

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAZLIDERE BARAJ GÖLÜ'NÜN MİKROBİYOLOJİK
VE KİMYASAL KİRLİLİK DÜZEYİNİN
BELİRLENMESİ**

Hasibe ŞİMŞEK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Engin ÖZHATAY**

İSTANBUL 2011

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAZLIDERE BARAJ GÖLÜ'NÜN MİKROBİYOLOJİK
VE KİMYASAL KİRLİLİK DÜZEYİNİN
BELİRLENMESİ**

**Hasibe ŞİMŞEK
(520108005)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Engin ÖZHATAY**

İSTANBUL 2011

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardımlarını ve değerli fikirlerini esirgemeyen, görüş ve önerileriyle bana yardımcı olan saygıdeğer danışmanım Sayın Prof. Dr. Engin ÖZHATAY'a, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca beni her türlü tecrübesiyle aydınlatan ve destekleyen, her konuda görüşlerine başvurduğum, “Kalbinizde mesleki sevgi oluşturun, hafızanıza algılanmış mesleki bilgi kazandırın, ellerinize mesleki beceri kazandırın, ancak o zaman mesleğinizin uzmanı olabilirsiniz. ” sözleriyle beni mesleğime hazırlayan, bana meslek sevgisi kazandıran, olaylara ve insanlara olan farklı bakış açısıyla benimde hayata bakış açımı değiştiren ve tüm yönlerden hayata hazırlanmamı sağlayan, her zaman kendisini örnek aldığım değerli hocam Uzm. Med. Dr. Barlas DİNGİLYAN'a ve çalışmalarım sırasında yardımlarını benden esirgemeyen Marmara Üniversitesi Doğa Bitkileri ve Su Ürünleri Araştırma Merkezi'ndeki arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Mikrobiyolojik araştırmalar sırasında gerekli olan besiyerlerinin temininde yardımcı olan sayın Uğur YAKA'ya ve SARTORIUS firmasına teşekkür ederim. Son olarak tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen babama, yüksek lisans eğitimim sırasında kaybettiğim anneme ve kardeşlerime çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA NO</u>
TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
SEMBOLLER	ix
KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER	xi
TABLolar	xvi
BÖLÜM I. GİRİŞ ve AMAÇ	1
BÖLÜM II. GENEL BİLGİLER	5
II.1. ÇEVRE KİRLİLİĞİ	5
II.1.1. Çevre Kirliliğine Yol Açan Temel Faktörler	6
II.1.2. Çevre Kirliliğinin Sınıflandırılması	7
II.1.2.1. Fiziksel Kirlenme.....	7
II.1.2.2. Kimyasal Kirlenme.....	7
II.1.2.3. Biyolojik Kirlenme	7
II.1.3. Çevre Unsurlarına Göre Çevre Kirliliği Çeşitleri	8
II.2. SU VE SUYUN ÖNEMİ.....	8
II.3. SU DÖNGÜSÜ	10
II.3.1. Su Döngüsünü Oluşturan Basamaklar	12
II.3.1.1 Yoğunlaşma	12
II.3.1.2. Yağış	13
II.3.1.3. Toprağa Geçiş	13
II.3.1.4. Yüzeysel Akıntı	13
II.3.1.5. Buharlaştırma	13
II.4. YERYÜZÜNDEKİ SU POTANSİYELİ VE DAĞILIMI.....	13
II.5. TÜRKİYE'DEKİ SU POTANSİYELİ VE DAĞILIMI.....	16

II.6. SU KİRLİLİĞİ	18
II.7. ALICI SU ORTAMLARINDA KİRLLENME	20
II.7.1. Akarsuların Kirlenmesi	20
II.7.2. Göl Kirliliği	22
II.7.2.1. Göllerde Sıcaklık Tabakalaşması ve Karışım	25
II.7.2.2. Göllerin Trofik Durumlarına Göre Sınıflandırılması	28
II.7.2.3. Ötrofikasyon	29
II.7.2.4. Ötrofikasyonun Ekolojik Açıdan Olumsuz Etkileri	31
II.7.2.5. Ötrofikasyonun Su Kalitesine Etkisi.	32
II.7.3. Yeraltı Suyu Kirliliği.	32
II.7.4. Deniz Suyu Kirliliği	33
II.8. SU KİRLİLİĞİNİN KAYNAKLARI	34
II.8.1. Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Kirlilik	34
II.8.2. Endüstriyel İşlem ve Atıklardan Kaynaklanan Kirlilik	36
II.8.3. Evsel Atıklardan Kaynaklanan Kirlilik	38
II.9. SU KALİTESİNİ ETKİLEYEN FİZİKSEL VE KİMYASAL PARAMETRELER.	39
II.9.1. Fiziksel Parametreler	39
II.9.1.1. Sıcaklık.	39
II.9.1.2. pH.	40
II.9.1.3. Elektriksel İletkenlik (Kondüktivite)	41
II.9.1.4. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS).	42
II.9.1.5. Renk	42
II.9.1.6. Bulanıklık	43
II.9.1.7. Tad ve Koku	43
II.9.2. Kimyasal Parametreler	44
II.9.2.1. Toplam Sertlik.	44
II.9.2.2. Organik Madde.	46
II.9.2.3. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ).	47
II.9.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	48
II.9.2.5. Azotlu Bileşikler	48
II.9.2.6. Amonyak	50
II.9.2.7. Nitrit	51
II.9.2.8. Nitrat	52

II.9.2.9. Fosfor.....	52
II.9.2.10. Fosfat.....	53
II.9.2.11. Demir.....	53
II.9.2.12. Sülfat.....	54
II.9.2.13. Kalsiyum.....	54
II.9.2.14. Bikarbonat.....	55
II.9.2.15. Alüminyum.....	55
II.9.2.16. Nikel.....	56
II.9.2.17. Çinko.....	56
II.9.2.18. Bakır.....	57
II.9.2.19. Krom.....	57
II.9.2.20. Kadmiyum.....	57
II.9.2.21. Kurşun.....	58
II.9.2.22. Deterjan.....	59
II.10. SU KALİTESİNİ ETKİLEYEN MİKROBİYOLOJİK KİRLİLİK PARAMETRELERİ.....	60
II.10.1. İndikatör Mikroorganizmalar.....	61
II.10.1.1. Koliform Grubu Bakteriler.....	62
II.10.1.2. Fekal Koliform Bakteriler (Termotolerant Koliform).....	63
II.10.1.3. Fekal Streptokok Bakteriler.....	64
BÖLÜM III. ÇALIŞMALAR.....	65
III.1. TEZ ALANININ TANITILMASI.....	65
III.1.1. Alanın Coğrafi Konumu.....	66
III.1.2. Alanın Hidrolojisi.....	68
III.1.3. Alanın Jeomorfolojik ve Jeolojik Yapısı.....	70
III.1.4. Alanın Meteorolojik Özellikleri.....	72
III.1.5. Sazlıdere Havzası Arazi Kullanım Şekilleri.....	73
III.1.6. Alandaki Yerleşimler ve Nüfus Artışı.....	74
III.1.7. Sazlıdere Havzasındaki Tarımsal Faaliyetler.....	76
III.1.8. Sazlıdere Havzasındaki Endüstriyel Faaliyetler.....	77
III.1.9. Sazlıdere Havzasında Mevcut Altyapı Tesislerinin Durumu.....	77
III.1.10. Sazlıdere Havzasında Kirletici Kaynaklar ve Atık Yükleri.....	79
III.1.11. Sazlıdere Havzasındaki Bitki Örtüsü.....	80

III.2. SAZLIDERE BARAJ GÖLÜ İLE İLGİLİ YAPILAN ARAŞTIRMALAR	82
III.3. SU NUMUNELERİNİN ALINDIĞI YERLER VE ÖZELLİKLERİ ...	83
III.3.1. 1. Numune Alım Noktası-Şamlar Köyü	84
III.3.2. 2. Numune Alım Noktası-Terkos Su Aktarım Bölgesi	86
III.3.3. 3. Numune Alım Noktası-Taş Ocağı	87
III.3.4. 4. Numune Alım Noktası- Sazlıbosna Yolu	87
III.3.5. 5. Numune Alım Noktası-Sazlıbosna Köprü Üstü... ..	89
III.3.6. 6. Numune Alım Noktası- Çilingir Yerleşimi Yakını	90
III.3.7. 7. Numune Alım Noktası-Eski Edirne Asfaltı Köprü Üstü.....	91
III.4. ARAÇ ve GEREÇLER	92
III.4.1. Kimyasal Analizlerde Kullanılan Gereçler	92
III.4.2. Mikrobiyolojik Analizlerde Kullanılan Gereçler	92
III.4.3. Analizlerde Kullanılan Kimyasal Maddeler	93
III.5. ARAŞTIRMA YÖNTEMLER	94
III.5.1. Su Numunelerinin Toplanması.....	94
III.5.1.1. Su Numunelerinin Alınması ve Saklanması	95
III.5.2. Mikrobiyolojik Analizlerde Bakteri Tayin Yöntemleri.....	96
III.5.2.1. Toplam Koliform Bakterileri Tayini.....	97
III.5.2.2. Fekal Koliform Bakterileri Tayini	98
III.5.2.3. Fekal Streptokok Bakterileri Tayini.....	100
III.5.3. Kimyasal ve Fiziksel Parametrelerin Tayin Yöntemleri	101
III.5.3.1. pH.....	101
III.5.3.2. İletkenlik ve TDS	101
III.5.3.3. Renk Tayini.....	101
III.5.3.4. Bulanıklık Tayini	102
III.5.3.5. Toplam Sertlik Tayini	102
III.5.3.6. Organik Madde Tayini	103
III.5.3.7. Toplam Demir Tayini.....	104
III.5.3.8. Sülfat Tayini.....	104
III.5.3.9. Nitrat Tayini.....	104
III.5.3.10. Nitrit Tayini.....	105
III.5.3.11. Amonyak Tayini	106
III.5.3.12. Kalsiyum Tayini.....	107

III.5.3.13. Bikarbonat Tayini	108
III.5.3.14. Toplam Krom Tayini	109
III.5.3.15. Alüminyum Tayini	110
III.5.3.16. Fosfor Tayini	111
III.5.3.17. Fosfat Tayini	113
III.5.3.18. Nikel Tayini	113
III.5.3.19. Çinko Tayini	114
III.5.3.20. Kurşun Tayini	115
III.5.3.21. Kadmiyum Tayini	116
III.5.3.22 Deterjan Tayini	117
III.5.3.23 Kimyasal Oksijen İhtiyacı	118
III.5.3.24 Biyolojik Oksijen ihtiyacı	118
BÖLÜM IV. SONUÇLAR ve TARTIŞMA	120
IV.1. KİMYASAL ANALİZLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	120
IV.2. MİKROBİYOLOJİK ANALİZLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	136
BÖLÜM V. SON DEĞERLENDİRMELER ve ÖNERİLER.....	143
KAYNAKLAR.....	146
EKLER.....	152
ÖZGEÇMİŞ.....	195

ÖZET

SAZLIDERE BARAJ GÖLÜ'NÜN MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL KİRLİLİK DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada Sazlıdere Baraj Gölü'nün kirlilik durumu mikrobiyolojik ve kimyasal yönden araştırılmıştır. Tez çalışmasının amacı Sazlıdere Baraj Gölü'ndeki kirliliği saptamak ve kirlilik kaynağı oluşturan etmenlerin tespitini sağlamaktır. Sazlıdere Baraj Gölü'nün mikrobiyolojik ve kimyasal kirlilik parametrelerinin tespiti çalışmaları Ağustos 2009 – Temmuz 2010 tarihleri arasında tamamlanmış ve seçilen 7 ayrı noktadan her ay örnek alınarak, toplam 112 su numunesinin mikrobiyolojik ve kimyasal analizleri Marmara Üniversitesi Doğa Bitkileri ve Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarında yapılmıştır.

Mikrobiyolojik analizler için her ay, kimyasal analizler için üç ayda bir su örneği alınmıştır. İndikatör mikroorganizmalar olan Toplam Koliform, Fekal Koliform ve Fekal Streptokok bakteriler “Membran Filtrasyon Tekniği” kullanılarak tespit edilmiştir.

Kimyasal kirliliği tespit etmek için pH, İletkenlik, TDS, Renk, Bulanıklık, Sıcaklık, Toplam Sertlik, Bikarbonat, Kalsiyum, Organik Madde, Amonyak, Nitrit, Nitrat, Fosfor, Fosfat, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Toplam Demir, Sülfat, Alüminyum, Nikel, Çinko, Toplam Krom, Bakır, Kurşun, Kadmiyum, Deterjan parametrelerinin analizleri yapılmıştır.

Araştırma neticesinde elde edilen değerler, Amerikan Çevre Koruma Ajansı ve T.C. Başbakanlık ve Çevre Müsteşarlığınca hazırlanan "Su Kirlilik Kontrol Yönetmeliği" içinde yer alan Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri standartlarıyla karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde mikrobiyolojik ve bazı kimyasal analizlerde standartların üzerinde değerlerle karşılaşmıştır. Bu tez çalışması Sazlıdere Baraj Gölü'nün bugünkü kirlilik durumunu ortaya koymaktadır.

