



Akgöl Gölet Havzasının (Sinop-Ayancık) Su Kalitesinin Yerinde Analizlerle Tespiti ve Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması

Nuray EMİN^{1*}, Ekrem MUTLU²

¹ Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, Kastamonu/Türkiye

² Kastamonu Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kastamonu/Türkiye

*E-mail: nurayemin@kastamonu.edu.tr

Makale Bilgisi :

Geliş:
31/10/2024
Kabul Ediliş:
02/12/2024

Anahtar Kelimeler:

- Akgöl-Sinop
- Su kalitesi
- Su analizleri
- Su kirliliği
- Ağır metal

Öz

Akgöl Göleti; Sinop'un Ayancık ilçesinin güneyinde bulunmaktadır. Akgöl, 1991 yılında Bakanlar Kurulu Kararı ile Akgöl Yaylası adı altında turizm merkezi, 2018 yılında ise Milli Park olarak ilan edilmiştir. Gölün çapı, ortalama 3 dönümlük bir alanı kaplamaktadır. Çalışma kapsamında, Akgöl Göleti'nin ve çevresindeki su kaynaklarının su kalitesi ve kirliliğinin belirlenmesi ile canlılar üzerindeki olası etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Yerinde analizlerle suyun sıcaklığı, iletkenliği, çözünmüş oksijen miktarı, pH ve tuzluluk oranı doğrudan gölet üzerinde ölçülmüş, ağır metal içeriği ise belirlenen istasyonlardan alınan su örneklerinden ICP-OES cihazında analizlenmiştir. Veriler istatistiksel olarak SPSS programında değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, Akgöl Göletinin su kalitesinin Yüzeysel Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) standartlarına göre I. Sınıf olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, göletin canlılar için risk oluşturmadığı ve alabalık yetiştiriciliğine uygun olduğu söylenebilir.

Determination of Water Quality of Akgöl Pond Basin (Sinop-Ayancık) with On-Site Analysis and Investigation of Heavy Metal Pollution

Article Info

Received:
31/10/2024
Accepted:
02/12/2024

Keywords:

- Akgöl-Sinop
- Water quality
- Water analysis
- Water pollution
- Heavy metal

Abstract

Akgöl Pond is located in the south of Ayancık district of Sinop. Akgöl was declared a tourism center under the name of Akgöl Yaylası by the decision of the Council of Ministers in 1991 and a National Park in 2018. The diameter of the lake covers an area of 3 acres on average. The study aimed to determine the water quality and pollution of Akgöl Pond and surrounding water resources and investigate their possible effects on living beings. With on-site analyses, the temperature, conductivity, dissolved oxygen content, pH, and salinity of the water were measured directly on the pond, and the heavy metal content was analyzed with the ICP-OES device from water samples taken from the designated stations. The data were statistically evaluated in the SPSS program. According to the results, it was determined that the water quality of Akgöl Pond was Class I according to the Surface Water Quality Regulation (SWQR/YSKY) standards. Consequently, it can be said that the pond does not pose a risk to living beings and is suitable for trout farming.

Atıf bilgisi / Cite as: Emin, N. & Mutlu, E. (2024). Akgöl Gölet Havzasının (Sinop-Ayancık) Su Kalitesinin Yerinde Analizlerle Tespiti ve Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 10 (3), 243-252. DOI: 10.58626/menba.1575325.

GİRİŞ

Zamana bağlı olarak genel anlamda kendi kendini arıtma özelliği bulunan su, biyolojik ve ekolojik yönleri yanı sıra tarım, enerji, rekreasyon, ulaşım gibi konularda doğal potansiyele sahiptir (Daigger, 2009; De Groot vd., 2002). Bir taraftan hızla gelişen dünyanın değişen koşullarına paralel olarak su kaynaklarının değişik amaçlar için kullanımına yönelik talepler giderek artarken, diğer taraftan Dünya kamuoyu doğal çevrenin temel unsurlarından biri olan su ile ilgili sorunlara daha duyarlı davranmaya başlamıştır. Bu duyarlılık, su kaynakları gelişimi ile doğrudan ya da dolaylı olarak ilintili tüm faaliyetlerin sistematik bir şekilde yeniden gözden geçirilmesi ve iyileştirilmesine yönelik çabalar ve yaklaşımların son yıllarda büyük önem kazanmasına yol açmıştır. Bu bağlamda su kaynaklarının akılcı (rasyonel) ve planlı kullanımı ile korunması yönünde çalışma ve uygulamaları gerekmektedir (Daigger, 2009; Hajkowicz & Collins, 2007; Hu vd., 2018; Kosolapova vd., 2021).

Türkiye'nin yüzölçümünün büyük bir bölümü yarı kurak bölge sınıflandırmasına girmektedir. Yeterli ve düzenli yağış alabilen son derece küçük birkaç bölge dışında kalan yerlerde sulama yapılması gerekmektedir (Kaplunan, 2023). Tarım arazisinin 16,5 milyon hektarı ova, 8,8 milyon hektarı yamaç arazisi olmak üzere 25,3 milyonluk arazinin sulanabilecek nitelikte olduğu belirtilmekle birlikte ancak 8,5 milyon hektarının ekonomik olarak sulanacağı tahmin edilmektedir (Sönmezıldız & Çakmak, 2013). Bu açıdan bakıldığında barajlar ve tarım arazilerini sulama amacıyla oluşturulan göletler hayati önem taşımaktadır.

Suni gölet alanları, insan ihtiyaçları doğrultusunda yapay olarak oluşturulmuş, genelde yerleşim alanları içerisinde veya yakın çevresinde kurulu alanlardır. Bu alanlar aynı zamanda aktif ve pasif rekreasyon öğelerinin de içinde barındıran, kullanıcı yönelimli rekreasyon alanı özelliği taşımaktadır. Pek çok rekreasyonel faaliyeti bir arada yapma olanağı sunan suni göletlerin sahip oldukları su yüzeyleri, doğal ve kültürel özellikleri ile rekreasyon kaynağı olarak büyük bir öneme sahiptir (Meyerhoff vd., 2019).

Suni gölet alanları canlılar için yeni bir yaşam ortamı sağlamaktadır. Su kaynaklarının korunması ve uygun kullanımları, toplumların konu ile ilgili bilince sahip olmasıyla birlikte kişilerin duyarlılıklarına bağlı olarak değişmektedir (Emin Güzel & Mutlu, 2023; Meyerhoff vd., 2019). En önemli tatlı su havzalarından olan göller ve suni göletler; barındırdığı biyolojik tür zenginliği, sucül yetiştiricilik, kültür ve tabiat turizmi ile hidrojeolojik döngüdeki rolü nedeniyle önemli su havzalarındandır (Mutlu vd., 2013). Ancak; gelişen teknoloji, nüfusun hızla artması, küresel iklim değişikliği, evsel, endüstriyel ve tarımsal kirlilik kaynakları, göller üzerinde büyük bir baskı oluşturmakta ve çağımızın büyük problemlerinden biri olan su kirliliği ve su kalitesi problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Emin Güzel & Mutlu, 2023; Meyerhoff vd., 2019; Mutlu & Emin Güzel, 2019).

