

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AYVACIK, SUAT UĞURLU BARAJ GÖLÜ' NÜN
SU KİRLİLİĞİ AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI**

AYŞE GÖKÇEN KASAP

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN

2018

Her hakkı saklıdır.

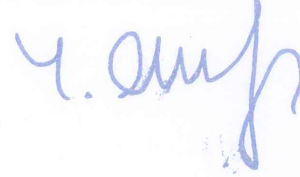
TEZ ONAYI

Ayşe Gökçen KASAP tarafından hazırlanan AYVACIK, SUAT UĞURLU BARAJ GÖLÜ'NÜN SU KİRLİLİĞİ AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI adlı tez çalışması 18/07/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

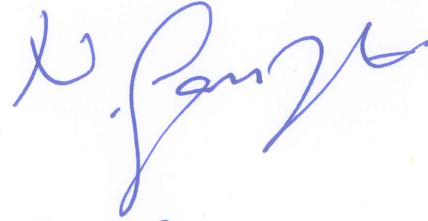
Danışman Prof. Dr. Yüksel ARDALI
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan Prof. Dr. Yüksel ARDALI
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye Prof. Dr. Nurdan Gamze TURAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye Prof. Dr. Başak TAŞELİ
Giresun Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım....../.../20..

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

12.06.2018

Ayşe Gökçen KASAP

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AYVACIK, SUAT UĞURLU BARAJ GÖLÜ’NÜN SU KİRLİLİĞİ AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI

Ayşe Gökçen KASAP

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yüksel ARDALI

Bu çalışmada, Samsun İli, Ayvacık İlçesindeki çalışma alanı olan Suat Uğurlu Baraj Gölü için dört farklı numune alma istasyonu belirlenmiş olup 2014 Eylül ayında başlayan numune alma ve analiz işlemleri 2015 Ağustos ayına kadar devam etmiştir. Bu bir yıllık süreç boyunca numune alma analiz işlemleri aylık periyotlarla sürdürülmüştür.

Araştırmanın amacı Suat Uğurlu Baraj Gölü’ndün su kirliliği açısından değerlendirilmesi, ötrofikasyona neden olan kirleticilerin ve kirlilik yüklerinin tespiti, göl trofik seviyesinin belirlenmesi ve göl iyileştirme çalışmalarına çözüm önerileri sunmaktır.

Bu kapsamda her ay tüm istasyonlar için pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, çözünmüş oksijen doygunluk, seki disk, klorofil-a, toplam katı madde, toplam çözünmüş madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, amonyum azotu, organik azot, toplam kjeldahl azotu, nitrit, nitrat, toplam azot, toplam fosfor ve ağır metal (Cu, Zn, Cd, Ni, Hg, Pb) konsantrasyonları analiz edilmiştir. Çıkan sonuçlar “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Tablo 1: Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri”, “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, Ek-5, Tablo 2: Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri”, ve “Ek-6, Tablo 9: Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri” ne göre değerlendirilmiş, su kalite indeksi ve trofik durum indeksi modelleri uygulanmıştır.

Araştırma sonuçları Suat Uğurlu Baraj Gölü’nde ciddi seviyede azot ve fosfor kirliliğinin olduğunu, buna bağlı olarak tüm istasyonlarda yıl boyunca fitoplankton biyokütlesini temsil eden klorofil-a konsantrasyonlarının yüksek olduğunu göstermektedir. Bunun sonucunda göl trofik seviyesi genel anlamda ötrofik ve hipertrofik olarak belirlenmiştir. Ayrıca yapılan ağır metal analizlerinin sonuçları değerlendirildiğinde Suat Uğurlu Baraj Gölü’nde ağır metal kirlenmesinin mevcut olduğu, en yüksek kirlenmenin ise Hg, Pb, Cu, ve Ni’den kaynaklandığı görülmektedir. Suat Uğurlu Baraj Gölü’nde ağır metal konsantrasyonları $Hg > Pb > Cu > Ni > Cd > Zn$ şeklinde belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ötrofikasyon, su, kirlilik, Suat Uğurlu Baraj Gölü, klorofil-a, ağır metal, su kalite indeksi modeli, trofik durum indeksi

ABSTRACT

Master's Thesis

RESEARCH ON THE WATER POLLUTION OF SUAT UĞURLU DAM LAKE

Ayşe Gökçen KASAP

Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences

Department of Environmental Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Yüksel ARDALI

In this study, sampling and analysis, which started in September 2014, have been continued until August 2015, with four different sampling stations for the Suat Uğurlu Dam Reservoir, which is the study area in the province of Samsun and Ayvacık. During this one-year period, sampling analysis procedures have been carried out monthly.

The purpose of the survey is to evaluate the water pollution of Suat Ugurlu Dam Lake in terms of water pollution, to determine the pollutants and pollution loads causing eutrophication, to determine the lake trophic level and to propose solutions to the lake improvement studies.

In this context, pH, temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen, dissolved oxygen saturation, secchi disc, chlorophyll-a, total solid matter, total dissolved matter, COD, BOD, NH₄, organic nitrogen, TKN, nitrite, nitrate, TN, TP and heavy metals (Cu, Zn, Cd, Ni, Hg, Pb) concentrations were analyzed. The results are given in Table 1: "Quality Criteria According to Classes of Continuous Water Resources", "Quality Criteria According to Classes in Terms of General Chemical and Physicochemical Parameters of Continuous Surface Water Resources", Annex 5, Table 2: "Water Quality Control Criteria" "Appendix-6, Table 9: Lakes, Pond and Reservoir Lakes Eutrophication Criteria". In addition, water quality index and trophic state index models were applied.

The results of the study show that nitrogen and phosphorus pollution are at the serious level in Suat Uğurlu Dam Reservoir and so the concentration of chlorophyll-a, which represents phytoplankton biomass throughout the year at all stations, is high. As a result, the lake trophic level is generally defined as eutrophic and hypertrophic. Moreover, when the heavy metal analyzes were made, it is seen that heavy metal contamination is present in Suat Ugurlu Dam Lake, and Hg, Pb, Cu, and Ni are the highest pollutants. The heavy metal concentrations in Suat Uğurlu Dam Lake are determined as Hg> Pb> Cu> Ni> Cd> Zn.

Key words: Eutrophication, water, pollution, Suat Ugurlu Dam Lake, chlorophyll-a, heavy metal, water quality index, WQI, trophic state index, TSI.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen ve bana yol gösteren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Yüksel ARDALI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana her zaman destek olan aileme ve her türlü özveri ve emeğiyle her zaman yanımda olan eşim Yavuz KASAP'a sonsuz teşekkürler.

Haziran 2018, Samsun

Ayşe Gökçen KASAP

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1. Su Kalitesi ve Kirliliği	3
2.2. Su Kirlenmesinin Nedenleri ve Çeşitleri	4
2.2.1. Endüstriyel kirlenme	5
2.2.2. Evsel kirlenme	5
2.2.3. Tarımsal kirlenme	6
2.2.4. Isıl kirlenme.....	6
2.3. Kirleticilerin İçeriklerine Göre Sınıflandırılması.....	7
2.3.1. Fiziksel kirleticiler.....	7
2.3.2. Kimyasal ve fizikokimyasal kirleticiler	8
2.3.3. Biyolojik kirleticiler	9
2.4. Kirleticilerin Su Ortamına Giriş Şekillerine Göre Sınıflandırması.....	9
2.4.1. Noktasal kaynak	9
2.4.2. Yayılı kaynak	10
2.5. Göller ve Göl Kirliliği.....	10
2.6. Baraj Gölleri.....	11
2.6.1. Baraj göllerinin biyolojik ortama etkileri.....	12
2.6.2. Baraj göllerinin trofik (besin) sınıflandırılması	14
2.6.2.1. Göllerin trofik seviyesini belirlemede kullanılabilecek indikatörler	15
2.6.2.1.1. Fiziksel indikatörler	15
2.6.2.1.2. Kimyasal indikatörler.....	16
2.6.2.1.3. Biyolojik indikatörler	17
2.7. Göllerde Ötrofikasyon ve Çeşitleri	17
2.8. Ötrofikasyon ve Alg Kontrolü	18
2.9. Ötrofikasyonun Temel Mekanizmaları	19

2.10. Azot/Fosfor (N/P) Oranı	20
2.11. Ötrofikasyonu Etkileyen Faktörler	22
2.11.1. Fiziksel faktörler	22
2.11.2. Kimyasal faktörler	26
2.11.2.1. Çözünmüş oksijen.....	26
2.11.2.2. Fosfor	27
2.11.2.3. Azot	28
2.11.2.3.1. Amonyum azotu	30
2.11.2.3.2. Nitrit azotu	30
2.11.2.3.3. Nitrat azotu.....	30
2.11.2.4. Organik karbon	30
2.11.2.5. Ağır metaller	31
2.12. Ağır Metallerin Göl Ekosistemlerinde Ötrofikasyon İle İlişkisi.....	34
2.13. Ötrofikasyonun Ekolojik Açıdan Olumsuz Etkileri.....	34
2.14. Ötrofikasyon Tedbirleri	35
2.15. Ötrofikasyon Kontrol Teknikleri	37
2.15.1. Dışardan sisteme giriş yapan maddelerin azaltılması işlemleri.....	38
2.15.2. Sistemdeki kaynak yükleri ve kirletici konsantrasyonlarının azaltılması uygulamaları	39
2.16. Toksik Mavi-Yeşil Algleri Önleyici Tedbirler	40
2.16. Su Kalite İndeksi (WQI)	41
2.17. Trofik Durum İndeksi (TSI).....	43
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	44
3.1. Çalışma Alanı.....	44
3.1.1. Samsun Ayvacık ilçesi genel özellikleri	45
3.2. Numune Alma İstasyonlarının Belirlenmesi ve Özellikleri.....	46
3.3. Saha Çalışmaları	48
3.3.1. Suat Uğurlu Baraj Gölü Numune Alma	49
3.4. Deneysel Çalışmalar	49
3.4.1.1. Çözünmüş oksijen, iletkenlik, pH, sıcaklık	50
3.4.1.2. Seki derinliği.....	50
3.4.1.3. Toplam katı madde tayini	50
3.4.1.4. Toplam çözünmüş madde (TÇM) tayini	51
3.4.1.5. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) tayini.....	51
3.4.1.6. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) tayini	52

3.4.1.7. Amonyum tayini	52
3.4.1.8. Toplam kjeldahl azotu tayini	53
3.4.1.9. Nitrit tayini	53
3.4.1.10. Nitrat tayini.....	53
3.4.1.11. Toplam fosfor (TP) tayini.....	54
3.4.1.12. Ağır metal tayini.....	54
3.4.1.13 Klorofil-a tayini	54
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	103
KAYNAKLAR.....	111
ÖZGEÇMİŞ.....	102



SİMGELER VE KISALTMALAR

AKM	Askıda Katı Madde
AAT	Atıksu Arıtma Tesis
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
Cd	Kadmiyum
CO ₂	Karbondioksit
ÇO	Çözünmüş Oksijen
Cu	Bakır
EC	Elektriksel İletkenlik
Hg	Civa
km	Kilometre
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
m	Metre
N	Azot
NH ₄	Amonyum
Ni	Nikel
nm	Nanometre
NO ₂	Nitrit
NO ₃	Nitrat
P	Fosfor
Pb	Kurşun
TÇM	Toplam Çözünmüş Madde
TKN	Toplam Kjeldahl Azotu
TN	Toplam Azot
TP	Toplam Fosfor
TSI	Trofik Durum İndeksi
Zn	Çinko
WQI	Su Kalite İndeksi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün topografya haritası.....	45
Şekil 3.2. Örnekleme noktalarının uydu görüntüsü.....	46
Şekil 3.3. Merkez Pazar Yeri numune alma istasyonu	47
Şekil 3.4. Atıksu Arıtma Tesisi Önü numune alma istasyonu.....	47
Şekil 3.5. Sahil Köyü-Dereyatağı numune alma istasyonu.....	48
Şekil 3.6. Terice Deresi numune alma istasyonu.....	48
Şekil 3.7. Seki diski ile ölçüm uygulaması.....	50
Şekil 4.1. Numune alma istasyonlarının bir yıllık pH değişim grafiği.....	71
Şekil 4.2. Numune alma istasyonlarının bir yıllık sıcaklık değişim grafiği.....	72
Şekil 4.3. Numune alma istasyonlarının bir yıllık iletkenlik değişim grafiği.....	72
Şekil 4.4. Numune alma istasyonlarının bir yıllık çözünmüş oksijen değişim grafiği.....	73
Şekil 4.5. Numune alma istasyonlarının bir yıllık seki derinliği değişim grafiği.....	74
Şekil 4.6. Numune alma istasyonlarının bir yıllık klorofil-a değişim grafiği.....	74
Şekil 4.7. Numune alma istasyonlarının bir yıllık TÇM değişim grafiği.....	75
Şekil 4.8. Numune alma istasyonlarının bir yıllık KOİ değişim grafiği.....	76
Şekil 4.9. Numune alma istasyonlarının bir yıllık BOİ değişim grafiği.....	76
Şekil 4.10. Numune alma istasyonlarının bir yıllık TKN değişim grafiği.....	77
Şekil 4.11. Numune alma istasyonlarının bir yıllık nitrit değişim grafiği.....	78
Şekil 4.12. Numune alma istasyonlarının bir yıllık nitrat değişim grafiği.....	78
Şekil 4.13. Numune alma istasyonlarının bir yıllık TN değişim grafiği.....	79
Şekil 4.14. Numune alma istasyonlarının bir yıllık TP değişim grafiği.....	80
Şekil 4.15. Numune alma istasyonlarının bir yıllık bakır konsantrasyonu değişim grafiği.....	80
Şekil 4.16. Numune alma istasyonlarının bir yıllık çinko konsantrasyonu değişim grafiği.....	81
Şekil 4.17. Numune alma istasyonlarının bir yıllık kadmiyum konsantrasyonu değişim grafiği.....	81
Şekil 4.18. Numune alma istasyonlarının bir yıllık nikel konsantrasyonu değişim grafiği.....	82
Şekil 4.19. Numune alma istasyonlarının bir yıllık civa konsantrasyonu değişim grafiği.....	83
Şekil 4.20. Numune alma istasyonlarının bir yıllık kurşun konsantrasyonu değişim grafiği.....	84
Şekil 4.21. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylık trofik durum indeksi (seki diski)....	99
Şekil 4.22. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylık trofik durum indeksi (TP).....	100
Şekil 4.23. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylık trofik durum indeksi (Klorofil-a)...	100
Şekil 4.24. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylık trofik durum indeksi (TN).....	101
Şekil 4.25. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylık trofik durum indekslerinin parametre bazında karşılaştırılması.....	101
Şekil 4.26. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylık TN/TP oranı.....	102

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Kimyasal ve fizikokimyasal kirleticiler.....	9
Çizelge 2.2. Kanada su kalitesi indeks modelinin sınıflandırılması.....	43
Çizelge 3.1. Örnekleme istasyonları ve koordinatları.....	46
Çizelge 3.2. Çalışma bazında standart metotlara göre gerçekleştirilen analizler.....	49
Çizelge 4.1. Pazar Önü istasyonunun sonbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	55
Çizelge 4.2. Pazar Önü istasyonunun sonbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	56
Çizelge 4.3. Pazar Önü istasyonunun kış mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	56
Çizelge 4.4. Pazar Önü istasyonunun kış mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	57
Çizelge 4.5. Pazar Önü istasyonunun ilkbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	57
Çizelge 4.6. Pazar Önü istasyonunun ilkbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	58
Çizelge 4.7. Pazar Önü istasyonunun yaz mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	58
Çizelge 4.8. Pazar Önü istasyonunun yaz mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	59
Çizelge 4.9. AAT Önü istasyonunun sonbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	59
Çizelge 4.10. AAT Önü istasyonunun sonbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	60
Çizelge 4.11. AAT Önü istasyonunun kış mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	60
Çizelge 4.12. AAT Önü istasyonunun kış mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	61
Çizelge 4.13. AAT Önü istasyonunun ilkbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	61
Çizelge 4.14. AAT Önü istasyonunun ilkbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	62
Çizelge 4.15. AAT Önü istasyonunun yaz mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	62
Çizelge 4.16. AAT Önü istasyonunun yaz mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	63
Çizelge 4.17. Sahil Köyü istasyonunun sonbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	63
Çizelge 4.18. Sahil Köyü istasyonunun sonbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	64
Çizelge 4.19. Sahil Köyü istasyonunun kış mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	64
Çizelge 4.20. Sahil Köyü istasyonunun kış mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	65
Çizelge 4.21. Sahil Köyü istasyonunun ilkbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	65

Çizelge 4.22. Sahil Köyü istasyonunun ilkbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	66
Çizelge 4.23. Sahil Köyü istasyonunun yaz mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	66
Çizelge 4.24. Sahil Köyü istasyonunun yaz mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	67
Çizelge 4.25. Terice Deresi istasyonunun sonbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	67
Çizelge 4.26. Terice Deresi istasyonunun sonbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	68
Çizelge 4.27. Terice Deresi istasyonunun kış mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	68
Çizelge 4.28. Terice Deresi istasyonunun kış mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	69
Çizelge 4.29. Terice Deresi istasyonunun ilkbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	69
Çizelge 4.30. Terice Deresi istasyonunun ilkbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	70
Çizelge 4.31. Terice Deresi istasyonunun yaz mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi.....	70
Çizelge 4.32. Terice Deresi istasyonunun yaz mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi.....	71
Çizelge 4.33. 1 nolu istasyonun su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi.....	85
Çizelge 4.34. 2 nolu istasyonun su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi.....	86
Çizelge 4.35. 3 nolu istasyonun su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi.....	87
Çizelge 4.36. 4 nolu istasyonun su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi.....	88
Çizelge 4.37. Tüm istasyonların su kalitesi parametrelerinin temel istatistiksel değerlendirmesi.....	89
Çizelge 4.38. Hesaplanan faktör ve WQI değerlerine karşılık gelen WQI sınıfı.....	90
Çizelge 4.39. Suat Uğurlu Baraj Gölü eylül ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi.....	90
Çizelge 4.40. Suat Uğurlu Baraj Gölü ekim ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi.....	91
Çizelge 4.41. Suat Uğurlu Baraj Gölü kasım ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi.....	92
Çizelge 4.42. Suat Uğurlu Baraj Gölü aralık ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi.....	92
Çizelge 4.43. Suat Uğurlu Baraj Gölü ocak ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi.....	93
Çizelge 4.44. Suat Uğurlu Baraj Gölü şubat ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi.....	93
Çizelge 4.45. Suat Uğurlu Baraj Gölü mart ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi.....	94
Çizelge 4.46. Suat Uğurlu Baraj Gölü nisan ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi.....	94
Çizelge 4.47. Suat Uğurlu Baraj Gölü mayıs ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi.....	95
Çizelge 4.48. Suat Uğurlu Baraj Gölü haziran ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi.....	95

Çizelge 4.49. Suat Uğurlu Baraj Gölü temmuz ayı trofik seviyelerinin değerlendirilmesi.....	96
Çizelge 4.50. Suat Uğurlu Baraj Gölü ağustos ayı trofik seviyelerinin değerlendirilmesi.....	96
Çizelge 4.51. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün trofik durum indeksi belirleyici temel istatistiksel parametre değerleri	98
Çizelge 4.52. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün 4 farklı numune alma istasyonu ile temsil edilen aylık ortalama trofik durum belirleyici değerleri.....	98
Çizelge 4.53. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylara göre hesaplanmış trofik durum analizi	99
Çizelge 4.54. Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün 1 yıllık süreçte TN/TP Oranı.....	102



1. GİRİŞ

Su yaşamın temel maddesidir ve susuz bir yaşam düşünülemez. Ancak dünyanın su kaynakları çeşitli tehditler altında giderek bozulmaktadır. Bu bozulmalara karşı önlemlerin alınması ve kaynakların sürdürülebilir kullanımının sağlanması için takip ve yönetim çalışmaları ciddi önem taşımaktadır. Su kaynakları çeşitli flora ve faunalara yaşama alanı oluşturmakta, hidrolojik ve kimyasal çevrimlerde önemli katkı sağlamaktadır. Buna rağmen, ekosistemler arasında en çok tehlike altında olanları da su kaynaklarıdır.

Göller doğal güzellikleri, biyolojik çeşitliliği, balıkçılık, spor, eğlence ve turizm aktivitelerine olanak tanınması, hidrolojik çevrimdeki rolü gibi özellikleriyle yaşamsal öneme sahip doğa alanlarıdır. Fakat sürekli gelişmekte olan teknoloji, hızlı nüfus artışı, küresel iklim değişikliği, evsel, endüstriyel ve tarımsal kirlilik kaynakları göllerin doğal yapısını etkilemekte ve birtakım bozulmalara neden olmaktadır. Bu durumda en sık karşılaşılan ekolojik sorun ötrofikasyondur. Temel besin maddeleri olan azot ve fosforun yüklü oranda girişiyle meydana gelen göl ötrofikasyonu, su kalitesinin ve canlı yapısının bozulmasına, istenilen amaç için kullanımının zorlaşmasına ve biyoçeşitliliğin azalmasına sebebiyet vermektedir.

Canlı türlerin bileşimi, verimliliği, çeşitliliği, sayısı ve fizyolojik durumları su kalitesine bağlı olarak etkilenmektedir. Çevre kirliliğinden birinci derecede etkilenen baraj gölleri alıcı ortam özelliğine sürekli maruz kaldığından bu kirlilik yalnızca sucul canlıları değil, insanları da olumsuz yönde etkiler.

Doğal kaynaklar vasıtasıyla üretimi gerçekleştirilen su ürünleri için kaynak sağlanacak suların nitelikleri analiz edilmeli ve ekolojik dengenin korunması sağlanmalıdır. Öncelikli olarak akarsulara karışan evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirleticiler, akarsular yoluyla göllere ve denizlere giriş yapmaktadır. Bu nedenle su ortamında kimyasal, fiziksel ve biyolojik faktörler düzenli periyotlarla incelenerek gerekli önlemler alınmalıdır.

Akarsu, lagün, doğal ve yapay göller bakımından zengin su potansiyeline sahip olan Samsun ili, uluslararası öneme sahip Yeşilırmak Deltası ile de bölgenin önemli su haznelerinden biridir. Yeşilırmak üzerinde kurulu Suat Uğurlu Barajı, öncelikli

olarak sulama ve elektrik enerjisi üretimi amacı ile 1975-1982 yılları arasında inşa edilmiştir. Dolgu tipi toprak gövde olan barajın gövde hacmi 2.151.000 m³, akarsu yatağından yüksekliği 51 m, normal su kotunda göl hacmi 182 hm³, normal su kotunda göl alanı 10 km²'dir. Baraj 83312 hektarlık bir sulama alanına hizmet vermekte olup bölgenin önemli barajlarından biridir. Aynı zamanda baraj gölü civar turizmine katkı sağlayacak şekilde de değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün yüzey suyunda fizikokimyasal, nutrient ve biyolojik parametreler belirlenerek baraj gölünün su kirliliği açısından değerlendirilmesi, su kalitesinin tespit edilmesi, trofik seviyesinin belirlenmesi ve kirliliğin önüne geçilebilmesi amacıyla çözüm önerileri değerlendirilmiştir.



2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Su Kalitesi ve Kirliliği

Suyun bir takım fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri su kalitesinin belirlenmesinde yol göstericidir. Su kalite standartları ile suyun çeşitli kullanım alanları (içme, kullanma, tarım, vb.) ve sınıfları göre belirlenir. Su kaynakları yönetiminde suyun miktarı, kalitesi ve sucul ekosistemlerin tamamen birbirine bağlı olduğu büyük oranda bütünleşmiş bir çevre kapsamaktadır. Suyun kalitesi ve miktarı ile aquatik ortamların değerlendirmesinin birlikte yapılması faydalı ve sürdürülebilir bir yönetim sağlar. Yönetimsel su kalitesi ise su kaynaklarının var olan kirliliğinin kaynaktan önlenerek kirlenmenin oluşmaması için tedbir alınması ve tedbirlerin sistemsal uygulanması olarak tanımlanabilir. Düşük kaliteli bir su kaynağında sucul ekosistemlerden verimli çalışması mümkün değildir (URL-1, 2018). Bu çalışma ile Ayvacık Suat Uğurlu Baraj Gölünün su kirliliği açısından değerlendirilmesi amaçlanmış olup değerlendirmeler Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği' ne göre yapılacaktır.

Su, canlı varlıklar için esas yapı taşıdır ve beslenme üzerinde etkilidir. Nüfusun artması ve tarım alanlarının azalması beslenme sorunları meydana getirmekte olup bunun için sulu tarım uygulamaları ile geliştirilmektedir. Üretim için vazgeçilmez bir araç haline gelen su aynı şekilde ekolojik olarak toprak oluşumu üzerinde de ciddi rol sahibidir. Bu nedenle suyun canlı çevre üzerinde olduğu kadar cansız çevre üzerinde de büyük rollere sahip olduğu söylenebilir.

İnsan kaynaklı atıklar ve sanayi atıklarının uzaklaştırılmasında karışıma dahil olan suyun canlıların yaşam alanlarından giderilerek zararsız duruma getirilmesi ve kirlletici yüklerinin azaltılması gerekir. Bunlar kentsel bölgelerde kanalizasyon sistemleri ile sağlanırken, kırsal bölgelerde fosseptiklerden faydalanılabilir. Bu atıkların doğrudan akarsulara, denizlere ve göllere ulaşması durumunda elverişsiz alt yapıya sahip olan bölgelerde su kaynakları hızlıca kirlenmektedir.

Su kaynaklarının kirliliği denilince akla akarsular, yeraltı suları, göller ve deniz kirliliği gelmektedir. Akarsular geniş drenaj havzalarında su kütleleri arasında en savunmasız olan kaynaklardır. Çünkü evsel ve endüstriyel atıklar ile tarım topraklarının yüzeysel akışının etkisi altındadırlar. Doğal bileşimi bozulmamış bir

akarsuda ekolojik bir denge vardır. Denge bozunuma uğradığında akarsuyun yaşam ortamı da bozulmakta ve böylece kirlilik ortaya çıkmaktadır.

Canlıların tüm formları için gerekli bir bileşim olması nedeniyle su kaynaklarında meydana gelen kirlilik önem arz etmektedir (Zamani ark., 2012: 2). Yaşamın her dönemi için gerekli ve insanlığın gelecekteki yaşamı için en önemli faktörlerden biri olan su ve onda meydana gelen kirlilik sürekli olarak daha da önem kazanmakta ve güncelleşmektedir (Kaplan ve ark., 1999: 310). Çünkü su, yaşam ortamını oluşturan temel öğelerden biridir. Ayrıca kendine özgü fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri sayesinde kendisi de içinde barındırdığı canlılar açısından aktivasyon alanı oluşturmaktadır (Akın ve Akın, 2007: 105). Bundan dolayı suyun yaşam ortamında bulunması, kendisinin de bir yaşam ortamı olması ve kalitesi son derece önemlidir (Menteşe, 2017).

Sularda kirliliğin belirlenmesi için değerlendirilen parametreler;

- Oksijenlendirme parametreleri
- Nutrient (besin elementleri) parametreleri
- İz elementler (metaller) ve inorganik kirlilik parametreleri
- Biyolojik parametreler olarak sıralanabilir.

Dünyada en önemli su kirleticileri patojen biyolojik etmenler olarak değerlendirilirken, Türkiye’de en büyük problem tarım ilaçlarıdır. Sanayileşme, tarımda kullanılan pestisitler, tarım ve endüstride kullanılan kimyasallarla su kaynaklarının kirlenme olasılığının oluşması kimyasal kirlenmeyi gündeme getirmiştir.

Zirai kaynaklı sızıntılar, hatalı endüstriyel uygulamalar, yeraltı depolama tanklarından kaynaklanan sızıntı suları, maden faaliyetleri, kimyasal maddelerin atık olarak toprağa verilmesi ve korozyon suları en önemli kirletici kaynaklarıdır. Dezenfeksiyon uygulamaları da ciddi seviyede kimyasal kirlenmeye sebep olmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

2.2. Su Kirlenmesinin Nedenleri ve Çeşitleri

Su ekolojisinin canlılarla su arasındaki ilişkiyi belirler. Su yağışlarla yeryüzüne inerken hava içeriğindeki çeşitli gazlar, inorganik maddeler ve radyoaktif elementleri bünyesine dahil eder ve toprağın altına sızarken organik olmayan maddelerle birleşir.

Suya karışabilecek diğer atıklar evsel ve endüstriyel atıklar, yüzeysel akışlar ve pestisitlerdir. Ancak suların bunca kirlenmesine karşı kendini temizleme mekanizması da vardır. Sudaki organik ve inorganik maddeler fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mekanik bir takım oluşumlarla doğa tarafından yok edilmeye çalışılır (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Göl, akarsu, nehir ve benzeri su ortamları için kirleticiler kaynaklarına göre endüstriyel, evsel, tarım ve ziraat, atık depolama sahaları ve doğal olaylar (sel, fırtına, yağmur) olarak sınıflandırılabilir.

2.2.1. Endüstriyel kirlenme

Endüstri atıkları herhangi bir arıtmadan geçirilmeden alıcı ortama deşarj edilirse bu durum canlıların üremesine olumsuz etki edebilir. Bu atıkların toprağa verilmesi, yağmur ve sızıntı suları aracılığı ile yeraltı sularında kirlenme meydana gelmesine neden olabilir. Zararlı bileşikler, çözücüler ve tuzları içeren kimyasal atıklar canlı yaşamına ciddi zarar verebilir. Gündelik yaşamda kullanılan bazı kimyasallar, zehirleyiciler maddeler ihtiva edebilir. Boya üretiminde kullanılan kurşun buna bir örnektir. Pil üretiminde kullanılan kurşun ciddi oranda düşürülmüştür. Birçok endüstri faaliyetleri ve fosil yakıtlar da doğaya salınan civa miktarını arttırmaktadır. İnsanlarda civa zehirlenmesine bağlı olarak körlük, sağırılık, felçler ve ölüm gerçekleşebilir. Ayrıca civa içerikli atıkların bulaştığı su ortamlarındaki balıklar besin olarak tüketildiğinde ağır metal birikmesine bağlı zehirlenmelere neden olabilir. Yağ atıkları ve petrol de diğer bir endüstriyel kirlilik kaynağıdır. Farklı nedenlerle denize karışan petrol ve atıklarının neden olduğu kirlenme deniz canlıları için tehlike arz etmektedir.

2.2.2. Evsel kirlenme

Kanalizasyon ve katı atıklar evsel kirlilik olarak alıcı ortamların kirlenmesine katkıda bulunurlar. Organik atıklar su kaynaklarına girerek mikroorganizma seviyesini artırır. Mikroorganizmalar tarafından parçalanarak organik maddelerin tüketimi oksijen kullanımını artırır. Mevcut oksijen seviyesinin azalması sucul canlıların ölümüne neden olur. İçinde yüksek seviyelerde fosfat ve nitrat bulunduran deterjanlar da evsel kirlenmeye neden olur. Azot ve fosfor deşarjı, ötrofikasyon ve

aşırı oksijen tüketimi balıklar üzerinde toksik etkiye ve yeraltı sularına karışma durumlarında ise tüm canlı hayata olumsuz etkilerde bulunur (Atabay ve ark., 1995). Azot ve fosfor miktarlarının artması sularda alg patlamalarına neden olur. Alglerin ciddi derecelerde çoğalması ise suların biyolojik dengesinin bozulmasına sebebiyet verir. Sonuç olarak ortamdaki besin miktarı azalarak alg ölümleri gerçekleşir (Tosunoğlu ve ark., 1999).

Katı atıkların su alıcı ortamlarına ve toprağa deşarjı da kirliliğe neden olur. Yeraltısuları katı atık depolama alanlarından kirliliğine neden olabilir. Evsel çöplerin kaynağında azaltılmasını sağlayacak tedbirler yanında, katı atıkların çevre kirliliğine neden olmayacak şekilde bertarafı sağlanmalıdır (URL-2, 2018).

2.2.3. Tarımsal kirlenme

Su kaynaklarının kirlenmesine neden olan kirleticiler genel olarak erozyon sonucu görülen sediment, zirai faaliyetlerde kullanılan nitrat ve fosfatlı gübreler, organik maddeler, hayvansal atıklar, bakteriler ve pestisitlerdir (Caruso, 2000). Üretim verimini arttırmak amacıyla tarımda kullanılan kimyasal gübreler, böceklerle mücadelede kullanılan çeşitli kimyasallar, yağmur ve yağmur suları ile toprak altına ulaşarak yeraltı sularında kirlilik meydana getirir. Meydana gelen bu kirlilik ve içeriğindeki zararlı kimyasallar sucul ortamdaki canlı yaşamın tükenmesine yol açabilir. Birçok böcek ilacı içeriğinde kurşun, civa, vb. diğer ağır metalleri bulundurur. Üretimde bu ağır metaller için kullanım miktarı sınırlaması getirilse de harcanan bu çabaya rağmen bitki, hayvan ve besin zincirinde bu maddeler görülmektedir. Biyolojik birikim veya yoğunlaşma olarak da adlandırılan bu durumda başlangıçta düşük miktarda alınan kimyasal maddeler canlıların vücudunda ve belirli dokularda birikme göstererek ciddi seviyelere ulaşabilmektedir. Pestisitler, civalı bileşikler, radyoaktif bazı maddeler bu birikim nedenleri arasında sayılabilir. (Olhan ve Ataseven, 2009).

2.2.4. Isıl kirlenme

Su sıcaklığında artış meydana gelmesine neden olacak faktörler ısıl kirleticiler olarak sayılmaktadır. Su, elektrik santralleri ve diğer sanayi kuruluşlarında soğutma suyu olarak kullanılarak biyolojik kirlenme olmadan deşarj edilseler dahi alıcı ortamın

sıcaklığını arttırmakta ve sucul yaşama zarar vermektedir. Oksijenin çözünürlüğü sıcak sularda soğuk sulardakinden daha düşüktür. Artan sıcaklık organik atıkların hızlı parçalanmasına neden olur. Dış ortam sıcaklığı ile paralel olarak sucul canlıların vücut ısısı artar, metabolik reaksiyonları hız kazanır ve oksijen ihtiyacı artar. Dolayısıyla oksijen ortamda gittikçe azalır. Sonuç olarak birçok su canlısı oksijensiz kalarak ölür (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

2.3. Kirleticilerin İçeriklerine Göre Sınıflandırılması

Kirleticiler içeriklerine göre fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal, biyolojik kirleticiler olarak sınıflandırılır.

2.3.1. Fiziksel kirleticiler

Fiziksel kirlilik, suyun fiziksel kalite parametrelerinin canlı yaşamını tehlikeye sokacak biçimde bozulmasına neden olur.

· Bulanıklık

Berraklığı seviyesi düşen sular bulanık su olarak tanımlanır. Canlıların ihtiyaç duyduğu maddeler az bulanık sularda daha kaliteli seviyede bulunur ve yaşam için daha uygundur. Bulanıklığın çok fazla görülmediği akarsularda planktonların gelişmesi suyun rengini yeşile çevirir. Akış esnasında alüvyon ve diğer maddelerle karışan akarsularda bulanıklık gözlenir. Bulanık sularda ışık daha fazla emilerek fitoplankton miktarının azalmasına yol açar.

· Renk

Renk parametresi sudaki askıda katı madde veya çözünmüş katı maddelerden kaynaklanmaktadır. Çökeltme, filtrasyon, flotasyon gibi yöntemlerle giderilebilen askıda katı madde ve çözünmüş katılar renk parametresi için önemli bir unsurdur. Renk oluşumu kimyasal kirliliğin neden olduğu fiziksel bir kirlilik olarak değerlendirilebilir.

· Koku ve tat

Özellikle organik maddelerden kaynaklanan ve hissedilebilir bir kirletici olan koku ve tat, sularda çoğunlukla birlikte bulunur. Tat ve koku giderimi için koku ölçümü olan threshold koku seviyesi dikkate alınır. Sularda koku ve tat bulunmasının

nedenleri; evsel atıksu deşarjı, sucul organizmaların ölümüyle oluşan çürümüş organik maddeler, hidrojen sülfür, klor ve fenollü klor bileşikleri ve metan gibi çözülmüş gazlar, pestisitlerin su ortamına karışması olarak verilebilir. Su kaynaklarında koku ve tat çoğunlukla algler ve çürümüş bitkilerden kaynaklanır.

· İletkenlik

Çözülmüş tuzların sudaki toplam konsantrasyonudur. Suda çözünmesiyle elektriği ileten iyonlar veren tuzlar iletkenlik için oldukça belirleyicidir. Sudaki iyon sayısının artmasıyla suyun elektriksel iletkenliği de artar. Elektriksel iletkenlik olarak adlandırılan bu parametre, çözelti içindeki atık madde miktarını ve tuzluluk ile bağlantısını göstermeye yardımcıdır.

· Sıcaklık

Mevsimlik değişimlere uğrayan göl sularında yıl boyunca sıcaklık değişimleri görülmektedir. Kış aylarında don olayına rastlanmayan göller için sıcaklığın derinlikle değişmediği varsayılmaktadır. Sıcak aylarda üst seviyedeki su sıcaklığında ısınma meydana gelmeye başlar. Suyun sıcaklığı iyi iletememesi ve sıcak suyun soğuk sudan hafif olması nedeniyle su kütlelerinde tabakalı bir sıcaklık farkı görülür. Bu durum “termal tabakalaşma” olarak adlandırılır. Kararlı olan bu yapı kış aylarına kadar bu şekilde devam eder. Üst tabakaya “epilimnion”, orta tabakaya “metalimnion” ve alt tabakaya “hipolimnion” denir. Termal tabakalaşmada suyun devridaimi yalnızca üst tabakada gerçekleşerek kimyasal ve biyolojik tepkimelerin önemli bölümü “epilimnion” tabakasında görülür. Bu durumda tabana inen kimyasal madde miktarı sınırlıdır. Ancak çökebilen maddeler “hipolimnion”a doğru ilerleyebilir. Havaaların soğumasıyla üst tabakadaki su kütlesi de soğumaya başlar ve ağırlaşan su kütlesi tabana doğru hareket eder. Böylece göl alanında bir devridaim meydana getirir. Bu “sonbahar karışımı” olarak adlandırılır. Çoğunlukla ilkbaharda aylarında ise “ilkbahar karışımı” olarak tanımlanan benzer durum meydana gelir (Karpuzcu, 2007).

2.3.2. Kimyasal ve fizikokimyasal kirleticiler

Suyun kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerinin canlıların yaşamsal faaliyetlerini olumsuz olarak etkileyecek şekilde bozulmasına neden olacak kirlenme kaynaklarıdır. Tüm dünyada olduğu gibi kirlilik, ülkemizin doğal kaynaklarının

bozulmasına neden olmaktadır. Bu sınırlı kaynaklardan sürdürülebilir şekilde yararlanılması ve iyileştirilmesi için analiz ve takiplerin yapılması gerekmektedir (Gürçay ve Tecim, 2006).

Çizelge 2.1. Kimyasal ve fizikokimyasal kirleticiler

Kirleticiler	Ölçüm Parametreleri
Oksijenlendirme Parametreleri	Çözünmüş oksijen, Oksijen doygunluğu, Kimyasal oksijen ihtiyacı, Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
Azotlu Maddeler	Amonyum azotu, Nitrat azotu (NO_3^- -N), Nitrit azotu (NO_2^- -N), Toplam kjeldahl-azotu
Karbonlu maddeler	Organik karbon (şekerler, üre, vb.), İnorganik karbon
Fosforlu maddeler	Orto fosfat fosforu, Toplam fosfor
Kükürtlü maddeler	Sülfat, Hidrojensülfür
Klorlu bileşikler	Klorlu fenoller, Kloraminler
Ağır metaller	Bakır, Çinko, Civa, Kadmiyum, vb.
Yağ ve Gres	Yağ, gres
Yüzey aktif maddeler	Deterjanlar, Sabunlar
Zirai ilaçlar	Pestisitler

2.3.3. Biyolojik kirleticiler

Suyun mikrobiyolojik yapısında mikroorganizma dengesizliği nedeniyle yaşanan değişim biyolojik kirlenmeye neden olur. Göllerde karşımıza çıkabilecek biyolojik kirleticiler; bakteriler, protozoalar, algler, mantarlar ve diğer organizmalar şeklinde sıralanabilir.

2.4. Kirleticilerin Su Ortamına Giriş Şekillerine Göre Sınıflandırması

Kirleticiler kaynaklarına göre, noktasal ve yayılı kaynaklar olarak ayrılırlar. Kirliliğin ortama giriş şekli ölçüm, kontrol ve müdahaleye müsait, tek kaynaklı noktasal deşarj şeklinde ise bu tür kaynaklar noktasal kaynak, kirlilik yayılı olarak giriş yapıyorsa yayılı kaynak olarak adlandırılır.

2.4.1. Noktasal kaynak

Deşarjın tek noktadan gerçekleştiği kirlilik kaynaklarıdır. Endüstri tesislerinin atıksularının tek noktadan direkt deşarjı noktasal kaynağa örnek gösterilebilir.

2.4.2. Yayılı kaynak

Alıcı ortama tek noktadan değil, yayılı kaynak olarak giriş yapan kirliliktir. Yağış suları ve sulama suları gibi yüzeysel akışlar, atmosfer yoluyla su ve toprağa ulaşan kirleticiler, yerleşim bölgelerinden gelen yağış suları, katı atık depolama sahalarından, maden sahalarından ve fosseptiklerden yeraltı sularına karışan sızıntı suları, kirlenmiş nehir ve derelerin doğal ortama yayılımı olarak tanımlanabilir (Orhon ve ark., 2002).

