2018 ve 2023 yıllarında her iki göl içinde aylar arasındaki değişim sonuçları, ocak ayından şubat, kasım ayından aralık ayına ani göl yüzey alanı artışlarının olduğunu göstermektedir. Meydana gelen durumun oluşmasında tuzla alanlarında su tutma süreci ile gölün hidrografik beslenmesi temel etkindir. Araştırma sonucu, ülkemizin karasal-yarı kurak iklim şartlarında, andoreik havza özelliği gösteren, dar alanlı Tersakan ve Bolluk göllerinin uzun ve kısa dönemli olarak su yüzeyinin azaldığını ve hidrolojik kuraklığın yaşandığını ortaya koyar. Su, havza yönetimi açısından Tersakan ve Bolluk gölleri özelinden yola çıkarak Konya Kapalı Havzası'nda acil su eylem planlamaların revize edilmesi, bütünsel bakış açısı ile sürdürülebilir su yönetim çalışmalarının ortaya konması gerekmektedir. Bu bakımdan araştırma, uzun ve kısa dönemli olarak göl yüzey alanı değişimleri kapsamında önemli bilgiler sunmaktadır. Çalışmadaki farklı zaman periyotlarına ait kartografik, kantitatif bulgular, göllerin dinamik yapısı, yıllık seyri, antropojenik kullanım durumu açısından önemli sonuçlar ortaya koymaktadır. Bu bakımdan çalışmanın yöntemi, bulguları ve sonuçları hem bilim camiasında hem de gölleri planlama, yönetim ve kullanma aşamalarında kullanılabilir.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest	Yazar(lar) çıkar çatışması bildirmemiştir. The authors declared no conflict of interest
Finansal Destek / funding conditions	Yazar(lar) bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. The authors declared that this study has received no financial support

REFERANSLAR

- Akbaş, A., Freer, J., Ozdemir, H., Bates, P.D., Turp, M.T., (2020). What about reservoirs? Questioning anthropogenic and climatic interferences on water availability. *Hydrol Process.* 34 (26), 5441–5455. <https://doi.org/10.1002/hyp.13960>
- Akbaş, A., (2024). Human or climate? Differentiating the anthropogenic and climatic drivers of lake storage changes on spatial perspective via remote sensing data, *Science of the Total Environment* 912. 168982. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168982>
- Alevkayalı, Ç., Atayeter, Y., Yayla, O., Bilgin, T., Akpınar, H. (2023). Burdur Gölü'nde uzun dönemli kıyı çizgisi değişimleri ve iklim ilişkisi: Zamansal-mekânsal eğilimler ve tahminler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (82), 37-50. <https://doi.org/10.17211/tcd.1287976>
- Ataol, M. & Onmuş, O. (2021). Wetland loss in Turkey over a hundred years: implications for conservation and management, *Ecosystem Health And Sustainability*, 7 (1), 1-13. <https://dx.doi.org/10.1080/20964129.2021.1930587>
- Aydın, F., Erlat, E., Türkeş, M. (2020). Impact of climate variability on the surface of Lake Tuz (Turkey), 1985–2016. *Reg Environ Change* 20, 68. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01656-z>
- Bahadır, M. (2013). Akşehir Gölü'nde Alansal Değişimlerin Uzaktan Algılama Teknikleri İle Belirlenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (28), 246-275.
- Busker, T., de Roo, A., Gelati, E., Schwatke, C., Adamovic, M., Bisselink, B., et al. (2019). A global lake and reservoir volume analysis using a surface water dataset and satellite altimetry. *Hydrology and Earth System Sciences*, 23(2), 669–690. <https://doi.org/10.5194/hess-23-669-2019>

- Cooley, S.W., Ryan, J.C. & Smith, L.C. (2021). Human alteration of global surface water storage variability. *Nature*, 591, 78–81. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03262-3>
- Choiński, A., Ptak, M., & Ławniczak, A. E. (2016). Changes in water resources of polish lakes as influenced by natural and anthropogenic factors. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(5), 1883-1890. <https://doi.org/10.15244/pjoes/62906>
- Davraz, A., Şener, E. Şener, S., (2019). Evaluation of climate and human effects on the hydrology and water quality of Burdur Lake, Turkey, *Journal of African Earth Sciences*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103569>
- Delibaş, M. (2010). Türkiye’de korumacılık anlayışında jeolojik yapıların önemi: Bolluk Gölü bölgesi traverten konileri (Cihanbeyli-Konya). Zonguldak Karaelmes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı yüksek lisans tezi.
