

Marmara Gölünün Alansal Değişimi: Çevresel ve Sosyo-Ekonomik Yansımalar

Spatial Change of Lake Marmara: Environmental and Socio-Economic Implications

Ekin Sarıkaya¹, Raşit Enes Akgün¹, Musa Çoban¹, İmren Kuşcu²,
Osman Salih Yılmaz^{3*}

¹T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Manisa Salihli Bilim ve Sanat Merkezi, 45300, Manisa/Türkiye.

²Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Bölümü, 16059, Bursa/Türkiye.

³Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Demirci Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 45900, Manisa/Türkiye.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

*Sorumlu yazar:

Osman Salih Yılmaz
osmansalih.yilmaz@cbu.edu.tr

doi: 10.48123/rsgis.1771431

Yayın süreci

Geliş tarihi: 24.08.2025
Kabul tarihi: 17.12.2025
Basım tarihi: 26.03.2026

Özet

Manisa ilinin Salihli ve Gölarmara ilçeleri sınırında yer alan Marmara Gölü'nün kuruması, yöre halkı açısından önemli ekonomik, sosyal ve çevresel etkiler yaratmıştır. Su seviyesindeki azalma, özellikle tarım ve balıkçılık faaliyetlerini olumsuz etkilemiş, bu durum yerel geçim kaynaklarında ciddi kayıplara yol açmıştır. Yüzey alanı 2017 yılında 3.687,51 ha olan göl alanı, hızla azalarak günümüzde tamamen kurumuştur. Bu çalışmanın amacı, Marmara Gölü'nün alansal değişimini Uzaktan Algılama teknikleriyle belirleyip, saha verileriyle (anket ve görüşmeler) destekleyerek gölün kurumasının yerel halk üzerindeki sosyo-ekonomik etkilerini bütüncül biçimde ortaya koymaktır. Bu doğrultuda çalışmada karma yöntem kullanılarak nicel ve nitel veri toplama ve analiz teknikleri bir arada uygulanmıştır. İklim (ERA5), nüfus (TÜİK) ve ekonomik veriler değerlendirilmiştir. Göl alanındaki değişim NDWI analizi ile Google Earth Engine platformunda belirlenmiş, iklim verilerindeki eğilimler Mann-Kendall testi ile analiz edilmiştir. Saha çalışmaları kapsamında göl çevresindeki kırsal mahallelerde Likert ölçekli anketler uygulanmış ve elde edilen veriler SPSS programında istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bulgular, gölün kurumasının sadece ekolojik dengeyi değil, aynı zamanda yerel ekonomiyi ve yaşam kalitesini de olumsuz etkilediğini göstermektedir. Sonuçlar, sürdürülebilir su yönetimi, iklim değişikliğine karşı etkin önlemler ve yerel halk için alternatif geçim kaynaklarının oluşturulmasının gerekliliğini vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: Marmara gölü, Uzaktan algılama, Google Earth Engine, NDWI

Abstract

The drying up of Lake Marmara, located between the Salihli and Gölarmara districts of Manisa province, has caused significant economic, social, and environmental impacts on the local community. The lake's surface area, which was 3,687.51 hectares in 2017, has rapidly decreased and dried up in recent years. This study aims to determine the spatial change of Lake Marmara using Remote Sensing techniques and to reveal the socio-economic impacts of the lake's drying on the local community by supporting these analyses with field data (surveys and interviews). A mixed-method approach combining quantitative and qualitative techniques was used. Climate (ERA5), population (TURKSTAT), and economic data were evaluated. The spatial change of the lake was determined using NDWI analysis on the Google Earth Engine platform, while trends in climate data were analyzed with the Mann-Kendall test. As part of the fieldwork, Likert scale surveys were conducted in rural neighborhoods around the lake and analyzed using SPSS. The findings show that the drying of the lake has negatively affected ecological balance, the local economy, and quality of life. The results highlight the urgent need for sustainable water management, effective climate change mitigation, and alternative livelihood strategies for affected communities.

Keywords: Marmara lake, Remote sensing, Google Earth Engine, NDWI

1. Giriş

Göl alanı, göllerin fiziksel özelliklerini tanımlayan temel bir parametre olup, hem su hacmindeki değişiklikleri doğrudan yansıtmakta hem de insan faaliyetleri ile iklim değişikliğinin etkilerini dolaylı olarak ortaya koymaktadır (Woolway vd., 2020). Karasal hidrosferin temel bileşenlerinden biri olan göller, son on yılda büyük ölçüde baskı altındadır (Xu vd., 2018; Han vd., 2019). Yağış, buharlaşma, yüzeysel akış ve yeraltı suyunda meydana gelen değişiklikler, göl sınırlarının genişlemesi veya daralması gibi önemli mekânsal etkiler doğurmaktadır; bu durum göl sınırlarının giderek küçülmesi ile sonuçlanmaktadır (Wang vd., 2021). Buna paralel olarak, nüfus artışı, yoğun tarımsal sulama, endüstriyel su kullanımı ve ekonomik kalkınma gibi antropojenik etkenler de dünya genelinde göl ve sulak alan ekosistemlerinin bozulmasında önemli rol oynamaktadır (Xu vd., 2024).

Bu anlamda göllerin alansal değişimi hem doğal yaşamı hem de insan yaşamını olumsuz etkilemektedir (Chen vd., 2018). Sulak alanlar, pek çok canlı türü için hayati öneme sahip yaşam alanlarıdır. Bu alanlar, kuşların göç rotaları üzerinde önemli duraklar, balıkların üreme ortamları ve sucul bitkilerin doğal yaşam alanları olarak işlev görmektedir. Bu alanların yok olması, yalnızca canlı türlerinin yaşam alanlarını tehdit etmekle kalmamakta, aynı zamanda ekolojik dengeyi de ciddi biçimde bozmaktadır.

Göllerde meydana gelen radikal değişimler yalnızca ekolojik dengeyi değil, aynı zamanda çevresinde yaşayan yerel halkın ekonomik, sosyal ve kültürel yaşamlarını da önemli ölçüde etkilemektedir (Kuşcu, 2024). Göller gerek tarımsal sulamada gerek balıkçılık gibi faaliyetler açısından binlerce yıl öncesine uzanan, ekonomik ve sosyal kalkınmanın sağlanmasında belirleyici bir rol oynamaktadır (Luo vd., 2019). Gölün alansal değişimi, sulak alanların bataklıklaşmasına, su kalitesinde düşüşe, gölün su depolama ve su temini kapasitesinin azalmasına neden olmuştur (Wurtsbaugh vd., 2017). Bu olumsuz değişimler, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin gelişimini olumsuz etkileyerek, kırsal geçim kaynaklarını tehdit etmektedir (Yao vd., 2019). Bu durum, gölden geçimini sağlayan kırsal topluluklarda gelir kaybı, göç eğiliminde artış ve yaşam kalitesinde düşüş gibi sosyal ve ekonomik sonuçlar doğurmaktadır. Özellikle balıkçılık gibi suyla doğrudan ilintili geçim faaliyetinin yürütüldüğü kırsal alanlarda, göl kuruması gibi çevresel krizler, yerel halkın geçim stratejilerinin çeşitliliğini azaltmakta ve ekonomik kırılganlığı artırmaktadır (Dişli vd., 2003). Bu noktada, göl alanlarında yaşanan değişimin sadece doğal çevreye değil, insan yaşamına etkileri açısından da çok boyutlu bir şekilde ele alınması gerekmektedir (Boromisza, 2013; Dustin & Jacobson, 2015).

Küresel ölçekte göller, biyolojik çeşitliliğin korunması, karbon döngüsü, mikroklima oluşumu ve yerel su rejiminin düzenlenmesi gibi temel ekosistem hizmetlerini sağlayarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sunmaktadır (Rinke vd., 2019). Özellikle iklim değişikliğinin belirgin sonuçlarının gözlemlendiği kurak ve yarı kurak bölgelerde, göller mevcut su kaynaklarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Zhang vd., 2017). Bu bağlamda, kurak ve yarı kurak bölgelerde göl alanlarındaki değişimi izlemeye yönelik Uzaktan Algılama (UA) temelli çalışmalar yaygınlaşmıştır. Özellikle çok zamanlı uydu görüntülerinde su yüzeylerinin belirlenmesinde çeşitli spektral indekslerden yararlanılmaktadır (Yang vd., 2018; Yılmaz, 2023a). Bu indekslerden Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), su yüzeylerini kara ve bitki örtüsünden ayırt etmede yaygın olarak kullanılmaktadır (Erdem vd., 2018; Laonamsai vd., 2023). Modifiye NDWI (MNDWI), kentsel alanların yansıma etkilerini azaltarak su kütlelerinin daha doğru tespitini sağlamaktadır (Xu, 2006); Normalize Fark Gölet İndeksi (NDPI), küçük ölçekli havuz, gölet gibi su kütlelerinin belirlenmesinde etkilidir (Lacaux vd., 2007); Su Oran İndeksi (WRI), suyun baskın spektral yansıtma özelliklerini dikkate almaktadır (Shen ve Li, 2010); Otomatik Su Yüzeyi Çıkarma İndeksi (AWEI) ise su dışı yansımaları ortadan kaldırmada yüksek doğruluk sunmaktadır (Feyisa vd., 2014). Son yıllarda, makine öğrenmesi algoritmaları (Random Forest, Support Vector Machine vb.) ve derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar (Convolutional Neural Networks, U-Net vb.) su kütlelerinin otomatik sınıflandırılması ve alansal değişimlerinin yüksek doğrulukla izlenmesi amacıyla yaygın şekilde kullanılmaktadır (Avcı vd., 2023). Bu yöntemler sayesinde göl dinamiklerinin mekânsal ve zamansal eğilimleri ayrıntılı biçimde ortaya koyulmaktadır (Chang vd., 2015; Hou vd., 2017). Bu analizlerin gerçekleştirilmesinde, geniş veri setlerine hızlı erişim ve güçlü hesaplama imkânları sunan GEE platformu yaygın olarak kullanılmaktadır (Ayalke & Şişman, 2024; Yılmaz vd., 2023b). Google Earth Engine (GEE), bulut tabanlı bir jeo-uzamsal analiz ortamı olan büyük hacimli uydu verilerini yüksek işlem kapasitesiyle analiz etmeye imkân tanımaktadır (Acar vd., 2021; Yılmaz vd., 2023c).

Göllerdeki bu anormal değişiklikler ekosistemin bozulmasına, su temini kapasitesinin azalmasına, iklim anomalilerine ve çeşitli diğer sorunlara yol açmaktadır (Xia vd., 2016). İklim anomalilerinin göl alanındaki değişim üzerindeki etkilerinin ortaya koyulabilmesi için uzun dönemli iklim verilerinin analiz edilmesi gerekmektedir. Bu noktada, eğilimlerin yönünü ve istatistiksel anlamlılığını belirlemede yaygın olarak kullanılan Mann-Kendall istatistik testi, sıcaklık ve yağış verileri gibi zaman serilerinde iklim kaynaklı eğilimlerin tespit edilmesinde etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Yılmaz, 2023d). Çalışma alanı olan Marmara Gölü (Şekil 1), “Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği” kapsamında değerlendirilmiş ve 2017 yılında “Ulusal Öneme Haiz Sulak Alan” olarak tescillenmiştir (Körbalta, 2019). Ancak, göl hacminde 2011 yılından itibaren gözlenen kesintisiz azalma, ekosistemi derinden sarsmış, biyolojik çeşitliliği tehdit etmiş ve göl çevresindeki sosyo-ekonomik yaşamı doğrudan etkilemiştir. Gölü besleyen su kaynaklarının yönünün değiştirilmesi, sulama

altyapısının yetersizliği ve su kaynaklarının aşırı kullanımı, gölün kuruma sürecini hızlandırmış; bu durum ulusal ve uluslararası çevre yükümlülükleri açısından da değerlendirilmesi gereken önemli bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 1. Marmara Gölü ve çevresinden genel bir görünüm

Marmara Gölü'nün alansal değişimi çeşitli dönemlerde çalışmalara konu olmuştur (Gülersoy, 2013; Körbalta, 2019; Cezayirlioğlu vd., 2022; Güngör vd., 2022; Softaoğlu & Ustaoglu, 2023). Bu çalışmalar gölde 1975–2011 yılları arasında %6, 1975–2018 arasında %43, 2013–2022 arasında ise %75 oranında alan kaybı yaşandığını ortaya koymuştur. Ayrıca 2022–2025 dönemi için %70'lik bir küçülme öngörülmüştür. Yapılan çalışmalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve UA yöntemleri (Gülersoy, 2013; Bayrak, 2018; Softaoğlu & Ustaoglu, 2023; Tekin & Deniz, 2024), GEE (Güngör vd., 2022) ve ayrıca dört farklı tahmin modeli olan Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF Regressor), Doğrusal Regresyon (Linear Regression), Toplamsal Regresyon (Additive Regression) ve Çok Katmanlı Perceptron Sınıflandırıcı (MultiLayer Perceptron Classifier) yöntemleri kullanılmıştır (Cezayirlioğlu vd., 2022). Bunun haricinde Marmara Gölü yalnızca alansal değişim açısından değil; göl yakın çevresinin tarihsel ve yapısal dönüşümü (Girgin, 2000), insanların göl üzerindeki etkileri (Arı & Derinöz, 2011), arazi kullanımındaki zamansal değişimler (Gülersoy, 2013), jeoarkeolojik özellikleri (Vardar, 2018) ve hidrolik dinamikleri (Murathan vd., 2023) açısından da ele alınmıştır. Aynı zamanda bu ekolojik krize dikkat çekmek ve toplumsal farkındalık oluşturmak amacıyla çeşitli sivil toplum kuruluşları, kamu kurumları ve özel sektör tarafından bilgilendirici kampanyalar düzenlenmiş; haber içerikleri ve kısa filmlerle kamuoyu bilgilendirilmiştir. Ancak, gölün kurumasının yöre halkı üzerindeki doğrudan etkileri büyük ölçüde ihmal edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin önemli su kaynaklarından biri olan Marmara Gölü'nün kuruma sürecinin, Manisa iline bağlı Salihli ve Gölarmara ilçelerinde yaşayan yerel halk üzerindeki ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini ortaya koymaktır. Bu doğrultuda, gölün kurumasıyla birlikte tarım ve balıkçılık gibi temel geçim kaynaklarında meydana gelen gerilemenin yerel yaşam üzerindeki etkileri anket, yüz yüze görüşme ve yerinde gözlem yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, sadece mevcut durumu tespit etmekle kalmayıp; sürdürülebilir su yönetimi, modern tarımsal sulama teknikleri ve alternatif geçim kaynaklarının geliştirilmesi gibi çözüm odaklı önerilere de temel oluşturmuştur.