Su kalitesi, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini ifade eder. Ekosistemler, insan sağlığı ve tüm yaşam formları için elzemdir (Şimşek & Mutlu, 2023). Yüksek kaliteli su kirleticilerden arındırılmıştır ve temiz kabul edilir, düşük kaliteli su ise kirli kabul edilir ve zararlı olabilir (Sagan vd., 2020). Kritik su kalitesi göstergeleri pH seviyeleri, çözülmüş oksijen (ÇO), bulanıklık, besin maddeleri ve kirleticilerdir (Mutlu & Emin Güzel, 2019; Sagan vd., 2020). Suyun asitliği veya alkalitesi pH seviyesini belirlemekle birlikte, çoğu su canlısı yaşam için 6,5 ile 8,5 arasındaki bir pH'ı tercih eder. Çözülmüş oksijen (ÇO), balıkların ve diğer deniz canlılarının hayatta kalması için elzemdir. Düşük ÇO seviyeleri su havzasındaki kirliliği gösterebilir. Bulanıklık, suyun ne kadar berrak olduğuna göre ölçülür ve yüksek bulanıklık, güneş ışığını engelleyerek su bitkilerini etkileyebilir. Bazı organik atıklar ve algler genellikle besin kaynağıdır. Azot ve fosfor suda az miktarda gereklidir ve yüksek konsantrasyonlarda bulunurlarsa alg oluşumuna neden olabilir. Su kirleticileri arasında yer alan ağır metaller, pestisitler ve diğer kimyasallardan kaynaklanır ve su canlıları ile insanlar için toksik olabilir (Hu vd., 2018; Mutlu & Emin Güzel, 2024; Noori vd., 2019; Pan vd., 2022; Sagan vd., 2020; Tokatlı vd., 2024).

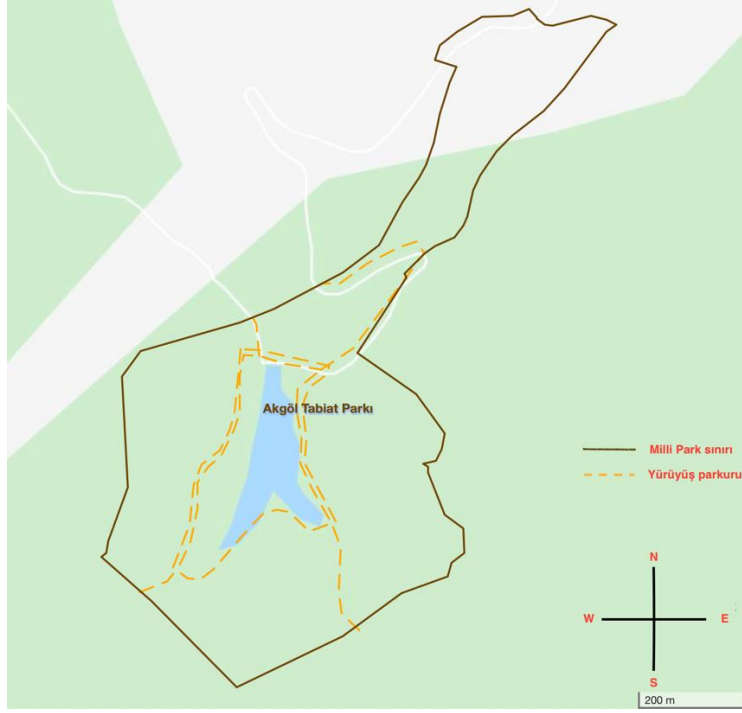
Su alanları; geniş çeşitlilikteki flora ve fauna için yaşam alanı sağlamakta, hidrolojik ve kimyasal döngülerde önemli fonksiyonları bulunmakta, yeraltı suyunun depolanması, turizm, rekreasyon, balıkçılık ve doğal güzelliklerinin yanında en önemli tatlı su rezervleri, olmaları açısından önemli ekosistemlerdir (Daigger, 2009; Hu vd., 2018; Kosolapova vd., 2021; Meyerhoff vd., 2019). Yürütülen araştırmada Sinop ili Ayancık ilçesi sınırlarında yer alan Akgöl Göleti, eko-turizm ve doğal kaynak değerleri bakımından önemli yeri olması, turizm ve su ürünleri yetiştiriciliği imkânı sunması nedeniyle çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmada havzada bulunan su kaynaklarının canlılar üzerine olan etkisinin tespiti ile su ürünleri yetiştiriciliğine uygunluğunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Akgöl Göleti, Sinop ilinin Ayancık ilçesi sınırları içerisinde Çangal dağı üzerinde yaklaşık 1200 metre rakımda Akgöl Yaylası sınırlarında bulunmaktadır. Yaklaşık olarak 3 dönümlük alana sahip gölet iki akarsu kaynağından beslenmekte olup, özellikle turizm amaçlı olarak hizmet vermektedir. Akgöl Yaylası ve Göleti çalışmamızın başlamasına müteakip Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından Milli Park alanı ilan edilmiştir. Akgöl Yaylasında bulunan göletin ve çevresindeki su kaynaklarının su kalitesinin ve kirlilik değerlerinin tespit edilmesi ile elde edilen sonuçlar, doğal ortamın korunması, iyileştirilmesi ve akabinde göletteki balıkçılığın geliştirilmesi yönünde yapılabilecek ileriki çalışmalara katkı sağlayacaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanının Tespiti ve Su Örneklerinin Toplanması