TEMMUZ, 2011

Hasibe ŞİMŞEK

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE LEVEL OF MICROBIOLOGICAL AND CHEMICAL POLLUTION IN SAZLIDERE DAM LAKE

In this study were investigated the microbiological and chemical pollution levels of Sazlıdere Dam Lake. The aim of this thesis study is to determine the pollution and the source of pollution factors of Sazlıdere Dam Lake. The research for determination of the microbiological and chemical pollution parameters was started in August 2009 and completed in July 2010; and 112 waters samples taken from 7 selected locations on monthly basis were held subject to microbiological and chemical analysis at Goztepe Campus Laboratories of Marmara University Natural Plants and Water Products Research and Application Center.

The samples were taken on monthly for microbiological analysis and tri monthly for chemical analysis from the pre-designated sample locations. Bacteria types such as indicator microorganizms Total Coliform, Fecal Coliform and Fecal Streptococ have been found by the use of “Membrane Filtration Technique”.

Chemical analysis were carried out in order to determine chemical pollution parameters such as Ph, Conductivity, Total Dissolved Solids, Color, Turbidity, Temperature, Total Hardness, Bicarbonate, Calcium, Organic Substance, Ammonia, Nitrite, Nitrate, Phosphorus, Phosphate, Chemical Oxygen Demand, Biological Oxygen Demand, Total Iron, Sulfate, Aluminon, Nickel, Zinc, Total Chrome, Copper, Lead, Cadmium, Detergent.

All data obtained from this study were compared with Water Quality Criteria set by American Enviromental Protection Agency and the standarts set by quality criteria according to Inland Water Resources Classification and Limit Values for Euthropication Control in Lakes, Swamps, Dam Lakes depicted in Regulation for Water Pollution Control which was prepared by the Turkish Republic Ministry of Environment and Forestry.

When the results were analyzed, microbiological and some chemical aspects were exceeded the standard limits. This study shows the present pollution levels in Sazlıdere Dam Lake.

JULY, 2011

Hasibe ŞİMŞEK

SEMBOLLER

$^{\circ}\text{C}$:Santigrat derece
$^{\circ}\text{Fr}$:Fransız Sertlik Birimi
CH_4	:Metan
Cl^-	:Klor iyonu
CO_3^{-2}	:Karbonat İyonu
g/L	:Gram /Litre
g	:Gram
H^+	:Hidrojen İyonu
HCO_3^-	:Bikarbonat iyonu
H_2S	:Hidrojen sülfür
km^3	:Kilometreküp
m^3	:Metreküp
$\mu\text{g/L}$:Mikrogram/Litre
$\mu\text{s/cm}$:Mikrosimens/Santimetre
ms/cm	:Milisimens/Santimetre
μm	:Mikrometre
mL	:Mililitre
mg/L	:Miligram /Litre
Mg	:Magnezyum
N	:Normal
Na^+	:Sodyum İyonu
Nm	:Nanometre
NTU	:Bulanıklık birimi
OH^-	:Hidroksil İyonu
Pt-Co	:Platin-Kobalt

KISALTMALAR

APHA	:Amerikan Halk Sağlığı Birliği
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
ĐİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
DSİ	: Devlet Su İşleri
DSÖ	:Dünya Sağlık Örgütü
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
kob	: Koloni Oluşturma Birimi
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
NTU	: Bulanıklık Birimi
TDS	: Toplam Çözünmüş Madde
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü

ŞEKİLLER

	<u>SAYFA NO</u>
Şekil II.1 Su Döngüsü	11
Şekil II.2 Yeryüzündeki Suların Dağılımı.....	14
Şekil II.3 1900-2000 Yılları Arası Küresel Su Kullanımları.....	15
Şekil II.4 Türkiye'deki Su Potansiyeli.	17
Şekil II.5 Yaz Mevsiminde Göllerde Görülen Termal Tabakalaşma.....	25
Şekil II.6 Göllerdeki Termal Tabakalaşmanın Mevsimlere Göre Değişimi.....	26
Şekil II.7 Azotlu Bileşiklerde Zamana Bağlı Olarak Görülen Değişim.....	49
Şekil III.1 Sazlıdere Baraj Gölünün Coğrafi Konumu.....	66
Şekil III.2 Sazlıdere Baraj Gölü Uydu Görüntüsü	67
Şekil III.3 Sazlıdere Baraj Gölünü Besleyen Dereler	69
Şekil III.4 1985-2000 Yılları Arasında Sazlıdere Havzasında Nüfus Değişimi	74
Şekil III.5 Şamlar Ormanı	81
Şekil III.6 Sazlıdere Baraj Gölü Su Numunesi Alım Noktaları.....	83
Şekil III.7 1. Numune Alım Noktası (Şamlar Köyü) Uydu Görüntüsü.....	84
Şekil III.8 1. Numune Alım Noktası (Şamlar Köyü)	85
Şekil III.9 2. Numune Alım Noktası-Terkos Su Aktarım Bölgesi	86
Şekil III.10 Terkos Su Aktarım Kanalı	86
Şekil III.11 3. Numune Alım Noktası-Taşocağı	87
Şekil III.12 4. Numune Alım Noktası-Sazlıbosna Yolu	88
Şekil III.13 Sazlıbosna Yolu Üzerine Bırakılan Hayvansal Atıklar	88
Şekil III.14 5. Numune Alım Noktası-Sazlıbosna Köprü Üstü.....	89
Şekil III.15 6. Numune Alım Noktası	90
Şekil III.16 7. Numune Alım Noktası –Eski Edirne Asfaltı Köprü Üstü	91
Şekil III.17 E. coli'nin Endo Besiyerindeki Görünümü	97
Şekil III.18 Koliform Bakterilerinin Endo Besiyerindeki Görüntüsü.....	98

Şekil III.19 Fekal Koliform Bakterilerinin m-FC Besiyerindeki Görüntüsü	99
Şekil III.20 Fekal Koliform ve Toplam Koliform Bakterilerinin Karşılaştırmalı Görüntüsü.....	99
Şekil III.21 Fekal Streptokok Kolonilerinin Azide Besiyerindeki Görünümü	100
Şekil III.22 Fekal Streptokok Kolonilerinin Azide Besiyerindeki Görünümü	101
Şekil III.23 Sertlik Tayininde Çözeltilinin Erlenmayerdeki Görünümü	103
Şekil III.24 Kalitatif Olarak Yapılan Nitrit Tayini Görüntüsü	106
Şekil III.25 Kalitatif Olarak Yapılan Amonyak Tayininin Görüntüsü.....	107
Şekil III.26 Kalsiyum Tayininde Çözeltilinin Erlenmayerdeki Görüntüsü.....	108
Şekil III.27 Bikarbonat Tayininde Çözeltilinin Erlenmayerdeki Görüntüsü	109
Şekil III.28 Alüminyum Tayini Görüntüsü	111
Şekil III.29 Fosfor Tayini Görüntüsü	113
Şekil III.30 Çinko Tayini Görüntüsü	115
Şekil III.31 Kadmiyum Tayininin Ayırma Hunisindeki Görüntüsü	117
EK I-B Şekil 1 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Ölçülen Sıcaklık Değerleri.....	161
EK I-B Şekil 2 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Ölçülen pH Değerleri	161
EK I-B Şekil 3 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen İletkenlik Analiz Değerleri.....	162
EK I-B Şekil 4 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen TDS Analiz Değerleri	162
EK I-B Şekil 5 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Renk Analiz Sonuçları.....	163
EK I-B Şekil 6 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Bulanıklık Analiz Sonuçları	163
EK I-B Şekil 7 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Toplam Sertlik Analiz Sonuçları.....	164
EK I-B Şekil 8 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Bikarbonat Analiz Sonuçları	164
EK I-B Şekil 9 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Ölçülen Kalsiyum Değerleri	165
EK I-B Şekil 10 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Organik Madde Analiz Sonuçları.....	165

EK I-B Şekil 11 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen BOİ Analiz Sonuçları	166
EK I-B Şekil 12 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen KOİ Analiz Sonuçları.....	166
EK I-B Şekil 13 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Nitrit Analiz Sonuçları	167
EK I-B Şekil 14 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Nitrat Analiz Sonuçları.....	167
EK I-B Şekil 15 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Fosfor Analiz Sonuçları.....	168
EK I-B Şekil 16 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Fosfat Analiz Sonuçları	168
EK I-B Şekil 17 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Toplam Demir Analiz Sonuçları	169
EK I-B Şekil 18 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Sülfat Analiz Sonuçları	169
EK I-B Şekil 19 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Alüminyum Analiz Sonuçları.....	170
EK I-B Şekil 20 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Çinko Analiz Sonuçları	170
EK I-B Şekil 21 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Nikel Analiz Sonuçları	171
EK I-B Şekil 22 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Toplam Krom Analiz Sonuçları	171
EK I-B Şekil 23 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Bakır Analiz Sonuçları.....	172
EK I-B Şekil 24 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Kadmiyum Analiz Sonuçları	172
EK I-B Şekil 25 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Deterjan Analiz Sonuçları	173
EK II-B Şekil 1 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 1. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Koliform Bakteri Sayısı	178
EK II-B Şekil 2 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 2. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Koliform Bakteri Sayısı.....	178

EK II-B Şekil 3 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 3. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Koliform Bakteri Sayısı	179
EK II-B Şekil 4 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 4. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Koliform Bakteri Sayısı	179
EK II-B Şekil 5 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 5. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Koliform Bakteri Sayısı	180
EK II-B Şekil 6 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 6. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Koliform Bakteri Sayısı	180
EK II-B Şekil 7 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 7. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Koliform Bakteri Sayısı	181
EK II-C Şekil 1 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 1. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı	182
EK II-C Şekil 2 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 2. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı	182
EK II-C Şekil 3 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 3. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı	183
EK II-C Şekil 4 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 4. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı	183
EK II-C Şekil 5 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 5. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı	184
EK II-C Şekil 6 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 6. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı	184
EK II-C Şekil 7 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 7. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı	185
EK II-D Şekil 1 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 1. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı.....	186
EK II-D Şekil 2 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 2. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı.....	186
EK II-D Şekil 3 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 3. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı.....	187
EK II-D Şekil 4 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 4. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı.....	187
EK II-D Şekil 5 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 5. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı.....	188

EK II-D Şekil 6 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 6. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı.....	188
EK II-D Şekil 7 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 7. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı.....	189
EK III Şekil 1 Derelerin Birleşim Noktasında Su Yüzeyinde Görülen Alg Birikimi .	193
EK III Şekil 2 Sazlıbosna Yolu Üzerine Bırakılan Hayvansal Atıklar.....	193
EK III Şekil 3 Dere Ağzında Otlatılan Küçübaş Hayvanlar	194

TABLOLAR

	<u>SAYFA NO</u>
Tablo II.1 Yeryüzündeki Kullanılabilir Su Kaynakları Dağılımı	15
Tablo II.2 Türkiye'nin Su Kullanım Raporu	18
Tablo II.3 Suların Sertlik Derecelerine Göre Sınıflandırılması	44
Tablo II.4 Aerobik ve Anaerobik Ortamlarda Organik Maddelerin Parçalanması.....	46
Tablo III.1 Sazlıdere Baraj Gölü'nün Hidrolojik Özellikleri	68
Tablo III.2 Sazlıdere Havzasındaki Jeomorfolojik Şekillerin Alansal Dağılımı	71
Tablo III.3 Sazlıdere Havzasındaki Mevcut Arazi Dağılımı	73
Tablo III.4 Sazlıdere Havzasındaki Yerleşim Birimleri ve Alanları	75
Tablo III.5 Sazlıdere Havzasında Havza Koruma Alanları İçinde Bulunan Yerleşim Birimleri	75
Tablo III.6 Sazlıdere Havzasında Tarım Alanlarında Kullanılan Gübreler.....	76
Tablo III.7 Sazlıdere Havzasında Arazi Kullanım Şekilleri.....	77
Tablo III.8 Sazlıdere Havzasında Tüm Kaynaklarda Oluşan Kirletici Yükler ve Toplamı	79
Tablo III.9 Sazlıdere Havzasında Sadece Köylerden ve Diğer Tüm Yayılı Kaynaklardan Oluşan Kirletici Yükler ve Toplamı	80
Tablo III.10 BOİ Cihazında Ölçüm Yapılacak Numune Miktarı ve Çarpım Faktörleri	119
EK I-A Tablo 1 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Ölçülen Sıcaklık Değerleri.....	152
EK I-A Tablo 2 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Ölçülen pH Değerleri	152
EK I-A Tablo 3 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen İletkenlik Analiz Değerleri.....	153
EK I-A Tablo 4 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen TDS Analiz Değerleri.....	153
EK I-A Tablo 5 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Renk Analiz Sonuçları.....	153