2.5. Göller ve Göl Kirliliği

Göller; içme ve kullanma suyu temini, enerji üretimi, balıkçılık, avcılık, turizm, ulaşım ve eğlence gibi alanlarda kullanılan, kara kütleleri üzerindeki doldurmuş bulunan su kütleleridir (Hoşgören, 1994).

Biyolojik çeşitlilik, rekreasyon, turizm, balıkçılık, ve hidrolojik çevrimdeki rolü gibi çeşitli özellikleriyle önemli doğa alanları olan göller en önemli tatlı su rezervlerindendir (Taş, 2011). Ancak teknolojinin gelişmesi, hızlı nüfus artışı, küresel iklim değişikliği, tarımsal, evsel ve endüstriyel kirlilik kaynakları göller için yük oluşturmakta ve kirliliğin artmasına neden olmaktadır. Göllerde karşılaşılan en yaygın ekolojik problem insan kaynaklı ötrofikasyondur. Nutrient birikimi de göllerde su kalitesi için önemli bir sorun olarak görülmektedir (Beklioglu ve ark., 2003). Azot ve fosforun göl ortamına yüklü seviyede girişi ile meydana gelen ötrofikasyon, biyoçeşitlilikte azalmaya ve su kalitesinin kötüye gitmesine neden olur (Kristensen ve Hansen, 1994; Dodson ve ark., 2000).

Göllerin asimilasyon kapasitesi, anaerobik duruma geçmesinde önemli bir faktördür. Göllere giriş yapan evsel atıksuların fosforca zengin olması, tarımsal alanlardan kaynaklanan yüzey akış suları ve çeşitli sanayi atıksularının gölde besin yükünü arttırması, fotosentezle yoğun alg üremesine ve organik madde miktarında artışa neden olduğundan çeşitli kimyasal değişiklikler meydana gelir. YSu ortamındaki azot, fosfor ve klorofil-a konsantrasyonlarına göre göller dört sınıfa ayrılır. Göl sularının besin maddelerince özellikle azot ve/veya fosfor bileşiklerince, alg ve daha yüksek yapıları bitkilerin üremesini hızlandıracak, böylece sudaki canlıların dengesini bozacak ve su kalitesinde istenmeyen bozulmalara yol açacak

şekilde zenginleştiği göllere “ötrofik”, fosfor ve azot konsantrasyonlarının ve üretimin düşük olduğu göllere “oligotrofik”, bu iki sınır durum arasındaki göllere ise “mezotrofik” adı verilir. Trofik seviye, oligotrofik seviyeden hipertrofik seviyeye doğru yükselir.

Göller yerüstü su kaynakları arasında kirlenmeye en duyarlı ortamlar olarak değerlendirilebilir. Akarsu ve yüzey akışıyla gelen çözünmüş ve askıda maddeler özellikle kapalı havza durumundaki göllerde birikmeye başlar. İnsan kaynaklı faktörlerle kirlenen suların göle deşarjı su kalitesinin zamanla kötüye gitmesine neden olur. Göle giren kirleticiler; ağır metaller ve zor parçalanabilen pestisitler gibi bozunmayan türde ise gölde zamanla artan yoğunlaşmalara neden olur. Göl tabanına çökerek biriken askıdaki maddeler ve göl dibinde zamanla dolma meydana getirir. Gölün kendini temizleme kapasitesi ile zararsız hale getirilen kolay parçalanabilir organik madde seviyesi gölün doğal arıtma kapasitesini aşar duruma geldiğinde, göldeki oksijenin tüketilmesine ve gölün anaerobik hale gelmesine neden olur (URL-3, 2018)

Avrupa Topluluğu tarafından kabul edilen "Su Çerçeve Direktifi" kapsamında Avrupa'daki sucul ekosistemler ve bunlara bağlı diğer ekosistemlerin ekolojik bakımdan iyi duruma gelmesi amacıyla çalışmalar sürdürülmektedir (Water Framework Directive, WFD, 2000). Türkiye’de ise Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, su kalitesi yönetimine ilişkin geniş kriterler ve uygulamalar getirmiştir. Bu yönetmeliklerle, ekosistem prensibi çerçevesinde ve ülke gereksinimleri doğrultusunda su kaynakları kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi amaçlanmış, içme ve kullanma suyu, yüzey suları ve yeraltı sularının kalite sınıflandırması oluşturulmuştur (Taş, 2011).

2.6. Baraj Gölleri

Göller oluşumlarına göre doğal göller ve yapay göller olmak üzere iki ana grupta incelenebilir. Baraj gölleri, oluşum itibari ile yapay göller sınıfına girer ve akarsuların önlerinin insanlar tarafından kapatılması sonucu oluşan göllerdir. Yapay set gölleri (barajlar), elektrik enerjisi elde etme, içme suyu temini, su baskınlarını önlemek, tarımda sulama amacıyla kullanılmaktadır.

Dünya üzerinde temiz suya olan gereksinim, tatlı su kaynaklarında artış meydana gelmediğinden ve mevcut kaynakların kirlilik nedeniyle kullanılması güç hale gelmesinden dolayı her geçen gün artış göstermektedir. Su kaynakları, uzun vadede korunması ve sürdürülebilirlik açısından dikkatli kullanılması gereken doğal kaynaklardır. Bu nedenle tatlı su kaynakları fiziko-kimyasal durumları açısından değerlendirilmeli, yüksek kalite sınıfında yer alanlar korunmalı ve düşük kalitede olanlara ise iyileştirme çalışmaları uygulanmalıdır (Varol, 2015).

Ülkemiz üç tarafı denizlerle çevrili olmasına rağmen tatlı su kaynakları bakımından zengin değildir. Hatta gelecekte, gerekli önlemler alınmadığı takdirde su sıkıntısı çeken bir ülke olacaktır. Ülkeler; su kaynaklarını kontrol güçlüğü, yağış ve su kaynaklarındaki dengesiz dağılımı, su kaynaklarından kaynak havzasına dayanan bütünleştirilmiş uzun vadeli planlama yerine kısa vadeli ve bölgesel planlamalarla su kaynaklarının kullanımı etmenlerinden dolayı su sıkıntısı yaşayabilirler. Bu nedenle gelecek nesillere sağlıklı, yeterli ve sürdürülebilir kaynaklar bırakabilmesi için kaynakların çok iyi değerlendirilmesi gerekmektedir (Gürer, 2007).

Baraj gölleri; elektrik üretimi, içme ve kullanma suyu temini, balıkçılık, sel kontrolü ve rekreasyon amacıyla akarsular üzerine inşa edilen ve suyun belirlenen havzada birikmesinin sağlandığı yapay göllerdir. Bu göller dar, uzun veya dallanmış yapıdadır (Fakıoğlu ve ark., 2011). Yüksek akış hızı, giriş sularında askıda katı madde mevcudiyeti, kısa su değişim süresi gibi faktörler nedeniyle doğal göllerden farklı olan baraj gölleri, su toplama havzasının daha geniş olması sebebiyle havza kirlenmelerinden doğal göllere göre daha fazla etkilenirler. (Demir ve Atay, 1999).

2.6.1. Baraj göllerinin biyolojik ortama etkileri

Enerji üretimi, akarsu akım rejiminin düzenlenmesi ve taşkınların önlenmesi, içme kullanma ve sulama suyu sağlanması, ulaşım kolaylığı, su sporları ve balıkçılık, turizm için yeni alanların oluşturulması, vb. pek çok yararlar sağlayan yapay göller doğal çevrede çeşitli değişimler yaratarak bir takım ekolojik sorunlara neden olurlar.

Bir akarsuyun önüne bent çekilerek oluşturulan irili ufaklı yapay göllerin çevrenin atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer başta olmak üzere sosyo-ekonomik yapı değerlendirilmesi güç elemanlarda yaratabileceği değişimlerin önceden

kestirilebilmesi amacı ile bu etkilerin projelendirme öncesinde fizibilite çalışmaları sırasında ele alınmaları gerekir.

Bir yapay gölde sucul ekoloji üzerindeki etkileri, fizibilite çalışmalarının başlamasıyla birlikte görülmekte, balık yaşamındaki değişiklikler ise daha çok barajın su tutup gölün oluşmaya başlamasıyla ortaya çıkmaktadır. Baraj gölü oluşup belli bir süre sonra ekolojik dengeye yeniden erişildiğinde, yeni sistem ancak kirlenme gibi dış etkenler nedeniyle tekrar değişim gösterebilir.

Baraj, su tutmaya başlar başlamaz karasal ve akarsu ortamı yerini yavaş yavaş göl ortamına bırakmaya başlar. Bu dönemde biyolojik sistem ile hidrolojik sistem arasında hızlı bir etkileşim görülür. Örneğin, su basmasıyla beraber göl alanında yaşayan toprakaltı canlılarından önemli bir kısmı yok olur. Akarsu ortamına ait canlılar ortamı terk ederek yerlerini göl ortamında yaşayan canlılara bırakırlar. Suyun yükselmesi sırasında toprağın nem içeriği artar ve iklimsel değişiklikler kendini gösterir. Bütün bu etkilerin su tutma dönemi boyunca yerinde gözlenmesi ve kaydedilmesi gerekir.

Suyun yükselmesi sistemde ani değişmeye yol açar. İlk zamanlarda besin zinciriyle de bu etki yükseltgenerek balık üretiminde hızlı yükselmelere neden olursa da bu durum ilk yıllara özgüdür.

Derin göllerdeki bol çeşitli yüksek biyolojik üretim, mevsimsel yoğunluk ve suyun kimyasal açıdan tabakalaşması ile birlikte ortaya çıkar. Bu tabakalaşma derinlerdeki çözülmüş oksijen miktarındaki azalma ile karakterize olmuştur. Böylece derin göllerin dip kısımları oksijen yetersizliği ve nutrientlerin azalmasıyla birlikte balık ve diğer canlılar için yaşanmaz hale gelir. Ayrıca rezervuarlarda biriken kirlenici maddeler balıklar için toksik düzeye ulaşabilir.

Ekosistemdeki hızlı değişimler su tutma ile başlar ve göl kararlı hale gelene kadar sürer. Bu sırada göldeki değişimlerin hızı ve yönü önceden tahmin edilemeyecek kadar hızlıdır. Bu dönemde balıkçılık ve tarımda olumlu değişimler görülür. Alan başına düşen üründe artış gözlenir. Sucul organizmalar açısından en yüksek üretim bu dönemde gerçekleşir.

Barajlar balık göçleri için fiziksel bir engel olmaya ek olarak suyun akış rejiminde ve özellikle suyun kimyasında da birtakım değişimlere neden olmaktadır. Bazı baraj göllerinde memba, göl suyu ve mansapta suyun kalitesindeki değişimler

incelendiğinde, su kalitesi gölde, göle girişte ve gölden çıkışta önemli farklılıklar göstermektedir. Doğal olarak bu değişimler bu farklı noktalarda canlı yaşamına doğrudan etki etmektedir. Barajlarda, hidroelektrik üretimi amacıyla genellikle derinlerden su alınmakta ve bu su kullanıldıktan sonra mansaba verilmektedir. Derinlerdeki bu suyun özellikle çözünmüş gaz içeriği yüzey suyundan oldukça farklı olduğundan mansaptaki balıklarda gaz embolisine yol açmakta ve ölümlere neden olabilmektedir (Ekmekçi, 1994).

Baraj gölü oluştuktan belli bir süre sonra üretimde etkili olan biyolojik parametrelerdeki dalgalanmalar azalır. Bundan sonraki dalgalanmalar ancak doğal göllerde olduğu gibi, gölün enlemi ve yükseltisi gibi fiziksel parametrelerine bağlı mevsimsel değişimlerdir. Göl oluştuktan hemen sonraki bitki patlaması, bu dönemde artık belli bir dengeye gelmiştir ve yayılma durmuştur. İdeal bir denge durumunda organizma ölüm ve doğum oranı dengededir, sistemdeki türlerin kompozisyonu da hemen hemen sabittir. Bu dönemde denge dışına çıkmak ancak bazı özel durumlarda oluşur. Örneğin, hidrolojik rejimin ani değişimleri, kontrolsüz avlanma, kirlenme, vb. dış etkenler sistemin dengesini bozabilir.

Yapay göllerin biyolojik sisteme olan etkilerinin ortaya çıkarılması ve kontrol altında tutulması, gölün oluşum süreçleri içinde ayrı ayrı ele alınmalıdır. Ancak her aşamada yapılması gerekli ortak çalışma sürekli ve düzenli bir gözlem ağının kurulmasıdır. Elde edilecek veriler daha sonra gölün hangi değişime nasıl tepki vereceği konusunda bilgi üretmek ve böylece gölü kontrol altında tutmak amacı ile kullanılmalıdır (Ekmekçi, 1994).

2.6.2. Baraj göllerinin trofik (besin) sınıflandırılması

“Trofik” kelimesi aynı zamanda bir göle organik maddelerin gelmesini ve buna bağlı olarak değişen ekolojik durumu açıklar. Bu yüzden 5 tip göl ayrımı yapılmıştır. Bunlar; oligotrofik (az besinli), mezotrofik (normal, orta besinli), ötrofik (iyi besinli), distrofik (kötü besinli), miksotrofik (distrofik fakat üretici) şeklinde sıralanabilir.

- **Oligotrofik göller:** Jeolojik olarak genç olan göllerdir. Genellikle derindirler. Suları temiz ve üretimleri de az miktardadır. Çözünmüş besin maddesi konsantrasyonu düşüktür. Türlerin çeşitliliği çok değişik ve fazladır. Su mavi renktedir ve ışık geçirgenliği yüksektir. Yüzeyde alg patlamaları görülmez,

verimlilik azdır. Karbon, azot ve fosfor bakımından fakirdirler. Elektrolitler, askıda veya göl tabanındaki organik maddeler azdır. Hipolimnion tabakası oldukça geniş ve soğuktur. Oksijen bütün mevsimlerde ve derinliklerde çok miktarda bulunur. Hipolimnion tabakasında ise oksijen tüketim hızı azdır.

- **Mezotrofik göller:** Oligotrofik ve ötrofik göl tipi arasında özellik gösteren gölleri oluşturlar. Bu tip göllerde su bitkileri yavaş yavaş görülmeye başlar. Su yeşilimsi bir hal alır. Orta seviyede balık üretimi olur.
- **Ötrofik göller:** Bu tip göller genellikle sığdırlar. Bitki temel besin maddeleri ve organik madde bakımından zengindirler. Çözünmüş besin maddesi konsantrasyonu yüksektir.
- **Distrofik göller:** Genellikle yumuşak zeminli yağışlı yerlerde görülen bu tip göllerde su kahverengi olup üretim ve tüketim arasında bir denge söz konusu değildir. Azot, fosfor ve organik maddeler bakımından zengin olmalarına karşın humik maddelerin fazlalığı nedeniyle organizmaların büyümeleri sınırlı kalmaktadır. Gölün derin sularında oksijen bulunmayabilir ve alg patlamalarına çok sık rastlanmaz. Bu göller sığlaşarak çoğunlukla bataklığa dönüşür ve sonrasında bitki ve orman örtüsü ile kaplanır (Özecik, 2006).
- **Miksotrofik göller:** Humik maddeler bakımından zengin olmalarına rağmen üretici durumda olan bu göller, besin maddeleri ve askıda organik maddeler bakımından çok zengin göllerdir (Yetgin, 2009).

2.6.2.1. Göllerin trofik seviyesini belirlemede kullanılabilecek indikatörler

Göllerin trofik seviyesi fiziksel, kimyasal ve biyolojik indikatörler kullanılarak belirlenebilir.

2.6.2.1.1. Fiziksel indikatörler

Sucul ortamların trofik seviyesini belirlemede kullanılabilecek fiziksel indikatör olarak genellikle ışık geçirgenliği kullanılmaktadır. Eğer göl bulanıksa ışık alt tabakaya geçemeyeceğinden fotosentez sadece üst tabakada meydana gelecektir. Bu durumda alt tabakalardaki çözünmüş oksijen solunumda kullanılıp tüketileceğinden anaerobik ortam meydana gelecektir.

2.6.2.1.2. Kimyasal indikatörler

Sucul ortamların kimyasal özelliklerindeki bozulma bu ortam ve canlı yaşamını olumsuz yönde etkileyeceğinden trofik seviyenin belirlenmesinde kimyasal indikatörlerden yararlanılmaktadır.

- **Besi maddesi (C, N, P) konsantrasyonları:** Organik azot önce amonyuma, daha sonra oksijen ile birleşerek sırasıyla nitrit ve nitrata dönüşmektedir. Organik fosfor ise ortofosfata dönüşmektedir. Su ortamında inorganik formdaki nitrat ve ortofosfat konsantrasyonunun yüksek olması gölün oligotrofikten ötrofik hale geçmekte olduğunu göstermektedir.
- **Hipolimnion tabakası:** Hipolimnion tabakası bir su ortamında su sıcaklığının mevsimlere bağlı olarak değişmediği alt kısmı ifade etmektedir. Hipolimnion tabakasındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu yüksekse göl oligotrofik, çok düşükse mezotrofik ve sıfırda ötrofiktir.
- **Toplam organik azot:** Eğer su ortamında toplam organik azot yüksekse uzun vadede su ortamının ötrofik hale gelme ihtimali çok yüksek demektir. Toplam organik azot düşük, nitrat yüksekse ötrofik hale gelme süresi çok kısa demektir. Eğer ortamda hem nitrit, hem de nitrat birlikte bulunuyorsa su ortamının kirlenmeye devam ettiği anlaşılmalıdır. Aerobik ortamda organik azot, amonyum veya nitrit bulunması taze kirlenmeyi göstermektedir. Buna karşılık sadece nitrat yüksekse kirlenme büyük ihtimalle eskiden kalmış demektir.
- **Toplam fosfor:** Organik fosfor zaman içinde tamamen ortofosfata dönüşmektedir. Toplam fosforun yüksek olması su ortamının ötrofikasyon eğiliminde olduğunu gösterir.
- **Çözünmüş tuzlar:** Su ortamında çözünmüş tuz konsantrasyonlarının yüksek olması o su yatağının hızla ötrofikasyon eğiliminde olduğunu gösterir.
- **Elektrolitler:** Eğer ortamda elektrolitler fazlaysa gölün hızla ötrofik hale geçme eğiliminde olduğu anlaşılır.
- **pH:** pH'ın 7'den küçük olması gölün ötrofikasyon sürecinin başladığını gösterir. Ötrofik bir su yatağında pH düşüktür.
- **Kasyon oranı:** Kasyon oranının yüksek olması ortamda fazla miktarda çözünmüş tuz olduğunu gösterir. Kasyon oranı yüksekse göl ötrofik hale gelebilir, değilse su serttir ve göl oligotrofiktir. (Kahraman,2003)

2.6.2.1.3. Biyolojik indikatörler

Biyolojik indikatörler, sucul ortamların trofik seviyesini ve ötrofikasyon eğilimlerini belirlemede kullanılır.

- **İlk üretim hızı:** İlk üretim hızının yüksek olması (fitoplankton miktarının artması) su yatağının hızla ötrofik hale geçmekte olduğunu gösterir.
- **Tür farklılığı indeksi:** Tür farklılığı indeksi deşarj noktalarında yüksekten daha ilerideki noktalarda düşüktür. Ötrofik göllerde yaklaşık olarak 5 milyar ton/yıl alg üremekte ve bunların tamamı göl tabanına çökmektedir. 1 kg ayrışırken 1,4 kg oksijen tüketmektedir. Bu durumda sadece alglerin ayrışması için gerekli yıllık oksijen miktarı 7 milyar tondur.
- **Alg patlaması frekansı:** Bir su ortamında sık sık alg patlaması meydana geliyorsa bu su ortamında ötrofikasyon başlıyor demektir.
- **Kıyılardaki bitki örtüsü:** Ötrofikasyonun başlamasıyla kıyılardaki bitki örtüsünde aşırı derecede artma görülmektedir.
- **Fitoplankton ve zooplankton karakteristikleri:** Yüzeysel su yataklarının ötrofik hale gelmesi halinde birinci ve ikinci kademe üretici karakteristikleri değiştirmektedir.
- **Dip faunası:** Ötrofik su ortamlarında dip faunasında değişimler gözlenmektedir.
- **Balık sayısı ve türleri:** Ötrofikasyonun başladığı sularda balık tür ve sayılarında azalma görülmektedir (Kahraman, 2003).

2.7. Göllerde Ötrofikasyon ve Çeşitleri

Ötrofikasyon, gölde besleyici maddelerin (genellikle fosfor ve azot bileşikleri) varlığının neden olduğu, göl ve nehirlerde biyolojik üretimin doğal prosesinin zenginleşmesidir. Ötrofikasyon, görülebilir mavi-yeşil alg (siyanobakteri) veya alg patlamaları, yüzey birikintileri, yüzey bitki yığınları ve bentik makrofitlerin toplanmasıyla sonuçlanabilir. Bu durum organik maddelerin bozunması, toksik maddelerin serbest kalması veya öncelikle okside olmuş fosfatların sedimanlara bağlanması ve oksijen yokluğundan balık ölümleri gibi ikincil problemlere neden olabilen suda çözünmüş oksijenin azalmasını tetikleyebilir (Doğan ve ark., 2018).

Ötrofikasyon oluşuma göre doğal ve yapay ötrofikasyon olarak sınıflandırılabilir. Doğal ötrofikasyon gölün yapısında organizmaların ölümü sonucu vücut parçaları ve kabuklarının sedimentte birikmesiyle oluşur. Yapay ötrofikasyon ise evsel atıklar, endüstriyel atıklar ve tarımsal aktiviteler gibi insan faktörlerine bağlı gelişen aktiviteler sonucu oluşan ötrofikasyon olarak tanımlanır. Göllerde ötrofikasyona neden olan organizmalar genellikle mavi-yeşil alg grubundan anabaena, aphanizomenon, microcystis, oscillatoria cinslerine ait türlerdir (Yağcı, 2010).

Yaşlı su ekosistemlerinde fosfor, nitrojen ve diğer besi maddelerinin, besi maddesine dönüşebilen organik maddenin artması, sistemin üretkenlik seviyesini arttırır. Su ekosistemleri etrafındaki karalardan sürüklenerek su ortamına ulaşan toprak ve canlı artıkları ihtiva eder. Su yüzeyinde toplanan ve güneş ışınlarını engelleyen alg ve mikroskobik organizmalar, sucul yaşam için hayati önem taşıyan oksijen emilimine engel olur. Özellikle fosfattan kaynaklanan ötrofikasyon, fosfat kirlenmesi olarak da tanımlanır. Ötrofikasyon göllerin evrimleşme hızında önemli paya sahiptir. Özellikle zirai ve evsel atıkların karıştığı göllerde nitritli, fosfatlı, azotlu besleyici tuzların suda artması ötrofikasyonu hızlandırarak ilkbahar aylarında alglerin artmasına sebebiyet verir. Sucul ortamda aşırı miktarda çoğalan algler, sıcakların artmasıyla fonksiyonlarını yitirerek kütleler halinde dibe çöker ve alg çürümeleri sonucunda ortamda oksijen miktarı azalır. Göldeki bu oksijen azalması ve hidrojen sülfürün artması sucul ortamdaki canlıların ölümlerine neden olur. Bunun sonucunda göl dibi çökelmeler nedeniyle bakterilerin parçalayabileceğinden daha fazla maddeyle dolar ve oksijence fakirleşme hızı artar. Ancak bakterilerin ayrıştırdığı organik maddeler, yeni mineral maddelerin açığa çıkmasında ve yeni canlıların oluşmasında görev alarak ötrofikasyona yardım ederler. Böylece zamanla derinliği azalan göl, ötrofik göl halini alır. Sürecin bu şekilde devam etmesi ötrofikasyonun etkilerini arttırarak göl derinliğinin daha da azalmasına ve bataklığa dönüşmesine neden olur (Orhon ve ark., 2002)

2.8. Ötrofikasyon ve Alg Kontrolü

Suların besin zinciri ötrofikasyonu etkileyen en önemli faktördür. Gelişmeleri ve üremeleri için algler inorganik azot, ortofosfat, karbondioksit ve diğer besi elementlerine ihtiyaç duyarlar. Algler zooplanktonların, zooplanktonlar küçük

balıkların, küçük balıklar ise büyük balıkların besin kaynağıdır. Suların besin zinciri gelişmiş yapıdaysa ve üretkenliği fazla ise azot ve fosfor elementlerinin miktarı da o derece fazla olur. Besin maddelerinin miktarına bağlı olan bitkisel üretim ve besin zincirlerinde görülen doğal denge, besi elementlerinin gerekenden yüksek olmasıyla bozularak zooplanktonlar tarafından tüketilmesi zor olan mavi-yeşil alglerin hızlıca çoğalmasına neden olur. Bu nedenle mavi-yeşil alglerin su ortamında belirmesi ötrofikasyon göstergesidir. Ötrofikasyon sulak alanların bulanık bir hal almasına neden olur. Su yüzeyindeki alg kütleleri kıyıya vurur. Bunlar bozularak kötü kokulara ve zamanla çökerek çözünmüş oksijen miktarında azalmaya neden olur. Göller, köklü su bitkilerinin üremesi nedeniyle otlarla dolar. Elverişsiz olan bu şartlar ise balıklar için sucul yaşamı yaşanmaz kılar.

Ötrofikasyonun ilerlemesi daha dayanıklı, fakat istenmeyen türlerin üremesine neden olur. Alg üremesi fazla olmasa dahi, gölün büyük yüzey alanı sebebiyle, rüzgar alan sahillerde fazla miktarlarda alg birikimi olur. Hafif rüzgarlar, göl yüzeyinin süpürülmesine ve alglerin balıksı kokusunu kıyı şeridinde ulaştırılmasına neden olur. Güneş ışınlarının emildiği epilimnion tabakasında gelişen algler, karanlık ve suları durgun olan hipolimnion tabakasında çökelebilirler. Bu durum göl tabanındaki çözünmüş oksijen miktarının azalmasına neden olarak balık üretimi engelleyebilir. Ayrıca epilimnion tabakasındaki alg üremesi ve hipolimnion tabakasındaki anaerobik ayrışmadan kaynaklanan tat ve koku, içme suyu arıtımını zor hale getirir. Bir kez ötrofik hale gelen gölün kendini toparlaması, noktasal kaynaklardan besin elementi girişi azaltılsa bile uzun zaman alır. Bulanık göllerde ise bu durum daha farklı şekilde karşımıza çıkar. Rahatlıkla bulanık hale geçebilen küçük hazneli sulara ışık geçişi gerçekleşemez. Bu durumda bitkisel üretim hızı ve alg yetişmesi daha az olur. Bu haznelerde besin elementleri fazla miktarda olsa dahi, güneş ışığının eksikliği nedeniyle fotosentez yetersiz kalır. Ancak bu durumda da aşırı bulanıklık, içme suyu temini ve balıkçılık için sorun teşkil eder (Muslu, 2001).

2.9. Ötrofikasyonun Temel Mekanizmaları

Alg patlaması yani su bitkilerinin hızla gelişerek biyolojik büyük kütleler oluşturması, inorganik besin maddelerinin fotosentez ile organik bitki maddeleri haline dönüşmesinin bir sonucudur. Bu durumu etkileyen temel faktör, güneş radyasyonudur. Bu nedenle su ortamının ötrofikasyonu; güneş radyasyonunun çeşitli

derinliklere nüfuz etme derecesine, suların kütlesinin coğrafi konumuna, kaynak besin maddelerinin miktar ve şekline, su partiküllerinin hareket ve dispersiyonuna bağlı olarak değişebilir. Farklı tür dağılımları gösteren su bitkilerinde bahsedilen faktörlerin etkileri de farklı olur (Muslu, 2000).

Fotosentez için enerji kaynağı sayılan güneş radyasyonunun artması durumunda su sıcaklıkları ve buna bağlı olarak fitoplankton biyokütlesi artar ve suda bulunan çözünmüş durumdaki besin elementleri planktonlarca kullanılır. Bu işleyiş, besi elementi konsantrasyonu artık biyolojik gelişmeyi sağlamayacak düzeye gelene kadar sürer. Biyolojik gelişmenin sağlanamamasıyla fitoplankton biyokütlesindeki artış sonlanarak yerini biyokütlede azalmaya bırakır. Bu durum çoğunlukla zooplanktonların bu bitkisel maddeleri tüketmesinden kaynaklanır. Yaz sonu veya sonbahar başlangıcı zamanlarında, ortamda besi elementi konsantrasyonunun yeniden artmasından dolayı biyokütlede yeni bir artış yani yeni bir alg patlaması görülebilir. Sonbahar sonu veya kış başlangıcında ise sıcaklık ve güneş radyasyonu azalırken biyokütlede yeniden azalma görülecektir.

Sonuç olarak bir su ortamının ötrofikasyonu değerlendirilirken; su kütlesinin derinlik ve hacmi, su yüzeyindeki güneş radyasyonu ve bunun derinlikle değişimi, su sıcaklığı, besi elementleri (fosfor, azot, vb.) ve fitoplankton biyokütlesi (klorofil-a) temel parametreler olarak incelenebilir (Muslu, 2001).

2.10. Azot/Fosfor (N/P) Oranı

Fitoplanktonların gelişmesinde gerekli besi elementleri inorganik azot, karbondioksit ve fosfat bileşikleridir. Bir takım iz elementler de bu gelişim için önemlidir. Bir gölde besin maddelerinin miktarının sınırlandırılması ötrofikasyon kontrolünde önemli bir etkidir. Doğal sularda aşırı üretkenlik için gerekli olan karbondioksit hali hazırda bikarbonat alkaliliği şeklinde bulunmaktadır. Ötrofikasyonda ana sınırlandırıcı faktör azot veya fosfordur. Çoğu araştırma sonucunda bir göl, zamanla daha da ötrofik duruma geçerken, gelişmeyi sınırlandıran temel faktörün fosfor olduğu görülmüştür. Bu kanıyı doğrulayan durum ise mavi-yeşil alglerin atmosfer azotunu tespit edebilmesidir. Bu nedenle besin kaynaklarının kontrolü için göle giren azot miktarını sınırlandırmanın şüpheli bir uygulama olduğu düşünülebilir. Göllerde bitki üremesinin kontrolünü sağlayabilmek için fosfor girişinin azaltılması üzerinde çalışılmaktadır. Gelişmiş ziraat ve endüstri bölgelerinde kimyasal gübreler,

deterjanlar, hayvan yemleri ve diğer kimyevi maddeler yüksek miktarda azot ve fosforun yüzeysel sularla taşınmasına neden olur. Tarımsal arazilerden yüzeysel akışla gelen yağış suları da, hayvan atıkları ve çürümüş bitkilerle gelen fosfata ek olarak önemli miktarlarda antropojen fosfatın yüzeysel sulara taşınmasına neden olur. Evsel atıksuların içeriğindeki fosforun yaklaşık %60'ının deterjanlardan kaynaklandığı bilinmekte olup yaşamsal koşulların bir sonucu olarak alıcı ortamlara ulaşmıştır (Çıplakoğlu, 2006).

Alg ve sucul bitkilerinin üremesinin fazla miktarda olması için gereken inorganik azot ve fosfor miktarı pek de fazla değildir. Alg bulundurma açısından bir sorun teşkil etmeyen göller için genel olarak kabul edilen üst sınır, ilkbahar karışımı zamanında 0,3 mg/L amonyak ve nitrat azotu ile 0,02 mg/L ortofosfat fosforudur. Yıllık ortalama, 0,8 mg/L TN ve 0,1 mg/L P' den daha yüksek konsantrasyonlar barındıran göller, gelişme zamanlarının çoğunda alg problemlerine neden olurlar. Suda bulunan azot ve fosfor kullanıldıkça bitki biyokütlesi çoğalmaktadır. Noktasal ve yayılı kaynaklardan sulara ulaşan besin miktarının azalması, bitki biyokütlesinin de azalmasına neden olur. Su ortamına giriş yapan azot ve fosfordan hangisinin sınırlayıcı olacağını belirleyebilmek için azot ve fosforun birbirine bağlı miktarını, yani N/P oranını analiz etmek gerekir. Alg ve su bitkilerinin maksimum miktarını sınırlandıracak olan besin elementi, konsantrasyonu en düşük olan veya bir başka deyişle diğerinden önce minimuma ulaşarak tükenen besin elementidir. Ortamda mevcut azot, bazı şartlar altında, fosfordan önce minimum bir değere ulaşabilir ve bunun bir sonucu olarak da, maksimum biyokütle, yani klorofil-a miktarı azot tarafından kontrol edilir. Bu durumda azotun tükenmesiyle biyokütlerde azalma görülür. Ortamda azot tükendiğinde fosfor miktarı hala yeterli konsantrasyonda mevcut bulunur. Sistemde öncelikli olarak fosforun tükenmesi, bitki biyokütlesinin fosfor tarafından kontrol edildiğini gösterir. Fosfor tükendiğinde biyokütle maksimum seviyeye erişmiş olur ve bunun sonucunda klorofil-a miktarında azalma görülmeye başlar. Her iki durum da biyokütlenin ihtiyaç duyduğu azot ve fosforun rölatif miktarı ile ortamda bulunan azot ve fosforun rölatif miktarı ile bağlantılıdır.

Su ortamında fosforun artırılması azot giderimine göre daha az maliyetli olduğundan biyolojik gelişmenin fosfor tarafından sınırlandırılması istenir. Alg hücrelerinin formülündeki N/P oranı için bazı kabuller esas alınarak değerlendirme yapılır. Klorofil-a'nın mikrogramı başına 1 mikrogram fosfor (1 µg P/ µg klorofil-a)

ve 10 mikrogram azot (10 µg N/ µg klorofil-a) oranları kabul edilirse, $N/P < 10$ için sistem azot tarafından, $N/P > 10$ için sistem fosfor tarafından kontrol edilir. $N/P = 10$ olması durumunda sistem bu iki besin elementi tarafından da kontrol edilemez. Bu durum bitki stokiyometresi ile ilişkilidir. Daha geniş bir aralıkla ifade edilecek olursa $N/P > 20$ ise sınırlandırıcı parametre fosfor, $N/P < 5$ ise sınırlandırıcı parametre azot olarak değerlendirilir. N/P oranı deniz sularında düşük seviyedir ve deniz suları azot kontrollüdür. Yani azot konsantrasyonunun azalması fitoplankton gelişmesini durdurur. Noktasal kaynakların girişken olduğu küçük dağ akarsuları da azot tarafından sınırlandırılır. Ancak bu akarsulara giriş yapan atıksu kaynaklarından fosfor giderimi yapılırsa, bu sular fosfor kontrollü hale de getirilebilir. Büyük nehirlerde ise noktasal olmayan besi elementi kaynakları hakimdir ve fosfor tarafından sınırlandırılır. Büyük göllere noktasal olmayan kaynaklardan giriş olur ve fitoplankton gelişmesi, fosfor miktarının azaltılması ile durur. Küçük göller ise önemli noktasal kaynaklardan kirlenirler ve azot kontrollü olup fosfor tasfiyesi yapılırsa, fosfor kontrollü olabilirler. Azot fosfor oranını değerlendirilirken farklı durumlar da görülebilir. Örneğin azot tarafından kontrol edilen tatlı su ortamlarında, azot tasfiyesi yapıp fitoplankton miktarında azalma beklenirken, $N/P < 4$ gibi düşük oranlarda dahi alglerin gelişim gösterdiği tespit edilmiştir. Sebebi ise alglerin sistemde eksik olduğunu tespit ettiği azotu, atmosfer azotunu bağlayarak karşılayabilmesidir (Muslu, 2001).

2.11. Ötrofikasyonu Etkileyen Faktörler

Fiziksel ve kimyasal faktörler ile ağır metaller ötrofikasyonu etkileyen temel faktörler arasında yer almaktadır. Sucul ortamların istenen seviyelerin dışında özellik göstermesiyle ulaşılan trofik seviyeler de sucul ortamlar için olumsuz şartlara neden olur.

2.11.1. Fiziksel faktörler

- **Işık:** Diğer bütün fiziksel, kimyasal ve biyolojik şartlar hazır olsa bile ilk üretimin gerçekleşebilmesi için mutlaka ışığa ihtiyaç bulunmaktadır. Çünkü ilk üretimin temel mekanizması fotosentezdir. Ekosistemdeki üretim ve solunum arasındaki biyolojik denge, oksijen temini ve oksijen tüketimi arasındaki dengeye bağlıdır.

Suları temiz olan derin göllerde alt tabakalara sadece mavi yeşil ışık ulaşabildiğinden diğerleri daha uzun dalga boyuna sahip olduklarından üst tabakalarda absorbe edilmektedirler) derin noktalarındaki bütün objeler ve su mavi yeşil renklidir. Bir su ortamının ışık geçirgenliği ışığın hangi derinliğe kadar nüfuz edebildiğini ifade eden bir kavramdır. Su en büyük ışık geçirgenliğine saf halde iken ulaşmaktadır. Saf sudan oluşan bir ortamda su yüzeyine gelen ışığın %50'si 17,75 metre derinliğe kadar ulaşmaktadır. Yine saf sudan oluşan bir ortamda 118 metre derinliğe ışığın ancak %1'i ulaşmaktadır. %1 ışık seviyesinde fotosentez hızı solunum hızına eşittir. Bu seviyeye ışık dengeleme seviyesi adı verilmektedir. Bu seviyenin üstünde fotosentez hızı solunum hızından yüksek, altında ise düşüktür.

Üretim ve solunum arasındaki denge ortamdaki tüketime de bağlıdır. Bu denge ötrofik göllerin alt kısımlarında çözülmüş oksijen sıfıra düştüğünden bozulmaktadır. Ötrofik göllerin alt tabakalarında ve yüzeyi buzla kaplı su ortamlarında su bitkilerinin aşırı derecede çoğalması ışığın suya nüfuziyetini azaltacağından fotosentezle kazanılan oksijenin solunumla tüketilen oksijeni karşılayamamasına yol açmaktadır. Suyun berrak olması bulanıklığın az olduğunu göstermekte olup gölün oligotrofik fazda olduğuna işaret etmektedir.

- **Sıcaklık:** Sıcaklık tüm biyolojik faaliyetleri etkileyen bir parametredir. Biyolojik faaliyetlerin hızı, 30°C'den sonra ise azalarak bir süre sonra tamamen durmaktadır. Su kütlelerinin ısınması üst tabakada tutulan uzun dalga boylu ısınların absorpsiyonu ile gerçekleşmektedir. Alt tabakaların ısınması ise karışımla (konveksiyonla) gerçekleşmektedir.

Sıcaklık arttıkça gaz ve tuzların sudaki çözünürlüğü artmakta, buna karşılık doygunluk değeri azalmaktadır. Dolayısıyla kirletici maddelerin konsantrasyonları da bir ölçüde sıcaklıktan etkilenmektedir. Difüzyon (maddenin ortamda moleküler kuvvetler ve/veya türbülans etkisiyle yayılması) sıcaklıkla artmaktadır. Sıcaklık arttıkça gazların atmosferden su ortamına geçme hızları azalmakta, su ortamından atmosfere gaz çıkışı hızlanmaktadır. Basınç arttıkça su ortamındaki çözülmüş gaz miktarı artmaktadır.

Su ortamının tabanında bulunan organik maddelerin ayrışma hızı da sıcaklığa bağlıdır. Ayrışma hızı sıcaklıkla artmaktadır. Ayrışma sonucu ortaya çıkan gazlar sıcaklık arttıkça daha yüksek oranda yukarıya doğru yükselmektedir. Derin su

yataklarında (özellikle göllerde) sıcaklık tabakalaması meydana gelmektedir. Çünkü derin kısımlarda su sıcaklığı daha düşük olup yoğunluklar daha fazladır. Üst kısımlarda ise sıcaklık arttığından yoğunluk azalmakta, bu da üst ve alt tabakalardaki suyun karışmasını önlemektedir. Ancak ilkbahar ve sonbahar aylarında yüzeydeki su sıcaklığı 4°C civarına gelince tabana doğru hareket ederek karışımı sağlayabilmektedir. Bunun doğal bir sonucu olarak bahar karışımları esnasında besi maddeleri de gölün her tarafına yayılmakta ve özellikle ilkbahar aylarında alg patlamaları görülmektedir.

Sıcaklık tabakalaşması su ortamındaki canlı hayatını önemli ölçüde etkilemektedir. Sıcaklık tabakalaşması meydana gelen göllerde üç ayrı katman görülebilir. En üstte sıcaklığın mevsimsel olarak değiştiği epilimnion Tabakası en alta ise sıcaklığın hemen her mevsim sabit ve 4°C civarında hipolimnion (durgunluk) tabakası bulunmaktadır. Mevsimlik su sirkülasyonu ve biyolojik faaliyetler epilimnion tabakasında meydana gelmektedir. Eğer hipolimnion tabakası zamanla küçülürse su yatağı giderek bataklık haline gelmektedir. Bu iki tabaka arasında ise kalınlığı diğerlerinden daha az olan ve ani sıcaklık değişimi görülen termoklin (mezolimnion) tabakası mevcuttur. Termoklin tabakasına geçiş tabakası da denilmektedir. Bu tabakada su sıcaklığı her metrede yaklaşık 1°C azalmaktadır.

- **Rüzgar:** Su ortamının karışımını, dolayısıyla besin maddeleri ve oksijenin yayılımını sağlamaktadır. Ayrıca atmosferle su yatağı arasındaki gaz transferine de yardım etmektedir.

- **Su yatağının geometrisi:** Girinti çıkıntı arttıkça sahil uzamakta, bu da su yatağında daha fazla bitki üremesine yol açmaktadır.

- **Coğrafi konum:** Fotosentez için radyasyon alma ve sıcaklık açısından önemlidir.

- **Sızma:** Besin maddelerinin su ortamından sızarak uzaklaşması bakımından önemlidir.