Çalışmada öncelikle Akgöl Göleti'nin havza sınırları belirlenmiştir. Akgöl Göleti; Sinop'un Ayancık ilçesinin güneyinde, Ayancık-Kastamonu yolunun 31. kilometresinde ayrılan yoldan 5 kilometre içeride (41°41'59.1"N 34°35'43.5"E) bulunmaktadır (Şekil 1). Akgöl konum itibarıyla, bölgedeki diğer bir doğal turist alan olan Ayancık İlçesine 40 km uzaklıkta bulunan İnaltı Köyü sınırları içerisindeki İnaltı mağarasına giden yol üzerinde bulunmaktadır. Akgöl; deniz seviyesinden 1200 metre yükseklikte olup, etrafını çevreleyen köknar ormanları içerisinde bulunan iki çayın birleşmesiyle oluşturulan yapay bir gölettir. Gölün çapı, ortalama 3 dönümlük bir alanı kaplamaktadır. Milli Park statüsündeki gölet, özellikle günübirlik geziler ve kamping

için uygun olup, civarındaki ormanlık arazide piknik alanları ve gelenlerin faydalanabileceği doğal su kaynakları bulunmaktadır. Çevresindeki ormanlarda yaban domuzu, ayı, kurt, çakal ve tavşan gibi yabani hayvanlara rastlamak mümkün olan gölün yanında Orman İşletme Müdürlüğüne ait bir tesis bulunmaktadır. Bu tesis şu an için gölün civarında kurulu tek tesistir ve halka açık değildir. Akgöl Göleti havzasında yapılan arazi etüdü neticesinde belirlenen 4 adet su örnekleme noktasından ve 2 adet gölü besleyen dereден, su kalitesini oluşturan bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin seviyelerini belirlemek için Mart 2018 – Şubat 2019 tarihleri arasında toplanan numunelerin mevsimsel olarak analizleri yapılmıştır.



Şekil 1. Akgöl Milli Parkı sınırları ve Akgöl Göleti

Su Analiz Çalışmaları

Su kalitesi parametrelerinden, çözülmüş oksijen (Ç.O), sıcaklık, pH, tuzluluk ve elektriksel iletkenlik (E.İ) arazi tipi taşınabilir multiparametre cihazı (Hach Lange, HQ40D) kullanılarak sahada ölçülmüştür.

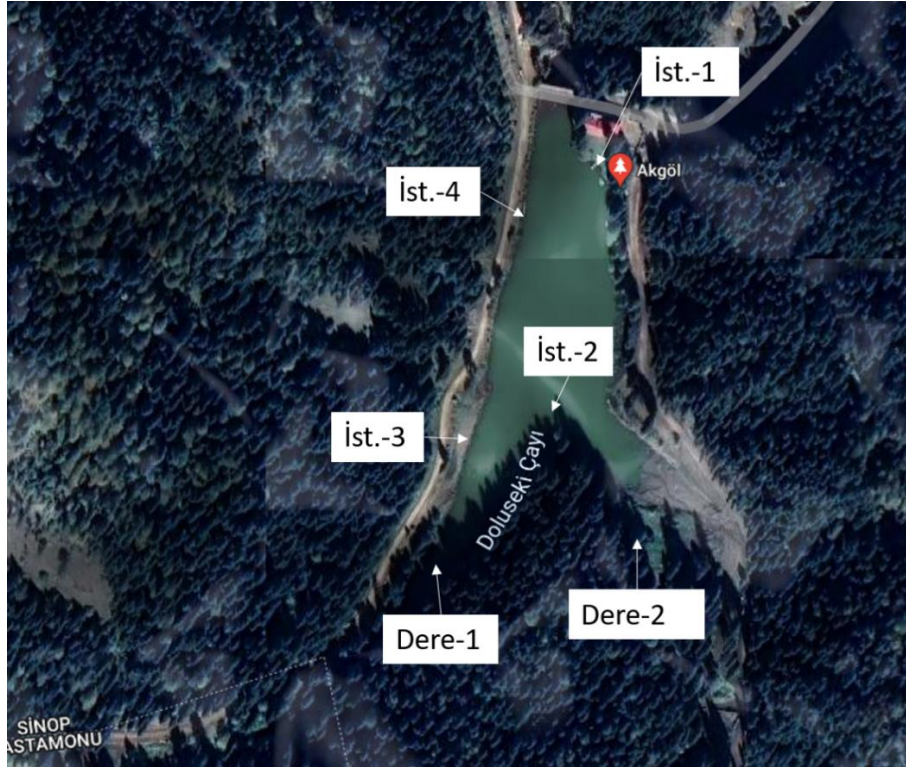
Çalışmada kullanılan su numune kapları sahaya çıkmadan bir gün önce sırası ile asit banyosu (%1 HCl) ve saf sudan geçirilerek yıkanmıştır. Daha sonra saf su ile çalkalanan numune kapları etüde kurutulmaya bırakılmıştır (Boyd and Tucker, 1992). Numune kapları su yüzeyinin yaklaşık 15 cm altına daldırılarak, suyun kendi cazibesi ile doldurularak su örnekleri alınmıştır. Alınan su örnekleri, bozulmasının önlenmesi için ısı yalıtımlı taşıma kutularında 3 saat içinde laboratuvara taşınarak +4°C’de saklanmıştır (Demir vd., 2024). Su kalitesini belirleyen ağır metal içeriği; demir, kurşun, bakır, kadmilyum, civa, nikel ve çinko analizleri Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Araştırma ve Uygulama Merkezi Su Kalitesi ve Su Kirliliği Laboratuvarında ICP-OES (Spectro-SpectroBlu) cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

İstatistiksel Analiz

Su örneklerinin kimyasal analiz bulguları SPSS-22 istatistik programı kullanılarak, istasyon bazında ve gölet ortalaması olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 1 ve 2’de sunulmuştur. Parametreler arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson korelasyon analizi (Tablo 3) ve Spearman’s rho korelasyon (Tablo 4) analizleri gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Akgöl Göleti; iki adet dere, iki adet içme suyu için de kullanılan kaynak ile yağış ve kar suları ile beslenen dört tarafında ağaçlık alanlar ve gölün etrafını çevreleyen stabilize taşıt yolu bulunan, Akgöl Milli Parkı içerisinde bulunan suni bir gölettir. Akgöl Göletin’de yapılan Mart 2018-Şubat 2019 arasında yapılan yıllık çalışmada, önceden belirlenen ve göletin bütününe temsil ettiği düşünülen seçilen Şekil 2’de gösterilen dört (4) istasyon, gölü besleyen iki (2) dereден yerinde su kalitesi analizleri ve alınan numunelerden ağır metal kirliliğine yönelik analizler (Yaman & Uzbilek, 2020) mevsimsel olarak gerçekleştirilmiştir. İstasyon bazında elde edilen bulgular birbirine çok yakın olup, sonuçlar gölet ortalaması şeklinde değerlendirildi.