Marmara Gölü üzerine yapılan önceki çalışmalar çoğunlukla gölün alansal değişimi, hidrolojik dönüşümler veya ekolojik yapıdaki değişiklikler gibi belirli temalar etrafında yoğunlaşmıştır; bu yaklaşımlar genellikle söz konusu gölün alansal değişiminin yerel topluluklar üzerindeki doğrudan ve dolaylı sosyo-ekonomik etkilerini kapsamlı biçimde ele almamıştır. Bu çalışma ise, gölün alansal değişim analizlerini (UA-teknikleri), saha çalışmaları (anketler ve görüşmeler) ile ekonomik ve sosyal analizleri metodolojik olarak birleştirerek literatürdeki bu boşluğu kapatmayı amaçlamaktadır. Çalışma, "Marmara Gölü'nün kuruması, bölge halkının ekonomik ve sosyal yaşamını ne ölçüde ve hangi yönlerden

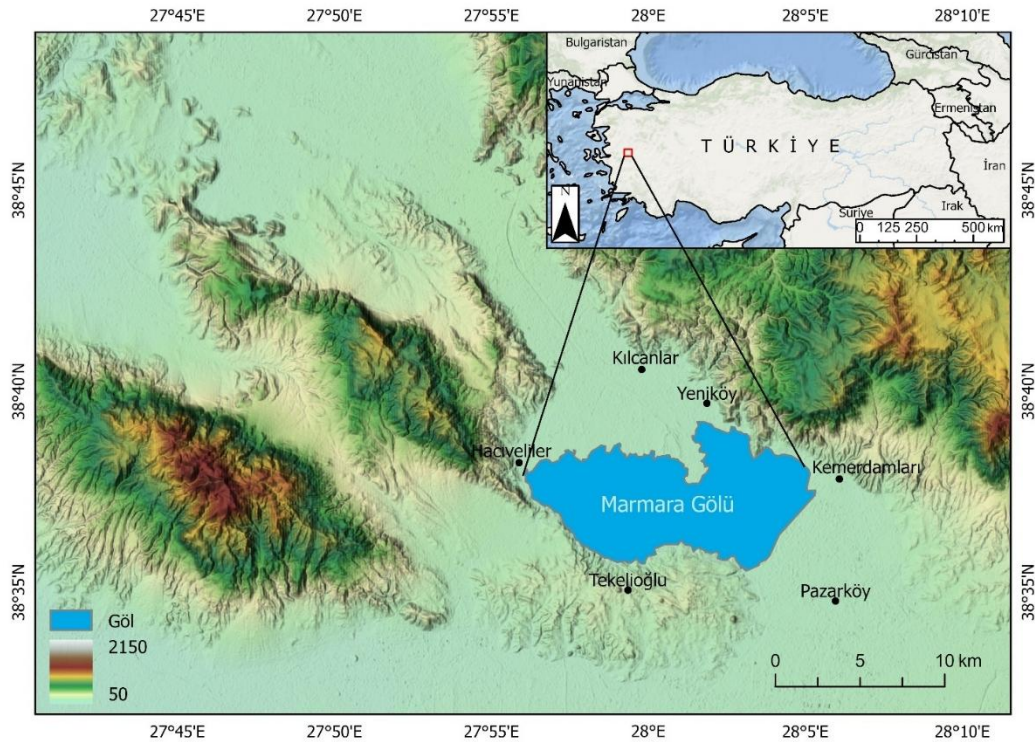
etkilemiştir?” sorusu etrafında şekillenmiş olup, gölün çevresel kaybının yerel düzeydeki yansımalarını nicel ve nitel verilerle bütüncül bir bakış açısıyla ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma hem kavramsal hem de yöntemsel açıdan özgün bir katkı sunmakta ve çevresel değişimin insan boyutunu merkezine alan öncü bir inceleme niteliği taşımaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma alanı

Marmara Gölü, Türkiye’nin batısında, Manisa ili sınırları içinde; 38° 39' – 38° 35' kuzey enlemleri ile 27° 55' – 28° 05' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Göl kuzeyde Gölarmara, güneyde Salihli ve güneybatıda Ahmetli ilçeleri arasında konumlanmaktadır (Şekil 2). Marmara Gölü ve çevresinde yer alan toplam 6 mahalleden 4 tanesi Salihli ilçesine (Tekelioğlu, Kemerdamları, Pazarköy ve Yeniköy), 2 tanesi ise Gölarmara ilçesine (Hacıveliler ve Kılcanlar) bağlıdır. Gölün bulunduğu saha çukur bir morfolojiye sahip olup, batı ve kuzey yönlerinden tepelerle çevrilidir. Bu topografik yapının oluşumu, Marmara Gölü’nün Bozdağlar’ın kuzeyi boyunca uzanan Gediz Grabeninin orta kesiminde, Çal ve Keçi dağları arasında konumlanmasıyla doğrudan ilişkilidir. Deniz seviyesinden 74 metre yükseklikte bir çöküntü alanı içinde bulunan Marmara Gölü, yaklaşık 12 km uzunluğa, 6 km genişliğe ve ortalama 70 km² yüzölçümüne sahiptir. Derinlik açısından değerlendirildiğinde, gölün ortalama derinliği 3 ile 4 metre arasında değişmekte olup, en derin noktası ise 7 metreye ulaşmaktadır. Morfolojik olarak gölün orta kesimi basık elips formunda bir yapıya sahipken, kıyı kesimleri sığdır ve büyük ölçüde bataklık alanlarla kaplıdır.

Jeomorfolojik olarak Marmara Gölü, alüvyal set gölü olarak sınıflandırılmakta olup; doğusunda Gediz Ovası, güneyinde Salihli Ovası, kuzeybatısında ise Akhisar Ovası yer almaktadır. Bu ovalar, alüvyon setleri ile birbirinden ayrılmaktadır. Alüvyonların başlıca kaynaklarını kuzeyde Kum Çayı, güneyde ise gölü besleyen temel akarsu olan Gediz Nehri oluşturmaktadır (Girgin, 2000). Tarihsel süreçte Kum Çayı’nın gerçekleştirdiği kapma olayı, göl alanının küçülmesine neden olmuştur. Bu akarsu, taşıdığı alüvyon malzemeleri gölün kuzey kesiminde deltaik çökeller şeklinde biriktirmeye devam etmektedir (Yağmurlu & Baykal, 1989; Hakyemez vd., 2013).



Şekil 2. Çalışma alanı

Çalışma alanı, Neotektonik Dönem’de şekillenmiş ve Türkiye’nin başlıca tektonik birliklerinden biri olan Menderes Masifi’nin kuzey kenarında horst-graben sistemi içerisinde yer almaktadır (Bulkan vd., 2018). Bu tektonik yapı içerisinde, Menderes Masifi’ne ait formasyonlara da rastlanmaktadır (Hoşgören, 1983). Alanın çevresi ise kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu aktif fay hatlarıyla sınırlanmıştır.

Marmara Gölü çevresindeki jeolojik süreçler, genel olarak Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar uzanan bir zaman aralığını kapsamaktadır. Marmara Gölü'nün oluşum süreci, Holosen'in III. evresine denk gelmektedir (Hakyemez vd., 2013). Göl çevresinde, Holosen öncesine ait temel kayalar yer almakta olup, bunların üzerinde güney kesimde Neojen yaşlı çökeller, kuzey ve kuzeydoğuda ise Pleyistosen ve Holosen yaşlı akarsu çökelleri yaygın şekilde bulunmaktadır (Bulkan vd., 2018). Gölün kuzey ve doğusunda, Paleozoyik yaşlı Menderes Masifi'ne ait temel kayalar olan fillit, filiş ve masif kireçtaşları yüzeylenmektedir. Bu temel formasyonlar, kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanmakta olup, yer yer Kuvaterner yaşlı alüvyon çökelleri ile örtülüdür. Ayrıca çalışma alanında Paleozoyik yaşlı şist, mermerler, Mesozoik yaşlı kireçtaşları ve Neojen yaşlı killi kireçtaşları yaygın olarak gözlemlenmektedir.

Marmara Gölü ve çevresinde yarı kurak-yarı nemli özellikler taşıyan Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Bu iklim tipi nedeniyle yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir.

Vejetasyon özellikleri bakımından göl ve çevresi, Avrupa-Sibirya ve İran-Turan fitocoğrafya bölgeleri içerisinde yer almaktadır. Bölgenin doğal bitki örtüsü, iklimsel ve topografik koşullara bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Akdeniz ikliminin etkili olduğu sahada bitki örtüsü ağırlıklı olarak maki formasyonlarından oluşmakta olup, karaçam, kızılçam, kavak, söğüt, çınar, zakkum, defne, ıhlamur, kocayemiş, kuşkonmaz, zeytin, üvez, ladin ve funda başlıca türler arasında yer almaktadır (Bayrak, 2018). Bölgede bitki örtüsünün zayıf olduğu alanlarda erozyonun belirgin olduğu görülmektedir. Özellikle Bintepe çevresinde, zamanla küçük kuru dere yataklarına dönüşen oyuntu (gully) benzeri yarıntıların geliştiği örnekler dikkat çekmektedir (Vardar, 2018).

Marmara Gölü ve çevresinde yer alan mahallelerde 2013 yılında toplam nüfus 4.790 iken, 2023 yılı itibarıyla nüfus yaklaşık yarı yarıya azalarak 2.389'a düşmüştür (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023). Bu durum gölün kuruması ve çevresel değişimlerle doğrudan ilişkilidir.

2.2 Kullanılan Veriler

Bu çalışma, Marmara Gölü'nün alansal değişiminin çevresel ve sosyo-ekonomik yansımalarını değerlendirmek amacıyla karma yöntem yaklaşımıyla tasarlanmıştır. Araştırmada, Salihli ve Gölarmara ilçelerinde yaşayan yerel halk üzerindeki etkilerin bütüncül bir perspektifle analiz edilebilmesi için nitel ve nicel veri toplama teknikleri bir arada kullanılmıştır.

2.2.1. Uydu Görüntüleri

Göl yüzey alanındaki zamansal değişimlerin izlenmesi amacıyla, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından Copernicus programı kapsamında işletilen Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Analizler, GEE bulut platformu üzerinden erişilen Sentinel-2 Level-2A (Harmonized) Surface Reflectance (SR) ürünleri ile gerçekleştirilmiştir. Bu veri seti, atmosferik düzeltme işlemleri uygulanmış yüzey yansıma değerlerini içermektedir (Du vd., 2016). Sentinel-2 uydusu, 10 m, 20 m ve 60 m olmak üzere üç farklı mekânsal çözünürlükte veri sağlamakta olup 13 spektral banda sahiptir. Bu çalışmada su-kara ayrımı için 10 m çözünürlüğe sahip yeşil (Band 3; 560 nm) ve yakın kızılötesi (Band 8; 842 nm) bantlar kullanılmıştır. Sentinel-2A ve Sentinel-2B uydularının birlikte çalışması sayesinde sistem, 5 günlük yeniden ziyaret periyodu sunarak göl yüzeyindeki değişimlerin düzenli izlenmesine olanak tanımaktadır (Acar vd., 2021).

Veri seçimi sürecinde görüntü kalitesini artırmak ve analiz doğruluğunu sağlamak amacıyla bir dizi ön işleme adımı uygulanmıştır. Öncelikle, %10'dan fazla bulut oranına sahip görüntüler analiz dışında bırakılmış, ardından QA60 bandı kullanılarak bulut ve sis maskesi uygulanmıştır. Bu sayede atmosferik parazitlerin analiz sonuçları üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirilmiştir. Göl yüzeyindeki mevsimsel değişkenliğin etkisini azaltmak ve yıllar arası karşılaştırılabilirliği sağlamak için her yılın temmuz ayına ait görüntüler tercih edilmiştir. Temmuz ayı, çalışma bölgesinde yağışların minimum, buharlaşmanın ise maksimum olduğu dönem olması nedeniyle seçilmiştir. Son olarak, her yıl için seçilen temmuz ayı görüntülerine “medyan” istatistiği uygulanarak, olası atmosferik bozulmalar giderilmiş ve homojen bir görüntü seti oluşturulmuştur.