- **Buharlaştırma:** Buharlaştırmanın fazla olması su yatağından su kaybını arttırmakta, bu da daha hızlı bataklık haline gelmesine yol açmaktadır.

- **Epilimnion/hipolimnion oranı:** Bu oran derinlik veya hacim bazında belirlenebilir. Bu oran büyüdükçe su yatağının daha hızlı ötrofik hale gelme ihtimali artmaktadır.

- **Dipteki sedimentin fiziksel özellikleri:** Besin maddelerini veya çökelen diğer kirleticileri tutabilme özellikleri açısından önemlidir.

- **Kıyıların şekli ve morfolojik yapısı:** Kıyılarda girinti çıkıntının artması, sahillerdeki su derinliğinin nispeten sığ olması, kıyılarda köklü bitkiler yetişebilmesi, gibi etkenler ilk üretim hızına tesir etmektedir. Eğer su yatağı dairesel şekilli ise orta kısımlara kirleticinin ulaşması daha geç olacaktır, ayrıca su yatağı daha fazla güneşe maruz kalacaktır.

- **Türbülans:** Türbülansı fazla olan su yataklarında besin maddeleri daha hızlı ve homojen olarak karışır. Durgun ortamlarda ise lokal alg patlamaları daha fazla görülür.

- **Debi:** Su yatağına giren ve çıkan toplam su debisi fazlaysa ortam daha hızlı bir şekilde yenilebilecek demektir. Debinin fazla olması suyun hidrolik bekletme süresini arttırır. Su sirkülasyonunun az olması kirleticilerin su yatağında daha uzun süre kalmasına yol açmaktadır. Kirleticinin birikmesi giren suyun kalitesine de bağlıdır.

- **Akıntıların mekanik özellikleri:** Su ortamında sürüntü maddesi ile birlikte inorganik besin maddesi taşınması açısından önemlidir.

- **Tabandaki siltlerin su ortamına geçme oranı:** Siltlerle birlikte su yatağındaki ilk üretimi hızlandıracak besin maddelerinin de su ortamına taşınması açısından önemlidir.

- **Taşma hacmi-su yatağı hacmi oranı:** Bu oran ne kadar büyükse kirleticiler su ortamında o kadar uzun süre kalacaklar demektir.

- **Derinlik:** Tabakalaşmanın meydana gelmesi açısından önemlidir.

- **Bulanıklık:** Işık geçirgenliğini azalttığından fotosentez hızını olumsuz yönde etkilemektedir. Bulanıklığın en önemli sebepleri sürüntü maddeleri ile taşınan askıda maddeler ve su yatağında meydana gelen üretilerdir.

- **Tabakalaşma:** Derinlik, yoğunluk ve/veya sıcaklık tabakalaşması olması halinde tabana çökelen maddeler ayrışırken oksijeni kullanarak ortamı anaerobik yapmaktadırlar.

- **Rakım:** Işığın ve radyasyonun etkisi ile ilgilidir. Düşük rakımlı bölgelerde nem fazla olduğundan suya nüfuz eden ışık miktarı azalmakta, su yüzeyinde tutulan

veya yansıyan ışık miktarı artmaktadır. Radyasyon miktarı da rakıma bağlıdır. Sıcaklık da rakımla bağlantılıdır. (Kahraman, 2003).

2.11.2. Kimyasal faktörler

Sucul ortamlarda bulunan kimyasal faktörlerin tespit edilmesi ve istenen standartlarda olup olmadığının araştırılması, trofik seviyeyi belirlemede ve ötrofikasyon eğilimini tespit etmede kullanılır.

2.11.2.1. Çözünmüş oksijen

Oksijen sucul ve karasal ekosistemdeki canlı hayatının devamlılığında temel bir faktördür. Suların oksijen seviyesindeki değişimler yaşamsal faktörleri etkilediğinden, çözünmüş oksijen seviyesindeki değişimle su kalitesinin de değişmesine neden olur.

Suların oksijen kaynağının büyük bölümü atmosferden karşılanmakta olup çözünmüş oksijen değerleri havadaki oksijenin suda çözünmesi ile meydana gelir. Atmosfer basıncı, hava sıcaklığı ve suda çözünmüş tuzların konsantrasyonu sudaki oksijen çözünürlüğünü etkiler. Oksijenin çözünürlüğü, sıcaklığın ve tuz miktarının artmasıyla ve yüksek bölgelerdeki düşük atmosferik basınç nedeniyle azalmaktadır.

Göllerdeki oksijen dağılımı esas olarak atmosferden ve fotosentezden kazanılan oksijen ile kimyasal ve biyolojik oksidasyon proseslerinde kullanılan oksijen arasındaki denge ile sağlanır. Oksijen miktarı sadece organizmaların ihtiyacı olması açısından değil, birçok besin maddesinin elde edilebilirliği, çözünürlüğü ve dolayısıyla aquatik ekosistemin verimliliği açısından da önemlidir.

Atmosferden temin edilen çözünmüş oksijenin yanı sıra, fitoplanktonların gerçekleştirdiği fotosentez de suya gerekli oksijeni sağlar. Çözünmüş oksijen ise suda, sucul canlıların solunumu ve sulardaki çözünebilir organik maddelerin ayrışmasındaki metabolik faaliyetler sırasında tüketilir. Bu durum suların kendini arıtması olarak adlandırılmaktadır. Su ortamlarına insan kaynaklı organik kirleticilerin giriş yapması, bu organik maddelerin aquatik mikroorganizmalarca ayrıştırılmasını sağlayarak oksijenin azalmasına neden olur. Sulardaki balık yaşamında kritik bir faktör olan çözünmüş oksijen seviyesi 5.0 mg/L' dir ve bu

düzeşin altındaki durumlarda istenen üretim sağlanamaz, 1 mg/L' nin altında ise uzun vadede öldürücü seviyeye gelmiş olur.

Tabakalı göllerdeki oksijen konsantrasyonu; çözünürlük, hidrodinamik yapı, biyojenik girdiler ile kimyasal ve metabolik oksidasyon reaksiyonlarına bağılı olan kayıpların arasındaki etkileşimlerin sonucuna bağılı olarak değışiklik gösterir.

Ötrofikasyon ile oksijen miktarı arasındaki ilişkide faktörler, kanalizasyon atıklarından ve zirai uygulamalardan kaynaklanan dış kaynaklı olmasına veya suyun içinde meydana gelen iç proseslerden kaynaklanan iç kaynaklı olmasına bakılmaksızın, organik maddenin solunumu sonucu ortaya çıkan oksijen ihtiyaçlarından kaynaklanan faktörlerdir.

2.11.2.2. Fosfor

Fosfor bitkiler için ana besin elementleri grubuna dâhil olup, organizmaların tamamının metabolizmasında bulunan bir bileşen olarak önemli rol oynar. Fosfor, ekosistemde fosfat formunda bulunur. Fosfatlı kayalar yağmur, rüzgar gibi doğa olaylarıyla aşınarak inorganik fosfat şeklinde taşınır.

Doğal faktörlerin yanında insanlar tarafından gerçekleştirilen tarımsal, endüstriyel ve kimyasal faaliyetler, evsel atıklar ve fosfat içeren temizleyiciler fosfor çevriminde yerini alır. Fosfatlı kayalar yapay gübre yapımında oldukça sık kullanılır. Toprağı verilen bu gübrelerin önemli bir bölümü, yüzeysel akışlarla göllere, nehirlere, denizlere kadar ulaşır. Ayrıca konut, yol, köprü yapım çalışmaları gibi sebeplerle meydana gelen atıklar, günümüz gereğı kullanılan fosfatlı ilaç ve deterjanlar da fosfat döngüsünde etkilidirler.

Birçok mineralin içinde bulunmasına rağmen az çözünür olması, makro besin elementleri arasında en düşük konsantrasyonlu olmasına ve çoğı zaman gelişmeyi sınırlayıcı faktör olmasına sebep olmuştur. Özellikle oligotrofik ve mezotrofik göllerde, fosfor biyolojik üretimin seviyesini belirleyen element olmuştur. Tipik bir gölde dışarıdan gelen fosfor girdileri fitoplanktonların ihtiyacının büyük bir kısmını karşılar. Ancak göl ortamında fosfor döngüleri yine de büyük önem taşır.

Bitkiler genellikle fosfatı ortofosfat şeklinde kullanırlar. Gelişme periyodu boyunca, fosforun büyük bir bölümü, organik fosfatlar ve organik kolloidler üzerinde adsorbe olmuş şekilde canlı ve ölü organizmaların hücrelerinin bileşeni olarak

bulunurlar. Ötrofikasyonun artmasıyla birlikte, sedimentteki organik fosfor oranı artmaktadır. Bu sebeple fosfor girişi, biyolojik proseslerdeki elde edilebilirliğine bağlı olarak değişik ötrofikasyon eğilimleri göstermektedir.

Fosforun ılıman sıcaklıktaki göllerdeki davranışı onun konfigürasyonuna, gölün katmanlaşma durumuna ve gölün trofik seviyesine göre değişiklik gösterir. Soğuk mevsimlerde genellikle ışık, alg gelişmesini sınırlandıran faktördür. Bu nedenle besin maddeleri yeteri kadar organik madde üretemez. Sonuç olarak kışın sonu ile bahar karışımının başlangıcı arasında en yüksek ortofosfat seviyesine ulaşılır. Bu olaya fosfor seviyesinin başlangıcı denir ve göllerin sınıflandırılmasında anahtar parametre budur. Sert suya sahip göllerde fosforun bir kısmı kalsitle beraber çökerek biyolojik üretimden uzaklaşmış olur.

Bahar mevsiminde sık sık görülen fitoplanktonların aşırı çoğalmaları, ortofosfat miktarının aniden düşmesine neden olur. Tabakalaşma görülen aerobik hipolimnion tabakasına sahip göllerde fosfat içeren biyokütle sedimentlere kadar iner. Anaerobik hipolimnion tabakasında ise dipteki suda fosfat konsantrasyonunda bir artış gözlenir. Bu artış çözünebilen fosfor fraksiyonundan kaynaklanır. Bu da çöken fitoplanktonların parçalanmasıyla ve sedimentlerin indirgenmesi sonucu fosfatın ortaya çıkmasıyla ilgilidir. Gölün alt-üst olması sırasında sedimentlerden gelen fosfor gölün her tarafına yayılır. Bununla beraber, epilimniondaki alg gelişmesi fosforun sınırlayıcı faktör olmasına kadar devam eder. Sonbahar karışımı boyunca suyun hipolimnion yapısının tekrar karışması, ortofosfat için geçici bir yüksek konsantrasyona ulaşmaya sebep olur. Çoğu politrofik göllerde, sirkülasyonun yıl boyunca devam etmesi sonucu, yaz boyunca sedimentin üzerindeki su aerobik olsa bile sedimentten yoğun bir fosfor hareketliliği görülür (Kahraman, 2003).

2.11.2.3. Azot

Canlılarda nükleik asitlerin, vitaminlerin ve proteinlerin yapısında bulunan azot havada serbest halde %78 oranındadır. Azot ihtiyacı bitkiler tarafından topraktan suda çözülmüş ve iyonik durumda amonyum ve nitrat formunda temin eder. Organik azot ise hayvanlar tarafından besin zinciri vasıtasıyla karşılanır. Bitki ve hayvanlardan meydana gelen ölü dokular ve boşaltım atıkları, ayrıştırıcı organizmalar ile amonyağa çevrilir. Kemosentetik nitrit bakterisi tarafından amonyak nitrite, nitrit ise nitrat bakterisi tarafından nitrat formuna dönüştürülür. Bu olay

nitrifikasyon olarak adlandırılır. Denitrifikasyon bakterileri ise nitrat ya da nitrati yeniden atmosfer serbest azota dönüştürür. Bu durum ise denitrifikasyon olarak tanımlanır. Atmosfer azotu şimşek ve yıldırım gibi doğa olaylarının etkisiyle sudaki hidrojen ve oksijen ile birleşerek amonyak ve nitrat formuna dönerek yağışlarla yeryüzüne ulaşır (Şahinkaya, 2014).

Azot kaynakları doğada; bitkisel ve hayvansal atıklar, şimşek ve yıldırımlar (atmosferik azot fiksasyonu), biyolojik azot fiksasyonu, organik ve inorganik gübreler halinde bulunur.

Serbest amonyak, suda hızla çözünerek suya amonyum ve hidroksil iyonu veren amonyum hidroksiti meydana getirmektedir. Dolayısıyla, amonyum suda başlıca NH_4^+ ve çözünmemiş amonyum hidroksit şeklinde bulunur. Artan besi elementi girişiyle fotosentez hızı artarak karbondioksit azalır ve pH artar. Bu durumda serbest amonyak miktarının artmasıyla zehirlilik artış gösterir. Amonyumun herhangi bir andaki konsantrasyonu; bitkilerin bünyeye alımı, hayvansal boşaltım hızı ve bakteriyel oksidasyon arasındaki dengeyle alakalıdır. Azot fiksasyonu, azot gazının (N_2) organik azot bileşiklerine çevrim süreci olarak adlandırılır ve azot fiksasyonu, göllerde kullanılabilir azot için önemli bir kaynak olabileceğinden önemlidir. Fosfor ve demir kısıtlamasının olmadığı ılık hava koşullarında, diğer azot kaynaklarının çok düşük olduğu durumlarda, azot fiksasyonu göl ötrofikasyonunu hızlandırmaktadır. Denitrifikasyon ve azot fiksasyonu aynı anda ölçüldüğünde göl, akarsu ve geçiş sularının çoğunda, denitrifikasyonla kaybedilen azot miktarının azot fiksasyonu ile kazanılan azot miktarını aşmakta olduğu gözlenmiştir.

Sucul ortamlarda amonyak varlığı fekal bir taze kirlenmeyi, nitrat varlığı ise eski bir kirlenmeyi ifade eder. Sularda özellikle organik azotun fazla bulunması, direkt olarak fekal bir girişim sonucu meydana gelebilir. Kirlenmiş su deşarjlarıyla yüzeysel su kaynaklarına ulaşan azotlu maddeler ile beraber karbon ve fosfor gibi genellikle aynı kaynaktan olduğu varsayılabilecek diğer besi elementleri aşırı beslenme olarak ifade edilen ötrofikasyona sebebiyet verirler.

Denitrifikasyon hızı göllerde mevsim ve derinliğe bağlı olarak değişiklik gösterir. Denitrifikasyon hızı göl ortamlarında genellikle nitrifikasyon hızından daha fazladır. İkisi arasındaki bu denge, akarsu kaynaklarıyla ve yağışla göle giriş yapan azot ile sağlanmaktadır. Organik azot genellikle kjeldahl yöntemi uygulanarak tespit

edilir. Bu yöntem ile toplam organik azot toplam amonyak azotuna çevrilir. Amonyak azotu ile organik azot bileşikleri toplam kjeldahl azotunu belirler. Toplam azotun inorganik azot formları arasındaki farkı toplam organik azot içeriğini belirler (Anonim, 2018).

2.11.2.3.1. Amonyum azotu

Aerobik su kütlelerindeki $\text{NH}_4\text{-N}$ konsantrasyonları, ötrofik bölgede bitkiler tarafından kullanıma bağlı olarak genellikle düşüktür. Ayrıca, düşük seviyede bir organik kirliliğin görüldüğü sularda NH_4^+ 'ün NO_2 ve NO_3 şekillerine okside edilmesine göre bakteriyel nitrifikasyon görülür.

2.11.2.3.2. Nitrit azotu

Nitrit, nitrifikasyon ve denitrifikasyon dönüşümlerinin geçiş ürünüdür. Kararsız bir azot formu olan nitrit göl ortamlarında nitrifikasyon ve/veya denitrifikasyon gerçekleştiğini gösterir (Kahraman, 2003).

2.11.2.3.3. Nitrat azotu

Yüzey suları ve yeraltı suları, azot bileşikleri ile öncesinde kirlenmemiş olsalar dahi, az miktarda nitrat içerir. Özellikle yeraltı sularında bu durumun görünmesi, yağmur ve toprağın altına sızan sulama sularının nitrat içerikli gübrelerle kirlenerek ortama ulaşmasıdır. Göl, akarsu gibi yüzeysel sularda yüksek oranlarda nitrat varlığı ise o ortama direkt olarak nitrat deşarjının, nitrat içerikli atıksu deşarjının ya da zirai alanlardan kaynaklanan gübre ile kirlenmiş yağmursularının yüzeysel akışla su ortamına giriş yaptığının göstergesidir (Kahraman, 2003).

2.11.2.4. Organik karbon

Sucul ortamlarda karbon çevrimi içeren proseslerin merkezinde organik karbon yer alır. Kapalı bir devrede bakteriler tarafından fotosentetik olarak birleşmiş olan karbonun % 30-50'si besin zincirine taşınmaktadır. Bakteriler, parçalama kapasitelerden dolayı çözünmüş organik karbon havuzlarının büyüklüğünü ve kompozisyonunu kontrol ederler (Kahraman, 2003).

Kapalı bir ortamda bakterilerin ayrışması ortamın stabilitesini sağlar. Fitoplanktonlarda C/N/P: 106/16/1'dir. Metan da ötrofikasyonun ilerlemesinde önemli bir karbon bileşiğidir. Anaerobik ortamlarda metan, organik maddelerden enerjinin kullanımı sonucu ortaya çıkmaktadır. Metan, sedimentten çıktıktan sonra aerobik bölgeye ulaşarak aerobik bölgeyi olumsuz etkiler. (Kahraman, 2003).

Organik madde konsantrasyonunu tayin etmede kullanılan bir parametre olan toplam organik karbon, organik madde içeriğindeki karbon miktarını verir. Organik madde konsantrasyonlarının az olduğu zamanlarda toplam organik karbon ölçüm yöntemine başvurulur (Öğütveren, 2011).

2.11.2.5. Ağır metaller

Sularda bulunan toksik maddeler, konsantrasyonları düşük dahi olsa insan sağlığı için sakıncalı olup hastalıklara ve ölüme yol açabilirler. Eser miktarlarda bulunması halinde dahi sakıncalı sayılan bu toksik maddelerin en önemli kısmını “ağır metaller” olarak tanımlanan Ag, As, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, Te, U, V, Zn, vb. elementler oluşturur (Sonaer, 1994).

Eser miktarlarda dahi güçlü zehirleyici etkisi olan bu maddeler, kirlenmiş sularda metal, tuz, katyon ve kısmen anyon şeklinde mevcuttur. Hücrelerde ağır metal bulunması hücre plazmasında sertleşme, şişme ve büzülmeye sebep olur. Ayrıca hücre proteinlerini de çöktürerek solunum şiddetinin ve buna bağlı olarak oksijen tüketiminin azalmasına neden olur (URL-4, 2018).

Doğal kaynakların dışında sucul ekosistemlerde ağır metaller, artan antropojenik etkiler nedeniyle de kendini gösterir. Bunlar evsel ve endüstriyel atıklar ve neden olduğu atıksular, yayılı kaynaklar olarak sıralanabilir. Yerüstü sularında ağır metal kaynaklarına; atmosferik ve karasal taşınım, yüzeysel akışların arazilerden taşınımları, volkanik ve hidrotermal faaliyetler, kayaç ve su etkilenimi ile meydana gelen doğal ve jeokimyasal olaylar ve insan aktivitelerinin sonucu olan antropojenik kirlilik girdileri örnek verilebilir (Dereli ve Çakmakçı, 2017).

Ağır metallerin su ortamlarındaki konsantrasyonları, çoğunlukla insan faaliyetleri sonucunda ağır metaller ile kirlenmiş partiküllerin hava yoluyla toprak ve su ortamlarına taşınmasıyla artar. Ağır metaller beslenme zinciri ile üst seviyelere doğru birikirler. Besin zincirine katılan ağır metaller, planktonlarla veya sucul

ortamdaki diğer organizmalar yoluyla balıklara geçerek canlı yaşamına olumsuz etkilerde bulunur (Kır ve Tumantozlu, 2012).

Yüzeysel akışlar ağır metallerin yerüstü sularına taşınmasında önemli rol oynar. Bir çok bilimsel çalışmada, karayollarından ve kentsel alanlardan yayılı kirletici olarak gelen ağır metallerin yüzeysel akış vasıtasıyla alıcı ortamlara giriş yaptığı belirlenmiştir (Akdoğan ve ark., 2015; Uzun ve ark., 2014; Sisman ve ark., 2002).

Su ortamlarına jeolojik yapı nedeniyle giriş yapan metaller genellikle Cu, Co, Fe, Ni, Pb, As, Hg, Fe, Mn olarak sıralanabilir. Söz konusu doğal kökenli ağır metaller, kırıntılı alüminosilikatlar ve oksit mineraller, ikincil kil mineraller, ikincil Fe-Mn oksihidroksitler, metal sülfidler ve karbonatlar halinde, adsorbsiyon ve kimyasal bağlarla organik maddelerde birikirler (Güven ve Öztürk, 2005).

Metaller sucul ortamlarda çökelme, çözünme, sorpsiyon ve desorpsiyon gibi çeşitli değişimlere ve dönüşümlere maruz kalırlar. Bu reaksiyonlara redoks potansiyeli ve pH önemli şekilde etkiler. Su ortamlarında metaller çökelme ve sorpsiyon ile sedimanda birikir ve çözünme ve desorpsiyon ile yeniden su kolonuna dönerler. Suyun doğal salımlarıyla başka bölgelere taşınabilen çözünmüş metaller biyolojik reaksiyonlara dahil olabilir. Su ortamında metaller, kolloid veya partiküller şeklinde, çözünmüş katyonlar veya kompleks bileşikler şeklinde, sediman veya toprağa adsorbe olmuş halde bulunurlar (Weiner, 2008).

Sudaki metal ve metal bileşiklerinin çözünürlüğü ortamın pH' sına ve oksidasyon redüksiyon potansiyeline (ORP) bağlıdır ancak kesin kuralları yoktur. Metallerin çözünürlüğü genel olarak düşük pH' larda artar ve yüksek pH' larda azalır. Artış gösteren pH için belirli bir değerden sonra bazı kompleksler oluşarak çözünürlükte yeniden artış görülmeye başlar. Benzer şekilde ORP değerlerindeki düşüş ile metal çözünürlüğü artarken, yüksek ORP değerlerinde çözünürlükte düşüş görülür (Dereli ve Çakmakçı, 2017).

- **Bakır**

Bakır tüm canlılar için zehirlilik özelliği gösterir. Alkali sularda bakır hidroksit şeklinde, çürümüş organik madde içeren sularda ise sülfür şeklinde çökelme gösterir. Balıklar için kuvvetli zehirleyici özelliği bulunan bakır, suda çözünmüş tuz şeklinde ise alabalıklar için zehirlilik sınırı 0,14 mg Cu/L'dir. Bakırın sert sulardaki

zehirleyici fonksiyonu daha düşüktür. Suda çözünmüş şekilde bulunan diğer tuzlar da bakırın zehirleyici etkisini azaltmaktadır (URL-4, 2018).

- **Çinko**

Çinko, beklenen konsantrasyon değerlerini aşması durumunda sulardaki canlı yaşamı olumsuz şekilde etki eder. Balıklar için toksisite sınırı 0,3 mg Zn/L olup su ortamında bulunan nikel ve bakır konsantrasyonları, çinkonun zehirleyici etkisini arttırmasına neden olurlar (URL-4, 2018).

- **Kadmiyum**

Biyolojik yarı ömrü uzun kadmiyumun düşük miktarlarda dahi zehirlilik özelliği gösterdiğinden ciddi kirletici olarak değerlendirilir. Kadmiyum özellikle kabuklu deniz canlılarında ve bazı hayvanlarda böbreklerde birikerek zehirleyici etkiye neden olur. Omurgasız deniz organizmalarındaki kadmiyumun akut toksisitesinin sudaki eşik değeri 7 µg Cd/L' dir. (Kayhan, 2006)

- **Nikel**

Nikel konsantrasyonunun 6 mg Ni/L' yi aşması sudaki mikrobiyolojik olayları engellemekte olup nikelin zehirleyici etki sınırı balıklarda 1-5 mg Ni/L, küçük su canlılarında ise 3-4 mgNi/L' dir. (URL-4, 2018).

- **Civa**

Civa ve bileşikleri su ortamlarına endüstriyel ve zirai kaynaklardan karışırlar. Sudaki canlı yaşamı için zehirleyici özellik gösteren civa aynı zamanda organizmalarda birikme gösterir. Sucul ortamda civa miktarının 100 mg Hg/L üzerine çıkması mikrobiyal aktivitede sonlanmaya neden olur. Balıklarda hayati sınırları 0,25 mg Hg/L (alabalık) ile 0,80 mg Hg/L (sazan) arasında değişiklik gösterir.

- **Kurşun**

Kirlilik yükü taşıyan suların kurşun konsantrasyonunun 0,1 mg Pb/L' den düşük olması sucul canlılar için hayati sorun teşkil etmez. Toksisite sınırı hassas balık türleri için 0,1-0,2 mg Pb/L' dir. Suların sertliği arttıkça bu durum değiştiğinden sert sularda sınır 1 mg Pb/L olarak belirlenmiştir (URL-4, 2018).

2.12. Ağır Metallerin Göl Ekosistemlerinde Ötrofikasyon İle İlişkisi

Birincil üretimde eser miktarda besi elementi (iz element) olarak ve su kirleticisi olarak değerlendirilen ağır metaller de ileri ötrofikasyon koşullarından etkilenmektedir. Ayrıca ağır metallerin temel besi elementlerinden olan fosfor ile tepkimesi ve ekosistemde birikme ve zehirleyici özellik göstermeleri de birincil üretimi etkilemekte ve birincil üretime bağlı değişebilmektedir.

Ötrofik bir gölde ağır metal çevirimleri, gerçekleşmekte olan biyolojik tepkimelerle bağlantılıdır (Rahman ve Hasegawa, 2012; Razavive ark., 2014; Webster ve ark., 2011). Alglerin birincil üretici olarak çoğalması ve çökmesi esnasında ağır metaller hem biyolojik akümülyasyon hem de adsorpsiyon prosesleriyle göl ortamından giderilmiş olurlar.

Sediman oluşum hızı yüksek olan ötrofik göllerde ağır metaller çökerek sedimanda birikme gösterir. Bundan dolayı su kolonundaki miktarları düşüktür.

Ötrofik göllerde suyun pH ve oksidasyon redüksiyon potansiyeli gibi fizikokimyasal özellikleri birincil üretimdeki termal tabakalaşma ve mevsimsel değişimler ve tarafından etkilenmektedir. Bu değişimler ağır metallerin partiküler maddeye (alg, inorganik sediman) adsorpsiyonunu ve kompleks oluşumunu etkiler (Sigg ve ark., 1995). Yu ve Wang (2004), alglerin hücre içine depoladığı Cd ve Zn konsantrasyonlarının, çözünmüş fosfor konsantrasyonunun artması ile arttığını gözlemlemişlerdir. Yuan ve ark. (2015), alglerin biyosorpsiyon ve biyoakümülyasyon süreçleriyle hücrelerinde Pb, Cd, Ni ve Zn konsantrasyonlarının arttığını belirtmişlerdir. Ötrofikasyon sediman-su kolonu arasındaki çevresel şartların değişmesine neden olduğundan ağır metaller sedimandan su kolonuna geri dönüş yapabilirler. Yapılan birtakım çalışmalarla ağır metallerin sedimandaki konsantrasyonları araştırılmış ve meydana gelen alg patlamalarının ağır metallerden kaynaklanan ekolojik riskleri arttırdığını tespit edilmiştir (Dereli ve Çakmakçı, 2017).

2.13. Ötrofikasyonun Ekolojik Açıdan Olumsuz Etkileri

Sularda ötrofik seviye arttığında balık türleri ve balıklar için besin maddesi olan organizmalar azalmaktadır. Ancak ötrofikasyonun ileri derecede görülmesi durumunda balıklar için yaşam mümkün olmamaktadır.

Su yataklarının tabanında dip sedimentlerinin (taban çamurunun) birikmesi sonucu zamanla su ortamında canlılara olumsuz etki yapabilecek kirleticiler aşırı derecede çoğalmaktadır.

Su yatağının dip ve yan taraflarında geçirimsizlik azalmaktadır. Geçirimsizliğin azalması sonucunda planktonik alg üremesi ile birlikte suyun yeraltına sızması ve yeraltı su yataklarının beslenmesi de azalmaktadır (Kahraman, 2003).

Ötrofikasyon dolayısıyla suyun berraklığı azalacağı için güneş ışığının göl içindeki alg büyümesinde etkili olduğu tabaka kalınlığı azalacaktır (Ceyhan, 1999).

Canlı organizmaların yüksek seviyede çoğalarak ayrışması esnasında su yataklarının alt tabaka kısımlarında aşırı oksijen tüketimi meydana gelmekte ve ortam anaerobik hale gelmektedir.

Özellikle sahil kesimlerindeki bitkiler, çamur oluşumunun hızlanması sonucu yok olmaktadır. Besi maddelerine bağlı olarak büyüyecek bitkiler suyun renk ve tadında olumsuz değişikliklere yol açar.

Aerobik şartlarda fosfatı tutma kapasitesine sahip olan sedimentler (taban çamurları) anaerobik şartlarda azotu taşıyıcı duruma gelmektedir. Bunun sonucunda taban çamurunda birikmiş olan ve anaerobik şartların oluşmasıyla serbest kalan fosfat tekrar su ortamına geçmekte, neticede alg üretimi anormal bir hızla artarak ekolojik denge altüst olmaktadır (Yetgin, 2009).

Su yüzeyi, canlılara zehirleyici etki yapan mavi-yeşil alglerle kaplanmaktadır (Kahraman, 2003).

Alg orijinli kompleks bileşikler ise sulama ve drenaj kanallarını alglerle tıkalabilir (Ceyhan, 1999).

Aşırı derecede çoğalmış alglerin dalgaları kırması sonucu su yatağının atmosferden oksijen kazanımı azaltılmaktadır (Kahraman, 2003).

Tarıma dayalı endüstrilerde istenilen su kalitesi sağlanamaz. (Ceyhan, 1999).

2.14. Ötrofikasyon Tedbirleri

Su ortamının trofik seviyesinin belirlenerek çıkan sonucun ötrofik seviye olmaması halinde ötrofikasyon oluşumunu önleyici faaliyetler gerçekleştirilmelidir. Alınabilecek ötrofikasyon tedbirleri aşağıda belirtilmektedir.

- Besi elementi kaynakları için envanter oluşturularak su kaynağına olan etkileri değerlendirilmeli ve akabinde koruma altına alınması gereken su kaynağının kullanım amacına yönelik gerekiyorsa sisteme giriş yapan azot ve fosfor miktarının azaltılması için çalışmalar yapılmalıdır.

- Ötrofikasyonla ilgili olan azot, fosfor, klorofil-a ve oksijen ihtiyacı gibi parametreler de incelenmeli ve sonuçları değerlendirilmelidir. Fitoplankton biyokütlesini gösteren eden en önemli parametre klorofil-a' dır. Özellikle göl ortamlarında klorofil-a, toplam fosfor ile beraber analiz edildiğinde su ortamına ait trofik seviyenin tespitinde önemli derecede belirleyicidir. Klorofil-a, fotosentetik pigment olup yeşil bitkilerin tamamında bulunur. Yüzey sularındaki klorofil-a içeriği, besin seviyesinin de bir belirleyicisidir. Klorofil-a konsantrasyonu analiz edilerek, alglerin miktarı ve fotosentetik aktiviteleri hakkında bilgi edinilmiş olur. Beklenen sınırın aşılması durumunda kaynağın kullanım amacı değerlendirilerek besin maddesi azaltımına gidilmelidir.

- Yayılı ve noktasal kaynaklardan gelen kirlilik yüklerin azaltılması için tümleşik ve endüstri bazında bir yaklaşımda bulunulmalı, kirlilik kaynakları tespit edilerek kaynağında arıtımı sağlanmalı ve alıcı ortama kirlilik yükü oluşturulmaması için çalışmalar yapılmalıdır.

- Hayvancılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı yerlerde atıksular alıcı ortama deşarj edilmeden önce arıtılmalıdır. Atıksuların arıtılacağı arıtma tesisleri atıksudaki besi elementlerini ve diğer kirletici yükleri arıtabilir kapasitede olmalıdır. Bu sınıftaki atıksular için kurulması gereken atıksu arıtma tesisinde biyolojik arıtma bölümü mevcut olmalıdır. Ayrıca debisi ve giriş yükü yüksek olan arıtma tesisleri ve yalnızca biyolojik arıtmanın yeterli olmayacağı görülen veya düşünülen küçük ve orta kapasiteli tesislerde fizikokimyasal çöktürme yoluyla fosfor giderimi sağlanmalıdır.

- Endüstriler de atıksularını belediyelerin kanalizasyon sistemine deşarj etmeden önce sektörüne göre gerekli olan atıksu arıtımını gerçekleştirmeli, atıksularındaki fosfor miktarını gerekli standarda ulaştırarak deşarj etmelidir. Özellikle gübre ve gıda sanayilerinden kaynaklanan atık suların besin maddesi miktarının azaltılması amacıyla arıtma teknolojileri geliştirilmelidir.

- Evsel atıksu içeriğindeki fosfat bileşiklerinin azaltılması için kullanılan deterjanların içerikleri değerlendirilmeli ve çevre açısından uygun olabilecek kimyasallarla yapılabilecek üretimler değerlendirilmelidir.

- Su ortamlarına uygulanan deşarj kalite standartları, gerekli ihtiyaçlar doğrultusunda değerlendirilerek gözden geçirilmelidir.

- Tarım arazilerinin ilaçlanmalarında kullanılan aletler ve tüm ekipmanlar su ortamı ile temas etmemeli, pestisitlerin ambalaj kutuları çevre kirliliğine neden olmayacak şekilde bertaraf edilmelidir (Yağcı, 2010).

- Çiftçiler için çevreci tarım uygulamaları eğitim çalışmaları düzenlenmeli, çevre kirliliği bilinci uyandırılmalıdır.

- Kullanılan gübreler için entegre yönetim, tarım alanlarının erozyona karşı korunması, gübre ve zirai ilaçların kullanımının azaltılması konularında çalışmalar yapılmalı ve özellikle su ortamlarına yakın civarda zirai faaliyetler gerçekleştiren üreticilere gerekli eğitimler verilmeli ve teşvik edici faaliyetlerde bulunulmalıdır.

- Su ortamlarının tamamı için ötrofikasyon baş göstermeye başladığı anda uygulanması gereken önlemler önceden araştırılarak belirlenmeli ve aktif olarak uygulamaya geçilmelidir.

- Göl ve su haznelerine gelen doğal su kaynaklarının besin maddesi yükleri önceden tespit edilmeli ve kirletici yüklerinin azaltılması çalışmalarına gidilmelidir.

- Hava, toprak ve su ortamlarına besin maddesi giriş kaynakları tespit edilerek modellemeler yapılmalı, bu esnada sedimandaki kirlilik yükü de değerlendirilmelidir.

- Bahsedilen önleme çalışmaların uygulanabilmesi için halk bilinçlendirilmeli ve çevre için uygun olana kendiliğinden yönelmelerini sağlamak için uygulama faaliyetleri arttırılmalıdır (Karpuzcu ve Koçalı, 2007).

2.15. Ötrofikasyon Kontrol Teknikleri

Ötrofikasyonun temel kontrol alanları;

- Kirletici girişi kontrolü
- Sistem kinetiği kontrolü
- Akış yolunda yapılacak düzenlemeler

- Dışardan sisteme giriş yapan madde miktarının azaltılması veya ortadan kaldırılması
- Su ortamında mevcut kirleticilerin miktar ve konsantrasyonlarının düşürülmesi
- Sistemdeki besin maddesi taşınım hızının arttırılması ve bir kısmının seçilerek atılması ve
- Sucul bitkilerin biyolojik ve kimyasal yollarla kontrol altında tutulmasıdır (Çıplakoğlu, 2006).

2.15.1. Dışardan sisteme giriş yapan maddelerin azaltılması işlemleri

Su ortamına giren besi elementi yükünü önlemek için şu işlemler uygulanabilir:

- Evsel ve endüstriyel atıksular gibi noktasal kaynaklardan giriş yapan atıksuyun, fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler kullanılarak arıtma işlemlerinden geçirilmesi üzerine kirletici yükleri azaltılabilir.
- Tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübreler ve kimyasal ilaçlar daha uygunu ile değiştirilerek yayılı kaynak yükleri azaltılabilir. Gübre kullanımı öncesi toprak analizlerinin gerçekleştirilmesi, erozyon kontrolü, kış aylarında kullanılan gübre miktarının azaltılması ve tampon bölge uygulamaları yapılmalıdır.
- Arıtılmış dahi olsa az miktarda kirlilik yüküne sahip atıksuyun akış yönü değiştirilerek besi elementinin, deşarjının daha az zararlı olacağı başka bir ortama deşarjı sağlanabilir. Aynı durum yüzeysel akış suları için de geçerlidir.
- Deşarj noktası göl olan atıksu, göle giriş yapmadan önce hidrolik ve biyolojik dengeleme için bekletme veya atıksu arıtma haznesinden geçirilmelidir.
- Deterjan kullanımından fosfat içerikli olmayanların kullanılması da su ortamına giriş yapan besi elementi miktarını azaltır.

Noktasal kaynaklardan giriş yapan toplam fosfor ve toplam azot bileşiklerinin giderilmesi için atıksudan azot giderimi yapılması, dengeleme havuzlarıyla biyolojik arıtım uygulanması, alg ve köklü bitkiler yardımıyla ve arazide arıtma işlemleriyle besi elementlerinin su ortamından uzaklaştırılması uygulamaları gerçekleştirilebilir (Muslu, 2001).

2.15.2. Sistemdeki kaynak yükleri ve kirletici konsantrasyonlarının azaltılması uygulamaları

Sucul ortamlarda mevcut bulunan kirletici yüklerin azaltılması için şu işlemler uygulanabilir:

- Besi elementlerince zengin taban çökeltisinin taranması

Sedimanda bulunan besin maddesince yoğun olan bölgenin mekanik bir yöntemle taranarak gölden uzaklaştırılması işlemi olup kullanım alanı yaygındır. Ancak maliyeti yüksek bir yöntem olup dip balıklarına zarar verme ihtimali vardır (Karpuzcu ve Koçalı, 2007).

Bir dip tarama makinesi ile taban çamuru emilerek çamur havuzlarında sudan uzaklaştırılır ve kalan sıvı kısmı deşarj edilmek üzere uygun deşarj yerine sevk edilir.

- Hipolimnetik havalandırma

Su ortamının alt tabakasındaki suların yüzeye ulaştırılarak havalandırıldığı yöntemdir. Organik maddelerin ayrışma sürecine katkıda bulunarak alg yoğunluğunun azalmasını sağlar (Karpuzcu ve Koçalı, 2007).

Göl ortamında hipolimnion bölgesinden su çekilerek aeratörler ile üst tabakada yeterli miktarda çözülmüş oksijen konsantrasyonuna sahip olan su ile karıştırılması uygulamasıdır.

- Besi elementlerinin kimyasal yollardan çökeltilmesi

Bu yöntem atıksu arıtma tesislerinin kimyasal madde giderim üniteleri ile benzer uygulamaya dayanır. Bunun için $Al_2(SO_4)_3$ alüminyum sülfat (alüm) veya bir başka alüminyum bileşiği doğrudan göl suyuna katılır. Alüm kullanımı su ortamının pH' ını önemli derecede değiştiriyorsa bu durumda alüm yerine sodyum alüminat ($NaAlO_2$) ilave edilir.

- Doğrudan biyolojik ve kimyasal kontrol

Bu uygulama birtakım biyolojik kontrol yöntemleri ve bitkiler için ölümcül olan bakır sülfat gibi kimyasal kullanımlarını barındırır. Uygulaması mümkün olan biyolojik kontrol metotlarından bazıları;

- Fitoplanktonların sazan, vb. bazı balık türlerinin üretimini sağlayarak tüketilmesini sağlamak,

- Bitki patojenleri kullanmak,
- Balık türleri, besin zincirleri ve aralarındaki avlanma şekillerinde biyomanipülasyonlar meydana getirerek değişiklikler sağlamaktır.

Bakırsülfat (CuSO_4), alg kontrolünde yaygın şekilde kullanılır. Gerekli şartlara uyulduğunda uygulama dozajı, balıklar için toksik özellik göstermez. Kullanılmasıyla göl ortamı hızlıca berraklaşır. Ancak tekrar isteyen bir uygulamadır. Uygulama sonrası ölü alglerin neden olduğu organik madde çürümesinin, çözünmüş oksijen konsantrasyonunu ciddi düzeyde düşürmediğinden emin olunmalıdır (Muslu, 2001).