Şekil 2. Akgöl Gölü'nde su örneği alınan istasyonların uydu görüntüsü

Çalışma sonucu elde edilen veriler, istatistik analizleri yapılmak üzere SPSS-22 Statistic programına işlenmiştir. Programa işlenen veri grupları aralarındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla tek yönlü ANOVA testi ve varyans analizlerine göre veri grupları arasındaki olası farklılıkların tespiti için de %95 güven aralığında olmak üzere, ortalamalar arasında Tukey analizi uygulanmıştır. Mevsimsel değişim sonuçlarının değerlendirmeleri, tablolar halinde sunulmuştur. Tukey test sonucunda istasyonlar arasında belirgin farklılıklar görülmemekle birlikte, farklı harfler her bir istasyon arasındaki mevsimsel farklılıkları ifade etmek üzere verilmiştir ($p < 0,05$). Elde edilen sonuçlar Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY)(Re-Ga, 2012) ile karşılaştırılarak Akgöl Gölü'nün su kalitesi belirlenmiştir.

Akgöl Gölü'nün su kalitesi hakkında yapılan bu araştırma, farklı zamanlarda ve istasyonlarda alınan örneklerin, yerinde yapılan ölçümleri ve ağır metal maruziyetine yönelik analiz sonuçlarına göre suyun büyük ölçüde birinci sınıf kaliteye sahip olduğunu göstermektedir. Çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonunun maksimum ölçülen değerleri mevsimler bazında benzer olmakla birlikte en düşük miktarı sonbaharda ($7,84 \pm 0,77$ mg/L) ölçülmüştür. Diğer aylarda ÇO miktarı 8 mg/L'nin üstündedir. ÇO'nun değişiklik göstermesi mikrobiyal aktivite, organik madde konsantrasyonundaki değişimler, basınç ve sıcaklık gibi faktörlere bağlı olabilmektedir. Yaz aylarında sıcaklığın 23°C 'nin altında kaldığı belirlenmiş olmakla birlikte en yüksek sıcaklık değeri sonbaharda ($23,9^{\circ}\text{C}$) izlenmiştir.

Tablo 1. Mevsimsel olarak gölet üzerinde ölçülen su kalitesi parametrelerinin istatistiksel verileri

	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer	Mevsim
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	$9,41 \pm 1,36^c$	8,34	11,29	Yaz
	$7,84 \pm 0,77^a$	7,2	8,9	Sonbahar
	$10,73 \pm 0,37^a$	10,45	11,25	Kış
	$11,15 \pm 0,36^b$	10,64	11,5	İlkbahar
Tuzluluk (%)	$0,044 \pm 0,020^a$	0,03	0,08	Yaz
	$0,069 \pm 0,029^b$	0,03	0,1	Sonbahar
	$0,032 \pm 0,004^b$	0,03	0,04	Kış
	$0,031 \pm 0,003^b$	0,03	0,04	İlkbahar
pH	$8,78 \pm 0,055^a$	8,71	8,85	Yaz
	$8,83 \pm 0,178^a$	8,59	9,04	Sonbahar
	$8,52 \pm 0,015^c$	8,49	8,54	Kış

	8,64 ± 0,043 ^b	8,57	8,7	İlkbahar
Sıcaklık (°C)	19,43 ± 2,54 ^a	16,5	22,8	Yaz
	17,60 ± 5,74 ^a	10,1	23,9	Sonbahar
	4,21 ± 1,31 ^c	3	6,1	Kış
	8,28 ± 3,09 ^b	5,1	12,4	İlkbahar
İletkenlik (µs/cm)	391,95 ± 14,181 ^a	374,93	417,01	Yaz
	403,82 ± 30,163 ^a	360,27	428,23	Sonbahar
	309,74 ± 15,622 ^b	295,99	331,43	Kış
	295,00 ± 16,005 ^b	273,11	310,89	İlkbahar

Sulardaki çözülmüş tuz iyonlarının toplam miktarı su kaynağının tuzluluk değerini vermektedir. Yağışlarla suya taşınan tarım arazilerinde kullanılan kimyasallar, evsel ve endüstriyel atıklar sulardaki tuz iyonları miktarını arttırmaktadır (Mutlu & Paruğ, 2018). Tuzluluk seviyesi yaz ve sonbaharda birbirine yakın değerlerde izlenmiş olup, en yüksek tuzluluk oranı sonbaharda %0,1 ölçülmüş ve göl ortalaması $0,069 \pm 0,029$ olarak hesaplanmıştır. Elektriksel iletkenlik suda bulunan iyonların varlığı ile ilişkilidir ve iyon miktarı arttıkça iletkenlikte artmaktadır (İpek vd., 2024). Elektriksel iletkenlik tuzluluk oranlarıyla paralellik göstermiş ve sonbaharda en yüksek değerine ulaşmıştır. Sonbaharda tuzluluk maksimum $428,23 \mu\text{s/cm}$ ölçülmüş ve gölet ortalaması $403,82 \pm 30,163$ olarak hesaplanmıştır. Tuzluluk değeri en düşük ilkbaharda $295,00 \pm 16,005 \mu\text{s/cm}$ gölet ortalaması ile gözlenmiştir. Su havzalarının pH değeri, ekosistemin biyolojik bileşimini etkileyen önemli bir parametredir (İpek vd., 2024). Akgöl Göleti'nin pH değerlerinin mevsimsel olarak çok fazla değişim göstermediği ve ortalama 8,69 civarında olduğu belirlenmiştir. Göletin pH seviyesi en yüksek sonbaharda 9,04 ölçülmüş ve gölet ortalaması $8,83 \pm 0,178$ olarak hesaplanmıştır. Göletin pH seviyesi en düşük kış mevsiminde 8,64 ölçülmüş ve gölet ortalaması $8,52 \pm 0,015$ olarak hesaplanmıştır Genel olarak pH seviyelerinin yıl boyunca hafif bazik değerlerde seyretmesi nedeniyle gölet suyu Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY)'e göre I. sınıf sular kategorisinde değerlendirilmiştir (Kutlu & Mutlu, 2024).

Kolay elektron değişimi yapabilme özelliğiyle demir, oksijen metabolizmasını kontrol etmek ve protein sentezi, RNA, DNA ve enerji üretimi gibi yaşamsal süreçlerde yer almak açısından canlılar için kritik bir elementtir. Fakat organizmanın demiri atma yolu bulunmamaktadır. Bu nedenle demirin fazlası vücutta birikerek toksik etki göstermektedir. Akgöl Göletinde demir içeriği yaz ayında gözlenmemiştir. En yüksek kış mevsiminde $0,0040 \text{ mg/L}$ olarak ölçülmüş ve göletin en yüksek demir konsantrasyonu $0,00167 \pm 0,0011 \text{ mg/L}$ olarak hesaplanmıştır. YSKY'de I. Sınıf sular için belirtilen ölçütlerdeki azami demir konsantrasyonu $0,3 \text{ mg/L}$ 'dir (Güzel, 2023).