2.2.2. Meteorolojik Veriler

Marmara Gölü havzasında gözlenen göl alanı değişimlerinin iklimsel dinamiklerle ilişkisini ortaya koymak amacıyla, Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts – ECMWF) tarafından üretilen ERA5-Land küresel kara yüzeyi yeniden analiz verileri kullanılmıştır. ERA5-Land, ERA5 atmosferik yeniden analiz verilerinin karasal bileşenlerini daha yüksek mekânsal çözünürlükte yeniden üretmek üzere geliştirilmiş, kara yüzeyi süreçlerinin daha doğru temsiline olanak tanıyan bir veri setidir (Hersbach vd., 2020). Yaklaşık 9 km × 9 km (0.1° × 0.1°) mekânsal çözünürlüğe sahip olan ERA5-Land verileri, standart ERA5 (0.25° × 0.25°) ürünlerine kıyasla daha yüksek mekânsal ayrıntı sunarak Marmara Gölü gibi küçük ölçekli kapalı havzalarda iklimsel değişkenliğin daha gerçekçi biçimde temsil edilmesini sağlamaktadır.

Göl alanındaki değişimlerin iklimsel faktörlerini belirlemek amacıyla ERA5-Land veri setinden iki temel meteorolojik parametre kullanılmıştır. Bunlardan ilki yüzeyden 2 metre yükseklikteki hava sıcaklığını ifade eden 2 metre sıcaklık verisidir. Bu parametre, bölgedeki sıcaklık eğilimlerinin ve ısınma trendlerinin incelenmesinde ve buharlaşma oranları üzerindeki olası etkilerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. İkinci parametre olan toplam yağış ise, göl beslenmesindeki değişimlerin, kuraklık dönemlerinin ve yağış anomalilerinin göl seviyesi üzerindeki etkilerinin analizinde değerlendirilmiştir. ERA5-Land verilerine GEE platformu üzerinden erişilmiştir. Elde edilen veriler çalışma alanını kapsayan grid hücrelerinden türetilmiş olup, bu kapsamda zamansal eğilim analizleri gerçekleştirilmiştir.

Söz konusu veri seti saatlik zaman çözünürlüğüne sahip olup, çalışmada bu verilerden türetilen yıllık toplam yağış değerleri kullanılmıştır. Bu yıllık seriler, 1985–2023 dönemine ilişkin iklim eğilimlerinin belirlenmesi amacıyla GEE platformunda JavaScript kodlama dili kullanılarak işlenmiştir. Son olarak, sıcaklık ve yağış trendlerindeki istatistiksel olarak anlamlı değişimleri belirlemek üzere Mann-Kendall istatistik testi uygulanmıştır.

2.2.3 Kullanılan indeks

Su yüzeylerinin tespiti ve zamansal değişimin ölçülmesinde NDWI indeksi kullanılmıştır. NDWI, yeşil bant (Green) ile yakın kızılötesi bant (NIR) yansımalarını kullanarak su varlığını belirlemeye yönelik bir indeks olup formülü Eşitlik 1’de verilmiştir.

$$NDWI = \frac{\text{Yeşil bant} - \text{Yakın kızılötesi bant}}{\text{Yeşil bant} + \text{Yakın kızılötesi bant}} \quad (1)$$

Bu formülde, su yüzeyleri genellikle pozitif NDWI değerleri ile ayırt edilirken, negatif değerler kara yüzeylerini işaret etmektedir (McFeeters, 1996). Bu çalışmada, NDWI değerlerinin 0.1’in üzerinde olması durumunda ilgili pikseller su yüzeyi olarak sınıflandırılmıştır. Bu eşik değeri, hem literatürde yaygın olarak kullanılan değerler hem de bölgeye özgü görsel doğrulamalar dikkate alınarak belirlenmiştir (Xu, 2006; Du vd., 2016; Kshetri, 2018). NDWI hesaplamaları GEE üzerinde Sentinel-2 verileri kullanılarak otomatikleştirilmiş ve 2017–2025 dönemi için alanlar hesaplanmıştır. Bu analizler, gölün kuruma sürecinin hızını, şiddetini ve mekânsal dağılımını ortaya koymuştur. Böylece alansal küçülmenin iklimsel değişkenler ve yönetimsel müdahalelerle ilişkisi değerlendirilmiştir.

2.2.4 Sosyo-Ekonomik ve Demografik Veri

Sosyo-demografik analiz kapsamında, göl çevresinde yer alan altı mahallenin nüfus verileri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)’nden temin edilmiş ve 2013–2023 dönemi için nüfus eğilimleri incelenmiştir. Ayrıca Salihli ve Gölarmara İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinden elde edilen veriler ile bölge halkının geçim kaynakları, tarımsal üretim biçimleri ve balıkçılık faaliyetleri değerlendirilmiştir. Göl kurumadan önceki balıkçılık faaliyetlerine ilişkin ayrıntılı bilgiler ise S.S. Gölarmara ve Çevresi Su Ürünleri Kooperatifi ile yapılan görüşmelerden elde edilmiştir.

Gölün kurummasının ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini ortaya koymak amacıyla anket çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen veriler istatistiksel analizlerde kukla değişkenler (dummy variable) kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca saha gözlemleri, fotoğraf çekimleri ve derinlemesine mülakatlar yoluyla nitel veri seti oluşturulmuştur. Bu görüşmeler, yerel halkın yaşadığı sosyal dönüşümü, gölün kültürel anlamını ve öznel deneyimlerini derinlemesine anlamayı hedeflemiştir.

Çalışma kapsamında Marmara Gölü’nün kurummasının yol açtığı sorunları daha iyi ortaya koyabilmek için göl çevresinde yer alan Salihli ilçesine bağlı 4 mahalle (Tekelioğlu, Kemerdamları, Pazarköy ve Yeniköy) ve Gölarmara ilçesine bağlı 2 mahalle (Hacıveliler ve Kılcanlar)’de 208 kişiyle yüz yüze anket çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda anket çalışması için gerekli izinler alınmış ve mahalle muhtarlarıyla iletişime geçilmiştir. Anket katılımcıları rastgele örneklem yöntemi ile seçilmiştir. Google forms üzerinden hazırlanan anket, 10 sorudan oluşmaktadır. Anket formunun ilk dokuz sorusu, katılımcıların görüşlerini belirlemek amacıyla üçlü Likert ölçeğine (evet, kısmen, hayır) göre hazırlanmıştır. Bu ölçek, bireylerin belirli ifadelerle yönelik tutumlarını ölçmede yaygın biçimde kullanılan bir yöntem olup, ilk olarak Rensis Likert tarafından 1932 yılında geliştirilmiştir (Likert, 1932; Jebb vd., 2021). Son soruda ise katılımcılardan yöreye ilişkin düşüncelerini açık uçlu biçimde ifade etmeleri istenmiştir. Ayrıca ankette, katılımcıların özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla demografik bilgiler (cinsiyet, yaş aralığı, eğitim durumu, meslek ve yaşadığı mahalle) de yer almaktadır. Elde edilen veriler SPSS programında tanımlayıcı istatistik yöntemleri (frekans ve yüzde dağılımları) kullanılarak analiz edilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler, bir örneklem veya evrendeki değişkenler arasındaki ilişkiyi tanımlayarak verileri düzenli bir şekilde özetlemek için kullanılır (Kaur vd., 2018). Tanımlayıcı istatistik kapsamında Demografik özellikleri ile üçlü likert tipi maddeler, çapraz tablo testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Anketin son sorusu olan yöre halkının düşünceleri dört kategori altında toplanmış olup bunlar;

- 1) Hiçbir fikri olmayanlar
- 2) Olumsuz fikri olanlar
- 3) Yardım bekleyenler

4) Olumlu fikri olanlar şeklindedir.

Anket çalışmasına ek olarak, nitel veri toplamak amacıyla yöre halkıyla yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler, katılımcı onamı alınarak sesli ve görüntülü biçimde kayıt altına alınmış, ardından dikte edilerek yazıya dökülmüştür. Elde edilen görüşmeler içerik analizine tabi tutulmuş; halkın gölün kurumasına ilişkin algıları, duygusal yaklaşımları, geçim stratejileri ve çözüm önerileri tematik olarak gruplandırılmıştır.

2.3 Doğruluk Değerlendirmesi

Uzaktan algılama tabanlı su yüzeyi haritalama çalışmalarında, sınıflandırma sonuçlarının doğruluğunun nicel olarak değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır (Foody, 2002). Doğruluk değerlendirmesi için referans veri seti, yüksek mekansal çözünürlüğe sahip Google Earth Pro görüntüleri kullanılarak oluşturulmuştur. Toplam 800 rastgele seçilen piksel için "su" ve "su değil" (kara/bitki örtüsü) olmak üzere iki sınıflı bir referans sınıflandırması ile hata matrisi oluşturulmuştur (Congalton & Green, 2019). Hata matrisi gerçek pozitif (GP), yanlış pozitif (YP), gerçek negatif (GN) ve yanlış negatif (YN) olmak üzere dört parametre ile ifade edilmiştir (Tablo1). Oluşturulan bu hata matrisi kullanılarak genel doğruluk (GD), Kappa istatistiği ve F1-skor hesaplanmıştır (Eşitlik 2-5).

Tablo 1. Hata matris tablosu

		Tahmin	
		Su	Su değil
Gerçek	Su	GP	YN
	Su değil	YP	GN

$$GD = P_0 = \frac{(GP + GN)}{N} \quad (2)$$

$$P_e = [(GP + YN) \times (GP + YP) + (YP + GN) \times (YN + GN)] / N^2 \quad (3)$$

$$Kappa = (P_0 - P_e) / (1 - P_e) \quad (4)$$

$$F1 - skor = \frac{2 * GP}{(2 * GP + YP + YN)} \quad (5)$$

Burada, G veya P_0 , modelin tüm gözlemler üzerindeki genel doğruluk oranını temsil etmektedir. Yani, doğru sınıflandırmaların $(GP + GN)$ toplam gözlem sayısına (N) oranı, modelin genel başarısını göstermektedir. P_e ise rastgele sınıflandırma durumunda beklenen doğruluğu ifade eder. Kappa değeri, bir sınıflandırma modelinin performansını veya iki değerlendirici arasındaki uyumu, tahminlerin yalnızca şansa bağlı olarak ne ölçüde doğru olacağı beklentisini hesaba katarak değerlendiren istatistiksel bir ölçüttür. Standart doğruluk metriğinin aksine, Kappa modeli şansa bağlı doğrulukla karşılaştırarak performansı normalize eder. Kappa değeri 1'e yaklaştıkça modelin performansı mükemmel kabul edilirken, 0'a yaklaşması, modelin performansının sınıfların marjinal dağılımlarına dayalı rastgele bir tahminden farksız olduğunu gösterir. Diğer bir deyişle, modelin elde ettiği doğruluk tamamen şans eseri beklenen doğrulukla aynıysa, bu durum modelin verideki örüntüleri öğrenemediğini ve anlamlı bir sınıflandırma yapamadığını belirtir. F1-skor, modelin hem duyarlılık (recall) hem de kesinlik (precision) performansını tek bir ölçüde birleştirir. Precision, "su" olarak tahmin edilen gözlemlerin ne kadarının gerçekten su olduğunu, Recall ise gerçekte su olan gözlemlerin ne kadarının doğru tahmin edildiğini gösterir. F1-skor, bu iki ölçütün harmonik ortalamasını alarak sınıflandırmanın dengeli başarısını yansıtır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Marmara Gölü'nün alansal değişimi

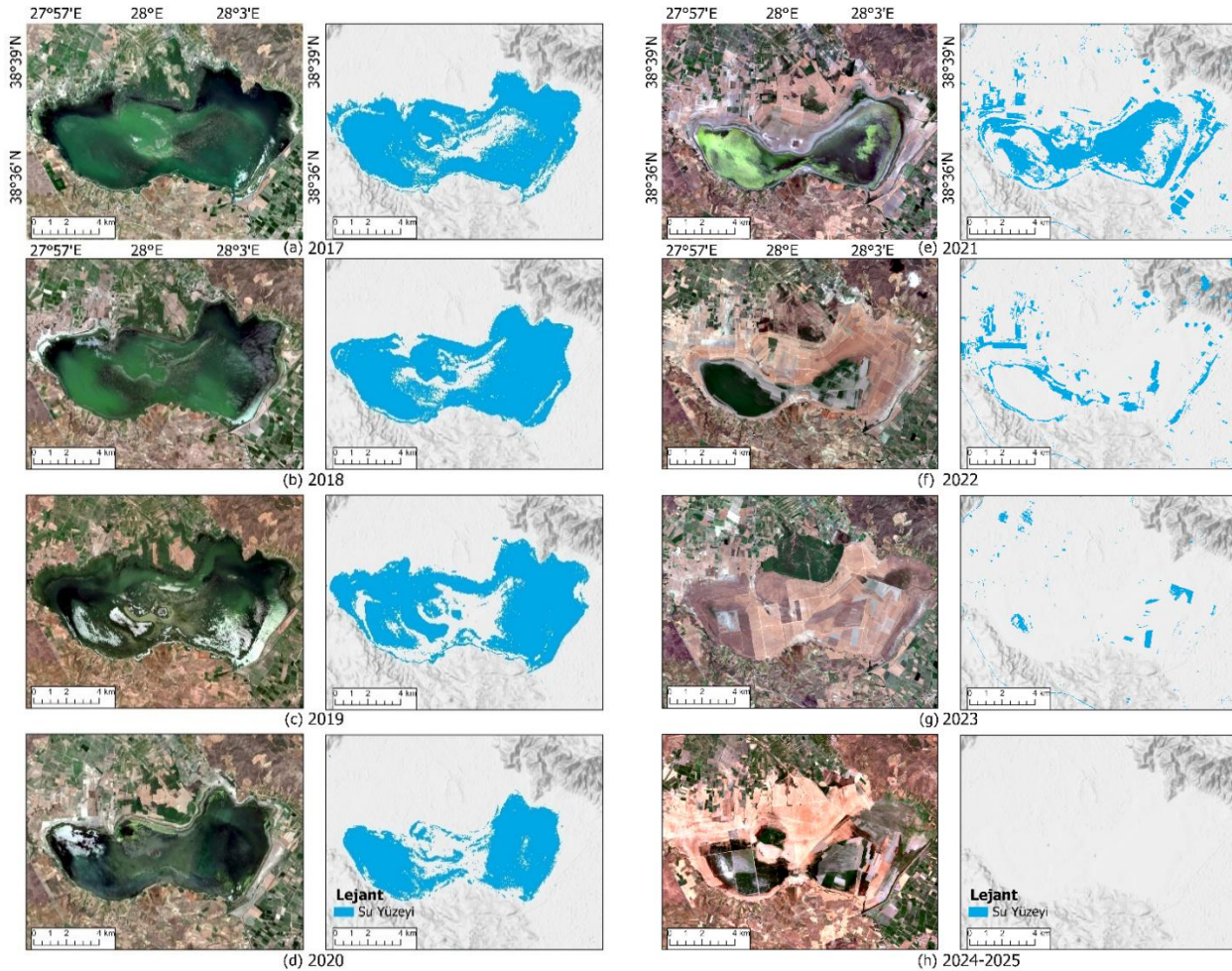
Marmara Gölü'nün su yüzeylerine ilişkin, NDWI indeksi kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırma doğruluklarının istatistiksel sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Doğruluk değerlendirmesi