2.16. Toksik Mavi-Yeşil Algleri Önleyici Tedbirler

Toksik mavi-yeşil alglerin aşırı artışları su kirlenmesi ile orantılıdır. Ortamdaki azot ve fosfor derişiminin standart seviyede olması ile alg artışlarının önüne geçilebilir. Bu bağlamda dış ve iç azot ve fosfor yükünün kontrolü, stratejik bir havza yönetimi ile mümkündür (Anonymous, 2010). Havza yönetiminin dışında toksik mavi-yeşil alglerin gelişiminde kullanılabilecek yöntemler şu şeklide özetlenebilir;

- Geleneksel çöktürme yöntemi: Demir ve alüminyum tuzları ile içme sularında mavi-yeşil alglerin çöktürülmesi. Bu yöntemin eksikliği, hücreler öldükleri zaman toksin açığa çıkması ve başka bir yöntem kullanarak da toksinin uzaklaştırılması gerekliliğidir.
- Filtrasyon: Ultrafiltrasyon ve mikrofiltrasyon kullanımı: Mavi-yeşil alglerin uzaklaştırılmasında etkili bir yöntemdir. Hatta bazı ultra filtrelerde toksin emilimi de vardır. Bu yöntemin zorluğu ise membran filtrenin temizlenmesinin zor olmasıdır.
- Klorlama: Mikrosistin ve silindrospermopsin yıkımında etkili bir yöntemdir.
- Ozonlama: Mikrosistin ve anatoksin-a yıkımında etkilidir. Silindrospermopsin yıkımına etkisi tam olarak tespit edilmemiştir.
- Diğer Oksidanlar: Hidrojen peroksit ve Potasyum permanganat mikrosistin-LR yıkımında kullanılmaktadır. Bir diğer oksidan Klor oksit, güçlü bir oksidan olmasına rağmen mikrosistin yıkımında kullanılan dozajı önemlidir.
- Aktif karbon yöntemi: Mikrosistin ve saksitoksin yıkımında etkili oldukları, ancak anatoksin-a için etkili olmadıkları bildirilmiştir. Silindrospermopsin

yıkımı ile ilgili yapılan çalışmaların sonuçlarının birbiriyle çelişkili olduğu bu nedenle bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu bildirilmiştir.

- Granüler aktif karbon kullanımı: Mikrosistin ve saksitoksin uzaklaştırılmasında etkili bulunurken, anatoksin-a için etkili bulunmamıştır. Silindrospermopsin uzaklaştırma ile ilgili bir araştırma yapılmamıştır.
- Ultraviyole (UV) kullanımı: Bu yöntem toksinlerin ortadan kaldırılması için kullanılmaktadır. Bazı araştırmalarda UV ve hidrojen peroksidin bir arada kullanılmasının sadece UV kullanılmasından daha etkili olduğu bildirilmiştir. Fakat UV kullanılmasının etkilerinin tam olarak belirlenebilmesi için bu konu ile ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Fakıoğlu ve ark., 2011).

2.17. Su Kalite İndeksi (WQI)

Ülkeler kendi su kriterlerini belirlemekle birlikte Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Teşkilatı gibi uluslararası kuruluşlar da kimyasal ve biyolojik kirletici için sınır değerler belirlemiştir. Kirletici parametrelerin birer birer değerlendirilmesi uzun bir süreç olduğundan yapılan son çalışmalarda su kalitesinin hızlı ve detaylı bir süreçle değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur. Su Kalitesi İndeksi (WQI), su kütlelerinin genel kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerin ortak yorumlanmasında kullanılır ve hesaplanan tek bir değerle ifade edilir. Kanada Çevre Bakanlığı tarafından hazırlanan Kanada Su Kalitesi İndeks Modeli (CWQI)'nde parametrelerin örnekleme sıklığı, başarısız değişkenlerin sıklığı ve standartlarda verilen hedef değerlerden sapmalara göre değerlendirme yapılır. Belirtilen indeks, 0 ve 100 aralığında değişen ölçekte üç faktörden meydana gelir. Bu üç faktörün birlikte değerlendirilmesi sonucu su kalitesi zayıf kaliteden yüksek kaliteye doğru tanımlanır ve tek bir sayıya ulaşılır (Dede, 2016).

$$CWQI = 100 - \left[\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right]$$

Yukarıdaki denklemde F_1 birinci faktör olarak tanımlanır ve kapsam olarak adlandırılır. Standartlarda verilen hedef değeri aşan parametrelerin toplam parametrelere göre yüzdesini ifade eder.

$$F_1 = \frac{\text{Başarısız parametrelerin sayısı}}{\text{Toplam parametre sayısı}} * 100$$

İkinci faktör F_2 ’ dir ve frekans olarak adlandırılır. İzleme süresince gerçekleştirilen toplam deney sayısına göre başarısız deneylerin yüzdesini belirler.

$$F_2 = \frac{\text{Başarısız deneylerin sayısı}}{\text{Toplam deney sayısı}} * 100$$

Üçüncü faktör F_3 ’ tür ve genişlik olarak adlandırılır. Standartlarda belirtilen hedef değeri aşan başarısız deney değerlerinin sayısını olarak tanımlanır ve üç aşamada hesaplanır:

a. Değişken değerinin hedef değeri karşılamadığı deney sayısı sapma olarak adlandırılır ve şu şekilde hesaplanır.

i. Değişkenin değerinin hedef değerden fazla olamayacağı durumlar için;

$$\text{sapma}_i = \frac{\text{Başarısız deney değeri}}{\text{Hedef değer}} - 1$$

ii. Değişkenin değerinin hedef değerden az olamayacağı durumlar için;

$$\text{sapma}_i = \frac{\text{Hedef değer}}{\text{Başarısız deney değeri}} - 1$$

iii. Hedef değerin sıfır olduğu durumlar için;

$$\text{sapma}_i = \text{Başarısız deney değeri}_i$$

b. Bu kısımda, yukarıda elde edilen sapmaların toplamının toplam deney sayısına oranı belirlenir. Bu oran normalleştirilmiş sapmalar toplamı (nse) olarak adlandırılır.

$$\text{nse} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{sapma}_i}{\text{Toplam deney sayısı}}$$

c. Son olarak nse değerlerinin hedef değerlerden 0’dan 100 aralığına ölçeklendirilmesi ile F_3 ’ün hesaplanmasını içerir.

$$F_3 = \frac{\text{nse}}{0.01\text{nse}+0.01}$$

Analizlerle elde edilen sonuçlar, yukarıda verilen faktörlerin hesaplanmasıyla birlikte elde edilen tek bir WQI değeri ile daha hızlı bir şekilde değerlendirilebilir.

Çizelge 2.2. Kanada su kalitesi indeks modelinin sınıflandırılması (Wright, 1999)

CWQI	
95 – 100	Mükemmel
80 – 94	İyi
65 – 79	Orta
45 – 64	Zayıf
0 – 44	Kötü

Sucul ortamların su kalitesinin belirlendiği WQI sınıflandırmasında; doğal veya bozulmamış koşullara çok yakın sınıf “mükemmel”, koşulların nadiren istenen seviyeyi aşması “iyi”, koşulların tehdit ve bozulmayla istenen seviyeden zaman zaman ayrılması “orta”, sucul ortamın sık sık tehdit altında olması ve koşulların sıklıkla istenen seviyeden ayrılması “zayıf”, koşulların neredeyse her zaman istenenenden uzak olması durumu ise “kötü” sınıf olarak değerlendirilmektedir.

2.17. Trofik Durum İndeksi (TSI)

Trofik Durum İndeksi (Carlson Trophic State Index; TSI) metodu ile seki diski derinliği, toplam azot, toplam fosfor ve klorofil-a parametreleri değerlendirilmektedir (Akyüz, 2016). Parametrelerin TSI değerlerini belirtmek için hesaplanan parametrenin adı parantez içinde belirtilmektedir. Hesaplamalarda seki diski derinliği metre, toplam fosfor ve klorofil-a değerleri µg/L ve toplam azot değeri mg/L cinsinden kullanılmaktadır.

TSI değerleri parametre bazında;

$$TSI(SD) = 60 - 14.41 \cdot \ln(SD)$$

$$TSI(CHL) = 9.81 \cdot \ln(CHLa) + 30.6$$

$$TSI(TP) = 14.41 \cdot \ln(TP) + 4.15$$

$$TSI(TN) = 54.45 + 14.43 \cdot \ln(TN) \text{ eşitlikleri ile hesaplanır.}$$

Göl ortamı için trofik durum analiz (TSI) sonuçları <40 ise oligotrofik, 40-50 arasında ise mezotrofik, 50-70 arasında ise ötrofik ve >70 ise hipertrofik olarak değerlendirilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

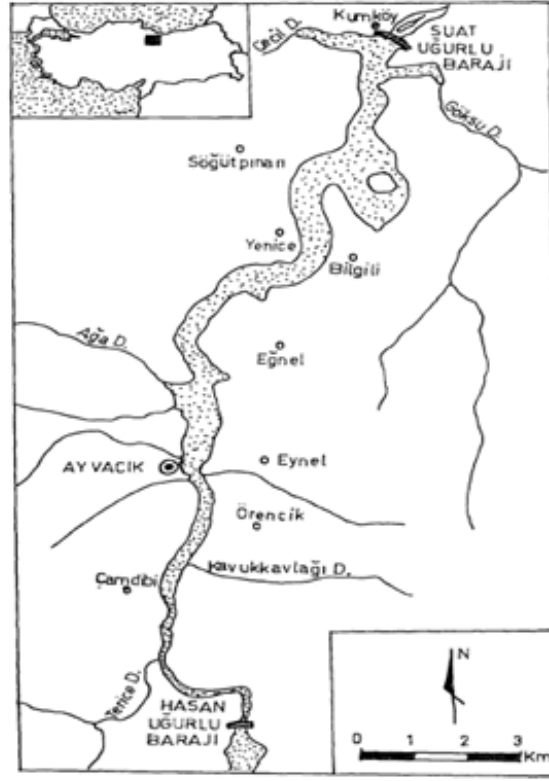
Ayvacık Suat Uğurlu Baraj Gölünün Su Kirliliği Açısından Araştırılması çalışması, Ayvacık Suat Uğurlu Baraj Gölü'nde meydana gelen ve istenmeyen değişimler nedeniyle oluşan kirliliği belirlemek ve izlemek, mevcut durumda alınması gereken önlemleri belirlemek, kirliliğin ilerlemesi durdurmak ve kirliliği giderme yöntemlerini saptamak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu amaç doğrultusunda daha önce yapılan benzer çalışmalar değerlendirilmiş ve bir izleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bunun için Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün kirliliği temsil ettiği varsayılan dört farklı numune alma istasyonu belirlenmiş ve bu istasyonlardan bir yıl boyunca aylık periyotlarla su numuneleri alınmıştır. Alınan numunelerle önceden belirlenmiş olan parametrelerin analizleri gerçekleştirilerek kirliliğin derecesi saptanmış, uygulanması gereken önleyici ve giderici tedbirler tespit edilmiştir.

3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olan Suat Uğurlu Baraj Gölü, Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümünde, Yeşilırmak nehri üzerinde sulama ve enerji amacıyla inşa edilmiştir. Baraj gölü, Samsun ili Ayvacık ilçesi sınırlarında bulunmakta olup başlangıç noktası güneyde Hasan Uğurlu Baraj Gölünün setti, bitiş noktası kuzeyde Kumköy Baraj Gölünün başlangıç noktasıdır.

Suat Uğurlu Barajının inşaatına 1975 yılında sulama ve enerji üretimi amacıyla başlanmış olup inşaatı 1982 yılında tamamlanmıştır. Barajın gövde dolgu tipi topraktır. Gövde hacmi ise 2151 dam³ ve yüksekliği (talvegden) 51 metredir. Normal durumda göl hacmi 182 hm³ ve göl alanı ise 10 km²' dir. Sulama alanı ise 83312 ha' lık bir bölgeyi kapsamaktadır. 46 MW' lık güç ile kurulu olup yıllık üretimi 273 GWh' dir. (DSİ, 2018).



Şekil 3.1. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün topografya haritası

3.1.1. Samsun Ayvacık ilçesi genel özellikleri

Ayvacık ili, Canik Dağları' nın kuzeyinde, Yeşilırmak vadisinde, Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün kıyı bölgesinde kuruludur. İlçenin en yakınında 28 km mesafedeki Çarşamba ilçesi bulunmaktadır. Ayvacık' ın Samsun iline uzaklığı 62 km' dir (URL-5, 2018).

İlçede temel geçim kaynağı fındık, mısır ve buğday tarımı, büyük ve küçükbaş hayvancılık ve balıkçılıktır. Halkın büyük kısmı tarımla (%80-90), %8-9 'u ticaretle ve %1'i balıkçılıkla geçimini sağlamaktadır. Tarımsal üretim mısır, buğday, arpa ve fındık üzerinde yoğunluk göstermektedir. Topraklarının büyük kısmı orman arazisidir. (URL-6, 2018).

İlçede Suat Uğurlu Hidroelektrik Santrali' nin dışında elektrik üretimi gerçekleştirerek sanayilerin temel girdisi olan enerjiyi üreten Hasan Uğurlu Yeraltı Santrali bulunmaktadır.

Hasan Uğurlu Barajı; Yeşilırmak nehri üzerinde, 175 metre talveg yüksekliğine ve $1080 \times 10^6 \text{ m}^3$ su tutma kapasitesine sahiptir. Ortalama su derinliği 54 m olup enerji üretimi amacıyla yapılmıştır.

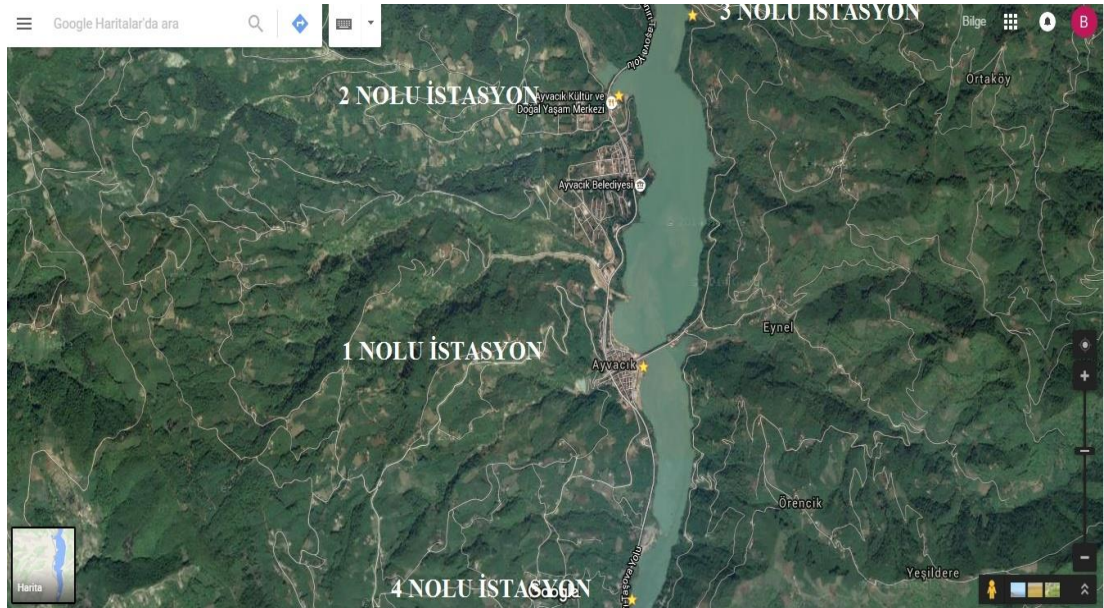
Suat Uğurlu Barajı Yeşilirmak nehri üzerinde, Hasan Uğurlu Barajının aşağısında, yer almakta olup talveg yüksekliği 51 m' dir. $175 \times 10^6 \text{ m}^3$ su tutma kapasitesine sahiptir ve ortalama su derinliği 18 m' dir. Sulama suyu ihtiyacını karşılamak ve enerji üretimi sağlamak amacıyla kurulmuştur. Suat Uğurlu Barajı, Çarşamba ovasındaki tarım alanlarının yaklaşık %85' i için yeterli sulama kapasitesine sahiptir ve Çarşamba' ya 15 km uzaklıktadır (URL-7, 2018).

3.2. Numune Alma İstasyonlarının Belirlenmesi ve Özellikleri

Çalışma alanı olan Ayvacık Suat Uğurlu Baraj Gölü'nde mevcut kirliliği ve kirliliğin seviyesini tespit edebilmek amacıyla kirliliğin göle giriş yaptığı noktalar göz önünde bulundurularak gölü genel anlamda en iyi temsi edebilecek dört farklı örnekleme noktası seçilmiştir. Belirlenen örnekleme istasyonlarının koordinatları Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Örnekleme istasyonları ve koordinatları

İstasyon No	İstasyon Adı	Koordinatlar
1	Merkez Pazar Yeri (Pazar Önü)	40.989445, 36.633963
2	Atıksu Arıtma Tesisi Önü	41.007341, 36.631352
3	Sahil Köyü (Dereyatağı)	41.012641, 36.639087
4	Terice Deresi Üst Tarafı	40.974083, 36.632711



Şekil 3.2. Örnekleme noktalarının uydu görüntüsü

1. numune alma istasyonu: Çalışma sahasında, 1 numaralı numune alma istasyonu olan Merkez Pazar Yeri (Pazar Önü) olarak adlandırılmış olup ilçe merkezindedir ve günlük yoğun kirlilik yüklerinden etkilenmektedir. Bu bölüm nüfusun en yoğun olduğu kısımdır.



Şekil 3.3. Merkez Pazar Yeri numune alma istasyonu (1)

2. numune alma istasyonu: AAT Önü olarak adlandırılan 2 numaralı istasyon ilçenin atıksu arıtma tesisinin ön tarafındadır ve arıtılmış atıksu deşarjı bu bölgeye yapılmaktadır. Yerleşim merkezinden uzak olan bu bölge hem atıksu arıtma tesisi çıkış suları ile hem de yayılı kaynaklardan gelen diğer kirlleticilerle kirlenmektedir.



Şekil 3.4. Atıksu Arıtma Tesisi Önü numune alma istasyonu (2)

3. numune alma istasyonu: Sahil Köyü (Dereyatağı) olarak adlandırılan 3 numaralı istasyon hem yerleşimden kaynaklı kirliliğin hem de dere yatağının taşıdığı kirlilik yükünün ulaştığı bölgedir.



Şekil 3.5. Sahil Köyü-Dereyatağı numune alma istasyonu (3)

4. numune alma istasyonu: İlçe merkezinin uzağında bulunan Terice Deresi numune alma noktası, 4 numaralı istasyon olarak belirlenmiştir ve bu noktada derinlik sığdır. Bu nedenle seki diski ölçümü gerçekleştirilmemiştir.



Şekil 3.6. Terice Deresi numune alma istasyonu (4)

3.3. Saha Çalışmaları

Gerçekleştirilen saha çalışmaları Eylül 2014 – Ağustos 2015 arasında bir yıl boyunca aylık periyotlarda gerçekleştirilmiş ve mevsimsel bazda değerlendirilmiştir. Çalışmada, numune istasyonlarının anlık olarak sıcaklık, elektriksel iletkenlik (EC), çözülmüş oksijen (ÇO), seki derinliği ve pH ölçümleri yapılmıştır. Belirtilen istasyonlardan alınan su numuneleri için “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma Ve Analiz Metodları Tebliği” ile “TS EN ISO 5667-3 Mart 2007” (Su Kalitesi-Numune Alma-Bölüm 3: Su Numunelerinin Muhafaza, Taşıma ve Depolanması İçin Kılavuz) standardı gerekli şekilde uygulanmıştır. Su numunelerinin alınması

esnasında Nansen Şişeleri kullanılmış olup analizler tamamlanıncaya kadar numuneler +4 °C’de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Suat Uğurlu Baraj Gölü’ nün önemli kısmına kara ulaşımı olmamasından dolayı her ay numune alma programı oluşturulurken kaymakamlık vasıtasıyla bölgede bulunan balıkçı teknelerinden uygun olanları kiralanmış ve numune alma noktalarına ulaşım bu şekilde göl yüzeyinden sağlanmıştır.

3.3.1. Suat Uğurlu Baraj Gölü Numune Alma

Numunelerin alınması ve analize hazırlanması belirlenen standartlar çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Numuneler, laboratuvara kolayca taşınabilecek özel kaplarda ve analizler için yeterli hacimlerde alınmıştır.

Suat Uğurlu Baraj Gölü’ nden belli bir zamanda ve belli noktadan alınan numuneler anlık numunelerle temsil edilmiştir. Örnekleri istenen derinlikten almak için (1.5-5 litre hacimli ve plastik malzemedan yapılmış) “nansen şişeleri” kullanılmaktadır. Nansen şişeleri çelik halatla istenen derinliğe kapağı açık olarak indirilmekte ve bir ağırlık ile kapağın kapatılması esasına dayanır (Anul, 2014).

3.4. Deneysel Çalışmalar

Suat Uğurlu Baraj Gölü’ nün pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, seki derinliği ölçümleri göl ortamında pH metre Orion 3 star probe yardımıyla anlık olarak ölçülmüştür. Ayrıca belirtilen bu istasyonlardan alınan göl suyu numunelerinin analizleri, Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analizler, uluslararası standart (EPA, APHA) metotlar uygulanarak yapılmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizler Çizelge 3.2.’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışma bazında standart metotlara göre gerçekleştirilen analizler

Fiziko-Kimyasal Analizler	Seki diski derinliği, pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, Çözünmüş Oksijen, TKM, TÇM, BOİ, KOİ
Nutrient ve Biyolojik Analizler	Organik Azot, Amonyum, Toplam Azot, Toplam Fosfor, Nitrit, Nitrat, Klorofil-a
Ağır metal Analizleri	Bakır, Çinko, Kadmiyum, Nikel, Civa, Kurşun

3.4.1.1. Çözünmüş oksijen, iletkenlik, pH, sıcaklık

Bir yıllık çalışma boyunca alınan su numuneleri aynı gün içinde çalışma laboratuvarına getirilerek analizlere başlanmıştır. pH, sıcaklık, Çözünmüş Oksijen, elektriksel iletkenlik ve redoks potansiyeli Orion 3 star model cihaz ile ölçülmüştür.

3.4.1.2. Seki derinliği

Suyun ışık geçirgenliğini belirlemek için seki diski kullanılmıştır. 30 cm çapındaki, siyah beyaz boyalı olan seki diski suya sallandırılarak ve kaçınıcı metrede gözden kaybolduğu belirlenir.



Şekil 3.7. Seki diski ile ölçüm uygulaması

3.4.1.3. Toplam katı madde tayini

Filtre kağıtları 100°C’de 1 saat süre ile etüvde kurutulur. Etüvden alınan filtre kağıtları desikatöre koyularak oda sıcaklığına gelmesi sağlanır. Ardından hassas tartım cihazında ağırlıkları tartılır. Numunelerden 50 mL alınarak filtre kağıtlarından süzülür. Filtre kağıtları tekrar 100°C’de 1 saat süre ile etüvde kurutulur. Etüvden alınan filtre kağıtları desikatöre koyularak oda sıcaklığına gelmesi sağlanır. Ardından hassas tartım cihazında ağırlıkları tartılır. Filtre işlemi öncesinde ölçülen tartım miktarı filtre sonrasında ölçülen tartım miktarından çıkartılarak hesaplamalar yapılır.

$M_2 - M_1$: gr ağırlık

TKM: gr ağırlık / mL numune

M_1 : süzme işlemi öncesi filtre kağıdı ağırlığı

M_2 : süzme işlemi sonrası filtre kağıdı ağırlığı

mL numune: alınan numune hacmi (50 mL)

3.4.1.4. Toplam çözünmüş madde (TÇM) tayini

Krozeler 100°C'de 1 saat süre ile etüvde kurutulur. Etüvden alınan krozeler desikatöre koyularak oda sıcaklığına gelmesi sağlanır. Ardından hassas tartım cihazında ağırlıkları tartılır. Filtre kağıtları 100°C'de 1 saat süre ile etüvde kurutulur. Etüvden alınan filtre kağıtları desikatöre koyularak oda sıcaklığına gelmesi sağlanır. Numunelerden 50 mL alınarak filtre kağıtlarından süzülür. (Filtre kağıtlarına yapılan işlemler toplam katı madde tayininde yapıldığından tekrarlanmaz, sadece süzüntü kısmı kullanılır.) Süzme işlemi tamamlandıktan sonra süzüntüden elde edilen 15 mL süzüntü krozeye alınır. Numune bulunan krozeler 90°C'de 1 gece etüvde bekletilir. Etüvden alınarak desikatörde oda sıcaklığına ulaşana kadar bekletilir. Desikatörden alınarak tartım cihazında ağırlıkları tartılıp hesaplamalar gerçekleştirilir.

M₂-M₁: gr ağırlık

TÇM: gr ağırlık / mL numune (15 mL)

M₁: ilk kroze ağırlığı

M₂: numune buharlaşma sonrası kroze ağırlığı

3.4.1.5. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) tayini

Numuneler alınarak ışık geçirmeyen inkübasyon şişelerine konur. Üzerleri numuneler göl suyu olduğundan %20'lik seyreltme uygulanarak saf su ile tamamlanır ve kapaklar taşıyarak kapatılır. Sıfırıncı ve beşinci gün şişelerine analiz için aynı işlemler uygulanır. 1 mL MgSO₄, 1 mL alkali iyodür çözeltisi eklenir ve şişenin kapağı kapatılıp alt-üst edilerek çalkalanır. Karıştırmanın ardından sarı renk elde edilmiş olur. Çökelek meydana geldiğinde şişenin kapağı açılır ve 1 mL H₂SO₄ çözeltisi eklenerek kapatılır. Daha önce oluşan çökeleğin çözünmesi amacıyla ters-düz edilerek çalkalanır. Akabinde 200 ml ölçülerek erlene alınır. Titrasyon pipetine 0,025N sodyum tiyosülfat (Na₂S₂O₃) eklenir. Saman sarısı rengi elde edilene kadar titre edilir. Ardından 3 damla nişasta solüsyonu eklenir. Numune rengi maviden beyaza dönünceye kadar titre edilir ve sodyum tiyosülfat sarfiyatı okunarak hesaplamalar yapılır.

$$BOİ \text{ (mg/L)} = (D_1 - D_2) / P$$

D₁: Hazırlanan seyreltik numunenin çözünmüş oksijen değeri, mg/L

D₂: Seyreltik numunenin inkübasyon sonrası (5 gün) çözünmüş oksijen değeri, mg/L

P: Numune seyrelme oranı (ondalık)

3.4.1.6. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) tayini

Deney esnasında kullanılan cam malzemeler %20' lik H₂SO₄ çözeltisiyle yıkanır. KOİ sindirim tüpüne 2,5 mL numune eklenir. 1,5 mL potasyum dikromat çözeltisi ve 3,5 mL sülfürik asit ajanı eklenir. Kapak sıkıca kapatılır ve iki kez ters düz edilir. Ardından kapak hafif bollaştırılıp reaksiyon ısısından dolayı açığa çıkan gazı alınır, tekrar sıkıca kapatılır. Etrafı temizlenen tüpler sindirim cihazında (termoreaktör) 148 °C' de 2 saat tutulur. Ardından 30 dakika boyunca açmadan soğuması için beklenir. Örnekler erlene dökülür. Üzerine bir damla ferroin indikatörü eklenir ve 0,1 M demir amonyum sülfat (DAS) ile titre edilir. Renk kırmızıya döndüğünde titrasyon bitirilir ve sarfiyata göre hesaplamalar yapılır.

$$KOİ \text{ (mg/L)} = ((A-B) \times M \times 8000) / V$$

A: Saf suda DAS tüketimi (mL)

B: Numunede DAS tüketimi (mL)

M: DAS molaritesi (0,1M)

8000: O₂' nin miliekivalent ağırlığı x 1000 mL/L

V: Numune hacmi (2,5 mL)

3.4.1.7. Amonyum tayini

Distilasyon ünitesinde analize başlamadan önce, cihazı temizlemek amacıyla analiz basamakları öncelikle saf su ile yapılır, ardından numunelerin analiz işlemlerine başlanır. 50 mL numune Kjeldahl tüpüne konur. 2,5 mL borat tampon çözeltisi eklenir ve pH 9,5' a ayarlanır. 250 mL erlene 50 mL borik asit çözeltisi konur. Distilasyon ünitesine Kjeldahl tüpü ve erlen yerleştirilir. Çalışma prensibine uygun olarak kullanılan cihazın içindeki erlene yaklaşık 150 mL numune birikince işlem bitirilir. Ardından 0,02N H₂SO₄ ile renk yeşilden leylak rengine dönünceye kadar titre edilir ve sarfiyata göre hesaplamalar yapılır.

$$NH_4 \text{ (mg/L)} = ((A-B) \times 280) / V$$

A: Numune için H₂SO₄ sarfiyatı (mL)

B: Saf su için H₂SO₄ sarfiyatı (mL)

V: Numune hacmi (50 mL)

3.4.1.8. Toplam kjeldahl azotu tayini

100 mL erlene 50 mL numune ve 10 mL sindirim reaktifi (potasyum sülfat, bakır sülfat, sülfürik asit ve saf su çözeltisi) eklenir. Üzeri cam saati ile yarı kapatılır ve 20 mL kalana kadar manyetik karıştırıcılı ısıtıcıda kaynatılır. Saf su ile 40 mL' ye seyreltilir. 10 mL sodyum hidroksit ajanı eklenir. Yaklaşık pH' ın 11 olması istenir. Ardından suda uygulanan amonyum azotu tayini uygulanarak sarfiyatlar okunur ve hesaplamalar yapılır.

$$\text{TKN (mg/L)} = ((A-B) \times 280) / V$$

A: Numune için H₂SO₄ sarfiyatı (mL)

B: Saf su için H₂SO₄ sarfiyatı (mL)

V: Numune hacmi (50 mL)

3.4.1.9. Nitrit tayini

Numunelerde nitrit tayini için spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. 50 mL' lik balon jojeye 50 mL numune alınır. Üzerine 1 mL EDTA ve ardından 1 ml sülfanilik asit eklenerek karıştırılır, 10 dakika bekletilir. Bekleme süresinin ardından örnekler 1 ml α -naftilamin hidroklorür ve 1 ml tampon sodyum asetat çözeltisi eklenip karıştırılır. Aynı işlemler kör numuneye de uygulanır ve kalibre edilen spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda absorbansları okunur ve kalibrasyon denklemi ile hesaplama yapılır.

3.4.1.10. Nitrat tayini

Numunelerde nitrat tayini için Brucine Metodu kullanılmıştır. 50 ml' lik behere 2 ml numune alınır ve üzerine 1 ml brucine-sülfanik asit eklenir. Başka bir 50 ml' lik behere 10 ml H₂SO₄ çözeltisi konulur. İlk beherdeki numune diğer beherdeki H₂SO₄ çözeltisi üzerine dikkatle boşaltılır ve 10 dakika boyunca karanlık ortamda bekletilir. Bekleme süresinin ardından 10 ml saf su ilave edilerek karıştırılır. Yaklaşık yarım saat boyunca karanlıkta bekletilerek soğuması sağlanır. Tüm bu işlemler kör numune için de gerçekleştirilir ve kalibrasyonu yapılan spektrofotometrede dalga boyu 410 nanometreye ayarlanarak absorbansları okunur ve kalibrasyon denklemi ile hesaplama yapılır. Laboratuvarında gerçekleştirilen nitrit ve nitrat analizleri için UV-VIS marka spektrofotometre kullanılmıştır.

3.4.1.11. Toplam fosfor (TP) tayini

100 mL behere 50 mL numune eklenir. 1 damla fenolftaleyn damlatılır. Pembe renk oluşursa renk gidene kadar H_2SO_4 ajanı eklenir. Ayrı bir beherde 1 mL H_2SO_4 ajanı ve 0,4 gr $(NH_4)_2S_2O_8$ veya 0,5 gr $K_2S_2O_8$ karıştırılır. Bu karışım numuneye eklenir. Üzeri cam saati ile yarı kapatılarak manyetik karıştırıcı ısıtıcıda 10 ml kalana kadar kaynatılır. Soğuduktan sonra saf su ile 30 mL' ye seyreltilir. 1 damla fenolftaleyn damlatılır. 6N NaOH ile pembe renk olana kadar titre edilir (tortu oluşması durumunda filtre kağıdından geçirilir). 100 mL'ye saf su seyreltilir. Bu numunenin 50 mL' si alınarak erlene konulur. Üzerine 2 mL amonyum molibdat eklenir ve çalkalanır. 0,2 mL (damlalıkla iri bir damla) kalay klorür reaktifi eklenerek ve çalkalanır. 10-15 dakikalık bekleme süresinin ardından (50 mL saf su, 2 mL amonyum molibdat ve 1 damla kalay klorür ile sıfırlanan) spektrometrede 690 nm' de okuma yapılarak sonuçlar kaydedilir.

3.4.1.12. Ağır metal tayini

Su numunelerindeki ağır metallerin analizi için su numuneleri filtre kağıdından süzülerek Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde kullanılarak absorbans değerleri okunmuş ve kalibrasyon eğrileri değerlendirilerek hesaplamalar yapılmıştır. Cihaz %5'lik HNO_3 çözeltisi ile kullanılmıştır.

3.4.1.13 Klorofil-a tayini

Klorofil-a tayini spektrofotometrik analiz metoduyla ve aquatroll marka cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Tayin için istenen hacimde numune alınır ve filtre kağıdından vakum sistemi ile süzülür. Plankton içeren filtre kağıtları, içinde %90' lık aseton bulunan kaplara konur ve plankton yapısındaki klorofilin bozulmaması için ortama 0,3 gr susuz $MgCO_3$ eklenir. Erlenler 24 saat boyunca karanlıkta 3-4 °C' de bekletilir. Ekstraksiyon süresi sonunda ekstrak Whatman GF/A filtre kağıdından süzülerek katı kısmı uzaklaştırılır. Süzülen örnek spektrofotometrede 750, 664, 647 ve 630 nm dalga boylarında absorpsiyonları okunur. 750 nm' de okunan optik yoğunluk bulanıklık için doğrulanmaktadır.

Klorofil-a (mg/L) = $11,85 \times 664E - 1,54 \times 647E - 0,08 \times 630E$ eşitliği ile hesaplanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Suat Uğurlu Baraj Gölündeki kirlilik düzeyini ve ötrofik durumu değerlendirmek için bir yıllık süreç boyunca aylık periyotlarla su örnekleri alınarak analizleri yapılmıştır. Aşağıda Suat Uğurlu Baraj Gölü' ne ait 4 farklı istasyondan alınan numunelerle analizleri gerçekleştirilen parametrelerin Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği "Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" ne göre mevsimsel olarak su kalite değerleri ile yıllık değişim grafikleri ve "Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri" ne göre gölün trofik durumunu belirten tablolar mevcuttur.

Çizelge 4.1. Pazar Önü istasyonunun sonbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (1. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Eylül	Su Kalite Sınıfı	Ekim	Su Kalite Sınıfı	Kasım	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	9,21	IV	9,12	IV	7,56	II
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	26,0	II	22,2	I	16,0	I
İletkenlik - E.C(µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	1483	III	480	II	611	II
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	9,7	I	11,6	I	7,42	II
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	122	I	135,6	I	75,1	II
Seki Diski (m)					1,35		1,50		1,10	
Klorofil-a					0,012		0,05		0,24	
TKM (mg/L)					180		129		189	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	325	I	360	I	460	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	70,4	IV	86,4	IV	19,2	I
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	6	II	27,5	IV	4,0	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	0,06	I	1,18	III	0,933	II
Organik Azot (mg/L)					0,022		0,915		0,878	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	0,082	I	2,095	III	1,811	III
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,00565	I	0,00335	I	0,0068	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,00245	II	0,00299	II	0,0027	II
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	0,09	I	2,1	I	1,820	I
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,049	I	0,283	III	0,022	I

Çizelge 4.2. Pazar Önü istasyonunun sonbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (1. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Eylül	Su Kalite Sınıfı	Ekim	Su Kalite Sınıfı	Kasım	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	103	III	76	III	62	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	119	I	69	I	117	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	11	IV	0	I	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	37	II	82	III	87	III
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	4561	IV	2158	IV	0	I
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	79	IV	21	III	730	IV

Çizelge 4.3. Pazar Önü istasyonunun kış mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (1. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Aralık	Su Kalite Sınıfı	Ocak	Su Kalite Sınıfı	Şubat	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	8,68	II1	7,82	I1	7,42	I1
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	13,0	I	9,2	I	10,0	I
İletkenlik- E.C(µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	488	II	490	II	543	II
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	7,25	II	9,53	I	8,73	I
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	68,3	III	82,5	II	78,0	II
Seki Diski (m)					1,35		1,10		1,50	
Klorofil-a					0,26		0,21		0,010	
TKM (mg/L)					1100		600		12	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	390	I	270	I	355	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	96,0	IV	25,6	II	19,2	I
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	6,0	II	8,5	III	7,0	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	0,420	II	0,560	II	0,224	II
Organik Azot (mg/L)					0,887		0,933		0,710	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	1,307	II	1,493	II	0,934	II
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,023	I	0,026	I	0,023	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,0019	I	0,0019	I	0,003	II
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	1,332	I	1,521	I	0,960	I
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,016	I	0,041	I	0,020	I

Çizelge 4.4. Pazar Önü istasyonunun kış mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (1. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Arahk	Su Kalite Sınıfı	Ocak	Su Kalite Sınıfı	Şubat	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	111	III	134	III	133	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	41	I	78	I	112	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	13	IV	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	112	III	216	IV	0	I
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	0	I	0	I	638	IV
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	644	IV	621	IV	89	IV

Çizelge 4.5. Pazar Önü istasyonunun ilkbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (1. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Mart	Su Kalite Sınıfı	Nisan	Su Kalite Sınıfı	Mayıs	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	7,42	I1	6,95	I	7,18	I1
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	11,3	I	12,8	I	18,2	I
İletkenlik-E.C(µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	480	II	406	II	378	I
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	8,73	I	9,19	I	10,94	I
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	78,0	II	83,4	II	109,1	I
Seki Diski (m)					1,50		1,30		1,20	
Klorofil-a					0,005		0,233		0,044	
TKM (mg/L)					147		117		54	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	4900	III	4800	III	160	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	25,6	II	32	II	16	I
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	6,06	II	6,0	II	4,5	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	0,168	I	1,904	III	0,14	I
Organik Azot (mg/L)					0,765		0,710		3,78	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	0,933	II	2,614	III	3,92	III
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,022	I	0,012	I	0,016	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,002	II	0,002	II	0,003	II
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	0,957	I	1,960	I	4,06	II
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,067	I	0,017	I	0,025	I

Çizelge 4.6. Pazar Önü istasyonunun ilkbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (1. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Mart	Su Kalite Sınıfı	Nisan	Su Kalite Sınıfı	Mayıs	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	130	III	86	III	135	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	38	I	70	I	2	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	0	I	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	193	III	0	I	0	I
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	0	I	0	I	2771	IV
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	100	IV	279	IV	190	IV

Çizelge 4.7. Pazar Önü istasyonunun yaz mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (1. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Haziran	Su Kalite Sınıfı	Temmuz	Su Kalite Sınıfı	Ağustos	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	7,03	I1	7,93	I1	7,43	I1
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	22,4	I	26,8	II	24,3	I
İletkenlik- E.C(µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	445	II	382	I	474	II
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	7,41	II	13,19	I	5,12	III
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	83,1	II	170,3	I	61,6	III
Seki Diski (m)					1		0,50		1,10	
Klorofil-a					0,007		0,026		0,004	
TKM (mg/L)					600		33		65	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	3000	III	2600	III	410	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	64	III	64	III	128	IV
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	5,0	II	6,0	II	4,0	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	1,68	III	1,4	III	3,08	IV
Organik Azot (mg/L)					1,68		1,12		0,84	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	3,36	III	2,52	III	3,92	III
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,057	I	0,015	I	0,042	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,005	II	0,003	II	0,005	II
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	3,422	I	2,538	I	3,97	II
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,0042	I	0,0564	I	0,042	I

Çizelge 4.8. Pazar Önü istasyonunun yaz mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (1. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Haziran	Su Kalite Sınıfı	Temmuz	Su Kalite Sınıfı	Ağustos	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	92	III	87	III	98	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	105	I	112	I	111	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	0	I	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	42	II	46	II	49	II
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	2946	IV	2164	IV	2932	IV
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	110	IV	154	IV	89	IV

Çizelge 4.9. AAT Önü istasyonunun sonbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (2. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Eylül	Su Kalite Sınıfı	Ekim	Su Kalite Sınıfı	Kasım	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	9,17	IV	9,05	IV	8,02	III
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	26,2	III	21,5	I	16,0	I
İletkenlik- E.C(µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	2123	III	471	II	557	II
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	8,86	I	8,71	I	9,40	I
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	110,2	I	100	I	85,1	II
Seki Diski (m)					1,20		1,25		1,10	
Klorofil-a					0,007		0,008		0,17	
TKM (mg/L)					95		47		3800	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	320	I	300	I	420	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	32	II	25,6	II	38,4	II
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	7,5	II	5,5	II	6,0	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	0,42	II	0,13	I	0,186	II
Organik Azot (mg/L)					0,27		0,429		0,313	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	0,69	II	0,56	II	0,499	I
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,00873	I	0,00950	I	0,0037	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,00201	II	0,00206	II	0,0015	I
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	0,70	I	0,57	I	0,504	I
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,047	I	0,018	I	0,007	I

Çizelge 4.10. AAT Önü istasyonunun sonbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (2. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Eylül	Su Kalite Sınıfı	Ekim	Su Kalite Sınıfı	Kasım	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	92	III	78	III	69	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	65	I	59	I	113	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	2	I	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	64	III	47	II	74	III
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	1912	IV	4119	IV	0	I
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	11	II	75	IV	720	IV

Çizelge 4.11. AAT Önü istasyonunun kış mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (2. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Aralık	Su Kalite Sınıfı	Ocak	Su Kalite Sınıfı	Şubat	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	8,81	III	7,82	II	8,12	II
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	12,08	I	8,6	I	12,0	I
İletkenlik- E.C(µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	478	II	472	II	434	II
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	7,48	II	9,03	I	8,12	I
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	74,3	II	77,0	II	77,1	II
Seki Diski (m)					1,60		1,35		0,80	
Klorofil-a					0,21		0,20		0,016	
TKM (mg/L)					740		130		16	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	421	I	486	I	345	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	80,0	IV	48	II	38,4	II
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	9,5	III	9,5	III	6,0	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	0,336	II	0,224	II	0,392	II
Organik Azot (mg/L)					0,598		0,336		1,661	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	0,934	II	0,56	II	2,053	III
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,020	I	0,019	I	0,013	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,0017	I	0,0023	II	0,002	II
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	0,956	I	0,581	I	2,068	I
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,026	I	0,034	I	0,033	I

