T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAYALIKÖY BARAJI (KIRKLARELİ) SİYANOBAKTERİ TÜRLERİ VE TOKSİSİTE POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÇAĞDAŞ AYKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: DOÇ. DR. BURAK ÖTERLER

EDİRNE-2023

Çağdaş AYKIN'ın hazırladığı "**Kayalıköy Barajı (Kırklareli) Siyanobakteri Türleri ve Toksisite Potansiyellerinin Araştırılması"** başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Biyoloji Anabilim Dalında bir Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Doç. Dr. Burak ÖTERLER	……
Prof. Dr. Hüseyin GÜHER	……
Dr.Öğr.Üyesi Engin ASAV	……

Tez Savunma Tarihi: 14/04/2023

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

(Doç. Dr. Burak ÖTERLER)
Tez Danışmanı ..……..

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof.Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

14/04/2023

Çağdaş AYKIN

Yüksek Lisans Tezi

Kayalıköy Barajı (Kırklareli) Siyanobakteri Türleri ve Toksisite Potansiyellerinin Araştırılması

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışma, Kırklareli ili Merkez ilçe sınırları içerisinde bulunan, Edirne ilinin içme suyunu karşılamanın yanı sıra sulama/taşkın koruma amacıyla da kullanılan Kayalıköy Baraj Gölü'nde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, siyanobakteriler tarafından üretilen mikrosistin varlığı, baraj gölünde bulunan siyanobakteri taksonları ve bu taksonların toksisite potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla baraj gölünde belirlenen derinliklerden (Yüzey, 3 m, 5 m, 10 m ve 20 m) Mart 2021-Ocak 2022 tarihlerinde aylık periyotlar halinde baraj gölünden vertikal olarak su ve plankton örnekleri alınmıştır. Alınan su örneklerinde mikrosistin analizleri yapılırken, suyun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri de belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmada, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında Mikrosistin varlığı düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Kayalıköy Baraj'ında toplam 19 siyanobakteri taksonu teşhis edilirken bu taksonlardan 14 tanesinin toksin üretme potansiyelinde olduğu tespit edilmiştir. Baraj gölünün su kalitesinin Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre değerlendirildiğinde, su kalitesinin parametrelere göre I.ve II. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Kayalıköy Baraj Gölü'nde ilkbahar aylarından itibaren siyanobakteri artışları tespit edilirken, ölçülen edilen mikrosistin miktarının, suyun kullanım alanlarını etkileyecek düzeyde olmadığı gözlenmiştir.

Yıl : 2023

Sayfa Sayısı : 83

Anahtar Kelimeler : Siyanobakteri, Toksisite, Kayalıköy barajı.

Master Thesis
Investigation of Species Composition and Toxicity Potential of Cyanobacteria in Kayalıköy Dam (Kırklareli)
Trakya University Institute of Science
Biology of Department

ABSTRACT

This study was carried out in Kayalıköy Dam Lake within the central district borders of Kırklareli which is used to supply drinking water need of Edirne province and for irrigation and flood control purposes. The presence of microcystin produced by Cyanobacteria, the cyanobacterial taxa present in the lake and their toxicity potentials were investigated.

For this purpose, vertical water and plankton samples were taken in the lake from various depths (surface, 3, 5, 10 and 20 meters) in a monthly manner from March 2021 to January 2022. The water samples were used for microcystin analysis and for determination of some physical and chemical water properties.

Microcystin was determined at low levels in August, September and October. A total of 19 Cyanobacteria taxa, of which 14 were with microcystin production potential were determined in the lake. The water quality of the lake was evaluation according to Surface Water Quality Guidelines and the water was assigned to I. and II. class quality. As a result, cyanobacteria presence in Kayalıköy Dam Lake showed and increase by spring months and the microcystin level measured in the lake was considered to not to intervene water use from the lake.

Year : 2023
Number of Pages : 83
Keywords : Cyanobacteria, Toxicity, Kayalıköy reservoir.

TEŞEKKÜR

Tüm tez çalışma sürecinde her zaman yardım eden, derin bilgisinden ve tecrübesinden faydalandığım, danışman hocam Doç. Dr. Burak ÖTERLER'e, laboratuar çalışmalarımı yaptığım ve öğrencisi olduğum Biyoloji Bölümü'ne, saha çalışmalarını destekleyen Trakya Üniversitesi, Su Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkez Müdürlüğü'ne, analiz desteği sağlayan Trakya Üniversitesi, Teknoloji Araştırma ve Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne, tez çalışmamda beni cesaretlendiren ve engin tecrübeleryle yol gösteren ve verdikleri desteklerden dolayı Devlet Su İşleri 11. Bölge Müdürlüğü'ndeki mesai arkadaşlarıma, değerli başmühendisim Yüksek Çevre Mühendisi Hilal YILDIZ AKBULUT'a, Yüksek Meteoroloji Mühendisi Mehmet Seren KORKMAZ'a, ve Meteoroloji Mühendisi Atilla TOPLAR'a teşekkür ederim. Beni bu günlere getiren ve bu zamanlara kadar beni yalnız bırakmayan ve hep destek olan aileme gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması Trakya Üniversitesi'nin Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2021/99 proje numarası ile maddi olarak desteklenmiştir. Maddi destekleri ile bu tezin gerçekleşmesine imkan sağlayan Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

DOĞRULUK BEYANI iii
ÖZET iv
ABSTRACT v
TEŞEKKÜR vi
İÇİNDEKİLER vii
SİMGELER VE KISALTMALAR ix
ŞEKİLLER DİZİNİ x
ÇİZELGELER DİZİNİ xi
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
BÖLÜM 2 4
GENEL BİLGİLER 4
2.1 Siyanobakteriler 4
2.2 Siyanobakterilerin Genel Özellikleri 6
2.2.1 Genel Özellikleri 6
2.2.2 Yaşam Ortamları 7
2.2.3 Siyanobakterilerin Su Kalitesi ile İlişkileri 7
2.2.4 Siyonobakterin Toksinleri 9
2.2.5 Siyonotoksin Toksisitesi ve Yapısı 11
2.2.5.1 Mikrosistinler 11
2.2.5.2 Anatoksinler 13
2.2.5.3 Silindrospermopsinler 13
2.2.5.4 Saksitoksinler 14
2.2.6 Siyanotoksinler İçin Yapılan Yasal Düzenlemeler 14

2.3. Kaynak Araştırması 16
BÖLÜM 3 18
MATERYAL VE YÖNTEM 18
3.1 Çalışma Yerinin Tanımı 18
3.2 Saha Çalışmaları 18
3.3 Laboratuvar Çalışmaları 20
BÖLÜM 4 21
BULGULAR 21
4.1 Kayalıköy Baraj Gölü Hidrolojik Yapısı 21
4.2 Su Kalitesi 23
4.3 Siyanobakterilerin Niceliksel ve Niteliksel Özellikleri 37
BÖLÜM 5 45
SONUÇLAR ve TARTIŞMA 45
KAYNAKLAR 64
ÖZGEÇMİŞ 72

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
°C	Derece Santigrat
µ	Mikron
µg L^{-1}	Mikrogram/Litre
µL	Mikrolitre
µS/cm	MikroSiemens/santimetre
‰	Binde
ADDA	3-amino-9-metoksi-2,6,8-trimetil-10-fenildeka-4,6-dienoik asit
ATX-a	Anatoksin
Ca	Kalsiyum
cc	Santimetreküp (Cubic Centimeter)
Chl	Klorofil
cm	Santimetre
CO_2	Karbondioksit
CYN	Cylindrospermopsin
DSİ	Devlet Su İşleri
EC	Elektriksel Kondüktivite
H	Hidrojen
hm^3	Hektometreküp
HPLC	High Performance Liquid Chromotography
km	Kilometre
km^2	Kilometrekare
L	Litre
LD 50	Lethal Dose (Öldürücü Doz)
m	Metre
m^3	Metreküp
MCYST	Mikrosistin
Mg	Magnezyum
mg/L	Miligram/Litre
mL	Mililitre
Mm	Milimetre
N	Azot
NO_2	Nitrit
NO_2-N	Nitrit Azotu
NO_3	Nitrat
NO_3-N	Nitrat Azotu
OH	Hidroksil
P	Fosfor
pH	Hidrojen İyonları Konsantrasyonu
ppb	µg çözünen/kg veya Litre Çözelti
ppm	Milyonda Bir
ppt	Binde Bir
PUFA	Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
RG	Resmî Gazete
TDS	Toplam Çözünmüş Katı Madde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Mikrosistin-LR'nin kimyasal yapısı (Dahlmann vd., 2003).....11
Şekil 3.1. Kayalıköy Barajı ve Örnekleme yapılan alan.....19
Şekil 3.2. Kayalıköy Baraj'ından kuşbakışı bir görüntü.....19
Şekil 4.1. Kayalıköy Barajı aylara göre değişen göl hacmi.....21
Şekil 4.2. Kayalıköy Barajı aylara göre değişen burharlaşma miktarı 22
Şekil 4.3. Kayalıköy Barajı'na aylara göre giren su miktarı.....23
Şekil 4.4. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde sıcaklık değişimi 23
Şekil 4.5. Örnekleme dönemindeki hava sıcaklığı değişimi.....24
Şekil 4.6. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde pH değişimi.....24
Şekil 4.7 Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Klorofil-*a* değişimi 25
Şekil 4.8. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Oksijen Çözünürlüğü değişimi .26
Şekil 4.9. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Tuzluluk değişimi 26
Şekil 4.10. .Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Elektriksel İletkenlik değişimi27
Şekil 4.11. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde TDS değişimi.....28
Şekil 4.12.Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Sodyum değerleri değişimi ...28
Şekil 4.13. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Magnezyum değerleri değişimi....29
Şekil 4.14. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Alüminyum değerleri değişimi30
Şekil 4.15. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Potasyum değerleri değişimi...30
Şekil 4.16. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Kalsiyum değerleri değişimi...31
Şekil 4.17. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Mangan değerleri değişimi ..32
Şekil 4.18. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Arsenik değerleri değişimi ...32
Şekil 4.19. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Kadmiyum değerleri değişimi 33
Şekil 4.20. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Klorür değerleri değişimi ..34
Şekil 4.21. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Nitrit değerleri değişimi34
Şekil 4.22 Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Nitrat değerleri değişimi 35
Şekil 4.23. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Fosfat değerleri değişimi.....36
Şekil 4.24. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Sülfat değerleri değişimi....36
Şekil 4.25. Seki Disk derinliği değerleri değişimi 37
Şekil 4.26. Kayalıköy Baraj Gölü'nde tespit edilen *Microcystis aeruginosa* türüne ait koloni çaplarındaki değişim grafiği. (Koloni çapı µm). 44
Şekil 4.27. Kayalıköy Baraj Gölü'nde tespit edilen *Microcystis wesenbergii* türüne ait koloni çaplarındaki değişim grafiği. (Koloni çapı µm). 44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Siyanotoksinler, Siyonotoksin üreten siyonobakterilerin türü ve siyonotoksinlerin etkiledikleri organlar (Chorus ve Bartram, 1999) 10

Çizelge 2.2. İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik'teki Siyonotoksin Parametreleri ve Su Kalite Standartları (RG, 06.07.2019, S. 30823) 15

Çizelge 4.1. Kayalıköy Baraj Gölü'nde teşhisi yapılan siyanobakteri taksonları ve mevsimsel dağılımları (iplik-koloni/L). 40

Çizelge 4.2. Kayalıköy Baraj Gölü'nde, tespit edilen mikrosistin değerleri (µg/L). 42

Çizelge 4.3. Kayalıköy Baraj Gölünde tespit edilen toksin üretme potansiyeli bulunan siyanobakteri taksonlarının olası toksisiteleri ve etki biçimleri. 42

Çizelge 4.4. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen pH değerleri 46

Çizelge 4.5. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen sıcaklık değerleri 47

Çizelge 4.6. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen tuzluluk değerleri 48

Çizelge 4.7. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri 49

Çizelge 4.8. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen çözünmüş oksijen değerleri 50

Çizelge 4.9. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen klorofil-*a* değerleri 51

Çizelge 4.10. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen TDS değerleri 52

Çizelge 4.11. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen Sodyum değerleri 53

Çizelge 4.12. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen magnezyum değerleri 53

Çizelge 4.13. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen alüminyum değerleri 54

Çizelge 4.14. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen potasyum değerleri 55

Çizelge 4.15. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen kalsiyum değerleri 55

Çizelge 4.16. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen mangan değerleri 56

Çizelge 4.17. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen klorür değerleri 57

Çizelge 4.18. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen nitrit değerleri 58

Çizelge 4.19. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen nitrat değerleri 59

Çizelge 4.20. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen fosfat değerleri 59

Çizelge 4.21. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen sülfat değerleri 60

Çizelge 4.22. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen seechi disk değerleri 60

Çizelge 4.23. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen mikrosistin değerleri 61

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Yaşadığımız dünyanın yakın geleceğinde nüfusunun yarısından fazlasının su yetersizliği ile karşılaşacağı bilinmektedir (Özkan, Alkaya & Demirer, 2008). Su insanların yanı sıra diğer tüm canlıların hayatsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için temel kaynakların başında gelmektedir. Nüfusun hızlı artışı, teknolojinin, sanayinin ve tarımın devamlı ilerlemesi neticesinde dünyanın kirliliği sürekli artış göstermekte ve bunun yanında çevre bilincinin yeterince artmaması global ölçekte dünyadaki sucul ekosistemlerin gitgide kirlenmesi, azalması ve yok olmasına sebep olmaktadır (Çiçek, Uysal, Köse, & Tokatlı,2017).

Türkiye'de yıllık ortalama yağışla gelen su miktarı 501 milyar m^3 suya eşdeğerdir. Pınarların ve yerüstü sularının birleşmesiyle de 193 milyar m^3'lük bir brüt yerüstü su potansiyeli varken, yeraltı su kaynaklarına beslenen 41 milyar m^3'lük suyun da eklenmesiyle, yenilenebilir toplam su potansiyeli 234 milyar m^3 olarak hesaplanmıştır. Yeraltı suyu potansiyeli de 14 milyar m^3 olarak belirlendiğinde, ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli, yılda 112 milyar m^3 olarak hesaplanmaktadır. Ancak bu miktarın sadece 44 milyar m^3'ü kullanılmakta ve geri kalanı henüz kullanıma açık değildir (DSI, 2015).

Son zamanlarda ülkemizdeki hızlı kentleşme ve sanayileşme, su ihtiyacını artırmakta ve bu ihtiyacı karşılamak için doğal su kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Ancak, çevre kirliliği nedeniyle su kaynaklarının kalitesi de önemli hale gelmiştir. Su kaynaklarının konum ve zamandaki değişiminin anlaşılması, su kalitesini gösteren verilerin toplanması ve sürekli olarak gözlenmesi, su kaynaklarının doğru bir şekilde kullanılmasını ve kirlenmeden korunmasını sağlamaya yardımcı olacaktır (Durhasan, 2006).

Atık maddeler sucul ekosistemlere doğrudan veya dolaylı olarak ulaşabilir. Atık maddelerin sucul ekosistemlere erişimiyle suyun kalitesinde bozulmalar meydana gelmekte ve

en sonunda da suda kirlilik kendini göstermektedir (Arat, 2014). Şehirleşme, tarımın artması ve endüstriyel faaliyetlerin artması sonucu ortaya çıkan organik-inorganik maddeler, ağır metaller, tarımsal gübreler ve diğer atıklar yeterince arıtma yapılmadan deşarj edilerek alıcı ortamlara salınmaktadır ve en sonunda; ötrofikasyon, hipoksia, artan toksisite, biyolojik birikme ve patojen bakterilerin üremesine ve gelişmesine sebebiyet vermektedir (Nogales ve ark., 2011).

Dünya genelinde yaygın bir şekilde bulunan siyanobakteriler (Mavi-yeşil alg); tatlı su, tuzlu su ve denizel planktonun önemli bir parçasıdır. Bu organizmalar, toprakta ve kayaların üzerinde bulunmasının yanı sıra bitkilerle ve mantarlarla da simbiyotik bir şekilde yaşayabilirler (Ballot, 2004). Mavi-yeşil algler, prokaryotik organizmalar olarak adlandırılan ve gerçek çekirdek ve plastidlere sahip olmayan canlılardır. Hücrelerinde dağınık halde bulunan DNA ve pigment maddeleri, çekirdek zarlarına sahip olmamalarından dolayı sitoplazmada yer alır. Bu organizmaların pigment maddeleri, klorofil a ve c, fikosiyanin, ß+k karotenoidler ve ksantofilleri içerebilmektedir. Fikosiyanin ve diğer pigmentlerin bir arada olması nedeniyle mavi-yeşil renk tonu görülür. Hücre çeperleri selüloz ve pektinden yapılmıştır. Nişasta yerine yedek besin olarak glikojen, siyanofisin ve volitini kullanırlar (Cirik ve Gökpınar, 1993).

Çevresel faktörler siyanobakterilerin üremelerini belli bir sınırda tutar ve özellikle yaz ve sonbahar başlarında bulundukları ortam optimum koşullara geldiğinde, bu organizmalarda sayıca artış olur. Sucul ekosistemlerde, çevresel koşullar uygunsa, suyun içerdiği besin miktarı da belirli bir yoğunluğu geçtiğinde ötrofikasyon ortaya çıkabilir. Algal bloom (Alg çoğalmaları), suyun kokusunu, rengini ve ekolojik dengesini bozabilen ve ötrofikasyona sebep biyolojik öncülerdendir. Bundan dolayı, dipte oksijenin azalması bu ortamda yaşayan organizmalara zarar teşkil edecektir. Siyanobakterin bazı cinsleri farklı farklı zehirli maddeler üretmektedir. İnsan ve hayvan hayatını riske atan bu zehirli maddeler, hastalığa hatta ölüme sebebiyet verir ve etrafına hasar da bırakabilmektedir. Siyanobakterilerin miktarı belli bir eşiği geçtiğinde bu zehirli maddelerin, aktif hale geçtiklerini göstermiştir. Siyanobakterilerin ekonomik ve ekolojik açıdan önemine karşın insan sağlığı açısından risk oluşturması siyanobakteri araştırmalarını daha da çalışmaya değer göstermektedir. Bu organizmalar, hayatımız için bu kadar değerli olmasının yanı sıra, insan, hayvan ve çevre sağlığı açısından da tehlike kaynağı oluşturabilirler. Endüstrileşme, tarım uygulamaları ve insan aktiviteleri tarafından artan atıklar sonucu, dünyadaki su kaynaklarının çoğunda ötrofikasyon olayı görülmeye başlanmıştır. Ötrofikasyon, suda aşırı nutrient bulunması sonucu ortaya çıkar ve bu da alglerin ve siyanobakterilerin üremesini arttırır. Toksik siyanobakteriler en iyi ortam koşulları sağlandığında, su ekosistemlerindeki artan nutrient yükü, durgun su koşuları, güneş ışığı fazlalığı ve iklim değişikliği gibi faktörlerle birlikte, patlayıcı

bir şekilde çoğalabilirler. Bunun yanında çoğalan siyanobakteriler, bulundukları ortama toksik siyanotoksinler salar. Aşırı üreyen siyanobakteriler, sudaki çözünmüş oksijen miktarını azaltır ve sonuç olarak, balıklar ve diğer sucul organizmalarda büyük ölüm oranları oluşur. Bu suyu içme suyu olarak kullanan hayvanlar ve insanlar da akut ve kronik sağlık problemleri (karaciğer ve böbrek hasarı gibi) görülebilir (Hooser vd., 1990; Chorus ve Bartram, 1999).

Anabaena, Microcystis, Oscillatoria (*Phormodium* ve *Planktothrix*), ve *Nodularia* gibi türler, siklik peptit ve nörotoksik alkaloid olarak bilinen toksinlerin üretimiyle ilişkilendirilen siyanobakteriler arasındadır (Nicholson ve Burch, 2001). Bu toksinler, vahşi ya da evcil fark etmeksizin hayvanların ölümlerine sebebiyet vermektedir (Codd, 1995). Hepatotoksinler ve nörotoksinler, en yaygın siyanobakteri toksinlerinin neden olduğu zehirlenme etkenleridir ve yapılan toksin analizlerinde en sık tespit edilen mikrosistin-LR'dir (Jochimsen vd., 1998). Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2004), içme suyunun içilebilirlik seviyesini mikrosistinler için 1 μg/L olarak belirlemiştir (Falconer, 1998). Siyanotoksinlerden kaynaklanan zehirlenme vakaları, içme suları ve diğer su kaynaklarının düzenli bir şekilde izlenmesini gerekli kılar (Batu, 2007).

Türkiye'nin kuzeybatı bölümünde yer alan Trakya Bölgesi, Avrupa kıtasında bulunmaktadır. Bugüne kadar bölgede bulunan birçok sucul ekosistemlerde bilimsel çalışmalar yapılmış olsa da Trakya'da toksin üretme potansiyeline sahip türlerin belirlenmesi ile ilgili kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılacak olan bu tez çalışmasıyla, Kayalıköy Baraj Gölü'ndeki siyanobakteri türleri, bir takım siyanobakterinin aracılığıyla ortama salınan siyonotoksinin hem miktarının hem de vertikal dağılışının tespit edilmesi, bu türlerin yaşadığı çevresel ekosistemleri etkileyen çevresel faktörlerin yanında Edirne ve Kırklareli illerinin içme ve kullanma suyunu karşılayan Kayalıköy Barajı'nın siyonotoksin potansiyelinin gözlenmesi, sürdürülebilirliğinin devam ettirilmesi için tavsiyelerin verilmesi hedeflenmiştir.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1 Siyanobakteriler

Siyanobakteriler, dünya genelinde dağılım gösteren en eski fotosentetik organizmalar olarak bilinmektedir (Brock, 1973). Aynı zamanda, sucul ekosistemin temel üreticileri arasında yer alırlar ve yüksek besin değerleri ile tanınırlar (Tiffany, 1958). Siyanobakteriler, dünya tarihinde de önemli bir yere sahiptir. 3,5 milyar yıl öncesine ait fosil kayıtlarına göre, dünya üzerindeki en eski fotosentetik organizmalar arasında yer alırlar (Bryant, 1994). Aşağı yukarı 1 milyar yıl boyunca, atmosferdeki oksijenin üretme görevinin bu canlılarca gerçekleştirildiğine inanılmaktadır. Bu nedenle, dünya atmosferinin oksijensiz halden oksijenli hale geçmesinde önemli bir rol oynadıkları düşünülmektedir (Rothschild ve Mancinelli, 1990; Collerson ve Kamber, 1999). Oksijen üretimi ayrıca ozon tabakasının oluşumuna da katkıda bulunur ve böylece ultraviyole ışınlarının bloke edilmesini sağlar. Siyanobakterilerin uzun süreli varlığı, sıcak kaynaklardan soğuk Antarktik göllere kadar çeşitli habitatlarda yayılmalarını sağlamıştır. Bu özellikleriyle siyanobakteriler, dünya ekosistemi için çok önemli bir role sahiptirler.

Siyanobakteriler mikroskobik boyutta ve tek hücrelidir ya da filamentlidir. Etrafı zarla çevrili organelleri ve gerçek diyebileceğimiz bir çekirdekleri olmadığından prokaryotik canlılar olarak kabul edilir. Bu nedenle, "bakteri" olarak sınıflandırılırlar, ancak fotosentetik olmaları sebebiyle çoğu zaman "alg" olarak da adlandırılırlar. Hücre duvarları, Gram (-) bakterilerin hücre duvarına benzer özellikler gösterir ve az miktarda peptidoglikan içerirler. (Fay ve Van Baalen, 1987; Bryant, 1994). Siyanobakteriler Klorofil a içermelerine rağmen zarla çevrili organellerinin olmamasından dolayı prokaryotik hücre yapısına sahiptir. Bu özellikleri onları diğer ökaryotik alglerden ayırır (Ulcay ve Kurt, 2017). Siyanobakterilerin büyük bir bölümü aerobik fotoototrof

olarak yaşar ve hayatları boyunca sadece su, karbondioksit ve inorganik maddelere gereksinim duyarlar. Bununla birlikte, bazı türler tamamen karanlık doğal ortamlarda uzun süreler boyunca hayatta kalabilir ve heterotrof beslenme yeteneklerine de sahiptirler (Fay, 1965).

Siyanobakterilerin çoğalmalarını genellikle eşeysiz yollarla gerçekleştirirler. Filamentli formlarda üreme, trikomun parçalanması veya özel bir segment olan hormogonianın biçim almasıyla olur. Hormogonia, üreme işlevine yardımcı olan trikomun da özel bir segmenttir. Bu özellikleri, siyanobakterilerin diğer organizmalardan farklı bir şekilde üretiklerini gösterir. (Van Baalen ve Fay, 1987; Bryant, 1994)

Siyanobakterilerin stoplazmalarında bulunan tilakoidlerde fotosentetik pigmentler yer alır. Klorofil-a ve fikobilinler siyanobakterilerdeki temel pigmentlerdir. Fikobilinlerin bir grubu olan fikosiyanin, mavi renkli bir pigmenttir ve siyonobakterilerin mavi-yeşil bir renk edinimi yeşil renge sahip pigmentlerden klorofil ile birleşmesiyle meydana gelir (Chorus, 2001).

Diğer alg türlerine kıyasla, siyanobakteriler bazı avantajlara sahiptir. Bunların başında, siyanobakteriler kendi ihtiyaçları için gerekli olan besin maddelerini ve metabolitleri sitoplazmalarında depolama konusunda diğer alg türlerine göre daha başarılıdır. Siyonobakteriler kullanılabilir azot kaynağı yokluğunda azotlu hücre bileşenlerinin sentezini durdurarak, fotosentezin birincil ürünleri olan glikojen ve lipidlerin sentezine ve depolanmasına yönelirler. Bu özellikleri siyanobakterilerin zorlu çevresel koşullarda hayatta kalmalarına ve büyümelerine yardımcı olur (Fay ve Van Baalen, 1987).

Siyanobakteriler, azot fiksasyonu yoluyla en basit besinlerden biri olan amonyumu üreten temel bir metabolik süreç gerçekleştirirler. Bu süreçte, nitrojenaz enzimini kullanarak azotu gıda zincirine girebildiği form olan amonyuma dönüştürürler. Güneş enerjisiyle metabolik ve biyosentetik süreçlerini sürdürürken, büyümeleri için karbondioksit, su ve mineral elementlerin yanı sıra azota da ihtiyaç duyarlar. Azot fikse eden siyanobakteriler, filamentli ve heterosist içeren cinslerde yaygındır (*Nostoc*, *Anabaena* gibi) ancak heterosisti olmayan siyanobakteriler (örneğin, *Trichodesmium*) arasında da azot fiksasyonu gerçekleştiren türler vardır. Azotun diğer besinlerden daha sınırlı olduğu koşullarda, azot fikse eden siyanobakteriler aşırı üreme avantajı kazanabilirler (Chorus, 2001).

Fazla çoğalan siyanobakterilerin bazılarında bulunan diğer bir avantaj, akinet adı verilen yapılarıdır. Akinetler, zorlu çevre koşullarına karşı dayanıklı olmak ve uygun şartlar sağlandığında yeni hücrelere dönüşebilmek için bir araç olarak kullanılır. Kalın bir zarfı olan akinetler, sıcak ve kuru koşullara dayanıklıdır. Akinetler, çevre koşullarının elverişsiz olduğu dönemlerde dinlenme hücresi olarak işlev görürler. Bu özellikleri sayesinde akinetleri bulunan

siyanobakteriler, zorlu çevre koşullarına dayanabilir ve ortam koşulları düzeldiğinde yeniden gelişim göstererek hayatta kalabilirler (Chorus ve Bartram, 1999).