Tarih	GD (%)	Kappa	F1-skor
2017	84,75	0,698	0,828
2018	89,75	0,784	0,867
2019	93,00	0,844	0,896
2020	84,38	0,641	0,745

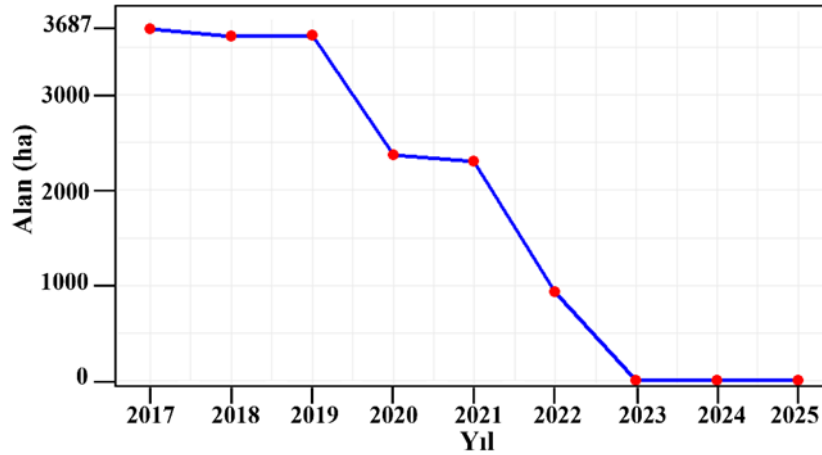
NDWI indeksine dayalı belirlenen su yüzeylerinin doğruluk değerlendirmesi incelendiğinde, en yüksek doğruluk değerlerinin 2019 yılında, en düşük doğrulukların ise 2020 yılında elde edildiği görülmektedir. En yüksek genel doğruluk (GD) %93,00, Kappa katsayısı 0,844 ve F1-skor değeri 0,896 olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık, 2020 yılı sınıflandırma sonuçlarında GD %84,38, Kappa 0,641 ve F1-skor 0,745 ile en düşük doğruluk değerleri gözlenmiştir. 2021-2022 yıllarına ait uygun tarihli Google Earth görüntülerinin bulunamaması ve 2023–2025 döneminde gölün tamamen kuruması nedeniyle bu yıllarda doğruluk değerlendirmesi yapılmamıştır.

Uzaktan algılama verilerine dayalı olarak yapılan analizler, Marmara Gölü'nün 2017–2023 yılları arasındaki yüzey alanında ciddi bir azalma eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Çalışmanın başlangıç yılı olan 2017 yılında 3687,51 ha olan göl alanı, 2018'de 3614,16 ha, 2019'da 3622,65 ha olarak hesaplanmış; bu yıllarda göl alanı nispeten sabit kalmıştır (Şekil 3a-b-c). Ancak 2020'de alan 2365,77 ha'ye, 2021'de ise 2304,01 ha'ye düşerek belirgin bir küçülme göstermiştir (Şekil 3d-e). Bu düşüş 2022 yılında belirgin biçimde hızlanmış ve göl yüzey alanı 930,89 ha'ye kadar gerilemiştir (Şekil 3f).

**Şekil 3.** Marmara Gölü'nün 2017-2025 yılları arasındaki alansal değişimi

Özellikle 2023, 2024 ve 2025 yıllarında ise göl alanı 0 ha olarak kaydedilmiş, bu da gölün tamamen kurduğunu göstermektedir (Şekil 4). Göl alanındaki bu hızlı düşüş, uzun dönemli kuraklık kayıtları, su yönetimi uygulamaları ve iklim değişikliğine ait veriler ışığında, ekolojik dengenin sürdürülebilirliği açısından risk oluşturabileceği düşünülmektedir.

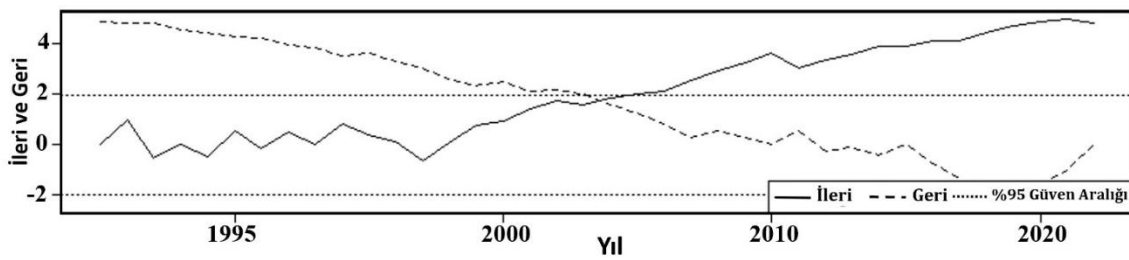
(Tekin & Deniz, 2024). Ancak yalnızca doğal etkenlerle sınırlı kalmayan bu süreç, göl suyunun tarımsal sulama amacıyla yoğun biçimde kullanılmasıyla daha da hızlanmıştır. Son yıllarda, özellikle 2018’den itibaren göl alanı istikrarlı biçimde daralmış ve neredeyse tamamen kuruma noktasına ulaşmıştır. Bu durum hem iklimsel streslerin hem de insan kaynaklı su yönetimi uygulamalarının göl üzerindeki baskısını açıkça ortaya koymaktadır.



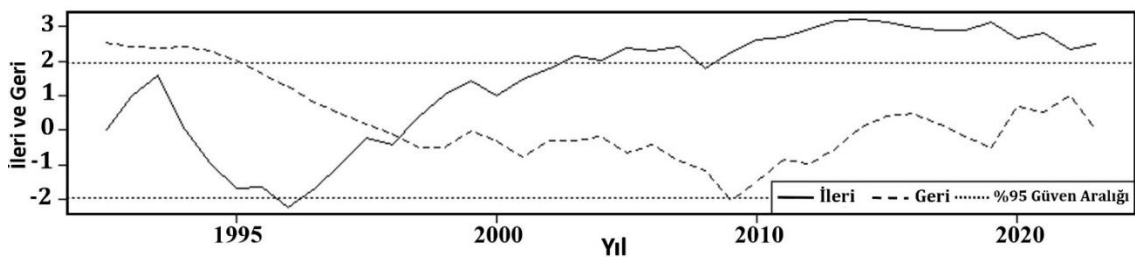
Şekil 4. Marmara Gölü’nün yıllara göre alansal değişimi

Bölgede iklim değişimi, gölün hidrolojik yapısını ve ekolojik dengelerini doğrudan etkilemektedir. Bu kapsamda, göl yüzey alanındaki zamansal değişimleri etkileyen iklim parametrelerinin eğilimlerini belirlemek amacıyla uzun yıllara ait sıcaklık ve yağış verilerine Mann-Kendall istatistik testi uygulanmıştır. Sıcaklık verileri için ileri (prograde-U(t)) ve geri (retrograde-U'(t)) serilerin kesişme noktası 2004 yılı olarak tespit edilmiş olup, bu yıldan itibaren sıcaklıkta anlamlı bir artış trendi başlamıştır (Şekil 5). İleri çizgisi 2008 sonrası sürekli olarak %95 Güven Aralığı (CI) üstünde kaldığı için istatistiksel olarak anlamlı artış eğilimi mevcut. Geri çizgisi ise 2010 sonrası CI altına düşerek bu artış eğilimini desteklemektedir. Bölgedeki artan sıcaklıklar buharlaşma oranlarını yükselterek göl su seviyesinin azalmasına neden olmuştur (Woolway vd., 2020).

Yağış verileri için yapılan analizde kesişme noktası 1996 yılı olarak tespit edilmiştir (Şekil 6). Bu yıl yağış trendinde bir kırılma noktası olarak değerlendirilebilir. İleri çizgisi 1996 yılı öncesi artış yönünde başlamış olsa da kısa sürede 95% güven sınırının altına düşerek istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) negatif bir trend göstermiştir. İleri çizgisinin 1996 sonrasında güven sınırının üzerinde seyretmesi, yağışlarda anlamlı bir artış eğiliminin başladığını göstermektedir. Geri çizgisinin ise aynı dönemde güven sınırının altında kalması, bu artış eğilimini desteklemektedir. Ancak 2010 sonrası dönemde trend artışının hızında göreceli bir yavaşlama gözlenmektedir.

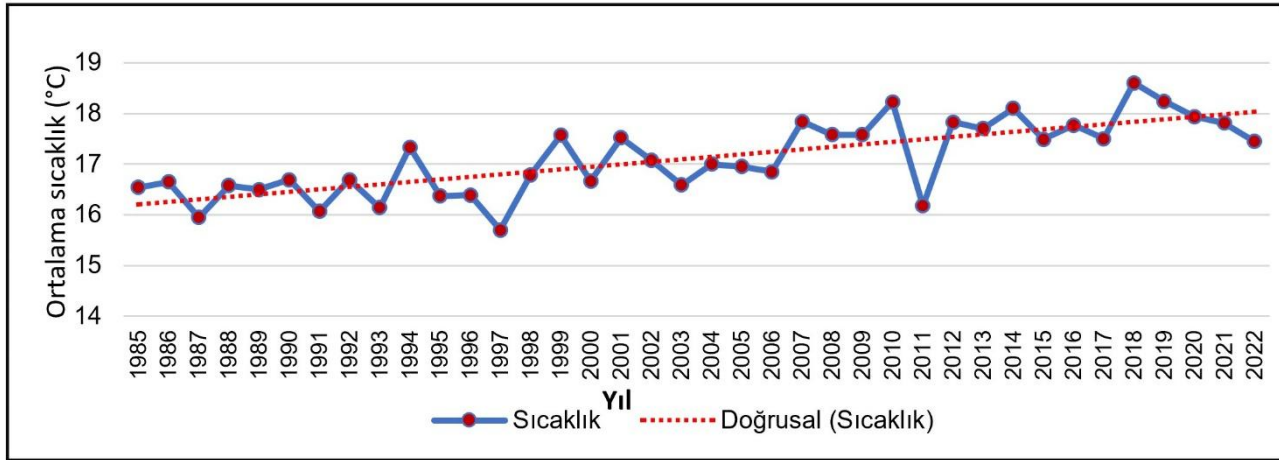


Şekil 5. Marmara Gölü ve çevresi 1985–2022 yılları arası yıllara göre sıcaklık Mann-Kendall istatistik testi



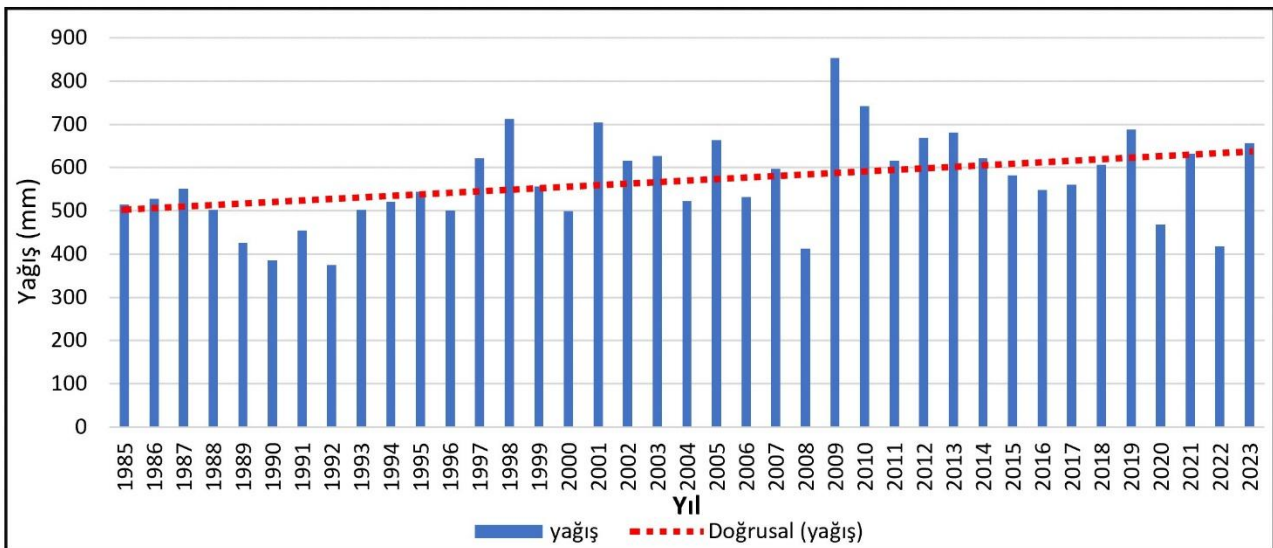
Şekil 6. Marmara Gölü ve çevresi 1985–2023 yılları arası yıllara göre yağış miktarının Mann-Kendall istatistik testi

Bu bulgular, bölgedeki iklim değişikliğinin özellikle 2000’li yılların başından itibaren sıcaklık ve yağış parametrelerinde belirgin bir değişim sürecini başlattığını göstermektedir. Son 38 yıllık dönemde sıcaklık değerlerinde belirgin bir artış eğilimi gözlemlenmiş olup, en düşük ortalama sıcaklık 1997 yılında 15,7°C, en yüksek ortalama sıcaklık ise 2018 yılında 18,6°C olarak kaydedilmiştir (Şekil 7). Uzun dönem ortalama sıcaklık ise 17,11°C’dir.