Çizelge 4.12. AAT Önü istasyonunun kış mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (2. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Arahk	Su Kalite Sınıfı	Ocak	Su Kalite Sınıfı	Şubat	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	107,0	III	147	III	140	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	50,0	I	58	I	125	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	20	IV	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	109,0	III	173	III	0	I
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	0	I	0	I	713	IV
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	452	IV	720	IV	101	IV

Çizelge 4.13. AAT Önü istasyonunun ilkbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (2. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Mart	Su Kalite Sınıfı	Nisan	Su Kalite Sınıfı	Mayıs	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	7,67	II	7,23	II	7,87	II
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	11,3	I	12,8	I	21,2	I
İletkenlik- E.C(µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	430	II	397	I	382	I
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	9,83	I	9,83	I	13,03	I
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	85,4	II	85,4	I	151,2	I
Seki Diski (m)					0,90		0,90		0,80	
Klorofil-a					0,004		0,234		0,001	
TKM (mg/L)					174		104		100	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	5900	IV	5200	IV	210	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	32	II	16	I	48	II
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	8,0	II	4,5	II	5,0	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	0,280	II	0,280	II	0,280	II
Organik Azot (mg/L)					1,773		1,661		2,52	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	2,053	III	1,941	III	2,8	III
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,019	I	0,023	I	0,021	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,003	II	0,003	II	0,005	II
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	2,075	I	1,967	I	2,826	I
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,037	I	0,053	I	0,043	I

Çizelge 4.14. AAT Önü istasyonunun ilkbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (2. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Mart	Su Kalite Sınıfı	Nisan	Su Kalite Sınıfı	Mayıs	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	142	III	89	III	120	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	51	I	79	I	4	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	0	I	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	187	III	12	I	0	I
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	0	I	0	I	1653	IV
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	107	IV	319	IV	181	IV

Çizelge 4.15. AAT Önü istasyonunun yaz mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (2. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Haziran	Su Kalite Sınıfı	Temmuz	Su Kalite Sınıfı	Ağustos	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	7,65	II	8,21	III	8,22	III
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	24,1	I	27,0	II	26,2	II
İletkenlik- E.C(µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	426	II	365	I	468	II
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	10,65	I	15,09	I	6,70	II
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	133,1	I	191,4	I	82,5	II
Seki Diski (m)					0,80		0,60		1,30	
Klorofil-a					0,004		0,008		0,006	
TKM (mg/L)					500		113		82	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	2800	III	2800	III	370	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	48	II	16	I	96	IV
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	4,0	I	4,0	I	6,0	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	2,24	IV	1,68	III	3,36	IV
Organik Azot (mg/L)					0,28		0,56		0	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	2,52	III	2,24	III	3,36	III
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,046	I	0,008	I	0,14	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,007	II	0,013	III	0,006	II
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	2,57	I	2,261	II	3,51	II
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,036	I	0,0073	I	0,043	I

Çizelge 4.16. AAT Önü istasyonunun yaz mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (2. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Haziran	Su Kalite Sınıfı	Temmuz	Su Kalite Sınıfı	Ağustos	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	114	III	125	III	106	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	92	I	68	I	65	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	0	I	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	35	II	33	II	28	II
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	1489	IV	1725	IV	1480	IV
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	124	IV	167	IV	92	IV

Çizelge 4.17. Sahil Köyü istasyonunun sonbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (3. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Eylül	Su Kalite Sınıfı	Ekim	Su Kalite Sınıfı	Kasım	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	9,21	IV	8,91	III	8,12	III
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	25,9	III	21,7	I	15,6	I
İletkenlik-E.C (µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	1490	III	480	II	570	II
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	9,56	I	8,44	I	8,10	I
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	117,6	I	100	I	82,7	II
Seki Diski (m)					1,50		1,40		1,50	
Klorofil-a					0,014		0,020		0,08	
TKM (mg/L)					81		28		4100	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	305	I	315	I	400	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	64	III	32	II	32	II
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	7	II	7	II	6,0	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	0,14	I	0,28	II	0,336	II
Organik Azot (mg/L)					0,46		0,073		0,357	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	0,6	II	0,353	I	0,693	II
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,00181	I	0,00488	I	0,0060	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,00182	I	0,00217	I	0,0016	I
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	0,604	I	0,36	I	0,70	I
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,030	I	0,015	I	0,013	I

Çizelge 4.18. Sahil Köyü istasyonunun sonbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (3. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Eylül	Su Kalite Sınıfı	Ekim	Su Kalite Sınıfı	Kasım	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	101	III	85	III	63	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	86	I	60	I	116	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	0	I	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	28	II	54	III	111	III
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	1569	IV	49	IV	0	I
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	0	I	166	IV	690	IV

Çizelge 4.19. Sahil Köyü istasyonunun kış mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (3. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Aralık	Su Kalite Sınıfı	Ocak	Su Kalite Sınıfı	Şubat	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	8,82	III	7,84	II	8,29	III
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	12,5	I	8,0	I	10,0	I
İletkenlik-E.C (µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	489	II	523	II	387	I
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	8,11	I	9,19	I	9,45	I
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	75,8	II	77,1	II	84,2	II
Seki Diski (m)					1,60		1,35		0,95	
Klorofil-a					0,22		0,19		0,003	
TKM (mg/L)					120		280		21	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	588	II	462	I	355	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	32,0	II	16	I	19,2	I
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	6,0	II	11	III	4,5	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	0,224	II	0,140	I	0,168	I
Organik Azot (mg/L)					0,336		0,233		0,280	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	0,56	II	0,373	I	0,448	I
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,039	I	0,048	I	0,011	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,0017	I	0,0021	II	0,002	II
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	0,601	I	0,423	I	0,461	I
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,070	I	0,065	I	0,025	I

Çizelge 4.20. Sahil Köyü istasyonunun kış mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (3. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Arahk	Su Kalite Sınıfı	Ocak	Su Kalite Sınıfı	Şubat	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	126,0	III	162	III	146	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	61,0	I	75	I	128	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	30	IV	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	150,0	III	185	III	0	I
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	0	I	815	IV	998	IV
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	638	IV	755	IV	95	IV

Çizelge 4.21. Sahil Köyü istasyonunun ilkbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (3. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Mart	Su Kalite Sınıfı	Nisan	Su Kalite Sınıfı	Mayıs	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	7,70	II	7,33	II	8,18	III
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	9,2	I	9,2	I	21,6	I
İletkenlik-E.C (µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	368	I	364	I	356	I
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	10,2	I	10,28	I	13,68	I
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	95,0	I	88,7	II	157,3	I
Seki Diski (m)					1,10		1,00		0,90	
Klorofil-a					0,007		0,023		0,0153	
TKM (mg/L)					1505		987		100	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	4900	III	5200	IV	200	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	38,4	II	12,8	I	48	II
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	6,25	II	4,5	II	4,5	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	0,280	II	0,784	II	0,28	II
Organik Azot (mg/L)					0,280		0,280		3,08	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	0,56	II	1,064	II	3,36	III
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,026	I	0,007	I	0,017	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,002	I	0,001	I	0,002	I
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	0,588	I	1,072	I	3,38	I
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,013	I	0,021	I	0,045	I

Çizelge 4.22. Sahil Köyü istasyonunun ilkbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (3. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Mart	Su Kalite Sınıfı	Nisan	Su Kalite Sınıfı	Mayıs	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	151	III	95	III	95	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	43	I	82	I	6	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	0	I	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	173	III	0	I	0	I
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	0	I	0	I	741	IV
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	114	IV	342	IV	190	IV

Çizelge 4.23. Sahil Köyü istasyonunun yaz mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (3. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Haziran	Su Kalite Sınıfı	Temmuz	Su Kalite Sınıfı	Ağustos	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	8,18	III	8,37	III	8,64	III
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	26,4	III	26,3	III	26,1	III
İletkenlik-E.C (µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	406	II	368	I	465	II
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	14,07	I	14,67	I	6,75	II
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	177,1	I	184,0	I	84,6	II
Seki Diski (m)					0,70		0,80		1,50	
Klorofil-a					0,003		0,023		0,013	
TKM (mg/L)					800		153		103	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	3000	III	2866	III	320	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	80	IV	32	II	32	II
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	8,5	III	4,5	II	5,5	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	3,92	IV	2,8	IV	4,2	IV
Organik Azot (mg/L)					0,28		0,84		0,56	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	4,2		3,64		4,76	
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,012	I	0,004	I	0,24	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,01	II	0,047	III	0,005	II
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	4,22	II	3,7	II	5,01	II
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,037	I	0,0638	I	0,046	I

Çizelge 4.24. Sahil Köyü istasyonunun yaz mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (3. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Haziran	Su Kalite Sınıfı	Temmuz	Su Kalite Sınıfı	Ağustos	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	82	III	89	III	91	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	79	I	76	I	78	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	0	I	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	39	II	37	II	37	II
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	742	IV	642	IV	752	IV
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	135	IV	193	IV	103	IV

Çizelge 4.25. Terice Deresi istasyonunun sonbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (4. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Eylül	Su Kalite Sınıfı	Ekim	Su Kalite Sınıfı	Kasım	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	8,54	III	8,96	III	8,95	III
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	26,1	III	21,8	II	17,0	I
İletkenlik- E.C(µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	1562	III	498	II	589	II
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	4,66	III	13,72	I	10,69	I
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	57,9	III	158,6	I	108,2	I
Seki Diski (m)					---		---		---	
Klorofil-a					0,010		0,015		0,18	
TKM (mg/L)					54		53		720	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	345	I	330	I	510	II
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	25,6	II	38,4	II	160	IV
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	10	III	10	III	5,5	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	0,04	I	0,33	II	0,130	I
Organik Azot (mg/L)					0,20		0,339		0,115	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	0,24	I	0,67	II	0,245	I
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,00373	I	0,01	I	0,0052	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,00171	I	0,002	I	0,0017	I
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	0,25	I	0,68	I	0,252	I
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,051	I	0,007	I	0,015	I

Çizelge 4.26. Terice Deresi istasyonunun sonbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (4. istasyon)	Su Kalite Sınıfları				Eylül	Su Kalite Sınıfı	Ekim	Su Kalite Sınıfı	Kasım	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	84	III	92	III	69	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	72	I	78	I	148	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	5	II	0	I	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	14	I	14	I	127	III
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	1765	IV	1422	IV	0	I
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	15	II	189	IV	631	IV

Çizelge 4.27. Terice Deresi istasyonunun kış mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (4. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Aralık	Su Kalite Sınıfı	Ocak	Su Kalite Sınıfı	Şubat	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	8,83	III	7,90	II	7,79	II
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	13,0	I	8,3	I	11,0	I
İletkenlik- E.C(µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	441	II	470	II	516	II
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	8,29	I	8,76	I	8,22	I
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	78,1	II	74,1	II	74,4	II
Seki Diski (m)					---			---	---	
Klorofil-a					0,21		0,20		0,005	
TKM (mg/L)					140		500		7	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	230	I	470	I	320	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	48,0	II	32	II	32	II
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	5,5	II	10,5	III	5,0	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	0,168	I	0,224	II	0,280	II
Organik Azot (mg/L)					0,579		0,336		0,466	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	0,747	II	0,56	II	0,746	II
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,027	I	0,032	I	0,011	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,0019	I	0,0018	I	0,001	I
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	0,776	I	0,594	I	0,758	I
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,033	I	0,004	I	0,027	I

Çizelge 4.28. Terice Deresi istasyonunun kış mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (4. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Arahk	Su Kalite Sınıfı	Ocak	Su Kalite Sınıfı	Şubat	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	127	III	161	III	154	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	45	I	70	I	147	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	45	IV	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	161	III	177	III	0	I
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	0	I	0	I	891	IV
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	656	IV	883	IV	75	IV

Çizelge 4.29. Terice Deresi istasyonunun ilkbahar mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (4. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Mart	Su Kalite Sınıfı	Nisan	Su Kalite Sınıfı	Mayıs	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	7,56	II	7,42	II	7,28	II
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	9,3	I	13,5	I	16,3	I
İletkenlik-E.C (µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	488	II	399	I	374	I
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	9,74	I	9,74	I	7,79	II
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	84,3	II	84,3	II	91,7	I
Seki Diski (m)					---		---		---	
Klorofil-a					0,004		0,024		0,021	
TKM (mg/L)					84		57		110	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	6000	IV	5400	IV	210	I
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	64	III	32	II	32	II
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	9,50	III	8,0	II	6,0	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	0,112	I	0,560	II	0,42	II
Organik Azot (mg/L)					0,821		0,466		3,50	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	0,933	II	1,026	II	3,92	III
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,017	I	0,017	I	0,011	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,001	I	0,001	I	0,002	II
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	0,951	I	1,044	I	3,933	II
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,007	I	0,044	I	0,033	I

Çizelge 4.30. Terice Deresi istasyonunun ilkbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (4. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Mart	Su Kalite Sınıfı	Nisan	Su Kalite Sınıfı	Mayıs	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	156	III	97	III	87	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	42	I	90	I	10	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	0	I	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	64	III	0	I	0	I
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	0	I	0	I	1900	IV
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	172	IV	364	IV	225	IV

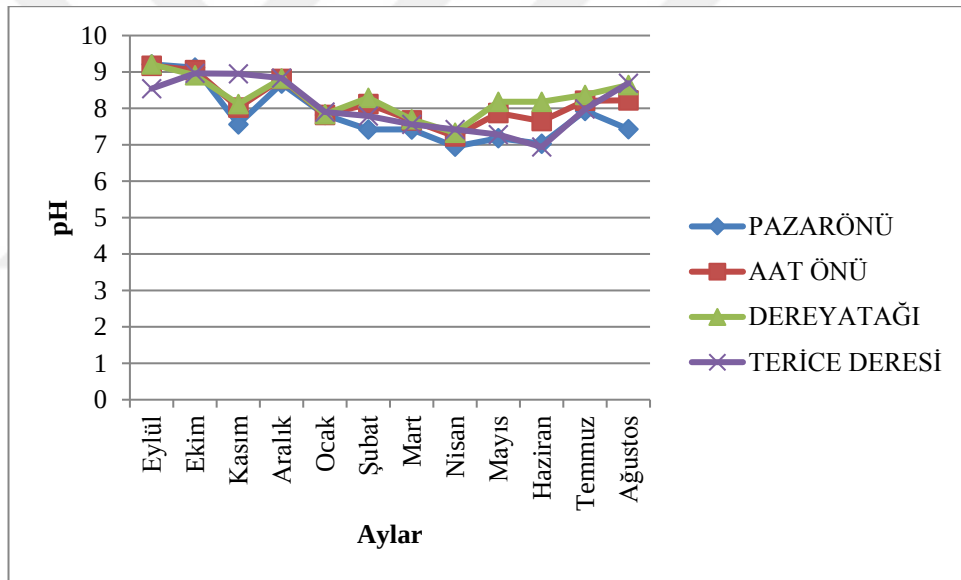
Çizelge 4.31. Terice Deresi istasyonunun yaz mevsiminde kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi

PARAMETRE (4. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Haziran	Su Kalite Sınıfı	Temmuz	Su Kalite Sınıfı	Ağustos	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	6,94	I	7,98	II	8,69	III
Sıcaklık (°C)	≤25	≤25	≤30	>30	21,4	II	22,0	II	23,8	II
İletkenlik-E.C(µs/cm)	<400	400-1000	1001-3000	>3000	408	II	420	II	470	II
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	>8	6-8	3-6	<3	7,16	II	4,21	III	5,10	III
Ç.O. Doygunluk (%)	90	70-90	40-70	<40	81,9	II	49,8	III	80,9	II
Seki Diski (m)					---		---		---	
Klorofil-a					0,012		0,017		0,001	
TKM (mg/L)					80		37		96	
TÇM (mg/L)	500	1500	5000	>5000	4030	III	3730	III	620	II
KOI (mg/L)	<25	25-50	50-70	>70	32	II	48	II	16	I
BOI (mg/L)	<4	4-8	8-20	>20	7,0	II	5,5	II	5,0	II
NH ₄ (mg/L)	<0,2	0,2-1	1-2	>2	3,36	IV	2,24	IV	2,24	IV
Organik Azot (mg/L)					0,84		0,56		0,28	
TKN (mg/L)	< 0,5	0,5-1,5	1,5-5	> 5	4,2	III	2,8	III	2,52	III
Nitrat (mg/L)	<3	3-10	10-20	>20	0,046	I	0,085	I	0,027	I
Nitrit (mg/L)	<0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	>0,05	0,008	II	0,0019	I	0,006	II
TN (mg/L)	<3,5	3,5-11,5	11,5-25	>25	4,254	II	2,89	I	2,553	I
TP (mg/L)	<0,08	0,08-0,2	0,2-0,8	>0,8	0,0052	I	0,044	I	0,073	I

Çizelge 4.32. Terice Deresi istasyonunun yaz mevsiminde ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

PARAMETRE (4. istasyon)	Su Kalite Sınıfları*				Haziran	Su Kalite Sınıfı	Temmuz	Su Kalite Sınıfı	Ağustos	Su Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV						
Bakır (Cu) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	97	III	93	III	104	III
Çinko (Zn) µg/L	≤200	200-500	500-2000	>2000	84	I	82	I	81	I
Kadmiyum (Cd) µg/L	≤3	3-5	5-10	>10	0	I	0	I	0	I
Nikel (Ni) µg/L	≤20	20-50	50-200	>200	17	I	11	I	22	II
Civa (Hg) µg/L	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	1562	IV	937	IV	1649	IV
Kurşun (Pb) µg/L	≤10	10-20	20-50	>50	148	IV	232	IV	114	IV

Çalışma sahası olan Suat Uğurlu Baraj Gölü’ndeki 4 farklı numune alma noktasını temsil eden analiz çalışmalarının 1 yıllık değişim grafikleri oluşturulmuş ve değişimlerin nedenleri değerlendirilmiştir.

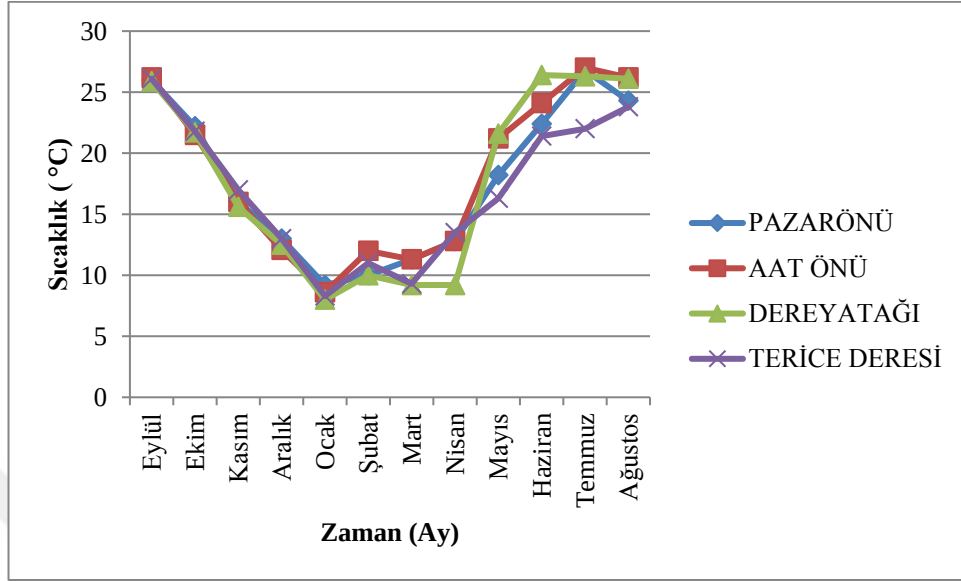


Şekil 4.1. Numune alma istasyonlarının bir yıllık pH değişim grafiği

Suat Uğurlu Baraj Gölü’ nün pH değerlerinde haziran-kasım ayları arasında artma gözlense de tüm istasyonlarda genel bir dalgalanma gözlemlenmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’ nde 4 farklı kalite sınıfı için de pH değeri 6 ile 9 arasında belirtilmiş olup trofik seviyenin tespit edilmesinde etkin bir parametre olmamasına rağmen göl suyunun asidik veya bazik olması istenmemektedir. pH değeri tüm istasyonlarda genel olarak ocak ve temmuz ayları arasında düşüş göstermiş ancak hiçbir noktada 6’ nın altına inmemiştir.

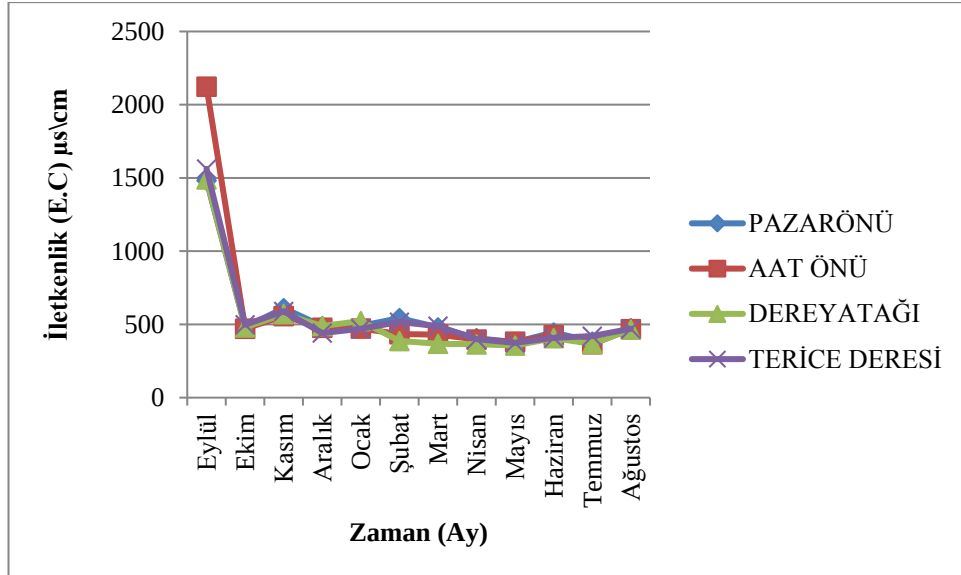
Suat Uğurlu Baraj Gölü’ nün beslenme kaynağı Yeşilırmak nehri olup aldığı yol boyunca geçtiği güzergahta kalsiyum karbonatlı kayalar yüzeylenmiştir. Kayaç-

su etkileşimiyle yeraltı ve yüzeysel akışlar vasıtasıyla göle ulaşmaktadır. pH değerinin yüksek olması, bölge havzasının doğal jeokimyasal yapısına bağlı bir özelliği olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.2. Numune alma istasyonlarının bir yıllık sıcaklık değişim grafiği

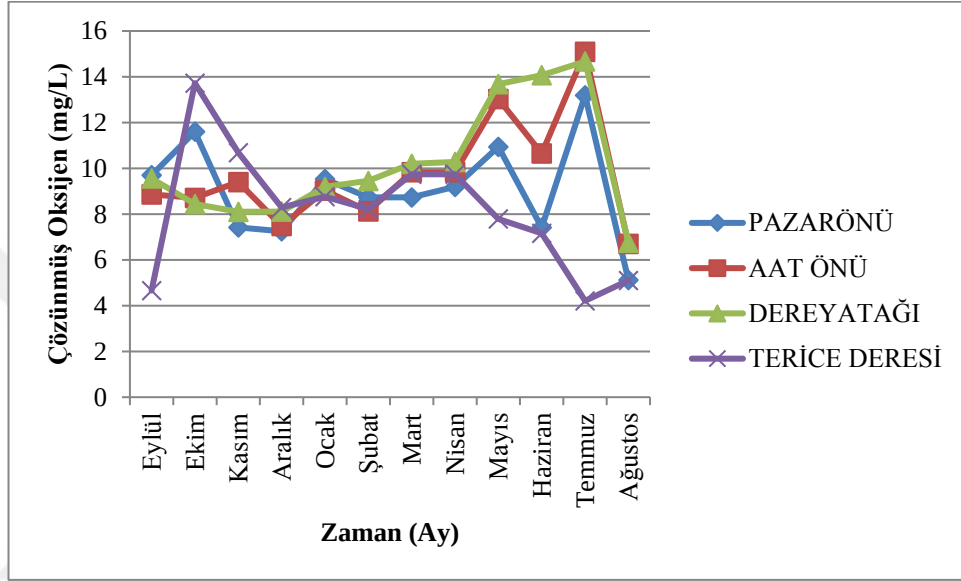
Suat Uğurlu Baraj Gölü'nden alınan örneklerde sıcaklığın, mevsim sıcaklıklarına paralel olarak değiştiği görülmektedir. Grafikte de görüldüğü üzere yaz aylarında 27°C'ye kadar yükselen göl suyu sıcaklığı kış aylarında 8°C'ye kadar düşmektedir. Sıcaklıklar tüm istasyonlarda paralel değişimler göstermiştir.



Şekil 4.3. Numune alma istasyonlarının bir yıllık iletkenlik değişim grafiği

Suat Uğurlu Baraj gölündeki istasyonlardan alınan numunelerin iletkenlik değerleri "Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal

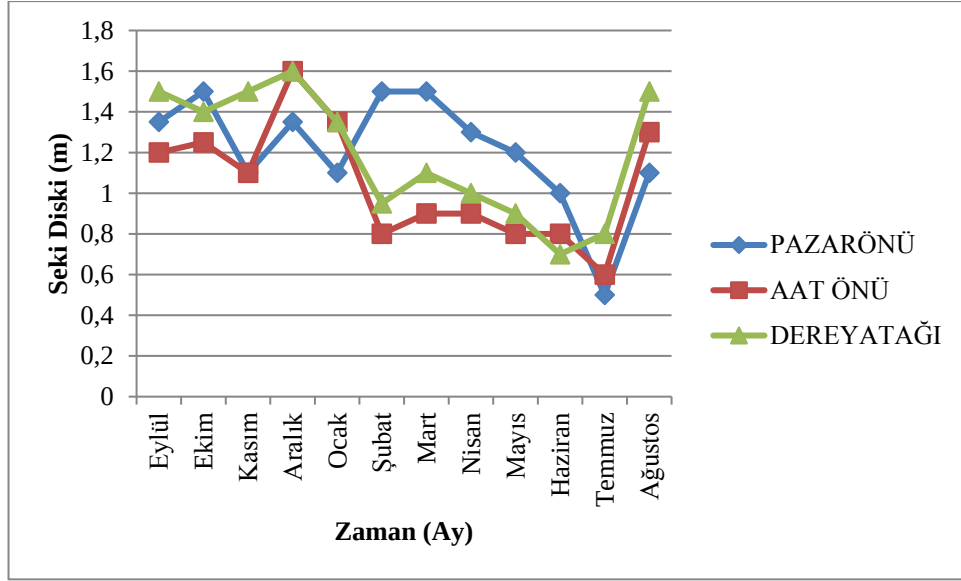
Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine” göre incelendiğinde genellikle II. ve III. sınıfta yer aldığı görülmektedir. Yalnızca eylül ayında tüm istasyonlarda pik yapan elektriksel iletkenlik değerinin yüksek olması baraj gölü suyunun tuz içeriği bakımından eylül ayında zengin olduğunun göstergesi olarak değerlendirilebilir. Ancak genel olarak Ayvacık ilinin bulunduğu bölge itibari ile yağış miktarının fazla olması, sürekli yıkanmadan dolayı yüzey sularının genellikle az tuzlu olmasına neden olmuştur.



Şekil 4.4. Numune alma istasyonlarının bir yıllık çözünmüş oksijen değişim grafiği

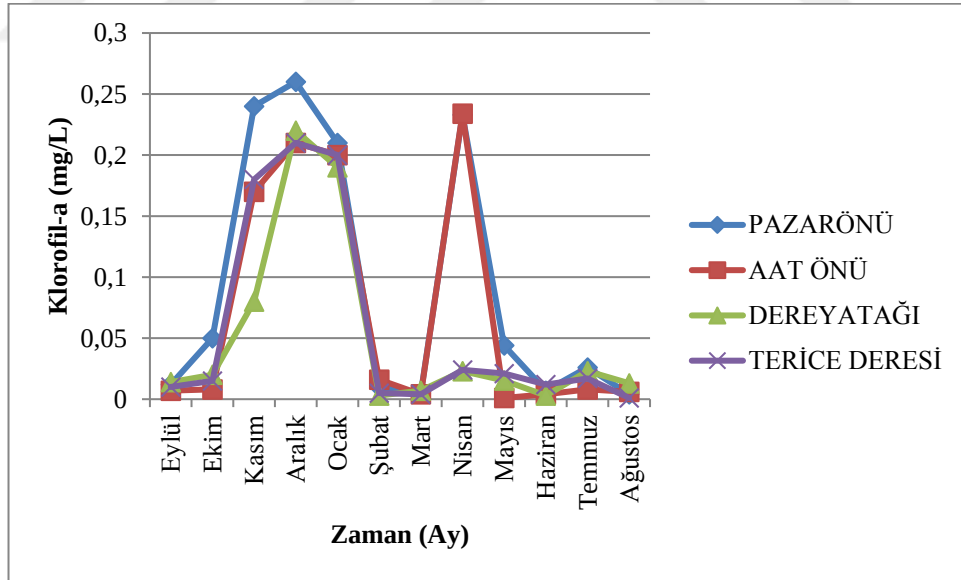
Suyun çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonları sudaki kirlilik seviyesini, organik madde miktarını ve suyun kendini temizleme kapasitesini gösteren bir parametre olup sıcak geçen yaz ayları için su sıcaklığı artış göstererek çözünmüş oksijen değerlerinde de azalma görülmüştür. Ancak çözünmüş oksijen değerleri arazi çalışması esnasından yüzey suyunun hemen alt noktasından alınarak ölçümü gerçekleştirildiğinden yüzeye yakın olarak alınan bu numunelerin çözünmüş oksijen değerlerinin yüksek olması beklenti dahilindedir. Bu nedendir ki ÇO konsantrasyonları nadiren 8 mg/L’ nin altına düşmüştür.

Seki diski derinliği 4 metreden büyük olan göller oligotrofik, 1,5 - 4 metre olan göller mezotrofik, 1,5-1 m olan göller ötrofik ve 1 metreden küçük olan göller hipertrofik seviyede kabul edilmektedir ancak bu parametre tek başına belirleyici değildir.



Şekil 4.5. Numune alma istasyonlarının bir yıllık seki derinliği değişim grafiği

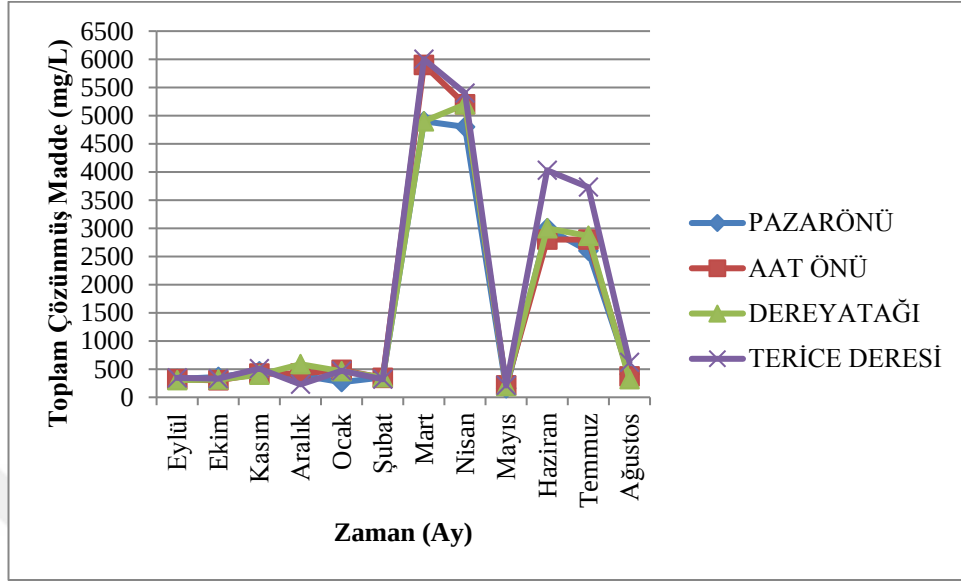
Seki diski derinliği arazi çalışmaları esnasında yerinde tayin edilmiş olup göl trofik seviyelerinin ötrofik ve hipertrofik olarak saptanmasında belirleyici bir parametre olmuştur. Özellikle ocak ayından sonra tüm istasyonlarda paralel bir değişim kaydedilmiştir. 4 nolu numune alma istasyonu olan Terice Deresi' ne ulaşım karadan sağlandığından bu noktaya ait seki diski derinliği kayıtları mevcut değildir.



Şekil 4.6. Numune alma istasyonlarının bir yıllık klorofil-a değişim grafiği

Klorofil-a parametresi Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, Ek-6 Tablo.9: Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri' nin en önemli belirleyicisidir. Parametrelerin her birinin farklı trofik seviyede çıkması ve klorofil-a' nın, seviyesi aynı olan parametrelerden daha yüksek seviyede bulunması halinde, klorofil-a trofik seviyeyi belirleyicidir. Bu nedenle Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün 4 farklı numune alma

istasyonunda trofik seviyelerin ötrofik ve hipertrofik olarak belirlenmesi klorofil-a konsantrasyonunun istenenden çok daha yüksek değerlerde kaydedilmesinden kaynaklanmaktadır.

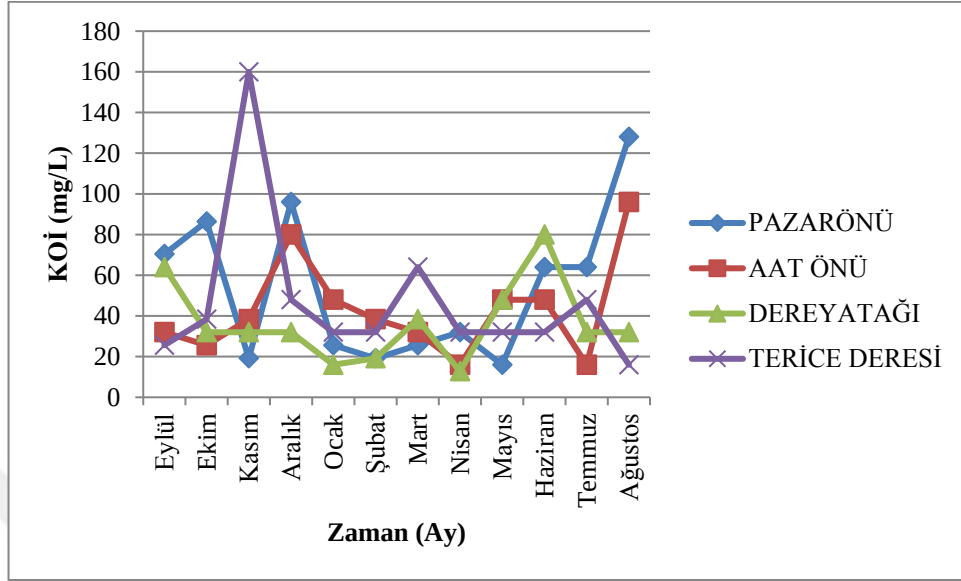


Şekil 4.7. Numune alma istasyonlarının bir yıllık TÇM değişim grafiği

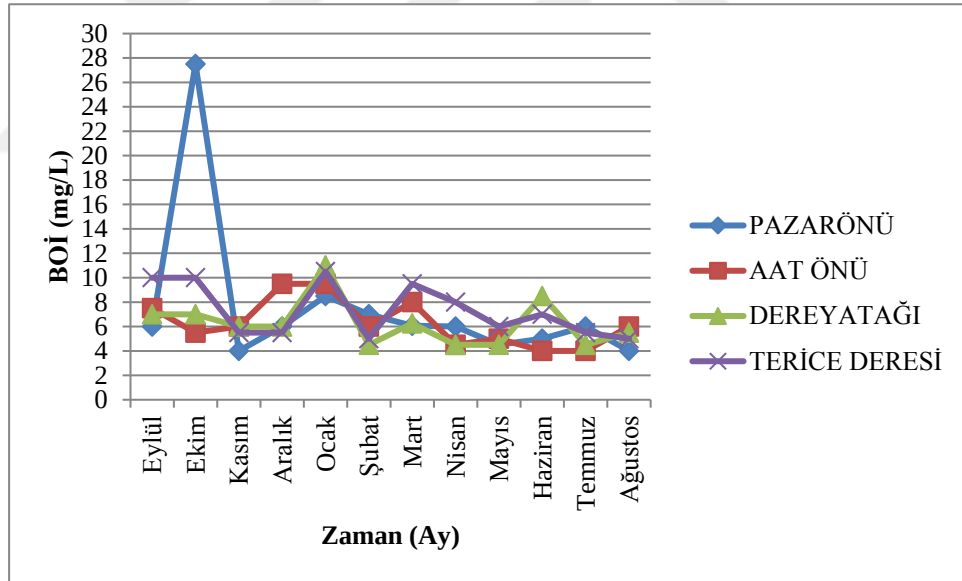
Toplam çözünmüş madde konsantrasyonunun Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine göre I. sınıf olarak kabul edilebilmesi için 500 mg/L'den düşük olması istenmektedir. 500-1500 mg/L II. sınıf, 1500-5000 mg/L III. sınıf ve >5000 mg/L IV. sınıf olarak kabul edilmektedir. Grafikten de anlaşıldığı üzere ilkbahar ve yaz aylarında TÇM konsantrasyonlarında artış gözlenmiş olup sebebinin bu aylarda artan tarımsal faaliyetler ve zirai ilaç kullanımlarındaki artış gibi insan kaynaklı faaliyetler olduğu düşünülmektedir.

Suat Uğurlu Baraj Gölü' ndeki KOİ ölçüm sonuçları Şekil 5.8' de görüldüğü gibi 1 yıllık çalışma boyunca tüm istasyonlarda dalgalanma göstermiştir. Kimyasal olarak oksitlenebilen organik maddelerin oksijen ihtiyacı olarak değerlendirilen KOİ değeri, suların organik açıdan kirliliğini belirleyici bir parametre özelliği gösterir. Özellikle yaz ve göl suyunun sıcaklık değerini koruyarak yüksek kaldığı sonbahar aylarında mikrobiyal faaliyetlerin artması nedeniyle organik madde bozunma hızı artmakta ayrıca bu aylarda artan tarım faaliyetlerinin de etkisi ile KOİ değeri de artmaktadır. "Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" değerlendirildiğinde KOİ değeri <25 mg/L ise I. sınıf, 25-50mg/L II. sınıf, 50-70 mg/L III. sınıf ve >70 mg/L IV. sınıf olarak kabul edilmektedir. Yapılan analizlerde KOİ değerinin genellikle 25

mg/L' den yüksek olduğu, özellikle sonbahar ve yaz aylarında 70 mg/L' yi dahi aştığı gözlenmiştir. Bu da göl suyuna giriş yapan organik madde miktarının artmış olduğuna işaretir.



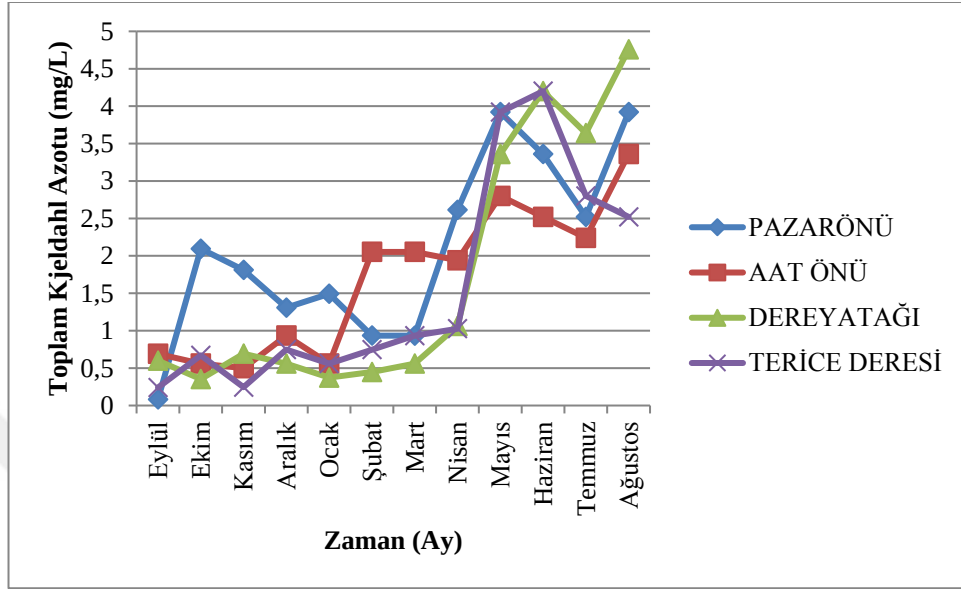
Şekil 4.8. Numune alma istasyonlarının bir yıllık KOİ değişim grafiği



Şekil 4.9. Numune alma istasyonlarının bir yıllık BOİ değişim grafiği

Suat Uğurlu Baraj Gölü' nde organik maddenin ölçüsü olarak, karbonlu maddelerin oksitlenmesi sırasında harcanan oksijen miktarı olan biyokimyasal oksidasyon esnasında suda bulunan çözünmüş oksijen kullanılır. Oksijen sarfiyatı ne kadar fazla olursa organik madde miktarının da o kadar fazla demektir. Yapılan analizler incelendiğinde baraj gölünün BOİ ve KOİ konsantrasyonlarının su kalite kriterleri açısından II. Ve III. sınıfta yer aldığı belirlenmiştir. Ancak özellikle ekim ayında Pazar Önü bölgesinde ciddi derece BOİ ve KOİ artışı gözlenmiş olup bu ayda

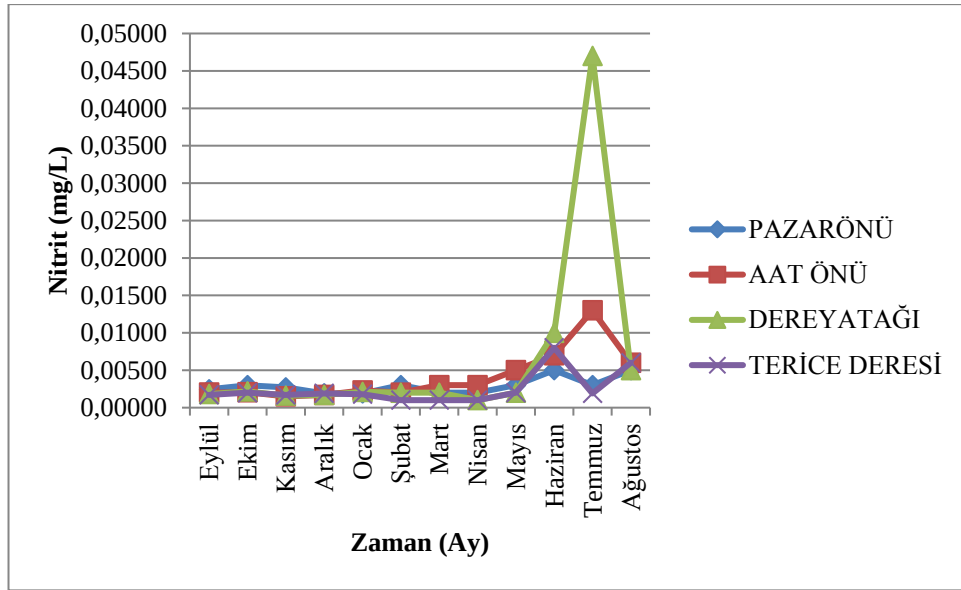
göle yüksek derecede organik madde girişi olduğu düşünülmektedir. Ayvacık merkez olarak kabul edilen Pazar Önü bölgesinin bir yıl boyunca tüm parametreleri genel anlamda incelendiğinde kirlilik ve trofik seviyesinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu da o bölgeden göle ciddi derecede kirlilik girişi olduğunu ifade eder.