Siyanobakterilerin gelişmelerini fosfat ve nitrat kontrol altında tutar. Tatlı sularda fosfatla kıyasladığımızda çok sayıda çözünen azot formu ile bu canlıların atmosferik azotu sabitleme yeteneğine sahip olması sebebiyle, fosfor konsantrasyonu siyanobakteri gelişmesi için en kısıtlayıcı etmen kabul edilmektedir Siyonobakterileri gelişimlerini etkileyen diğer parametreler ise ışığın kararlılığı, su sıcaklığı ve stabilitesidir. Popülasyon sıklığı ise çevresel şartlara bağlı olarak gelişmektedir. Fosfat düzeyi düşük olan ortamlarda, hücrelerinde fosfat depolaması fazlaca gelişmiştir. Bunun yanında kaldırma kuvveti ve havadaki serbest bulunan azotu tutabilmeleri sebebiyle su ekosistemlerindeki diğer ökaryotik alglerin önünde yer almaktadırlar (Özen, 2020).

Siyanobakterilerin çoğu, sitoplazmada yer alan silindirik yapılarına sahip gaz vakuolleri içerir. Bu gaz kofulları, bu organizmalara yüzme yeteneğini sağlar. Planktonik türler, bu özellik sayesinde dikey su sütununda pozisyonlarını ayarlayarak büyüme ve hayatta kalma açısından en uygun ortamı bulabilirler. Siyanobakteriler; fotik, termal, kimyasal ve yerçekimsel uyarıcılardan yararlanarak uygun ortamı belirlerler. Örneğin, ışık azaldığında ve büyüme oranı yavaşladığında, gaz vakuolları artar ve hücreleri yüzeye çıkararak daha fazla ışık almasını sağlar. Bu özellik, diğer fitoplanktonik organizmalara karşı rekabet avantajı sağlar (Walsby, 1987).

2.2 Siyanobakterilerin Genel Özellikleri

2.2.1 Genel Özellikleri

Siyonobakterilerin ilk önce Kambriyen Devri'nde ortaya çıktıkları varsayılmaktadır. Tek hücreli veya koloni olarak gözüken bazı türleri trikom (ipliksi yapıda) olan mavi-yeşil renkli alglerdir. İpliği meydana getiren algler arasında iş bölümü ve organizasyon bulunmaktadır. Bazı hücrelerde gerçek dallanmanın yanısıra yalancı dallanma da görülmektedir. Hücre çeperleri 3 tabakadan oluşur. İlk tabaka selüloz ve kısmen hemiselülozdan oluşmuştur. İlk tabakanın üzerinde bulunan 2. tabaka, pektik maddelerden meydana gelmiştir. 2. tabakanın üstünde ise çoğunlukla bitki üstünde parazitlerin geçmesini engelleyen ve çok kurak durumlarda algin kurumamasını sağlayan bir müsilaj tabakası bulunmaktadır (Chorus, 2001).

Bu sınıftaki algler prokaryot oldukları için sitoplazmalarında iki bölge ayırt edicidir. Hücrenin renksiz olan orta bölümü sentroplazma olarak adlandırılır. Bu bölüm neredeyse nukleus eşdeğeri DNA'nın ince fibrillerini içinde barındırır. DNA fibrilleri hücrenin orta

bölümünde yoğun olarak bulunabileceği gibi her yana dağılmışta olabilir. Kromotoplazma ise renkli olup, sentroplazmayı çevreler ama net bir sınırla ayrılmamıştır. Bu bölüm RNA ve asimilasyon pigmentlerini içerir. Hücrede zarla çevrili organel bulunmaz ve mavi-yeşil alglerde fotosentetik lameller (thyllacoid = tillakoid) genellikle hücrenin içine dağınık halde bulunur. Sentroplazmanın kimyasal yapısına baktığımızda ise DNA'dan meydana gelen çubuk, ağ veya iplik şeklinde elementlerden oluşur. Bunların tamamı birden çekirdeğe denktir ve kromatin aygıtı olarak adlandırılır. Renk pigmentleri olan Klorofillerden yalnızca klorofil-a bulunur. Karotinoidlerden flavisin, E-karoten ve β-karoten bulunur. Ksantofillerden ise çoğunlukla tüm çeşitleri ve lutein bulunur. Fikobilinlerden ise C-fukosiyanin ile allofukosiyanini bulundurur. Siyanobakterilerin rengi genellikle sarı kahverengi, mavimsi yeşil ya da zeytin yeşilidir. Fikosiyanin mavi-yeşil rengi vermektedir. Fikoeritin ise az miktarda bulunur. Siyonobakterilerin bazı fotosentez ürünleri bulunmaktadır. Bunlar kromoplazma içinde bulunan besin depo maddeleri olan glikojen, proteinlerden volutin ve siyanofisindir. Bazı siyonobakteri türlerinde ayrıca yağ ve lipidler de bulunur. Azot ise mavi-yeşil alglerin kuru ağırlığının %8'ini oluşturmaktadır (Chorus, 2001).

2.2.2 Yaşam Ortamları

Mavi-yeşil algler habitatın her yerinde bulunabilirler ve yeryüzünün bütün alanlarında yayılım gösterirler. Su sıcaklıklarının 70-80^{0}C olduğu yerlerde yaşayan termofillerin yanı sıra, Arktik alanlarda olup buzulların arasında yaşayan bazı türleri de mevcuttur. Deniz suları, tatlı sular, acı sular, duvar dipleri, nemli kayalar, nemli topraklar, ağaç kabuklarının üzerinde, saksı kenarlarında, vs. mevcut olabilirler. Bazı türleri planktonik bazı türler ise bentik olup; göl, gölcük suları, akarsu ve bataklık alanlarda bulunurlar. Uygun mevsim ve koşullarda planktonik türlerin birçoğu aşırı bir şekilde çoğalarak ortama saldıkları toksinlerle, balıkların ve suda yaşayan diğer canlıların da ölümüne neden olabilirler. Toprak yüzeyinde ve toprak yüzeyinin altında diyatomelerden sonra algler en çok miktarda bulunurlar.

2.2.3 Siyanobakterilerin Su Kalitesi ile İlişkileri

Aşırı alg çoğalması (algal bloom), mavi-yeşil alglerin sularda aşırı miktarda artması sonucu meydana gelir. Bu biyolojik aktivitelerin artması, özellikle suyun tadı ve kokusu gibi değişikliklere neden olabilir ve su filtrelerinin zamanla tıkalı olmasına yol açabilir. Alg artışı

sonucu ortaya çıkan ötrofikasyon, yüzey sularında suyun içme suyu olarak kullanımını sınırlayarak, insan sağlığı ve su kalitesi yönünden tehlikeli bir hale sokabilir. Yüksek düzeyde azot ve fosfat bulunan ötrofik göllerde, siyanobakterilerin daha sık görüldüğü bilinmektedir çünkü bu alg türleri bu besin maddelerine ihtiyaç duyarlar (Köker, 2009).

Siyanobakteriler derin su tabakalarında vertikal dağılımlarını, sentezledikleri karbonhidratlar ve gaz keselerini kullanarak pozisyonlarını ayarlayabilirler. Siyanobakteriler, yüzey sularında birikimlere neden olabilen organizmalardır ve genellikle gaz keseleri sayesinde yüzebilmektedirler. Gaz keselerinin sayısı, ışık yoğunluğundaki değişikliklere bağlı olarak artar ya da azalır ve bu da siyanobakterilerin su yüzeyinde birikmesine neden olabilir (Pitois vd., 2000).

Siyonobakteriyel patlamalar yüksek yoğunluklara ulaştığında sudaki oksijen miktarını azaltarak, aerobik canlıların ölümüne sebep olabilir. Siyanobakteriyel patlamalara neden olan türler genellikle *Planktothrix*, *Anabaena*, *Microcystis* ve *Aphanizomenon* gibi gaz keseleri bulunan türlerdir. Ayrıca koloni oluşturma yeteneğine sahip picocyanobacteria türleri (örneğin, *Merismopedia, Snowella* gibi) ve tek hücreli olan (*Synechococcus* gibi) tatlı sularda sıklıkla bulunur (Callieri ve Stockner, 2002).

Siyanobakterilerden toksin olan türlerinin aşırı üremesi, optimum koşulların sağlandığı durgun su kütlesinde gerçekleşebilir. Bunu takiben siyanobakteriler bulundukları yere yüksek miktarda siyanotoksin verebilirler. Siyanotoksinler genellikle siyanobakterilerin içinde kalır ve hücre bütünlüğü korunduğu sürece çevreye salınmazlar. Ancak hücreler bozunmaya başladığında bütünlüklerini kaybeder ve böylece toksinler ortama yayılır. Siyanobakterilerin fazla miktarda çoğalması sucul organizmalarda toplu ölümlere neden olabilir çünkü sudaki çözünmüş oksijen miktarı azalır. (İspirli, 2009).

Mavi-yeşil alg artışları, genellikle su kaynaklarında artan besin yükü nedeniyle meydana gelir ve bu nedenle ötrofikasyonun bir sonucu olarak kabul edilir. Ancak bazı araştırmalar, mavi-yeşil alglerin oligotrofik göllerde de baskın olabileceğini göstermektedir. Türkiye'deki bazı göllerde yapılan çalışmalar oligotrofik göllerde de *Microcystis sp*. gibi türlerin aşırı çoğalmasının mümkün olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle, mavi-yeşil alg artışlarının sadece besin açısından zengin göllerde değil, farklı trofik seviyelerdeki göllerde de olabildiği görülmüştür. Türkiye'deki göller incelendiğinde, besin açısından zengin olan ve sığ olan göllerin genellikle *Microcystis sp*. gibi türlerin aşırı çoğaldığı göller olduğu görülür (Akçaalan, 2004).

Sıcaklık ve pH miktarı gibi çevresel faktörler, mavi-yeşil alg patlamalarının toksin miktarı üzerinde önemli etkilere sahiptir. Yapılan araştırmalar, su sıcaklığının artmasıyla birlikte toksin miktarının arttığını göstermektedir. Benzer şekilde pH seviyesindeki artışların da toksin

miktarını artırdığı bilinmektedir. Bu nedenle alkali ortam koşullarında çok sık siyanobakteri patlamaları meydana gelmektedir (Idroos ve Manage, 2014).

Siyanobakterilerin maksimum büyüme oranına sahip olduğu sıcaklık 25ºC'nin üzerindedir ve bu yüzden bu bakteriler yaz mevsiminde, sıcaklığın ve ışık yoğunluğunun artması nedeniyle ılıman ve kuzey su kütlelerinde en yoğun şekilde çoğalırlar. Diatomlar ve yeşil algler, mavi-yeşil alglerden farklı olarak daha düşük sıcaklıklarda gelişebilirler. Siyanobakteri patlamaları genellikle sıcaklığın 15-30°C arasında ve suyun pH değerinin 6-9 aralığında olduğu yaz sonu veya sonbahar başlangıcında meydana gelir. Bu patlamalar ötrofik veya hiperötrofik su kütlelerinde daha sıklıkla görülmektedir (WHO, 2004).

2.2.4 Siyonobakterin Toksinleri

Siyanobakterilerin çoğalması ve toksin üretimi çevresel faktörlere bağlıdır. Özellikle yaz sonlarına doğru siyanobakterilerin ölmesi ve çökmesi sonucunda suyun alt tabakalarında oksijen seviyeleri düşer ve suda çürüme süreci başlar. Bu süreçte hidrojen sülfür, metan gazı ve amonyak gibi zararlı bileşikler oluşabilir. Bu bileşikler hem su kalitesini bozar hem de diğer canlıları olumsuz etkiler. Ötrofikasyon, siyanobakterilerin toksin üretmesine de neden olabilir. Siyanotoksinler, siyanobakterilerin canlı dokularında birikerek toksik etki oluşturan sekonder metabolit yapıdaki ürünlerdir ve düşük veya yüksek konsantrasyonlarda diğer hücreler, dokular veya organizmalar için zararlı olabilirler.

Siyanotoksinler, doğal olarak siyanobakteriler tarafından üretilen ve diğer doğal toksinlerden kimyasal ve toksikolojik açıdan farklı olan bir grup toksindir. Bu toksinler sucul ortamlarda üretilse de, karasal memeliler için daha zararlıdır. Siyanotoksin üreten bazı türler arasında *Planktothrix agardhii, Cylindrospermopsis raciborskii, Microcystis sp., Planktothrix rubescens, Anabaena sp., Gleotricha sp., Schizothrix sp., Aphanizomenon sp., Oscillatoria sp. Synechocystis sp., Hapalosiphon sp., Nostoc sp., Anabaenopsis sp., Nodularia sp.* gibi siyonobakteri türleri bulunmaktadır. Siyanotoksinler genellikle siyanobakteri hücrelerinin içinde bulunur ve hücreler ölüp parçalandığında veya stres altında serbest kalırlar. Toksinlere maruz kalma genellikle hayvanların tam bir siyanobakteri hücresini yedikleri zaman gerçekleşir (Chorus ve Bartram, 1999).

Araştırmalar siyanobakterilerin bazı türlerinin toksik özellik gösterirken bazılarının ise toksik olmadığını ortaya koymuştur. (Davis ve ark., 2009). Bununla birlikte, toksin üretimi genetik faktörlerin yanı sıra çevresel faktörlerden de etkilenmektedir. Ancak genetik olarak toksin üretme kapasitesine sahip türlerde bile her zaman toksin üretimi gerçekleşmeyebilir.

Ayrıca toksin üretimi gösteren veya göstermeyen türler, bir ekosistemden diğerine farklılık gösterebilir (Briand ve ark., 2008). Hücre büyümesi oranı toksin üretimi miktarını etkilerken, aynı zamanda sıcaklık, pH ve besin yoğunluğu gibi çevresel faktörler de toksin üretiminde rol oynar (Kaebernick ve Neilan 2001; Makowski ve Wardas, 2001).

Siyanotoksinlerin kimyasal yapılarına göre siklik peptidler, nörotoksik alkaloidler ve lipopolisakkaritler olmak üzere üç ana gruba ayrıldığı ve siklik peptitlerin diğer gruplara göre daha yüksek toksisiteye sahip olduğu bilinmektedir. (Dos Anjos vd., 2006).

Çizelge 2.1. Siyanotoksinler, Siyonotoksin üreten siyonobakterilerin türü ve siyonotoksinlerin etkiledikleri organlar (Chorus ve Bartram, 1999)

Toksinin Grubu	**Memelilerin hedefindeki primer organ**	**Siyanobakterinin Türü**
Siklik peptidler		
Mikrosistin	Karaciğer	*Microcystis, Cylindrospermopsis, Anabaena, Oscillatoria, Coelosphaerium, Hapalosiphon, Nostoc*
Nodularin	Karaciğer	*Nodularia*
Alkaloidler		
Anatoksin-a	Sinaps	*Oscillatoria, Anabaena*
Anatoksin-a(S)	Sinaps	*Anabaena*
Apilisiyatoksin	Deri	*Oscillatoria, Lyngbya, Schizothrix*
Cylindrospermopsin	Karaciğer	*Aphanizomenon, Cylindrospermopsis, Umezakia*
Lingbiyatoksin-a	Gastrointestinal sistem ve Deri	*Lyngbya*
Saksitoksin	Nöron aksonu	*Lyngbya, Anabaena, Aphanizomenon*
Lipopolisakkaridler	Deride kaşıntı ve kızarıklık	Tümü

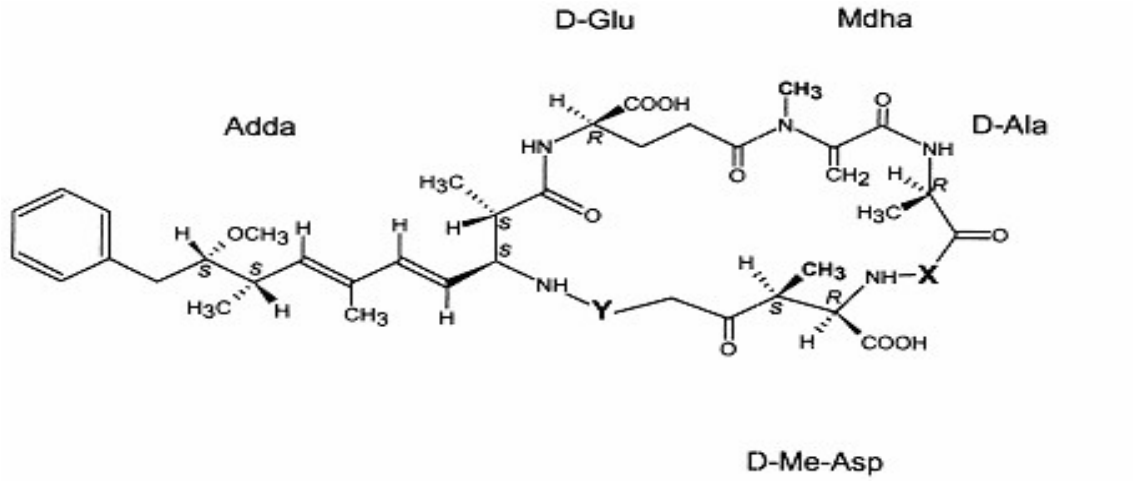
Siyanotoksinlerin doğal fonksiyonları ve ekolojik rolleri tam olarak anlaşılamamış olsa da siyanotoksinlerin siyanobakterilerin savunma mekanizmaları olduğu ve diğer organizmaların büyümesini engellemek veya avcıları caydırmak için üretildiği düşünülmektedir. Örneğin

mikrosistinlerin, hücre içi ve hücre dışı fonksiyonlar için üretildiği ve zooplankton otlamasını azaltarak anti-herbivor bileşikleri olarak koruma sağlayabileceği, hücre-hücre etkileşimleri veya allelopatik etkileşimler gibi farklı mekanizmalarla çalışabileceği belirtilmektedir. Ayrıca mikrosistinlerin demir iyon dengesi ve ışığın tutulmasının düzenlenmesi gibi hücre içi fonksiyonları da olabilir (Kaebernick ve Neilan, 2001)

2.2.5 Siyonotoksin Toksisitesi ve Yapısı

2.2.5.1 Mikrosistinler

Mikrosistinler, öncelikle *Microcystis aeruginosa*'dan elde edilen ve dünya çapında yaygın olan bir hepatotoksin grubudur (Ueno vd., 1998). Bu toksinlerin yapıları monosiklik heptapeptidlerdir ve D-alanin 1 pozisyonunda, γ-bağlı D-glutamik asit 6 pozisyonunda, 2 ve 4 pozisyonlarında iki değişken L-amino asitler, β-bağlı D-erythro-β-metilaspartik asit (MeAsp) 3 pozisyonunda, 3-amino-9-metoksi-2,6,8-trimetil-10-fenildeka-4,6-dienoik asit (ADDA) 5 pozisyonunda ve N-metil dehidroalanin (MDha) 7 pozisyonunda bulunur (Şekil 2.1.). Son yıllarda yapılan çalışmalar, MC'lerin (Mikrosistin) yapılarındaki amino asitlerdeki farklı varyasyonlara bağlı olarak yaklaşık 250 farklı varyantının tanımlandığını göstermiştir (Spoof ve Catherine 2017).



Şekil 2.1. Mikrosistin-LR'nin kimyasal yapısı (Dahlmann vd., 2003)

Bu varyantla arasında en çok bilinenler mikrosistin-LR, mikrosistin-YR gibi siyanotoksinlerdir. Bu yapısal varyasyonlar, 2 ve 4 pozisyonlarındaki L-aminoasitlerin

çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır (Chorus ve Bartram, 1999). Mikrosistin-LR, araştırmalarda en geniş şekilde incelenen mikrosistinlerden biridir.

Mikrosistin üretimi, araştırmalara göre stres altında veya ortamda fosfor, azot, demir ve çinkonun sınırlı olduğu durumlarda gerçekleşebilir ve bazı durumlarda genetik faktörlere bağlıdır (Lukač ve Aegerter, 1993). Mikrosistinler, hücreler yaşlandığında veya öldüğünde salınabilir ve bu salınım pasif bir şekilde hücre içeriğinden dışarı sızabilir (Carmichael vd., 1993). *Microcystis aeruginosa* en toksik olduğu dönemler logaritmik ve sabit dönemlerdir. Hücreler en çok bütünlük kaybettiği dönem ise gecikme dönemidir. Mikrosistinler doğal suda biyolojik olarak parçalanabilir. Hem toksik hem de toksik olmayan *Microcystis* türleri bir arada bulunabilir ve bu ırkların bir arada bulunmasını ve devamlılığını sağlayan faktörler henüz tam olarak anlaşılamamıştır (Vezie vd., 1998; Welker vd., 2003).

MC üretimi, tatlı su, geçiş suları, deniz suyu ve karasal ortamlardaki birçok taksonda yaygın olarak görülmektedir. *Anabaena, Microcystis, Nostoc, Planktothrix, Anabaenopsis* ve *Oscillatoria* cinsleri, bu toksinleri üreten başlıca cinsler arasında yer almaktadır (Humbert 2009, Van der Merwe 2015). *Mikrosistis aeruginosa* kaynaklı zehirlenme olayları, çiftlik hayvanlarında sıkça görülmekte ve bazı durumlarda binlerce hayvanın ölümüne sebep olmaktadır. Ayrıca bu toksinler balıklarda karaciğer hasarı ve embriyo gelişiminde olumsuz etkiler yaratabilir (Tencalla ve Dietrich, 1997).

Mikrosistinler insanlarda olduğu gibi hayvanlarda da ölümlere veya hastalıklara sebebiyet verir. İnsanları ilgilendiren zehirlenme olaylarına dair tarihteki ilk kayıt, büyük Microcystis çoğalmalarının yaşandığı bir rezervuardan su temin edilen bir kırsal kasabada (Armidale, Avustralya) yaz sonlarında gerçekleşmiştir. Toksinler sebebiyle karaciğer fonksiyonlarının bozulması belirtileri gözlemlenmiştir (Hawkins ve ark. 1985). Bunun yanı sıra Birleşik Krallık'ta ordu eğitimlerini bir gölde gerçekleştiren askerlerin, muhtemelen soludukları veya yuttukları toksik organizmalar nedeniyle bazı şikâyetler yaşadığı rapor edilmiştir ve elde edilen örneklerde MC-LR tespiti yapılmıştır (Turner ve ark. 1990). Buna benzer bir olay da 131 hemodiyaliz hastasının daha şiddetli bir zehirlenme vakası geçirmesine sebep olan Brezilya'daki bir klinikte, diyaliz ünitesinin su filtrelerinde MC ve CYN toksinlerinin tespit edilmesi sonrası meydana gelmiştir. Hastaların tedavisinden sonra mide bulantısı, görme bozuklukları, baş ağrısı, kusma, karın ağrısı ve kas güçsüzlüğü gibi semptomlar bildirilmiş ve karaciğer yetmezliği nedeniyle yetmiş altı hastada ölüm meydana gelmiştir (Pouria ve ark. 1998, Jochimsen ve ark. 1998, Carmichael ve ark. 2001, Azevedo ve ark. 2002). Bu olaylar sonucu WHO, siyanobakterilerin aşırı çoğalması sırasında içme suyu güvenliğinin uluslararası olarak değerlendirilmesine ve mikrosistin için içme suyu kılavuz

değerinin belirlenmesine yol açan sonuçları dikkate alarak, içme suyunda mikrosistin için 1 µg L'lik bir kılavuz değer hazırlamıştır (Anonim 2006).

2.2.5.2 Anatoksinler

Anatoksinler, siyanobakterilerin bazı türleri tarafından üretilen ve sinir sistemini etkileyen maddelerdir. Bu maddeler, Na^+ kanallarının sürekli olarak açık kalmasını sağlayarak kas sisteminin aşırı çalışmasına ve sonuçta felce neden olabilir. Solunum kaslarını etkilediğinde ise hastalarda oksijen eksikliğine bağlı çırpınmalar görülebilir. Sıklıkla yüz, dil, ağız ve uzuvlarda karıncalanma ve uyuşukluk hissedilirken, mide bulantısı ve kusma da sık görülen şikayetler arasındadır (Carmichael ve Falconer, 1993).

Anatoksin-a, bisiklik amin yapısında olan, oldukça güçlü ve hızlı etkili, nörotoksik bir alkoloiddir (Falconer 1998). ATX-a (Anatoksin-a), ilk olarak *Anabaena flos-aquae*'den izole edilmiş olup, birçok siyanobakteri türü tarafından üretilen nörotoksik bir alkaloiddir. *Planktothrix, Anabaena, Raphidiopsis, Cylindrospermum, Phormidium, Oscillatoria, Microcystis, Aphanizomenon, Nostoc* ve *Arthrospira* gibi cinsler, anatoksinlerin meydana gelmesindeki cinslerdir ve tatlı sularda sıklıkla görülebilmektedirler (Stewart ve Falconer 2008). Hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde, hızlı ve ölümcül bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Köpekler, sığırlar ve vahşi yaşamda akut ölümlere neden olmuştur. Ancak insanlarda ATX-a'ya maruz kalma sonucu zehirlenme vakası bildirilmemiştir.

2.2.5.3 Silindrospermopsinler

Silindrospermopsin, *Cylindrospermopsis raciborskii* gibi belirli siyanobakteri türlerinde doğal olarak üretilen bir toksindir. Ayrıca *Raphidiopsis curvata, Aphanizomenon ovalisporum, Umezakia natans*, *Aphanizomenon flos-aquae, ve Anabaena bergii* gibi diğer siyanobakteri türleri de silindrospermopsin üretirler (Kellmann ve Mihali, 2008). Bu toksin, hepatotoksik alkaloid sınıfında bir toksin olarak tanımlanmaktadır.

Silindrospermopsin, Palm Adası'ndaki (Avustralya) çocuklarda görülen şiddetli hepatit ve enterit salgını üzerine farkındalığı artırmıştır (Byth, 1980). Siyanobakteri örneklerinde bulunan *Cylindrospermopsis raciborskii*, su kaynağından toplanmıştır. Hawkins ve diğer araştırmacılar (1985), bu türün toksik olduğunu ve karaciğer ve böbrek hasarına neden olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca türden izole edilen alkaloid toksin Silindrospermopsin olarak

isimlendirmiştir. (Ohtani ve diğerleri 1992). Sonrasında, Brezilya'daki bir klinikte, diyaliz hastalarında karaciğer yetmezliği ve ölümle ilişkili olarak diyaliz suyunun incelenmesi yapılmıştır ve yapılan incelemede CYN ve MC toksinleri tespiti yapılmıştır (Azevedo, 2002).

2.2.5.4 Saksitoksinler

Saksitoksin, 20 farklı çeşidiyle tanımlanmıştır ve hem tatlı su siyanobakterileri hem de deniz algleri tarafından üretilir. *Anabaena circinalis* tatlı sularda bu toksini üretebilir ve tatlı su midyelerine aktararabilir. Benzer şekilde denizlerde dinoflagellat *Alexandrium*'da yoğun olarak saksitoksin ürettitği ve deniz midyeleri bu alglerle beslendiklerinde toksin birikimine neden olabildiği bilinmektedir (Jones vd., 1997).

Saksitoksinler, sodyum kanallarından geçişi engelleyerek motor sinirlerde patolojik etki gösterir, bu da kas felci ile sonuçlanır. Sinirlilik, sarsıntı, kasılmalar gibi nörolojik etkilerin yanı sıra solunum kaslarının felci ölüme neden olabilir ve bu nedenle saksitoksinlerler oldukça güçlü bir siyanotoksin olarak kabul edilir (Catterall 1980, Stewart ve Falconer 2008). Tek siyanobakteriyel toksin olarak Kimyasal Silahlar Sözleşmesi'nin ilk çizelgesinde yer alan madde saksitoksindir (Humbert 2009).