Şekil 7. Marmara Gölü ve çevresinde yıllara göre ortalama sıcaklık

Son yıllarda yağış miktarında belirli bir artış eğilimi gözlenmekle birlikte, sıcaklık artışına bağlı olarak buharlaşma oranının da yükselmesi kuraklık riskini artırmaktadır. Marmara Gölü ve çevresinde ortalama yıllık yağış miktarı 420,34 mm’dir. Yağış verilerine göre, en düşük değer 1992 yılında, en yüksek ise 2009 yılında gerçekleşmiştir (Şekil 8). Çalışma alanında 1985–2023 dönemi yağış verileri incelendiğinde, 2000’li yılların başına kadar yağışlarda dalgalı ancak genel olarak istikrarlı bir seyir olduğunu, 2000’li yıllardan itibaren ise belirgin artış eğiliminin başladığını göstermektedir. Özellikle 2009, 2010 ve 2019 yıllarında görülen yüksek değerler “ani şiddetli yağış” karakterindedir. Bu yağışlar, toprağın sızma kapasitesini aşarak yüzeysel akışı artırmakta, yeraltı suyu beslenmesini sınırlamakta ve göle doğrudan katkı sağlamadan hızla akışa geçmektedir. Son yıllarda toplam yağış miktarında artış gözlenmesine rağmen, yağışın zamansal dağılımındaki düzensizlik ve ani yağışların artışı, gölün kurumasına ve kuraklık riskinin devam etmesine yol açmaktadır. Bu durum, iklim değişikliğinin yalnızca yağış miktarını değil, yağış rejiminin yapısını da değiştirdiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 8. Marmara gölü ve çevresinde yıllara göre ortalama yağış miktarı

Göl çevresindeki en yüksek nüfusa sahip mahalle 608 kişiyle Kemeramları, en düşük nüfusa sahip mahalle ise 166 kişiyle Kılcanlardır (Şekil 9). Salihli ilçesine bağlı Tekelioğlu Mahallesi’nde nüfusun en yüksek olduğu yıl 2014 yılı (305 kişi), en düşük olduğu yıl ise 2022 (235 kişi) yılıdır. Mahallede kadın nüfusunun en fazla olduğu yıl 2014 (140 kişi), en az

olduğu yıl ise 2022 (112 kişi) olarak kaydedilmiştir. Erkek nüfusu ise en fazla 2014 (168 kişi) yılında, en az 2022 (123 kişi) yılında görülmüştür (Şekil 9a).

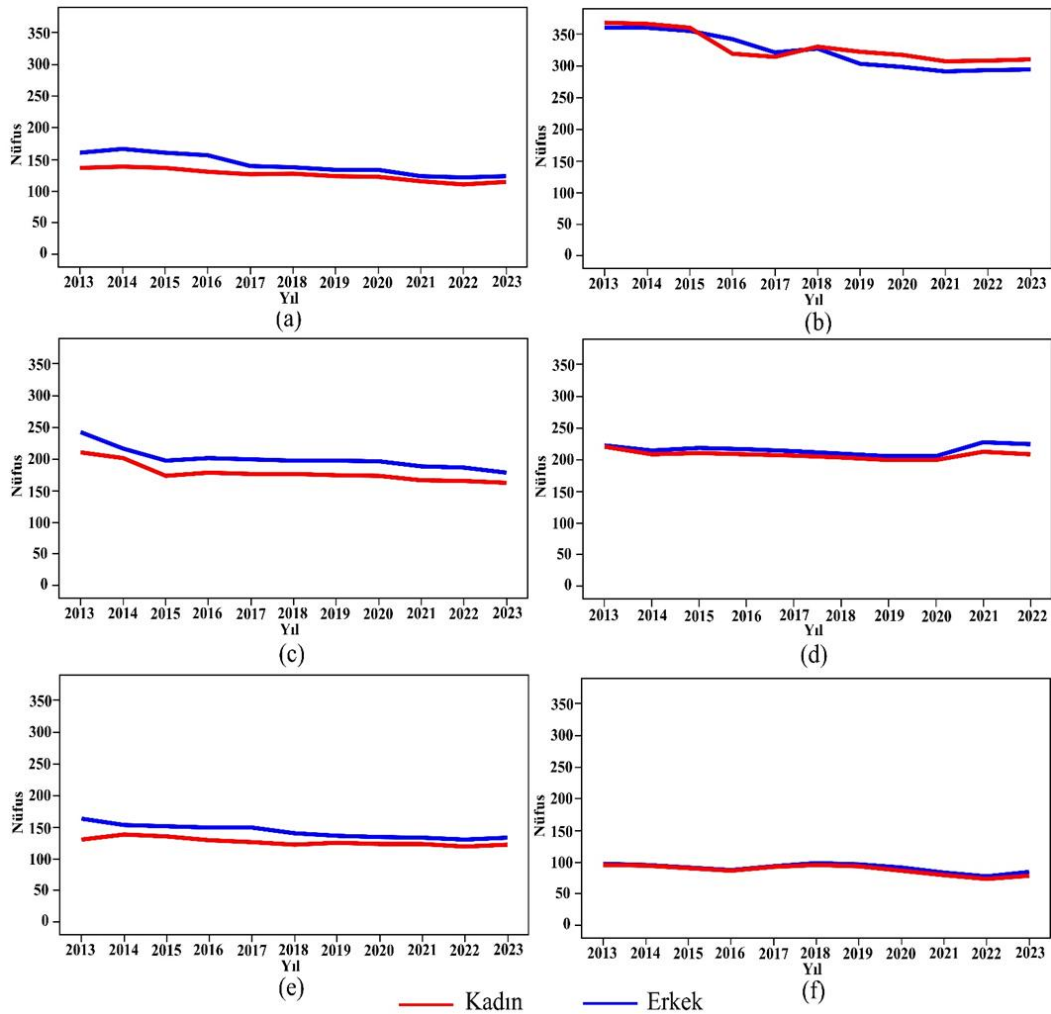
Kemerdamları Mahallesi, Marmara Gölü çevresinde en fazla nüfusa sahip yerleşmedir. Mahallenin en yüksek nüfus değerine 2013 (toplam 732 kişi) yılında ulaşılmış, en düşük nüfus ise 2021 (602 kişi) yılında kaydedilmiştir (Şekil 9b). Özellikle 2016 yılından itibaren mahallede sürekli bir nüfus azalışı gözlenmektedir.

Pazarköy Mahallesi'nin en fazla nüfusa sahip olduğu yıl 2013 (456 kişi), en düşük nüfuslu yılı ise 2023 (344 kişi)'tür (Şekil 9c). Son on yıllık süreçte mahallede istikrarlı bir nüfus kaybı yaşanmaktadır.

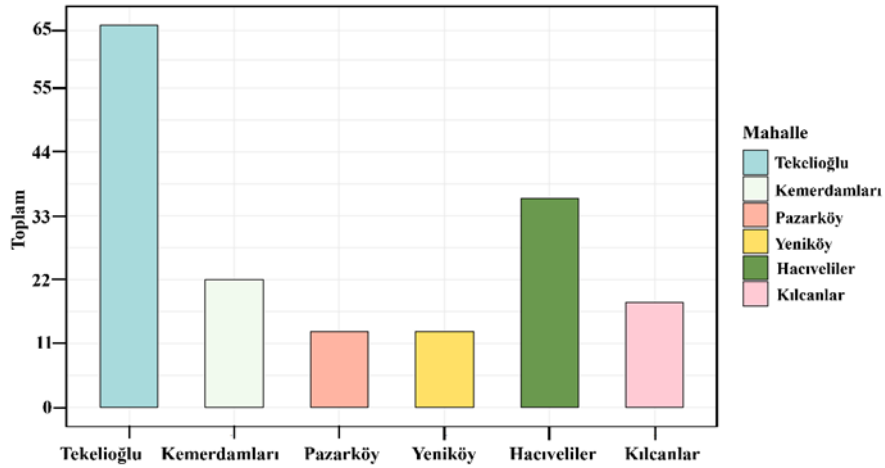
Yeniköy Mahallesi'nde en fazla nüfus 2013 (424 kişi) yılında, en düşük nüfus ise 2014 (404 kişi) yılında kaydedilmiştir (Şekil 9d). Mahallede, 2021 yılında kısa süreli bir nüfus artışı yaşansa da genel olarak nüfus artış hızı düzensiz bir seyir izlemektedir.

Gölmarmara ilçesine bağlı Haciveliler Mahallesi'nde ise en yüksek nüfus 2014 (295 kişi) yılında, en düşük nüfus ise 2022 (253 kişi) yılında kaydedilmiştir (Şekil 9e). Bu mahallede de genel eğilim, diğer mahallelerde olduğu gibi nüfusun azaldığı yönündedir. Son olarak Kılcanlar Mahallesi Marmara Gölü çevresindeki en düşük nüfusa sahip mahalle konumundadır (Şekil 9f). Mahallenin en yüksek nüfusu 2013 (196 kişi) yılında, en düşük nüfusu ise 2022 (154 kişi) yılında kaydedilmiştir.

Göl çevresinde yaşayan yöre halkının ekonomik faaliyetlerini göl kurumadan önce ve sonra olmak üzere iki döneme ayrılmıştır. Göl çevresi, göl kurumadan önce su ürünleri faaliyetleri açısından önemli bir merkez konumundadır ve bölge halkı geçimini büyük ölçüde balıkçılıkla sağlamaktadır. Göl çevresindeki mahallelerde, S.S. Gölmarmara ve Çevresi Su Ürünleri Kooperatifi'ne kayıtlı 168 üye bulunmakta olup, bu üyeler arasında en yüksek sayıya 65 (%39) kişiyle, kooperatif başkanının da ikamet ettiği Tekelioğlu mahallesi sahiptir. Tekelioğlu mahallesini; 36 kişi (%21) ile Haciveliler, 21 kişi (%13) ile Kemerdamları, 18 kişi (%11) ile Kılcanlar, 14 kişi (%8) ile Pazarköy ve Yeniköy takip etmektedir (Şekil 10). Ancak gölün kurumasıyla birlikte bu 168 aile ya farklı ekonomik alanlara yönelmek zorunda kalmış ya da göç etmiştir.



Şekil 9. a) Tekelioğlu, b) Kemerdamları, c) Pazarköy, d) Yeniköy, e) Haciveliler, f) Kılcanlar mahallesinde yıllara göre nüfus değişimi



Şekil 10. S.S. Gölarmara ve çevresi su ürünleri kooperatifi üye sayısı

Günümüzde yöre halkı genellikle zeytincilikle uğraşmakta (Şekil 11), ancak artan don olayları ve su sıkıntısı bu faaliyeti de olumsuz etkilemektedir. Sulama sistemlerini iyileştirme yönündeki çabalar ise, özellikle bazı mahallelerin “Bintepeler Tümölüs Mezarları” sınırlarında yer alması nedeniyle sınırlı kalmaktadır. Bu durum, alternatif geçim kaynaklarının sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir.



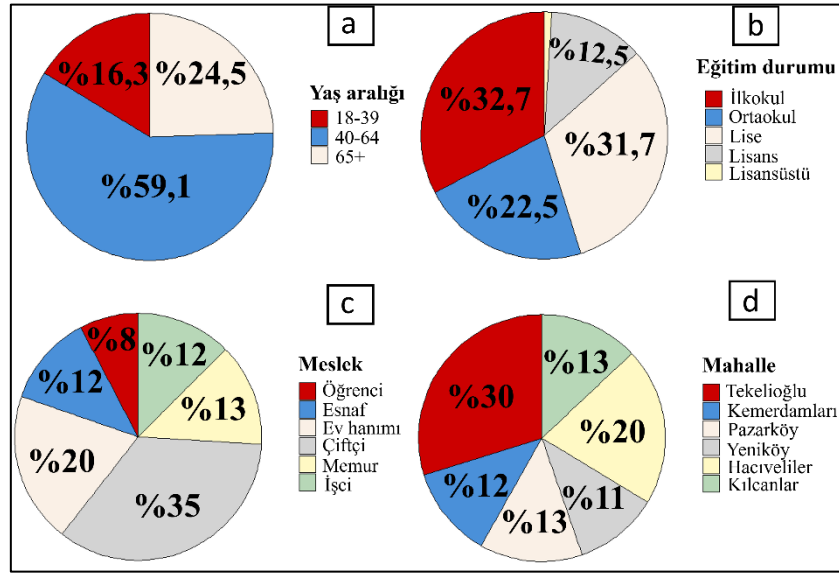
Şekil 11. Marmara Gölü çevresinde yer alan zeytin bahçeleri (Tekelioğlu)

Marmara Gölü’nde yapılan biyolojik çeşitlilik araştırmaları sonucunda 26 alg türü, 6 zooplankton türü, 11 balık türü, 33 amfibi (iki yaşamlı), 162 kuş türü, 32 memeli türü ve 355 bitki türü tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler, Marmara Gölü’nün özellikle kuş çeşitliliği bakımından önemli bir habitat olduğunu ortaya koymaktadır (TOB, 2018). Ancak son zamanlarda giderek artan su kaybı nedeniyle göl, 2021 yılı ağustos ayında tamamen kurumuş ve nesli tehlike altındaki türler arasında yer alan tepeli pelikan ve karabatak gibi birçok su kuşu gölü terk etmiştir.