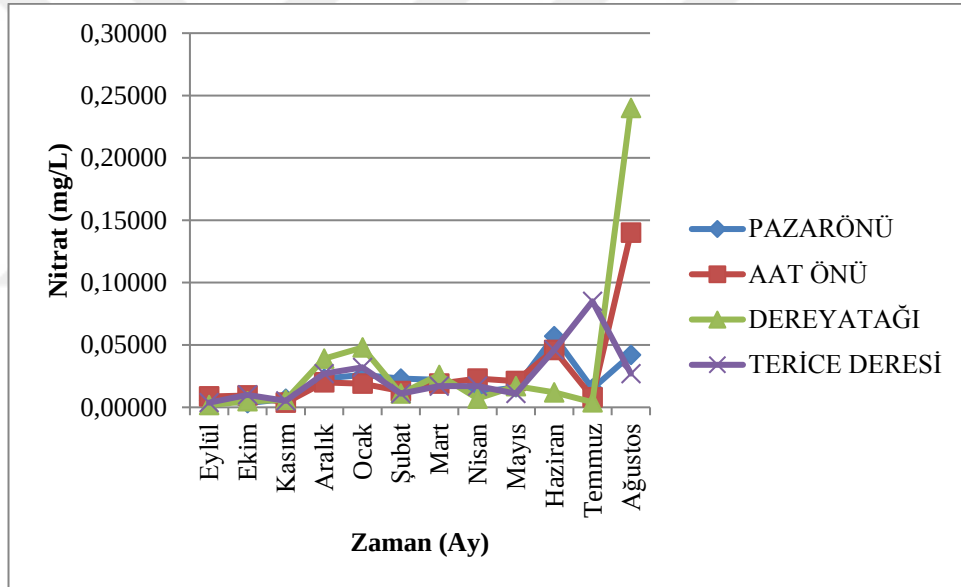
Şekil 4.10. Numune alma istasyonlarının bir yıllık TKN değişim grafiği

Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri' ne göre TKN değeri <0,5 mg/L ise I. sınıf, 0,5-1,5mg/L II. sınıf, 1,5-5 mg/L III. sınıf ve >5 mg/L IV. sınıf olarak kabul edilmektedir. Yapılan analizlerden TKN değerinin ilkbahar ve yaz aylarında III. sınıf kalite kriterlerine dahil olduğu anlaşılmaktadır. Pazar Önü bölgesinde sonbahar aylarında ve AAT Önü bölgesinde kış aylarında da TKN değerlerinde ciddi artışlar olmuştur. Göle AAT Önü bölgesinden karışan evsel nitelikli atıksular, Pazar Önü bölgesinden kaynaklanan yıkama süzöntü suları ve genel anlamda yapılan tarımsal faaliyetlerin tüm istasyonlarda bu değeri arttırdığı düşünülmektedir.

Azot döngüsünün ara ürünü olan nitrit birikim göstermez ve nitrata dönüşür. Fakat nitrit konsantrasyonları da nitratta olduğu gibi plankton gelişimini destekler. Nitrit konsantrasyonu tüm istasyonlarda genellikle I. ve II. sınıf kalite kriterlerinde bulunmuştur. Yalnızca temmuz ayında AAT Önü ve Dereyatağı istasyonlarında artış göstererek III. sınıf kalite kriterlerine dahil olmuştur.

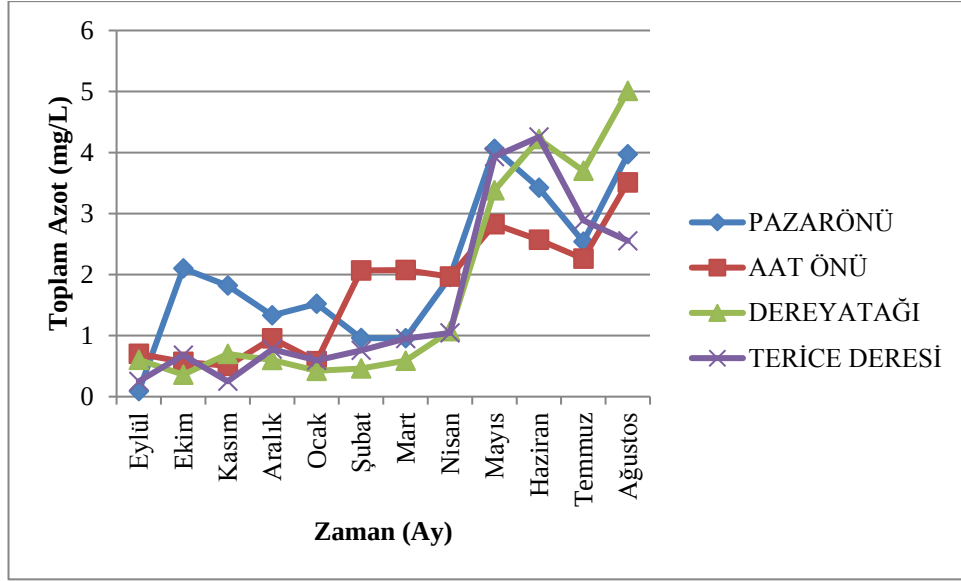


Şekil 4.11. Numune alma istasyonlarının bir yıllık nitrit değişim grafiği



Şekil 4.12. Numune alma istasyonlarının bir yıllık nitrat değişim grafiği

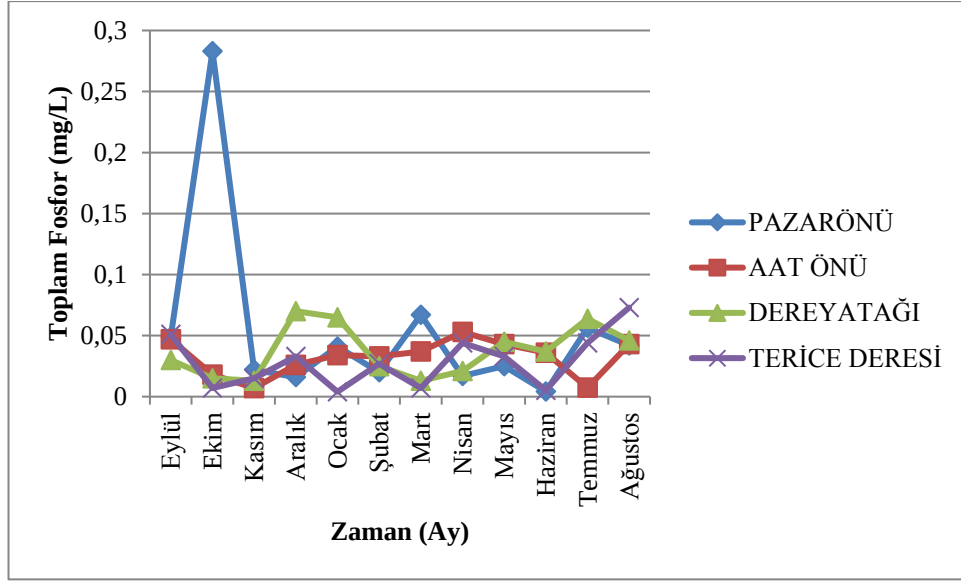
Nitrat alglerin büyümesi için önemli bir besin maddesidir. Ancak yüzey sularında nitrat miktarı genellikle düşüktür. $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonu yaz aylarında artış gösterse de tüm istasyonlarda genel olarak düşük değerler içermektedir.



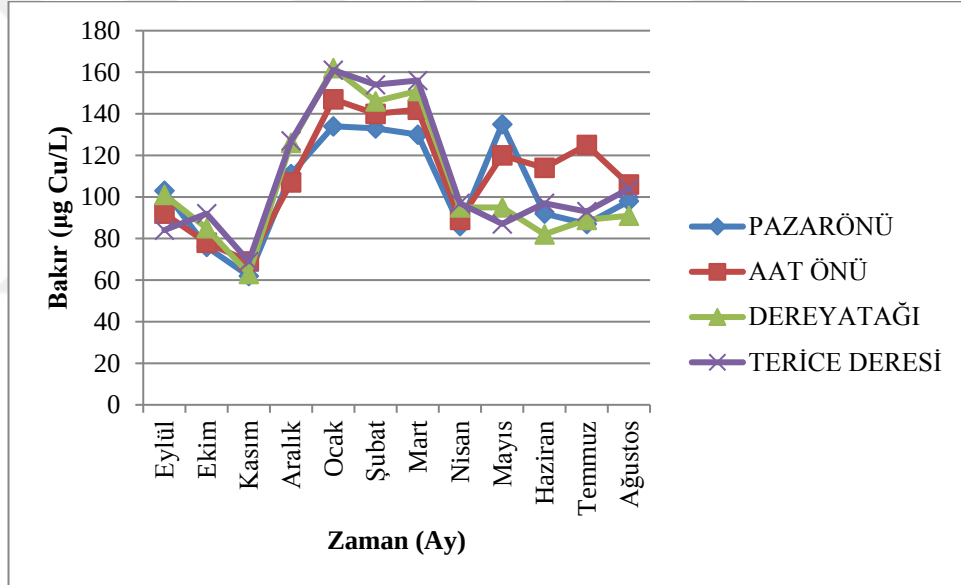
Şekil 4.13. Numune alma istasyonlarının bir yıllık TN değişim grafiği

Suat Uğurlu Baraj Gölüne azot girişi kaynaklarının atıksu arıtma tesisi giriş suları, arazi sulama suyu akışları, bitki ve hayvan atıkları, gübreler ve tarım arazilerinin yüksek azot içeren sulama sularının drenajı olduğu söylenebilir. Toplam azot değeri “Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri” nin önemli bir belirleyicisidir ve özellikle yaz aylarında artan insan kaynaklı faaliyet sonucu tüm istasyonlarda artış göstermiştir. Yaz mevsiminde TN miktarının ciddi düzeyde artması, kış mevsiminde ise düşük seviyelere ulaşması; yaz aylarında sıcaklık ve buharlaşmanın artması konsantrasyonlarda artışa, kış aylarında görülen yağışlar ve göle akış yapan yüzey sularının ise göl suyundaki seyrelmeye bağlanabilir. Suat Uğurlu Baraj Gölü numune istasyonlarının trofik seviyeleri değerlendirilirken TN değerinin ilkbahar ve yaz aylarında tüm istasyonlarda hipertrofik sınıfta yer aldığı görülmüştür.

Yüksek fosfat konsantrasyonu yüzey sularında ötrofikasyona neden olabilen alg gelişimi artışına ortam hazırlar. Toprakta suya karışan gübre, AAT deşarj suları, deterjanlar ve temizlik maddeleri Suat Uğurlu Baraj Gölü’ ndeki TP değerini arttıran en önemli kirlilik kaynaklarıdır. Toplam fosfor değeri “Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri” nin önemli bir belirleyicisidir ve Suat Uğurlu Baraj Gölü numune istasyonlarının trofik seviyeleri değerlendirilirken Şekil 5.14’te de anlaşıldığı üzere TP değerinin genellikle mezotrofik ve ötrofik sınıflarda seyrettiği görülmüştür.

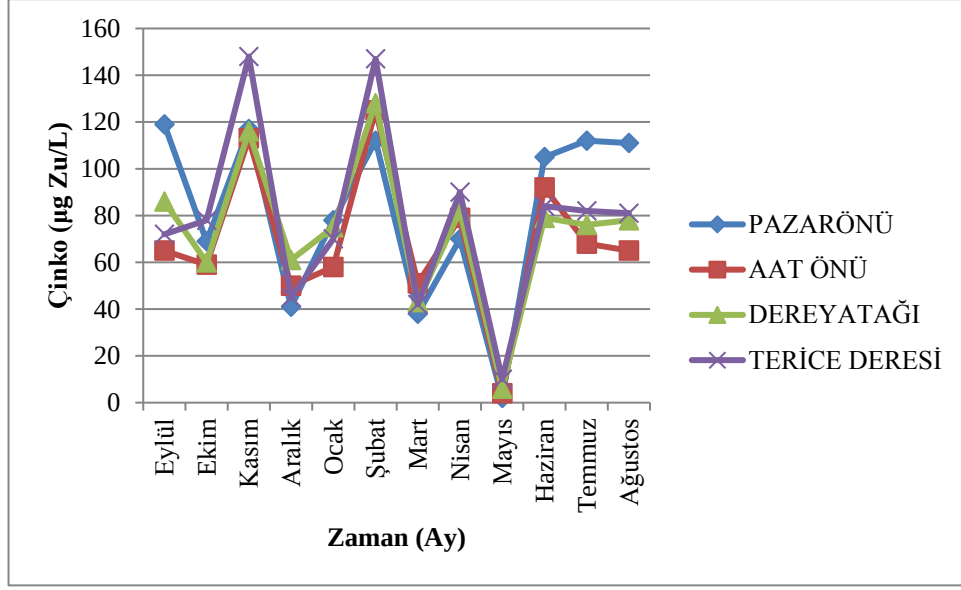


Şekil 4.14. Numune alma istasyonlarının bir yıllık TP değişim grafiği



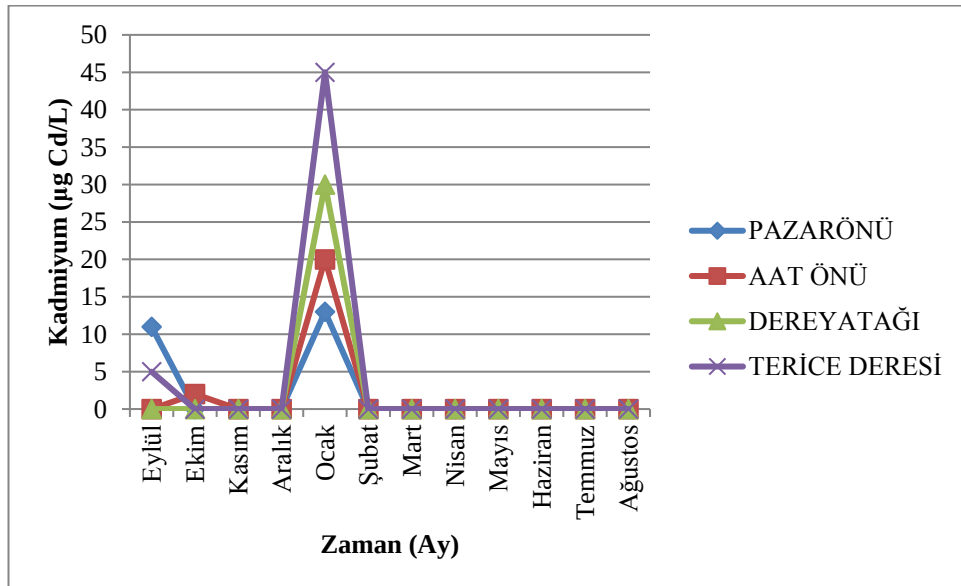
Şekil 4.15. Numune alma istasyonlarının bir yıllık bakır konsantrasyonu değişim grafiği

Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri' ne bakıldığında bakır değeri $<20 \mu\text{g Cu/L}$ ise I. sınıf, $20-50 \mu\text{g Cu/L}$ ise II. sınıf, $50-200 \mu\text{g Cu/L}$ ise III. sınıf ve $>200 \mu\text{g Cu/L}$ ise IV. sınıf olarak kabul edilmektedir. Bakır değerlerinde aylara ve istasyonlara göre dalgalanmalar gözlense de konsantrasyonları itibari ile III. Sınıfta yer almaktadır. Bölgede sanayi tesisi bulunmamasına rağmen bakır seviyesinin yüksekliği, bölgenin temel geçim kaynağının tarım olması nedeniyle kullanılan kimyasal gübreler ve Yeşilırmak'ın taşıdığı kirlilik yükünden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.16. Numune alma istasyonlarının bir yıllık çinko konsantrasyonu değişim grafiği

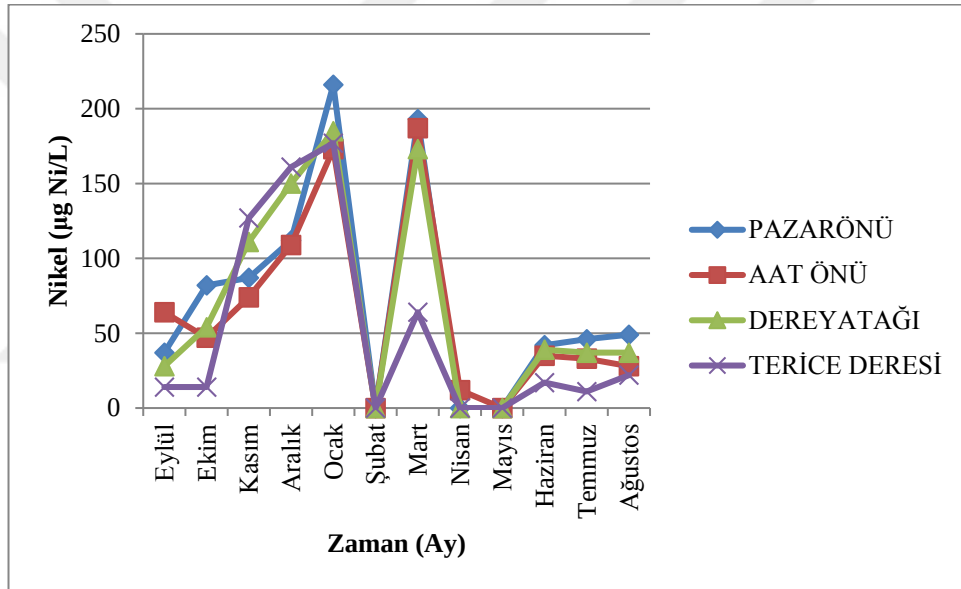
Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri' ne bakıldığında çinko değeri $<200 \mu\text{g Cu/L}$ ise I. sınıf, $200-500 \mu\text{g Cu/L}$ ise II. sınıf, $500-2000 \mu\text{g Cu/L}$ ise III. sınıf ve $>2000 \mu\text{g Cu/L}$ ise IV. sınıf olarak kabul edilmektedir. Suat Uğurlu Baraj Gölü çinko konsantrasyonuna göre değerlendirildiğinde aylara göre istasyonlarda paralel bir dalgalanma mevcuttur. Yine de çinko değerleri tüm aylarda ve tüm istasyonlarda I. sınıf kalite kriterleri içerisinde yer almakta olup gölde çinko kirliliğinin söz konusu olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.17. Numune alma istasyonlarının bir yıllık kadmiyum konsantrasyonu değişim grafiği

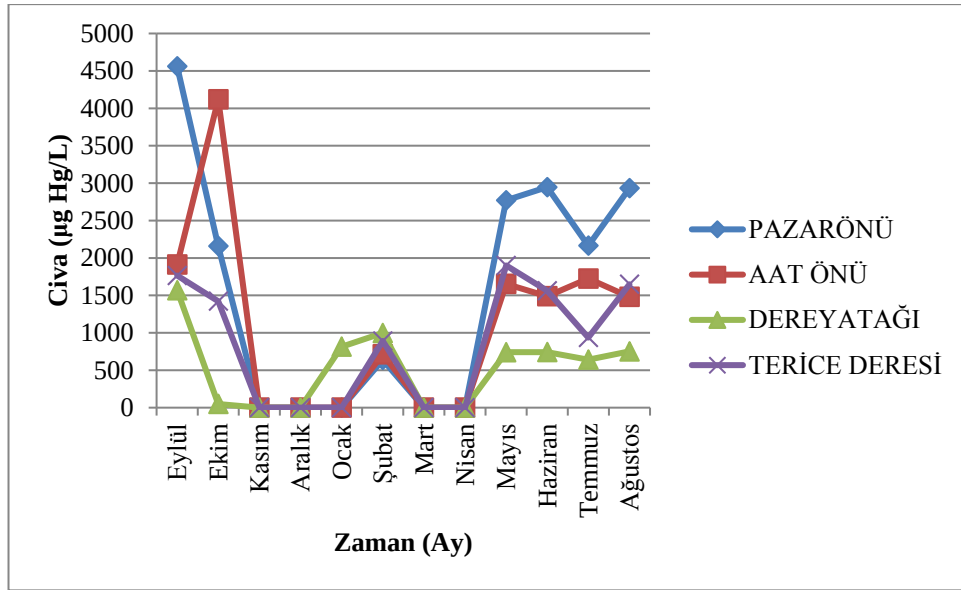
Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri' ne bakıldığında kadmiyum değeri $<3 \mu\text{g Cd/L}$ ise I. sınıf, $3-5 \mu\text{g Cd/L}$ ise II. sınıf, $5-10 \mu\text{g Cd/L}$ ise

III. sınıf ve $>10 \mu\text{g Cd/L}$ ise IV. sınıf olarak kabul edilmektedir. Numune istasyonları 1 yıl boyunca değerlendirildiğinde Cd değerinin yalnızca ocak ayında tüm istasyonlarda IV. sınıf kalite göstergesine dahil olduğu belirlenmiştir. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün kaynağı olan Yeşilırmak, Sivas'ın kuzeyinden doğarak geçtiği güzergah boyunca topladığı kirliliğin bir kısmının bu göle ulaşmasına neden olur. Bu nedenle Ayvacık ilçesinde endüstriyel bir kuruluş bulunmamasına rağmen göl suyunda kadmiyum bulunması Yeşilırmak nehrinin maruz kaldığı endüstriyel bir kirlenmeyi özellikle ocak ayında göl sahasına taşıdığı düşünülebilir. Ayrıca fosfatlı gübreler de önemli miktarda kadmiyum içermektedir. Tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı bu bölgede kullanılan gübrelerin, yağış ve süzöntü suları ile göle ulaşması ve kadmiyum konsantrasyonunu artırması mümkündür.



Şekil 4.18. Numune alma istasyonlarının bir yıllık nikel konsantrasyonu değişim grafiği

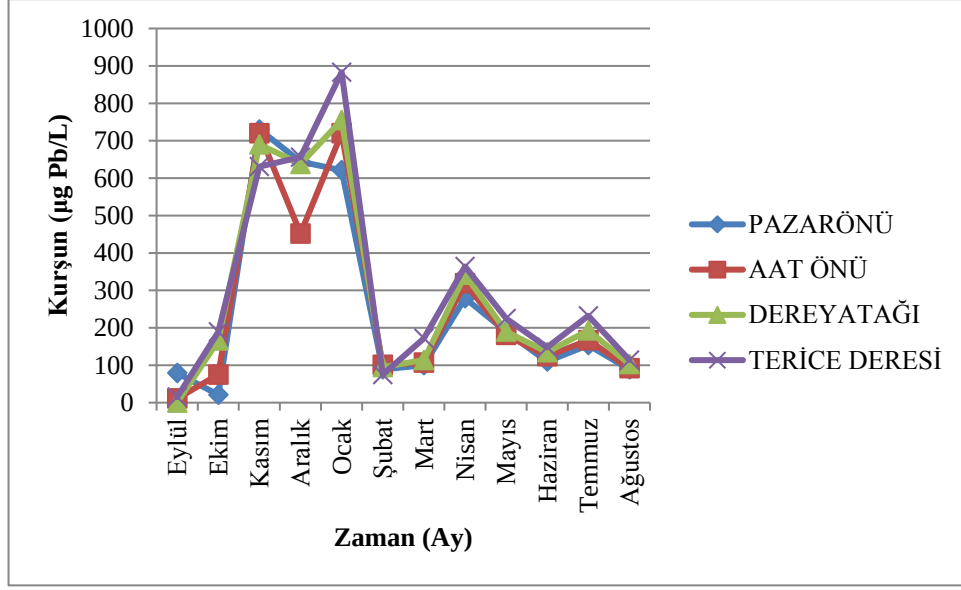
Nikel konsantrasyonu $<20 \mu\text{g Ni/L}$ ise I. sınıf, $20-50 \mu\text{g Ni/L}$ ise II. sınıf, $50-200 \mu\text{g Ni/L}$ ise III. sınıf ve $>200 \mu\text{g Ni/L}$ ise IV. sınıf olarak kabul edilmektedir. Nikel konsantrasyonu için sonbahar ve kış aylarında tüm istasyonlarda paralel bir artış gözlenmiş olup şubat, nisan ve mayıs aylarında gölde nikel kirliliğine rastlanmamıştır. En yüksek nikel konsantrasyonu ocak ayında Pazar Önü bölgesinde tespit edilmiş olup su kalite sınıfı IV. sınıf olarak değerlendirilmiştir. Ancak yaz aylarında Nikel konsantrasyonunda düşüş gözlenmiştir ve su kalite sınıflarının genel olarak II. Sınıf olarak belirlenmesine neden olmuştur. Bölgede endüstri ve sanayi tesisi olmadığından nikel içerikli bileşiklerin göle Yeşilırmak nehri vasıtası ile taşındığı düşünülmektedir.



Şekil 4.19. Numune alma istasyonlarının bir yıllık civa konsantrasyonu değişim grafiği

Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün ana kaynağı olan Yeşilırmak geçtiği hat boyunca topladığı kirliliği de göle ulaştırmaktadır. Ayvacık ilçesinin temel geçim kaynağının da tarım olduğu düşünüldüğünde civa konsantrasyonunun oldukça yüksek olması ve kalite kriteri olarak IV. sınıfta yer alması kaçınılmazdır. Göle taşınan kirletici yükün Yeşilırmak güzergahı boyunca atıksularını alıcı ortama veren endüstri tesislerinden, tarımsal faaliyetlerden, katı atık depolama sahalarının oluşturduğu sızıntı sularından, civa konsantrasyonu yüksek noktasal kaynaklı bir atıksu deşarjından meydana geldiği düşünülmektedir. Yöresel açıdan bakıldığında ise zirai ilaç ve suni gübre yapımında kullanılan civa, bölgedeki yağış ve sulama suları ile göle ulaşmakta ve civa kirliliğine neden olmaktadır. Bu da hem göl suyunun sulama amaçlı kullanılmasını uygun kılmamakta hem de zehirleyici etkisinden dolayı balık ölümlerine neden olabilmektedir.

Önemli toksisite özelliği gösteren kurşunun büyük kısmı ekolojik sisteme insan faaliyetleri neticesinde karışmaktadır. Kurşun konsantrasyonu $>50 \mu\text{g Pb/L}$ ise su kalite sınıflarına göre IV. sınıfta değerlendirilmektedir. Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün kurşun içeriğinin değişimi tüm istasyonlarda paralellik göstermiştir. Yalnızca eylül ve ekim aylarında kurşun içeriği diğer aylara göre daha düşük konsantrasyonlarda seyretmiştir. Ancak genel olarak bakıldığında tüm istasyonlar kurşun muhtevası bakımından IV. sınıf kalite kriterinde yer almaktadır. Örnekleme istasyonlarındaki kurşun muhtevasının bölgedeki tarımsal faaliyetlerden ve Yeşilırmak nehri boyunca göle ulaşan kirlilikten kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.20. Numune alma istasyonlarının bir yıllık kurşun konsantrasyonu değişim grafiği

Bu aşamada, Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün için bir yıllık süreçte aylık periyotlarla fiziko-kimyasal ve ağır metal parametreleri incelenmiş olup su kalitesinin CWQI modeli kullanılarak değerlendirilmesine yer verilmiştir. Fiziko-kimyasal ve ağır metal parametrelerinin değerlendirilmesinde Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği "Ek-5, Tablo-2 Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" baz alınmıştır. Su kalite indeksi modeli kullanılarak daha önce belirtilmiş olan analiz sonuçları bir araya getirilerek tek bir değer ile ifade edilmesi amaçlanmıştır.

Su kalitesi indeksi hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$CWQI = 100 - \left[\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right]$$

Eşitlikteki F_1 , F_2 ve F_3 değerleri faktör olarak adlandırılmakta olup F_1 kapsam, F_2 frekans ve F_3 genişlik olarak tanımlanır. Sonucunda elde edilen su kalitesi indeks modelinin sınıflandırılması koşullarında 100-95 aralığı mükemmel, 94-80 aralığı iyi, 79-65 aralığı orta, 64-45 aralığı zayıf ve 44-0 aralığı kötü olarak ifade edilmektedir.

Çizelge 4.33. 1 nolu istasyonun su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi

Su Kalitesi Parametreleri	1 NOLU İSTASYON - PAZAR ÖNÜ																	
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Standart Sapma	Ortalama	Maksimum	Minimum	Sınır Değer	Başarısız Deney Sayısı
İletkenlik- E.C (µs/cm)	1483	480	611	488	490	543	480	406	378	445	382	474	299.5	555	1483	378	<400	10
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	9.7	11.6	7.42	7.25	9.53	8.73	8.73	9.19	10.94	7.41	13.19	5.12	2.18	9.1	13.19	5.12	>8	4
Amonyum azotu, NH ₄ -N (mg/L)	0.06	1.18	0.933	0.42	0.56	0.224	0.168	1.904	0.14	1.68	1.4	3.08	0.92	1.0	3.08	0.06	<0.2	9
Nitrit, NO ₂ (mg/L)	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.005	0.003	0.005	0.001	0.0	0.005	0.00	<0.002	10
Nitrat, NO ₃ (mg/L)	0.006	0.003	0.007	0.023	0.026	0.023	0.022	0.012	0.016	0.057	0.015	0.042	0.016	0.0	0.057	0.00	<3	0
Toplam Kjeldahl Azotu, TKN (mg/L)	0.082	2.095	1.811	1.307	1.493	0.934	0.933	2.614	3.920	3.360	2.520	3.920	1.226	2.1	3.92	0.08	<0.5	11
Toplam Azot, TN (mg/L)	0.090	2.100	1.820	1.332	1.521	0.960	0.957	1.960	4.060	3.422	2.538	3.970	1.241	2.1	4.06	0.09	<3.5	2
Toplam Fosfor, TP (mg/L)	0.049	0.283	0.022	0.016	0.041	0.020	0.067	0.017	0.025	0.004	0.056	0.042	0.075	0.1	0.283	0.00	<0.08	1
Biyolojik Oksijen İhtiyacı, (mgO ₂ /L)	6	27.5	4	6	8.5	7	6.06	6	4.5	5	6	4	6.411	7.5	27.5	4	<4	12
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOİ (mgO ₂ /L)	70.4	86.4	19.2	96	25.6	19.2	25.6	32	16	64	64	128	36.58	53.9	128	16	<25	9
Bakır, Cu (µg/L)	103	76	62	111	134	133	130	86	135	92	87	98	24.81	103.9	135	62	≤20	12
Çinko, Zn (µg/L)	119	69	117	41	78	112	38	70	2	105	112	111	38.26	81.2	119	2	≤200	0
Kadmiyum, Cd (µg/L)	11	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	4.69	2.0	13	0	≤3	2
Nikel, Ni (µg/L)	37	82	87	112	216	0	193	0	0	42	46	49	71.47	72.0	216	0	≤20	9
Civa, Hg (µg/L)	4561	2158	0	0	0	638	0	0	2771	2946	2164	2932	1595	1514	4561	0	<0.1	7
Kurşun, Pb (µg/L)	79	21	730	644	621	89	100	279	190	110	154	89	254.3	258.8	730	21	≤10	12

Çizelge 4.34. 2 nolu istasyonun su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi

Su Kalitesi Parametreleri	2 NOLU İSTASYON - AAT ÖNÜ																	
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Standart Sapma	Ortalama	Maksimum	Minimum	Sınır Değer	Başarısız Deney Sayısı
İletkenlik-E.C (µs/cm)	2123	471	557	478	472	434	430	397	382	426	365	468	487.5	583.6	2123	365	<400	10
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	8.86	8.71	9.4	7.48	9.03	8.12	9.83	9.83	13.03	10.65	15.09	6.7	2.330	9.7	15.09	6.7	>8	2
Amonyum azotu, NH ₄ -N (mg/L)	0.42	0.13	0.186	0.336	0.224	0.392	0.28	0.28	0.28	2.24	1.68	3.36	1.040	0.8	3.36	0.13	<0.2	10
Nitrit, NO ₂ (mg/L)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.005	0.007	0.013	0.006	0.003	0.004	0.013	0.00	<0.002	10
Nitrat, NO ₃ (mg/L)	0.009	0.010	0.004	0.020	0.019	0.013	0.019	0.023	0.021	0.046	0.008	0.14	0.037	0.028	0.14	0.00	<3	0
Toplam Kjeldahl Azotu, TKN (mg/L)	0.69	0.56	0.499	0.934	0.56	2.053	2.053	1.941	2.8	2.52	2.24	3.36	0.99	1.68	3.36	0.499	<0.5	11
Toplam Azot, TN (mg/L)	0.70	0.57	0.504	0.956	0.581	2.068	2.075	1.967	2.826	2.57	2.261	3.51	1.02	1.72	3.51	0.504	<3.5	1
Toplam Fosfor, TP (mg/L)	0.047	0.018	0.007	0.026	0.034	0.033	0.037	0.053	0.043	0.036	0.007	0.04	0.015	0.032	0.053	0.007	<0.08	0
Biyolojik Oksijen İhtiyacı, (mgO ₂ /L)	7.5	5.5	6	9.5	9.5	6	8	4.5	5	4	4	6	1.94	6.29	9.5	4	<4	12
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOİ (mgO ₂ /L)	32	25.6	38.4	80	48	38.4	32	16	48	48	16	96	23.9	43.2	96	16	<25	10
Bakır, Cu (µg/L)	92	78	69	107	147	140	142	89	120	114	125	106	25.4	110.8	147	69	≤20	12
Çinko, Zn (µg/L)	65	59	113	50	58	125	51	79	4	92	68	65	31.4	69.1	125	4	≤200	0
Kadmiyum, Cd (µg/L)	0	2	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	5.7	1.8	20	0	≤3	1
Nikel, Ni (µg/L)	64	47	74	109	173	0	187	12	0	35	33	28	62.8	63.5	187	0	≤20	9
Civa, Hg (µg/L)	1912	4119	0	0	0	713	0	0	1653	1489	1725	1480	1242	1091	4119	0	<0.1	7
Kurşun, Pb (µg/L)	11	75	720	452	720	101	107	319	181	124	167	92	246.8	255.8	720	11	≤10	12

Çizelge 4.35. 3 nolu istasyonun su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi

Su Kalitesi Parametreleri	3 NOLU İSTASYON - SAHİL KÖYÜ																	
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Standart Sapma	Ortalama	Maksimum	Minimum	Sınır Değer	Başarısız Deney Sayısı
İletkenlik- E.C (µs/cm)	1490	480	570	489	523	387	368	364	356	406	368	465	312.9	522.2	1490	356	<400	7
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	9.56	8.44	8.1	8.11	9.19	9.45	10.2	10.28	13.68	14.07	14.67	6.75	2.57	10.2	14.67	6.75	>8	1
Amonyum azotu, NH ₄ -N (mg/L)	0.14	0.28	0.336	0.224	0.14	0.168	0.28	0.784	0.28	3.92	2.8	4.2	1.56	1.1	4.2	0.14	<0.2	9
Nitrit, NO ₂ (mg/L)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.01	0.047	0.005	0.013	0.0	0.047	0.001	<0.002	7
Nitrat, NO ₃ (mg/L)	0.002	0.005	0.006	0.039	0.048	0.011	0.026	0.007	0.017	0.012	0.004	0.24	0.07	0.0	0.24	0.002	<3	0
Toplam Kjeldahl Azotu, TKN (mg/L)	0.6	0.353	0.693	0.56	0.373	0.448	0.56	1.064	3.36	4.2	3.64	4.76	1.72	1.7	4.76	0.353	<0.5	9
Toplam Azot, TN (mg/L)	0.604	0.36	0.70	0.601	0.423	0.461	0.588	1.072	3.38	4.22	3.7	5.01	1.76	1.8	5.01	0.36	<3.5	3
Toplam Fosfor, TP (mg/L)	0.030	0.015	0.013	0.07	0.065	0.025	0.013	0.021	0.045	0.037	0.064	0.046	0.021	0.0	0.07	0.013	<0.08	0
Biyolojik Oksijen İhtiyacı, (mgO ₂ /L)	7	7	6	6	11	4.5	6.25	4.5	4.5	8.5	4.5	5.5	1.95	6.3	11	4.5	<4	12
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOİ (mgO ₂ /L)	64	32	32	32	16	19.2	38.4	12.8	48	80	32	32	19.46	36.5	80	12.8	<25	9
Bakır, Cu (µg/L)	101	85	63	126	162	146	151	95	95	82	89	91	31.32	107.2	162	63	≤20	12
Çinko, Zn (µg/L)	86	60	116	61	75	128	43	82	6	79	76	78	31.46	74.2	128	6	≤200	0
Kadmiyum, Cd (µg/L)	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	8.66	2.5	30	0	≤3	1
Nikel, Ni (µg/L)	28	54	111	150	185	0	173	0	0	39	37	37	68.57	67.8	185	0	≤20	9
Civa, Hg (µg/L)	1569	49	0	0	815	998	0	0	741	742	642	752	512	525.7	1569	0	<0.1	8
Kurşun, Pb (µg/L)	0	166	690	638	755	95	114	342	190	135	193	103	261	285.1	755	0	≤10	11

Çizelge 4.36. 4 nolu istasyonun su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi

Su Kalitesi Parametreleri	4 NOLU İSTASYON - TERİCE DERESİ																	
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Standart Sapma	Ortalama	Maksimum	Minimum	Sınır Değer	Başarısız Deney Sayısı
İletkenlik-E.C (µs/cm)	1562	498	589	441	470	516	488	399	374	408	420	470	323.2	552.9	1562	374	<400	10
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	4.66	13.72	10.69	8.29	8.76	8.22	9.74	9.74	7.79	7.16	4.21	5.1	2.7	8.2	13.72	4.21	>8	5
Amonyum azotu, NH ₄ -N (mg/L)	0.04	0.33	0.13	0.168	0.224	0.28	0.112	0.56	0.42	3.36	2.24	2.24	1.1	0.842	3.36	0.04	<0.2	8
Nitrit, NO ₂ (mg/L)	0.0017	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.008	0.002	0.006	0.002	0.003	0.008	0.001	<0.002	4
Nitrat, NO ₃ (mg/L)	0.004	0.01	0.005	0.027	0.032	0.011	0.017	0.017	0.011	0.046	0.085	0.027	0.023	0.024	0.085	0.004	<3	0
Toplam Kjeldahl Azotu, TKN (mg/L)	0.24	0.67	0.245	0.747	0.56	0.746	0.933	1.026	3.92	4.2	2.8	2.52	1.4	1.551	4.2	0.24	<0.5	10
Toplam Azot, TN (mg/L)	0.25	0.68	0.252	0.776	0.594	0.758	0.951	1.044	3.933	4.254	2.89	2.553	1.4	1.578	4.254	0.25	<3.5	2
Toplam Fosfor, TP (mg/L)	0.051	0.007	0.015	0.033	0.004	0.027	0.007	0.044	0.033	0.005	0.044	0.073	0.022	0.029	0.073	0.004	<0.08	0
Biyolojik Oksijen İhtiyacı, (mgO ₂ /L)	10	10	5.5	5.5	10.5	5	9.5	8	6	7	5.5	5	2.2	7.3	10.5	5	<4	12
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOİ (mgO ₂ /L)	25.6	38.4	160	48	32	32	64	32	32	32	48	16	37.8	46.7	160	16	<25	11
Bakır, Cu (µg/L)	84	92	69	127	161	154	156	97	87	97	93	104	31.4	110.1	161	69	≤20	12
Çinko, Zn (µg/L)	72	78	148	45	70	147	42	90	10	84	82	81	39.3	79.1	148	10	≤200	0
Kadmiyum, Cd (µg/L)	5	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	12.9	4.2	45	0	≤3	2
Nikel, Ni (µg/L)	14	14	127	161	177	0	64	0	0	17	11	22	66.1	50.6	177	0	≤20	5
Civa, Hg (µg/L)	1765	1422	0	0	0	891	0	0	1900	1562	937	1649	799.6	843.8	1900	0	<0.1	7
Kurşun, Pb (µg/L)	15	189	631	656	883	75	172	364	225	148	232	114	271	308.7	883	15	≤10	12

Çizelge 4.37. Tüm istasyonların su kalitesi parametrelerinin temel istatistiksel değerlendirmesi

Su Kalitesi Parametreleri	1 nolu istasyon				2 nolu istasyon				3 nolu istasyon				4 nolu istasyon				Sınır Değerler
	En Düşük	En yüksek	Ortalama	Standart Sapma	En Düşük	En yüksek	Ortalama	Standart Sapma	En Düşük	En yüksek	Ortalama	Standart Sapma	En Düşük	En yüksek	Ortalama	Standart Sapma	
pH	7.0	9.2	7.8	0.8	7.2	9.2	8.2	0.6	7.3	9.2	8.3	0.5	6.9	9.0	8.1	0.7	6<pH<9
İletkenlik-E.C (µs/cm)	378	1483	555	299.5	365	2123	583.6	487.5	356	1490	522.2	312.9	374	1562	552.9	323.2	<400
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	5.1	13.2	9.1	2.2	6.7	15.1	9.7	2.3	6.8	14.7	10.2	2.6	4.2	13.7	8.2	2.7	>8
Amonyum azotu, NH ₄ -N (mg/L)	0.1	3.1	1.0	0.9	0.1	3.4	0.8	1.0	0.1	4.2	1.1	1.6	0.0	3.4	0.8	1.1	<0.2
Nitrit, NO ₂ (mg/L)	0.002	0.005	0.003	0.001	0.002	0.013	0.004	0.003	0.001	0.047	0.007	0.013	0.001	0.008	0.003	0.002	<0.002
Nitrat, NO ₃ (mg/L)	0.003	0.057	0.021	0.016	0.004	0.140	0.028	0.037	0.002	0.240	0.035	0.066	0.004	0.085	0.024	0.023	<3
Toplam Kjeldahl Azotu, TKN (mg/L)	0.082	3.92	2.082	1.226	0.499	3.36	1.684	0.995	0.353	4.76	1.718	1.719	0.24	4.2	1.551	1.423	<0.5
Toplam Azot, TN (mg/L)	0.09	4.06	2.061	1.241	0.504	3.51	1.716	1.021	0.36	5.01	1.760	1.760	0.25	4.254	1.578	1.436	<3.5
Toplam Fosfor, TP (mg/L)	0.004	0.283	0.054	0.075	0.007	0.053	0.032	0.015	0.013	0.07	0.037	0.021	0.004	0.073	0.029	0.022	<0.08
Biyolojik Oksijen İhtiyacı, (mgO ₂ /L)	4	27.5	7.547	6.411	4	9.5	6.292	1.936	4.5	11	6.271	1.947	5	10.5	7.292	2.179	<4
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOİ (mgO ₂ /L)	16	128	53.867	36.583	16	96	43.2	23.927	12.8	80	36.533	19.463	16	160	46.667	37.751	<25
Bakır, Cu (µg/L)	62	135	103.9	24.8	69	147	110.8	25.446	63	162	107.2	31.322	69	161	110.1	31.356	≤20
Çinko, Zn (µg/L)	2	119	81.2	38.3	4	125	69.083	31.43	6	128	74.167	31.455	10	148	79.083	39.267	≤200
Kadmium, Cd (µg/L)	0	13	2	4.69	0	20	1.83	5.75	0	30	2.5	8.66	0	45	4.17	12.94	≤3
Nikel, Ni (µg/L)	0	216	72	71.47	0	187	63.5	62.8	0	185	67.8	68.6	0	177	50.6	66.1	≤20
Civa, Hg (µg/L)	0	4561	1514.2	1595.2	0	4119	1090.9	1241.9	0	1569	525.7	512.2	0	1900	843.8	799.6	<0.1
Kurşun, Pb (µg/L)	21	730	258.8	254.3	11	720	255.8	246.8	0	755	285.1	260.5	15	883	308.7	271.0	≤10

Çizelge 4.38. Hesaplanan faktör ve WQI değerlerine karşılık gelen WQI sınıfı

İstasyonlar	F ₁	F ₂	F ₃	WQI	Su Kalitesi Sınıfı
1 nolu istasyon	87	57	99	17	Kötü
2 nolu istasyon	81	55	99	20	Kötü
3 nolu istasyon	81	51	98	21	Kötü
4 nolu istasyon	81	52	99	21	Kötü

Kanada su kalitesi indeks modelinin sınıflandırılması koşullarında 100-95 aralığı mükemmel, 94-80 aralığı iyi, 79-65 aralığı orta, 64-45 aralığı zayıf ve 44-0 aralığı kötü olarak ifade edilmektedir.