Kurşun elementi son derece yüksek toksisiteye sahip bir ağır metaldir ve çeşitli fizyolojik süreçleri bozabilir. Kurşun, nöronların işlevini bozarak nörolojik sorunlara, kan dolaşımını ve kalp fonksiyonlarını etkileyerek ciddi kalp rahatsızlıklarına neden olabilir. Ayrıca, gastrointestinal sistemi etkileyip mide ağrıları ve bulantıya yol açabilir ve böbrek fonksiyonlarını bozarak böbrek yetmezliğine neden olabilir. Metabolik süreçleri etkileyen kurşun, enerji üretimini düşürebilir. Kurşun toksikolojik riskleri artırır ve uzun süreli maruziyet ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Çevresel sağlık sorunlarına neden olan kurşun, kirlilik kontrolünde önemli bir rol oynar. Göletteki kurşun miktarı yaz ($0,736 \pm 0,582 \mu\text{g/L}$) ve ilkbahar ($0,789 \pm 0,390 \mu\text{g/L}$) mevsiminde birbirine yakın olup, kış ($0,356 \pm 0,146 \mu\text{g/L}$) ve sonbahar ($0,250 \pm 0,181 \mu\text{g/L}$) mevsimine göre yaklaşık 2,5-3 kat daha fazla tespit edilmiştir. Bu değerler, YSKY'de I. Sınıf sular için belirtilen ölçütlerdeki azami kurşun konsantrasyonu için belirlenen $10 \mu\text{g/L}$ sınırının çok altında kalmaktadır (Güzel, 2023).

Tablo 2. Mevsimsel olarak göletin ağır metal içeriğinin değişimi

	Gölet Ortalaması	Min. Değer	Maks. Değer	Mevsim
Demir Fe (mg/L)	$0,00000 \pm 0,00000^c$	0,0000	0,0000	Yaz
	$0,00007 \pm 0,0003^{bc}$	0,0000	0,0010	Sonbahar
	$0,00167 \pm 0,0011^a$	0,0000	0,0040	Kış
	$0,00080 \pm 0,0010^b$	0,0000	0,0030	İlkbahar
Kurşun Pb (µg/L)	$0,736 \pm 0,582^a$	0,1	1,7	Yaz
	$0,250 \pm 0,181^b$	0,0	0,6	Sonbahar
	$0,356 \pm 0,146^b$	0,1	0,6	Kış
	$0,789 \pm 0,390^a$	0,4	1,5	İlkbahar

Bakır Cu (µg/L)	2,60 ± 3,11 ^a	0,0	9,0	Yaz
	0,33 ± 0,72 ^b	0,0	2,0	Sonbahar
	0,00 ± 0,00 ^b	0,0	0,0	Kış
	1,33 ± 1,76 ^{ab}	0,0	5,0	İlkbahar
Cıva Hg (µg/L)	0,00047 ± 0,00074	0,000	0,002	Yaz
	0,00185 ± 0,00144	0,001	0,005	Sonbahar
	0,000 ± 0,000	0,000	0,000	Kış
	0,000 ± 0,000	0,000	0,000	İlkbahar
Nikel Ni (µg/L)	1,000 ± 0,000 ^{ab}	1,0	1,0	Yaz
	1,400 ± 0,737 ^a	1,0	3,0	Sonbahar
	0,667 ± 0,488 ^b	,0	1,0	Kış
	1,333 ± 0,724 ^a	1,0	3,0	İlkbahar
Çinko Zn (µg/L)	3,133 ± 2,924	0,0	8,0	Yaz
	4,333 ± 4,402	0,0	11,0	Sonbahar
	0,000 ± 0,000	0,0	0,0	Kış
	2,000 ± 1,890	0,0	5,0	İlkbahar

Bakır, demir gibi, memeli metabolizmasında birçok önemli işlevi katalizleyen bir elementtir. Protein sentezi, enerji metabolizması, doku rejenerasyonu, kemik dokusunun inşası, deri, saç ve gözlerde pigment metabolizması ve alyuvarların üretimi gibi hayati süreçlerde rol oynar. Eksikliğinde çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkabilir. Ancak, aşırı miktarda bakır toksik etki göstererek hastalıklara ve hatta zehirlenmelere neden olabilir. Göletteki bakır miktarı mevsimlere göre farklılık göstermiş olup, göletteki ortalama bakır konsantrasyonu en yüksek yaz mevsiminde ($2,60 \pm 3,11 \mu\text{g/L}$) ve ilkbaharda ($1,33 \pm 1,76 \mu\text{g/L}$) olarak hesaplanmıştır. Buna karşın sonbaharda ($0,33 \pm 0,72 \mu\text{g/L}$) bakır konsantrasyonunun düştüğü ve kış mevsiminde ise bakır konsantrasyonunun cihaz dedeksiyon limitlerinden düşük olduğu gözlenmiştir. YSKY’de I. Sınıf sular için belirtilen ölçütlerdeki azami bakır konsantrasyonu $20 \mu\text{g/L}$ ’dir (Güzel, 2023).

Su kaynaklarında kadmiyum bulunması, ciddi çevresel ve sağlık sorunlarına yol açabilir. Endüstriyel atıklar ve kanalizasyon deşarjları gibi kaynaklardan gelen kadmiyum, yüzey sularında ve yeraltı sularında birikerek ekosistemleri tehdit eder. Kadmiyumun sudaki çözünürlüğü pH değişikliklerine bağlı olarak artabilir, bu da organizmalar tarafından daha kolay emilmesine neden olur. İnsanlar ve hayvanlar, bu su kaynaklarını kullanarak veya kirli suyu tüketerek kadmiyuma maruz kalabilirler. Kadmiyum maruziyeti, solunum yolu sorunları, böbrek hasarı ve dolaşım sistemi bozuklukları gibi ciddi sağlık problemlerine yol açabilir. Ayrıca, tarımda kullanılan suların kadmiyumla kirlenmesi, gıda zincirine toksik maddelerin girmesine neden olabilir, bu da geniş çaplı sağlık riskleri yaratır (Tokatlı vd., 2024). Bu nedenle, su kaynaklarının kadmiyum kirliliğinden korunması büyük önem taşır. Akgöl Gölet’inde yapılan analizlerde tüm mevsimlerde her istasyon için ölçülen kadmiyum seviyesi ölçüm limitlerinin ($1 \mu\text{g/L}$) altında kalmış olup, gölette kadmiyum olmadığı şeklinde kabul edilmiştir.