3.2 Marmara Gölü çevresindeki mahallelerde uygulanan anket ve analizi

Marmara Gölü’nün kurumasının göl çevresinde yaşayan nüfus üzerindeki etkilerini daha iyi analiz edebilmek amacıyla yöre halkıyla anket çalışması yapılmıştır. Çalışmaya 91(%43,8)’i kadın, 117 (%56,3)’si erkek olmak üzere toplam 208 kişi katılım sağlamıştır. Katılımcıların yaş dağılımı incelendiğinde; 18-39 yaş aralığında toplam 34 (%16,3), 40-64 yaş aralığında 123 (%59,1), 65 yaş ve üzeri grupta ise 51 (%24,5) kişi yer almaktadır. Katılımcıların %59’unun 40-64 yaş grubunda yer aldığı görülmekte olup, bu yaş aralığı diğer gruplara kıyasla daha yüksek bir temsil oranına sahiptir (Şekil 12a).

Eğitim durumu açısından değerlendirildiğinde, katılımcıların büyük bölümünü ilkokul (68-%32,7) ve lise (66-%31,7) mezunları oluşturmakta olup, bu grupların oranı %60'ın üzerindedir. Lisansüstü eğitim düzeyine sahip katılımcı sayısı ise 2 kişiyle sınırlıdır (Şekil 12b). Katılımcıların meslek grupları incelendiğinde, Marmara Gölü ve çevresinin yüksek tarımsal potansiyeli nedeniyle özellikle çiftçilerin (72-%35) ankete yoğun ilgi gösterdiği anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra, farklı şehirlerde üniversite öğrenimi gören gençler de öğrenci kimliğiyle çalışmaya katılmışlardır. Ev hanımlarının da çalışmaya ilgi gösterdiği gözlemlenmiştir (Şekil 12c). Anket çalışması kapsamında göl çevresindeki tüm mahallelere ulaşılmış ve her yerleşim biriminden katılım sağlanmıştır. Gölün kurumasından en fazla etkilenen yerleşimlerden biri olan Tekelioğlu Mahallesi, 62(%30) kişiyle en yüksek katılım oranına sahiptir. Tekelioğlu'nu 43(%20) kişiyle Gölarmara ilçesine bağlı Haciveliler Mahallesi takip etmektedir. Katılımın en düşük olduğu yerleşim yeri ise %11'lik oranla Yeniköy Mahallesi olmuştur (Şekil 12d).



Şekil 12. Marmara Gölü çevresindeki mahallelerde ankete katılan kişilerin yaş aralığı, eğitim, meslek durumu ve mahalle dağılımı

Soru 1: Küresel iklim değişikliğinin Marmara Gölü'nün yok olmasında etkili olduğunu düşünüyor musunuz?

Yöneltilen bu soru kapsamında 179 kişi (%86) "evet", 21 kişi (%10) "kısmen", 8 kişi (%4) ise "hayır" cevabını vermiştir (Şekil 11). Katılımcıların %86'sı, Marmara Gölü'nün kurumasında küresel iklim değişikliğinin etkili olduğunu düşünmektedir. Bu yüksek oran, yerel halkın iklim değişikliği konusunda farkındalığının güçlü olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, çevresel sürdürülebilirlik, su yönetimi ve iklim uyum stratejileri açısından eğitim çalışmaları ve yerel politikalarla desteklenmelidir.

Soru 2: Marmara Gölü'nün kurumasında insan faaliyetlerinin etkili olduğunu düşünüyor musunuz?

Yöneltilen bu soru kapsamında 199 kişi (%96) "evet", 8 kişi (%3,5) "kısmen", 1 kişi (%0,5) ise "hayır" cevabını vermiştir (Şekil 11). Katılımcıların %96'sı gölün kurumasında insan kaynaklı faaliyetlerin etkili olduğunu düşünmektedir. Bu sonuç, yöre halkının sorunun yalnızca doğal değil, aynı zamanda antropojenik nedenlerle de ilişkili olduğunu net biçimde kavradığını göstermektedir.

Soru 3: Gölü besleyen çevredeki su kaynaklarının yetersiz olması Marmara Gölü'nün kuruması üzerinde bir etkisi olmuş mudur?

Soruya dair elde edilen verilere göre 186 kişi (%89) "evet", 13 kişi (%7) "kısmen", 9 kişi (%4) ise "hayır" cevabını vermiştir (Şekil 11). Katılımcıların büyük bölümü, Marmara Gölü'nün kurumasında su kaynaklarının yetersizliğinin etkili olduğunu düşünmektedir. Bu olgu, yöre halkının gölü besleyen su kaynaklarının yetersizliğini önemli bir neden olarak gördüğünü ve bu durumun gölün kurumasında doğrudan etkili olduğuna inandığını göstermektedir.

Soru 4: Marmara Gölü'nün kurumasının çevreye olan etkileri hakkında yeterli bilgiye sahip misiniz?

Bu soruya verilen cevaplara göre 132 kişi (%63) "evet", 48 kişi (%24) "kısmen", 28 kişi (%13) ise "hayır" cevabını vermiştir (Şekil 11). Katılımcıların önemli bir kısmı, gölün çevresel etkileri konusunda bilgi sahibi olduğunu ifade etmiştir. Ancak kayda değer oranda kişinin bu konuda ya sınırlı bilgiye sahip olması ya da hiç bilgi sahibi olmaması, çevresel farkındalığın hâlen geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu durum, yerel ölçekte çevre eğitiminin ve bilgilendirme faaliyetlerinin artırılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Soru 5: Marmara Gölü'nün kuruması siz yöre halkını ekonomik yönden olumsuz etkilemiş midir?

Yöneltelen bu soru kapsamında 187 kişi (%90) "evet", 18 kişi (%8,5) "kısmen", 3 kişi (%1,5) ise "hayır" cevabını vermiştir (Şekil 11). Yanıtların büyük çoğunluğu, gölün kurumasının ekonomik yaşam üzerinde ciddi olumsuzluklar yarattığını ortaya koymaktadır. Geçim kaynağını doğrudan gölle ilişkilendiren halkın bu durumu güçlü biçimde hissettiği anlaşılmakta; bu da ekosistem temelli geçim stratejilerinin kırılmasını gözler önüne sermektedir.

Soru 6: Marmara Gölü'nün kuruması tarım ve hayvancılık faaliyetlerini olumsuz yönde etkilemiş midir?

Katılımcıların bu soruya verdikleri yanıtlara göre 197 kişi (%95) "evet", 10 kişi (%4,5) "kısmen", 1 kişi (%0,5) ise "hayır" cevabını vermiştir (Şekil 11). Veriler, gölün kurumasının bölgedeki tarım ve hayvancılık üzerinde ciddi olumsuz etkiler yarattığını göstermektedir. Bu durum, geçim kaynaklarının doğrudan göl suyu ve çevresine bağlı olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Soru 7: Marmara Gölü'nün kuruması siz yöre halkının sosyal ve kültürel hayatını değiştirmiş midir?

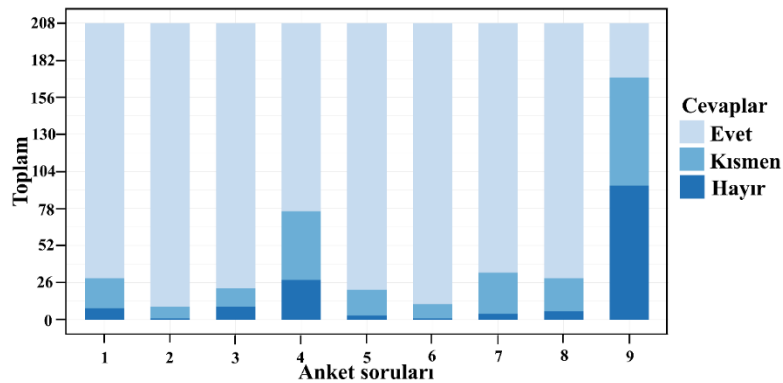
Soruya dair elde edilen verilere göre 175 kişi (%84) "evet", 29 kişi (%14) "kısmen", 4 kişi (%2) ise "hayır" cevabını vermiştir (Şekil 11). Bu sonuçlar, gölün kurumasının yörede yaşayanların sosyal ilişkilerini ve kültürel yaşam biçimlerini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Göl çevresindeki toplumsal dinamiklerde gözle görülür değişiklikler yaşanmış, geleneksel yaşam biçimlerinde önemli değişimler meydana gelmiştir.

Soru 8: Marmara Gölü'nün kuruması siz yöre halkını duygusal olarak etkilemiş midir?

Ankette bu soruya verilen yanıtlar doğrultusunda; 179 kişi (%86) "evet", 23 kişi (%11) "kısmen", 6 kişi (%3) ise "hayır" cevabını vermiştir (Şekil 13). Sonuçlar, gölün kurumasının yöre halkında derin bir duygusal etki bıraktığını göstermektedir. Söz konusu olay, doğayla kurulan bağın güçlü olduğunu ve çevresel kayıpların insan psikolojisini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır.

Soru 9: Marmara Gölü sizce tekrar eski günlerine kavuşacak mı?

İlgili soruya dair katılımcı görüşleri şöyledir; 38 kişi (%18) "evet", 76 kişi (%37) "kısmen", 94 kişi (%45) ise "hayır" cevabını vermiştir (Şekil 11). Bu dağılım, yöre halkında gölün eski haline dönüp dönmeyeceği konusunda belirgin bir kararsızlık ve kaygı olduğunu göstermektedir. Umutla karışık bir iyimserlik azınlıkta kalırken, çoğunluk geleceğe dair kuşku ve endişe taşımaktadır.



Şekil 13. Anket sorularından 1-9 nolu sorulara verilen cevap dağılımı

Anket çalışmasına ilişkin elde edilen bulgular, her bir soruya verilen yanıtların grafik olarak görselleştirilmesinin yanı sıra, üçlü ölçüm sistemine göre (Evet, Kısmen, Hayır) yanıtların sayısal dağılımını ve yüzde oranlarını içeren tablo biçiminde sunulmuştur (Tablo 3). Bu tablo, katılımcıların Marmara Gölü'nün kurumasına ilişkin algılarını nicel olarak yansıtmakta ve grafik analizleriyle desteklenen değerlendirmelerin daha bütüncül bir biçimde anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

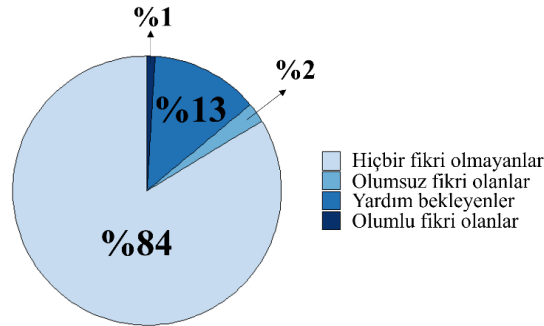
Tablo 3. Anket soruları ve 3'lü ölçüm sistemine göre verilen cevapların toplam ve %'lik dilimdeki karşılığı

Anket Soruları	Evet		Kısmen		Hayır		Toplam	
	Toplam	%	Toplam	%	Toplam	%	Toplam	%
1 Küresel iklim değişikliğinin Marmara Gölü'nün yok olmasında etkili olduğunu düşünüyor musunuz?	179	86	21	10	8	4	208	100
2 Marmara Gölü'nün kurumasında insan faaliyetlerinin etkili olduğunu düşünüyor musunuz?	199	96	8	3,5	1	0,50	208	100
3 Gölü besleyen çevrede ki su kaynaklarının yetersiz olması Marmara Gölü'nün kuruması üzerinde bir etkisi olmuş mudur?	186	89	13	7	9	4	208	100
4 Marmara Gölü'nün kurumasının çevreye olan etkileri hakkında yeterli bilgiye sahip misiniz?	132	63	48	24	28	13	208	100
5 Marmara Gölü'nün kuruması siz yöre halkını ekonomik yönden olumsuz etkilemiş midir?	187	90	18	8,5	3	1,5	208	100
6 Marmara Gölü'nün kuruması tarım ve hayvancılık faaliyetlerini olumsuz yönde etkilemiş midir?	197	95	10	4,5	1	0,5	208	100
7 Marmara Gölü'nün kuruması siz yöre halkının sosyal ve kültürel hayatını değiştirmiş midir?	175	84	29	14	4	2	208	100
8 Marmara Gölü'nün kuruması siz yöre halkını duygusal olarak etkilemiş midir?	179	86	23	11	6	3	208	100
9 Marmara Gölü sizce tekrar eski günlerine kavuşacak mı?	38	18	76	37	94	45	208	100

Soru 10: Marmara Gölü'nün tekrar eski haline gelmesine yönelik fikirleriniz varsa nelerdir?