Suat Uğurlu Baraj Gölü' nü temsil eden dört farklı numune alma istasyonundan alınan örneklerin su kalite indeksine göre değerlendirilmesi sonucunda modelin, çalışma alanı olan Suat Uğurlu Baraj Gölü' ne uygulanabilirliği başarılı sonuç vermiştir. Değerlendirilen parametrelerin standart değerlerin üzerinde olması nedeniyle su kalite sınıfı “kötü” kategorisine dahil olmuş ve göle giriş yapan kirletici yüklerin kaynağında tespit edilerek engellenmesi zorunluluğunu ortaya koymuştur.

Suat Uğurlu Baraj Gölü' ndeki dört farklı numune alma istasyonundan alınan örneklerin Toplam P, Toplam N, Klorofil-a, Seki Derinliği ve Çözünmüş Oksijen değerleri için analizler gerçekleştirilerek Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği' nin EK-6 Yerüstü Su Kütlelerinin Trofik Seviyeleri, Tablo 9: Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri' ne göre değerlendirmeler yapılmıştır.

Çizelge 4.39. Suat Uğurlu Baraj Gölü eylül ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi

Parametre (Eylül)	Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri				Pazar Önü (I)	Sınıf	AAT Önü (II)	Sınıf	Sahil Köyü Dere yatağı (III)	Sınıf	Terice Deresi (IV)	Sınıf
	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik								
Toplam P (µg/L)	≤10	10>TP≥50	50>TP≥100	>100	49	Mezo- trofik	47	Mezo- trofik	30	Mezo- trofik	51	Ötrofik
Toplam N (µg/L)	≤350	350>TN≥1000	1000>TN≥1500	>1500	90	Oligo- trofik	700	Mezo- trofik	604	Mezo- trofik	250	Oligo- trofik
Klorofil-a (µg/L)	<3,5	3,5-15	15-25,0	>25,0	12	Mezo- trofik	7	Mezo- trofik	14	Mezo- trofik	10	Mezo- trofik
Seki Disk Derinliği (m)	>4	4-1,5	1,5-1	<1	1,35	Ötrofik	1,20	Ötrofik	1,50	Ötrofik	---	---
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 7	7-4	4-3	<3	9,7	Oligo- trofik	8,86	Oligo- trofik	9,56	Oligo- trofik	4,66	Mezo- trofik

Yönetmeliğin Ek-6’ında belirtildiği üzere; trofik seviye durumu oligotrofik seviyeden hipertrofik seviyeye doğru yükselir. Trofik seviyeyi belirlemede yalnızca seki diski derinliği belirleyici değildir. Belirtilen parametrelerin tamamının farklı trofik seviyeyi gösterdiği durumlarda belirleyici klorofil-a’ dır. Tespit edilen trofik seviyelerden en az ikisinin aynı olması durumunda, belirlenen bu trofik seviye geçerli olur. Ancak; klorofil-a seviyesinin, diğer sonucu aynı çıkan parametrelerden daha yüksek olması halinde belirleyici yine klorofil-a’ dır. Dört parametreye bakılarak iki farklı trofik seviyenin saptanması halinde yani ikişer parametre için de aynı trofik seviye bulunması durumunda geçerli olan trofik seviye en yüksek olanıdır.

Terice Deresi olarak adlandırılan 4 nolu istasyondan alınan numuneler diğer istasyonlarda olduğu gibi tekne ile açılarak değil, kara ulaşımı ile derenin kenarından alınmıştır. Bu nedenle 4 nolu numune alma istasyonuna ait seki diski derinliği ölçümleri mevcut değildir.

Gerçekleştirilen analizlerin sonuçlarına bakıldığında eylül ayında Suat Uğurlu Baraj Gölü’ nün Pazar Önü, AAT Önü, Sahil Köyü- Dereyatağı ve Terice Deresi olarak adlandırılan tüm bölgelerinde göl trofik seviyesinin mezotrofik olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.40. Suat Uğurlu Baraj Gölü ekim ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi

Parametre (Ekim)	Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri				Pazar Önü (I)	Sınıf	AAT Önü (II)	Sınıf	Sahil Köyü Dere yatağı (III)	Sınıf	Terice Deresi (IV)	Sınıf
	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik								
Toplam P (µg/L)	≤10	10>TP≥50	50>TP≥100	>100	283	Hipertrofik	18	Mezotrofik	15	Mezotrofik	7	Oligotrofik
Toplam N (µg/L)	≤350	350>TN≥1000	1000>TN≥1500	>1500	2100	Hipertrofik	570	Mezotrofik	360	Mezotrofik	680	Mezotrofik
Klorofil a (µg/L)	<3,5	3,5-15	15-25,0	>25,0	50	Hipertrofik	8	Mezotrofik	20	Ötrofik	15	Ötrofik
Seki Disk Derinliği (m)	>4	4-1,5	1,5-1	<1	1,50	Ötrofik	1,25	Ötrofik	1,40	Ötrofik	---	---
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	> 7	7-4	4-3	<3	11,6	Oligotrofik	8,71	Oligotrofik	8,44	Oligotrofik	13,72	Oligotrofik

Ekim ayında Suat Uğurlu Baraj Gölü’ nün Pazar Önü bölgesinin hipertrofik, AAT Önü bölgesinin mezotrofik, Sahil Köyü-Dereyatağı ve Terice Deresi olarak adlandırılan bölgelerinin ise göl trofik seviyelerinin ötrofik olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.41. Suat Uğurlu Baraj Gölü kasım ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi

Parametre (Kasım)	Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri				Pazar Önü (I)	Sınıf	AAT Önü (II)	Sınıf	Sahil Köyü Dere yatağı (III)	Sınıf	Terice Deresi (IV)	Sınıf
	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik								
Toplam P (µg/L)	≤10	10>TP≥50	50>TP≥100	>100	22	Mezo- trofik	7	Oligo- trofik	13	Mezo- trofik	15	Mezo- trofik
Toplam N (µg/L)	≤350	350>TN≥1000	1000>TN≥1500	>1500	1820	Hiper- trofik	504	Mezo- trofik	700	Mezo- trofik	252	Oligo- trofik
Klorofil a (µg/L)	<3,5	3,5-15	15-25,0	>25,0	240	Hiper- trofik	170	Hipe- rtrofik	80	Hiper- trofik	180	Hiper- trofik
Seki Disk Derinliği (m)	>4	4-1,5	1,5-1	<1	1,10	Ötrofik	1,10	Ötrofik	1,50	Ötrofik	---	---
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 7	7-4	4-3	<3	7,42	Oligo- trofik	9,40	Oligo- trofik	8,10	Oligo- trofik	10,69	Oligo- trofik

Kasım ayında Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün Pazar Önü, AAT Önü, Sahil Köyü-Dereyatağı ve Terice Deresi olarak adlandırılan tüm bölgelerinde göl trofik seviyesinin hipertrofik olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.42. Suat Uğurlu Baraj Gölü aralık ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi

Parametre (Aralık)	Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri				Pazar Önü (I)	Sınıf	AAT Önü (II)	Sınıf	Sahil Köyü Dere yatağı (III)	Sınıf	Terice Deresi (IV)	Sınıf
	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik								
Toplam P (µg/L)	≤10	10>TP≥50	50>TP≥100	>100	16	Mezo- trofik	26	Mezo- trofik	70	Ötrofik	33	Mezo- trofik
Toplam N (µg/L)	≤350	350>TN≥1000	1000>TN≥1500	>1500	1332	Ötrofik	956	Mezo- trofik	601	Mezo- trofik	776	Mezo- trofik
Klorofil a (µg/L)	<3,5	3,5-15	15-25,0	>25,0	260	Hiper- trofik	210	Hiper- trofik	220	Hiper- trofik	210	Hiper- trofik
Seki Disk Derinliği (m)	>4	4-1,5	1,5-1	<1	1,35	Ötrofik	1,60	Mezo- trofik	1,60	Mezo- trofik	---	---
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 7	7-4	4-3	<3	7,25	Oligo- trofik	7,48	Oligo- trofik	8,11	Oligo- trofik	8,29	Oligo- trofik

Aralık ayında Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün Pazar Önü, AAT Önü, Sahil Köyü-Dereyatağı ve Terice Deresi olarak adlandırılan tüm bölgelerinde göl trofik seviyesinin hipertrofik olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.43. Suat Uğurlu Baraj Gölü ocak ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi

Parametre (Ocak)	Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri				Pazar Önü (I)	Sınıf	AAT Önü (II)	Sınıf	Sahil Köyü Dere yatağı (III)	Sınıf	Terice Deresi (IV)	Sınıf
	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik								
Toplam P (µg/L)	≤10	10>TP≥50	50>TP≥100	>100	41	Mezo-trofik	34	Mezo-trofik	65	Ötrofik	4	Oligo-trofik
Toplam N (µg/L)	≤350	350>TN≥1000	1000>TN≥1500	>1500	1521	Hiper-trofik	581	Mezo-trofik	423	Mezo-trofik	594	Mezo-trofik
Klorofil a (µg/L)	<3,5	3,5-15	15-25,0	>25,0	210	Hiper-trofik	200	Hiper-trofik	190	Hiper-trofik	200	Hiper-trofik
Seki Disk Derinliği (m)	>4	4-1,5	1,5-1	<1	1,10	Ötrofik	1,35	Ötrofik	1,35	Ötrofik	---	---
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 7	7-4	4-3	<3	9,53	Oligo-trofik	9,03	Oligo-trofik	9,19	Oligo-trofik	8,76	Oligo-trofik

Ocak ayında Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün Pazar Önü, AAT Önü, Sahil Köyü-Dereyatağı ve Terice Deresi olarak adlandırılan tüm bölgelerinde göl trofik seviyesinin hipertrofik olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.44. Suat Uğurlu Baraj Gölü şubat ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi

Parametre (Şubat)	Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri				Pazar Önü (I)	Sınıf	AAT Önü (II)	Sınıf	Sahil Köyü Dere yatağı (III)	Sınıf	Terice Deresi (IV)	Sınıf
	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik								
Toplam P (µg/L)	≤10	10>TP≥50	50>TP≥100	>100	20	Mezo-trofik	33	Mezo-trofik	25	Mezo-trofik	27	Mezo-trofik
Toplam N (µg/L)	≤350	350>TN≥1000	1000>TN≥1500	>1500	960	Mezo-trofik	2068	Hiper-trofik	461	Mezo-trofik	758	Mezo-trofik
Klorofil a (µg/L)	<3,5	3,5-15	15-25,0	>25,0	10	Mezo-trofik	16	Ötrofik	3	Oligo-trofik	5	Mezo-trofik
Seki Disk Derinliği (m)	>4	4-1,5	1,5-1	<1	1,50	Ötrofik	0,80	Ötrofik	0,95	Ötrofik	---	---
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 7	7-4	4-3	<3	8,73	Oligo-trofik	8,12	Oligo-trofik	9,45	Oligo-trofik	8,22	Oligo-trofik

Şubat ayında Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün Pazar Önü, Sahil Köyü-Dereyatağı ve Terice Deresi bölgelerinin mezotrofik, AAT Önü bölgesinin ise göl trofik seviyesinin ötrofik olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.45. Suat Uğurlu Baraj Gölü mart ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi

Parametre (Mart)	Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri				Pazar Önü (I)	Sınıf	AAT Önü (II)	Sınıf	Sahil Köyü Dere yatağı (III)	Sınıf	Terice Deresi (IV)	Sınıf
	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik								
Toplam P (µg/L)	≤10	10>TP≥50	50>TP≥100	>100	67	Ötrofik	37	Mezo-trofik	13	Mezo-trofik	7	Oligo-trofik
Toplam N (µg/L)	≤350	350>TN≥1000	1000>TN≥1500	>1500	957	Mezo-trofik	2075	Hiper-trofik	588	Mezo-trofik	951	Mezo-trofik
Klorofil a (µg/L)	<3,5	3,5-15	15-25,0	>25,0	5	Mezo-trofik	4	Mezo-trofik	7	Mezo-trofik	4	Mezo-trofik
Seki Disk Derinliği (m)	>4	4-1,5	1,5-1	<1	1,50	Ötrofik	0,90	Ötrofik	1,10	Ötrofik	---	---
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 7	7-4	4-3	<3	8,73	Oligo-trofik	9,83	Oligo-trofik	10,2	Oligo-trofik	9,74	Oligo-trofik

Mart ayında Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün Pazar Önü olarak adlandırılan bölgesinde göl trofik seviyesinin ötrofik, AAT Önü, Sahil Köyü- Dereyatağı ve Terice Deresi bölgelerinde ise mezotrofik olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.46. Suat Uğurlu Baraj Gölü nisan ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi

Parametre (Nisan)	Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri				Pazar Önü (I)	Sınıf	AAT Önü (II)	Sınıf	Sahil Köyü Dere yatağı (III)	Sınıf	Terice Deresi (IV)	Sınıf
	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik								
Toplam P (µg/L)	≤10	10>TP≥50	50>TP≥100	>100	17	Mezo-trofik	53	Ötrofik	21	Mezo-trofik	44	Mezo-trofik
Toplam N (µg/L)	≤350	350>TN≥1000	1000>TN≥1500	>1500	1960	Hiper-trofik	1967	Hiper-trofik	1072	Ötrofik	1044	Ötrofik
Klorofil a (µg/L)	<3,5	3,5-15	15-25,0	>25,0	233	Hiper-trofik	234	Hiper-trofik	23	Ötrofik	24	Ötrofik
Seki Disk Derinliği (m)	>4	4-1,5	1,5-1	<1	1,30	Ötrofik	0,90	Hiper-trofik	1,00	Ötrofik	---	---
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 7	7-4	4-3	<3	9,19	Oligo-trofik	9,83	Oligo-trofik	10,28	Oligo-trofik	9,74	Oligo-trofik

Nisan ayında Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün Pazar Önü, ve AAT Önü bölgelerinin göl trofik seviyesinin hipertrofik, Sahil Köyü-Dereyatağı ve Terice Deresi bölgelerinin ise ötrofik olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.47. Suat Uğurlu Baraj Gölü mayıs ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi

Parametre (Mayıs)	Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri				Pazar Önü (I)	Sınıf	AAT Önü (II)	Sınıf	Sahil Köyü Dere yatağı (III)	Sınıf	Terice Deresi (IV)	Sınıf
	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik								
Toplam P (µg/L)	≤10	10>TP≥50	50>TP≥100	>100	25	Mezo-trofik	43	Mezo-trofik	45	Mezo-trofik	33	Mezo-trofik
Toplam N (µg/L)	≤350	350>TN≥1000	1000>TN≥1500	>1500	406	Mezo-trofik	2826	Hiper-trofik	338	Mezo-trofik	3933	Hiper-trofik
Klorofil a (µg/L)	<3,5	3,5-15	15-25,0	>25,0	44	Hiper-trofik	10	Mezo-trofik	15,3	Ötrofik	21	Ötrofik
Seki Disk Derinliği (m)	>4	4-1,5	1,5-1	<1	1,20	Ötrofik	0,80	Ötrofik	0,90	Ötrofik	---	---
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 7	7-4	4-3	<3	10,94	Oligo-trofik	13,03	Oligo-trofik	13,68	Oligo-trofik	7,79	Oligo-trofik

Mayıs ayında Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün Pazar Önü bölgesinin göl trofik seviyesinin hipertrofik, AAT Önü bölgesinin, mezotrofik, Sahil Köyü-Dereyatağı ve Terice Deresi bölgelerinin ise ötrofik olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.48. Suat Uğurlu Baraj Gölü haziran ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi

Parametre (Haziran)	Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri				Pazar Önü (I)	Sınıf	AAT Önü (II)	Sınıf	Sahil Köyü Dere yatağı (III)	Sınıf	Terice Deresi (IV)	Sınıf
	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik								
Toplam P (µg/L)	≤10	10>TP≥50	50>TP≥100	>100	4,2	Oligo-trofik	36	Mezo-trofik	37	Mezo-trofik	5,2	Oligo-trofik
Toplam N (µg/L)	≤350	350>TN≥1000	1000>TN≥1500	>1500	3422	Hiper-trofik	2570	Hiper-trofik	4220	Hiper-trofik	4254	Hiper-trofik
Klorofil a (µg/L)	<3,5	3,5-15	15-25,0	>25,0	7	Mezo-trofik	4	Mezo-trofik	3	Oligo-trofik	12	Mezo-trofik
Seki Disk Derinliği (m)	>4	4-1,5	1,5-1	<1	1,00	Ötrofik	0,80	Hiper-trofik	0,70	Hiper-trofik	---	---
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 7	7-4	4-3	<3	7,41	Oligo-trofik	10,65	Oligo-trofik	14,07	Oligo-trofik	7,16	Oligo-trofik

Haziran ayında Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün Pazar Önü ve Terice Deresi bölgelerinin göl trofik seviyesinin mezotrofik, AAT Önü ile Sahil Köyü-Dereyatağı bölgelerinin ise hipertrofik olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.49. Suat Uğurlu Baraj Gölü temmuz ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi

Parametre (Temmuz)	Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri				Pazar Önü (I)	Sınıf	AAT Önü (II)	Sınıf	Sahil Köyü Dere yatağı (III)	Sınıf	Terice Deresi (IV)	Sınıf
	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik								
Toplam P (µg/L)	≤10	10>TP≥50	50>TP≥100	>100	56,4	Ötrofik	7,3	Oligo-trofik	63,8	Ötrofik	44	Mezo-trofik
Toplam N (µg/L)	≤350	350>TN≥1000	1000>TN≥1500	>1500	2538	Hiper-trofik	2261	Hiper-trofik	3700	Hiper-trofik	2890	Hiper-trofik
Klorofil a (µg/L)	<3,5	3,5-15	15-25,0	>25,0	26	Hiper-trofik	8	Mezo-trofik	23	Ötrofik	17	Ötrofik
Seki Disk Derinliği (m)	>4	4-1,5	1,5-1	<1	0,50	Hiper-trofik	0,60	Hiper-trofik	0,80	Hiper-trofik	---	---
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 7	7-4	4-3	<3	13,19	Oligo-trofik	15,09	Oligo-trofik	14,67	Oligo-trofik	4,21	Oligo-trofik

Temmuz ayında Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün Pazar Önü, AAT Önü ve Sahil Köyü-Dereyatağı bölgelerinin göl trofik seviyelerinin hipertrofik, Terice Deresi bölgesinin ise ötrofik olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.50. Suat Uğurlu Baraj Gölü ağustos ayı trofik seviyelerinin değerlendirmesi

Parametre (Ağustos)	Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri				Pazar Önü (I)	Sınıf	AAT Önü (II)	Sınıf	Sahil Köyü Dere yatağı (III)	Sınıf	Terice Deresi (IV)	Sınıf
	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik								
Toplam P (µg/L)	≤10	10>TP≥50	50>TP≥100	>100	42	Mezo-trofik	43	Mezo-trofik	46	Mezo-trofik	73	Ötrofik
Toplam N (µg/L)	≤350	350>TN≥1000	1000>TN≥1500	>1500	3970	Hiper-trofik	3510	Hiper-trofik	5010	Hiper-trofik	2553	Hiper-trofik
Klorofil a (µg/L)	<3,5	3,5-15	15-25,0	>25,0	4	Mezo-trofik	6	Mezo-trofik	13	Mezo-trofik	10	Mezo-trofik
Seki Disk Derinliği (m)	>4	4-1,5	1,5-1	<1	1,10	Ötrofik	1,30	Ötrofik	1,50	Ötrofik	---	---
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 7	7-4	4-3	<3	5,12	Mezo-trofik	6,70	Mezo-trofik	6,75	Mezo-trofik	5,10	Mezo-trofik

Aylık periyotlarla bir yıl boyunca alınan numunelerin analizleri sonucunda son numune alma zamanı olan ağustos ayında gerçekleştirilen çalışmada Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün Pazar Önü, AAT Önü, Sahil Köyü- Dereyatağı ve Terice Deresi olarak adlandırılan tüm bölgelerinde göl trofik seviyesinin mezotrofik olduğu görülmektedir.

Değerlendirmelerde görüldüğü üzere aylara ve numune alma noktalarına göre Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün trofik seviyesi ciddi derecede yüksek olup ötrofik seviyeyi de aşmış ve hipertrofik seviyeye ulaşmış durumdadır.

Trofik seviye belirlenirken yönetmeliğin ekinde de belirtildiği üzere parametrelerin her birinin farklı trofik seviyede çıkması ve klorofil-a' nın trofik seviyesinin, değerlendirmesi aynı çıkan parametrelerden daha yüksek olması durumlarında belirleyici parametre klorofil-a' dır. Bakıldığında 1 nolu istasyon olan Pazar Önü bölgesinin trofik seviyesi eylül, aralık, mayıs ve haziran aylarında oligotrofik ve mezotrofik seviyelerde olabileceken, belirleyici olan klorofil-a nedeniyle trofik seviye yükselmiştir. Aynı durum kasım, aralık ve ocak ayları için AAT Önü bölgesinde, yine kasım, aralık ve ocak ayları için Sahilköyü-Dereyatağı bölgesinde ve ekim, kasım, aralık, ocak ayları için Terice Deresi bölgesinde de geçerlidir.

Klorofil-a, fitoplankton biyokütlesini temsil ederek alglerin fotosentez hızı ve miktarının bir ölçütüdür. Aynı zamanda besin seviyesinin de bir göstergesidir. Çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün besin seviyesinin ciddi derecede yüksek olduğu anlaşılmakta ve göl trofik seviyesinin sağlıklı bir yapıya kavuşabilmesi için besin maddesi yükünün azaltılması gerekmektedir.

Suat Uğurlu Baraj Gölü' ndeki trofik durumun değerlendirilmesi için ilave olarak Trofik Durum İndeksi (Carlson Trophic State Index; TSI) metodu kullanılmıştır. Bunun için Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-6 Tablo 9: Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri'nde de verilen seki diski derinliği, toplam azot, toplam fosfor ve klorofil-a parametreleri değerlendirilmektedir. Parametrelerin TSI değerlerini belirtmek için hesaplanan parametrenin adı parantez içinde belirtilmektedir. Hesaplamalarda seki diski derinliği metre, toplam fosfor ve klorofil-a değerleri µg/L ve toplam azot değeri mg/L cinsinden kullanılmaktadır.

TSI değerleri parametre bazında;

$$TSI(SD) = 60 - 14.41 * \ln(SD)$$

$$TSI(CHL) = 9.81 * \ln(CHLa) + 30.6$$

$$TSI(TP) = 14.41 * \ln(TP) + 4.15$$

$$TSI(TN) = 54.45 + 14.43 * \ln(TN) \text{ eşitlikleri ile hesaplanır.}$$

Çizelge 4.51. Suat Uğurlu Baraj Gölü’ nün trofik durum indeksi belirleyici temel istatistiksel parametre değerleri

Mevsim	İstatistik Parametresi	TP	TN	Chl-a	Seki Diski
Sonbahar	Ortalama	46.4	719.2	67.2	1.3
	Minimum	7	90	7	1.1
	Maksimum	283	2100	240	1.5
	Std. Sapma	63.2	461.2	36.2	0.1
Kış	Ortalama	32.8	919.3	144.5	1.3
	Minimum	4	423	3	0.8
	Maksimum	70	2068	260	1.6
	Std. Sapma	8.3	319.4	10	0.1
İlkbahar	Ortalama	33.8	1509.8	52	1.1
	Minimum	7	338	4	0.8
	Maksimum	67	3933	3933	1.5
	Std. Sapma	7.7	602.9	67.7	0.05
Yaz	Ortalama	38.2	3408.2	11.1	0.9
	Minimum	4.2	2261	3	0.5
	Maksimum	73	5010	26	1.5
	Std. Sapma	9	116.1	4.8	0.1

Çizelge 4.52. Suat Uğurlu Baraj Gölü’ nün 4 farklı numune alma istasyonu ile temsil edilen aylık ortalama trofik durum belirleyici değerleri

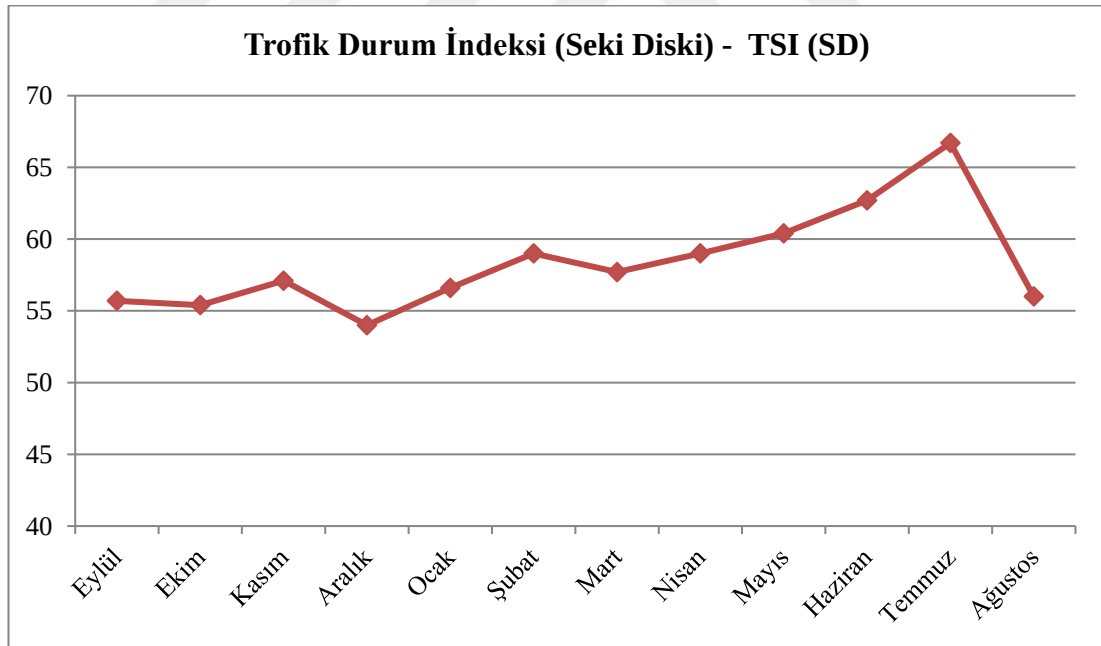
Parametreler	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
Toplam P (µg/L)	44.25	80.75	14.25	36.25	36	26.25	31	33.75	36.5	20.6	42.88	51
Toplam N (µg/L)	411	927.5	819	916.3	779.8	1062	1143	1511	1876	3617	2847	3761
Klorofil-a (µg/L)	10.75	23.25	167.5	225	200	8.5	5	128.5	22.58	6.5	18.5	8.25
Seki Disk Derinliği (m)	1.35	1.383	1.233	1.517	1.267	1.083	1.167	1.067	0.967	0.833	0.633	1.3

Göl ortamı için trofik durum analiz (TSI) sonuçları <40 ise oligotrofik, 40-50 arasında ise mezotrofik, 50-70 arasında ise ötrofik ve >70 ise hipertrofik olarak değerlendirilir.

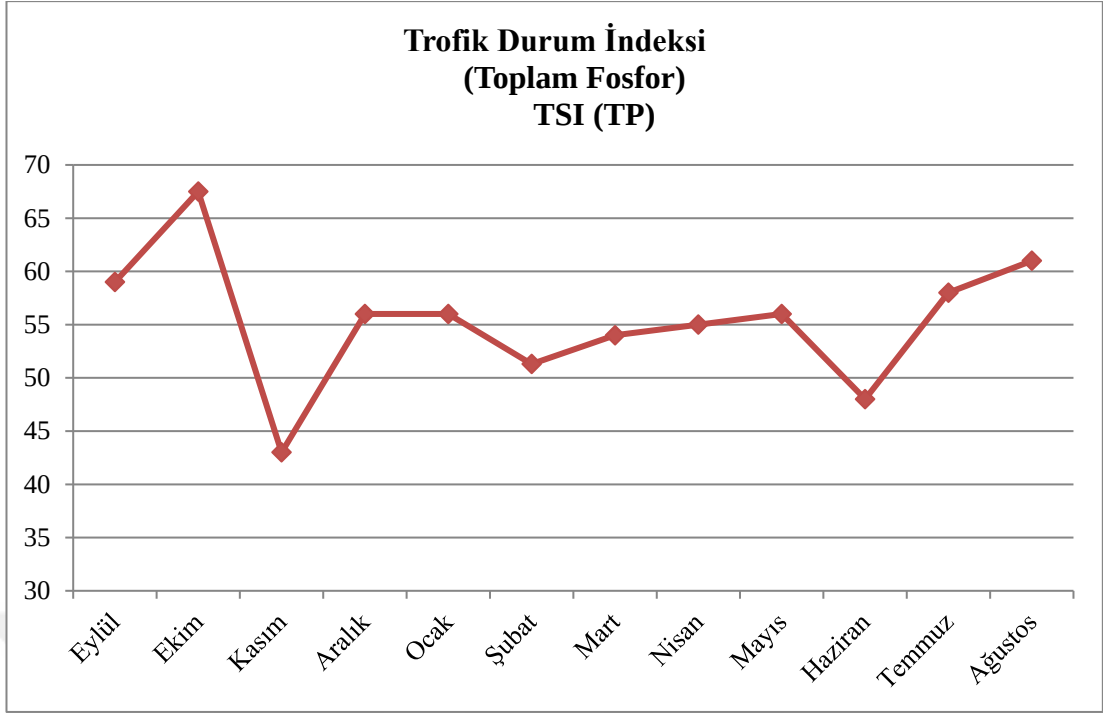
Çizelge 4.53’te de görüldüğü üzere göl ortamı yıl boyunca genellikle ötrofik ve hipertrofik durum sergilemiştir. Trofik durumu belirten grafikler aşağıda mevcuttur.

Çizelge 4.53. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylara göre hesaplanmış trofik durum analizi

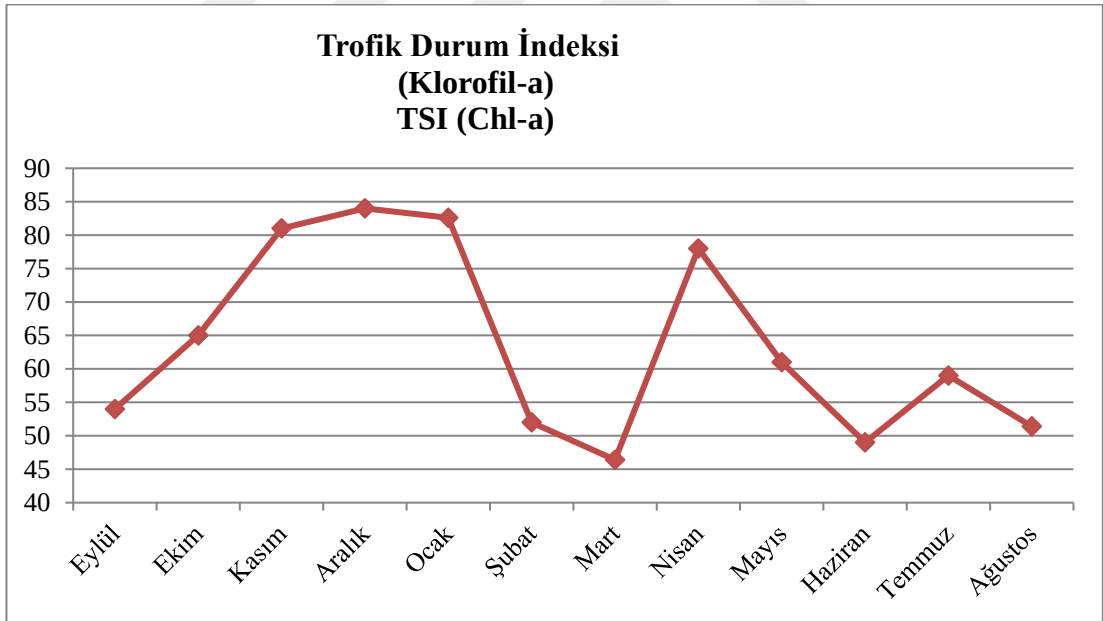
AYLAR	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
Trofik Durum İndeksi (Seki Diski) TSI (SD)	55.7	55.4	57.1	54	56.6	59	57.7	59	60.4	62.7	66.7	56
Trofik Durum İndeksi (Toplam Fosfor) TSI (TP)	59	67.5	43	56	56	51.3	54	55	56	48	58	61
Trofik Durum İndeksi (Klorofil-a) TSI (Chl-a)	54	65	81	84	82.6	52	46.4	78	61	49	59	51.4
Trofik Durum İndeksi (Toplam Azot) TSI (TN)	42	53	52	53	51	55.3	56.3	60.4	64	73	70	74



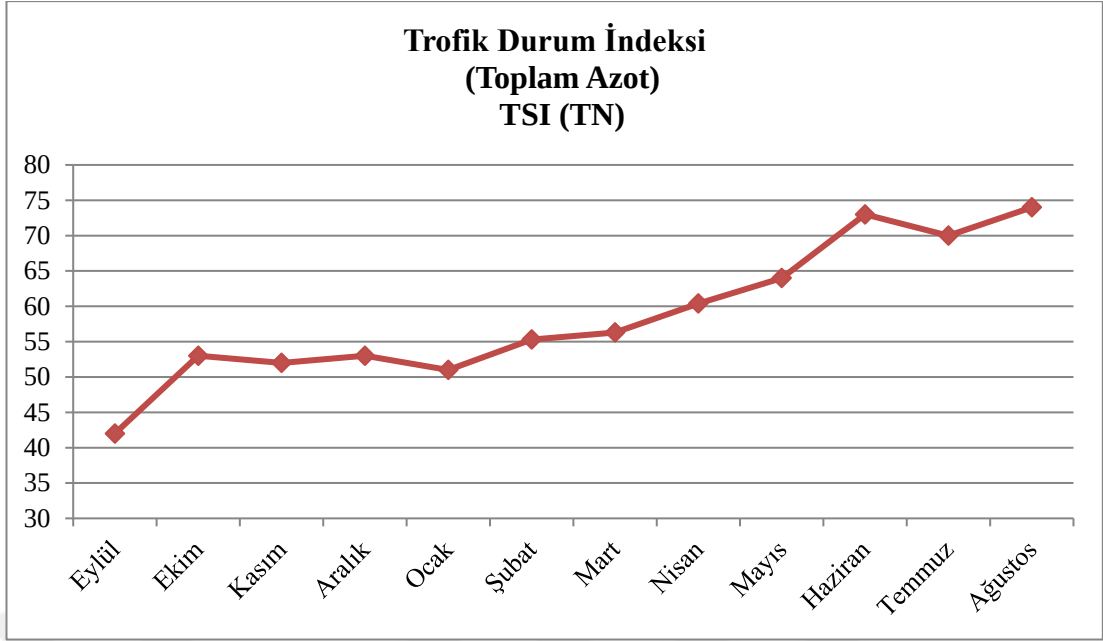
Şekil 4.21. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylık trofik durum indeksi (seki diski)



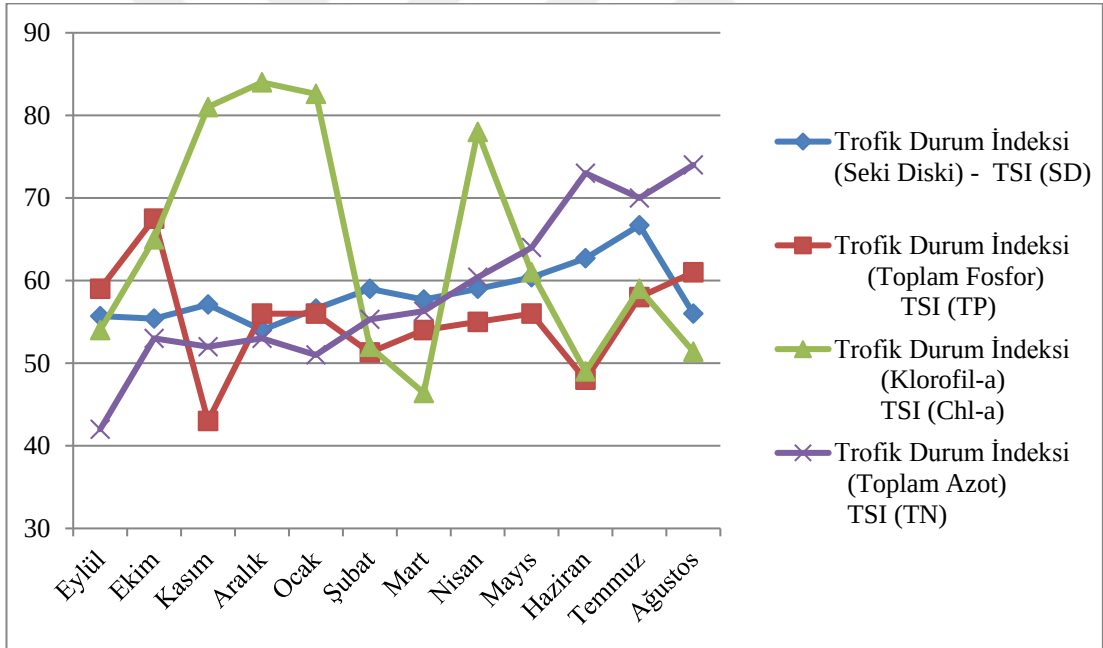
Şekil 4.22. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylık trofik durum indeksi (TP)



Şekil 4.23. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylık trofik durum indeksi (Klorofil-a)



Şekil 4.24. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylık trofik durum indeksi (TN)



Şekil 4.25. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün aylık trofik durum indekslerinin parametre bazında karşılaştırılması

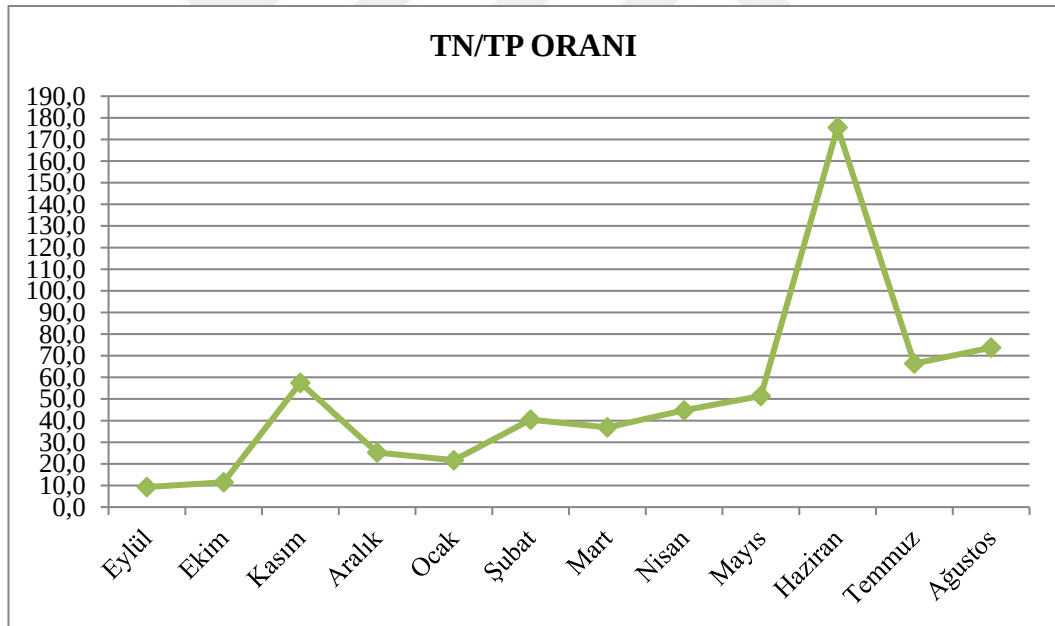
Grafik şekillerinde de görüldüğü üzere Suat Uğurlu Baraj Gölü yıl boyunca genel olarak ötrofik ve hipertrofik bir durum sergilemiş olup kullanılan trofik durum analiz metodu sonuçları, başlangıçta yapılan çalışma sonuçları ile uyumlu çıkmıştır ve paralel özellik göstermiştir.