2.2.6 Siyanotoksinler İçin Yapılan Yasal Düzenlemeler

Siyanotoksinlerin içme sularındaki düzenlemelerinde, özellikle *Microcystis aeruginosa* ve *Planktothrix agardhii* tarafından üretilen ve yüksek toksisiteleri olan MCYST (Mikrosistin) toksinleri odak noktası olmuştur. Birçok ülke, WHO'nun önerdiği içme suyundaki sınır değeri olan 1 µg/l'lik MCYST-LR değerine göre düzenlemeler yapmıştır. Ancak bu sınır değeri sadece MCYST-LR için saptanmış olduğu için WHO'nun geçici öneri değeri olarak ifade edilmiştir. Bazı ülkelerde ise, toksin miktarlarına göre farklı sınır değerleri belirlenmiştir. Örneğin Avustralya'da toplam MCYST değeri 1.3 µg/l olarak belirlenmiştir, çünkü *Microcystis aeruginosa*'nın değişen oranlarda MCYST varyantları üretmesi nedeniyle, sadece MCYST-LR'ye odaklanmak yetersiz olabilmektedir. Kanada'da ise MCYST-LR için maksimum kabul edilebilir konsantrasyon 0.5 µg/l olarak belirlenmiştir. Brezilya'da ise federal kanuna göre, siyanotoksinler ayrıntılı bir şekilde tanımlanmış ve sınır değerleri MCYST için 1 µg/l, saksitoksinler için 3 µg/l ve CYN için 15 µg/l olarak belirlenmiştir (WHO, 2004).

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yapılan düzenlemeyle, Türkiye'deki içme sularındaki siyanobakteriyel toksinler için ilk yönetmelik olan "İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik" revizyonu yapılıp "İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik" adı altında Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. (RG, 06.07.2019, S. 30823) Bu yönetmelik, içme suyu kaynaklarındaki esasları, kalite kriterlerini, arıtma sınıflarını ve arıtma verimini belirlemektedir. Bu yönetmelik, içme suyu sağlanan veya sağlanması planlanan suların kalite kategorilerini, suların dahil olduğu kategoriye göre uygulanacak arıtma sınıflarını, bu sularda izlenmesi gereken parametreler için numune alma ve analiz sıklıklarını, içme suyu arıtma tesislerinin arıtma verimlerinin belirlenmesine ilişkin hususları içermektedir. İçme suyu kaynaklarının kalitesinin kontrol altında tutulması için takip edilmesi gereken parametre sayısı Türkiye'de 41'den 99'a artırılmış ve bu parametreler içinde Microsistin-LR, Saksitoksin, Slindrospermopsin, Anatoksin gibi siyanobakteri toksinleri de eklenmiştir (Çizelge 2.2.). Artık su kaynaklarının kalitesinin takibi için arıtma tesislerinin girişinde ve çıkışında belirli aralıklarla kalite ölçümü yapılması planlanmaktadır.

Çizelge 2.2. İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik'teki Siyonotoksin Parametreleri ve Su Kalite Standartları (RG, 06.07.2019, S. 30823)

No	Parametre	CAS No	Birim	Klavuz değerler		
				A1	A2	A3
92	Anatoksin	64285-06-9	µg/l	3	-	15
93	Silindrospermopsin	143545-90-8	µg/l	1	-	5
94	Mikrosistin-LR	101043-37-2	µg/l	1	-	5
95	Saksistoksin	35523-89-8	µg/l	1	-	5

2.3. Kaynak Araştırması

Akuatik ekosistemlerin besin zincirinde ilk üretimi yapan organizmalardan olan siyonobakteriler, miktar olarak tüm sene boyunca çok miktarda görülmeselerde, uygun çevre koşulları sağlandığı vakit çok miktarda üremeye başlayıp çoğalırlar ve yüksek bir popülasyona sahip olurlar (Akçaalan, 2004). Sıcaklıkların artması ve besin tuzlarının konsantrasyonunun yükselmesi neticesinde sulak alandaki bir ya da daha fazla tür dominant duruma gelir ve siyanobakterilerin kütleleri birkaç gün içerisinde atmaya başlar (Scholz vd. 2017). Siyanobakterilerin normalin ötesinde çoğalmasıyla yaşadığı ortama bıraktıkları zehirli maddelerin fazlaca artması, çevresel sıkıntıları da yanında getirmektedir (Kubo, 2008). Bu zamana kadar yapılan araştırmalar, 40'ın üzerinde toksin üretme kapasitesine sahip siyanobakteri türü saptamıştır. *Microcystis, Anabaena, Planktothrix, Anabaenopsis, Lyngbya*, *Aphanozimenon ve Nostoc* gibi türlerinde hepatotoksik mikrosistin üretebilme kapasitesine sahip en önemli siyonobakteriler olduğu bilinmektedir (Chorus ve Bartram, 1999). Bu siyanotoksinler, dünyanın genelinde içme ve kullanma suları için potansiyel tehtit olarak sayılırlar (Falconer ve Humpage, 2006; Puddick vd., 2014).

Siyanobakteriler tarafından sekonder metobolit olarak üretilen bu zehirli maddelerin suda hayatını sürdüren ve sudan faydalanan canlılarda sağlıklarıyla ilgili ciddi problemlere sebebiyet verdiği (Carmichael, 2001) ve birtakım siyanobakterinin fazlaca artmasından hemen sonra, bu sulardaki balık popülasyonlarında ölümün fazla görüldüğü bildirilir (Albay vd., 2003, Ulcay vd., 2010). Bu zararlı sayılan alglerin aşırı miktarda çoğalmasının sonucu olarak; balık midye, yengeç, istiridye gibi canlıların ölümü, güneş ışınlarının suyun altında yaşayan ve fotosentez yapan canlılara ulaşmasına engel olmak ve sonunda akuatik sistemin dengesinin bozulması görülebilir (Chorus ve Bartram, 1999). Bu canlılar aktif ve doğal bileşiklerde ürettiğinden alerjik reaksiyonlara da sebep olurlar (Chorus ve Bartram, 1999). En başta cilt hastalıkları olmak üzere özellikle insanlarda, akut yahut kronik rahatsızlıklara neden oldukları ve suda bulunan canlılarla geçen zamana bağlı olarakta pek çok hastalığın sebebi oldukları bilinir (Chorus ve Bartram, 1999, Van der Merwe, 2015).

İstanbul'un içme suyu rezervuarlarıdan biri olan Ömerli Barajı'nda, Albay ve ark. 2003 yılında yaptığı çalışmada, Mikrosistin-LR miktarı ölçülmüştür. Akçaalan'ın 2004 yılında gerçekleştirdiği çalışmada da Sapanca Gölü'nde mikrosistin üretme kapasitesine sahip siyanobakterileri türlerinin ve bu türlerin su kalitesine etkileri incelenmiştir. Gölde toksin üreten siyanobakteri türünün *Planktothtix rubescens* olduğu bildirilmiştir.

2005 yılında Albay ve ark. Küçükçekmece Gölü'nde mikrosistin vertikal dağılımı ve bu dağılımın çevresel parametrelerle bağlantılarının araştırılması üzerine yaptığı araştırmada, siyanotoksin (mikrosistin)'in dikey dağılımı farklı derinliklerden alınan su örneklerinde (1 m,2 m,5 m,10 m) ve siyonobakteri biyomansı incelenmiştir. Gürbüz'ün 2008 yılında göller yöresinde bulunan su kaynaklarının (Kovada, Karacaören Baraj Gölü ve Eğirdir Gölleri) toksik siyanobakterilere ait türlerinin tespiti ve yalıtılmış türlerin toksin üretebilme seviyelerinin araştırılması amacıyla yaptığı araştırmada, dikkat çekici olarak Kovada Gölü'nde en yüksek mikrosistin içeriğinin bulunan siyanobakteriler arasında *M. aeruginosa* tarafından üretildiği ve ikinci sırada bulunanın ise *O. limnetica*'nın olduğunu bildirilmiştir. İspirli'nin 2009 yılında İzmir'deki Tahtalı Barajı Gölü'nün bazı mikrosistin varyantları ve buna sebep olan toksik siyanobakteri türleri açısından araştırılması amacıyla yaptığı çalışmada, *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria sp*. *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena affinis* gibi türler bulunmuştur. 2009 yılında Gürbüz ve ark. Kovada Gölü'nün yüzeyinde çözünmüş mikrosistin analizi adında gerçekleştirdiği çalışmasında, Ağustos-Eylül 2006 zaman aralığında dominant siyanobakteri türlerinin *Synechococcus* sp., *Microcystis aeruginosa, Planktothrix limnetica, Phormidium limosum, Phormidium formosa* olduğunu bulmuştur. Mikrosistin konsantrasyonlarının tespit edilmesi için ELISA ve HPLC-PDA yöntemlerinden yararlanılmıştır. Arat'ın 2013 yılında yaptığı çalışmada Edirne'nin Süloğlu ilçesinde mevcut olan Edirne'ye içme ve kullanma suyu sağlamasının yanında sulama ve taşkın koruma olarakta faydalanılan Süloğlu Baraj Gölü'nde yapılan bu çalışmada, mikrosistinin (hepatotoksin) üreten bazı siyonobakterilerin Süloğlu Baraj Gölü'ndeki mevcudiyetini tespit etmeye çalışmıştır. Yılmaz vd. 2019 yılında yaptığı çalışmada ülkemizin bazı göllerinde çoğalma yapan siyanobakteri türlerini belirleyerek teşhis etmiştir. 2020 yılında Uluabat gölünde yapılan çalışmada ise gölde siyanobakteri artışları ve bu artışlara neden olan türler tespit edilmiştir (Özen, 2020)

Türkiye'de bulunan baraj göllerinde daha önceleri sadece organizmaların kalitatif ve kantitatif kompozisyonların tespiti üzerine çalışmalar yapılsa da son zamanlarda içme ve kullanma suyu tedariğinde de faydalanılan rezervuarların siyanobakterilerin sebep olduğu toksin içerikleri üzerine araştırmalar da sürekli artmaktadır (Fakıoğlu, 2011, Özen, 2020). Ancak, bu zamana kadar dek içme suyu amaçlı Kayalıköy Baraj Gölü'nde siyanobakterilerin sebebiyet verdiği siyanotoksin tespitine yönelik bir çalışma bulunmamaktadır.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Yerinin Tanımı

Kırklareli ili, merkez ilçesinde bulunan Kayalıköy Barajı, 41°47'19"K ve 27°08'08"D koordinatlarında bulunmakta olup, Kırklareli şehir merkezine uzaklığı 17 km'dir. DSİ (Devlet Su İşleri) öncülüğünde 1981-1986 yılları arasında sulama/taşkın koruma amaçlı kurulmuştur. İlerleyen zamanlarda Edirne merkez ilçesinin de içmesuyu ihtiyacının artmasından sebep, Kayalıköy Barajı'ndan içme suyu temin edilmeye başlanmıştır. Fındıklı Deresi, Pamuklu Deresi, Domuz Deresi, Kokurdan Deresi ve Teke Deresi'nin yanı sıra su toplama havzası küçük olan derelerin de katılmasıyla Kayalıköy Barajı'nda su tutulmaktadır. Talvegden yüksekliği 72 m, göl hacmi normal su kotunda 150 hm^3, maksimum işletme hacmi 215 hm^3, göl alanı normal su kotunda 10 km^2 yağış alanı 424,80 km^2 dir. Senelik içme suyu miktarı 20.05 hm^3/yıl olup kurulduğu tarihten bu yana 14716 hektarlık bir alana da sulama suyu verilmektedir.

3.2 Saha Çalışmaları

Küçük bir göl hacmine sahip olması sebebiyle Kayalıköy Baraj Gölü'nünde yapılan örneklemeler, ana göl çanağındaki alanda gerçekleştirildi. Bu bölge, hem gölü dolduran derelerin bir araya gelerek suyun depolandığı hem de içme/kullanma suyu temin etmek için suyun çekildiği istasyona da en kısa mesafe olduğundan, vertikal örnekleme yapmak için gölün en elverişli derinliğin olduğu alan olarak belirlendi.

Kırklareli'ndeki Kayalıköy Baraj Gölü'nde siyanobakteri türlerinin tespiti ve toksisite potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla gölden Mart 2021-Ocak 2022 tarihleri arasında periyodik olarak örnekleme yapılmıştır. Kayalıköy Baraj Gölü'nde örneklemeler, ana göl

çanağının bulunduğu alanda yapılmıştır. (Şekil 3.1.). Bu alan, gölü besleyen derelerin baraj gölü rezervuarını doldurduğu ve su çekiminin yapıldığı istasyona da en kısa bölge olarak belirlendiğinden, vertikal örneklemenin yapılacağı ve gölün en uygun derinliğine sahip alanı olarak tespit edilmiştir. Su ve plankton örnekleri, yüzeyden, 3 m, 5 m, 10 m ve 20 m derinliklerden olacak şekilde yapılmış ve Nansen su örnekleme kabı yardımıyla vertikal olarak su numuneleri alınmıştır. Ayrıca, gölden alınan su örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri de ölçülerek toksin üretebilme potansiyellerine sahip siyanobakterilerin içinde bulunduğu çevresel koşullar da tespit edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.1. Kayalıköy Barajı ve Örnekleme yapılan alan



Şekil 1.2. Kayalıköy Baraj'ından kuşbakışı bir görüntü

3.3 Laboratuvar Çalışmaları

Gölden farklı derinliklerden alınan su örneklerinde mikrosistin varlığının ve miktarının tespiti için Whatmann GF/C filtre kağıtları kullanılmış ve 1 L su süzülmüştür. Süzüntünün alındığı filtre kağıdı, -18 ºC'de muhafaza edilmiştir. Örnekler iyofilize edilmiş ve -20 ºC'de tutulmuştur. İyofilize edilen filtre kağıtlarının, %70'lik (v/v) metanolle ekstraktesi yapılmıştır. Santrifüj yardımıyla süpernatantlama yöntemi yapılmış ve 25 µL'lik numune süpernatantttan alınmıştır. Thermo marka Orbitrap Q exactive model LC-MS/MS'e (Liquid chromatography–mass spectrometry/mass spectrometry) örnekler enjekte edilerek mikrosistinin miktarı tespit edilmeye çalışılmıştır. (Birbeck ve ark., 2019)

Nansen tipi su örnekleyicisi ile farklı derinliklerden vertikal olarak alınan su örneklerinin sıcaklıkları Nansen şişesinde bulunan termometre ile Celcius değerinden belirlenmiştir. Belirlenen her derinlikten alınan su örneklerinin çözünmüş oksijen değerleri, elektrik iletkenliği, pH değerleri, tuzluluk değerleri ve TDS (toplam çözünmüş madde) miktarları arazi tipi Thermo Fisher Orion marka multiparametre cihazıyla ölçülmüştür. Arazi çalışması sırasında gölde derinlik ve secchi disk derinliği de ölçülmüştür. Bunun yanı sıra alınan su örnekleri 2 L'lik ışık geçirmeyen plexiglass şişelere doldurulmuş ve +4 ºC'de laboratuvara taşınmıştır. Alınan su örneklerinde iyon ve element analizleri Trakya Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi (TÜTAGEM)'de yapılmıştır.

Göldeki siyanobakteri türlerinin tespiti için, her bir derinlikten alınan su örnekleri uthermohl sayım kaplarına alınmış ve lugol ile çöktürülerek sayımları Uthermöhl 1958'e göre yapılmıştır (Uthermöhl, 1958). Bu yönteme göre örnekler 24 saat bekletildikten sonra Utermohl sayım kamarasına aktarılarak sayımları inverted mikroskopta yapılmıştır. Sayımlarda ipliksi ve koloniyal formlar için her birinin bir birey sayılması kabul edilmiştir (Uthermöhl, 1958; Lund ve ark. 1958). Örneklerde bulunan tüm siyanobakteri türlerinin teşhisleri ışık mikroskobunda yapılarak litredeki sayıları da hesaplanmıştır. Kayalıköy Baraj Gölü'nde bulunan siyanobakterilerin cins ile tür düzeyindeki teşhisleri, Desikachary, 1959; Prescott, 1982; Geitler, 1985; Komarek & Anagnostidis, 1986; Anagnostidis & Komárek, 1988; Komarkova-legnorova & Cronberg 1992 kullanılarak yapılmıştır. Kayalıköy Baraj Gölü'nde klorofil-a miktarını belirlemek için vertikal olarak alınan su örneklerinde Nusch'un yöntemlerinden yararlanılmıştır (Nusch, 1980).

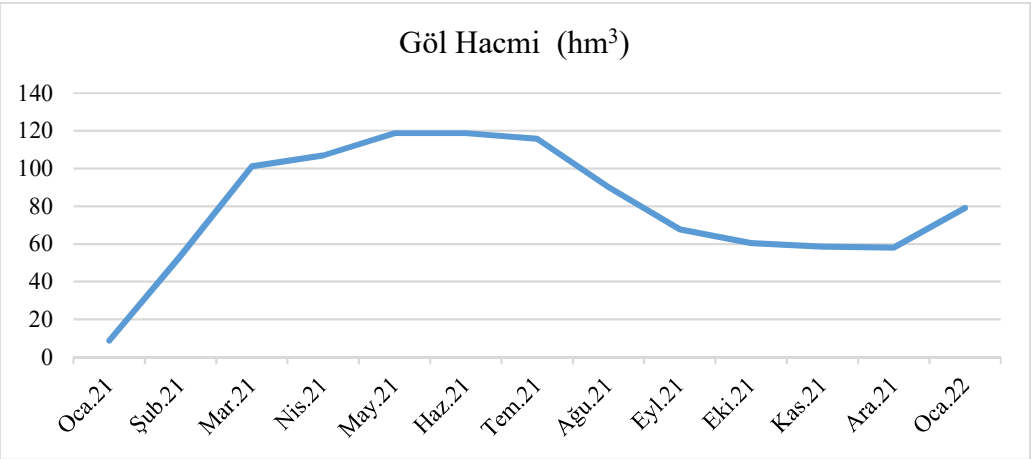
BÖLÜM 4

BULGULAR

4.1 Kayalıköy Baraj Gölü Hidrolojik Yapısı

Baraj göl hacmi, genellikle barajın tasarımına ve amaçlarına göre belirlenen su depolama kapasitesini ifade etmektedir. Baraj göl hacmi, genellikle barajın inşaatı sırasında veya sonrasında baraj gölünün yüzey alanı ve maksimum su derinliği gibi fiziksel özellikleri kullanılarak hesaplanır. Bu bilgiler, baraj inşaatının proje dokümanlarından, mühendislik hesaplamalarından ve baraj gölünün ölçümlerinden elde edilir. Ayrıca baraj göl hacmi ölçümlerinin düzenli olarak yapılması barajın su yönetimi ve bakımı için çok önemlidir. (Ağıralioğlu, 2004)

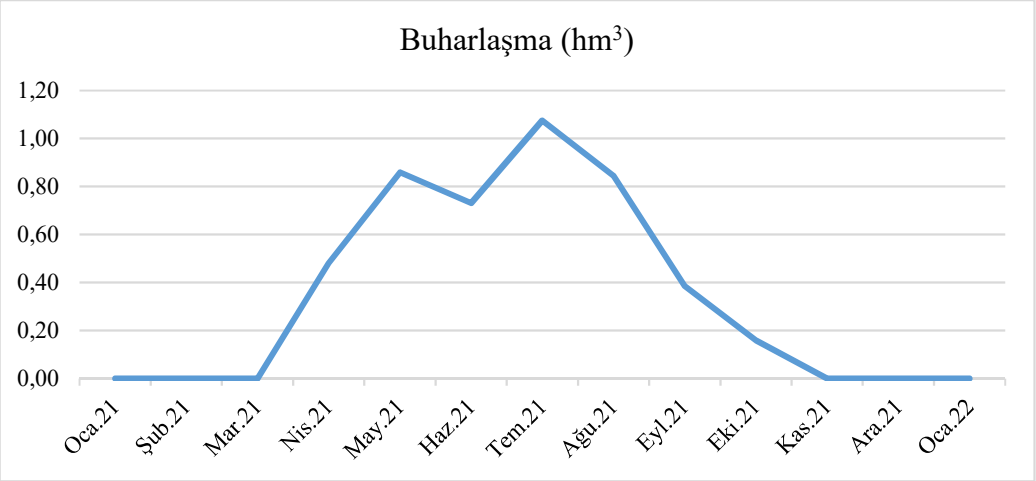
Kayalıköy Baraj Gölü'nde su hacmi en düşük değeri 8,736 hm^3 (Ocak 2021) en yüksek değerini 118,749 hm^3 (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. (DSİ, 2022) (Şekil 4.1.)



Şekil 2.1. Kayalıköy Barajı aylara göre değişen göl hacmi

Baraj gölleri açık su yüzeyine sahip oldukları için buharlaşma işlemi ile karşı karşıya kalırlar. Baraj gölleri için buharlaşma kaybı önemli bir faktördür ve bu kayıp barajların su yönetimi planlaması sırasında dikkate alınır (Ağıralioğlu, 2004)

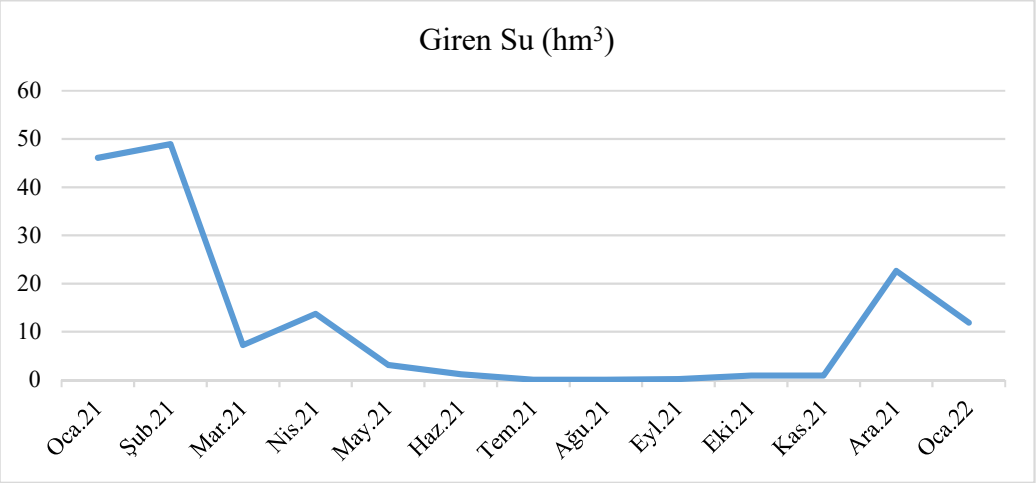
Kayalıköy Baraj Gölü'nde buharlaşmanın en düşük değeri 0,00 hm^3 (Ocak 2022) en yüksek değerini 1,075 hm^3 (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. (DSİ, 2022). Kayalıköy Baraj Gölü'nde su hacmi en düşük değeri 8,736 hm^3 (Ocak 2021) en yüksek değerini 118,749 hm^3 (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. (DSİ, 2022) (Şekil 4.2)



Şekil 4.2. Kayalıköy Barajı aylara göre değişen burharlaşma miktarı

Barajlara giren su miktarı, baraj havzasında ölçülen yağış miktarı, akış miktarı ve kaynak suyu miktarı gibi faktörlere bağlıdır. Bu veriler, barajın su yönetimi ve işletmeciliği için önemlidir. Yağış miktarı, yağış ölçüm istasyonları veya radar tabanlı yağış ölçüm sistemleri kullanılarak ölçülür. Akış miktarı, akış ölçüm istasyonları veya debi ölçümü yöntemleri ile hesaplanır. Kaynak suyu miktarı ise, barajın aldığı su kaynaklarına bağlı olarak değişebilir ve farklı şekillerde ölçülebilir. Bu veriler barajlara giren su miktarının hesaplanması için bir araya getirilir ve barajın su depolama kapasitesi ile karşılaştırılır. Bu sayede, barajların su seviyesi ve su kaynakları üzerindeki etkisi takip edilerek, sürdürülebilir bir su yönetimi planı oluşturulabibilmektedir. (Ağıralioğlu, 2004)

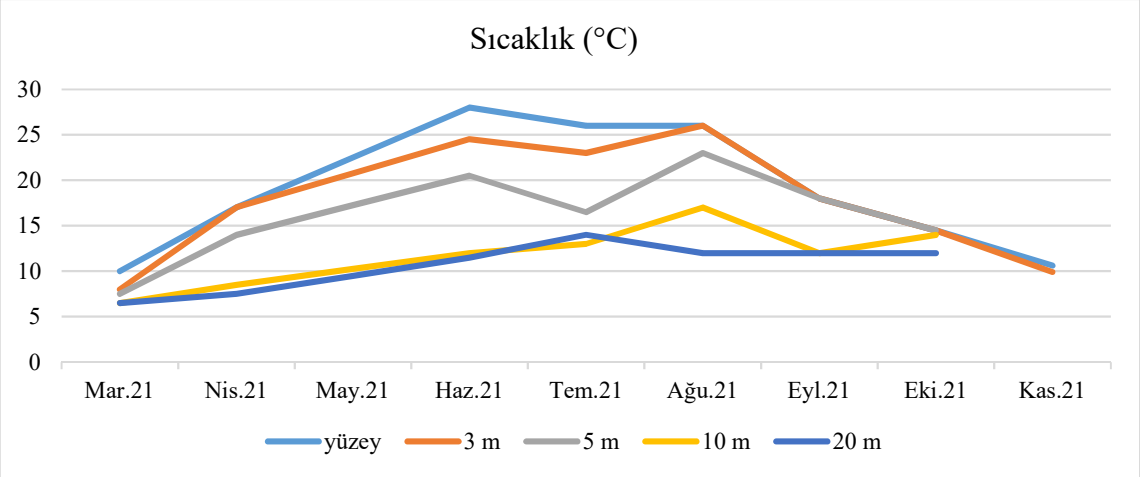
Kayalıköy Baraj Gölü'ne giren su miktarı en az 0,042 hm^3 (Ağustos 2021), giren su miktarı en fazla 48,92 hm^3 (Şubat 2022) olarak ölçülmüştür. (DSİ, 2022) (Şekil 4.3.)



Şekil 4.3. Kayalıköy Barajı'na aylara göre giren su miktarı

4.2 Su Kalitesi

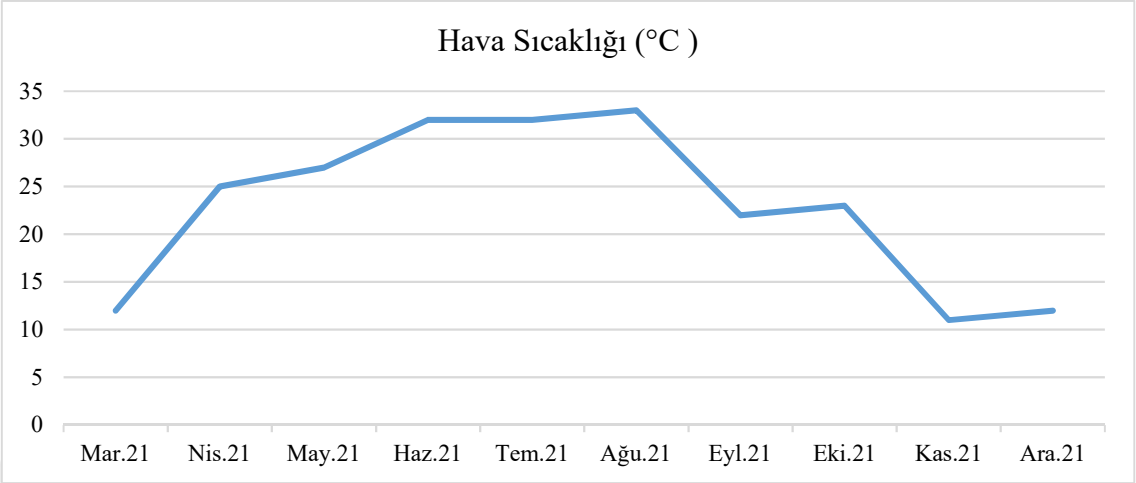
Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen sıcaklık değerleri göl yüzeyinde en düşük 10°C (Mart 2021), en yüksek 28°C (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 8°C (Mart 2021), en yüksek 26°C (Ağustos 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 7,5 °C (Mart 2021), en yüksek 23°C (Ağustos 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 6,5°C (Mart 2021), en yüksek 17°C (Ağustos 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 6,5°C (Mart 2021), en yüksek 14°C (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.4)



Şekil 4.4. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde sıcaklık değişimi

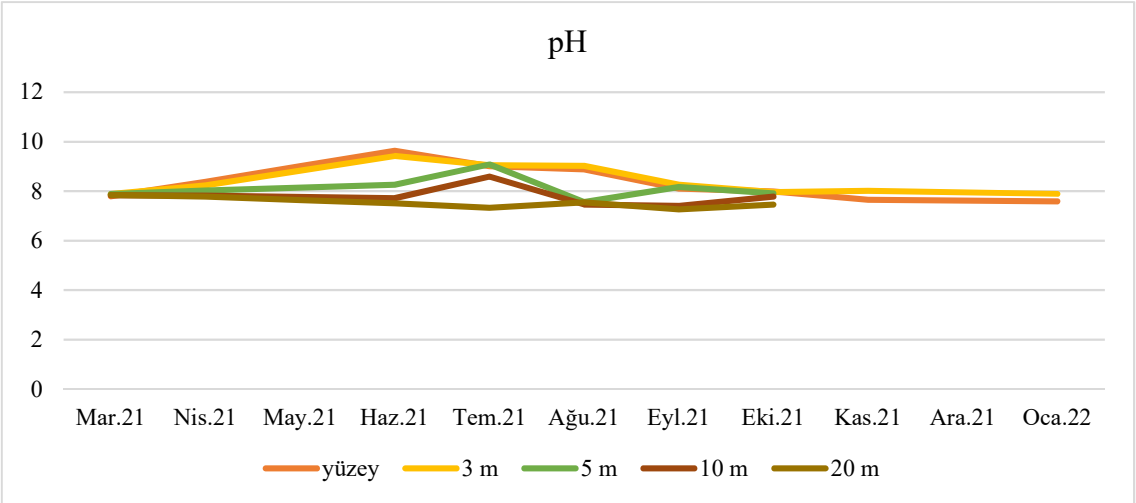
Yapılan analizler sonucunda gölde yüzeydeki su sıcaklığı ve hava sıcaklığı paralel seyretmiştir. Yüzey suyu sıcaklığı örnekleme dönemi içinde 11 ila 33 ºC arasında ölçülmüştür.