EK I-A Tablo 6	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Bulanıklık Analiz Sonuçları	154
EK I-A Tablo 7	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Toplam Sertlik Analiz Sonuçları.....	154
EK I-A Tablo 8	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Bikarbonat Analiz Sonuçları	154
EK I-A Tablo 9	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Kalsiyum Analiz Sonuçları	155
EK I-A Tablo 10	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Organik Madde Analiz Sonuçları.....	155
EK I-A Tablo 11	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen BOİ Analiz Sonuçları	155
EK I-A Tablo 12	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen KOİ Analiz Sonuçları	156
EK I-A Tablo 13	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Nitrit Analiz Sonuçları	156
EK I-A Tablo 14	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Nitrat Analiz Sonuçları.....	156
EK I-A Tablo 15	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Fosfor Analiz Sonuçları.....	157
EK I-A Tablo 16	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Fosfat Analiz Sonuçları	157
EK I-A Tablo 17	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Toplam Demir Analiz Sonuçları	157
EK I-A Tablo 18	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Sülfat Analiz Sonuçları	158
EK I-A Tablo 19	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Alüminyum Analiz Sonuçları.....	158
EK I-A Tablo 20	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Çinko Analiz Sonuçları	158
EK I-A Tablo 21	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Nikel Analiz Sonuçları	159
EK I-A Tablo 22	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Toplam Krom Analiz Sonuçları	159

EK I-A Tablo 23	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Bakır Analiz Sonuçları	159
EK I-A Tablo 24	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Kadmiyum Analiz Sonuçları	160
EK I-A Tablo 25	Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Deterjan Analiz Sonuçları	160
EK II-A Tablo 1	Sazlıdere Baraj Gölü'nde 1. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı	174
EK II-A Tablo 2	Sazlıdere Baraj Gölü'nde 2. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı	174
EK II-A Tablo 3	Sazlıdere Baraj Gölü'nde 3. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı	175
EK II-A Tablo 4	Sazlıdere Baraj Gölü'nde 4. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı	175
EK II-A Tablo 5	Sazlıdere Baraj Gölü'nde 5. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı	176
EK II-A Tablo 6	Sazlıdere Baraj Gölü'nde 6. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı	176
EK II-A Tablo 7	Sazlıdere Baraj Gölü'nde 7. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı	177
EK III Tablo 1	Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.....	190
EK III Tablo 2	Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal ve Toksik Elementlerin Konsantrasyonları	191
EK III Tablo 3	Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametreleri	192
EK III Tablo 4	Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri	192

BÖLÜM I

GİRİŞ VE AMAÇ

Uygarlığın gelişmesi insanoğluna daha iyi yaşam koşulları sağladığı gibi kaçınılmaz sorunları da beraberinde getirmiştir. Çevre sorunları bunların en önemlilerinden biridir. Canlıların yaşaması için zorunlu olan su, hava ve toprak kaynaklarının sınırlı oluşu ve bunların insanlar tarafından sürekli değişime uğratılması çevre sorunlarının doğmasına neden olmuştur [38].

Günümüzde çevre sorunlarının küresel olduğu ve bu sorunlar ile ilgili gerekli önlemler tüm ülkeler tarafından alınmadığı taktir de, insan türünün geleceğinin bile tehlikeye gireceği herkes tarafından bilinmektedir. Küresel çevre sorunlarından özellikle nüfus artışı, doğal kaynak ve arazi kullanımı ile çevre kirlenmesi sorunları giderek büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Dünyadaki ekosistemler hassas dengeler şeklinde olduğundan, çevresel sorunların etkisiyle meydana gelen olumsuzluklardan tüm canlılarla beraber insan da etkilenmektedir. Canlı doğal kaynaklarımızdan olan bitki, hayvan ve mikroorganizmaların devamlılığı, temiz hava, toprak ve suyun varlığına bağlıdır [4].

İnsanların her türlü aktivitesi sonucu havada, suda ve toprakta oluşan, olumsuz gelişmeleriyle ekolojik dengenin bozulmasına neden olan ve aynı aktiviteler sonucunda ortaya çıkan koku, gürültü ve atıkların çevrede oluşturduğu arzu edilmeyen sonuçlar "Çevre Kirlenmesi" olarak tanımlanır. Çevre sorunları çok eskiden beri var olmasına karşın tanınması ve anlaşılması çok uzun bir süre gerektirmiştir. Çevre kirlenmesi genelde; hava kirlenmesi, su kirlenmesi, toprak kirlenmesi, ses ve gürültü kirlenmesi, erozyon, plansız kentleşme ve yeşil alanların azaltılması şeklinde gruplandırılabilir. Tarihi süreç içerisinde insan nüfusunda görülen artış, fert başına tüketilen maddelerin fazlaşmasına yol açmış bunun sonucunda da insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan kirleticilerin cins ve miktarları artarak çeşitli şekillerde çevreye verilmiştir. 2000'li yıllarda özellikle mikro kirleticiler dikkat çekmeye başlamıştır. Dolayısıyla çevre kirlenmesinin kaynağı olan insan, bugün çevre sorunlarını ulusal ve uluslararası düzeye taşıyarak,

kirlenmenin kontrol altına alınıp iyileştirilmesi, bireylerin konu ile ilgili olarak bilinçlendirilip, yasalar nezdinde kontrol edilmesine çaba sarf etmektedir [2].

İnsanların üretim ve tüketim faaliyetlerinin nedeni yaşamsal ve ekonomiktir. Ekonomik üretim ve tüketim döngülerinin her aşamasında katı, sıvı ve gaz halinde atıklar ve atık enerji açığa çıkmaktadır. Bu atıklar; su, atmosfer ve toprak ortamlarında kirlenmeye ve denge bozulmalarına neden olabilmektedir. İnsanlar, yaşamsal ve ekonomik gereksinimleri için suyu hidrolojik çevrimden alırlar ve kullandıktan sonra tekrar aynı döngüye iade ederler. Bu işlemler sırasında suya karışan maddeler suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek, "su kirliliği" olarak adlandırılan olguyu ortaya çıkarırlar. Artan nüfus ve gelişen endüstrileşme sonucunda yoğunlaşan su kullanımı, su kirliliğini hızlandıran bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır [7].

Su yeryüzünde canlı hayatının devamı açısından vazgeçilmez bir unsur, endüstriyel gelişim ve kalkınmaların ise en temel ögesidir. Tüm dünyada su kaynaklarının etkin bir biçimde korunması geliştirilmesi, yönetilmesi ve kullanılması ile bu konuda toplumun tüm kesimlerinde bilinç ve duyarlılığın artırılması hususu 21. yüzyılın en önemli meselelerinden biri haline gelmiştir [16].

Yeryüzünün $\frac{3}{4}$ 'ünün sularla kaplı olması, dünyada su bolluğu olduğu görünümü veriyorsa da, içilebilir nitelikteki su oranı ancak % 0.74 civarındadır. 18. yüzyılın son çeyreğinde, Sanayi Devrimi başlangıcında 1 milyar olan dünya nüfusu, 1950 yılında 2.5 milyar, 2005 sonunda ise yaklaşık 6.5 milyara ulaşmıştır. Dünya nüfusunun çok hızlı artışı, sanayi ve teknolojinin aşırı gelişmesi, ayrıca çevre bilincinin yeterince yerleşmemesi veya yaygınlaşmaması gibi nedenler dünyada içilebilir su miktarının giderek azalmasına sebep olmaktadır. Bunların yanı sıra, içilebilir su kaynaklarının sorumsuzca kirletilmesi, geri dönüşümü olanaksız sorunların yaşanmasına zemin hazırlamaktadır [5].

Türkiye'nin kullanılabilir toplam su kaynakları potansiyeli yılda yaklaşık 104,5 milyar metreküptür. Bunun yıllık 95 milyar m³ yüzeysel su kaynaklarından, 9,5 milyar m³'ü de yeraltı suyu kaynaklarından oluşmaktadır. Nüfus artışı, kentleşme, sanayi kuruluşlarının yoğunlaşması, tarım alanlarının kullanım biçimleri son yıllarda su gereksinimini hızla artırmıştır. Oysa kullanılabilir su miktarı kısıtlıdır. Bu nedenle, kullanılabilir su kaynaklarının korunması ve en yararlı şekilde kullanılmasının sağlanması büyük önem kazanmıştır. Bir kullanım alanı için uygun olarak nitelendirilebilen su, bir değer kullanım amacı için uygun olmayabilir. Her kullanım

alanının, kendi özel hedef ve standartlarını da beraber getirmeleri doğaldır. Bu nedenle, insan sağlığını doğrudan etkileyen kirlenmenin yanı sıra, suyun faydalı bir kullanımının olumsuz yönde etkilenmesi de kirlenme olarak tanımlanabilir. Yerüstü su kaynaklarının her geçen gün artan bir hızla konutsal, tarımsal ve özellikle sanayi atıkları ile kirlendiği, sonuç olarak halk sağlığının ciddi bir şekilde tehdit edildiği ve suların ekonomik değerinin yitirildiği bilinen bir gerçektir. Ayrıca, su kaynaklarının kontrolsüz kullanımı da su kalitesinin değişimine neden olmaktadır [25].

Ülkemizde hızlı nüfus artışıyla kişi başına düşen alanın azalması başta olmak üzere sanayinin yaygınlaşması, tarımın makineleşmesi, çevrenin dolayısıyla suların kirlenmesinde önde gelen etmenlerdir. Bunların hepsinden önemlisi ise insanların genelde çevre koşullarının yaşam için taşıdığı önemi yeterince algılayamamalarından kaynaklanmaktadır. Ülkemizde birçok nedenden dolayı kontrol altında tutulamayan evsel, endüstriyel ve tarımsal etkinlikler sonucu, günümüzde pek çok su havzasında kirliliğin önemli boyutlara ulaştığı bilinmektedir [5].

İstanbul, 10 milyonu aşan nüfusuyla ülkemizin en büyük kentidir. Bugün, İstanbul'daki en önemli sorunlardan bir tanesi de su sorunudur. İstanbul'daki su kaynaklarına göz atıldığında bu kaynakların önemli bir kısmının halen yerleşim alanlarıyla çevrili kaynaklar olduğu görülmektedir [12].

İstanbul'da havza içerisinde çok sayıda dere yatağının bulunması ve sanayilerin bunları su kaynağı olarak kullanmaları nedeniyle bu alanlar sanayi kuruluşları için çekici olmakta, böylelikle havzaların içerisinde ve etrafında bulunan büyük iş potansiyeline sahip organize sanayi bölgeleri ve sanayi kuruluşları nüfus artışı ve yerleşimi körüklemektedir. Özellikle son yıllardaki yerleşim seçimlerinin su kaynaklarının çevresinde olması, çevre yollarının bölgeye sağladığı kolay ulaşımın da etkisiyle havzalarda bulunan nüfusun hızla büyümesine ve kaçak yapılaşma eğiliminin çevresindeki orman alanlarına doğru yayılmasına neden olmaktadır [12].

Çalışma alanımız olan Sazlıdere Baraj Gölü bir alt havza olarak Küçükçekmece Havzası içerisinde bulunmaktadır. Havza, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre içme suyu kaynağı statüsünde korunmaktadır.

Havzadaki yerleşimlerde, atık su kanalizasyon sistemine bağlananlar hariç, yağmur suları arazi eğimi istikametinde cadde ve sokak yüzeylerinden akarak kuru derelere ulaşmakta ve oradan göle karışmaktadır. Ayrıca Sazlıdere Havzası'nda bulunan derelerin büyük çoğunluğu otlaklardan ve zirai alanlardan geçmektedir. Bu derelere, ziraat ve hayvancılık yapılan alanlardan yağış sularının etkisiyle gübre ve

zirai ilaç artıkları karışmaktadır. Sazlıdere Havzası'nda bulunan dere yatakları meskûn bölgeler için birer yağmur suyu toplayıcısıdır. Dolayısıyla içme suyu kaynağı olan bu barajların korunması için yağmur suyunu ve kontrolsüz akan atık suları baraja taşıyan bu derelerin kirlenmeye karşı korunması gerekmektedir [12].

Bu tez çalışmasında, İstanbul'un önemli su kaynaklarından olan Sazlıdere Baraj Gölü'nün, kimyasal ve mikrobiyolojik kirlilik düzeyleri yönünden araştırılması ve kirlilik kaynağı olan etmenlerin saptanması hedeflenmiştir. Ayrıca elde edilecek bulguların, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa Komitesi, Türk Standartları Enstitüsü ve Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı standartlarıyla karşılaştırılarak Sazlıdere Baraj Gölü'nün bugün ki kirlilik durumunun ortaya konulması amaçlanmıştır.

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

II.1. ÇEVRE KİRLİLİĞİ

Canlı varlıkların tümü, organik ve inorganik maddelerden oluşmuş belli bir ortam içerisinde yaşantılarını sürdürürler ve bu ortamın unsurlarıyla karşılıklı iletişim içindedirler. Ekolojistler çevre tanımını “Belirli bir yaşam mekânında etkili olan biyolojik, fiziksel ve kimyasal faktörlerin bütünlüğüdür” şeklinde tanımlarlar [37].

Çevre; dünya üzerinde yaşamını sürdüren canlılarının hayatları boyunca ilişkilerini sürdürdüğü dış ortamdır. Diğer bir deyişle bu Ekosistem olarak tanımlanabilir. Hava, su ve toprak bu çevrenin fiziksel unsurlarını, insan, hayvan, bitki ve diğer mikroorganizmalar ise biyolojik unsurlarını teşkil etmektedir. Yaşam ve çevre birbirlerine bağlı iki önemli unsurdur. Çevre ve canlı yaşamı birbirine bağlı, ayırt edilemez ve birinin eksikliğinde düşünülemez iki kavramdır [66].