- Dereeli, M. A., & Tercan, E. (2020). Assessment of Shoreline Changes using Historical Satellite Images and Geospatial Analysis along the Lake Salda in Turkey. *Earth Sci Inform* 13, 709-718. <https://doi.org/10.1007/s12145-020-00460-x>
- Dinç, G., (2023). Unveiling shoreline dynamics and remarkable accretion rates in Lake Eğirdir (Turkey) using DSAS. The implications of climate change on lakes. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 95, 95-108. <http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/10111>
- Duru, U. (2017). Shoreline change assessment using multi-temporal satellite images: a case study of Lake Sapanca, NW Turkey. *Environ Monit Assess* 189, 385. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6112-2>
- Erinç, S. (1960). Konya bölümünde ve iç toros sıralarında karst şekilleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 20, 83-106.
- Erol, O. (1968). Cihanbeyli güneyinde Bolluk gölü çevresindeki traverten konileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 24-25, 64-98
- Fan, C., Song, C., Li, W., Liu, K., Cheng, J., Fu, C. (2021). What drives the rapid water-level recovery of the largest lake (Qinghai Lake) of China over the past half century? *Journal Hydrology* 593, 125921. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125921>
- Hossain, S. Yasir, M. Wang, P. Ullah, S. Jahan, M., Hui, S., Zhao, Z., (2021). Automatic shoreline extraction and change detection: A study on the southeast coast of Bangladesh. *Marine Geology* 441, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2021.106628>
- Hoşgören, M. Y. (2020). Hidrografyanın Ana Çizgileri II, (6. Baskı) Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Hoşgören, M. Y. (1994). Türkiye’nin Gölleri, *Türk Coğrafya Dergisi*, 29, 19-51 <https://doi.org/10.17211/tcd.70549>
- Kale, M. M., (2018). Historical Shoreline Change Assessment Using DSAS: A Case Study of Lake Akşehir, SW Turkey, *Current Debates in Sustainable Architecture, Urban Design Environmental Studies (Edt. Doğan, A. Gönüllü, G.)*, (ss. 187-196) JOPEC Publication, ISBN:978-1-912503-33-9
- Kale, M. M., & Erişmiş, M. (2024). Eğirdir Gölü alansal değişiminin uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla analizi. *International Journal of Geography and Geography Education* (52), 122-140. <https://doi.org/10.32003/igge.1380588>
- Kaya, Y., Sanli, F.B. & Abdikan, S. (2023). Determination of long-term volume change in lakes by integration of UAV and satellite data: the case of Lake Burdur in Türkiye. *Environ Sci Pollut Res* 30, 117729–117747. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30369-z>
- Khorshiddoust, A. M., Patel, N., Khalilzadeh, E., Bostanaba, A. S., Tajbar, S., (2022). A comparative study of the surface level changes of Urmia Lake and Aral Lake during the period of 1988 to 2018 using satellite images. *Front. Earth Science*. <https://doi.org/10.1007/s11707-022-1010-5>
- Kuleli, T., Güneröğlu, A., Karşlı, F., Dihkan, M., (2011). Automatic detection of shoreline change oncoastal Ramsar wetlands of Turkey, *Ocean Engineering* 38, 1141–1149. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2011.05.006>
- Lausch, A., Bannehr, L., Berger, S.A., Borg, E., Bumberger, J., Hacker, J.M., Heege, T., Hupfer, M., Jung, A., Kuhwald, K. (2024). Monitoring Water Diversity and Water Quality with Remote Sensing and Traits. *Remote Sensing*, 16, 2425. <https://doi.org/10.3390/rs16132425>
- Liu, H., Chen, Y., Ye, Z., Li, Y., Zhang, O. (2019). Recent Lake Area Changes in Central Asia. *Scientific Reposrt-Nature Research* 9, 16277. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52396-y>