Buna göre, hava sıcaklığı en düşük Kasım-2021'de (11 °C) ölçülürken, en yüksek hava sıcaklığı 33 °C ile Ağustos-2021'de ölçülmüştür. (Şekil 4.5.)



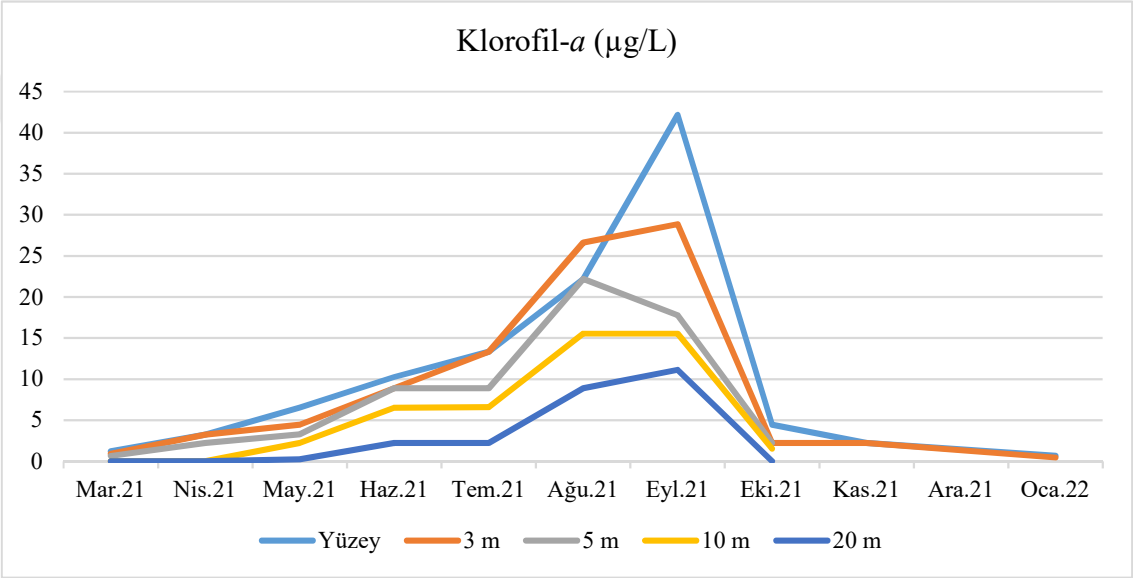
Şekil 4.5. Örnekleme dönemindeki hava sıcaklığı değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen pH değerleri göl yüzeyinde en düşük 7,59 (Ocak 2022), en yüksek 9,63 (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 7,89 (Ocak 2022), en yüksek 9,42 (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 7,56 (Ağustos 2021), en yüksek 9,08 (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 7,41 (Eylül 2021), en yüksek 8,59 (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 7,26 (Eylül 2021), en yüksek 7,85 (Mart 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.6)



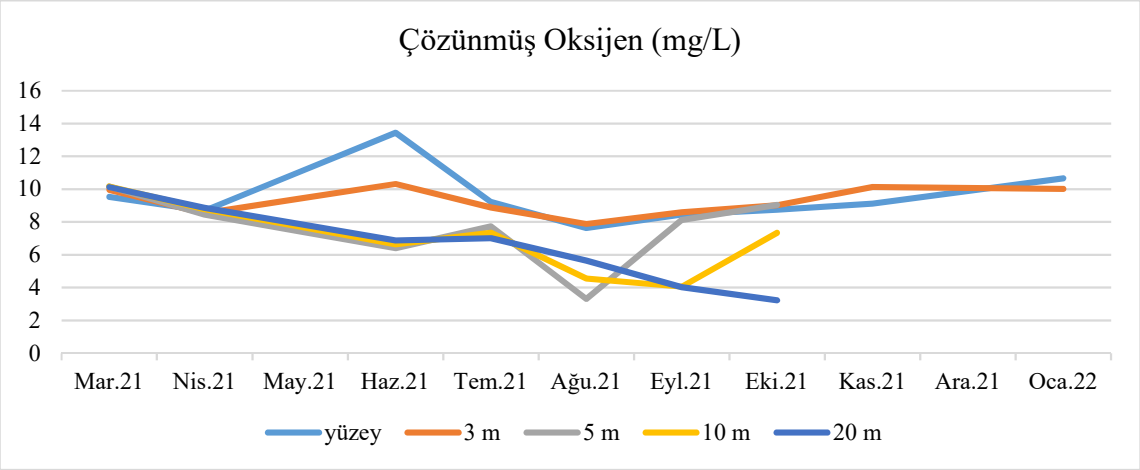
Şekil 4.6. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde pH değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen klorofil-*a* değerleri göl yüzeyinde en düşük 0,652 µg/L (Ocak 2022), en yüksek 42,18 µg/L (Eylül 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,444 µg/L (Ocak 2022), en yüksek 28,86 µg/L (Eylül 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,652 µg/L (Mart 2021), en yüksek 22,2 µg/L (Ağustos 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,000 µg/L (Mart 2021), en yüksek 15,54 µg/L (Eylül 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,000 µg/L (Mart 2021), en yüksek 11,12 µg/L (Eylül 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.7)



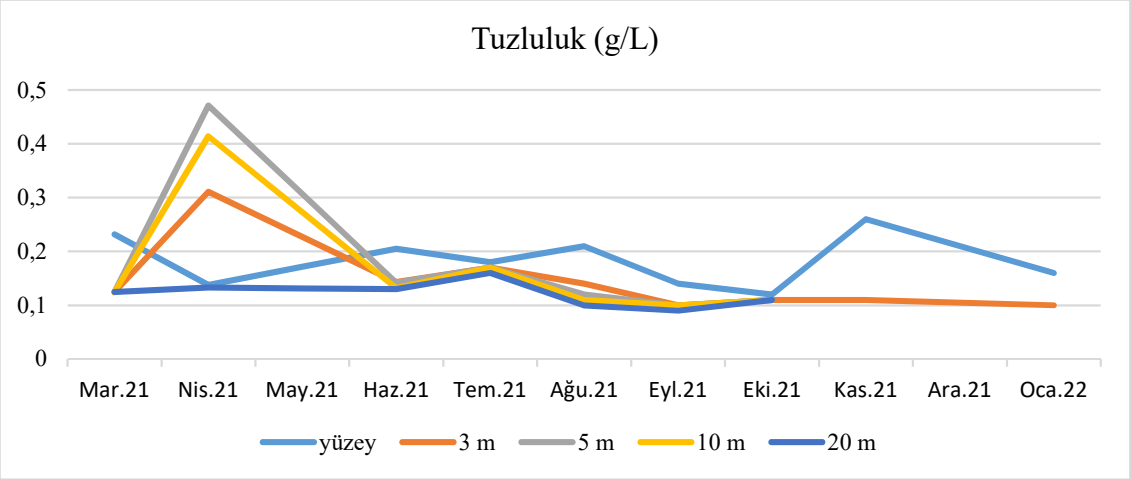
Şekil 4.7. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Klorofil-*a* değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen oksijen çözünürlüğü değerleri göl yüzeyinde en düşük 7,63 mg/L (Ağustos 2021), en yüksek 13,44 mg/L (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 7,88 mg/L (Ağustos 2021), en yüksek 10,32 mg/L (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 3,31 mg/L (Ağustos 2021), en yüksek 10,17 mg/L (Mart 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 4,06 mg/L (Eylül 2021), en yüksek 10,17 mg/L (Mart 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 3,23 mg/L (Ekim 2021), en yüksek 10,13 mg/L (Mart 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.8.)



Şekil 4.8. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Oksijen Çözünürlüğü değişimi

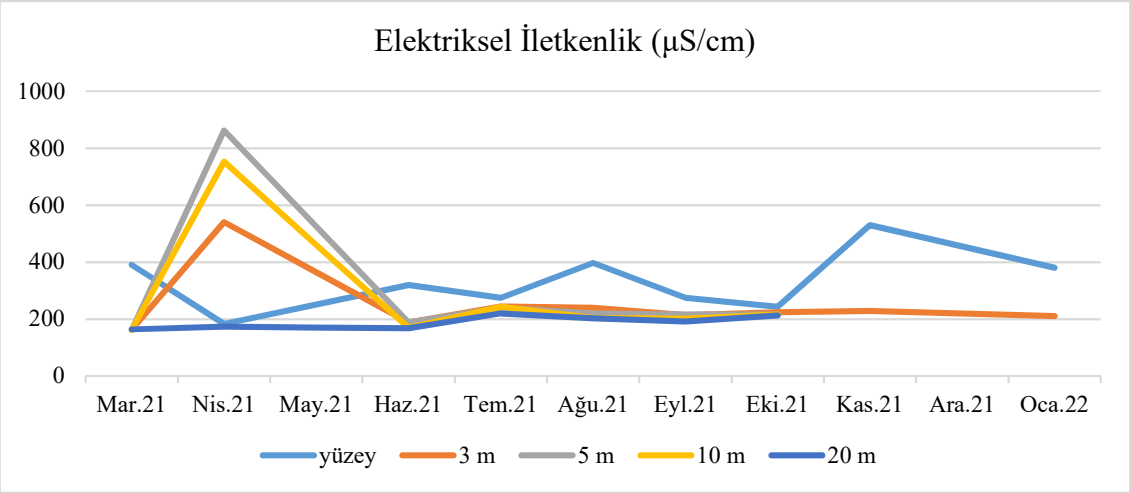
Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen tuzluluk değerleri göl yüzeyinde en düşük 0,12 g/L (Ekim 2021), en yüksek 0,232 g/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,1 g/L (Eylül 2021), en yüksek 0,311 g/L (Nisan2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,1 g/L (Eylül 2021), en yüksek 0,471 g/L (Nisan 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,1 g/L (Eylül 2021), en yüksek 0,414 g/L (Nisan 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,09 g/L (Eylül 2021), en yüksek 0,16 g/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.9.)



Şekil 4.9. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Tuzluluk değişimi

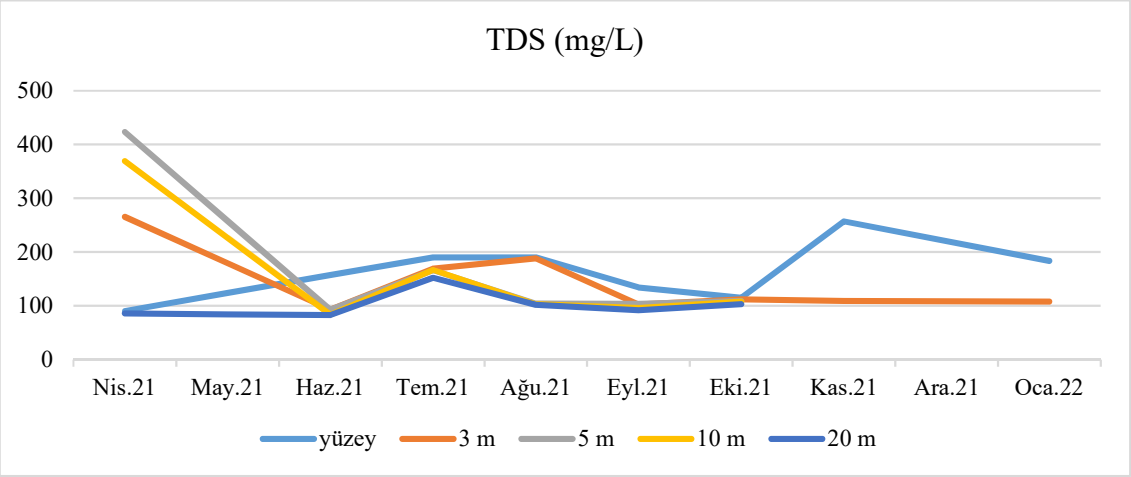
Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen elektriksel iletkenlik değerleri göl yüzeyinde en düşük 183 µS/cm (Nisan 2021), en yüksek 530 µS/cm (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre

derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 163,1 µS/cm (Mart 2021), en yüksek 540,5 µS/cm (Nisan 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 163 µS/cm (Mart 2021), en yüksek 862 µS/cm (Nisan 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 162,3 µS/cm (Mart 2021), en yüksek 752,6 µS/cm (Nisan 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 164 µS/cm (Mart 2021), en yüksek 220 µS/cm (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.10)



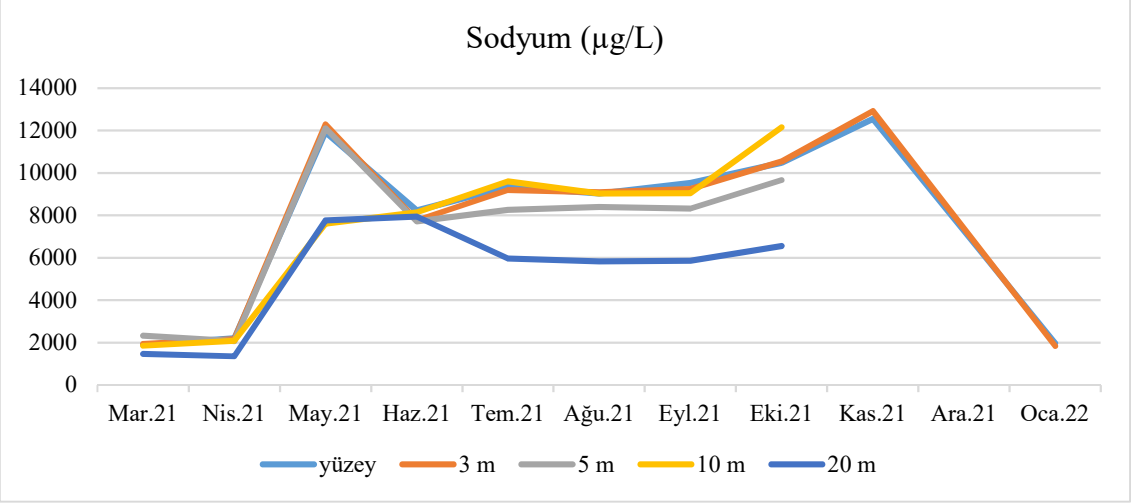
Şekil 4.10. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Elektriksel İletkenlik değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen TDS değerleri göl yüzeyinde en düşük 90,57 mg/L (Nisan 2021), en yüksek 257 mg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 80,4 mg/L (Mart 2021), en yüksek 265,3 mg/L (Nisan 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 80,36 mg/L (Mart 2021), en yüksek 423,3 mg/L (Nisan 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 80 mg/L (Mart 2021), en yüksek 369,3 mg/L (Nisan 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 80,87 mg/L (Mart 2021), en yüksek 152 mg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.11.)



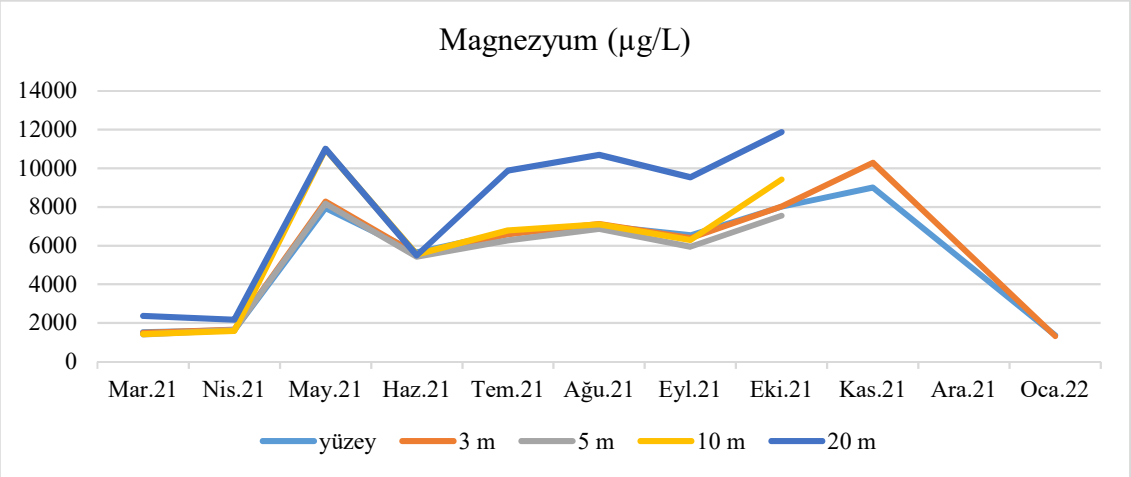
Şekil 4.11. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde TDS değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Sodyum değerleri göl yüzeyinde en düşük 1898,402 µg/L (Mart 2021), en yüksek 12551,891 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 1843,039,4 µg/L (Ocak 2022), en yüksek 12923,106 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 2066,950 µg/L (Nisan 2021), en yüksek 12107,054 µg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 1853,552 µg/L (Mart 2021), en yüksek 12157,480 µg/L (Ekim 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 1355,453 µg/L (Mart 2021), en yüksek 7946,752 µg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.12.)



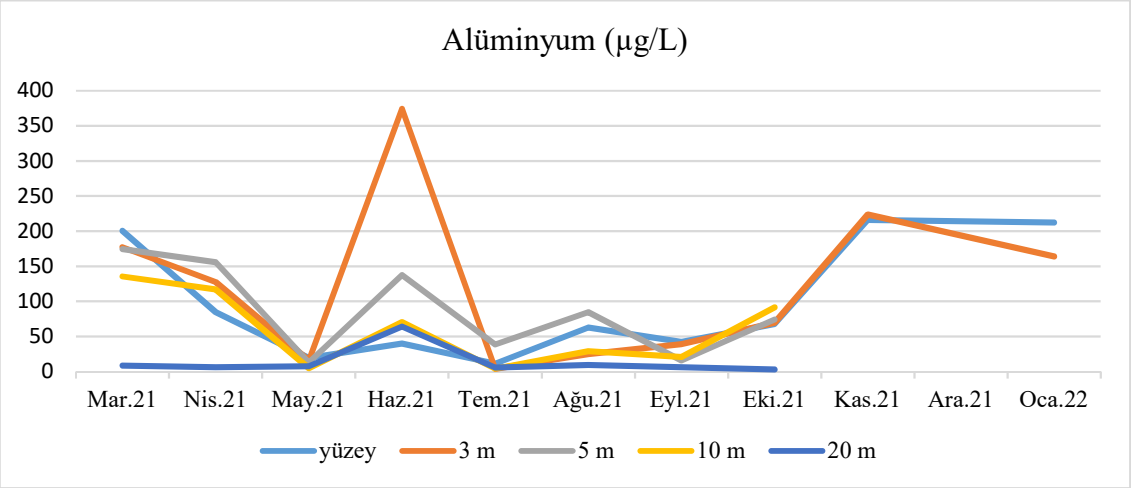
Şekil 4.12. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Sodyum değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Magnezyum değerleri göl yüzeyinde en düşük 1370,304 µg/L (Ocak 2022), en yüksek 9003,197 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 1327,695 µg/L (Ocak 2022), en yüksek 10287,979 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 1405,963 µg/L (Mart 2021), en yüksek 8169,802 µg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 1427,535 µg/L (Mart 2021), en yüksek 10982,958 µg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 2170,021 µg/L (Nisan 2021), en yüksek 11872,142 µg/L (Ekim 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.13.)



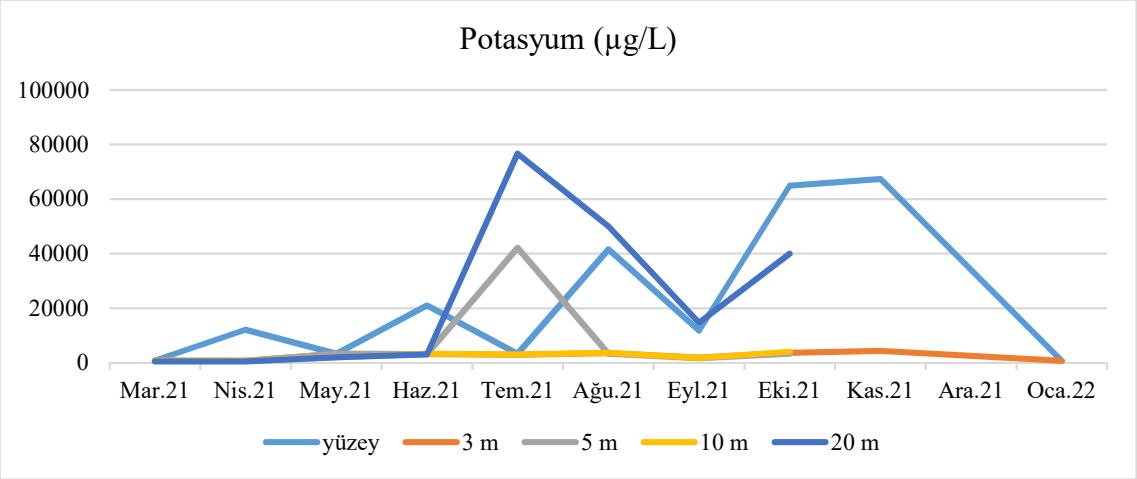
Şekil 4.13. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Magnezyum değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Alüminyum değerleri göl yüzeyinde en düşük 11,314 µg/L (Temmuz 2021), en yüksek 215,892 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 3,992 µg/L (Temmuz 2021), en yüksek 223,476 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 12,963 µg/L (Mayıs 2021), en yüksek 174,41 µg/L (Mart 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 4,118 µg/L (Temmuz 2021), en yüksek 135,508 µg/L (Mart 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 2,959 µg/L (Ekim 2021), en yüksek 64,223 µg/L (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.14.)



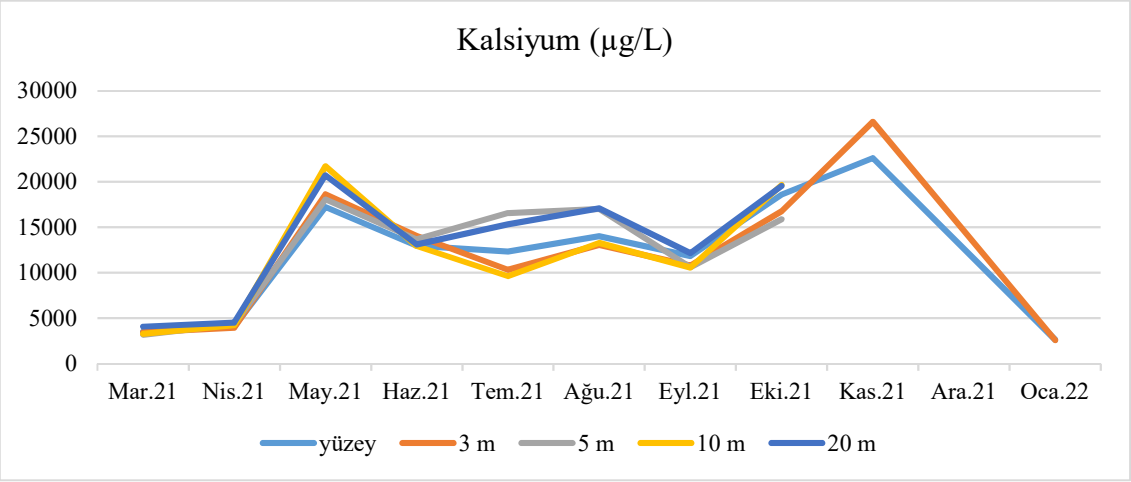
Şekil 4.14. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Alüminyum değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Potasyum değerleri göl yüzeyinde en düşük 728,21 µg/L (Ocak 2022), en yüksek 67373,764 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 693,07 µg/L (Ocak 2022), en yüksek 4369,393 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 766,749 µg/L (Nisan 2021), en yüksek 42148,374 µg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 717,524 µg/L (Mart 2021), en yüksek 4069,021 µg/L (Ekim 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 457,52 µg/L (Mart 2021), en yüksek 76684,933 µg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.15.)



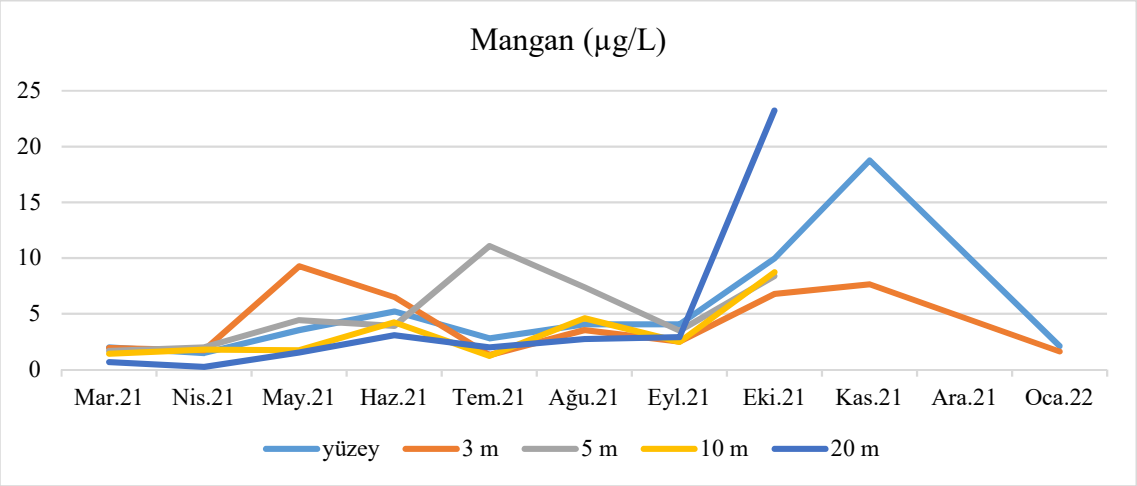
Şekil 4.15. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Potasyum değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Kalsiyum değerleri göl yüzeyinde en düşük 2635,441 µg/L (Ocak 2022), en yüksek 22622,822 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 2591,537 µg/L (Ocak 2022), en yüksek 26608,15 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 3191,513 µg/L (Mart 2021), en yüksek 18059,126 µg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 3282,573 µg/L (Mart 2021), en yüksek 21711,327 µg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 4082,791 µg/L (Mart 2021), en yüksek 20719,481 µg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.16.)