İnsanların her türlü aktiviteleri sonucu havada, suda ve toprakta oluşan olumsuz gelişmeleriyle ekolojik dengenin bozulmasına neden olan ve aynı aktiviteler sonucunda ortaya çıkan koku, gürültü ve atıkların çevrede oluşturduğu arzu edilmeyen sonuçlar ”Çevre Kirlenmesi” olarak tanımlanır [54].

Ekolojistler, sistemin dengesini bozan her şeye kirleticici gözüyle bakmışlar, mühendisler ise kirlenmeyi insanların sebep olduğu kalite değişimleri ile su, hava ve toprak kriterlerinin, bugünkü veya gelecekteki faydalı maksatlar için, kullanılabilirliğine zarar verilmesi olarak tanımlamışlardır [2].

Tarihi süreç içerisinde insan nüfusunda görülen artış, fert başına tüketilen maddelerin fazlaşmasına yol açmış bunun sonucunda da insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan kirleticilerin cins ve miktarları artarak çeşitli şekillerde çevreye verilmiştir. 2000’li yıllarda özellikle mikro kirleticiler dikkat çekmeye başlamıştır. Dolayısıyla çevre kirlenmesinin kaynağı olan insan, bugün çevre sorunlarını ulusal ve uluslararası düzeye taşıyarak, kirlenmenin kontrol altına alınıp iyileştirilmesi bireylerin konu ile ilgili olarak bilinçlendirilip, yasalar nezdinde kontrol edilmesine çaba sarf etmektedir [2].

II.1.1. Çevre Kirliliğine Yol Açan Temel Faktörler

Ekosistemde var olan bütün şartlar birbirlerine zincirleme olarak bağlıdır. Bu noktada bir tanımlama yapmak gerekirse çevre sorunları sanayileşme, kentleşme, teknolojik gelişme ve hızlı nüfus artışı sonucunda ortaya çıkan ve bütün canlıları olumsuz yönde etkileyen, onların yaşamlarını tehlikeye sokan, doğal yapının bozulması sebebi ile insanlarda ruhsal, sosyal ve fizyolojik problemler doğmasına yol açan bir değişme ve bozulma olarak ifade edilmektedir [8].

Günümüzde insanlığı tedirgin eden pek çok çevre sorunu bulunmaktadır. Bunların başlıcalarını; toprak erozyonu, orman alanlarının tahrip edilmesi, enerji kaynaklarının azalması, biyolojik çeşitliliği oluşturan bazı bitki ve hayvan türlerinin yok olması, ekoloji ve ekosistem dengelerinin bozulması, hava, su ve toprak kirliliği, iklim değişiklikleri, uluslararası kirlilik transferleri, nükleer kirlenme, gürültü kirliliği v.b şeklinde sıralamak mümkündür [29].

Çevre kirliliğine yol açan temel faktörler dört grupta incelenmektedir. Bunlar;

- Hızlı nüfus artışı,
- Plansız kentleşme,
- Plansız endüstrileşme,
- Doğal kaynakların ölçsüz kullanılmasıdır [66].

Gelişmiş ülkelerde çevre sorunları zenginlikten doğan sorunlar iken, gelişmekte olan ülkelerdeki sorunlar yoksulluktan kaynaklanmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde bir yandan ülkenin ulaştığı üretim düzeyi, üretimde kullandığı teknolojiler ve tüketim biçimi nedeni ile yarattığı çevre kirlenmesinin ulaştığı kritik sınırlar, diğer yandan doğal kaynaklara olan talebin gelişme düzeyi nedeni ile artması bu ülkelerde çevre sorunlarının gündeme gelmesine yol açmıştır. Gelişmiş ülkelerde üretim sırasında sanayide fazla miktarda kullanılan su çeşitli kimyasallarla önemli ölçüde kirlenirken; çeşitli sanayi kuruluşlarının havaya bıraktıkları çok çeşitli türde ve miktarda kirletici de havanın kirlenmesine neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı çevre kirlenmesi sorunları ile ilk kez gelişmiş ülkelerde karşılaşmıştır [29].

Gelişmekte olan ülkelerin çevre sorunları düşük gelir düzeyi, geri kalmış teknolojiyi kullanma ya da yetersiz üretim nedeni ile ortaya çıkmaktadır. Kırsal alanlarda ve hızla büyüyen kentlerde yeterince sağlıklı içme ve kullanma suyunun bulunmaması, kanalizasyon atıkları toplama sisteminin yetersiz olması nedeni ile yayılan salgın hastalıklar, hızla artan nüfus, gelişmiş tarımsal üretim teknolojisinin

kullanılması nedeni ile orman ve meraların tarımsal alana dönüştürülmesi, erozyon vb. temel sorunları ortaya çıkarmaktadır [29].

II.1.2. Çevre Kirliliğinin Sınıflandırılması

Çevrenin temel unsurlarından olan doğa, kendine has fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahiptir. Dolayısıyla, çevre kirlenmesinin sınıflandırılması da bu özelliklere göre yapılır [47].

II.1.2.1. Fiziksel Kirlenme

Çevreyi meydana getiren toprak, su ve havanın yani fiziksel unsurların fiziksel özelliklerinin tamamının veya bir kısmının insana bağlı olarak, insan, hayvan ve bitki sağlığını tehdit edecek ve bu durumu olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulması, değişmesi ve uyum sağlayamaması olayıdır. Örneğin; çeşitli fabrika atıklarının akarsu ve göllere boşaltılması, doğal erozyon ile toprakların göl ve denizlere taşınması açık kahverenginden, kırmızı siyaha kadar değişen renk almasına neden olmaktadır. Bu olay suların fiziksel kirlenmesidir. Bu durum ise balıkları ve ortam ekosistemini olumsuz yönde etkilemektedir [47].

II.1.2.2. Kimyasal Kirlenme

Doğal çevreyi oluşturan unsurların kimyasal özelliklerinin gene insan faaliyetleri sonucu ya da doğal nedenler sonucu canlıların hayati faaliyetlerini ve aktivitelerini olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulmasıdır. Örneğin; çeşitli fabrika katı ve sıvı atıklarının verimli tarım arazilerine veya akarsu ve nehirlerle boşaltılması söz konusu tarım topraklarının, akarsu ve göllerinin zararlı ağır metallere kirlenerek kimyasal kirlenmeye maruz kaldığını gösterir [47].

II.1.2.3. Biyolojik Kirlenme

Doğal ortamı oluşturan toprak, hava ve suyun çeşitli mikroorganizmalarla veya o ortama dış etkenler tarafından çeşitli mikroorganizmalar içeren bir deşarj yapılması dolayısıyla mikrobiyolojik yapının bozulması mikrobiyal kirlenmeyi, aynı ortamların mikroorganizmalarla kirlenmesi ise biyolojik kirlenmeyi tanımlar. Örneğin, tarım alanlarının kanalizasyon suyu ile sulanması veya kanalizasyon sularının akarsu, göl ve denizlere boşaltılması ile kanalizasyon sularında bulunan hastalık yapıcı

mikroorganizmalar toprağa, suya ve atmosfere geçerek bu ortamların mikrobiyolojik kirlenmesine yol açar [47].

II.1.3. Çevre Unsurlarına Göre Çevre Kirliliği Çeşitleri

Çevre kirliliklerinin oluşmasındaki temel neden, doğanın insan etkinlikleri sonucunda ortaya çıkan atıkları, kendiliğinden giderme yeteneğinin üzerine çıkmasıdır. Bu atıklar hava, su ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini bozmaktadır. Biyosferde çok yönlü bir etkileşim bulunduğundan hava, su ve topraktan herhangi birisinde ortaya çıkan kirlenme diğerlerine de taşınabilmekte ve zararı daha da artırmaktadır [28].

Çevre unsuruna göre çevre kirliliği çeşitleri şu başlıklar altında incelenmektedir;

- Hava Kirliliği,
- Toprak Kirliliği,
- Su Kirliliği,
- Isıl (Termal) Kirlilik,
- Radyoaktif Kirlilik,
- Gıda Kirliliği,
- Gürültü Kirliliği,
- Elektromanyetik Kirlilik,
- Görüntü Kirliliği,
- Işık Kirliliği [76].

II.2. SU VE SUYUN ÖNEMİ

Su, kimyasal olarak hidrojen ve oksijen elementlerinden oluşan, katı, sıvı ve gaz halde bulunabilen bir maddedir. Yaşamın kaynağı su, tüm canlı organizmalardaki temel unsurdur. En küçük canlı organizmadan en büyük canlı varlığa kadar, bütün biyolojik yaşamı ve bütün insan faaliyetlerini ayakta tutan sudur [24].

Normal koşul olarak kabul edilen 25°C'de sıvı halde bulunan suyun donma noktası 0°C ve kaynama noktası da 100°C 'dir. Ancak su, buharlaşmak için her zaman 100°C'de kaynamayı da beklemez. Moleküler yapısı nedeniyle her sıcaklıkta buharlaşabilen su, dünya üzerinde her üç halinde de gözlenebiliyor [13].

Diğer sıvılarla karşılaştırıldığında suyun yüzeysel gerilimi oldukça yüksektir. Bu özellik suyun birçok özelliğini etkilemektedir. Bilinen sıvılar içerisinde katı biçimi sıvı biçiminden daha az yoğun olan maddedir. Donduğunda meydana gelen %8 civarındaki genişlemeye bağlı olarak yoğunluğu düşer. Eğer suyun bu özelliği olmasaydı su donduğunda dibe çökecek ve biyosfer bugün olduğundan daha farklı bir yapıda olacaktır. Bu durumda sucul yaşamın olması mümkün değildi. Suyun donma özelliği hücrelerin donmasına bağlı olarak parçalanmalarının nedenidir. Su güneş ışınlarını geçirdiğinden canlıların su içerisinde veya derinliklerinde yaşaması mümkün olmaktadır [26].

Karbondioksit, argon, ozon, helyum gibi diğer bazı gazlarla birlikte atmosferimizin %1'lik bölümünü oluşturan su buharı, Dünya'nın farklı bölgelerinde, iklim koşullarına bağlı olarak farklı oranlarda bulunur. Deniz seviyesinden yükseğe çıktıkça oransal olarak azalma gösteren atmosferik su buharının %99'u atmosferimizin en alt tabakası olan troposferde bulunuyor. Atmosferdeki su buharının en önemli rolüyse, özellikle kızılötesi dalga boyundaki güneş ışınlarının %70'ini soğurmasıdır. Dünyamızın kabuğunun yaklaşık 3/4'ünü kaplayan suyun %2'lik bölümü, kutuplarda donmuş halde bulunuyor [13].

Su, yalnızca canlılığa ev sahipliği yapmaz; aynı zamanda canlılığın temel kaynağıdır. Su yaşamsal vücut olaylarının sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir maddedir. Bunun nedeni, suyun iyi bir çözücü ve iletici olması, enzimlerin işleyişi için son derece uygun koşullar sağlaması ve dolayısıyla da kimyasal tepkimeler için en elverişli ortam özelliğini taşımasıdır [13]. Vücudumuzda çeşitli yaş gruplarına göre farklılıklar göstermekle birlikte ortalama %70 oranında su vardır. Hücre metabolizmasının meydana geldiği sitoplazma, besin öğelerinin hücrelere kadar ulaşmasını ve atıkların hücrelerden uzaklaştırılmasını sağlayan kan, sudan oluşmuş bir ortamdır. Vücuttaki bütün düzeylerde gaz ve besin öğelerinin değişiminde de suyun önemi çok fazladır. Fizyolojik olaylar susuz ortamda sürdürülemez. Kimi hastalıkların yaşamsal tehlike yaratmaları hücrelerin susuz kalmasına yol açmaları nedeniyledir. Kısacası gerek hücre, gerek doku, gerek organ ve gerekse sistem düzeyinde bütün yaşamsal olaylar suya bağımlıdır. Susuz ortamda canlılık olaylar sürdürülemez [25].

İnsan kullanımı, ekosistem kullanımı, ekonomik kalkınma, enerji üretimi, ulusal güvenlik gibi suyun gerekli olduğu birçok sektör vardır. Ancak, özellikle son 20 yıl içerisinde artan nüfus ve bunun sonucu olarak artan su talebi, küresel bir su

krizini gündeme getirmiş, ekonomik, politik ve çevresel konulardaki mücadeleler ve çekişmeler çok daha yaygın ve ciddi boyutlara ulaşmıştır. Su kaynakları; miktar, kalite ve tüm diğer sektörel kullanımlar açısından birçok ciddi sorunla karşı karşıyadır. 1940 yılında dünyadaki toplam su tüketimi yılda 1000 km³ civarındayken, bu miktar 1960 yılında ikiye katlanmış, 1990 yılında tekrar ikiye katlanarak 4130 km³'e ulaşmıştır. Bu suyun % 70'i tarımsal sulama amaçlı, % 10'u içme-kullanma suyu olarak, % 20'si ise sanayi sektöründe kullanılmıştır. Dünyada kullanılabilir suyun dengeli dağıldığını söylemek çok zordur. Bu nedenledir ki günümüzde dünya nüfusunun 1/3'ü yeterli ve sağlıklı su kaynaklarına sahip olamadıkları için su sıkıntıları yaşamaktadırlar. Bugün pek çok insan tatlı su kaynaklarının, dünyada insanlığın yararına sunulmuş sonsuz bir doğal kaynak olduğunu düşünmektedir. Oysa sonlu bir doğal kaynak olan tatlı su, yaşayan bir gezegen olan dünyamızın vazgeçilmez bir parçasıdır. İnsanlık tarihinden çok daha önce, milyarlarca yıldır yer kürede bulunan su insanlık tarihi boyunca doğanın işlevsel, dinamik bir parçası olarak milyarlarca yıl daha varlığını sürdürecektir [74].