Katılımcılar bu soruya ilişkin görüşlerini dört temel kategoride ifade etmiştir: 174 kişi (%84) hiçbir fikre sahip olmadığını, 27 kişi (%13) dışarıdan yardım beklediğini, 5 kişi (%2) olumsuz fikre (gölün eski haline dönmeyeceği görüşüne) sahip

olduğunu ve 2 kişi (%1) ise olumlu fikre (gölün eski haline döneceği görüşüne) sahip olduğunu bildirmiştir (Şekil 14). Bu dağılım, yöre halkının büyük çoğunluğunun konuya ilişkin net bir öngörüsünün olmadığını, azımsanmayacak bir kesimin ise dış müdahale ile bir çözüm umudu taşıdığını göstermektedir.



Şekil 14. Anket sorularından 10.soruya verilen cevap dağılımı

3.3 Marmara Gölü çevresindeki mahallelerde yapılan görüşmeler

Bu çalışmada, Marmara Gölü'nün kurumasının yöre halkı üzerindeki etkileri incelenmiş; bu kapsamda göl çevresinde yer alan mahallelerde saha araştırmaları yürütülmüştür. Öncelikle, gölün kurumasından en çok etkilenen yerleşimlerden biri olan Tekelioğlu Mahallesi'nde yerinde gözlemler yapılmış, ardından göl çevresindeki diğer beş mahalle ziyaret edilmiştir. Mahalle muhtarları ve yöre halkı ile yapılan görüşmeler, etik ilkeler doğrultusunda katılımcı onamı alınarak sesli kayda alınmış ve içerik analizine tabi tutulmuştur.

Saha bulguları, gölün kurumasının bölgedeki demografik yapı, geçim kaynakları, sosyal yaşam, tarımsal üretim ve çevresel denge üzerinde çok boyutlu etkiler yarattığını göstermektedir. Katılımcıların paylaştığı başlıca görüşler şu şekildedir:

- Gölün kurumasıyla birlikte genç nüfusun bölgede kalma motivasyonu azalmış ve özellikle Tekelioğlu Mahallesi'nde ciddi bir nüfus kaybı yaşanmıştır. Mahallede ilkokul çağındaki öğrenci sayısının 10'un altına düştüğü, bu öğrencilerin ise taşınmalı eğitim sistemiyle başka okullara gitmek zorunda kaldığı ifade edilmiştir.
- Geçmişte mahalle sakinlerinin yaklaşık %80'i balıkçılıkla uğraşırken, günümüzde birçok kişinin emekli maaşıyla geçindiği, bir kısmının ise tarımla uğraştığı belirtilmiştir.
- Gölün kurumasıyla birlikte çevredeki tarım alanlarının don tehlikesiyle karşı karşıya kaldığı ve bu durumun ürün verimliliğini olumsuz etkilediği aktarılmıştır.
- Katılımcıların büyük çoğunluğu, yanlış sulama politikalarının gölün kurumasında belirleyici bir rol oynadığını dile getirmiştir.
- Kuraklıkla birlikte artan su ihtiyacı karşılanamaz hâle gelmiş; ancak "Bintepeler Tümülsüz Mezarları" nedeniyle alanın II. dereceden sit statüsünde olması sondaj çalışmalarını engellemiştir.
- Gölü besleyen su kaynaklarının barajlar için yönlendirilmesi de önemli bir sorun olarak öne çıkmıştır. Katılımcılar, özellikle Gördes Barajı'nın etkisiyle gölün su seviyesinin hızla azaldığını vurgulamıştır.
- Geçmişte birçok kuş türüne ev sahipliği yapan göl ve çevresinin, kuruma sonrası kuş göç yolları dışına çıktığı ifade edilmiştir.
- Göl kenarında sayıları yüzleri bulan balıkçı tekneleri ya satılmış ya da kullanılmadıkları için evlerin bahçelerinde atıl şekilde bekletilmektedir.
- Göl çevresindeki balıkçı lokantalarının tamamına yakını kapanmış; bu durum bölge ekonomisinde önemli bir daralmaya ve yerel düzeyde işsizliğe neden olmuştur.
- Kuruyan göl alanlarında yeni tarım arazileri açılmak istenmiş, bu girişimler köylüler arasında mülkiyet anlaşmazlıklarına neden olmuştur. Bu sürece devletin müdahalesiyle göl arazileri TİGEM'e devredilmiştir.
- Katılımcılar, Marmara Gölü'nün yeniden su tutması için acil planlamalara ihtiyaç duyulduğunu, bu sürecin yalnızca kamu kurumlarına değil, tüm toplum kesimlerine sorumluluk yüklediğini vurgulamıştır.

4. Sonuç ve Öneriler

Manisa ili Salihli ve Gölarmara ilçeleri sınırları içerisinde yer alan Marmara Gölü'nün kuruması, yöre halkı üzerinde çok yönlü ekonomik, sosyal ve çevresel etkiler yaratmıştır. Çalışma sonuçları, göldeki su seviyesinin azalmasıyla birlikte özellikle tarım ve balıkçılık faaliyetlerinde ciddi düşüşler yaşandığını; bunun da yerel halkın temel geçim kaynaklarını

doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır. Göl çevresinde yer alan yerleşim yerlerine ilişkin demografik yapı analizi, nüfusun azaldığını ve bunun sonucunda kırsal alanlarda göçün hızlandığını göstermiştir.

Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, göl kurumadan önce balıkçılıkla geçimini sağlayan halkın büyük bir bölümü, gölün kurumasıyla birlikte alternatif gelir kaynaklarına yönelmek zorunda kalmıştır. Tarımsal üretimde yaşanan azalma hem gelir düzeyini düşürmüş hem de bölgedeki işsizliği artırmıştır. Arazi verimliliğinin azalmasında göl kurumasının yanı sıra don riski ve sulama sorunlarının da etkili olduğu belirtilmiştir.

İklim verilerinin değerlendirilmesi, bölgede sıcaklık artışı ve yağış düzeninde değişimler olduğunu göstermektedir; bu değişimlerin göl ekosistemini etkileyebileceği düşünülmektedir. Yağış miktarındaki azalma ve mevsimsel değişkenliğin, göl suyunun kuruma eğilimi ve biyolojik çeşitliliğin azalmasında etkili olabileceği öngörülmektedir. Göl alanındaki bu hızlı düşüş, uzun dönemli kuraklık kayıtları, su yönetimi uygulamaları ve iklim değişikliğine ait veriler ışığında, ekolojik dengenin sürdürülebilirliği açısından risk oluşturabileceği düşünülmektedir (Tekin & Deniz, 2024). Nitekim son yıllarda, özellikle 2018’den itibaren, göl alanının istikrarlı biçimde daraldığı ve kuruma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak sürecin yalnızca doğal etkenlerle sınırlı kalmadığı, göl suyunun tarımsal sulama amacıyla yoğun biçimde kullanılmasıyla da ilgili olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular, Marmara Gölü ile ilgili daha önce yapılan çalışmalarla önemli ölçüde örtüşmektedir. Arı ve Derinöz (2011), gölün yanlış su politikaları nedeniyle yönetilemediğini ve bu durumun ekolojik dengenin yanı sıra yöre halkının sosyo-ekonomik yaşamını da olumsuz etkilediğini vurgulamıştır. Gülersoy (2013) ve Körbalta (2019)’nın yaptığı çalışmalarda 1975–2011 yılları arasında göl çevresinde arazi kullanımında meydana gelen değişimlerin ekosistem üzerinde olumsuz etkiler yarattığı belirlenmiştir. Bu sonuç, mevcut çalışmada gözlenen tarımsal verim kayıplarıyla paralellik göstermektedir. Cezayirlioğlu vd., (2022) ile Güngör vd., (2022)’nin Landsat verileriyle gerçekleştirdikleri mekânsal analizler, 2018 sonrasında göl yüzeyinde hızlı bir daralma yaşandığını ortaya koymuştur; bu da bu çalışmadaki bulgularla tamamen örtüşmektedir. Marmara Gölü üzerine yapılan önceki çalışmalar çoğunlukla gölün alansal değişimi, hidrolojik dönüşümler veya ekolojik yapısındaki değişiklikler gibi belirli temalar etrafında yoğunlaşmıştır; bu yaklaşımlar genellikle söz konusu gölün alansal değişiminin yerel topluluklar üzerindeki doğrudan ve dolaylı sosyo-ekonomik etkilerini kapsamlı biçimde ele almamıştır. Bu çalışma ise, gölün alansal değişim analizlerini (UA-GEE), saha çalışmaları (anketler ve görüşmeler) ile ekonomik ve sosyal analizleri metodolojik olarak birleştirerek literatürdeki bu boşluğu kapatmayı amaçlamaktadır.

Marmara Gölü’nün kurumasının yöre halkı üzerindeki etkilerini derinlemesine analiz edebilmek amacıyla, göl çevresindeki mahallelerde anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Toplam 208 kişinin katıldığı ankette, katılımcıların %56’sını erkekler, %44’ünü ise kadınlar oluşturmuştur. En yoğun katılım 40–64 yaş grubunda gerçekleşmiştir. Katılımcıların eğitim durumuna bakıldığında, %60’tan fazlasının ilköğretim ve lise mezunu olduğu, yalnızca iki kişinin lisansüstü eğitim düzeyine sahip olduğu tespit edilmiştir. Meslek dağılımı incelendiğinde, ankete en yoğun katılım çiftçiler ve ev hanımlarının sağladığı görülmüştür. Bu durum, tarımsal üretimle doğrudan ilişkili bireylerin göl kuruması karşısında daha yüksek bir duyarlılığa sahip olduğunu göstermektedir. Balıkçılıkla geçimini sağlayan kesimlerin yoğun olarak yaşadığı Tekelioğlu ve Hacıveliler mahalleleri ankete en fazla katılımın sağlandığı yerleşimler olurken, en az katılım Yeniköy Mahallesi’nden gerçekleşmiştir.

Katılımcıların %86’sı Marmara Gölü’nün kurumasında küresel iklim değişikliğinin etkili olduğunu düşünmektedir. Yine büyük çoğunluk, gölün kurumasının ekonomik yaşamlarını olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Katılımcıların %95’i, tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin bu süreçten doğrudan etkilendiğini ifade etmiştir.

Gölün tekrar eski haline kavuşabileceğine dair umutlu bakanların oranı düşük olup, %84’lük bir kesim bu konuda ya kararsız ya da fikir sahibi değildir. Buna karşılık, katılımcıların önemli bir bölümü gölün yok olmasıyla geçmişe dair bir özlem taşıdıklarını, duygusal olarak bu süreçten etkilendiklerini ifade etmiştir.

Yöre halkıyla yapılan görüşmeler ve gözlemler, gölün kurumasının özellikle ekonomik boyutta ciddi sonuçlar doğurduğunu ortaya koymaktadır. Biyolojik yaşamın sona ermesi, yerel halk açısından yalnızca ekonomik değil, duygusal bir kayıp olarak da tanımlanmaktadır. Göl çevresinde yaşayanlar günümüzde su sıkıntısı yaşamaktadır. Ancak göl sahasına yakın bir bölgede yer alan ve II. derece sit alanı olarak koruma altına alınmış Bintepe Tümlüs Mezarları, sondaj gibi yer altı su kaynaklarına erişimi engellemektedir.

Gölün kurumasıyla birlikte bölgede don riski artmış, bu durum tarımsal üretimi azaltarak halkın gelirini düşürmüştür. Sulama faaliyetlerinin ve balıkçılığın azalmasıyla birlikte, özellikle genç nüfus geçim olanaklarını kaybederek çevre illere göç etmek zorunda kalmıştır. Yöre halkı, göl çevresinde sürdürülebilir bir yaşamın devamı için genç nüfusun yeniden bölgeye kazandırılması gerektiğini düşünmekte; bunun için iş olanaklarının geliştirilmesini talep etmektedir.

Sonuç olarak, Marmara Gölü’nün kuruması yalnızca ekolojik bir kriz değil, aynı zamanda yerel halkın geçim kaynakları, sosyal yapısı ve yaşam kalitesi üzerinde yıkıcı etkiler oluşturmuştur. Bu durum, bölgedeki yanlış su politikalarının ve iklim değişikliği kaynaklı baskıların birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu çerçevede, sürdürülebilir su yönetimi politikalarının acilen hayata geçirilmesi, yöre halkının geçimini destekleyecek alternatif ekonomik modellerin oluşturulması ve sulak alanların korunmasına yönelik restorasyon çalışmalarının başlatılması büyük önem taşımaktadır.

Doğal kaynakların korunması, yalnızca bilimsel ve teknik müdahalelerle değil, aynı zamanda toplumsal bilinç ve katılımıla mümkündür. Küresel iklim değişikliğiyle mücadele etmek, sulak alanları restore etmek ve su kaynaklarını sürdürülebilir biçimde yönetmek, yalnızca bugünün değil, gelecek nesillerin yaşam hakkını da korumak anlamına gelmektedir.