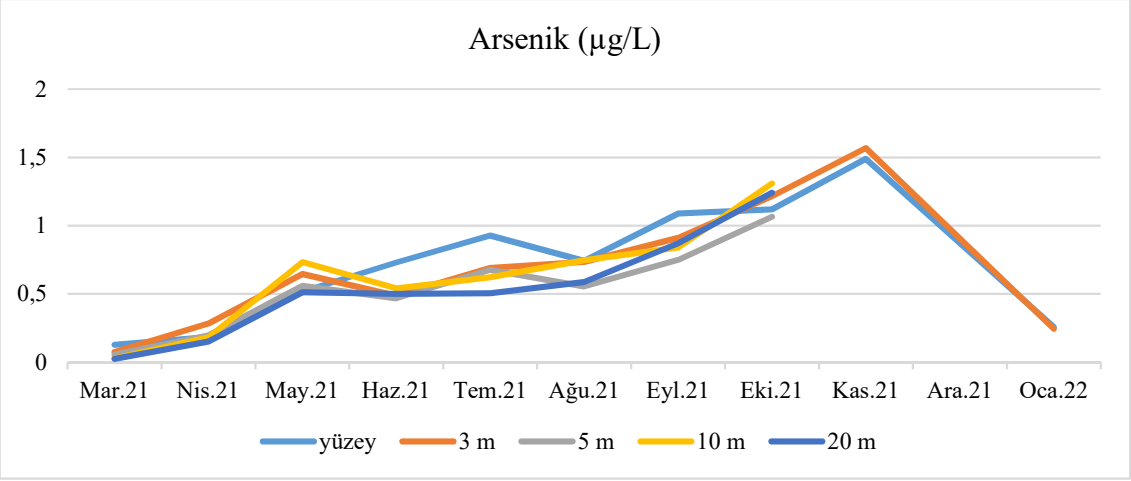
Şekil 4.16. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Kalsiyum değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Mangan değerleri göl yüzeyinde en düşük 1,482 µg/L (Nisan 2021), en yüksek 18,75 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 1,301 µg/L (Temmuz 2021), en yüksek 9,272 µg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 1,681 µg/L (Mart 2021), en yüksek 11,083 µg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 1,225 µg/L (Temmuz 2021), en yüksek 8,725 µg/L (Ekim 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,246 µg/L (Nisan 2021), en yüksek 23,231 µg/L (Ekim 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.17.)



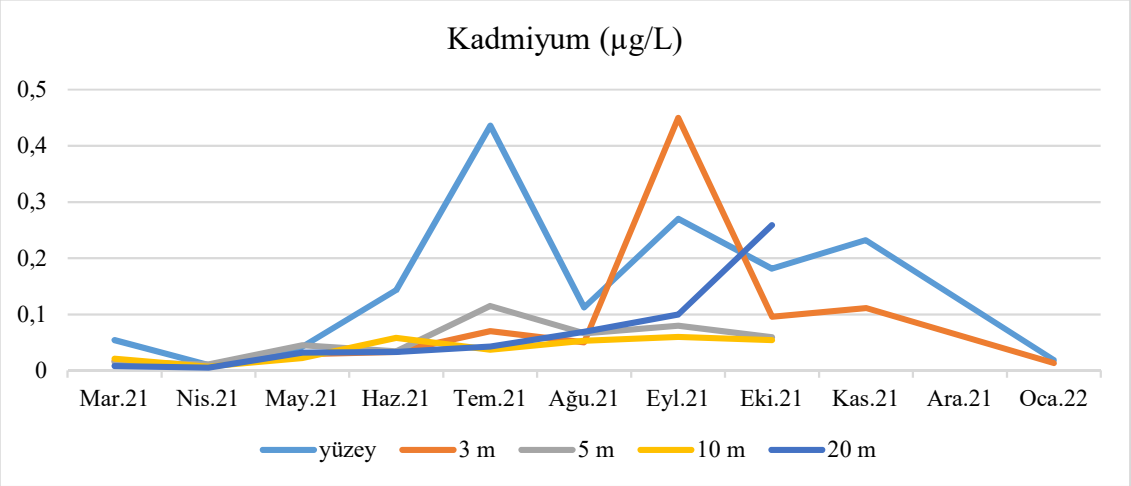
Şekil 4.17. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Mangan değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Arsenik değerleri göl yüzeyinde en düşük 0,127 µg/L (Mart 2021), en yüksek 1,49 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,075 µg/L (Mart 2021), en yüksek 1,569 µg/L (Kasım 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,054 µg/L (Mart 2021), en yüksek 1,065 µg/L (Ekim 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,028 µg/L (Mart 2021), en yüksek 1,31 µg/L (Ekim 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,024 µg/L (Mart 2021), en yüksek 1,241 µg/L (Ekim 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.18.)



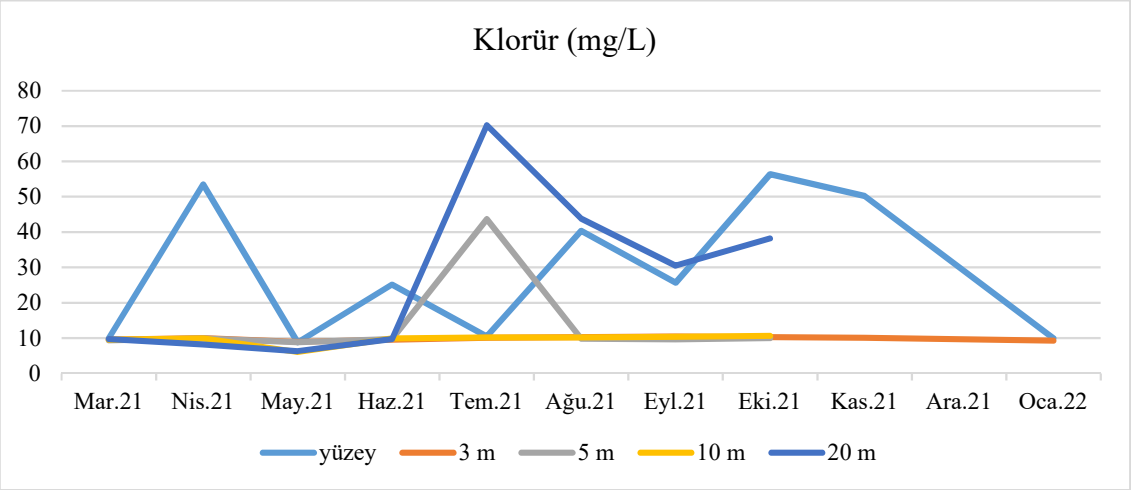
Şekil 4.18. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Arsenik değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Kadmiyum değerleri göl yüzeyinde en düşük 0,01 µg/L (Nisan 2021), en yüksek 0,436 µg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,008 µg/L (Nisan 2021), en yüksek 0,45 µg/L (Eylül 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,011 µg/L (Nisan 2021), en yüksek 0,115 µg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,007 µg/L (Nisan 2021), en yüksek 0,06 µg/L (Eylül 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,005 µg/L (Nisan 2021), en yüksek 0,259 µg/L (Ekim 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.19.)



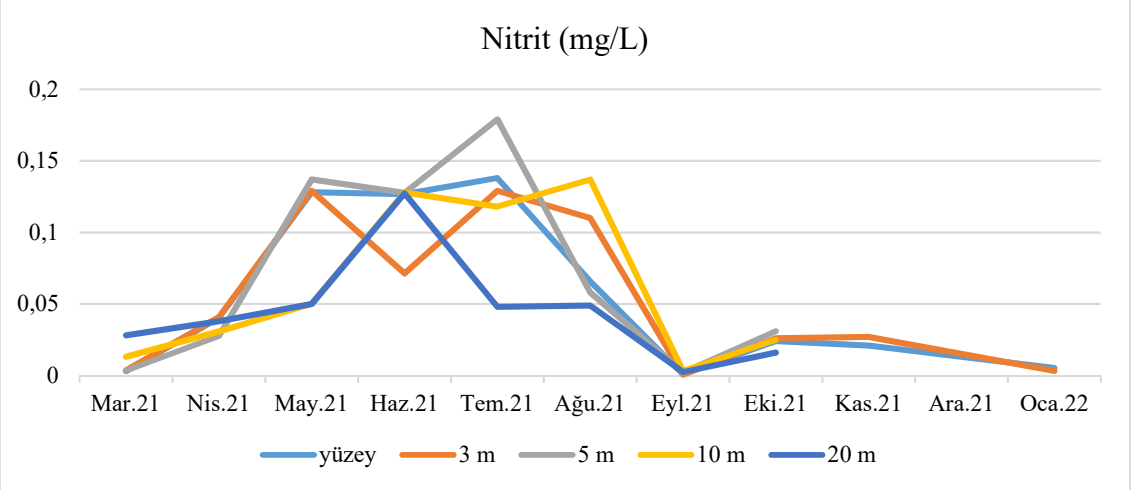
Şekil 4.19. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Kadmiyum değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Klorür değerleri göl yüzeyinde en düşük 8,785 mg/L (Mayıs 2021), en yüksek 56,381 mg/L (Ekim 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 8,97 mg/L (Mayıs 2021), en yüksek 10,46 mg/L (Eylül 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 8,823 mg/L (Mayıs 2021), en yüksek 43,678 mg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 6,054 mg/L (Mayıs 2021), en yüksek 10,61 mg/L (Ekim 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 6,315 mg/L (Mayıs 2021), en yüksek 70,255 mg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.20.)



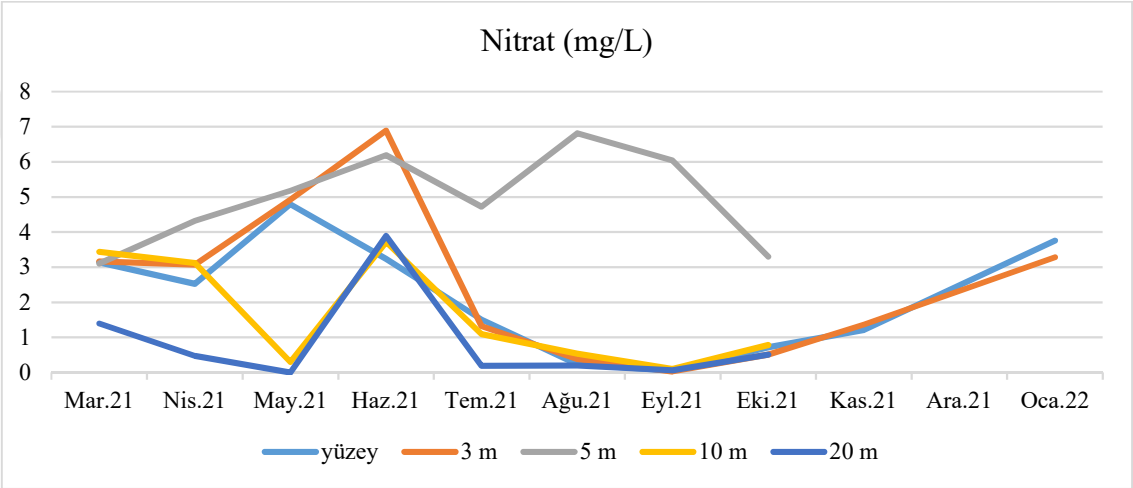
Şekil 4.20. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Klorür değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Nitrit değerleri göl yüzeyinde en düşük 0,001 mg/L (Eylül 2021), en yüksek 0,138 mg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,001 mg/L (Eylül 2021), en yüksek 0,129 mg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,002 mg/L (Eylül 2021), en yüksek 0,179 mg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,003 mg/L (Eylül 2021), en yüksek 0,137 mg/L (Ağustos 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,003 mg/L (Eylül 2021), en yüksek 0,127 mg/L (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.21.)



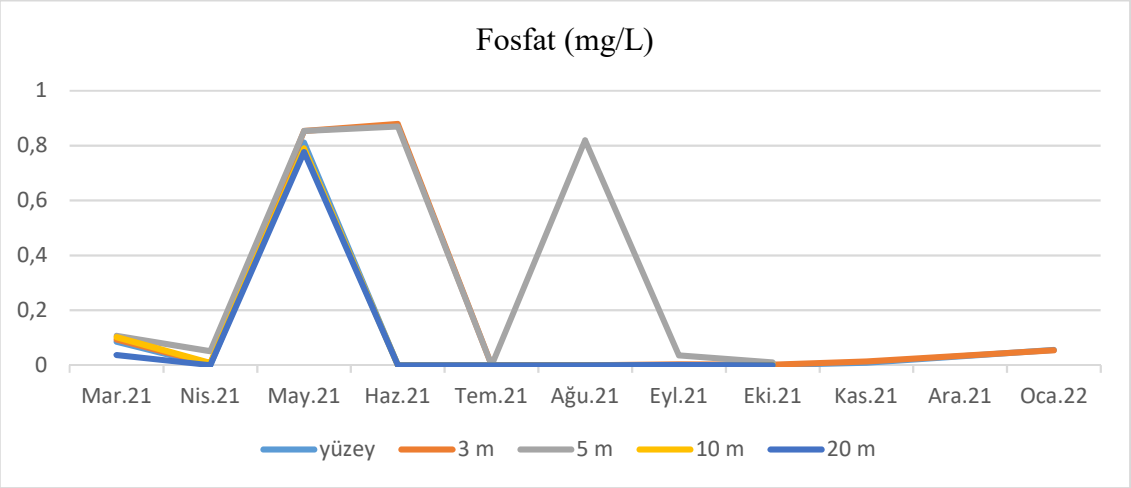
Şekil 4.21. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Nitrit değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Nitrat değerleri göl yüzeyinde en düşük 0,056 mg/L (Eylül 2021), en yüksek 4,794 mg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,029 mg/L (Eylül 2021), en yüksek 6,891 mg/L (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 3,104 mg/L (Ağustos 2021), en yüksek 6,815 mg/L (Mart 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,102 mg/L (Eylül 2021), en yüksek 3,718 mg/L (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,000 mg/L (Mayıs 2021), en yüksek 3,892 mg/L (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.22.)



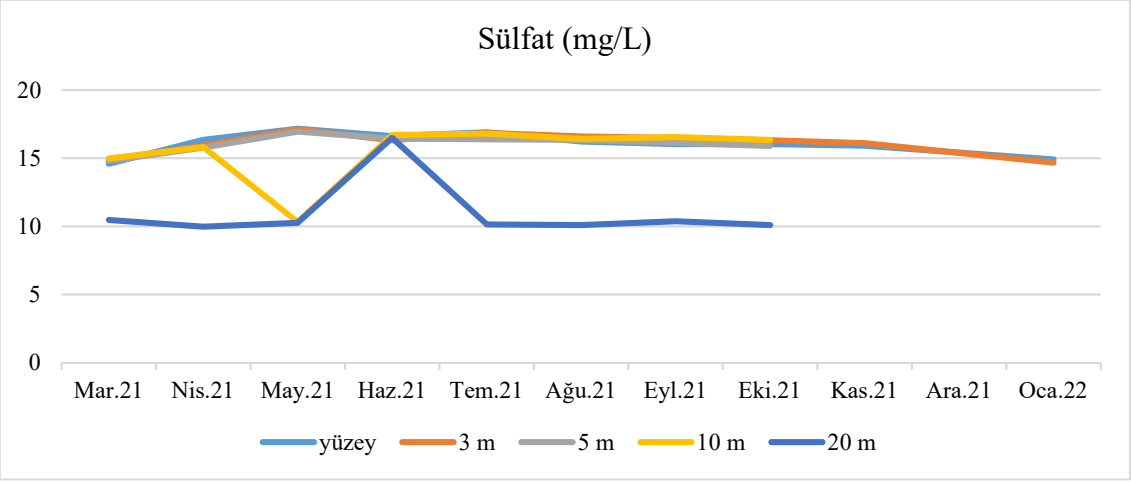
Şekil 4.22. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Nitrat değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Fosfat değerleri göl yüzeyinde en düşük 0,000 mg/L (Temmuz 2021), en yüksek 0,811 mg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,000 mg/L (Temmuz 2021), en yüksek 0,878 mg/L (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,000 mg/L (Temmuz 2021), en yüksek 0,869 mg/L (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,000 mg/L (Temmuz 2021), en yüksek 0,79 mg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 0,000 mg/L (Temmuz 2021), en yüksek 0,777 mg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.23.)



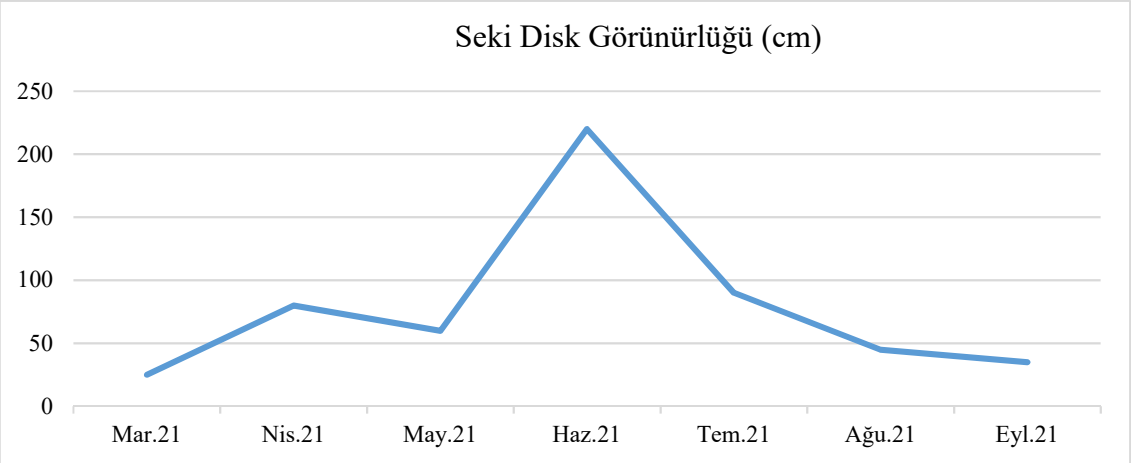
Şekil 4.23. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Fosfat değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Sülfat değerleri göl yüzeyinde en düşük 14,593 mg/L (Mart 2021), en yüksek 17,168 mg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. 3 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 14,673 mg/L (Ocak 2022), en yüksek 17,116 mg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. 5 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 14,801 mg/L (Mart 2021), en yüksek 16,943 mg/L (Mayıs 2021) olarak ölçülmüştür. 10 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 10,32 mg/L (Mayıs 2021), en yüksek 16,81 mg/L (Temmuz 2021) olarak ölçülmüştür. 20 metre derinlikten alınan su örneklerinde en düşük 9,984 mg/L (Nisan 2021), en yüksek 16,489 mg/L (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.24.)



Şekil 4.24. Yüzey ile 20 m aralığında alınan su örneklerinde Sülfat değerleri değişimi

Kayalıköy Baraj Gölü'nde belirlenen Seki diski görünürlüğü değerleri göl yüzeyinde en düşük 25 cm (Mart 2021), en yüksek 220 cm (Haziran 2021) olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.25.)



Şekil 4.25. Seki Disk derinliği değerleri değişimi

4.3 Siyanobakterilerin Niceliksel ve Niteliksel Özellikleri

Kayalıköy Baraj Gölü'nde Mart 2021-Ocak 2022 tarihleri arasında alınan örneklerin nitel değerlendirmesi sonucunda gölde 19 adet siyonobakteri taksonu tespit edilmiştir. Tespit edilen taksonların sistemetik kompozisyonu aşağıda verilmiştir.

Üst alem: Prokaryota

Alem: Eubacteria

Alt alem: Negibacteria

Şube: Cyanobacteria

Sınıf: Cyanophyceae

Altsınıf: Nostocophycideae

Takım: Nostocales

Familya: Nostocaceae

Cins: Anabaena

Tür: *Anabaena sp.*

Tür: *Anabaena oscillarioides*

Familya: Aphanizomenonaceae

Cins: Aphanizomenon

Tür: *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs & Flahault

Tür: *Aphanizomenon klebahnii* (Elenkin) Pechar 2006

Cins: Dolichospermum

Tür: *Dolichospermum fallax* (Kom. & Kom.-Leg. Wacklin)

Tür: *Dolichospermum spiroides* (Klebhan) Wacklin

Tür: *Dolichospermum affine* (Lemmermann) Wacklin

Familya: Microcystaceae

Cins: Microcystis

Tür: *Microcystis aeruginosa*

Tür: *Microcystis wesenbergii*

Altsınıf: Synechococcophycideae

Takım: Synechococcales

Familya: Merismopediaceae

Cins: Merismopedia

Tür: *Merismopedia elegans*

Altsınıf: Oscillatoriophycideae

Takım: Chroococcales

Familya: Chroococcaceae

Cins: Chroococcus

Tür: *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli 1849

Cins: Aphanocapsa

Tür: *Aphanocapsa nubila* Kom. Kling 1991

Takım: Oscillatoriales

Familya: Oscillatoriaceae

Cins: Phormidium

Tür: *Phormidium autumnale* Gomont 1892

Cins: Oscillatoria

Tür: *Oscillatoria limnetica* Lemm. 1900

Cins: Lyngbya

Tür: *Lyngbya* sp.

Familya: Ammatoidaceae

Cins: Homoeothrix

Tür: *Homoeothrix* sp.

Altsınıf: Synechococcophycidae

Takım: Synechococcales

***Familya*:** Prochlorococcaceae

Cins: Anathece

Tür: *Anathece minutissima* (West) Kom.

Familya: Pseudanabaenaceae

Cins: Pseudanabaena

Tür: *Pseudanabaena catenata* Laut. 1915

Tür: *Pseudanabaena limnetica* (Lemm.) Kom. 1974

Baraj gölünde alınan örneklerin nicel derlendirme sonuçlarına baktığımızda Haziran ayı ile birlikte alg artışları görülmeye başlanmış ve bu artışlar Ekim ayında da devam ettiği görülmüştür. Çalışma alanında en yüksek sayıya ulaşan organizmalar *Microcystis aeruginosa, Aphanizomenon klebahnii, Anabaena oscillarioides* ve *Microcystis wesenbergii* olmuştur. *Microcystis aeruginosa* haziran örneklemesiyle birlikte ekim ayına kadar gölün hâkim organizması olmuştur. *M. aeruginosa* Eylül 2021 tarihinde yüzey örneklemesinde 7359 koloni/cm^3 ile baraj gölünde en yüksek sayıya ulaşmıştır. *Aphanizomenon klebahnii,* haziran örneklemesi ile birlikte ekim ayına kadar gölün ikinci hâkim organizması olmuştur. *A. klebahnii* Ekim 2021 tarihinde yüzey örneklemesinde 6124 iplik/cm^3 ile baraj gölünde en yüksek sayıya ulaşmıştır. *Anabaena oscillarioides* Temmuz 2021 örneklemesinde artış göstermiş ve bu örnekleme döneminde 2126 iplik/cm^3 ile *A. klebahnii*'den sonra gölün en yüksek sayıya ulaşan ikinci organizması olmuştur. Kayalıköy Barajı'nda bir diğer hâkim siyanobakteri türü olan *Microcystis wesenbergii* Ağustos 2021 örneklemesinde *M. aeruginosa*'dan sonra gölün ikinci en yüksek sayı ile temsil edilen organizması olmuştur. Teşhisi yapılan siyanobakteri taksonlarının derinliklere ve aylara göre değişimleri tabloda verilmiştir (Çizelge 4.1.).

Kayalıköy Baraj Gölü'nden Mart 2021-Ocak 2022 tarihleri arasında aylık periyotlarla alınan su numunelerinde yapılan toksin analizleri sonuçlarına göre, Temmuz 2021, Ağustos 2021, Eylül 2021 ve Ekim 2021 örneklemelerinde sadece yüzeyden, 3 m ve 5 m derinlikten alınan su örneklerinde mikrosistin varlığı tespit edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda Kayalıköy Baraj Gölü'nde tespit edilen mikrosistin varyantlarının; Mikrosistin-RR, Mikrosistin-YR ve Mikrosistin-LR olduğu tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, baraj gölünde ölçülen toplam mikrosistin değerleri 1 µg/L'ye ulaşmamıştır. Gölde siyanobakteri artışları olmuş ancak toksin miktarı yüksek ölçülmemiştir. En yüksek mikrosistin değeri eylül ayında yüzeyden alınan örneklerde 0,129 µg/L olarak tespit edilmiştir. Kayalıköy Baraj Gölü'nde, tespit edilen mikrosistin değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çalışmada ayrıca, Kayalıköy Baraj Gölü'nde, mikrosistin üretebilme potansiyeline sahip oldukları belirtilen siyanobakterilere ait 14 takson tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Kayalıköy Baraj Gölü'nde teşhisi yapılan siyanobakteri taksonları ve mevsimsel dağılımları (iplik-koloni/L).

		Anabaena oscillarioides	*Anabaena* sp.	*Anathece minutissima*	*Aphanizomenon flos-aquae*	*Aphanizomenon klebahnii*	*Aphanocapsa nubila*	*Chroococcus minutus*	*Dolichospermum fallax*	*Dolichospermum spiroides*	*Dolichospermum affine*	*Homoeothrix* sp.	*Lyngbya* sp.	*Merismopedia elegans*	*Microcystis aeruginosa*	*Microcystis wesenbergii*	*Oscillatoria limnetica*	*Phormidium autumnale*	*Pseudanabaena catenata*	*Pseudanabaena limnetica*
Mar.22	Yüzey	11	10	165	9			13										22		
	3m		88	55				8												
	5m																			
	10m																			
	20m																			
Nis.21	Yüzey		528	726		1276				87		308		253			231		90	187
	3m		462	385		1364		64		473		54		198			143		308	363
	5m		85			341														
	10m		23							10		9		11						
	20m																			
May.21	Yüzey	363	825	1188		1892	231			154				462	32		319	407		
	3m	121	792	1056		2651	187	66		87		100		231			407	231		
	5m	11	286	1353		330				65		54					110	98		
	10m	30	209			132				10				11			19	35		
	20m																			
Haz.21	Yüzey	1056	154			18964	2508	286	99	9559	1133		2519	1507	41294		528			1298
	3m	891	132			21076	2145	67	22	7964	1177		2365	231	47531		363			616

	5m	209	176			17072	935	43		3795			1408		33605		198			605
	10m		286			3872	275	33		198	21		341	10	7194					
	20m									96					1232					
Tem.21	Yüzey	23386		2497	1848	41338				2464			1529	176	18392	1507		209		
	3m	15708		1584	968	44132				2398			3520	88	14531	792		85		
	5m	19063		1133	1122	15158				2442			2288		13277	63				
	10m	3289		319	385	7172				231			231		3520					
	20m	50			55	1342									165					
Ağu.21	Yüzey	3487				6017				616					23892	20064				
	3m	5984				10593				1958			165		23749	21142				
	5m	2695				3905				693					11550	7579				
	10m					1177									2805	605				
	20m														385					
Eyl.21	Yüzey	5544				19063			50	7205			3674	1969	80949	979		209		
	3m	4345	30			20526		91		5731			6655	165	69498	396		308		
	5m	3597				12617				2068			2241		44242	55		363		
	10m	2057				2464				385					6765			20		
	20m	319				2497														
Eki.21	Yüzey	3564				67364			154	2475		9		132	26565	858	1298	385	495	
	3m	4268			264	55297		66		4675				385	29447	11825	1034	2288	1243	
	5m	3740				34716				1375					13420	616	363			
	10m	946				2475				363		8			165					
	20m					1056														
Kas.11	Yüzey		814		132	45			176	1892					1023	165	1936		352	
	3m		715	550	264	86			52	2288					638	363	2618			
Oca.22	Yüzey			100			484	50				44	110	113			85			75
	3m			231			132	108			57		102							

Çizelge 4.2. Kayalıköy Baraj Gölü'nde, tespit edilen mikrosistin değerleri (µg/L).