II.3. SU DÖNGÜSÜ

Dünya'daki suyun nereden geldiği, yanıtı en çok merak edilen sorulardan biridir. Bu sorunun yanıtının peşinde olan bilim insanları, Dünya'nın ilk zamanlarında, suyun iki temel etkenle ortaya çıktığına inanıyorlar. Birincisi, yanardağlardan fışkıran gazlarla birlikte su buharının da çıkması ve bu su buharının bulutlar, ardından da yağmuru oluşturması; ikincisi de buzlardan oluşan küçük kuyruklu yıldızların ve donmuş asteroitlerin Dünya'ya çarpmalarıdır. O zamanlardan bugüne değin geçen yaklaşık 4 milyar yıl süresince su, Dünya'da bulunmaktadır. Suyun, Dünya'daki bu uzun süreli ve kalıcı varlığının en önemli nedeni de bir "su döngüsünün" olmasıdır [13].

Suyun yeryüzünde, buharlaşma, yağış, yeraltına süzülme, kaynak ve akarsu olarak tekrar çıkma, bir göl veya denize akma gibi hareketlerine su döngüsü denir. Bu hareketlerle su bir rezervuardan diğerine taşınır veya aktarılır. Bu hareketlerde su üç halde de (katı, sıvı veya gaz) bulunabilir [79].



Şekil II.1. Su Döngüsü [64]

Yeryüzüne düşen yağmur, kar, dolu, kırağı vb. yoluyla oluşan sular ya arazi üzerinden akarken buharlaşır ya da bitkiler tarafından alınır ve sonra bitkilerin yeşil kısımlarından terleme (transpiration) ile tekrar dışarı çıkar ve buharlaşır. Bu suyun "Kısa Dolaşım" yapması ve yağışın tekrar atmosfere dönmesi olayıdır. Aynı şekilde oluşan suların bir kısmı ise yüzeyde akar ve çeşitli akarsuları oluşturur. Diğer bir kısmı da yeraltına sızar, buralarda birikir ve "Yeraltısularını" oluşturur. Yeraltına sızan bu sular boşlukları ve çatlakları doldurur, çatlak ve kırıklar boyunca derinlere kadar gider ya da bir noktadan "Kaynak" şeklinde yeryüzüne yeniden çıkar. Bu şekilde su daha uzun yollu "Büyük Dolaşım" yapmış olur. Suyun çeşitli şekillerde yapmış olduğu bu dolaşımlara "Hidrolojik Dolaşım" ya da su döngüsü denir (Şekil II.1) [25].

Okyanuslar, denizler, karalar, bitkiler ve hava arasındaki su alışverişi yeryüzünde yaşamın var olmasını sağlayan koşulları sürekli kılar. Yeryüzünden buharlaşan su yükselir, atmosferdeki miktarı yeterli düzeye eriştiği veya soğuduğu zaman yoğunlaşarak önce bulut oluşur, sonra sıvı (yağmur) veya katı olarak yeryüzüne döner. Eğer yağış, okyanus veya karların üzerindeki su kütleleri üzerinde olursa, buralara ulaşan su, döngü için hazırdır. Yağış karlar üzerinde ise, yine yağış

suyunun büyük bir kısmı karmaşık bir yoldan geçerek okyanuslara döner ve su döngüsünün ilk ayağının oluşturur [30].

Hidrolojik döngü, birbirini etkileyen bir seri karmaşık mekanizmalar zinciri sonucu oluşmaktadır. Örneğin; yağış sırasında suyun bir kısmı yere ulaşmadan buharlaşarak atmosfere geri dönmektedir. Bir diğer kısmı bitkinin dal, gövde ve yaprakları tarafından yeryüzüne ulaşmadan tutulmakta bir diğer kısmı da toprağa inmektedir. Yağış sırasında doğrudan toprağa inen su ile bitkiler tarafından tutulan ve bir süre sonra toprağa damlama yolu ile verilen su, değişik yollardan yeraltına sızarak yeraltı suyunu oluşturur. Bu suyun bir kısmı kaynaklarla yeryüzüne çıkmakta, arta kalanı yeraltı suyu ve gölcükler haline gelmektedir. Değişmez bir kural olarak yeraltı suyu yavaş yavaş ve er geç denize kavuşmaktadır. Yine kara üzerindeki bitkiler, kökleri aracılığıyla suyu gövdelerine, dallarına ve yapraklarına taşımakta, yapraklardaki gözenekler aracılığıyla da terleme yoluyla atmosfer vermektedir. Atmosferde daima çok miktarda su buharı bulunmamasına rağmen, her zaman yağış olmamaktadır. Görülen yağışın nedeni, herhangi bir zamanda atmosfere verilen ve atmosferdeki mevcut su buharına göre önemsiz sayılabilecek miktardaki su buharıdır. Dolayısıyla su döngüsünün devamı için yeryüzünden buharlaşmanın devam etmesi gereklidir [30].

II.3.1. Su Döngüsünü Oluşturan Basamaklar

Su döngüsünde suyun hareket etmesini sağlayan beş değişik olay vardır:

- Yoğunlaşma
- Yağış
- Toprağa geçiş
- Yüzeysel akıntı
- Buharlaşma

II.3.1.1. Yoğunlaşma

Suyun buhar formundan sıvı formuna değişim sürecidir. Havadaki su buharı konveksiyon yardımıyla artar. Ilık-nemli hava yükselirken soğuk hava aşağı doğru hareket eder. Ilık hava yükseldikçe sıcaklığı azalır enerjisini kaybettiğinden gaz halden sıvı veya katı (kar veya dolu) haline döner [30].

II.3.1.2. Yağış

Yağmur, sulusepken kar, kar veya dolu olarak bulutlardan salınan sudur. Atmosferde yoğunlaştığı, atmosferik hava akımında kalmasının zorlaştığı durumda su buharından sonra yağış meydana gelir [30].

II.3.1.3. Toprağa geçiş

Dünya yüzeyine erişen yağışların bir kısmı toprağa sızar ve yeraltı sularını meydana getirirler. Toprağa sızan su miktarı, toprağın eğimi, bitkilerin tipi ve miktarı, toprağın su ile doymuş olup olmamasına bağlı olarak değişir. Yüzeyde büyük yarıklar, delikler bulunması, toprağa su geçişini kolaylaştırır [30].

II.3.1.4. Yüzeysel akıntı

Çok fazla yağış olduğunda, toprak suya doyar ve suyun fazlasını alamaz. Kalan su toprağın yüzeyinden akar. Suyun toprağa emilemeyen kısmı yüzey suları olarak isimlendirilir. Yüzeysel sular kar ve buzların erimesiyle de oluşabilir. Yüzey suları çaylara, derelere ve nehirlerle akar. Yüzey suları daima daha alçak noktalara doğru taşınır, dolayısıyla okyanuslara karışır [30].

II.3.1.5. Buharlaşma

Bitkilerin nemlenmesiyle ve toprağın buharlaşmasıyla oluşan sudur. Buharlaşma, atmosfere yeniden giren su buharıdır. Buharlaşma, buhar olarak atmosfer içinde artmaya başlayan su moleküllerinin neden olduğu güneş enerjisinin suyu ısıttığı durumda oluşur [30].

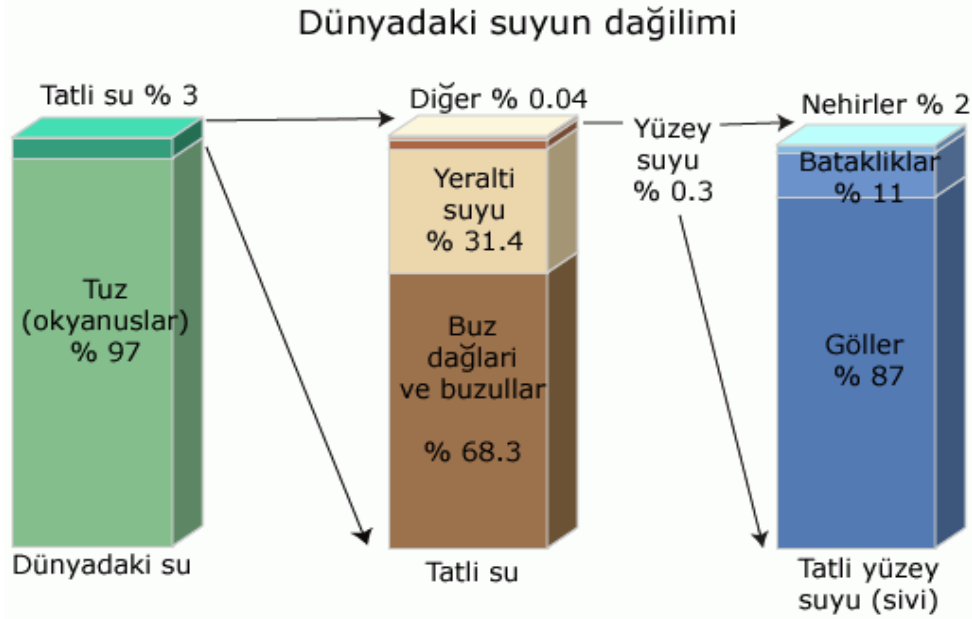
II.4. YERYÜZÜNDEKİ SU POTANSİYELİ VE DAĞILIMI

Su kaynakları son yıllarda bütün dünyada sürekli olarak artan bir öneme sahip olmaktadır. Temiz su kaynaklarının tükenmesinin 21. yüzyılın en önemli sorunlarından birisi olacağı belirtiliyor [51].

Dünya yüzeyine yağışla düşen su miktarı yılda ortalama yaklaşık olarak 100.000km^3 olup, yaklaşık 40.000 km^3 'ü akışa geçerek nehirler vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere ulaşmaktadır. Bu miktarın 9.000 km^3 'ü ise teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir durumdadır [63].

Yeryüzünün $\frac{3}{4}$ 'ünün sularla kaplı olması, dünyada su bolluğu olduğu görünümü veriyorsa da, içilebilir nitelikteki su oranı ancak % 0.74 civarındadır. 18.

yüzyılın son çeyreğinde, Sanayi Devrimi başlangıcında 1 milyar olan dünya nüfusu, 1950 yılında 2.5 milyar, 2005 sonunda ise yaklaşık 6.5 milyara ulaşmıştır. Dünya nüfusunun çok hızlı artışı, sanayi ve teknolojinin aşırı gelişmesi, ayrıca çevre bilincinin yeterince yerleşmemesi veya yaygınlaşmaması gibi nedenler dünyada içilebilir su miktarının giderek azalmasına sebep olmaktadır. Bunların yanı sıra, içilebilir su kaynaklarının sorumsuzca kirletilmesi, geri dönüşümü olanaksız sorunların yaşanmasına zemin hazırlamaktadır [5].



Şekil II.2 Yeryüzündeki Suların Dağılımı [68]

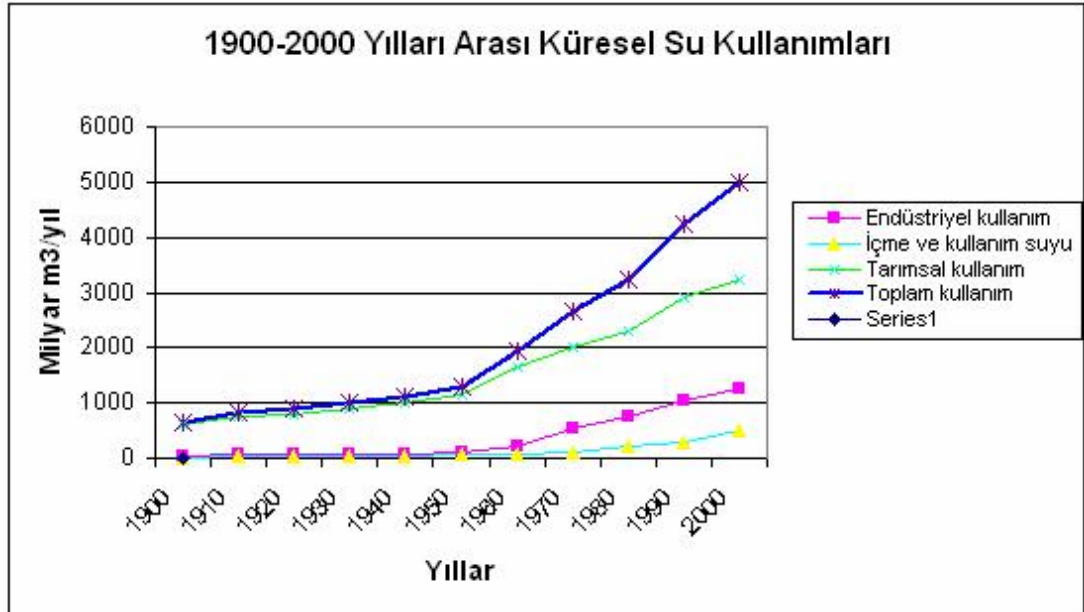
510 milyon km² alana sahip yeryüzünde toplam su miktarı 1.2 milyar km³'tür. Bu suyun yaklaşık olarak % 97'sini deniz ve okyanuslardaki tuzlu sular oluşturmaktadır. Geriye kalan % 3'lük kısım ise tatlı sulara aittir. Ancak bu tatlı suların çok küçük bir kısmından yararlanılabilmektedir. Tatlı suların % 68'ini (tüm suların % 2,39'u) buzullar, % 31'ini (tüm suların %0,6'sı) yeraltı suları ve %1'ini (tüm suların % 0,03'ü) yerüstü ve atmosferdeki sular oluşturmaktadır (Şekil II.2) [55].