Cıva, endüstriyel faaliyetler, madencilik ve fosil yakıtların yakılması gibi insan kaynaklarından çevreye salınarak su kaynaklarında birikir (Tokatlı vd., 2024). Cıva, su canlıları ve ekosistemler üzerinde toksik etkilere sahiptir; özellikle balıklar ve diğer su hayvanları cıvayı emerek bedenlerinde biriktirirler. İnsanlar, bu su kaynaklarını kullandıklarında veya bu kaynaktan su tüketen ay yada çiftlik hayvanlarını tükettiklerinde cıvaya maruz kalabilirler. Cıva maruziyeti, sinir sistemi, böbrekler ve bağırsak sistemi gibi vücut sistemlerinde zarar verebilir ve uzun vadede ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir (Demir vd., 2024). Akgöl Göletinde yapılan ölçümlerde kış ve onu takip eden ilkbahar mevsiminde cıva tespit edilmemiştir. Yaz mevsiminde $0,00047 \pm 0,00074 \mu\text{g/L}$ ve sonbaharda en yüksek değerine ulaşarak $0,00185 \pm 0,00144 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir. YSKY’de I. Sınıf sular için belirtilen ölçütlerdeki azami cıva konsantrasyonu $0,1 \mu\text{g/L}$ ’dir.

Yüksek miktarda nikel, solunum sistemi problemleri, kardiyovasküler ve dermatolojik rahatsızlıklar gibi sağlık sorunlarına yol açabilir. Sucul canlılara da etki eder ve özellikle su altı yaşamı üzerinde metabolizma ve üreme kapasitelerini azaltabilir (Adhikari vd., 2022; Begum vd., 2022). Akgöl Göletindeki nikel konsantrasyonu ilkbahar ($1,333 \pm 0,724 \mu\text{g/L}$) ve sonbahar ($1,400 \pm 0,737 \mu\text{g/L}$) mevsiminde birbirine yakın ölçülmüştür. En düşük nikel konsantrasyonu ise kış mevsiminde ($0,667 \pm 0,488 \mu\text{g/L}$) gözlenmiştir. YSKY’de I. Sınıf sular için belirtilen ölçütlerdeki azami nikel konsantrasyonu $20 \mu\text{g/L}$ ’dir.

Çinko, su kaynaklarında bulunan ağır metallere biridir ve su kirliliğine önemli etkisi vardır. Çinko, endüstriyel atıklar, madencilik faaliyetleri ve tarım ilaçları gibi kaynaklar aracılığıyla su kirliliğine neden olur. Çinko kirliliği, sucul canlılar üzerinde ciddi zararlara sebep olur ve ekosistemlerin dengesini bozabilir. Göletteki çinko miktarı kış mevsiminde tespit edilememiştir. İlkbahar ($2,000 \pm 1,890 \mu\text{g/L}$), yaz ($3,133 \pm 2,924 \mu\text{g/L}$) ve sonbahar $4,333 \pm 4,402 \mu\text{g/L}$ mevsimlerinde ise giderek artan bir çinko konsantrasyonu dikkati çekmiştir. YSKY’de I. Sınıf sular için belirtilen ölçütlerdeki azami çinko konsantrasyonu $200 \mu\text{g/L}$ ’dir (Güzel, 2023).

İstatistikte Pearson korelasyonu, doğrusal ilişkiyi ölçer ve sürekli verilerle kullanılır (Mutlu vd., 2023). Değişkenlerin ortalama ve standart sapmalarına dayalı olarak doğrusal korelasyon hesaplar. Verilerin normal dağılım göstermesi gerektiğine ilişkin belirli varsayımlarda bulunur. -1 ile +1 arasında değişir. +1, mükemmel pozitif doğrusal ilişkiyi; -1, mükemmel negatif doğrusal ilişkiyi; 0 ise ilişki olmadığını gösterir (Lettenmaier, 1976; Zhao vd., 2022). Akgöl Göleti’nin su kalitesi ve kirliliğinin tespitine yönelik yapılan analiz bulgularının istatistiksel olarak yapılan Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre ÇO, pH, tuzluluk, sıcaklık ve elektriksel iletkenlik parametreleri arasında anlamlı ve çok güçlü pozitif korelasyon tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Mevsimsel olarak göletteki su kalitesi/kirliliği parametrelerinin Pearson korelasyon analizi.

	ÇO	Tuzluluk	pH	Sıcaklık	Eİ	Demir	Kurşun	Bakır	Cıva	Nikel	Çinko
ÇO	1,000	-0,628**	-0,519**	-0,531**	-0,636**	0,330*	0,716**	0,440**	-0,785**	0,132	0,244
Tuzluluk	-0,628**	1,000	0,669**	0,635**	0,751**	-0,311*	-0,485**	-0,336**	0,792**	-0,057	-0,248
pH	-0,519**	0,669**	1,000	0,929**	0,831**	-0,613**	-0,094	0,184	0,663**	0,218	0,208
Sıcaklık	-0,531**	0,635**	0,929**	1,000	0,863**	-0,659**	-0,158	0,219	0,636**	0,288*	0,161
Eİ	-0,636**	0,751**	0,831**	0,863**	1,000	-0,578**	-0,289*	0,102	0,759**	0,125	0,211
Demir	0,330*	-0,311*	-0,613**	-0,659**	-0,578**	1,000	0,086	-0,303*	-0,452**	-0,283*	-0,345**
Kurşun	0,716**	-0,485**	-0,094	-0,158	-0,289*	0,086	1,000	0,722**	-0,616**	0,310*	0,477**
Bakır	0,440**	-0,336**	0,184	0,219	0,102	-0,303*	0,722**	1,000	-0,314*	0,419**	0,725**
Cıva	-0,785**	0,792**	0,663**	0,636**	0,759**	-0,452**	-0,616**	-0,314*	1,000	0,179	0,010
Nikel	0,132	-0,057	0,218	0,288*	0,125	-0,283*	0,310*	0,419**	0,179	1,000	0,526**
Çinko	0,244	-0,248	0,208	0,161	0,211	-0,345**	0,477**	0,725**	0,010	0,526**	1,000

** p<0,001; * p<0,05

Gölet suyunda tespit edilen ağır metal değerlerinin arasındaki istatistiksel ilişkiyi belirlemek için SPSS-22 Statistic programı kullanılarak yapılan Pearson korelasyon analizinde, doğrusal olmayan ilişkiler tespit edilmiştir. Bu sebeple korelasyon ölçümünde doğrusal olmayan ilişkileri belirleyebilmek için parametrik olmayan Spearman’ın rho korelasyon katsayısı analizi tercih edilmiştir (Tablo 4). Spearman korelasyon katsayısının değeri -1 ile +1 arasında değişmektedir. +1, mükemmel pozitif monoton ilişkiyi; -1, mükemmel negatif monoton ilişkiyi; 0 ise ilişki olmadığını gösterir (Lettenmaier, 1976; Zhao vd., 2022). Bu analizler, su kalitesinin doğrudan gölet üzerinde ölçülen parametreleri ile ağır metal konsantrasyonları arasındaki ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını sağlamış ve elde edilen verilerin yorumlanmasına katkıda bulunmuştur.