- Luo, S., Song, C., Ke, L., Zhan, P., Fan, C., Liu, K., (2022). Satellite laser altimetry reveals a net water mass gain in global lakes with spatial heterogeneity in the early 21st century. *Geophysical Research Letters*, 49, e2021GL096676. <https://doi.org/10.1029/2021GL096676>

- 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*, 17(7) 1425-1432,
- Meyer, M.F., Topp, S.N., King, T.V. et al. (2024). National-scale remotely sensed lake trophic state from 1984 through 2020. *Science Data* 11, 77. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-02921-0>
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35, 17-27. <https://doi.org/10.26650/JGEOG295515>
- Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N. & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature* 540, 418–422 <https://doi.org/10.1038/nature20584>
- Pınar, A., Buldur, A. D., & Tuncer, T. (2018). Bolluk Gölü Traverten Konilerinin Geçmişten Günümüze Değişimi. *Marmara Coğrafya Dergisi* (37), 233-252. <https://doi.org/10.14781/mcd.386373>
- Saris, F., & Gedik, F. (2021). Konya Kapalı Havzası'nda meteorolojik kuraklık analizi. *Coğrafya Dergisi*, 42, 295-308. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2021-885519>
- Sikder, M. S., Wang, J., Allen, G. H., Sheng, Y., Yamazaki, D., Song, C., Ding, M., Crétau, J.-F., Pavelsky, T. M. (2023). Lake-TopoCat: a global lake drainage topology and catchment database, *Earth System. Science. Data*, 15, 3483–3511, <https://doi.org/10.5194/essd-15-3483-2023>
- Tağıl, Ş. (2007). Quantifying the change detection of the Uluabat wetland, Turkey, by use of landsat images. *Ekoloji*, 16(64), 9-20.
- Uzun, M. (2024). Analysis of Manyas Lake Surface Area and Shoreline Change Over Various Periods with DSAS Tool. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 6(1), 35-56. <https://doi.org/10.51489/tuzal.1443490>
- Wang S, Ma L, Yang L, Long X, Guan C, Zhao C., Chen N (2024), Quantifying desertification in the Qinghai Lake Basin. *Frontiers in Environmental Science* 12:1309757 <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1309757>
- Wenzel, H. (1937). Forschungen in Inneranatolien. Die Steppe als Lebensrcrturn. - Schriften des Geogr. Inst. d. Univ. Kiel - Kiel.
- Woolway, R. I., Kraemer, B. M., Lenters, J. D., Merchant, C. J., O'Reilly, C. M., Sharma, S. (2020). Global lake responses to climate change, *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 388–403, <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0067-5>
- Weyhenmeyer, G. A., Chukwuka, A. V., Anneville, O., Brookes, J., Carvalho, C. R., Cotner, J. B., (2024). Global lake health in the Anthropocene: Societal implications and treatment strategies. *Earth's Future*, 12, e2023EF004387. <https://doi.org/10.1029/2023EF004387>
- Verpoorter, C., Kutser, T., Seekell, D. A. & Tranvik, L. J. (2014). A global inventory of lakes based on high-resolution satellite imagery. *Geophys. Res. Lett.* 41, 6396–6402. <https://doi.org/10.1002/2014GL060641>
- Yang, Y., Wu, J., Miao, Y., Wang, X., Lan, X., Zhang, Z. (2022). Lake Changes during the Past Five Decades in Central East Asia: Links with Climate Change and Climate Future Forecasting. *Water*, 14, 3661. <https://doi.org/10.3390/w14223661>
- Yılmaz, M. (2017). Konya Kapalı Havzası'nın Tmpa Uydu Kaynaklı Yağış Verileri İle Kuraklık Analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(2). <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.322181>
- Yurteri, C., & Kurttaş, T. (2021). Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak Seyfe Gölü (Kırşehir) yüzey alanının zamansal değişiminin analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(4), 1115-1128. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.848873>
- Zhao, G., Li, Y., Zhou, L. Gao, H., (2022). Evaporative water loss of 1.42 million global lakes. *Natural Commun* 13, 3686. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31125-6>