Dünya üzerindeki tatlı sular çok sınırlıdır. Bu sınırlılık yanında kullanılabilir su kaynakları da dengesiz bir dağılıma sahiptir. Bu su varlığının % 36'sı Asya, % 25'i Güney Amerika, % 15'i Kuzey Amerika, % 11'i Afrika, % 8'i Avrupa ve % 5'i Okyanusya kıtalarına dağılmıştır. Bu dağılım incelendiğinde Asya kıtasının şanslı olduğu düşünülse de dünya nüfusunun % 60'ını barındırması su potansiyelinin yeterli olmadığını göstermektedir. Dünya üzerinde eşit dağıtıldığında yılda kişi başına 5000–6000 m³ su düşer [55].

Tablo II.1 Yeryüzündeki Kullanılabilir Su Kaynaklarının Dağılımı [77]

KITALAR	NÜFUS % OLARAK	SU KAYNAĞI % OLARAK
Kuzey Amerika	8	15
Güney Amerika	6	26
Avrupa	13	8
Afrika	13	11
Asya	60	36
Avustralya ve Adalar	1	5

Dünyada hızlı nüfus artışına bağlı olarak giderek artan gıda ihtiyacının karşılanması doğrultusunda sulu tarıma olan talebin yoğunlaşması yanında hızlı kentleşme ve sanayileşme sonucu içme-kullanma suyu ihtiyacının hızlı bir şekilde artması özellikle büyük kentlerde çok önemli su sıkıntısının yaşanmasına neden olmaktadır [19].



Şekil II.3 1900-2000 Yılları Arası Küresel Su Kullanımları [63]

Dünyada 1940 yılında toplam su tüketimi 1000 km³ iken, 1960 yılında ikiye katlanarak 2000 km³'e ulaşmış, 1990 yılında tekrar ikiye katlanarak 4130 km³ olarak gerçekleşmiştir (Şekil II.3). Bu suyun 2680 km³'ü (% 65) sulamada, 400 km³'ü (% 10) içme-kullanma suyu, 950 km³'ü (%23) sanayi sektöründe kullanılmış, geriye kalan 100 km³'ü (% 2) ise rezervuarlardan buharlaşmıştır. 2000 yılında ise su

tüketiminin % 25 oranında artarak 5200 km³ e ulaşması beklenmektedir. Geri kalmış ve gelişmekte olan pek çok ülkedeki hızlı nüfus artışının mevcut durumda karşılaşılan su sıkıntısının giderek artmasına neden olması kuvvetle muhtemel görülmektedir. Dünyada kişi başına su tüketimi yılda ortalama 800 m³ civarında bulunmaktadır. Dünyada nüfusunun yılda ortalama 80 milyon kişi arttığı göz önünde bulundurulduğunda dünyadaki tatlı su ihtiyacının yılda 64 km³ artması kaçınılmaz görülmektedir [19].

II.5. TÜRKİYE'DE SU POTANSİYELİ VE DAĞILIMI

Türkiye sanıldığı gibi su zengini bir ülke değildir. Aksine, gerekli önlemler alınmadığı takdirde yakın gelecekte su sorunları yaşamaya aday bir ülke konumundadır. Bunun başlıca nedenleri de, topografyadaki düzensizlikler nedeniyle kaynakların kontrol edilemeyişi, yağışların ve kaynakların bölgelere göre dengesiz dağılımı, su kaynaklarının bütüncül, havza bazında yaklaşımlarla uzun vadeli planlamalar yerine bölgesel, bağımsız ve kısa vadeli projelerle kullanıma açılması girişimleridir [19].

Yurdumuz akarsuyu bol olan ülkeler arasında sayılmaktadır. Ancak hızla kalkınmakta ve gelişmekte olan ülkemizde, akarsularımız, göl ve denizlerimizle diğer tüm su kaynaklarımızda görülen kirlenmenin önemi; büyüyen şehirlerin içme suyu ve gelişen endüstrinin su talebini karşılamak durumunda kalacağı düşünüldüğünde, bir kat daha artmaktadır. Türkiye kişi başına düşen kullanılabilir su varlığı bakımından diğer bazı ülkeler ve dünya ortalaması ile karşılaştırıldığında su sıkıntısı bulunan ülkeler arasında yer aldığı görülmektedir [15].

Su varlığına göre ülkeler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır:

- **Su fakirliği:** Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.000 m³'ten daha az.
- **Su azlığı:** Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 2.000 m³'ten daha az.
- **Su zenginliği:** Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 8.000-10.000 m³'ten daha fazla.

Bu sınıflandırmaya göre Türkiye su zengini bir ülke değildir. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.652 m³ civarındadır [67].

Türkiye’de yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm³ olup, yılda ortalama 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m³’ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³’lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³’lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m³’lük suyun 28 milyar m³’ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yer üstü suyu potansiyeli 193 (158+28+7) milyar m³ olmaktadır [20].



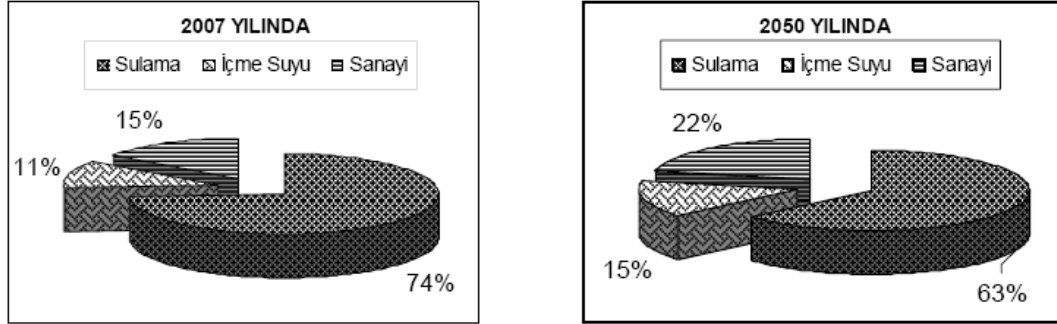
Şekil II.4 Türkiye’deki Su Potansiyeli [20]

Yeraltı suyunu besleyen 41 milyar m³ de dikkate alındığında, ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Ancak günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli maksatlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m³, komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m³ olmak üzere, yılda ortalama toplam 98 milyar m³’tür. 14 milyar m³ olarak belirlenen yer altı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olmaktadır (Şekil II.4) [20].

Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan verilere göre de, Türkiye’de en fazla su tüketiminin gerçekleştiği alan tarım sektörüdür. Yüzeysel su tüketim miktarına göre: sulama (% 82), içme-kullanma (% 10), sanayi (% 8) şeklindedir. Yeraltı suyunda; içme-kullanma (% 39), sulama (% 37), sanayi (% 24) olarak

gerçekleşmiş bulunmaktadır. 2050 yılında sulama amaçlı su tüketiminin 72 milyar m³ (%65), içme suyu amaçlı su tüketiminin 18 milyar m³ (% 15) ve sanayi sektöründe ise 22 milyar m³ (% 20) miktarına ulaşması hedeflenmektedir (Tablo II.2) [67].

Tablo II.2 Türkiye'nin su kullanım raporu [24]



Sulama : 29,6 milyar m³
 İçme Suyu : 6,2 milyar m³
 Sanayi : 4,3 milyar m³
 Toplam : 40.1 milyar m³

Sulama : 72.0 milyar m³
 İçme Suyu : 18.0 milyar m³
 Sanayi : 22.0 milyar m³
 Toplam : 112.0 milyar m³

Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1 120 m³/yıl civarında olacağı söylenebilir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca bütün bu tahminler mevcut kaynakların 25 yıl sonrasına hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Dolayısıyla Türkiye'nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir [21].

II.6. SU KİRLİLİĞİ

Suyun, bireyin varlığından devlet ölçeğindeki politikalara değin yaşamı sürdürmede eşsiz bir rolü bulunmaktadır. Su toplumsal ve ekonomik gelişmeler için önem taşıyan bir değerdir. Bu nedenle tarih boyunca denetim altında tutulmak istenmiş, bu amaçla sulama ve taşkın denetim sistemleri, içme suyu ve atıksu şebekeleri ve biriktirme yapıları inşa edilmiş ve bunlar devletlerin uygarlık düzeyini belirleyecek ölçüde değer kazanmıştır. 1970'lere kadar su kaynaklarının

geliştirilmesinde suyun yeri ve niceliği “belli bir gereksinimi karşılayacak su sağlanımı” kavramı temelinde değerlendirilmiştir. Nüfus artışı, teknoloji ve kentleşme sonucu gereksinmelerin çeşitlenmesi ve küresel iklim değişikliği gibi nedenlerle 1980’li yılların başında çevre kirliliği sorunlarının ortaya çıkması ile bu kavrama “su niteliğinin (kalitesinin) korunması” da eklenmiştir [1].

Su kirlenmesi, su kalitesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik niteliklerinin suyun herhangi bir kullanımını sınırlayacak şekilde değişim göstermesi olarak tanımlanabilir. Kirlenme bir fiil veya aksiyon değildir; kirlenme bir su yatağına herhangi bir kirleticinin fazla miktarda girmesi sonucu oluşan bir durumdur [34]. Diğer bir tanıma göre su kirliliği doğal çevrenin önemli bir kısmını oluşturan çeşitli su ortamlarının (akarsu, göl, denizler) ve ayrıca içme sularının çeşitli etkenlerle, insan başta olmak üzere, diğer canlıların yaşamını olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulmasıdır [23].

Yeryüzündeki su kirlenmesi canlı varlıkların yaşamaları bakımından büyük önem teşkil etmektedir. Her şeyden önce sular çok büyük bir canlı ekosistemi durumundadır. Bundan dolayı dünyanın en büyük besin maddeleri deposu sulardadır. Bir an için suda hayatın son bulduğunu farz edelim. Dünyadaki canlı varlıklar zinciri kökten sarsılır. Suların kirlenmesinin bir önemli yanı da dünyamızda mevcut olan bütün suların (bazı iç deniz ve göller hariç) birbirine bağlı olup tek bir sistem teşkil etmelidir. Sürekli ve etkili bir su kirlenmesi çok uzun zaman sonra bütün dünya sularının kirlenmesine neden olabilir. Dolayısı ile sulardaki bütün hayat böyle bir durumdan olumsuz yönde etkilenebilir [47].

Dünyada nüfusun artması ve endüstrinin gelişmesi ile suyun yerküre üzerindeki doğal yapısı istenilmeyen yönde bozulmaktadır. Su kirliliği, kaynak suyu veya herhangi bir doğal suyun fiziksel, kimyasal, biyolojik veya radyoaktif katkılarla etkilenmesinden doğar, suyun kalitesini kötüleştirebilecek miktar ya da konsantrasyonlarda suya, kanalizasyon suyunun, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu oluşan atıkların, diğer zararlı ve istenmeyen maddelerin ilave edilmesiyle su kirlenir. İnsan ve hayvan sağlığını, bitki büyümesini tehdit edici olarak suyun özelliği bozulur. Canlıların yaşamasını zorlaştıracak, ekosistem dengesini bozacak her şey doğrudan veya dolaylı su kirliliği olarak karşımıza çıkar. Su ortamına, insanlar tarafından madde veya enerji aktarımıyla su kirlenir. Yani enerji ve madde değişimi kirlenmeye neden olur. İnsan faaliyetleri ile su devamlı olarak kirletilir. İnsan ve hayvan atıkları suyu biyolojik olarak kirletir. Su içerisine karışan atık maddelerdeki

organik maddeler bazı bakterilerin yardımı ile biyooksidasyona uğrar ve zararsız duruma dönüştürülür, bu durumun olabilmesi için bazı bakteri gruplarının ve fazla miktarda çözülmüş oksijenin suda bulunması gerekir Akarsulara göllere ve denizlere boşaltılan anorganik, organik ve toksik maddelerin oldukça fazla olması durumunda, sudaki oksijen azalmaktadır, oksijen azalmasıyla bulunması gereken bakteriler ölmekte ve su kaynakları kirlenmektedir [49].