Tablo 4. Mevsimsel olarak göletteki su kalitesi/kirliliği parametrelerinin Spearman’rho korelasyon analizi

	ÇO	Tuzluluk	pH	Sıcaklık	Eİ	Demir	Kurşun	Bakır	Cıva	Nikel	Çinko
ÇO	1,000	-0,628**	-0,519**	-0,531**	-0,636**	0,330*	0,716**	0,440**	-0,785**	0,132	0,244
Tuzluluk	-0,628**	1,000	0,669**	0,635**	0,751**	-0,311*	-0,485**	-0,336**	0,792**	-0,057	-0,248
pH	-0,519**	0,669**	1,000	0,929**	0,831**	-0,613**	-0,094	0,184	0,663**	0,218	0,208
Sıcaklık	-0,531**	0,635**	0,929**	1,000	0,863**	-0,659**	-0,158	0,219	0,636**	0,288*	0,161
Eİ	-0,636**	0,751**	0,831**	0,863**	1,000	-0,578**	-0,289*	0,102	0,759**	0,125	0,211

Demir	0,330*	-0,311*	-0,613**	-0,659**	-0,578**	1,000	0,086	-0,303*	-0,452**	-0,283*	-0,345**
Kurşun	0,716**	-0,485**	-0,094	-0,158	-0,289*	0,086	1,000	0,722**	-0,616**	0,310*	0,477**
Bakır	0,440**	-0,336**	0,184	0,219	0,102	-0,303*	0,722**	1,000	-0,314*	0,419**	0,725**
Cıva	-0,785**	0,792**	0,663**	0,636**	0,759**	-0,452**	-0,616**	-0,314*	1,000	0,179	0,010
Nikel	0,132	-0,057	0,218	0,288*	0,125	-0,283*	0,310*	0,419**	0,179	1,000	0,526**
Çinko	0,244	-0,248	0,208	0,161	0,211	-0,345**	0,477**	0,725**	0,010	0,526**	1,000

SONUÇ

Su kirliliği, zararlı maddeler su kütlelerini kirlettiğinde, onları güvensiz hale getirdiğinde ve ekosistemlere zarar verdiğinde meydana gelir. Su Kirliliği Kaynakları iki gruba ayrılır: Nokta Kaynaklı Kirlilik ve Nokta Kaynaklı Olmayan Kirlilik. Nokta Kaynaklı Kirlilik, fabrikalar ve kanalizasyon arıtma tesisleri gibi doğrudan kirletici kaynaklar ile bağlantılıdır ve bu tesislerin atıklarını su havzasına boşaltması ile gelişir. Nokta Kaynaklı Olmayan Kirlilik, tarım, kentsel alanlar ve inşaat alanlarından gelen atıkların yağış vb kaynaklı akışlar ile su kaynağına ulaşmasından gelişir. Bu şekilde kirletici kaynak dolaylı yoldan su havzasını kirletebilir. Organik ve inorganik maddeler, tuzlar, mikroorganizmalar, deterjanlar, pestisitler, ağır metaller, askıda katı maddeler radyoaktivite, yağlar, petrol ürünleri ve ısı kirleticilerin en başında yer almaktadır. Akgöl göletinin üzerinde doğrudan mevsimsel olarak ölçülen parametreler ve ağır metal kirliliğinin derecesi birlikte değerlendirildiğinde göletin su kalitesi YSKY kıstaslarına göre I. Sınıf olarak tespit edilmiştir. Bu durum Akgöl Milli Parkı havzasının daha korunaklı yapıda olmasının ve noktasal kirleticilerin varlığının sınırlı olmasının bir sonucudur. Sonuç olarak, YSKY'ye göre gölet suyunun canlılar tarafından kullanılabilir olduğu, alabalık yetiştiriciliğine uygun olduğu ve rekreasyona faaliyetlere elverişli olduğu söylenebilir.

ETİK STANDARTLARA UYUM

a) Yazarların katkıları

E.M. ve N.E.: Çalışmayı tasarladı ve verileri yorumladı.

E.M. ve N.E.: Laboratuvar çalışmasını gerçekleştirdi.

E.M. ve N.E.: İstatistiksel verileri ve makaleyi hazırladı.

b) Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ettiler.

c) Hayvanların Refahına İlişkin Beyan

Bu çalışma hayvan araştırmalarını kapsamamaktadır.

d) İnsan Hakları Beyanı

Bu çalışma insan katılımcıları kapsamamaktadır.

e) Destekleyen kurum

Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü 10. Bölge Müdürlüğü Sinop İl Şube Müdürlüğü

f) Proje Numarası

12.02.2015 tarihli protokol antlaşması

g) Teşekkür

Bu çalışma Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü 10. Bölge Müdürlüğü Sinop İl Şube Müdürlüğü ile 12.02.2015 tarihinde imzalanan işbirliği protokolü çerçevesinde desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Adhikari, S., Yanuar, E. & Ng, D.-Q. (2022). Widespread nickel contamination in drinking water supplies of elementary schools in Taichung, Taiwan. *Water Environment And Recent Advances In Pollution Control Technologies*, 29, 12531-12539. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15137-1/Published>
- Begum, W., Rai, S., Banerjee, S., Bhattacharjee, S., Mondal, M. H., Bhattarai, A. & Saha, B. (2022). A comprehensive review on the sources, essentiality and toxicological profile of nickel. *RSC Advances*, 12(15), 9139-9153. <https://doi.org/10.1039/D2RA00378C>