Yüzey	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Microcystin-RR	0,007	0,082	0,129	0,103
Microcystin-YR	0	0,009	0,018	0,016
Microcystin-LR	0	0,001	0,017	0,012
Toplam	0,007	0,093	0,165	0,122
3 mt	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Microcystin-RR	0	0,042	0,036	0,032
Microcystin-YR	0	0,012	0,006	0,005
Microcystin-LR	0	0,007	0,004	0,001
Toplam	0	0,062	0,045	0,038
5 mt	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Microcystin-RR	0	0,008	0,023	0,006
Microcystin-YR	0	0	0,004	0,004
Microcystin-LR	0	0	0,004	0,001
Toplam	0	0,008	0,03	0,011

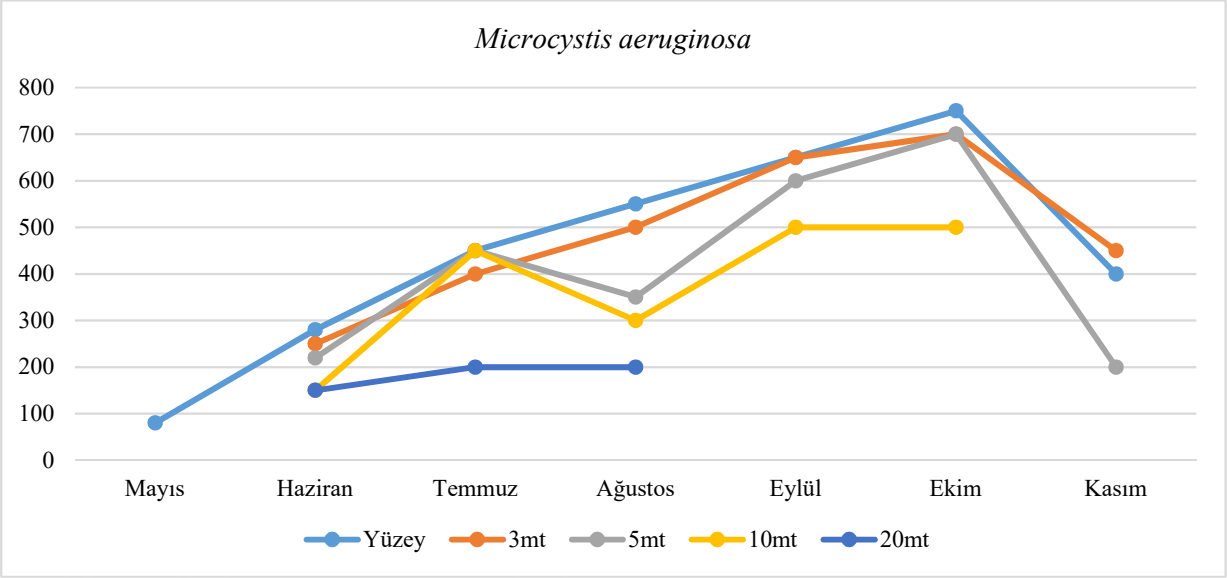
Kayalıköy Baraj Gölü'nde yapılan bu çalışmada, Mart 2021-Ocak 2022 tarihleri alınan su ve plankton örneklerinde, toplam 19 siyanobakteri taksonu tespit edilmiştir. Bu taksonlardan 14'ü literatüre göre algal toksin üretme potansiyeline sahip taksonlardan oluşmaktadır. Çalışmada tespit edilen toksin üretme potansiyeli bulunan siyanobakteri taksonlarının olası toksisiteleri ve etki biçimleri Çizelge 4.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Kayalıköy Baraj Gölünde tespit edilen toksin üretme potansiyeli bulunan siyanobakteri taksonlarının olası toksisiteleri ve etki biçimleri.

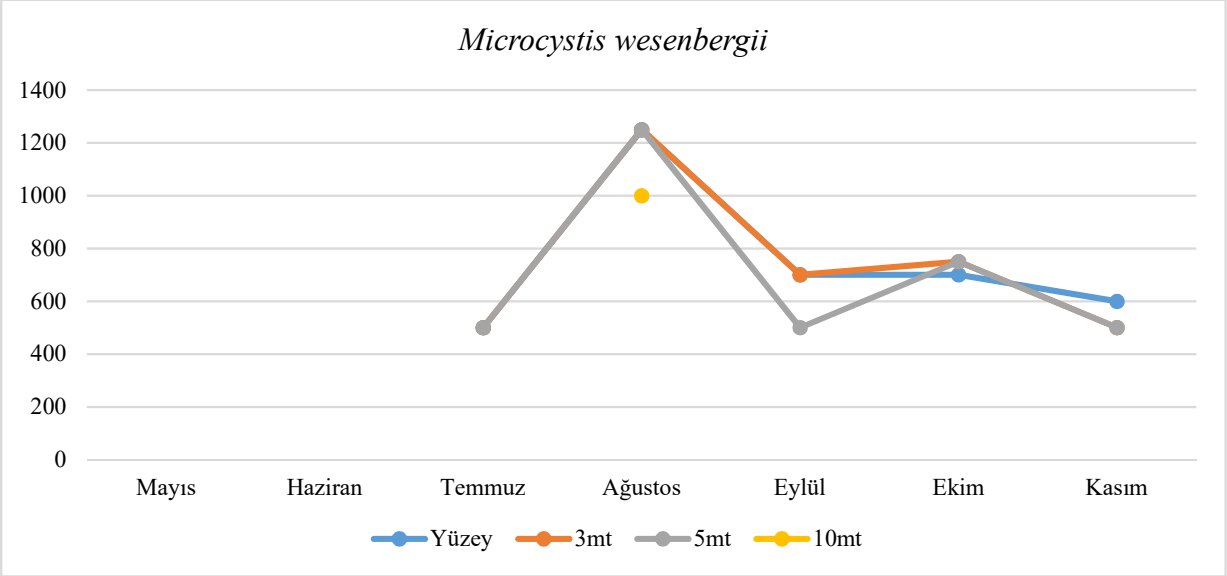
Toksin Adı	**Takson**	**Biyolojik Toksisitesi**
Anatoxin-a	*Aphanizomenon* sp.	Nörotoksik
	Anabaena sp.	
	Microcystis sp.	
β-N-methylamino-L-alanine (BMAA)	*Anabaena* sp.	Nörotoksik
	Microcystis sp.	
Cylindrospermopsin	*Anabaena* sp.	Hepatotoksik Nörotoksik Sitotoksik
	Oscillatoria sp.	
	Aphanizomenon sp.	
	Lyngbya sp.	
	Oscillatoria sp.	
Homoanatoxin-a	*Oscillatoria* sp.	Nörotoksik
	Aphanizomenon sp.	
	Anabaena sp.	
	Phormidium sp.	

Lyngbyatoxin-a	*Lyngbya* sp.	Sitotoksik Dermatotoksik
	Oscillatoria sp.	
Microcystin	*Microcystis* sp.	Hepatotoksik
	Anabaena sp.	
	Phormidium sp.	
	Aphanocapsa sp.	
	Lyngbya sp.	
	Oscillatoria sp.	
	Phormidium sp.	
Saxitoxin	*Aphanizomenon* sp.	Nörotoksik
	Anabaena sp.	
	Lyngbya sp.	

Tespit edilen taksonlardan *Microcystis*'e ait koloniler en fazla sayıda bulunurken, bunu sırasıyla *Aphanizomenon Anabaena* ve *Oscillatoria*'ya ait bireyler takip etmiştir. İpliksi taksonlarda herhangi bir değişiklik gözlenmezken *Microcystis*'e ait kolonilerin koloni çaplarında zamana bağlı olarak değişimler tespit edilmiştir. Kayalıköy Baraj Gölü'nde teşhisleri yapılan *Microcystis* cinsine ait iki türün *M. aeruginosa* ve *M. wesenbergii* türlerine ait kolonilerin çapları çalışma süresnce ölçülmüştür. *M. aeruginosa* bireylerinin bulunduğu kolonilerin çapları sonbahar aylarına doğru büyürken, *M. wesenbergii* bireylerinin bulunduğu kolonilerin çapları ise aşırı çoğalma gösterdikleri ağustos ayında yapılan ölçümlerde büyük iken sonbahar aylarına doğru koloni çapları küçülmüştür. Kayalıköy Baraj Gölü'nde tespit edilen *Microcystis aeruginosa* (Şekil 4.25.) ve *Microcystis wesenbergii'ye* (Şekil 4.26.) ait koloni çaplarındaki artış ve azalışın, derinliklere ve örnekleme aylarına göre değişimi verilmiştir.



Şekil 4.25. Kayalıköy Baraj Gölü'nde tespit edilen *Microcystis aeruginosa* türüne ait koloni çaplarındaki değişim grafiği. (Koloni çapı µm).



Şekil 4.26. Kayalıköy Baraj Gölü'nde tespit edilen *Microcystis wesenbergii* türüne ait koloni çaplarındaki değişim grafiği. (Koloni çapı µm).

BÖLÜM 5

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Kırklareli il sınırları içerisinde yer alan Kayalıköy Barajı, taşkın koruma/sulama amaçlı kullanımının yanı sıra baraj gölü Edirne şehir merkezinin içme suyu ihtiyacını da karşılamaktadır. Baraj Gölü'nde bulunan toksin üretme potansiyeline sahip siyanobakteri türlerinin tespit edilmesi ve mikrosistin varlığının araştırılması üzerine yapılan bu çalışmada, aylık olarak farklı derinliklerden su ve fitoplankton örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerde, bir alg toksini olan mikrosistin üretme potansiyeline sahip siyanobakteri türleri tespit edilmiş ve bu organizmaların ürettikleri mikrosistin varlığı ve konsantrasyonları tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca gölde yapılan örneklemelerle mikrosistin ürettiği bilinen siyanobakteri türlerinin vertikal dağılımları, bollukları ve ortamın bazı fizikokimyasal özellikleri de tespit edilmeye çalışılmıştır.

Su seviye değişimleri doğal göllere oranla çok daha fazla olan barajlar, suyu kontrol etmek, sulama, enerji üretimi, taşkın koruma ve içme suyu ihtiyacını karşılamak gibi amaçlar için insanoğlu tarafından yapılan sistemlerdir. Doğal olarak insan kontrolünde olan oldukça fazla miktardaki su seviyesindeki değişimler sucul yaşamı doğrudan ve dolaylı olarak da etkilemektedir. Kayalıköy Barajı'nda yapılan bir yıllık çalışma sonucunda buharlaşma, sulama ve içme suyu kullanımı gibi nedenlerle su seviyesinde değişimler gözlemlenmiştir.

Asıl yapılış amacı sulama ve taşkın koruma olsa da son yıllarda Edirne şehir merkezinin içme suyu ihtiyacını da karşılamaya başlayan Kayalıköy Barajı tatlı su rezervi olması açısından da oldukça önemlidir. Baraj gölündeki toksin üretme potansiyeline sahip siyanobakterilerin artışı ve mikrosistin varlığının sınır değerleri aşması hem canlılar üzerinde, hemde suyu kullanan insanlar açısından da olumsuz etkilere yol açabilir. Daha önceleri Güher ve Öterler (2021) tarafından Kayalıköy Baraj Gölü'nün zooplanktonik organizmaları taksonomik açıdan incelenmiştir. Ancak bugüne kadar herhangi bir algolojik çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle bu çalışma, Kayalıköy Baraj Gölü'nde yapılacak benzer çalışmalar için de önemli bir veri sağlamış olacaktır.

Mart 2021-Ocak 2022 tarihleri arasında aylık olarak gölde yapılan su numunesi alımlarında, siyanotoksin üretme yeteneği olan siyanobakteri türlerinin sırasıyla *Anabaena, Planktothrix, Oscillatoria* ve *Microcystis*'e ilişkin organizmalar barajda yüksek sayılarda tespit edilmiştir. Yukarıda sayılan bu türlerin çoğunun siyanoktoksin yapma yeteneğine sahip olduğu, özellikle yazın sonunda ve sonbaharın başında *Microcystis* türlerin çok fazla oranda çoğalma meydana getirdikleri ayrıca sıcak zamanlarda gelişme gösteren siyanobakteriyel çoğalmanın siyanotoksin fazlalığına sebebiyet verdiği bilinmektedir. Aynı vaziyetin, bizim çalışmamızla benzerlik göstermesi de şaşırtıcı değildir. Özellikle ağustos ve eylül aylarında baraj gölünde mikrosistin bulunması yapılan diğer çalışmalarla da tutarlı olduğunu kanıtlar niteliktedir.

Bu amaç doğrultusunda yapılan arazi çalışmamızda, Mart 2021-Ocak 2022 tarihlerinde gölde yapılan su numunesi alımlarında, çevresel faktörler, fosfor konsantrasyonu ve yüksek sıcaklık siyanobakteri artışlarına neden olacağı birçok çalışma ile belirtilmiştir (Wetzel 2001; Medrano ve ark. 2013). Yüksek besin tuzu girdisi, pH, suyun durgunluğu, yüksek sıcaklık ve beraberinde getirdiği buharlaşma gibi çevresel koşullar, göllerde ve baraj göllerinde siyanobakterilerin aşırı artışlarına neden olmaktadır. Yapılan bu çalışmada da özellikle *Microcystis* kolonileri hem yüzeyde hem de ilk 5 metre derinliklerde gözlemlenmiştir. Çalışma süresince her örnekleme döneminde ve her örnekleme derinliğinde göl suyunda bazı fiziksel ve kimyasal ölçümlerde yapılmıştır.

Canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için sucul ortamın pH'sının önemi büyüktür. pH, su kimyası üzerinde birçok etkiye sahip olduğu için, doğrudan ve dolaylı etkilerini belirlemek oldukça zordur. pH değeri, bitkisel organizmaların karbondioksit alımı gibi su ortamındaki pek çok süreci etkiler, ancak etkisi pH 8'i geçmediği sürece önemli değildir. Sucul ortamdaki pH değeri, besin tuzlarının organizmalar tarafından alınışında ve su içinde çözünürlüklerinde önemli bir faktördür. Göllerde pH değeri 8,8'i geçtikten sonra özümleme etkinliği önemli ölçüde azalır veya sınırlanır, bu nedenle pH kontrolü göl ekosistemlerinin sağlığı açısından önemlidir (Gülle, 2005).

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen pH değeri en yüksek 9,63 (Haziran), en düşük 7,59 (Ocak) ve ortalama 8,61 iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 7,85 (Mart), en düşük 7,26 (Eylül) ortalama 7,55 olarak belirlenmiştir. Meriç-Ergene Havzası'nda pH ölçümü yapılan diğer çalışmalarda, Kırklareli Baraj Gölü (8,2-9,4), Armağan Barajı Gölü (7,6-8,5), Çokal Barajı Gölü (7,9-9.3), Kadıköy Barajı (8,3-8,6), Süloğlu Baraj Gölü (8,3-8.7) Gala Gölü (8,5-8,5) olarak ölçülmüştür (Çapraz, 2021; Güher 2022, Arat 2014; Öterler ve ark. 2015). Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki pH değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen pH değerleri

Araştırma sahası	**pH**	**Kaynak**
Gökçekaya Baraj Gölü	6,99-9,43	(Kırmızıgül, 2013)
Eğrekkaya Baraj Gölü	7,2-8,1	(Alhamadi, 2014),

Demirköprü Baraj Gölü	8,8-7	(Tenekecioğlu, 2011),
Afşar Baraj Gölü	7,08-8,53	(Ayvaz vd., 2011)
Adıgüzel Baraj Gölü	7,4 -9	(Sömek, 2011)
Sarıyar Baraj Gölü	7,1-10	(Dokcan, 2010)
Selevir Baraj Gölü	7,05-9,65	(Bulut vd., 2011)
Karacaören Baraj Gölü	7,73-9,25	(Ülkü, 2016)
Bayramiç Barajı	7,96-8,51	(Döver, 2009)
Altınapa Baraj Gölü	8,15-8,99	(Aşıkkutlu, 2017)
Çamköy Barajı	8,59-9,24	(Öz, 2016)
Hacıhıdır Baraj Gölü	6,07-11,12	(Baykuş,2017)
Atatürk Barajı	8,66-9,17	(Bashdar, 2021)
Doğancı Baraj Gölü	8,09-8,81	(Atak,2022)

Sıcaklık, kimyasal tepkimelerin hızını düzenlemenin yanı sıra biyokimyasal ve fizyolojik olarak da etkili bir faktördür. "Van't Hoff Yasası"na göre, sıcaklığın 10 °C artması kimyasal tepkimelerin hızını 1,5-4 kat artırır. Bu gerçeklik Q10 faktörü olarak adlandırılır. Göl suyu sıcaklığı, gölün konumuna, mevsimlere, derinliğine, alanına, erimiş madde miktarına ve güneş enerjisi emilimine bağlı olarak değişir (Gülle, 2005). Mevsimsel veya diğer sebeplerle su sıcaklığının artması, gölde yaşayan birçok canlının geniş sıcaklık aralıklarında yaşayamaması nedeniyle, göldeki oksijen seviyesinin azalmasına ve olumsuz koşulların meydana gelmesine sebep olabilir. (Tanyolaç, 2009). Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen sıcaklık değeri en yüksek 28°C (Haziran), en düşük 10°C (Mart) ve ortalama 19°C iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 6,50°C (Mart), en düşük 14°C (Temmuz) ortalama 10,25°C olarak belirlenmiştir.

Meriç-Ergene Havzası'nda yapılan diğer sıcaklık ölçümü çalışmalara örnek verecek olursak Kırklareli Baraj Gölü (8°C -25°C), Armağan Barajı Gölü (19°C -24°C), Çokal Barajı Gölü (17,5°C -24,5°C), Kadıköy Barajı (8°C -25,5°C), Süloğlu Baraj Gölü (11°C -27°C) Gala Gölü (17,5°C -19,5°C) olarak ölçülmüştür (Çapraz, 2021; Güher 2022, Arat 2014; Öterler ve ark. 2015). Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki sıcaklık değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen sıcaklık değerleri

Araştırma sahası	**Sıcaklık (°C)**	**Kaynak**
Gökçekaya Baraj Gölü	7-16	(Kırmızıgül, 2013)
Eğrekkaya Baraj Gölü	6,1 -24,1	(Alhamadi, 2014),

Demirköprü Baraj Gölü	6-26,5	(Tenekecioğlu, 2011),
Afşar Baraj Gölü	11,7 -29,5	(Ayvaz vd., 2011)
Adıgüzel Baraj Gölü	7,2 -30	(Sömek, 2011)
Sarıyar Baraj Gölü	6,2 -31	(Dokcan, 2010)
Selevir Baraj Gölü	4 -23	(Bulut vd., 2011)
Karacaören Baraj Gölü	10,4 -28,2	(Ülkü, 2016)
Bayramiç Barajı	14,6-17,3	(Döver, 2009)
Altınapa Baraj Gölü	5,3-23,9	(Aşıkkutlu, 2017)
Çamköy Barajı	8,7-24,8	(Öz, 2016)
Hacıhıdır Baraj Gölü	2,6-31,9	(Baykuş,2017)
Atatürk Barajı	3,98 -20,24	(Bashdar, 2021)
Doğancı Baraj Gölü	10,4-22,4	(Atak,2022)

Su yataklarındaki kayaç özellikleri, yağış miktarı ve buharlaşma ile yağış arasındaki denge iç sulardaki tuzluluk değerlerini etkiler. İç sulardaki tuzluluk değerlerinin düşük olması, canlıların yaşam alanlarını da etkiler. Bazı bakteri ve algler hafif tuzluluk farklarına dayanabilirken (homiostatik), bazı ilkel bitki ve hayvan türleri ise büyük tuzluluk farklarına dayanabilir (euryhalin). Bu nedenle, türlerin morfolojisi ve yaşamsal aktiviteleri de dahil olmak üzere, ortamın tuzluluk derecesi önemli bir faktördür (Egemen ve Sunlu, 1999). Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen tuzluluk değeri en yüksek ‰0,232 (Kasım), en düşük ‰0,12 (Ekim) ve ortalama ‰0,176 iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek ‰ 0,16 (Temmuz), en düşük ‰ 0,09 (Eylül) ortalama ‰ 0,0845 olarak belirlenmiştir. Meriç-Ergene Havzası'nda yapılan diğer tuzluluk ölçümü çalışmalara örnek verecek olursak Kırklareli Baraj Gölü (‰0,1-‰0,1), Armağan Barajı Gölü (‰0,16-‰0,2), Çokal Barajı Gölü (‰0,18-‰0,22), Kadıköy Barajı ‰0,1-‰0,3), Süloğlu Baraj Gölü (‰0,04-‰0,04) Gala Gölü (‰0,09-‰0,1) olarak ölçülmüştür (Çapraz, 2021; Güher 2022, Arat 2014; Öterler ve ark. 2015). Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki tuzluluk değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen tuzluluk değerleri

Araştırma sahası	**Tuzluluk (‰)**	**Kaynak**
Eğrekkaya Baraj Gölü	0,1-0,3	(Alhamadi, 2014),
Adıgüzel Baraj Gölü	0,3-0,6	(Sömek, 2011)

Sarıyar Baraj Gölü	0,10-0,78	(Dokcan, 2010)
Karacaören Baraj Gölü	0,1-04	(Ülkü, 2016)

Suyun elektrik akımını iletebilme kapasitesi olarak tanımlanan elektriksel iletkenlik, çözeltinin elektrik akımına karşı gösterdiği direnci ifade eder. Bu özellik, suda iyonize olan maddelerin konsantrasyonuna ve sıcaklığına bağlı olarak değişir. İyonların yer değiştirme hızı, sıcaklıkla doğrudan ilişkilidir. Yeni damıtılmış suyun iletkenliği yaklaşık olarak 0.5-2 µS/cm'dir, ancak zamanla havadaki karbondioksitin su tarafından absorbe edilmesi sonucu bu değer 2-4 µS/cm'ye yükselir. Elektriksel iletkenlik değeri, suda çözünen maddelerin miktarıyla belirli bir orantıya sahiptir ve bu özellik suların sınıflandırılmasında kullanılabilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen elektriksel iletkenlik değeri en yüksek 530 µS/cm (Kasım), en düşük 183 µS/cm (Nisan) ve ortalama 356,5 µS/cm iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 220 µS/cm (Temmuz), en düşük 164 µS/cm (Mart) ortalama 192 µS/cm olarak belirlenmiştir.15/04/2015 tarihinde yayımlanan "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre, çeşitli amaçlarla kullanılan göl, gölet ve baraj rezervuarlarının kalite özellikleri ve sınıflandırılması için belirli değerler belirlenmiştir ve elektriksel iletkenlik değerlerine göre Kayalıköy Baraj Gölü I. Sınıf sulara girmektedir.

Meriç-Ergene Havzası'nda yapılan diğer sıcaklık ölçümü çalışmalara örnek verecek olursak Kırklareli Baraj Gölü (223 µS/cm-273 µS/cm), Armağan Barajı Gölü (366 µS/cm -386 µS/cm), Çokal Barajı Gölü (412 µS/cm- 493 µS/cm), Kadıköy Barajı (375 µS/cm -700 µS/cm), Süloğlu Baraj Gölü (243 µS/cm -261 µS/cm) Gala Gölü (158 µS/cm -280 µS/cm) olarak ölçülmüştür (Çapraz, 2021; Güher 2022, Arat 2014; Öterler ve ark. 2015). Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki elektriksel iletkenlik değerleri çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri

Araştırma sahası	**Elektriksel iletkenlik (µS/cm)**	**Kaynak**
Gökçekaya Baraj Gölü	623-891	(Kırmızıgül, 2013)
Eğrekkaya Baraj Gölü	144-217	(Alhamadi, 2014),
Afşar Baraj Gölü	472-588	(Ayvaz vd., 2011)
Adıgüzel Baraj Gölü	638-1172	(Sömek, 2011)
Selevir Baraj Gölü	227-358	(Bulut vd., 2011)
Karacaören Baraj Gölü	287-396	(Ülkü, 2016)

Altınapa Baraj Gölü	284-362	(Aşıkkutlu, 2017)
Çamköy Barajı	736-2237	(Öz, 2016)
Hacıhıdır Baraj Gölü	332-594	(Baykuş,2017)
Atatürk Barajı	347-435	(Bashdar, 2021)
Doğancı Baraj Gölü	337-481	(Atak,2022)

Sudaki metabolik olaylar için hayati öneme sahip olan oksijen, aynı zamanda suyun kalitesini de belirleyen önemli bir faktördür. Su ortamındaki oksijen seviyesi, havadaki seviyesine kıyasla daha azdır çünkü oksijenin suda çözünürlüğü düşüktür. (Tanyolaç, 2009). Oksijen, su içindeki canlıların aerobik metabolizması için gerekli olan en önemli çözünmüş gazdır. Su sıcaklığı düştükçe, çözünmüş oksijen miktarı artar. Göletlerde, suyun sıcaklığı ve ışık koşullarına bağlı olarak, oksijen doygunluğu farklı saatlerde değişebilir. (Cirik ve Cirik, 1995).

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen çözünmüş oksijen değeri en yüksek 13,44 mg/L (Haziran 2021), en düşük en düşük 7,63 mg/L (Ağustos 2021) ve ortalama 10,54 mg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 10,13 mg/L (Mart), en düşük 3,23 mg/L (Temmuz) ortalama 6,68 mg/L olarak belirlenmiştir. 15/04/2015 tarihinde yayımlanan "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği"ne göre, çeşitli amaçlarla kullanılan göl, gölet ve baraj rezervuarlarının kalite özellikleri ve sınıflandırılması için belirli değerler belirlenmiştir ve çözünmüş oksijen değerlerine göre Kayalıköy Baraj Gölü I. Sınıf sulara girmektedir. Meriç-Ergene Havzası'nda yapılan diğer oksijen çözünürlüğü ölçümü çalışmalara örnek verecek olursak Kırklareli Baraj Gölü (8,1-11,2 mg/L), Armağan Barajı Gölü (7,9-11 mg/L), Çokal Barajı Gölü (7,2-10,5 mg/L), Kadıköy Barajı (7,2-12,8 mg/L), Süloğlu Baraj Gölü (8,1-10,1 mg/L) Gala Gölü (14,5-16,1 mg/L) olarak ölçülmüştür (Çapraz, 2021; Güher 2022, Arat 2014; Öterler ve ark. 2015) Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki çözünmüş oksijen değerleri çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen çözünmüş oksijen değerleri

Araştırma sahası	**Çözünmüş Oksijen (mg/L)**	**Kaynak**
Gökçekaya Baraj Gölü	0,6-7,58	(Kırmızıgül, 2013)
Eğrekkaya Baraj Gölü	4.0- 9.2	(Alhamadi, 2014),
Afşar Baraj Gölü	5,2-10,7	(Ayvaz vd., 2011)
Adıgüzel Baraj Gölü	0,8 - 20,0	(Sömek, 2011)
Sarıyar Baraj Gölü	4,7-12,9	(Dokcan, 2010)

Selevir Baraj Gölü	7-10	(Bulut vd., 2011)
Karacaören Baraj Gölü	4,20-16,35	(Ülkü, 2016)
Altınapa Baraj Gölü	6,8-12,88	(Aşıkkutlu, 2017)
Çamköy Barajı	7,40-10,84	(Öz, 2016)
Hacıhıdır Baraj Gölü	3,91-18,15	(Baykuş,2017)
Atatürk Barajı	8,49-14,47	(Bashdar, 2021)
Doğancı Baraj Gölü	8,34-10,9	(Atak,2022)

Klorofil, fotosentez yoluyla bitkilerde ve diğer organizmalarda enerji üretiminde kullanılan yeşil renkli bir pigmenttir. Klorofil-a, bitkilerde en yaygın olan ana pigmenttir. Ayrıca, planktonik alglerin kütle ölçümlerinde bir gösterge olarak kullanılabilir, çünkü bu alglerin kuru kütlesinin %1-2'sini oluşturur. Klorofil, porfirin halkasından oluşan dört pirol grubu ve merkezinde magnezyum atomu içeren bir kimyasal bileşiktir (Egemen, 2011).