Suyun kirlenmesinde en önemli etken suyun çözücü özelliğidir. Suyun çözücü özelliği maddenin yapısına bağlıdır. Su çoğu iyonik maddeleri, şeker, üre, alkol gibi organik maddeleri çok çözerken yağları, hidrokarbonları ve bazı tuzları çözmez. Su çevrimi sırasında da suyun özelliği değişir. Örneğin yağmur suyu atmosferdeki gazlardan başka havadaki toz ve diğer maddeleri çözmesi sonucu Na^+ , K^+ , Mg^{+2} gibi katyonların yanı sıra Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- anyonları da içerir. Yer altı ve kaynak suları ise geçtiği jeolojik ve kimyasal yapıya göre bu katyon ve anyonlara ek olarak daha birçok madde içerebilir. Su her kullanım alanı için o amaca uygun olmalıdır. Örnek olarak içme suyu toksik elementler, mikroorganizmalar ve mikroplar içermemeli içerisinde fenol, organik klor bileşikleri gibi maddeler, nitrit, nitrat, amonyum, sülfür gibi anyonlar bulunmamalıdır, buna karşılık içinde çözülmüş oksijen, alkali ve toprak alkali elementleri iyonlarından az miktarda bulunmalıdır. Her bir kullanım alanı için sulara aranan özellikler o kullanım alanı için su kriteri olarak belirlenmiştir [49].

Yakın zamana kadar su kirlenmesinin incelenmesi sağlık açısından ele alınmıştır. Gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkeler için bu fikir güncelliğini korumaktadır. Herşeyden önce toplumların gereksinimi olan sağlıklı, en azından sıhate zarar vermeyecek içme ve kullanma suyunun sağlanması gerekir. Bunu kullanılmış suların uygun bir şekilde uzaklaştırılması ve diğer problemlerin çözümü takip etmektedir. Bugün su kirlenmesi sadece sağlığa etkisi yönünden değil kaynakların korunması ve en uygun bir şekilde kullanılmasının temini yollarının araştırılması yönüyle de ele alınmaktadır [14].

II.7. ALICI SU ORTAMLARINDA KİRLENME

II.7.1. Akarsuların Kirlenmesi

Doğal bir yatak içinde akan su kütlelerine “akarsu” denir. Akarsular; okyanuslar, denizler, atmosfer ve karalar arasında var olan su dolaşımının veya su devresinin bir unsurunu oluştururlar [18].

Akarsular yağın yağmurlardan, eriyen buz ve karlardan bazende yeraltı sularından oluşurlar. Akarsuların bileşimi, çıktığı ve geçtiği arazinin cinsine, mevsimlere, yağın yağmur miktarına, içine karışan diğer şehir sularının miktar ve cinsine bağlıdır [43].

Akarsuların başlıca özelliği, sürekli hareket halinde olmasıdır. Bu özellik, normal fizikokimyasal etkenler kadar kirletici etkenler için de çevrenin homojenliğini sağlamaktadır. Bu tip ekosistemlerin kirlilik probleminin, heterojenliği ve çevrenin çok karışık olması sebebiyle göl, körfez ve nehir ağızlarına oranla daha basit olduğu söylenebilmektedir [43].

Sağlıklı bir akarsuda bitki ve hayvan yaşamı ile ilgili olarak ekolojik bir denge bulunduğu bilinen bir gerçektir. Kirlenmeye neden olan etkenler bu dengenin değişmesine neden olur. Akarsuya verilen kirleticilerin seyreltilmesi ve taşınımı üzerinde sonuç açısından önemli bir etken, akarsuyun debisidir. Akarsu ortamına atık su girdisi olması durumunda, su ortamında, özelliklerini kirlenmeden önceki kalitesine doğru götüren bir doğal arıtım işlemi başlar. Bu süreç akarsuyun özellikleri ve iklim koşulları ile yakından ilgilidir. Yavaş akan ve havuzlanma özelliği gösteren akarsuların havalanma hızı, yavaş olduğundan doğal arıtım olayı uzun sürmektedir. Sığ ve dik akarsu yatakları iyi bir havalanma sağlar. Normal olarak atık asimilasyonu için ülkemiz koşullarında en kritik durum, düşük akım koşulları ve yüksek su sıcaklığının olduğu yaz ve sonbahar mevsimlerinde oluşmaktadır [56].

Atıksu ile alıcı akarsu, bir karışma bölgesi içerisinde karışıma uğramaktadır. Bu bölge balık ve su organizmalarının göçü için bir bariyer oluşturduğundan, mümkün olduğunca kısa olması istenir. Akarsuda oksijen havalanma yoluyla atmosferden kazanıldığından, akarsuyun kendi kendini temizleme kapasitesi; akarsu debisi, zaman, su sıcaklığı ve havalanma ile ilgilidir [56].

Zararlı kimyasal atıkların doğal arıtmayla temizlenmesi hemen tümüyle akarsu akışına bağlıdır. Akarsu boyunca ilerlerken, derenaj alanının, dolayısıyla su miktarının artışıyla derişim düşer. Pek çok kimyasal madde reaktif özellikte olduğundan adsorbsiyon, reaksiyon ve biyolojik ayrışma gibi olaylarda uzaklaşmaktadır. Evsel atıksuda bol miktarda bulunan bakteriler akarsu ortamında, koşulların elverişli olmaması nedeniyle hızla yok olur. Besin maddelerinin azalması, sıcaklık, başka canlılar tarafından yenilme gibi olaylar, mikroorganizmaların yok olmasını etkileyen ana unsurlardır [56].

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kıtaçi yüzeysel su kategorisine göre akarsular, 4 ana sınıfa ayrılmıştır. Buna göre; I. Sınıf:Yüksek kaliteli su, II. Sınıf: Az kirlenmiş su, III. Sınıf : Kirlenmiş su, IV.Sınıf : Çok kirlenmiş su olarak tanımlanmaktadır. Bu sınıfların özellikleri aşağıdaki gibidir;

Sınıf I: Yüksek Kaliteli Su

- a. Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini.
- b. Rekreatyonel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil),
- c. Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini,
- d. Alabalık üretimi,
- e. Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı,
- f. Diğer amaçlar.

Sınıf II: Az Kirlenmiş Su

- a. İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu temini,
- b. Rekreatyonel amaçlar,
- c. Alabalık dışında balık üretimi,
- d. Teknik Usuller Tebliği'nde verilecek olan sulama suyu kalite sınırlarını sağlamak şartıyla sulama suyu olarak,
- e. Sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar.

Sınıf III: Kirlenmiş Su

Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılır.

Sınıf IV: Çok Kirlenmiş Su

Yukarıda I, II ve III sınıfları için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki yüzeysel suları ifade eder (EK III Tablo 1) [45].

II.7.2. Göl Kirliliği

Belli bir havzayı kapsayan, denizle doğrudan ilgisi olmayan durgun su kütlelerine “göl” denilmektedir. Göller, karalar üzerindeki çukur yerlerin sularla dolması sonucu oluşan, buharlaşma ile kurumayan, suları tamamen boşaltılamayan, genellikle derin su kütlelerine sahip durgun sulardır. Göller, sularının fiziksel ve kimyasal özellikleri, büyüklükleri, verimleri ve oluşumları açısından çok değişik yapıda olabilirler [24].

Dünyadaki tüm ülkeler gibi bizde, doğal ve yapay göllerimizi bunların özelliklerine (ekolojik yapılarına), havzasında yaşayanların ve ülkemizin ihtiyaçlarına bağlı olarak;

- içme-evsel su,
- tarımda sulama suyu,
- sanayi kullanım suyu,
- ticari ve sportif balıkçılık alanı,
- rekreasyon, turizm, su sporları alanı,
- hidroelektrik enerji üretimi,
- tuz-çeşitli mineral madde üretim kaynağı

olmak üzere yaşamsal, sosyo-ekonomik kalkınma ve sanayileşme amacıyla kullanılmaktadır. En önemlisi de bu amaçlarla kullanılmak zorundayız. Çünkü göller kalkınmamızın temel girdilerini oluşturan en önemli doğal kaynaklarımızdır. Bunların yanında göllerimiz biyolojik çeşitlilik ve kuş yaşam alanı bakımından da bilimsel ve kültürel zenginliklerimizi oluşturmaktadır. Göllerimizin, toplumumuzun yaşamının ve sosyo-ekonomik gelişiminin birincil halkasını oluşturduğunu, su potansiyelimizin ve kalitesinin de sürdürülebilir gelişmemizin önemli bir indikatörü olduğunu söyleyebiliriz. Bu da bizi geleceğimiz bakımından göllerimizin korunması ve verimli işletilmesi, ekolojik yapısı ve su kalitesi bozulmuş göllerinde ıslah edilmesi gerçeği ile karşı karşıya getirmektedir [24].

Göl sularının kimyasal bileşimi, her şeyden önce suların dışarıya boşaltılıp boşaltılmamasına bağlıdır. Kapalı havza karakterindeki göllerin suları, göle dökülen akarsuların sürükledikleri ve sedimentlerin içerdikleri tuzların birikmesi dolayısı ile tuzlu; dış drenaja bağlı olan göllerinki ise, tuzların büyük kısmı giderek uzaklaştırıldığı için tatlıdır. Suların tuzluluk oranını belirlemek bakımından iklim şartları, özellikle buharlaşmanın şiddeti, gölün yaşı ve beslenme havzasındaki kayaların kimyasal bileşimi ve çözünürlük dereceleri başlıca rolü oynar [23].

Yüzeysel sular içinde kirlenmeye en hassas olan ortam göllerdir. Özellikle dışa akışı olmayan göllerin havzasında toplanarak, gerek akarsular ve gerekse yüzey akışıyla gelen her türlü çözünmüş ve askıda maddeler göle birikmeye başlar. Göle giren suların antropojen etkilerle kirlenmiş olması, su kalitesinin giderek bozulmasına sebep olur. Göle giren kirleticiler, ağır metaller, güç parçalanmış pestisitler gibi bozunmayan tipte ise bu kirleticiler göle giderek artan yoğunlaşmalara sebep olur. Askıda ki maddeler göl tabanına çökerek birikirler ve gölün dolmasına sebep olurlar. Kolayca parçalanmış organik maddeler, gölün kendi kendini temizleme kapasitesi ile zararsız hale getirilirler. Ancak gölün doğal arıtma kapasitesini aşan

organik yükler gölün oksijeninin tüketilmesine ve gölün anaerobik duruma dönüşmesine neden olur [39].

Göllerde diğer bir kirlenme ve kalite bozulması etkenide evsel ve bazı endüstriyel atık sular ile tarımsal drenaj sularında bulunan azot ve fosfordur. Bu maddeler göllerde aşırı alg üremesine ve organik madde miktarının artmasına yol açar. Üreyen algler dışarıdan gelen organik maddeler gibi sudaki oksijen miktarını etkiler. Göllerdeki çok fazla sayıda ki alg ışık geçirgenliğini azaltır ve bulanıklığı artırır. Doğal yaşam dengesinin bozulması ve çökeltmenin artmasıyla göller bataklıklara dönüşür [39].

Göllerin yakın çevresindeki insan faaliyetleri sonucunda da göl kirlenmesi oluşur. Göl kirlenmesinin ana unsurları akarsular ve atmosferdir. Akarsularla taşınan çözülmüş ve askıdaki maddelerin önemli miktarı erozyon ve kimyasal çözünme sonucunda oluşmaktadır [32].

Göle karışan kirleticilerin büyük bir kısmı akarsular, endüstriyel atıklar ve drenaj yoluyla taşınmasına karşın, atmosferle kirliliğin taşınması da son derece önemlidir. Havadaki kirleticilerin yağışlar ve rüzgar gibi atmosferik etkenlerle uzun mesafelere taşınması ve yerüstü sularına karışması sonucu su kirliliği meydana gelmektedir [32].

Bir gölün kirlenmesi;

- 1- Gölün drenaj alanındaki nüfus yoğunluğuna
- 2- Çevre faktörüne (drenaj alanı/göl alanı)
- 3- Gölün ortalama derinliğine bağlıdır [32].