Çalışmada son olarak Suat Uğurlu Baraj Gölü' ne giriş yapan azot ve fosfor konsantrasyonlarından hangisinin sınırlayıcı besin elementi olacağını belirleyebilmek için azot ve fosforun birbirine bağlı miktarı, yani N/P oranı tespit edilmiştir. Genel kabul olarak TN/TP <10 ise sınırlayıcı besin azot, TN/TP >12 ise fosfor sınırlayıcı besindir.

Çizelge 4.54. Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün 1 yıllık süreçte TN/TP Oranı

AYLAR	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
TN/TP ORANI	9.3	11.5	57.5	25.3	21.7	40.4	36.9	44.8	51.4	175.6	66.4	73.7

Suat Uğurlu Baraj Gölü'nden 1 yıllık süreç boyunca 4 farklı istasyonundan aylık olarak alınan numunelerin Suat Uğurlu Baraj Gölü'nü bir bütün olarak temsil etmesi için aylık toplam azot ve toplam fosfor parametrelerinin istasyonlarca ortalamaları ile TN/TP oranı grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.26. Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün aylık TN/TP oranı

Şekil 4.26'da da görüldüğü üzere Suat Uğurlu Baraj Gölü'nde, TN/TP oranının 12'den büyük olması nedeniyle sınırlayıcı besin maddesi fosfordur. Diğer bir deyişle göl ortamı fosfor kontrollüdür. Suat Uğurlu Baraj Gölü'ne noktasal olmayan yani yayılı kaynaklardan besin elementi kaynakları hakimdir ve göl ortamı fosfor tarafından sınırlandırılır. Göl ortamındaki fitoplankton gelişmesi, göle giriş yapan fosfor miktarının azaltılması ile durdurulabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma alanı olan Suat Uğurlu Baraj Gölü için dört farklı numune alma istasyonu belirlenerek 2014 yılı eylül ayında başlayan numune alma ve analiz işlemleri 2015 yılı ağustos ayına kadar devam etmiştir. Bu bir yıllık süreç boyunca numune alma analiz işlemleri aylık periyotlarla sürdürülmüştür. Her ay tüm istasyonlar için pH, sıcaklık elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, Ç.O. doygunluk, seki diski, klorofil-a, TKM, TÇM, KOI, BOI, NH₄, organik azot, TKN, nitrit, nitrat, TN, TP ve ağır metal (Cu, Zn, Cd, Ni, Hg, Pb) konsantrasyonları analiz edilmiştir. Çıkan sonuçlar için “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Tablo 1: Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri”, “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, Ek-5, Tablo 2: Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri”, ve “Ek-6, Tablo 9: Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri” ne göre değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca kullanılan su kalite indeks modeli ve trofik durum indeksi modeli de araştırma sonuçlarını doğrulamış ve Suat Uğurlu Baraj Gölü’ ne uygulanabilir olduklarını göstermiştir.

Suat Uğurlu Baraj Gölü için aylık periyotlarla yapılan bir yıllık çalışma boyunca pH değeri tüm istasyonlarda paralel değişim göstermiş olup en düşük değer 6,95, en yüksek değer ise 9,21 olarak kaydedilse de asıl seyri 7 ila 9 arasında olmuştur.

Tüm istasyonlarda sonbaharda düşmeye başlayan göl sıcaklık değeri ilkbaharda artmaya başlamıştır. Suat Uğurlu Baraj Gölü’ nde kaydedilen en düşük sıcaklık değeri 8 °C, en yüksek sıcaklık değeri ise 27 °C olmuştur.

Suat Uğurlu Baraj Gölü’ nün elektriksel iletkenlik (EC) değeri genel olarak 400-600 µs/cm arasında seyretmiş olup en düşük değer 356 µs/cm, ölçülen en yüksek değer ise yalnızca eylülde tüm istasyonlarda artış göstererek AAT Önü (2 nolu istasyon)’ nde pik yapan 2123 µs/cm değeri olmuştur.

Çözünmüş oksijen değeri Suat Uğurlu Baraj Gölü’ nde bir yıllık süreç boyunca en düşük 4,21 mg/L, en yüksek 15,09 mg/L olarak kaydedilmiştir.

Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri arasında yer alan seki diski derinliği 1,5 - 4 m olan göller için mezotrofik, 1,5-1 m olan göller için ötrofik

ve <1 m olan göller için hipertrofik seviyede kabul edilmektedir. Seki diski derinliği göl trofik seviyelerinin ötrofik ve hipertrofik olarak saptanmasında belirleyici bir parametre olmuştur. Bir yıllık süreç boyunca en düşük seki diski derinliği temmuz ayında Pazar Önü bölgesinde 0,5 m, en yüksek seki diski derinliği ise 1,5 m olarak kaydedilmiştir. 4 nolu numune alma istasyonu olan Terice Deresi' ne ulaşım karadan sağlandığından bu noktaya ait seki diski derinliği ölçülememiştir.

İlkbahardan itibaren Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün TN konsantrasyonunun tüm istasyonlarda paralel olarak arttığı görülmektedir. Yıl boyunca TN konsantrasyonu için kaydedilen en düşük değer 0,09 mg/L, en yüksek değer ise 5,01 mg/L olmuştur.

Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün TP konsantrasyonunda aylık dalgalanmalar görülmüştür. Ekim ayında Pazar Önü bölgesinde 0,283 mg/L değeri ile pik yapan TP konsantrasyonu göl için en düşük 0,004 mg/L değeri ile Terice Deresi' nde ölçülmüştür. Toplam fosfor değeri “Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri” nin önemli bir belirleyicisidir ve Suat Uğurlu Baraj Gölü numune istasyonlarının trofik seviyeleri değerlendirilirken TP değerinin genellikle mezotrofik ve ötrofik sınıflarda seyrettiği görülmüştür.

Klorofil-a parametresi Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri' nin en önemli belirleyicisidir. Klorofil-a konsantrasyonunun genel olarak bir yıl boyunca yüksek seyretmesi Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün trofik seviyelerin ötrofik ve hipertrofik olarak belirlenmesine neden olmuştur. Klorofil-a değeri en düşük 0,001 mg/L, en yüksekse 0,26 mg/L kaydedilmiştir.

Suat Uğurlu Baraj Gölü' ne gelen kirletici yük kaynakları baraj havzasının geniş olması dolayısıyla orman ve tarım alanları ile derelerden gelen yüzeysel ve sızıntı suları, fosseptik sızıntı suları, evsel atıksular gibi değişik kaynaklardır. Ancak göle gelen kirlilik yükünün en önemli unsuru insan kaynaklı faaliyetlerdir. Göle taşınan kirletici yükünün bir kısmı ise Yeşilırmak nehrinin geçtiği güzergah boyunca bünyesine dahil olan kirliliktir. Hayvan yetiştiriciliğinin ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak görüldüğü sahalarda Yeşilırmak havzasının azot ve fosfor yükleri daha çok artmaktadır. Suat Uğurlu Baraj Gölü Yeşilırmak nehrinin mansabında bulunması sebebiyle yukarıda bahsedilen kirlilik kaynaklarının deşarj noktası olarak değerlendirilebilir.

Gölün besleyici elementlerce zenginleşmesi ve bunun sonucu olarak da ortamdaki organik maddelerin çoğalması olayı olan ötrofikasyon ve etkileri bilimsel komiteler tarafından 1940' larda ve 1950' lerde geniş bir şekilde ele alınmaya başlanmıştır. 1960' larda ve 1970' lerde yönetim teknikleri üzerinde çaba sarf edilmeye devam edilmiştir. Sucul ortamlara insan etkilerinin artışı nedeniyle günümüzde ötrofikasyon güncel bir konu olarak çalışılmaya devam etmektedir.

Ötrofikasyon olayının temel besin maddeleri azot ve fosfordur. Bu olayda ayrıca oligo-elementler ve bazı vitaminler de rol oynar. Kirletici yüklerin büyük kısmı göle ve diğer su kaynaklarına evsel atıklar ve atıksulardan, yüzeysel akışlardan, metamorfik (başkalaşmış) kayalardan, zirai faaliyetlerin yapıldığı sahalardan, endüstriyel atıklardan, deterjanlardan kaynaklanmakta olup bu atıklar ötrofikasyonun meydana gelmesindeki en önemli nedenlerdendir.

Nitrit, nitrat, amonyum ve organik azot, doğal sularda bulunan en yaygın azotlu bileşiklerdir. Bu bileşiklerin analizi ile su ortamının kalitesi kısmen belirlenebilir. Azotlu maddeler göl ortamına yağmur suyu ile taşınan atmosferik azot şeklinde, toprak yapısındaki nitrat tuzları şeklinde, tarımsal aktiviteler esnasında topraktan yıkanan yüzey akışlar şeklinde ve evsel-endüstriyel atıklardan karışan bileşikler şeklinde karışabilir. Ayrıca mavi-yeşil algler ve bitkiler de atmosferik azotu bağlayarak azot kaynağı oluşturur.

Suat Uğurlu Baraj Gölü, coğrafi konumu itibariyle her mevsim yağışlı özellik göstermektedir ve yağışlar yıl boyunca düzensiz bir şekilde devam eder. Ilıman Karadeniz iklimi etkisi altında bulunan bölgede yaz aylarında da yağışlar görülmektedir (Üzülmez, 2015).

Yağışlı bölgelerde yağmurun neden olduğu yüzeysel akış suları, bitki örtüsü ve toprakta yıkama gerçekleştirerek bu yüzeysel akışın azot konsantrasyonunu arttırmakta ve genellikle nitrat azotu şeklinde göle taşınmaktadır.

İlçedeki evsel atıksu arıtma tesisi çıkış sularının Suat Uğurlu Baraj Gölü' ne deşarj edilmesi, azot ve fosfor türlerini (NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-}) bu göle ulaştırmakta ve besin maddesi yükünü arttırmaktadır.

Ayvacık ilçesinin temel geçim kaynağı tarımsal faaliyetlerdir. Azot ve fosfor bakımından zengin gübrelerin kullanıldığı tarımsal faaliyetler, toprakta ve dolayısıyla yüzeysel akışlarla suda fazla miktarda azot ve fosfor yüküne neden olmaktadır.

Demir ve fosfor ve sınırlamasının görölmediği ılık hava şartları ve azot yükü kaynaklarının düşük olduğu zamanlarda, göl ötrofikasyonu azot fiksasyonu yoluyla hızlanmaktadır. Göllerdeki amonyum ve nitrat konsantrasyonu mevsimsel şartlardan oldukça fazla etkilenmektedir. Bu duruma sedimanda gerçekleşen azot salımının yazın büyük oranda amonyum şeklinde gerçekleşmesi örnek verilebilir. Göl ortamlarında çoğunlukla yazın aerobik bölge daha dar olup mineralizasyon seviyesi oldukça yüksektir. Kış ve ilkbahar aylarında ise aerobik bölge daha büyüktür ve baskın olan nitrifikasyon olayı nedeniyle sedimandan nitrat salınır.

Azotlu bileşikler gölde okside olarak nitrit ve nitrata çevrilir. Karasız bir bileşik olması nedeniyle yüzeysel sularda görünen nitrit kirlenmenin sürekli olduğunun bir göstergesidir. Su ortamına kirlilik girişı süreklilik göstermiyorsa mevcut azotlu bileşikler belli bir zaman sonunda önce nitrite ardından alglerin gelişimi için önemli bir besi maddesi olan nitrata dönüşür.

Denitrifikasyon hızı sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, organik madde miktarları ve azot bileşiklerinin konsantrasyonları faktörlerinden etkilenirler. Göl ortamındaki sıcaklığın yükselmesiyle denitrifikasyon hızı artar ve asidik şartlar azaltır. Denitrifikasyon bakterileri genellikle 6-9 pH aralığında aktif olurlar. Denitrifikasyon ve nitrifikasyon süreçleri sedimanda ve sediman-su ara yüzeyinde görülebilir. Sedimanın anoksik derin bölgelerinde oluşan denitrifikasyonla açığa çıkan azot gazının sedimandaki hareketi ile sedimanda havalanma sağlanır. Denitrifikasyon süreciyle, su ortamlarındaki alg ve diğeri bitkilerin gelişimine katkıda bulunan azot bileşikleri uzaklaşmış olur.

Suat Uğurlu Baraj Gölü' nde yapılan çalışmalar neticesinde göle yüksek miktarlarda N ve P girişı olduğu görölmektedir. Gölün bu besleyici elementlerce zenginleşerek ortamdaki organik maddelerin çoğalmasi ve fotosentezle aşırı miktarda alg üremesi, gölde ileri derecede ötrofikasyona neden olmuştur. Göle evsel, endüstriyel ve zirai faaliyetler sonucunda giriş yapan besi elementlerinin fazlalığı, gölde üretim ve indirgenme dengesinin bozulmasına yol açmaktadır. Göl tabanında çökelmiş maddelerin parçalanabilmesi içinse tüketilen oksijenin miktarındaki düşüş balıklarda hayati fonksiyonları olumsuz yönde etkilemektedir.

Göl trofik seviyesinin değerlendirilmesinde kriter kabul edilen toplam azot ve fosfor, klorofil-a, seki derinliği ve çözünmüş oksijen parametreleri bir yıllık süreç

boyunca incelendiğinde Suat Uğurlu Baraj Gölü' nün ötrofik ve hipertrofik seviyede yer aldığı görülmektedir. Özellikle trofik seviyenin en önemli belirleyici olan ve fitoplankton biyokütlesini temsil eden klorofil-a parametresi incelendiğinde göl trofik seviyesini hipertrofik seviyeye yükselttiği görülmektedir. Ötrofik seviyeye geçen göl için gerekli tedbirlerin alınmaması sonucu geçilen ve bir üst trofik seviye olan hipertrofik seviyede mikroskobik bitki ve algler aşırı miktarda çoğalarak, göl tabanında ve kıyılarda birikme göstererek gölün bataklık haline gelmesine sebebiyet verebilir. Kasım, aralık ve ocak aylarında dahi trofik seviyenin hipertrofik olarak karşımıza çıkması, yöre halkından gelen şikayetleri haklı çıkarmakta ve gölde ciddi alg patlamaları olduğu anlaşılmaktadır. Bu da sıcaklığın arttığı yaz aylarında özellikle kokuya ve alglerin hızla yayılması sonucu baraj gölünün kimi yerlerinin yeşil balçık haline gelmesine ve kötü görüntüye neden olmaktadır.

Göl suyunda bulunan ve sedimanda biriken ağır metaller de Suat Uğurlu Baraj Gölü' nde kirlilik yükü oluşturmaktadır. Ağır metaller, sucul ortamlarda birikme ve toksisite özellikleri nedeniyle önemli kirleticilerdir. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nde bir yıl süren çalışma kapsamında; Cu, Zn, Cd, Ni, Hg ve Pb konsantrasyonları incelenmiştir.

Suat Uğurlu Baraj Gölü' nde aylık periyotlarla yapılan bir yıllık çalışmada ağır metal konsantrasyonlarına bakıldığında Cu değeri su kalite kriterlerine göre tüm istasyonlarda III. sınıfta, Zn değeri 1. sınıfta, Cd değeri ocak ayı hariç 1. sınıfta (ocak ayında tüm istasyonlarda IV. sınıf, eylül ayında Terice Deresinde II. sınıf, Pazar Önü IV. sınıf) , Ni değeri II. ve III. sınıfta, Hg ve Pb değerlerinin IV. sınıfta yer aldığı görülmektedir. Bu da Suat Uğurlu Baraj Gölü' nde ağır metal kirlenmesinin mevcut olduğunu, en yüksek kirlenmenin ise Hg, Pb, Cu, ve Ni' den kaynaklandığını göstermektedir. Suat Uğurlu Baraj Gölü' nde ağır metal konsantrasyonlarını sıralayacak olursak $Hg > Pb > Cu > Ni > Cd > Zn$ şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

Yerüstü sularında görülen ağır metal girdileri; yağmur ve kar sularının akışı ile gerçekleşen yüzeysel taşınım, atmosferik taşınım, akarsular vasıtasıyla kirleticiler taşınımı, volkanik ve hidrotermal faaliyetler, kayaç-su etkileşimiyle meydana gelen doğal ve jeokimyasal olaylarla insan aktiviteleri şeklinde sıralanabilir. Ancak ağır metallerin ekolojik sistemde yayınımları dikkate alındığında doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle çevreye yayınımları söz konusu olduğu görülmektedir.

Ağır metaller, yerüstü su kaynaklarına büyük çoğunlukla yüzeysel akışlar ile taşınırlar. Ayrıca karayolları ve kentsel sahalardan gelen kirletici yüklü yayılı kaynaklar yüzeysel akışlarla su ortamlarına ulaşır. Evsel, endüstriyel atıksu deşarjları ve katı atık depolama sahalarından kaynaklanan sızıntı suları da yerüstü ve yeraltı sularının ağır metallerle kirlenmesinde büyük rol oynar. Ağır metallerin evsel atıksularda bulunmasındaki en önemli nedenlerden biri meskun mahallerdeki yağmur sularının yüzeysel akışla kanalizasyona dahil olmasıdır. Katı atık deponi tesislerinde bertaraf edilen karışık katı atıklar arasında, içlerinde ağır metal bulunduran birçok atık madde (piller, metal kutular, vb.) bulunmaktadır. Bu atık depolama sahaları, ciddi derecede yüksek kirlilik yükü taşıyan sızıntı suyu oluşumuna neden olmakta ve gerekli tedbirler alınmadığı takdirde yeraltı ve yerüstü su kaynakları için ciddi risk unsuru taşımaktadır. Anaerobik ortamlar olan deponi sahalarındaki organik atıkların biyolojik ayrışması sonucunda meydana gelen organik asitlerle ortamdaki pH düşer ve ağır metaller daha kolay çözünerek sızıntı suyuna hızlı geçiş yapar.

Tarımsal faaliyetlerde kullanılan ilaçlar ve gübreler de toprağa ve yüzeysel akışla su ortamlarına ciddi miktarlarda toksik element girişine neden olmaktadır. Bunlardan en önemli ve en yaygın olanları arsenik, kadmiyum, nikel, bakır ve kurşundur. Bunlar toprağa genellikle fosforlu gübreler ve gübre hammaddeleriyle karışmaktadır. Yapılan araştırmalar fosforlu gübre üretiminde kullanılan ithal fosfat kayalarının yüksek konsantrasyonlarda ağır metal içerdiğini göstermiştir. Fosfat kayaçlarının hammadde olarak kullanıldığı gübreler diğer gübrelerden daha yüksek konsantrasyonlarda Cd ve As içermektedir. Son zamanlarda fosforlu gübreler ham kaya fosfat yerine fosforik asitli hammadde kullanılarak üretilmekte ancak bunlar da belirlenen hacim ilkesinin çok daha fazla üzerinde Cd, Ni, Pb ve As bulundurmaktadır (Köleli ve Kantar 2006). Toprağa verilen bu gübrelerin bir kısmı yüzeysel akışla Suat Uğurlu Baraj Gölü' ne ulaşmakta ve kirlilik yükü göle taşınmaktadır.

Sucul canlılar üzerinde istenmeyen etkilere neden olan ağır metaller; makrofit, zooplankton ve fitoplankton gibi su canlılarının hücre yapısında birikim göstermekte ve toksik etkiye neden olmaktadır. Sucul ekosistemde bu duruma bağlı olarak tüm besin zinciri etkilenmekte ve ağır metaller biyokütlerde birikmektedir.

Birincil üretimde hem eser miktarda iz element olarak kullanılan hem de toksik kirletici özellik taşıyan ağır metaller, ilerleyen aşırı ötrofikasyon koşullarından

etkilenirler. Ayrıca temel besi elementlerinden biri olan fosforun ağır metallerle tepkimesi ve ağır metallerin ekosistemdeki birikim ve zehirlilik özellikleri birincil üretimle bağlantılı olarak değişebilmekte ve istenenden fazla bulunan ağır metal konsantrasyonları birincil üretimi etkilemektedir. Ağır metaller, birincil üreticiler olan alglerin artışı ve akabinde çökmesi esnasında, biyoakümülyasyon ve adsorpsiyon prosesleri aracılığıyla su ortamından doğal yollarla giderilmiş olurlar. Sediman oluşum hızının ötrofik göllerde yüksek olmasına bağlı olarak ağır metaller çökerek sedimanda birikme gösterir. Bu nedenle ağır metallerin konsantrasyonları çoğunlukla sedimanda su kolonundakinden daha düşük düzeydedir.

Sonuç olarak bölgede nüfus artışı ile birlikte evsel kirlilik yükünün artması, baraj gölü civarında artan yapılaşma, otel vb. tesisler, hayvancılık faaliyetleri, tarım arazilerinden gelen ve zirai faaliyetlerden kaynaklanan atıksular, hafriyat ve katı atık depolaması, ulaşım faaliyetleri, ağır metal kirliliği ve bunlara Yeşilırmak nehrinden kaynaklanan kirletici yükün dahil olması sonucu ciddi seviyede su kirliliği tehlikesi altında olan Suat Uğurlu Baraj Gölü, ötrofik hatta bazı aylarda hipertrofik seviyelere ulaşmıştır. Bunun için gölde görülen kirlilik yükünün önemli kısmını oluşturan Yeşilırmak nehrine, evsel ve endüstriyel nitelikli atık ve atıksu bırakan tüm merkezlerde arıtım tesisi bulunmalıdır. Gölün koruma altına alınması ve su kalitesi iyileştirme çalışmaları için yetkili makamlarca gerekli çalışmaların yapılması sağlanmalı, kirletici kaynaklardan göle giren azot ve fosfor yükünde azalma yapılması sağlanmalı ve bölge izlemeye alınmalıdır. İlâveten baraj gölünden periyodik örnekler alınarak trofik seviyenin izlenmesi ciddi önem arz etmektedir. Ayrıca baraj gölünü iyileştirme eylem planları oluşturulmalıdır.

Suat Uğurlu Baraj Gölü trofik seviyesi ötrofik ve hipertrofik olarak belirlendiğinden ötrofikasyonu gidermeye yönelik olarak etkili çalışmalar uygulanmalıdır. Bunun için fosforun sedimanda tutulmasını sağlamak amacıyla bir fosfor giderme yöntemi olan alüm ilavesi gerçekleştirilebilir. Ayrıca göl sedimanının taranması ve sediman üzerindeki besi elementlerince yoğun bölgenin uzaklaştırılması da etkili yöntem olarak uygulanabilir. Hipolimnion tabakasının havalandırılması ise alt tabakadaki suların yüzeye çıkarılarak organik maddelerin ayrışmasının ve alg yoğunluğunun azalmasının sağlandığı bir uygulama olarak önerilebilir.

Tarım arazilerinin büyük bölümü organik madde bakımından yetersiz durumda olduğundan tarım arazilerinde organik gübre uygulamalarını teşvik etmek

ve olumsuz etkilere yol açan kimyasal gübre kullanımının minimize edilmesini sağlamak göl suyu kalitesinde geliştirici bir uygulama olacaktır. Diğer yandan organik gübre kullanımının yaygınlaşması, kullanılan kimyasal gübre miktarının azalmasını sağlayarak göl ortamında karşılaşılan sorunlara engel olacaktır. Ayrıca bölgede yoğun olarak kullanılan bitki koruma ve haşere yok etme amaçlı tüm zirai mücadele ilaçlarının kullanımı kontrol altına alınmalı, içerikleri ve çevresel etkileri araştırılmalı, kullanım miktarları gerekli düzeyde tutulmalı, boşalan kutuları ise uygun bertaraf yöntemiyle uzaklaştırılmalıdır.

Kullanılan kimyasal gübreler ise uzmanlarca kontrol edilen toprak, su ve bitki analiz sonuçlarına istinaden hazırlanacak olan gübreleme programıyla uygulanmalıdır. Böylece hem çevrenin olumsuz yönde etkilenmesi önlenmiş olur hem de ekonomik ve verimli bir gübreleme işlemi gerçekleştirilir. Bu nedenle gübre uygulamalarında bitki, toprak ve su analizleri incelenmesi gereken başlıca unsurlardan olup gübre uygulamasının gerçekleştirileceği saha için seçilecek olan sulama sistemini de bu uygulamaya uygun olmalıdır. Damla sulama yöntemi, gübre sarfiyatını en düşük seviyeye taşıdığından kullanımı uygun olan sahalarda yaygınlaştırılmalıdır. Bu konuda hem halkın hem de tarımla uğraşanların bilinçlenmesi amacıyla eğitimler düzenlenmesi, tüm ilçe halkının görebileceği noktalara dikkat ve farkındalık uyandıran panoların asılması, çiftçilerin organik gübre kullanması için teşvik uygulamaları gerçekleştirilebilir.

Su ve kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması, yaşam için oldukça önemli olduğundan, çeşitli alanlarda faydalanılan su kaynaklarından yararlanma, geçmişte ve günümüzde olduğu gibi gelecekte de sorunsuz bir şekilde sürdürülebilir olmalıdır. Bunun için izleme ve değerlendirme çalışmaları sınırlı kalmamalı, iyileştirme projeleri uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akdoğan Z., Küçükdoğan A., Güven B. (2015). Yayıllı kirleticilerin havzalardaki taşınım süreçleri: Antibiyotikler, ağır metaller ve besi maddeleri üzerine modelleme yaklaşımları. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 1, 21-31, İstanbul.
- Akın, G. 2009. “Ekoloji-Çevrebilim ve Çevre Sorunları”, Tiydem Yayıncılık, Ankara.
- Akın, M., Akın, G. 2007. “Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği” Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47 (2): 105-118, Ankara.
- Akyüz, D. 2016, “Trofik Durum İndeksi ile Anahtar Sınırlayıcı Parametrelerin Değerlendirilmesi: Taihu Gölü Örneği”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 7, 197, Burdur.
- Anonim (2018). “Yüzeysel Sularda Azot” Sakarya Üniversitesi content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/69377/38377/azot-slyt.pptx
- Anul, N. (2014), Numune Alımı Ve Önemi Ve Dikkat Edilecek Hususlar, Orman Ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 8-11 Aralık 2014, Ankara.
- Atabay, N., E. Çetin, H. İnan, G. Yılmaz, 1995. Evsel Atıksulardan Bardenpho Prosesi ile Azot ve Fosfor Giderimi. Çevre Sempozyumu, 18-20 Eylül, 72-79, Erzurum.
- Bartram, J., Ballance, R. 1996. Water Quality Monitoring, TJ Press Ltd., London.
- Beklioglu, M., İnce, O., Tüzün, I. 2003. Restoration of the eutrophic Lake Eymir, Turkey, by manipulation after a major external nutrient control I. *Hydrobiologia*, 489: 93-105.
- Brass, H.J. Weiser, m. j, Kingsley, b. A, The national organic monitoring survey: A sampling and analysis for purgaeable organic compounds, Pojsek, A.B. Drinking Water Quality Enhancement Through Source Protection, Ann, Arbor Science, Ann, Arbor, 1977.
- Caruso, B. S. 2000. Comparative analysis of New Zealand and US approaches for agricultural nonpoint source pollution management. *Environmental Management*. 25: 9-22.
- Ceyhan, M., (1999), “Ömerli Barajındaki Ötrofikasyon Ve Bağlı Derelerin Baraj Gölü Üzerine Etkisi” GYTE, Y.Lisans Tezi, Kocaeli.
- Çıplakoğlu, G., 2006. “Yüzeysel Suların Ötrofikasyona Duyarlılığı Üzerine Bir Araştırma ve Sakarya Havzası Örneği” İTÜ, Y.Lisans Tezi, İstanbul.
- Dede, Ö. ve Sezer, M., 2017. “Aksu Çayı Su Kalitesinin Belirlenmesinde Kanada Su Kalitesi İndeks (CWQI) Modelinin Uygulanması”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 32:3, 910-911, Ankara.
- Demir, N. ve Atay, D. 1999. Kurtboğazı ve Çamlıdere Baraj Göllerinin Fitoplanktonu. X. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Adana.
- Dereli, E., Çakmakçı, M. 2017. Turkish Journal Of Aquatic Science “Yüzeysel Sularda Ağır Metallerin Etkileri Ve Ötrofikasyon İle İlişkisi”, 223-225.

- Doğan, N., Sağlam, B., 2018. Sucul Ortamlarda Ötrofikasyon Durumu Ve Senaryoları, Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 7, Sayı 1, 75-82.
- Ekmekçi, F. 1994. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ Teknik Bülten, Sayı: 80, 9-17, Ankara.
- Fakıoğlu, Ö., Atamanalp, M., Demir, N. 2011. “Baraj Göllerinde Toksik Mavi-Yeşil Algler” Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, Cilt: 3, Sayı: 2, Aralık 2011, 65-71.
- Fişek, N.H. 198. Halk Sağlığına Giriş, H.Ü. -DSO Hizmet Araştırma ve Araştırmacı Yetiştirme Merkezi Yayını, No. 2 Ankara.
- Güler, Ç. 1987. Su Besin ve Konut Sağlığı, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara.
- Güler, Ç. 1991. Çevre ve Sağlık Üzerine Etkileri, Sağlık, Toplum ve Çevre Bülteni, 1, 3, 3-8.
- Güler, Ç. 1987. Su Besin ve Konut Sağlığı, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. 1994. “Su Kirliliği”, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No:12, Ankara.
- Gürçay, Ü., Tecim, V., (2006). Su Kaynaklarının ve Tüketiminin Cbs ile Analizi ve Yönetimi: Örnek Bir Uygulama. Fatih Üniversitesi, İstanbul 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 6s, İstanbul.
- Gürer, İ. 2007. Küresel Isınma, Türkiye’nin Su Kaynakları, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 11-13 Nisan, İTÜ, İstanbul, s. 8-27.
- Güven, K.C., Öztürk, B. (2005). Deniz kirliliği. Tüdev Yayınları, No: 21, İstanbul.
- Hoşgören, M.Y., 1994. Türk Coğrafya Dergisi, Sayı:29, s.19,51, İstanbul.
- Kahraman, N., (2003), “Elmalı Baraj Gölünde Ötrofikasyona Katkı Yapan Unsurların Periyodik Analizi ve Değerlendirilmesi”, Marmara Ün., Y.Lisans Tezi, İstanbul.
- Kaplan, M., Sönmez, S., Tokmak, S., 1999. “Antalya-Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri”, Tr. J. of Agriculture and Forestry, s. 23, s. 309–313.
- Karpuzcu, M. 2005. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Kubbealtı Neşriyat, Türkiye.
- Karpuzcu, M., Koçalı, M. 2007. “Göllerde Ötrofikasyon Ve Çözüm Önerileri”, GYTE, İstanbul.
- Kayhan, F. E. (2006). “Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi”, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, İstanbul, Cilt: 23, Sayı: 1-2, 215–220
- Kır, İ., Tumantozlu, H., “Karacaören-II Baraj Gölü’ndeki Su, Sediment ve Sazan (Cyprinus carpio) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Cilt: 82, 65-70.
- Kocataş, A. (2010). Ekoloji Çevre Biyolojisi, 11. Baskı, E.Ü, İzmir, 392-393.
- Köleli, N. ve Ç. Kantar, 2006. Fosforlu Gübrelerde Ağır Metal Tehlikesi. Ekoloji Dergisi, 9, 1-5.

- Kristensen, P., Hansen, H. O. 1994. European rivers and lakes, assessment of their environmental state. European Environmental Agency, EEA environmental monographs 1, 122 p.
- Lyons-Alcantara, M., Tarazona J.V. and Mothersill C., 1996. The differential effect of cadmium exposure on the growth and survival of primary and established cells from fish and mammals. *Cell Biol. and Toxicol.*, 12: 29-38.
- Menteşe, S. 2017, “Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Toprak, Su Ve Hava Kirliliği: Teorik Bir İnceleme”, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 10, Sayı: 53, sf:381-389.
- Muslu, Y., 2000, *Ekoloji ve Çevre Sorunları*, Aktif Yayınevi, İstanbul.
- Muslu, Y., 2001, “Göl ve Haznelerde Su Kalitesi Yönetimi ve Alg Kontrolü”, *İSKİ Yayınları*, 50-53, 60-64, 100-106, İstanbul.
- Olhan, E., Ataseven, Y., 2009 *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, Türkiye’de İçme Suyu Havza Alanlarında Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanabilecek Kirliliği Önleme ile İlgili Yasal Düzenlemeler, 161, Tekirdağ.
- Orhon, D., Sözen, S., Üstün, B., Görgün, E., Gül, Ö. 2002. *Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü Projesi Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli, Su Yönetimi ve Sürdürülebilir Kalkınma Ön Raporu*, İstanbul.
- Öğütveren, Ü. B. 2011., *Çevre Mühendisliğinde Temel İşlemler ve Süreçler*, 2. baskı, Efil Yayınevi, Ankara.
- Öztürk, İ. (2015) *Katı atık yönetimi ve AB uyumlu uygulamaları. İSTAÇ Teknik Kitaplar Serisi #2*, İstanbul, Türkiye.
- Rahman, M.A., Hasegawa, H. (2012). Arsenic in freshwater systems: Influence of eutrophication on occurrence, distribution, speciation, and bioaccumulation. *Applied Geochemistry*, 27, 304-314.
- Razavi, N.R., Arts, M.T., Qu, M., Jin, B., Ren, W., Wang, Y., Campbell, L.M. (2014). Effect of eutrophication on mercury, selenium, and essential fatty acids in Bighead Carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) from reservoirs of eastern China. *Science of the Total Environment*, 499, 36-46.
- Sigg, L., Kuhn, A., Xue, H., Kiefer, E., Kistler, D. (1995). Cycles of Trace Elements (Copper and Zinc) in a Eutrophic Lake. *Advances in Chemistry*, 244, 177-194.
- Sisman, I., Imamoglu, M., Aydın A.O., (2002). Determination of heavy metals in roadside soil from Sapanca area highway, Turkey. *International Journal of Environmental and Pollution*, 17, 306-311.
- Sonaer, H. 1994. *DSİ Teknik Bülten*, Sularda Ağır Metal Kirliliği, Dr. Hayri, Sayı: 80, Ankara.
- Şahinkaya, S., (editör) 2014. *Çevre Mühendisliğine giriş ders notları*, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir.
- Tarcher, Alyce Bezman, *Principles and Practice of Environmental Medicine*, Plenum Medical Book Company, New York and London, 1991.

- Taş, B., Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 2011, Sayı: 3 Sayfa: 43-61, Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) Su Kalitesinin İncelenmesi, Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ordu.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, D.D. (2002), Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th ed., Published by McGraw-Hill, ISBN: 0070418780.)
- Topuzoğlu, İ. 1979. Çevre Sağlığı ve İş Sağlığı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara
- Tosunoğlu, V., Boncukcuoğlu, R., Anapalı, Ö., Şahin, Ü. 1999. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, Evsel Ve Endüstriyel Atıkların Karasu’da Neden Olduğu Kirlenme, 169-176, Erzurum.
- U.S. Environmental Protection Agency, National Water Quality INVENTORY, 1988 Report To Congress, epa 440-4-90-003, US Government Printing Office, Washington, 1990.
- Uzun A., Keleş R., Bal İ. (2014). Sapanca gölü içme suyu havzasında otoyol ve demiryolundan kaynaklanan kirliliğin yağmur suyu sulak alan metoduyla giderilmesi. Academic Platform Journal of Engineering and Science, 2(1), 9-15.
- Uzun A., Keleş R., Bal İ. (2014). Sapanca gölü içme suyu havzasında otoyol ve demiryolundan kaynaklanan kirliliğin yağmur suyu sulak alan metoduyla giderilmesi. Academic Platform Journal of Engineering and Science, 2(1), 9-15.
- Üzülmez, M. (2015). Suat Uğurlu Baraj Gölü Çevresinin Morfometrik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, sf.12, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, Samsun.
- Varol, M. 2015. Dicle Baraj Gölü Su Kalitesinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne Göre Değerlendirilmesi, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 2(1): 85–91.
- Webster, R.E., Dean, A.P. (2011). Pittman, J.K., Cadmium exposure and phosphorus limitation increases metal content in the freshwater alga Chlamydomonas reinhardtii. Environmental Science Technology, 45, 7489-7496.
- Weiner E.R. (2008). Applications of Environmental Aquatic Chemistry: A Practical Guide, Second Edition, Chapter 4. Behavior of Metal Species in the Natural Environment, CRC Press, ISBN: 978-0-8493-9066-1.
- Wright, C.R., K.A. Saffran, A.-M. Anderson, R.D. Neilson, N.D. MacAlpine, and S.E. Cooke, 1999, A Water Quality Index for Agricultural Streams in Alberta: The Alberta Agricultural Water Quality Index (AAWQI). Prepared for the Alberta Environmentally Sustainable Agriculture Program (AESAP). Published by Alberta Agriculture, Food and Rural Development. Edmonton, AB. 35 pp.
- Yağcı, M., 2010, “Göllerde Ötrofikasyon Kontrolü Ve Planktonik Gösterge Türler” Yunus Araştırma Bülteni, 11-14, Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitü Müdürlüğü, Isparta.
- Yetgin, K. P. (2009). Ömerli Baraj Gölünde Trofik Seviyenin Belirlenmesi, YTÜ, Y.Lisans Tezi, 2-5, 15-25, İstanbul.

- Yu, R., Wang, W. (2004). Biokinetics of cadmium, selenium, and zinc in freshwater alga *Scenedesmus obliquus* under different phosphorus and nitrogen conditions and metal transfer to *Daphnia magna*. *Environmental Pollution*, 129, 443-456.
- Yuan, H., Liu, E., Shen, J. (2015). The accumulation and potential ecological risk of heavy metals in microalgae from a eutrophic lake (Taihu Lake, China). *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 17123-17134.
- Zamani, A., Yafthian, M.R., Parizanganeh, A. 2012. "Multivariate statistical assessment of heavy metal pollution sources of groundwater around a lead and zinc plant", *Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering*, s. 9 (29), s. 1-10.
- URL-1: http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/Libraries/su/SU_KALITESI_TRxm070515.sflb.ashx (2018)
- URL-2: <http://cevre.beun.edu.tr/dersnotu/sukalitesi/CEV354-su-kalitesi-yonetimi.pdf> (2018)
- URL-3: <http://cevreonline.com/gol-kirliligi/> (2018)
- URL-4: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/26098/mod_resource/content/1/CevreKirliligi_Bolum_5.pdf (2018)
- URL-5: <http://www.ayvacik.gov.tr/cografi-konum> (2018)
- URL-6: <http://www.ayvacik.gov.tr/sosyoekonomik-yapisi> (2018)
- URL-7: <http://www.ayvacik.gov.tr/barajlarimiz> (2018)