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen klorofil-*a* değeri en yüksek 42,18 µg/L (Eylül 2021), en düşük en düşük 0,652 µg/L (Ocak 2022) ve ortalama 21,416 mg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 11,12 µg/L (Mart), en düşük 0,00 µg/L (Temmuz) ortalama 5,56 µg/L olarak belirlenmiştir. 15/04/2015 tarihinde yayımlanan "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği"ne göre, çeşitli amaçlarla kullanılan göl, gölet ve baraj rezervuarlarının kalite özellikleri ve sınıflandırılması için belirli değerler belirlenmiştir ve klorofil-*a* değerlerine göre Kayalıköy Baraj Gölü hipertrofik göl seviyesine girmektedir. Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki klorofil-*a* değerleri çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen klorofil-*a* değerleri

Araştırma sahası	**Klorofil-*a* (µg/L)**	**Kaynak**
Demirköprü Baraj Gölü	0,44-71,12	(Tenekecioğlu, 2011),
Afşar Baraj Gölü	0,2-49,5	(Ayvaz vd., 2011)
Karacaören Baraj Gölü	0,17-54,07	(Ülkü, 2016)
Altınapa Baraj Gölü	2,77-8,35	(Aşıkkutlu, 2017)
Çamköy Barajı	4,81 9,32	(Öz, 2016)
Hacıhıdır Baraj Gölü	0,35-9,751	(Baykuş,2017)
Atatürk Barajı	5,03-7,87	(Bashdar, 2021)
Doğancı Baraj Gölü	1,498-53,192	(Atak, 2022)

TDS, "Toplam Çözünmüş Katı Madde" anlamına gelir ve suyun içindeki çeşitli minerallerin ve tuzların toplam konsantrasyonunu ölçmek için kullanılan bir parametredir. TDS, suyun tadının ve görünümü yanında kalitesi üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. TDS ölçümü, su arıtma sistemlerinin verimliliğini ve su kalitesini kontrol etmek için de kullanılır (Wetzel, 2001)

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen TDS değeri en yüksek 257 mg/L (Kasım 2021), en düşük en düşük 90,57 mg/L (Nisan 2022) ve ortalama 173,59 mg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 152 mg/L (Temmuz 2021), en düşük 80,87 mg/L (Mart 2021) ortalama 116,44 mg/L olarak belirlenmiştir. 15/04/2015 tarihinde yayımlanan "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği"ne göre, çeşitli amaçlarla kullanılan göl, gölet ve baraj rezervuarlarının kalite özellikleri ve sınıflandırılması için belirli değerler belirlenmiştir ve TDS değerlerine göre Kayalıköy Baraj Gölü I. Sınıf sulara girmektedir. Meriç-Ergene Havzası'nda yapılan diğer oksijen çözünürlüğü ölçümü çalışmalara örnek verecek olursak Kırklareli Baraj Gölü (110-134 mg/L), Armağan Barajı Gölü (166-191 mg/L), Çokal Barajı Gölü (186-222 mg/L), Kadıköy Barajı (110-300 mg/L), Süloğlu Baraj Gölü (40-40 mg/L) Gala Gölü (95-110 mg/L) olarak ölçülmüştür (Çapraz, 2021; Güher 2022, Arat 2014; Öterler ve ark. 2015) Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki TDS değerleri çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen TDS değerleri

Araştırma sahası	**TDS (mg/L)**	**Kaynak**
Çaygören Baraj Gölü	250-446	(Sevindik, 2009)
Karacaören Baraj Gölü	136-237	(Ülkü, 2016)
Atatürk Barajı	226-283	(Bashdar, 2021)

Göllerdeki sodyum seviyeleri, gölün türüne ve yerel iklim koşullarına bağlı olarak değişebilir. Bazı göller doğal olarak yüksek sodyum seviyelerine sahipken, diğerleri düşük sodyum seviyelerine sahip olabilir. Sodyum eksikliği olan göller, genellikle tatlı su gölleri olup, su içindeki sodyum seviyesi çok düşük olduğunda su ekosistemleri için sorunlar yaratabilir. Bu durum su ekosistemlerindeki canlıların normal büyüme ve gelişmelerini engelleyebilir ve sucul bitkilerin büyümesini etkileyebilir. Bununla birlikte, sodyumun yüksek seviyeleri olan göller de bazı sorunlar yaratabilir. Göllerde aşırı sodyum seviyeleri, canlıların normal hayatlarını etkileyebilir ve bazı türlerin gölde yaşamasını zorlaştırabilir. Örneğin, yüksek sodyum seviyeleri, sucul bitkilerin büyümesini ve yayılmasını engelleyebilir ve bazı tatlı su balıklarının gölde yaşamalarını zorlaştırabilir (Tanyolaç 2009).

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen Sodyum değeri en yüksek 12107,054 µg/L (Mayıs 2021), en düşük 2066,950 µg/L (Nisan 2021) ve ortalama 7225,147 mg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 7946,752 µg/L (Temmuz 2021), en düşük 1355,453 µg/L (Mart 2021) ortalama 4651,103 µg/L olarak belirlenmiştir. Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki sodyum değerleri çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen Sodyum değerleri

Araştırma sahası	**Sodyum (mg/L)**	**Kaynak**
Selevir Baraj Gölü	6,39	(Bulut vd., 2011)
Demirköprü Baraj Gölü	1,02-84,04	(Tenekecioğlu, 2011)
Karacaören Baraj Gölü	1,89-3,82	(Ülkü, 2016)

Magnezyumun varlığı, suyun kimyasal özelliklerine ve canlıların hayatta kalma şansına etki eder. Magnezyum, suyun pH'ını kontrol eder ve sudaki minerallerin çözünürlüğünde etkilidir. Magnezyum eksikliği, sudaki pH'ın düşük olmasına neden olabilir. Bu durum, sucul bitkilerin büyümesini engeller ve balık populasyonlarının azalmasına neden olur. Diğer yandan, magnezyum fazlalığı, suyun pH'ını artırıbalir ve su kalitesini olumsuz etkiler. Bu durum, göl ekosisteminde bazı bitki ve hayvan türleri için uygun olmayabilir (Wetzel 2001).

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen Magnezyum değeri en yüksek 9003,197 µg/L (Kasım 2021), en düşük 1370,304 µg/L (Ocak 2022) ve ortalama 5186,751 µg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 11872,142 µg/L (Ekim 2021), en düşük 2170,021 µg/L (Nisan 2021) ortalama 7021,082 µg/L olarak belirlenmiştir.

Meriç-Ergene Havzası'nda yapılan diğer magnezyum ölçümü çalışmalara örnek verecek olursak Kırklareli Baraj Gölü (4,3-11,4 mg/L), Armağan Barajı Gölü (0,0-12,1 mg/L), Çokal Barajı Gölü (0,0-11,6 mg/L), Kadıköy Barajı (22,5-32,5 mg/L), Süloğlu Baraj Gölü (12,2-14,3 mg/L) Gala Gölü (54,3-90,5 mg/L) olarak ölçülmüştür (Çapraz, 2021) Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki magnezyum değerleri çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen magnezyum değerleri

Araştırma sahası	**Magnezyum (mg/L)**	**Kaynak**
Demirköprü Baraj Gölü	13,70-59,10	(Tenekecioğlu, 2011),
Selevir Baraj Gölü	22,22	(Bulut vd., 2011)

Sarıyar Baraj Gölü	1,21-36,2	(Dokcan, 2010)
Karacaören Baraj Gölü	6,8-27,8	(Ülkü, 2016)
Altınapa Baraj Gölü	14,7-20,5	(Aşıkkutlu, 2017)
Doğancı Baraj Gölü	13,6-26,1	(Atak,2022)

Alüminyum, yer kabuğunda en yaygın üçüncü element olmasına rağmen, suda nadiren bulunur. Alüminyum toprak ve kayalardan suya sızarak girebilir ve suda çok düşük konsantrasyonlarda bile renk değişikliklerine neden olabilir. Suda 0,1-0,2 mg/L'yi aşması durumunda olumsuz etkilere neden olabilir. Alüminyum, insanlar için temel bir besin maddesi değildir. (Güler ve Çobanoğlu, 1997)

Bu çalışmada, Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen Alüminyum değeri en yüksek 215,892 µg/L (Kasım 2021), en düşük 11,314 µg/L (Temmuz 2021) ve ortalama 113,603 µg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 64,223 µg/L (Haziran 2021), en düşük 2,959 µg/L (Ekim 2021) ortalama 33,591 µg/L olarak belirlenmiştir. Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki alüminyum değerleri çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen alüminyum değerleri

Araştırma sahası	**Alüminyum(µg /L)**	**Kaynak**
Altınapa Baraj Gölü	0	(Aşıkkutlu, 2017)
Doğancı Baraj Gölü	10-741	(Atak,2022)

Potasyum, göllerdeki canlılar için önemli bir besin elementidir. Potasyum, bitkilerde fotosentezde kullanılan bir besin elementidir ve bu nedenle su bitkileri için hayati önem taşır. Ayrıca, potasyum, bazı su organizmaları için metabolizmanın düzgün bir şekilde çalışması için gereklidir. Ancak, potasyumun yüksek konsantrasyonları su kalitesini olumsuz etkileyebilir ve bazı canlılar için toksik olabilir. Yüksek potasyum konsantrasyonları, su bitkilerinin aşırı büyümesine ve göldeki diğer organizmaların yaşam alanlarının azalmasına neden olabilir. Bu sebepten potasyum seviyelerinin göl ekosistemleri için optimum seviyelerde tutulması önemlidir (Wetzel 2001).

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen Potasyum değeri en yüksek 67373,764 µg/L (Kasım 2021), en düşük 728,21 µg/L (Ocak 2022) ve ortalama 34050,99 µg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 76684,933 µg/L (Temmuz 2021), en düşük 457,52 µg/L (Mart 2021) ortalama 38571,23 µg/L olarak belirlenmiştir. Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki potasyum değerleri çizelge 4.14.'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen potasyum değerleri

Araştırma sahası	**Potasyum (mg /L)**	**Kaynak**
Demirköprü Baraj Gölü	0,05-11,70	(Tenekecioğlu, 2011),
Selevir Baraj Gölü	2,11	(Bulut vd., 2011)
Karacaören Baraj Gölü	0,54-0,87	(Ülkü, 2016)

Kalsiyum alglerin büyümesi için önemli bir elementtir ve organojenik kayalıklar biyosferdeki en önemli kalsiyum kaynaklarındandır. Kalsiyum ayrıca volkanik kayalarda da bulunabilir. Karbonat ve bikarbonat şeklindeki sucul ekosistemlere ve denizlere taşınan kalsiyum, yağmur suları tarafından bu kaynaklardan çözülür. Denizlerdeki kalsiyum yoksunluğu, kalsiyum açısından zengin nehirler tarafından taşınan sularla dengelenir (Egemen, 2011)

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen Kalsiyum değeri en yüksek 22622,822 µg/L (Kasım 2021), en düşük 2635,441 µg/L (Ocak 2022) ve ortalama 12629,13 µg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 20719,481 µg/L (Mayıs 2021), en düşük 4082,791 µg/L (Mart 2021) ortalama 12401,14 µg/L olarak belirlenmiştir.

Meriç-Ergene Havzası'nda yapılan diğer kalsiyum ölçümü çalışmalara örnek verecek olursak Kırklareli Baraj Gölü (15,5-28,9,4 mg/L), Armağan Barajı Gölü (28,1-44,8 mg/L), Çokal Barajı Gölü (14,4-32,1 mg/L), Kadıköy Barajı (4,5-45 mg/L), Süloğlu Baraj Gölü (25,5-31,9 mg/L) Gala Gölü (78,1-88,1 mg/L) olarak ölçülmüştür (Çapraz, 2021) Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki kalsiyum değerleri çizelge 4.15.'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen kalsiyum değerleri

Araştırma sahası	**Kalsiyum (mg/L)**	**Kaynak**
Demirköprü Baraj Gölü	5,6-227,40	(Tenekecioğlu, 2011),
Selevir Baraj Gölü	30,51	(Bulut vd., 2011)
Adıgüzel Baraj Gölü	380	(Sömek, 2011),
Sarıyar Baraj Gölü	0,56-70	(Dokcan, 2010)
Karacaören Baraj Gölü	19,24-56,9	(Ülkü, 2016)
Altınapa Baraj Gölü	49,8-75,3	(Aşıkkutlu, 2017)
Doğancı Baraj Gölü	30,8-54,6	(Atak,2022)

Mangan, atmosferik olaylar ve topraktan kaynaklanan çözünmeler sonucu sulara geçer. Genellikle suda çok az miktarda bulunur ve miktarı 0,3 mg/L'yi geçmez. Mangan, özellikle göller ve barajlar gibi yüzey sularında çamurun dibinde bulunur ve indirgeyici ortamda çamurdan suya geçer. Suyun mangan konsantrasyonu 0,5 mg/L'nin üzerine çıktığında kötü bir tat oluşur (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen mangan değeri en yüksek 18,75 µg/L (Kasım 2021), en düşük 1,482 µg/L (Nisan 2021) ve ortalama 10,116 µg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 23,231 µg/L (Ekim 2021), en düşük 0,246 µg/L (Nisan 2021) ortalama 11,73 µg/L olarak belirlenmiştir. Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki mangan değerleri çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen mangan değerleri

Araştırma sahası	**Mangan (µg /L)**	**Kaynak**
Altınapa Baraj Gölü	0,00-10,202	(Aşıkkutlu, 2017)
Doğancı Baraj Gölü	3,02-126	(Atak,2022)

Arsenik, su kaynaklarına sanayi atıkları, maden çalışmaları, tarım ve ilaçlama işlemleri, doğal kaynaklar ve diğer çevresel faktörler tarafından yayılır. Arsenik insan sağlığı için ciddi bir risk oluşturabilir ve içme suyundaki yüksek seviyeleri, kanser, cilt hastalıkları, kalp hastalıkları ve diğer sağlık sorunlarına sebep olur. Arsenik ayrıca su ekosistemlerinde yaşayan canlılar için de zehirleyici ve ölümcül kabul edilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997)

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen arsenik değeri en yüksek 1,49 µg/L (Kasım 2021), en düşük 0,127 µg/L (Mart 2021) ve ortalama 0,808 µg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 1,241 µg/L (Ekim 2021), en düşük 0,024 µg/L (Mart 2021) ortalama 0,632µg/L olarak belirlenmiştir. Ülkemizin baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalara da değinecek olursak arsenik değerleri örneğin, Doğancı Baraj Gölü 0,5-6,14 µg/L (Atak,2022) olarak ölçülmüştür.

Kadmiyum, galvanize boruların korozyonu, plastik endüstrisinde stabilizatör olarak kullanımı ve diğer endüstriyel atıkların karışması sonucu sucul ortamlara toksik etkide bulunabilir. Kadmiyumun bağırsak ve akciğerler tarafından emilimi düşüktür ancak emildiğinde kalsiyum, demir, çinko ve protein eksikliğine neden olabilir. (Güler ve Çobanoğlu, 1997)

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen kadmiyum değeri en yüksek 0,436 µg/L (Temmuz 2021), en düşük 0,01 µg/L (Nisan 2021) ve ortalama 0,223 µg/L

iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 0,259 µg/L (Ekim 2021), en düşük 0,005 µg/L (Nisan 2021) ortalama 0,132µg/L olarak belirlenmiştir. Ülkemizin baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalara da değinecek olursak kadmiyum değerleri örneğin, Doğancı Baraj Gölü 0,5-6,14 µg/L (Atak,2022) olarak ölçülmüştür.

Klorür tuzları, yüksek çözünürlüklerinden dolayı doğal suların yanı sıra normal ve kirli suların en yaygın iyonlarından biridir. Normal suların klorür konsantrasyonu 1 mg/L'den birkaç bin mg/L'ye kadar değişebilir. Klorür konsantrasyonu yeraltı sularında sadece yağmura bağlı olarak azalır. Bu nedenle, klorür konsantrasyonu, kaynak sularının incelenmesinde bir kriter olarak kabul edilir. Tat eşiği içme sularında 200-300 mg/L kabul edilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen klorür değeri en yüksek 56,381 mg/L (Ekim 2021), en düşük 8,785 mg/L (Mayıs 2021) ve ortalama 32,58 mg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 70,255 mg/L (Temmuz 2021), en düşük 6,315 mg/L (Mayıs 2021) ortalama 38,28 mg/L olarak belirlenmiştir. Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki klorür değerleri çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen klorür değerleri

Araştırma sahası	**Klorür (mg/L)**	**Kaynak**
Demirköprü Baraj Gölü	14,2-56,10	(Tenekecioğlu, 2011),
Karacaören Baraj Gölü	7,49-13,83	(Ülkü, 2016)
Altınapa Baraj Gölü	1,67-5,17	(Aşıkkutlu, 2017)
Doğancı Baraj Gölü	3,5-11,5	(Atak,2022)

Biyolojik oksidasyonda amonyumdan nitrata doğru ilerleyen süreçte ara bir ürün olarak nitrit ortaya çıkar. Nitrit genellikle doğal sular ve balık çiftliklerinde düşük konsantrasyonlarda bulunur, ancak organik kirlilik ve düşük oksijen seviyelerinin olduğu alanlarda yüksek konsantrasyonlara ulaşabilir. (Egemen ve Sunlu, 1999)

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen nitrit değeri en yüksek 0,138 mg/L (Temmuz 2021), en düşük 0,001 mg/L (Eylül 2021) ve ortalama 0,069 mg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 0,127 mg/L (Haziran 2021), en düşük 0,003 mg/L (Eylül 2021), ortalama 0,065 mg/L olarak belirlenmiştir. 15/04/2015 tarihinde yayımlanan "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği"ne göre, çeşitli amaçlarla kullanılan göl, gölet ve baraj rezervuarlarının kalite özellikleri ve sınıflandırılması için belirli değerler belirlenmiştir ve nitrit değerlerine göre Kayalıköy Baraj Gölü I. Sınıf sulara girmektedir. Meriç-Ergene Havzası'nda yapılan diğer nitrit ölçümü çalışmalara örnek

verecek olursak Kırklareli Baraj Gölü (0,00-0,04 mg/L), Armağan Barajı Gölü (0,005-0,011 mg/L), Çokal Barajı Gölü (0,00-0,004 mg/L), Kadıköy Barajı (0,05-0,55 mg/L), Süloğlu Baraj Gölü (0,004-0,01 mg/L) Gala Gölü (0,00-0,07 mg/L) olarak ölçülmüştür (Çapraz, 2021). Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki nitrit değerleri çizelge 4.18.' de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen nitrit değerleri

Araştırma sahası	**Nitrit (mg/L)**	**Kaynak**
Demirköprü Baraj Gölü	0,00-0,176	(Tenekecioğlu, 2011),
Selevir Baraj Gölü	0,0015-0,0025	(Bulut vd., 2011)
Sarıyar Baraj Gölü	0,02-0,96	(Dokcan, 2010)
Karacaören Baraj Gölü	0,00-0,52	(Ülkü, 2016)
Altınapa Baraj Gölü	0,003-0,029	(Aşıkkutlu, 2017)

Dünya genelinde nitrat, çoğunlukla temiz tatlı sularda düşük konsantrasyonlarda bulunur ve ortalama değeri 0.30 ppm'dir. Nitrat, canlıların devamı ve verimi için önemli bir azot kaynağıdır, ancak sucul ortamlarda seller ve organik kirlilik gibi faktörler nedeniyle yüksek seviyelere çıkabilir. Nitrat, sucul ekosistemlere bakteriyel nitrifikasyonun bir yan ürünü olarak katılır. Nitrat yeşil bitkiler tarafından tüketilir ayrıca azot bakterilerle denitrifikasyon yoluyla ortamdan çıkarılır veya amonyak redüksiyonu yoluyla yok olur (Tanyolaç, 2009).

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen nitrat değeri en yüksek 4,794 mg/L (Mayıs 2021), en düşük 0,056 mg/L (Eylül 2021) ve ortalama 2,425 mg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 3,892 (Haziran 2021), en düşük 0,00 mg/L (Eylül 2021), ortalama 1,946 mg/L olarak belirlenmiştir. 15/04/2015 tarihinde yayımlanan "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği"ne göre, çeşitli amaçlarla kullanılan göl, gölet ve baraj rezervuarlarının kalite özellikleri ve sınıflandırılması için belirli değerler belirlenmiştir ve nitrat değerlerine göre Kayalıköy Baraj Gölü I. Sınıf sulara girmektedir.

Meriç-Ergene Havzası'nda yapılan diğer nitrat ölçümü çalışmalara örnek verecek olursak Kırklareli Baraj Gölü (0,2-1,8 mg/L), Armağan Barajı Gölü (0,00-0,32 mg/L), Çokal Barajı Gölü (0,00-0,02 mg/L), Kadıköy Barajı (1,96-6,47 mg/L), Süloğlu Baraj Gölü (3,7-4,3 mg/L) Gala Gölü (1,11-4,45 mg/L) olarak ölçülmüştür (Çapraz, 2021). Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki nitrat değerleri çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen nitrat değerleri

Araştırma sahası	**Nitrat (mg/L)**	**Kaynak**
Demirköprü Baraj Gölü	0,00-9,06	(Tenekecioğlu, 2011),
Selevir Baraj Gölü	0,354-0,963	(Bulut vd., 2011)
Sarıyar Baraj Gölü	0,02-0,94	(Dokcan, 2010)
Karacaören Baraj Gölü	0,00-0,45	(Ülkü, 2016)
Altınapa Baraj Gölü	0,02-1,2	(Aşıkkutlu, 2017)

Fosfat hem organik hem de inorganik formlarda doğal suların bitki ve hayvan gelişiminde önemli bir elementtir. Ancak, alkali topraklarda çözünürlüğü düşük olduğundan, su ortamındaki miktarı sınırlandırılmıştır. Fosfat doğal olarak kayalardan ve topraktan suya karışabilirken, insan kaynaklı gübreler ve endüstriyel atıklar da suya fosfat ekleyebilir. Fosfatın sucul ekosistemlerde aşırı miktarda bulunması alglerin hızlı bir şekilde büyümesine neden olabilir ve bu da içme suyunda tat ve koku sorunlarına yol açabilir. Yüzey sularındaki fazlalık, aşırı alg çoğalması sonucu diğer canlıların yaşamını olumsuz etkileyebilir. (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Bu çalışmada, Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen fosfat değeri en yüksek 0,811 mg/L (Mayıs 2021), en düşük 0,000 mg/L (Temmuz 2021) ve ortalama 0,405 mg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 0,79 mg/L (Mayıs 2021), en düşük 0,000 mg/L (Temmuz 2021), ortalama 0,385 mg/L olarak belirlenmiştir. 15/04/2015 tarihinde yayımlanan "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği"ne göre, çeşitli amaçlarla kullanılan göl, gölet ve baraj rezervuarlarının kalite özellikleri ve sınıflandırılması için belirli değerler belirlenmiştir ve fosfat değerlerine göre Kayalıköy Baraj Gölü I. Sınıf sulara girmektedir. Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki fosfat değerleri çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen fosfat değerleri

Araştırma sahası	**Fosfat (mg/L)**	**Kaynak**
Sarıyar Baraj Gölü	0,02-1,00	(Dokcan, 2010)
Karacaören Baraj Gölü	<0,010 -0,1	(Ülkü, 2016)
Altınapa Baraj Gölü	0,009-0,024	(Aşıkkutlu, 2017)
Doğancı Baraj Gölü	0,03-0,33	(Atak,2022)

Sülfat, yağmur ve sülfat içeren sedimanlar aracılığıyla suya karışır ve yüzey sularında az miktarda bulunur. Kuzey Amerika'daki tatlı sularının ortalamasında sülfat yaklaşık %15 olarak ölçülmüştür. Sülfatın doğal sular için önemli bir işlevi bitki büyümesi için gerekli bir element olmasıdır. Ancak sucul ortamda yeterli sülfat bulunmaması fitoplankton gelişimini engelleyebilir ve bu durum biyolojik verimlilikte düşüşe neden olabilir. Sülfür protein metabolizması için de önemli olan sülfat, organizma büyümesine katkıda bulunur. Bazı göllerde sülfatın mevsimsel olarak sonbaharda azaldığı ve ilkbaharda arttığı tespit edilmiştir (Tanyolaç, 2009).

Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen sülfat değeri en yüksek 17,168 mg/L (Mayıs 2021), en düşük 14,593 mg/L (Mart 2021) ve ortalama 15,88 mg/L iken, 20 metre derinlikteki suda en yüksek 16,489 mg/L (Haziran 2021), en düşük 9,984 mg/L (Nisan 2021), ortalama 13,23 mg/L olarak belirlenmiştir. Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki sülfat değerleri çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen sülfat değerleri

Araştırma sahası	**Sülfat (mg/L)**	**Kaynak**
Selvir Baraj Gölü	8	(Bulut vd., 2011)
Demirköprü Baraj Gölü	1,70-85,3	(Tenekecioğlu, 2011)
Karacaören Baraj Gölü	13,26-40,43	(Ülkü, 2016)
Altınapa Baraj Gölü	17-30	(Aşıkkutlu, 2017)
Doğancı Baraj Gölü	9,7-19,7	(Atak,2022)

Suyun saydamlığı, yüzey sularının durumu, yer ve zaman gibi faktörlere bağlı olarak ışığın suya nüfuzu değişkenlik gösterir ve genellikle gelen ışığın %3-50'si yansır. Ayrıca, nüfuz eden ışığın büyük bir kısmı hızla emilir. (Egemen, 2011). Bu çalışmada Kayalıköy Baraj Gölü yüzey suyunda belirlenen seki diski görünürlüğü değeri en yüksek 220 cm (Haziran 2021), en düşük 25 cm (Mart 2021) ve ortalama 79,3 cm olarak belirlenmiştir. Ülkemizde baraj göllerinde yapılan diğer araştırmalardaki seechi disk değerleri 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen seechi disk değerleri

Araştırma sahası	**Seechi disk (m)**	**Kaynak**
Selevir Baraj Gölü	1,8-4,2	(Bulut vd., 2011)
Demirköprü Baraj Gölü	0,27-7,11	(Tenekecioğlu, 2011)

Afşar Baraj Gölü	0,26-3,12	(Ayvaz vd., 2011),
Sarıyar Barajı	0,62-2	(Dokcan, 2010)
Karacaören Baraj Gölü	1-5	(Ülkü, 2016)
Altınapa Baraj Gölü	1,93-3,08	(Aşıkkutlu, 2017)
Doğancı Baraj Gölü	0,10-1,40	(Atak,2022)

Ülkemizde ve dünyada yapılan benzer çalışmalarda mikrosistin konsantrasyonunun yüzey sularında en fazla şekilde bulunduğu görülürken, bu sonuçlar bizim çalışmamızla paralellik göstermiştir. Türkiye'de siyanotoksin çalışmalarının yapıldığı diğer göller ile mukayese edildiğinde Kayalıköy Baraj Gölü 13.62 km^2 kadar bir alana sahiptir. Litoral zonunda fazla bitkisel madde bulunmaması, dolgu kaya tipinde zemin yapısına sahip olması, çok derin olmaması ve çevresinde yoğun tarım faaliyetlerinin bulunmaması sebebiyle, Kayalıköy Baraj Gölü'nün aşırı alg çoğalması için uygun koşulları sağlamadığı düşünülse de yaz başından itibaren sonbahar ortasına kadar siyanobakteri artışları görülmektedir. Kayalıköy Barajı'nda yüzeyden itibaren ilk 5 metrelik derinlikte *Microcystis* kolonilerine, *Aphanizomenon* ve *Anabaena* flamentlerine (iplik) rastlanmış olması özellikle, su sıcaklığı ve ışığın miktarının fazlalığına bağlı olabilir. Gölde siyanobakteri artışı olmasına rağmen toksin üretimi yüksek değildir. Ayrıca sonbahar aylarında kıyılarda "scum" denilen siyanobakteri kitleleri de gözlenmiştir.