- Daigger, G. T. (2009). Evolving Urban Water and Residuals Management Paradigms: Water Reclamation and Reuse, Decentralization, and Resource Recovery. *Water Environment Research*, 81(8), 809-823. <https://doi.org/10.2175/106143009x425898>
- De Groot, R. S., Wilson, M. A. & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393-408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Demir, T., Mutlu, E. & Gültepe, N. (2024). Bioaccumulation of heavy metals in Capoeta tinca fish and health risk assessment. *Revista Científica de la Facultad de Veterinaria*, 34(2). <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e34345>
- Emin Güzel, A. & Mutlu, E. (2023). Su Kalitesi Ve Kirliliğinin İyonik Bileşen İçeriği Tespiti İle Değerlendirilmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 8(4), 707-713. <https://doi.org/10.35229/jaes.1391913>
- Güzel, A. E. (2023). Karadere Baraj Göleti (Taşköprü-Kastamonu) su kalitesinin ve canlılar üzerine etkisinin belirlenmesinde sediment ve sitotoksik analiz kullanımı. İçinde Doktora Tezi. Kastamonu Üniversitesi. <https://hdl.handle.net/20.500.12597/18168>
- Hajkowicz, S. & Collins, K. (2007). A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. İçinde *Water Resources Management (C. 21, Sayı 9, ss. 1553-1566)*. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9112-5>
- Hu, F., Liu, J., Zhou, S. & Han, S. (2018). Research and exploration on rational utilization of urban water resources and environment. *Desalination and Water Treatment*, 122, 165-169. <https://doi.org/10.5004/dwt.2018.22710>
- İpek, G. G., Aras, S., Arslan, N. & Mutlu, E. (2024). Evaluation of Freshwater Water Quality with Indexes and GIS-Based: A Case Study, Güren Stream (Küre Mountains National Park, Western Black Sea Basin, Turkey). *Water Resources*, 51(3), 332-343. <https://doi.org/10.1134/S0097807823601437/TABLES/6>
- Kapluhan, E. (2023). Kuraklık ve Türkiye Tarımına Etkileri. www.iksadyayinevi.com
- Kosolapova, N. A., Matveeva, L. G., Nikitaeva, A. Y. & Molapisi, L. (2021). The Rational Use of Water Resources in the Strategy of Industry 4.0. *Water Resources Management*, 35(9), 3023-3041. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02889-1>
- Kutlu, B. & Mutlu, E. (2024). Evaluation of the Şerefiye (Zara-Sivas) Dam According to Water Quality Indexes. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10(2), 1-12. <https://doi.org/10.58626/menba.1479473>
- Lettenmaier, D. P. (1976). Detection of trends in water quality data from records with dependent observations. *Water Resources Research*, 12(5), 1037-1046. <https://doi.org/10.1029/WR012I005P01037>
- Meyerhoff, J., Klefoth, T. & Arlinghaus, R. (2019). The value artificial lake ecosystems provide to recreational anglers: Implications for management of biodiversity and outdoor recreation. *Journal of Environmental Management*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109580>
- Mutlu, E., Demir, T., Kutlu, B. & Yanık, T. (2013). Determination of Water Quality Parameters in Sivas - Kurugöl Lake (C. 1, Sayı 1). www.agrifoodscience.com
- Mutlu, E. & Emin Güzel, A. (2019). Gümüşsuyu Göleti (Erfelek - Sinop)'nin Bazı Fizikokimyasal Su Kalitesi Parametrelerinin Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7, 72-77. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7isp3.72-77.3220>
- Mutlu, E. & Emin Güzel, A. (2024). Tekirler Baraj Gölü (Nallıhan – Ankara)'Nün Su Kalitesi Parametreleri Üzerine Araştırma. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10(2), 105-114. <https://doi.org/10.58626/menba.1527460>
- Mutlu, E. & Paruğ, Ş. Ş. (2018). Dereköy Göleti'nin (Kilimli-Zonguldak) Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin İncelenmesi. *Research Article Menba Journal of Fisheries Faculty*, 4(2), 20-28.
- Mutlu, E., Tokatlı, C., İslam, A. R. M. T., İslam, M. S. & Muhammad, S. (2023). Water quality assessment of Şhriban stream (Kastamonu, Türkiye) from a multi-statistical perspective. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. <https://doi.org/10.1080/03067319.2023.2197114>
- Noori, R., Berndtsson, R., Hosseinzadeh, M., Adamowski, J. F. & Abyaneh, M. R. (2019). A critical review on the application of the National Sanitation Foundation Water Quality Index. *Environmental Pollution*, 244, 575-587. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2018.10.076>
- Pan, B., Han, X., Chen, Y., Wang, L. & Zheng, X. (2022). Determination of key parameters in water quality monitoring of the most sediment-laden Yellow River based on water quality index. *Process Safety and Environmental Protection*, 164, 249-259. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2022.05.067>
- Re-Ga. (2012). Yerüstü su kalitesi yönetmeliği. EK-5 (Değişik: RG-10/8/2016-29797) Yerüstü su kütlelerinde bazı parametreler için çevresel kalite standartları ve kullanım maksatları.(28483 mükerrer), 30, 2012.

- Sagan, V., Peterson, K. T., Maimaitijiang, M., Sidike, P., Sloan, J., Greeling, B. A., Maalouf, S. & Adams, C. (2020). Monitoring inland water quality using remote sensing: potential and limitations of spectral indices, bio-optical simulations, machine learning, and cloud computing. *Earth-Science Reviews*, 205, 103187. <https://doi.org/10.1016/J.EARSCIREV.2020.103187>
- Sönmezyıldız, E. & Çakmak, B. (2013). Eskişehir Beyazaltın köyü arazi toplulaştırma alanında sulama performansının değerlendirilmesi Assessment of irrigation performance in land consolidation area of Eskişehir Beyazaltın village (C. 26, Sayı 1). www.ziraatdergi.akdeniz.edu.tr
- Şimşek, A. & Mutlu, E. (2023). Assessment of the water quality of Bartın Kışla (Kozcağız) Dam by using geographical information system (GIS) and water quality indices (WQI). *Environmental Science and Pollution Research*, 30(20), 58796-58812. <https://doi.org/10.1007/S11356-023-26568-3/TABLES/3>
- Tokatlı, C., Mutlu, E., Ustaoglu, F., Islam, A. R. T. & Muhammad, S. (2024). Spatiotemporal variations, health risk assessment, and sources of potentially toxic elements in potamic water of the Anday Stream Basin (Türkiye), Black Sea Region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(5), 1-12. <https://doi.org/10.1007/S10661-024-12580-8/FIGURES/8>
- Yaman, H. & Uzbilek, M. (2020). Değirmen Deresinin (Kastamonu) Üzerindeki Alabalık İşletmelerinin Bentik Makroomurgasızlara Etkisi. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6(2), 74-85. <https://dergipark.org.tr/en/pub/menba/issue/58758/820942>
- Zhao, G., Ding, W., Tian, J., Liu, J., Gu, Y., Shi, S., Wang, R. & Sun, N. (2022). Spearman rank correlations analysis of the elemental, mineral concentrations, and mechanical parameters of the Lower Cambrian Niutitang shale: A case study in the Fenggang block, Northeast Guizhou Province, South China. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 208, 109550. <https://doi.org/10.1016/J.PETROL.2021.109550>