Marmara Gölü'nün kurumasının yöre halkı üzerindeki etkilerini belirlemek ve bu etkileri en aza indirmek için yapılması gerekenler:

1. Durum Analizi: Kurumanın nedenleri, etkileri ve çözüm yolları detaylı biçimde analiz edilmeli.
2. Toplumsal Bilinç: Halk, gölün kurumasının sonuçları hakkında seminer, broşür ve sosyal medya yoluyla bilgilendirilmeli.
3. Su Yönetimi Planı: Gölün korunmasına yönelik sürdürülebilir bir su yönetim planı hazırlanmalı.
4. Tarımda Su Kullanımı: Tarım ve sulama faaliyetleri gözden geçirilmeli; çiftçilere su tasarrufu eğitimi verilmeli.
5. Ekonomik Destek: Geçimini gölden sağlayanlara maddi destek ve yeni iş olanakları sunulmalı.
6. Ekolojik Restorasyon: Göl alanında ağaçlandırma, su kaynaklarının iyileştirilmesi ve ekosistem onarımı yapılmalı.
7. İş birliği: Yerel halk, kurumlar ve uzmanlar arasında sürekli iş birliği sağlanmalı. Bu adımların uygulanmasıyla Marmara Gölü'nün kurumasının yöre halkı üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirilerek sürdürülebilir bir çözüm sağlanabilir.

Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından düzenlenen TÜBİTAK 2204-A Lise Öğrencileri Araştırma Projeleri Yarışması kapsamında gerçekleştirilmiştir. Analiz için gerekli verilerin temininde destek sağlayan Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'ne, çalışmanın tüm aşamalarında katkıda bulunan Salihli Kaymakamlığı'na, Salihli ve Gölarmara İlçe Tarım ve Orman Müdürlükleri ile Salihli İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz. Ayrıca iş birliği ve rehberliklerinden dolayı Salihli Bilim ve Sanat Merkezi'ne, saha çalışmalarında destek veren mahalle muhtarlarına, anket ve görüşmelere katılan değerli yöre halkına ve katkıları için S.S. Gölarmara ve Çevresi Su Ürünleri Kooperatifi yetkililerine içten teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Acar, U., Yılmaz, O. S., Çelen, M., Ateş, A. M., Gülgen, F., & Şanlı, F. B. (2021). Determination of mucilage in the Sea of Marmara using remote sensing techniques with Google Earth Engine. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(4), 423–434.
- Arı, Y., & Derinöz, B. (2011). Bir sulak alan nasıl yönetilmez? Kültürel ekolojik perspektif ile Marmara Gölü (Manisa) örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9(1), 41–60.
- Avcı, C., Budak, M., Yağmur, N., & Balçık, F. (2023). Comparison between random forest and support vector machine algorithms for LULC classification. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(1), 1–10.
- Ayalke, Z., & Şişman, A. (2024). Machine learning based improved land cover classification using Google Earth Engine: Atakum, Samsun example. *Geomatik*, 9(3), 375–390.
- Bayrak, M. (2018, 17–19 Ekim). *Marmara Gölü (Manisa) alansal değişiminin UA ve CBS ile analizi* [Bildiri sunumu]. VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2018), Eskişehir, Türkiye.
- Boromisza, Z. (2013). Using landuse and ecological indicators to characterize lakeshore conditions. *Polish Journal of Natural Sciences*, 28(2), 227–239.
- Bulkan, Ö., Yalçın, M. N., & Wilkes, H. (2018). Geochemistry of Marmara Lake sediments: Implications for Holocene environmental changes in Western Turkey. *Quaternary International*, 486, 199–214.
- Cezayirlioğlu, C., Çelik, R., & Matcı, D. K. (2022). Landsat verileri ve makine öğrenme algoritmaları ile su yüzeyi değişiminin belirlenmesi ve tahmini: Marmara Gölü örneği. *Turkish Journal of Remote Sensing*, 4(2), 43–52.
- Chang, B., Li, R., Zhu, C., & Liu, K. (2015). Quantitative impacts of climate change and human activities on water-surface area variations from the 1990s to 2013 in Honghu Lake, China. *Water*, 7(6), 2881–2899.
- Chen, J., Du, P., Wu, C., Xia, J., & Chanussot, J. (2018). Mapping urban land cover of a large area using multiple sensors multiple features. *Remote Sensing*, 10(6), Article 861. <https://doi.org/10.3390/rs10060861>
- Congalton, R. G., & Green, K. (2019). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. CRC Press.
- Dişli, M., Akkurt, F., & Alıcılar, A. (2003). Şanlıurfa Balıklıgöl suyunun fiziksel parametreler yönüyle değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(4), 81–88.
- Du, Y., Zhang, Y., Ling, F., Wang, Q., Li, W., & Li, X. (2016). Water bodies' mapping from Sentinel-2 imagery with modified normalized difference water index at 10-m spatial resolution produced by sharpening the SWIR band. *Remote Sensing*, 8(4), Article 354. <https://doi.org/10.3390/rs8040354>

- Dustin, D. L., & Jacobson, P. C. (2015). Predicting the extent of lakeshore development using GIS datasets. *Lake and Reservoir Management*, 31(3), 169–179.
- Erdem, F., Derinpınar, M. A., Nasırzadehdıazajı, R., Oy, S., Şeker, D. Z., & Bayram, B. (2018). Rastgele orman yöntemi kullanılarak kıyı çizgisi çıkarımı: İstanbul örneği. *Geomatik*, 3(2), 100–107.
- Feyisa, G., Meilby, H., Fensholt, R., & Proud, S. (2014). Automated water extraction index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 23–35.
- Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote sensing of environment*, 80(1), 185–201. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)
- Girgin, M. (2000). Marmara Gölü. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 6(3), 77–102.
- Gülersoy, A. (2013). Marmara Gölü yakın çevresindeki arazi kullanım faaliyetlerinin zamansal değişimi (1975–2011) ve göl ekosistemlerine etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 61, 31–44.
- Güngör, R., Yılmaz, O. S., Şanlı, F. B., & Ateş, A. M. (2022). Investigation of spatial change in lake surface with Google Earth Engine: Example of Marmara Lake. *Advanced Remote Sensing*, 2(1), 8–15.
- Hakyemez, M. Y., Göktaş, F., & Erkal, T. (2013). Gediz grabeninin Kuvaterner jeolojisi ve evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 56(2), 1–26.
- Han, P., Long, D., Han, Z., Du, M., Dai, L., & Hao, X. (2019). Improved understanding of snowmelt runoff from the headwaters of China's Yangtze River using remotely sensed snow products and hydrological modeling. *Remote Sensing of Environment*, 224, 44–59.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., ... Thépaut, J.-N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999–2049.
- Hoşgören, M. Y. (1983). *Akhisar Havzası*. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Hou, X., Feng, L., Duan, H., Chen, X., Sun, D., & Shi, K. (2017). Fifteen-year monitoring of the turbidity dynamics in large lakes and reservoirs in the middle and lower basin of the Yangtze River, China. *Remote Sensing of Environment*, 190, 107–121.
- Jebb, A. T., Ng, V., & Tay, L. (2021). A review of key Likert scale development advances: 1995–2019. *Frontiers in Psychology*, 12, Article 637547. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.637547>
- Körbalta, H. (2019). Marmara Gölü neden kuruyor? *Kent Akademisi*, 12(3), 441–459.
- Kshetri, T. (2018). NDVI, NDBI, and NDWI calculation using Landsat 7, 8. *GeoWorld*, 2, 32–34.
- Kuşcu, İ. (2024). Uluabat Gölü (Bursa) alansal değişim analizi (1987–2023). *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 87–93.
- Lacaux, J. P., Tourre, Y. M., Vignolles, C., Ndione, J. A., & Lafaye, M. (2007). Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley fever epidemics in Senegal. *Remote Sensing of Environment*, 106(1), 66–74.
- Laonamsai, J., Julphunthong, P., Saprathet, T., Kimmany, B., Ganchanasuragit, T., Chomcheawchan, P., & Tomun, N. (2023). Utilizing NDWI, MNDWI, SAVI, WRI, and AWI for estimating erosion and deposition in Ping River in Thailand. *Hydrology*, 10(3), Article 49. <https://doi.org/10.3390/hydrology10030049>
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 55.
- Luo, M., Liu, T., Meng, F., Duan, Y., Bao, A., Xing, W., Feng, X., Maeyer, P., Frankl, A. (2019). Identifying climate change impacts on water resources in Xinjiang, China. *Science of the Total Environment*, 676, 613–626. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.270>
- 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. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Murathan, A., Varlı, D., Göktaş, M. A., & Kuzucu, A. (2023, 25–27 Ekim). *Marmara Gölü yeraltı suyu ve yüzey suyu ilişkisi* [Bildiri sunumu]. HİDRO'2023: Ulusal Hidrojeoloji ve Su Kaynakları Sempozyumu, İzmir, Türkiye.
- Rinke, K., Keller, P. S., Kong, X., Borchardt, D., & Weitere, M. (2019). Ecosystem services from inland waters and their aquatic ecosystems. In M. Schröter, A. Bonn, S. Klotz, R. Seppelt, & C. Baessler (Eds.), *Atlas of ecosystem services: Drivers, risks, and societal responses* (pp. 191–195). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96229-0_30
- Shen, L., & Li, C. (2010, June 18–20). *Water body extraction from Landsat ETM+ imagery using AdaBoost algorithm* [Conference presentation]. 2010 18th International Conference on Geoinformatics, Beijing, China.
- Softaoğlu, M., & Ustaoglu, B. (2023). İklim değişikliğine uyum sürecinde sürdürülebilir göl havzası yönetimi için Marmara Gölü'ndeki mekânsal değişimin nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile analizi. *Dünya Coğrafyası ve Kalkınma Perspektifi Dergisi*, (4), 32–45.
- Tekin, M. K., & Deniz, O. (2024). İnsan müdahalesi, iklim değişikliği ve toplumsal sorunlar sarmalında yaşanan çevre felaketlerine politik ve ekolojik bir yaklaşım: Marmara Gölü (Manisa) örneği. *Journal of Geography*, (49), 191–210.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları*, 2024. <https://veriportali.tuik.gov.tr/press/53783>

- Vardar, S. (2018). Marmara Gölü'nün paleocoğrafyası ve Tunç Çağı'ndan günümüze jeoarkeolojik değerlendirmeler, Manisa. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(2), 217–237. <https://doi.org/10.33688/aucbd.468762>
- Wang, Q., Chen, X., Peng, W., Liu, X., Dong, F., Huang, A., & Wang, W. (2021). Changes in runoff volumes of inland terminal lake: A case study of Lake Daihai. *Earth and Space Science*, 8(11), Article e2021EA001866. <https://doi.org/10.1029/2021EA001866>
- 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(8), 388–403. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0067-5>
- Wurtsbaugh, W. A., Miller, C., Null, S. E., DeRose, R. J., Wilcock, P., Hahnenberger, M., ... Moore, J. (2017). Decline of the world's saline lakes. *Nature Geoscience*, 10(11), 816–821. <https://doi.org/10.1038/ngeo3052>
- Xia, R., Zhang, Y., Critto, A., Wu, J., Fan, J., Zheng, Z., & Zhang, Y. (2016). The potential impacts of climate change factors on freshwater eutrophication: Implications for research and countermeasures of water management in China. *Sustainability*, 8(3), Article 229. <https://doi.org/10.3390/su8030229>
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033.
- Xu, N., Lu, H., Li, W., & Gong, P. (2024). Natural lakes dominate global water storage variability. *Science Bulletin*, 69(8), 1016–1019. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2024.04.010>
- Xu, Y., Liu, W., Song, J., Yao, L., & Gu, S. (2018). Dynamic monitoring of the lake area in the middle and lower reaches of the Yangtze River using MODIS images between 2000 and 2016. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(12), 4690–4700. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2018.2877815>
- Yağmurlu, F., & Baykal, H. (1989). Gördes Barajı ve çevresinin temel jeolojik özellikleri. *Geological Bulletin of Turkey*, 32, 1–7.
- Yang, X., Qin, Q., Grussenmeyer, P., & Koehl, M. (2018). Urban surface water body detection with suppressed built-up noise based on water indices from Sentinel-2 MSI imagery. *Remote Sensing of Environment*, 219, 259–270. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.10.044>
- Yao, S., Li, X., Liu, C., Yuan, D., Zhu, L., Ma, X., Yu, J., Wang, G., Kuang, W. (2019). Quantitative assessment of impact of the proposed Poyang Lake Hydraulic Project (China) on the habitat suitability of migratory birds. *Water*, 11(8), Article 1605. <https://doi.org/10.3390/w11081605>
- Yılmaz, O. S. (2023a). Uzaktan algılama teknikleri ile su yüzeylerinin tespit edilmesinde kullanılan su çıkarma indekslerinin performans analizi. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 4(2), 242–261. <https://doi.org/10.48123/rsgis.1256092>
- Yılmaz, O. S., Acar, U., Sanli, F. B., Gulgen, F., & Ates, A. M. (2023b). Mapping burn severity and monitoring CO content in Türkiye's 2021 wildfires, using Sentinel-2 and Sentinel-5P satellite data on the GEE platform. *Earth Science Informatics*, 16(1), 221–240. <https://doi.org/10.1007/s12145-022-00883-0>
- Yılmaz, O. S. (2023c). Spatiotemporal statistical analysis of water area changes with climatic variables using Google Earth Engine for Lakes Region in Türkiye. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(6), Article 729. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11399-9>
- Yılmaz, O. S., Gülgen, F., & Ateş, A. M. (2023d). Determination of the appropriate zone on dam surface for floating photovoltaic system installation using RS and GISc technologies. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(1), 63–75. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1152462>
- Zhang, G., Yao, T., Piao, S., Bolch, T., Xie, H., Chen, D., Gao, C., O'Reilly, C.M., Shum, C.K., Yang, K., Yi, S., Lei, Y., Wang, W., He, Y., Shang, K., Yang, X., Zhang, H. (2017). Extensive and drastically different alpine lake changes on Asia's high plateaus during the past four decades. *Geophysical Research Letters*, 44(1), 252–260. <https://doi.org/10.1002/2016GL072033>