Ülkemizin diğer baraj göllerinde araştırması yapılan mikrosistin-LR değerleri çizelge 4.23'te verilmiştir. Bu değerler Kayalıköy Barajı'nda yapılan ölçümlerin üzerindedir.

Çizelge 4.23. Ülkemizdeki bazı baraj göllerinde ölçülen mikrosistin değerleri

Araştırma sahası	**Mikrosistin değerleri (µg/L)**	**Kaynak**
Sapanca Gölü	3,65	Albay vd., 2003
Ömerli Barajı	2,1	Albay vd., 2003
Taşkısığı Gölü	2,43	Albay vd., 2003
Küçükçekmece Lagünü	0,06-24,2	Albay vd., 2005
Tahtalı Baraj Gölü	0,065-0,743	İspirli, 2009
Süloğlu Baraj Gölü	0,25	Arat, 2014
Karacaören Baraj Gölü	0,3-3,5	Ülkü, 2016
Ulubat Gölü	29-95	Özen, 2020

Çalışma süresince yapılan örneklemelerde Kayalıköy Baraj Gölü'nde tespit edilen toplam mikrosistin miktarı (mikrosistin-RR, mikrosistin-YR ve mikrosistin-LR varyantları) açısından yasal sınır olan 1 µg/L'nin altında tespit edilmiş olsa da gölde tespit edilen 19 siyanobakteri taksonundan 14 tanesinin toksin üretme potansiyeli bulunmaktadır. Toksin üretme potansiyelindeki bu taksonlardan bazıları (özellikle *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis wesenbergii*, *Aphanizomenon klebahnii*, *Anabaena oscillarioides* ve *Dolichospermum spiroides*) yaz ve sonbahar aylarında sayı ve biyohacim olarak gölün hâkim organizmaları konumundadır. Çalışma süresi içerisinde gölde toksin miktarının yüksek olmamasına rağmen gelecekte Kayalıköy Barajı'nın çevresel ve fizikokimyasal parametrelerimndeki değişimler bu durumu değiştirebilir. Kayalıköy Baraj Gölü'nde bulunan ve toksin üretme potansiyeline sahip bu toksik siyanobakteriler, gaz vakuolleri, heterosistler ve akinet gibi sahip oldukları bir takım yapılar sayesinde değişen çevresel faktörleri kendi lehlerine çevirebilirler. Bu durumda gölde bulunan diğer fitoplanktonik taksonlarla rekabette avantajlı duruma geçebilirler. Ayrıca bazı azot fikse edebilen siyanobakteriler, azot eksikliğinde ekosistemde avantajlı duruma geçerek artışlar gösterdiği bilinirken, gaz vakuolleri bulunanlar ise vertikal olarak su kolonundaki pozisyonlarını düzenleyebilirler (Walsby, 1987). Yapılan çalışmalar ilkbahar, yaz ve sonbahar aylarında siyanobakteriyel artışlar gösteren birçok sucul ekosistemde mikrosistin içeriği düşük bulunmuştur (Wetzel 2001; Shang vd., 2015). Kayalıköy baraj gölü'nde de benzer bir durum tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, global anlamda düşünüldüğünde, ötrofikasyon sonunda siyanobakterilerin çok miktarda üremesi sürekli olarak ortaya çıkmaktadır. Siyonobakterilerin çok fazla artmasından mütevellit; su kalitesinde bozulma koku ve bulanıklık gibi olaylar ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında, bazı toksik siyanobakterilerin, insanlar için riskli olduğu ve suda yaşayan canlıların ölümüne sebebiyet vermektedir. Siyanobakteriler hem insanlar için hem de çevreye özgü bu türden tehditleri sebebiyle son yıllarda sahip olduğu biyolojik özellikleri sürekli bir şekilde araştırılmaktadır (Shang vd., 2015).

İçme suyu temini için kullanılan rezervuarlarda su kalitesinin önemi diğer baraj gölleri ve su kaynaklarından daha da artar çünkü istenmeyen mikroorganizmaların varlığı, toplum sağlığı için ciddi bir risk oluşturabilir. Su kalitesi ile ilgili problemler ise organik kirlilik, bakteriyel kirlilik, besin tuzu artışı, hipolimniyondaki oksijensizlik, siltleşmeden kaynaklanan bulanıklık, ağır metal ve kimyasal kirlilik olarak özetlenebilir. Su kaynaklarının kirliliği arttıkça, bu kaynakların korunması için bilimsel çalışmalar ve yeni teknolojiler geliştirilmesi zorunlu hale

gelmektedir. Özellikle göllerdeki ötrofikasyon olayı, su kalitesinin bozulmasına neden olması nedeniyle ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Toksik mavi-yesil alglerin kontrolü için her ülkenin yönetim stratejileri ve fizikokimyasal mücadele yöntemleri bulunmaktadır. Bazı ülkeler, mavi-yeşil alglerin büyümesini engellemek için risk yönetim stratejileri geliştirmişlerdir. Bu stratejiler, halk sağlığını korumak için hükümetlerin aldığı önlemleri içermektedir.

Bu önlemler arasında; toksik mavi-yeşil alg patlamalarının yaşandığı bölgelerde halk sağlığının korunması için alınması gereken önlemler hakkında halkın bilgilendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bölgelerde uygun ikaz panolarının yerleştirilmesi ve bu panolarda uymaları gereken kuralların açıkça belirtilmesi gerekmektedir.

Risk bölgeleri için tanımlama yapılması ve mavi-yeşil alg türlerinin tespiti önemlidir. Böylece, kütlesi ve bölgedeki önceki çalışmalarda tespit edilen türler gibi faktörler göz önünde bulundurularak risk bölgeleri belirlenebilir. Bu sayede, mavi-yeşil alg patlamalarının olası olduğu bölgelerde önceden tedbirler alınabilir ve halkın sağlığı korunabilir.

Kayalıköy Baraj Gölü'nün siyonotoksin içeriği değerlendirilmeye alındığında, şimdilik kullanım açısından herhangi bir risk bulundurmadığı ve en çok bilinen siyonotoksinlerden olan Mikrosistin konsatrasyonu, Dünya Sağlık Örgütü'nün tavsiyesinin 1 µg/L'nin olduğu ve yaptığımız çalışmada en yüksek toksin konsantrasyonu 0.165 µg/L olarak ölçülmüştür. Bu değerin Dünya Sağlık Örgütü'nün tavsiyesinin altında olduğu tespit edilmiştir. Gelecek nesiller için risk oluşturacağı düşünülen ve içme sularında siyonotoksin üretme potansiyeline sahip siyanobakteri türlerinin tehtidi bulunduğundan, içme suyu rezervi olan bu suların su kalitesinin sürekli olarak kontrol edilmesi, belli periyotlarla takip edilmesi, siyonotoksin üretiminin kontrol altında tutulup baskılanması ve bu durumun sürekli olarak tekrar edilmesinin içmesularının sürdürülebilirliği açısından önemli olduğunu düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

Ağıralioğlu, N. (2004). Baraj Planlama ve Tasarımı Cilt 1. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, Türkiye, 246s.

Akçaalan, R. (2004). Sapanca gölünde microcystin (hepatotoksin) üreten mavi-yeşil alglerin (cyanophyta) bulunuşu ve su kalitesi ile olan ilişkilerinin incelenmesi (Doctoral dissertation), Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Al Hamadi, A. (2014). Eğrekkaya Baraj Gölü Diatom Türleri. Gazi Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 117s, Ankara*.

Albay, M., Akcaalan, R., Tufekci, H., Metcalf, J. S., Beattie, K. A., & Codd, G. A. (2003). Depth profiles of cyanobacterial hepatotoxins (microcystins) in three Turkish freshwater lakes. Hydrobiologia, 505, 89-95.

Arat, S. M. (2014). Süloğlu baraj Gölü'nde (Edirne) mikrosistin varlığının araştırılması (Master's thesis, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Aşıkkutlu, B. (2017), Altınapa baraj gölündeki (Konya) bazı bentik Cyanobacteria ve Chlorophyta türlerinin karakterizasyonu ve potansiyel biyoteknolojik uygulamaları. (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Atak, S. (2022). Doğancı Baraj Gölü (Bursa) fitoplanktonu ve trofik seviyesinin belirlenmesi (Master's thesis, Bursa Uludağ Üniversitesi).

Ayvaz, M., Tenekecioğlu, E., & Koru, E. (2011). Afşar Baraj Gölü'nün (Manisa-Türkiye) Trofik Statüsünün Belirlenmesi. Ekoloji, 20(81), 37-47.

Azevedo, S. M., Carmichael, W. W., Jochimsen, E. M., Rinehart, K. L., Lau, S., Shaw, G. R., & Eaglesham, G. K. (2002). Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru—Brazil. Toxicology, 181, 441-446.

Ballot, A., Krienitz, L., Kotut, K., Wiegand, C., Metcalf, J. S., Codd, G. A., & Pflugmacher, S. (2004). Cyanobacteria and cyanobacterial toxins in three alkaline Rift Valley lakes of Kenya—Lakes Bogoria, Nakuru and Elmenteita. Journal of Plankton Research, 26(8), 925-935.

Bashdar, A. M. (2021). Seasonal Variations Of Water Quality And Algae Flora From Atatürk Dam Lake Between Dam Wall And Şanlıurfa Tunnel Entrance (Doctoral dissertation).

Batu, A. (2007). Mogan Gölü, Beytepe Göleti ve Delice Nehri (Kızılırmak) Mavi-Yeşil Algleri Üzerine İncelemeler. (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Baykuş, A. O. (2019). Hacıhıdır Baraj Gölü (Siverek) alg florasının mevsimselolarak incelenmesi/Seasonal invwstigation of alg flows in Hacıhıdır dam (Siverek/Ş. urfa) (Doctoral dissertation).

Birbeck, J. A., Westrick, J. A., O'Neill, G. M., Spies, B., & Szlag, D. C. (2019). Comparative analysis of microcystin prevalence in Michigan lakes by online concentration LC/MS/MS and ELISA. Toxins, 11(1), 13.

Briand, E., Gugger, M., François, J. C., Bernard, C., Humbert, J. F., & Quiblier, C. (2008). Temporal variations in the dynamics of potentially microcystin-producing strains in a bloom-forming Planktothrix agardhii (cyanobacterium) population. *Applied and environmental microbiology*, *74*(12), 3839-3848.

Brock, T. D. (1973). Lower p H Limit for the Existence of Blue-Green Algae: Evolutionary and Ecological Implications. Science, 179(4072), 480-483.

Bryant, D. A. (1994). The molecular biology of cyanobacteria Kluwer Academic Publishers. The Neither Land.

Bulut, S., Mert, R., Solak, K., & Konuk, M. (2011). Selevir baraj gölü'nün bazı limnolojik özellikleri. Ekoloji, 20(80), 13-22.

Byth, S. (1980). Palm Island mystery disease. Medical Journal of Australia, 2(1), 40-42.

Callieri, C., & Stockner, J. G. (2002). Freshwater autotrophic picoplankton: a review. Journal of Limnology, 61(1), 1-14.

Carmichael, W. W. (2001). Health effects of toxin-producing cyanobacteria:"The CyanoHABs". *Human and ecological risk assessment: An International Journal*, *7*(5), 1393-1407.

Carmichael, W. W., & Falconer, I. R. (1993). Diseases related to freshwater blue-green algal toxins, and control measures. Algal toxins in seafood and drinking water, 187-209.

Catterall, W. A. (1980). Neurotoxins that act on voltage-sensitive sodium channels in excitable membranes. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, *20*(1), 15-43.

Chorus, I. (2001) Cyanotoxins: occurrence, causes, consequences‖, Springer –verlag Bderlin Heidelberg, Germany.

Chorus, I. and Bartram, J. (1999) Toxic Cyanobacteria in Water—A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management. Routledge, London and New York.

Cirik, S. and Ş. Gökpınar, 1993. Plankton and Plankton Culture, (in Turkish). Ege Üniv. Basımevi, Bornova, İzmir, 274s.

Cirik, S. ve Cirik, Ş., 1995, Limnoloji:(Ders Kitabı), Ege üniversitesi Basimevi.

Codd, G. A. (1995). Cyanobacterial toxins: occurrence, properties and biological significance. *Water Science and Technology*, *32*(4), 149-156.

Collerson, K. D., & Kamber, B. S. (1999). Evolution of the continents and the atmosphere inferred from Th-U-Nb systematics of the depleted mantle. Science, 283(5407), 1519-1522.

Çapraz, A. (2021). Dreissena polymorpha (Pallas, 1771)'nın (Bivalvia) Trakya'daki dağılımı ve su kalitesi ile ilişkisinin incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Çiçek, A., Uysal, E., Esengül, K. Ö. S. E., & Tokatlı, C. (2017). Eskişehir'de yer alan bazı sulama göletlerinin su kalitesinin değerlendirilmesi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6, 440-446.

Dahlmann, J., Budakowski, W. R., & Luckas, B. (2003). Liquid chromatography–electrospray ionisation-mass spectrometry based method for the simultaneous determination of algal and cyanobacterial toxins in phytoplankton from marine waters and lakes followed by tentative structural elucidation of microcystins. *Journal of Chromatography A*, *994*(1-2), 45-57.

Davis, T. W., Berry, D. L., Boyer, G. L., & Gobler, C. J. (2009). The effects of temperature and nutrients on the growth and dynamics of toxic and non-toxic strains of Microcystis during cyanobacteria blooms. *Harmful algae*, *8*(5), 715-725.

Dokcan, Ş., Akköz, C., & Atıcı, T. (2010, May). The Benthic Algal Flora of Sarıyar Dam Lake, Ankara, Turkey. In Conference on Water Observation and Information System (BALWOIS 2010) (pp. 25-29).

Dos Anjos, F. M., do Carmo Bittencourt-Oliveira, M., Zajac, M. P., Hiller, S., Christian, B., Erler, K., ... & Pinto, E. (2006). Detection of harmful cyanobacteria and their toxins by both PCR amplification and LC-MS during a bloom event. *Toxicon*, *48*(3), 239-245.

Döver, E. (2009). Çanakkale (Türkiye) Bayramiç Barajı ve barajı besleyen akarsuların kirlilik yükleri ile çevresel etkileşimleri üzerine bir araştırma. (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale 18 Mart Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

DSİ, 2015. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, https://bolge11.dsi.gov.tr/

DSİ. (2022). Faaliyet Raporu. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. DSİ 11. Bölge Müdürlüğü. Edirne.

Durhasan, D., 2006. Baraj Göllerinden Su Temininde Derinliğin Su Kalitesine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Egemen, Ö., 2011, Su Kalitesi, Ege Üniversitesi Yayınları.

Egemen, Ö., Sunlu, U., 1999. Su Kalitesi, Üçüncü Baskı. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 147 s.

Fakıoğlu, Ö., Atamanalp, Ö., & Demir, N. (2011). Baraj göllerinde toksik mavi-yesil algler. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 3(2), 65-71.

Falconer, I. R. (1998). Algal toxins and human health. Quality and treatment of drinking water II, 53-82.

Falconer, I. R., & Humpage, A. R. (2006). Cyanobacterial (blue-green algal) toxins in water supplies: Cylindrospermopsins. *Environmental Toxicology: An International Journal*, *21*(4), 299-304.

Falconer, I. R., Runnegar, M. T., & Beresford, A. M. (1983). Evidence of liver damage by toxin from a bloom of the blue-green alga, Microcystis aeruginosa. Medical Journal of Australia, 1(11), 511-514.

Fay, P. 1965 Heterotrophy and nitrogen fixation in Chlorogloea fritschii. J. Gen. Microbiol. 39, 11-20.

Fay, P. and Van Baalen, C. (1987). The Cyanobacteria. Elsevier, Amsterdam, 534 pp.

Gazete, R. (2019). İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmelik. Resmi Gazete, (30823).

Güher, H. (2022). Structure and Spatial Distribution of the Rotifera Assemblages in Kırklareli Reservoir (Kırklareli/Turkey). Acta Aquatica Turcica, 18 (3), 332-344.

Güler, Ç., & Çobanoğlu, Z. (1997). Toprak kirliliği. TC Sağlık Bakanlığı Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 40.

Gülle, İ. (2005). Karacaören I Baraj Gölü (Burdur) planktonunun taksonomik ve ekolojik olarak incelenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi).

G.W. Prescott, Algae of The Western Great Lakes Area, Otto Koeltz Science Publishers P.O.Box 1380, D-6240 Koenigstein/W-Germany, 455, (1982).

Hawkins, P. R., Runnegar, M. T., Jackson, A. R., & Falconer, I. (1985). Severe hepatotoxicity caused by the tropical cyanobacterium (blue-green alga) Cylindrospermopsis raciborskii (Woloszynska) Seenaya and Subba Raju isolated from a domestic water supply reservoir. *Applied and environmental microbiology*, *50*(5), 1292-1295.

Hooser, S. B., Beasley, V. R., Basgall, E. J., Carmichael, W. W., & Haschek, W. M. (1990). Microcystin-LR-induced ultrastructural changes in rats. Veterinary pathology, 27(1), 9-15.

Humbert, J. F. (2009). Toxins of cyanobacteria. In Handbook of toxicology of chemical warfare agents (pp. 371-379). Academic Press.

Idroos, S. F., & Manage, P. M. (2014). Seasonal occurrence of Microcystin-LR with respect to physico-chemical aspects of Beira lake water. International Journal of Multidisciplinary Studies, 1(2).

İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete 30823 (06.07.2019). Erişim 1 Nisan 2023.
https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190706-8.htm

İspirli, S. (2009). İzmir Tahtalı Baraj Gölü'nün Toksik Siyanobakteri Türleri ve Bazı Mikrosistin Varyantları Yönünden Araştırılması (Doctoral dissertation, Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir).

J. Komarek, K. Anagnostidis, Modern Approach to The Classification System of Cyanophytes, 2. Chroococcales, Arch. Hydrobiol. Suppl., (1986).

J. Komarkova-legnorova, G. Cronberg, New and Recombined Filamentous Cyanophytes from Lakes in South Scania, Sweden, Algological Studies, 67, 21- 31, (1992)

Jochimsen, E. M., Carmichael, W. W., An, J., Cardo, D. M., Cookson, S. T., Holmes, C. E., ... & Jarvis, W. R. (1998). Liver failure and death after exposure to microcystins at a hemodialysis center in Brazil. New England Journal of Medicine, 338(13), 873-878.

Jones, G. J., & Negri, A. P. (1997). Persistence and degradation of cyanobacterial paralytic shellfish poisons (PSPs) in freshwaters. Water Research, 31(3), 525-533.

K. Anagnostidis, J. Komárek, Modern Approach to The Classification System of Cyanophytes. 3. Oscillatoriales. Archiv für Hydrobiologie, (1988).

Kaebernick, M., & Neilan, B. A. (2001). Ecological and molecular investigations of cyanotoxin production. FEMS microbiology ecology, 35(1), 1-9.

Kellmann, R., Mihali, T. K., Jeon, Y. J., Pickford, R., Pomati, F., & Neilan, B. A. (2008). Biosynthetic intermediate analysis and functional homology reveal a saxitoxin gene cluster in cyanobacteria. Applied and environmental microbiology, 74(13), 4044-4053.

Kırmızıgül, O. (2013). Gökçekaya Baraj Gölü Dip Sedimentinin Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Köker, L. (2009). Küçükçekmece Gölü'nde Su ve Sedimentteki Microcystis Genotiplerinin ve Potansiyel Toksisitelerinin Yıllık Değişimi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kubo, T., Kato, N., Hosoya, K., & Kaya, K. (2008). Effective determination method for a cyanobacterial neurotoxin, β-N-methylamino-l-alanine. *Toxicon*, *51*(7), 1264-1268.

L. Geitler, Cyanophyceae, Koeltz Scientific Books, Koenigstein, 3-87429-252-5, (1985).

Lukač, M., & Aegerter, R. (1993). Influence of trace metals on growth and toxin production of Microcystis aeruginosa. Toxicon, 31(3), 293-305.

Lund, J. W. G., Kipling, C., & Le Cren, E. D. (1958). The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia*, *11*, 143-170.

Makowski, A. N. D. R. Z. E. J., & Wardas, W. Ł. A. D. Y. S. Ł. A. W. (2001). Photocatalytic degradation of toxins secreted to water by cyanobacteria and unicellular algae and photocatalytic degradation of the cells of selected microorganisms. *Curr Top Biophys*, *25*(1), 19-25.

Nicholson, B. C., & Burch, M. D. (2001). Evaluation of analytical methods for detection and quantification of cyanotoxins in relation to Australian drinking water guidelines (p. 57). Canberra: National Health and Medical Research Council of Australia.

Nogales, B., Lanfranconi, M.P., Pina-Villalonga, J.M. ve Bosch, R., 2011. Anthropogenic Perturbations in Marine Microbial Communities, FEMS Microbiology Reviews, 35, 275-298.

Nusch, E. A. (1980). Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Arch. Hydrobiol. Beih.*, *14*, 14-36.

Ohtani, I., Moore, R. E., & Runnegar, M. T. (1992). Cylindrospermopsin: a potent hepatotoxin from the blue-green alga Cylindrospermopsis raciborskii. Journal of the American chemical society, 114(20), 7941-7942.

Öterler, Ö., Albay, M., Çamur-Elipek, B., Güher, H., Kırgız, T., Spatial and Temporal Distribution of Phytoplankton in Lake Gala (Edirne/Turkey)., Trakya University Journal of Natural Sciences 16 (2): 71-80, 2015.

Öz, F. (2016). Çamköy barajı fitoplankton ekolojisi (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Özen, M. (2020). *Uluabat Gölü Toksik Siyanobakteri Türleri ve Toksinlerinin Belirlenmesi*. (Doktora Tezi). Uludağ Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Özkan, L., Alkaya, E., Demirer, G.N., 2008. Suyun Geri Kazanımı ve Yeniden Kullanımı. Toplum ve Hekim, 23, 69-74.

Pitois, S., Jackson, M. H., & Wood, B. J. B. (2000). Problems associated with the presence of cyanobacteria in recreational and drinking waters. *International Journal of Environmental Health Research*, *10*(3), 203-218.

Pouria, S., de Andrade, A., Barbosa, J., Cavalcanti, R. L., Barreto, V. T. S., Ward, C. J., ... & Codd, G. A. (1998). Fatal microcystin intoxication in haemodialysis unit in Caruaru, Brazil. The Lancet, 352(9121), 21-26.

Puddick, J., Prinsep, M. R., Wood, S. A., Kaufononga, S. A., Cary, S. C., & Hamilton, D. P. (2014). High levels of structural diversity observed in microcystins from Microcystis CAWBG11 and characterization of six new microcystin congeners. *Marine drugs*, *12*(11), 5372-5395.

Rothschild, L. J., & Mancinelli, R. L. (1990). Model of carbon fixation in microbial mats from 3,500 Myr ago to the present. Nature, 345(6277), 710-712.

Scholz, S. N., Esterhuizen-Londt, M., & Pflugmacher, S. (2017). Rise of toxic cyanobacterial blooms in temperate freshwater lakes: causes, correlations and possible countermeasures. *Toxicological & Environmental Chemistry*, *99*(4), 543-577.

Sevindik, T. O. (2009). Fitoplanktonik organizmaların İkizcetepeler ve Çaygören Barajlarında mevsimsel ve dikey dağılımlarının incelenmesi.

Shang, L., Feng, M., Liu, F., Xu, X., Ke, F., Chen, X., & Li, W. (2015). The establishment of preliminary safety threshold values for cyanobacteria based on periodic variations in different microcystin congeners in Lake Chaohu, China. Environmental Science: Processes & Impacts, 17(4), 728-739.

Sömek, H. (2011). Adıgüzel Baraj Gölü'nün (Güney-Denizli) fitoplankton kompozisyonu ve mevsimsel değişimi.

Spoof, L., & Catherine, A. (2017). Cyanobacteria samples: preservation, abundance and biovolume measurements. In Handbook of Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis (pp. 526-537). John Wiley & Sons Chichester, UK.

Stewart, I., & Falconer, I. R. (2008). Cyanobacteria and cyanobacterial toxins. Oceans and human health: risks and remedies from the seas, 271-296.

Stewart, I., Webb, P. M., Schluter, P. J., Fleming, L. E., Burns Jr, J. W., Gantar, M., ... & Shaw, G. R. (2002). Acute Effects of Recreational Exposure to Freshwater Cyanobacteria—a Prospective Epidemiology Study. Harmful Algae, 473-5.

Tanyolaç, J., 2009, Limnoloji: Tatlı Su Bilimi, Hatiboğlu Yayınevi.

Tencalla, F., & Dietrich, D. (1997). Biochemical characterization of microcystin toxicity in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Toxicon, 35(4), 583-595.

Tenekecioğlu, E. R. (2011). Demirköprü Baraj Gölü'nde (Manisa) Mevsimsel Plankton Topluluk Yapısı Değişimleri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doctoral dissertation, Doktora Tezi, 146).

Tiffany, L. H. (1958). Algae, the Grass of Many Waters. Charles C. Thomas , Springfield, Illinois . 199p.

Turner, P. C., Gammie, A. J., Hollinrake, K., & Codd, G. A. (1990). Pneumonia associated with contact with cyanobacteria. BMJ: British Medical Journal, 300(6737), 1440.

T.V. Desikachary, Cyanophyta, 686 pp. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, (1959).

Ueno, Y., Kurano, N., & Miyachi, S. (1998). Ethanol production by dark fermentation in the marine green alga, Chlorococcum littorale. *Journal of fermentation and bioengineering*, *86*(1), 38-43.

Ulcay, S. Ö., & Oğuz, K. U. R. T. (2010). Algae Flora of Germencik-Alangüllü (Aydın, Turkey) Thermal Water. Celal Bayar University Journal of Science, 13(3), 601-608.

Ulcay, S. O., Kurt, O., Ozturk, M., & Guner, H. (2017). Algae Mıcroflora Of Pamukkale Thermal Water (Unesco, 485) 45 Years Ago And Now. *Feb-Fresenus Envıronmental Bulletın*, 4153.

Uthermöhl, H. (1958). On the perfecting of quantitative phytoplankton method. *International Association of Theoretical and Applied Limnology Commun*, *9*, 1-38.

Ülkü, M. (2016). Karacaören I Baraj Gölü Siyanobakteri (Mavi-Yeşil Alg) Florası ve Mikrosistin Düzeyinin Belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, 177.

Van der Merwe, D., & Price, K. P. (2015). Harmful algal bloom characterization at ultra-high spatial and temporal resolution using small unmanned aircraft systems. Toxins, 7(4), 1065-1078.

Vezie, C., Brient, L., Sivonen, K., Bertru, G., Lefeuvre, J. C., & Salkinoja-Salonen, M. (1998). Variation of microcystin content of cyanobacterial blooms and isolated strains in Lake Grand-Lieu (France). Microbial ecology, 35, 126-135.

Walsby, A.E., 1987. Mechanisms of buoyancy regulation by planktonic Cyanobacteria with gas vesicles. In: P. Fay and C. Van Baalen (eds) The Cyanobacteria. Elsevier, Amsterdam.

Welker, M., Von Döhren, H., Täuscher, H., Steinberg, C. E., & Erhard, M. (2003). Toxic Microcystis in shallow lake Mueggelsee (Germany)- dynamics, distribution, diversity. Archiv für Hydrobiologie, 157(2), 227-248.

Wetzel, R.G. (2001) Limnology: Lake and River Ecosystems. Third Edition, Academic Press, San Diego, 1006 p.

World Health Organization, & WHO. (2004). Guidelines for drinking-water quality (Vol. 1). World Health Organization.

ÖZGEÇMİŞ

Çağdaş AYKIN, İlköğretimi Kurtuluş İlköğretim Okulu'nda, liseyi Edirne Lisesi'nde tamamladı. 2013 yılında Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden, 2022 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji bölümünden mezun oldu. 2015 yılında Devlet Su İşleri 11. Bölge Müdürlüğü'nde biyolog olarak işe başladı. Halen Devlet Su İşleri 11. Bölge Müdürlüğü Su Kalitesi İzleme Başmühendisliği'nde Biyolog olarak görevini sürdürmektedir.