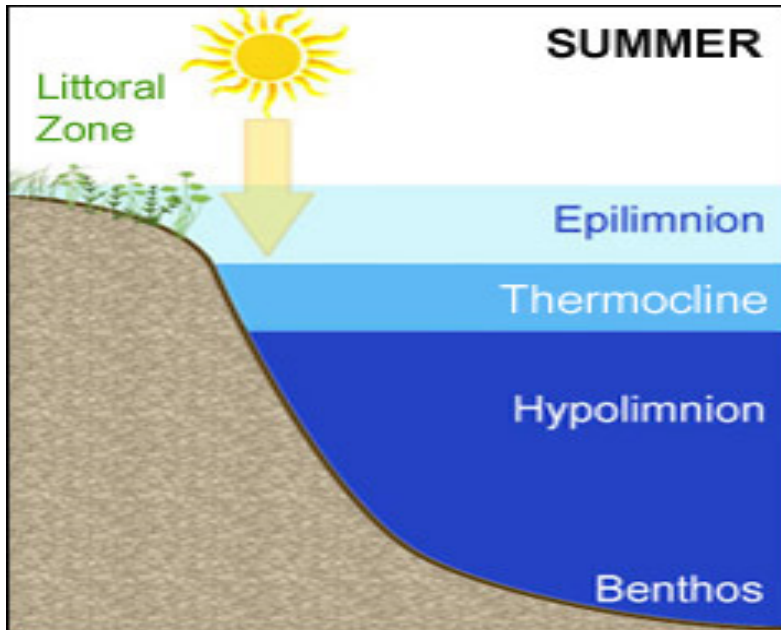
Denizlerde olduğu gibi, göl sularında da çözülmüş halde atmosfer gazları bulunur. Bunların içinde, göl ekosistemleri bakımından en önemli olanı kuşkusuz oksijendir. Göl sularındaki oksijenin esas kaynağını atmosferden göl sularına karışan oksijen ve ayrıca, göl bitkilerinin fotosentez faaliyetleri sırasında açığa çıkan oksijen meydana getirir. Atmosferden göl sularına karışabilen oksijen miktarı, su sıcaklığı ile ilgilidir. Su içindeki çözülmüş oksijenin kısmi basıncı sıcaklık düştükçe azalır, yükseldikçe artar. Bunun sonucunda kışın göl sularına daha çok, buna karşın yazın daha az miktarda oksijen karışır [22].

II.7.2.1. Göllerde Sıcaklık Tabakalaşması ve Karışım

Göller, lagünler ve haliçlerde tabakalaşma ve karışım mekanizmaları hidrodinamik, su kalitesi ve taşınım süreçleri konularında büyük öneme sahiptir. Tabakalaşma ve karışım özellikle su kütlesi içerisindeki hakim kuvvetlerin ve sınır şartların belirlenmesi açısından dikkatlice irdelenmesi ve anlaşılması gereken konulardır. Göl veya lagün içerisinde mevcut olan lentik bölgeler belirlenip tabakalaşma ve karışımla birlikte değerlendirildiğinde taşınım ve su kalitesini etkileyen fiziksel süreçler hakkında yorum yapmak da kolaylaşacaktır [48].

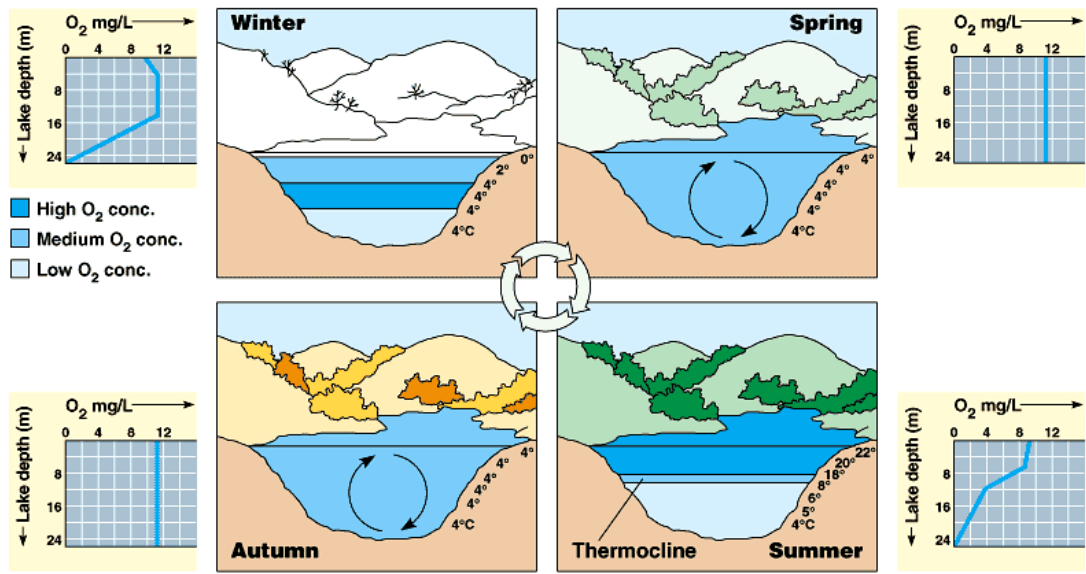
Göl ve rezervuarlara gelen ve buradan çıkan kirletici yüklerin oluşturacağı etki, uzun bir zaman dilimi içinde ortaya çıkmaktadır. Bu sistemlerdeki karışımı kontrol eden birincil faktörler arasında rüzgar ve sıcaklık gelmektedir [57].

Göller, buldukları iklim kuşağına, morfometrik özelliklerine ve kimyasal yapılarına bağlı olarak farklı tabakalaşma karakterleri göstermektedirler. Suyun maksimum yoğunluğu +4 °C 'dir ve su ısıyı iyi iletmez. Isının büyük bir kısmı su kütlesi içinde tutulur. Göl sularının sıcaklığı mevsimlik değişimlere uğrar. Kış mevsiminde donmayan göller için sıcaklığın derinlikle değişmediği ve sabit kaldığı kabul edilebilir. Sıcak mevsimler yaklaştıkça üst tabakadaki su kütlesi ısınmaya başlar. Su ısıyı iyi iletmediğinden ve sıcak su daha hafif olduğu için bariz bir sıcaklık farkı (gradyanı) görülür ve buna “termal tabakalaşma” adı verilir. Bu durum oldukça karardır ve yaz sonlarına kadar böyle kalır [31].



Şekil II.5 Yaz Mevsiminde Göllerde Görülen Termal Tabakalaşma [73]

Yaz aylarında gözlenen sıcaklık tabakalaşması; “yaz aylarına doğru su katmanlarının üst ve alt kısımları arasındaki sıcaklık ve yoğunluk farklılıklarının daha belirgin hale gelmesi ve yeterli derinliğe sahip olan göllerde genelde epilimnion, metalimnion ve hipolimnion adıyla bilinen fiziksel olarak birbirine karışmayan üç tabakaya ayrılmasıyla gerçekleşir (Şekil II.5). Epilimnion en üstteki sıcak tabakadır ve tipik olarak iyi karışmıştır. Epilimnion altında metalimnion veya termoklin bölgesi bulunur. Bu katmanda sıcaklık derinliğe bağlı olarak çok hızlı bir şekilde düşüş gösterir. Metalimniondaki iste bu yoğunluk değişimi üst ve alt katmanların yaz ayları boyunca karışmasını engelleyen fiziksel bir bariyer vazifesi görür [78].



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Şekil II.6 Gollerdeki Termal Tabakalaşmanın Mevsimlere Göre Değişimi [69]

Termal tabakalaşma sırasında suyun sirkülasyonu sadece üst tabakada olduğundan, biyolojik ve kimyasal reaksiyonların büyük bir kısmı “epilimnion” tabakasında meydana gelir ve kimyasal maddelerin tabana inmeleri son derece sınırlıdır. Ancak çökebilir maddeler “hipolimnion” tabakasına doğru hareket edebilir. Soğuk havalar yaklaştıkça üst tabakadaki su kütlesi soğumaya başlar ve ağırlaşan su kütlesi tabana doğru harekete geçer. Bu durum, gölün içinde bir sirkülasyon meydana getirir. Buna “sonbahar karışımı” adı verilir. Ekseriya ilkbaharda da buna benzer bir “ilkbahar karışımı” meydana gelir (Şekil II.6) [31].

Sonbaharda güneş ışığının azalması ve geceleri artan ısı kayıpları nedeniyle yüzeydeki su alttaki ılık sudan daha yoğun olduğundan aşağıdaki katmanlarla yer

değiştirir. Bu, yüzeydeki su tabakasının en derindeki ile aynı sıcaklıkta olmasına kadar devam eder (4°C). Sonbaharda ters karışım olayından sonra yüzeyden dibe kadar su sütunu tamamen karışmış olur. Karışım, yüzey suyu donuncaya kadar devam eder. Soğuk rüzgârsız gecelerde sıcaklığın 0°C olmasıyla don olayı başlar. Sığ göller ve rezervuarlarda tabakalaşma olduğu zaman, alg büyümeleri, bakteriyel aktiviteler ve dip çamurunun oksijen ihtiyacı gibi durumlardan dolayı sudaki oksijen seviyesi etkilenecektir [27].

Termal tabakalaşma gölde yaşayan organizmalar üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bunlar kısaca;

- Çözünmüş inorganik besin tuzları, dolayısıyla birincil üretim büyük ölçüde epilimnionda gerçekleşir. Pek çok gölde hipolimniondan yeni besin tuzu ilavesi olmadığı için burada fitoplankton gelişimi için ciddi besin tuzu sıkıntısı yaşanır. Metalimniona bağlı olarak besin tuzunca fakir biyomas yönünden zengin olan epilimnion ile besin tuzunca zengin ama biyomas yönünden fakir olan hipolimnion tabakası arasında su karışımı ve besin tuzu değişimi gerçekleşmez.
- Yüzey suyundaki besin tuzlarının mevsimsel değişimi fitoplankton populasyonlarının temporal düzeni için önemli bir durumdur. Tabakalaşma döneminin sonuna doğru su kolonundaki alg göçleri gölün derin kısımlarındaki yüksek besin tuzu konsantrasyonlarına ulaşabilmelerini sağladığı için ayrıca önemlidir.
- Epilimnionda ölen canlılar organik maddelerin hipolimnionda sedimentasyonuna yol açar. Hipolimnionda besin tuzlarını tüketen fitoplanktonların olmaması ve ortama sedimentasyon yoluyla organik madde girişi besin tuzu miktarını artırır ve heterotrofik bakteri populasyonunu destekler. Bu da oksijen tüketimini artırır. Hipolimniondaki besin tuzu miktarı fosforun sedimentten salınımı ile daha da artar.

Dolayısıyla, göllerde yaz tabakalaşması pelajik ortamda fiziksel (ışık, sıcaklık), kimyasal (besin tuzu konsantrasyonu, oksijen miktarı) ve biyolojik (epilimnionda ototroflar ve hipolimnionda heterotroflar) özellikler açısından belirgin bölümlere ayrılmış durumdadır. Bu nedenle, göllerin tabakalaşma özellikleri, biyolojik, fiziksel ve kimyasal süreçler ve nihai olarak su kalitesi ile yakından ilişkisi düşünüldüğünde oldukça önemlidir [31].

II.7.2.2.Göllerin Trofik Durumlarına Göre Sınıflandırılması

Göl sularında doğal dengeye bağlı olarak bulunan besin maddeleri göl suyu kalitesini oluşturur. Şayet bir kirlenme durumunda besin tuzlarının anormal artışı varsa, bu göl suyunun kimyasal kalitesini etkilerken, bir yandan da fitoplankton gelişimini hızlandırarak sudaki biyolojik dengeyi bozar. Bu nedenle göl sularında yoğun alg gelişimi (algal bloom=alg patlaması) beslenme kademesinin bir ölçüsüdür. Özellikle alg türleri ve türlerdeki birey sayıları suyun trofik düzeyinin belirlenmesinde bir ölçüt olarak kullanılmaktadır [24].

Trofik durum; sudaki besinlerle göllerin zenginleşme miktarını ifade eder. Trofik durum belirlenmesinde besin yüklemesi, besin konsantrasyonu, verimliliği, fitoplanktonun tür bileşimi, fauna ve flora miktarı ve niteliği bakımından çok sayıda ölçüt kullanılır. Trofik duruma bakılırken ya besin ya da organik madde kaynağına bakılabilir [53].

Göller trofik seviyelerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

1. Oligotrofik göller (ötrofikasyonun başlamadığı temiz göller)
2. Mezotrofik göller (orta seviyede ötrofikasyonun başladığı göller)
3. Ötrofik göller (ötrofikasyonun hakim olduğu göller)
4. Distrofik göller (ileri derecede ötrofikasyonun olduğu göller)
5. Miksotrofik göller (distrofik fakat üretici göller) [39].

Oligotrofik Göller: Jeolojik olarak genç olan göllerdir. Genellikle derindirler. Suları temiz ve çözülmüş besin konsantrasyonu düşüktür. Su mavi renkli olup alg patlaması yüzeyde görülmez. Bu yüzden ışık geçirgenliği fazladır. Hipolimnion tabakası oldukça geniş ve soğuktur. Ayrıca bu tabakada oksijen tüketimi azdır. Oksijen bütün mevsimlerde ve derinliklerde çok miktarda bulunur. Göl suyunun tamamında aerobik şartlar mevcuttur [39].

Mezotrofik göller: Oligotrofik ve ötrofik göl tipi arasındaki gölleri oluştururlar. Bu tip göllerde su bitkileri yavaş yavaş görülmekte olup su yeşilimsi bir renk alır. Orta derecede balık üretimi vardır [39].

Ötrofik göller: Genellikle sığ göllerdir. Organik madde bakımından zengindirler. Su yüzeyinde yoğun bir alg patlaması görülür. Su bulanık, ışığı geçirmez, yeşil ve kahverengidir. Suda yüzen algler alt tabakada fotosentezi önler. Hipolimnion tabakası daha küçüktür [39]. Bu tip göllerde elektrolitler, fosfor, azot, kalsiyum bol humus azdır. Ötrofik göllerin dip faunası tür bakımından zayıf ancak

miktarda zengindir. Bu tip göller zamanla doğal evrimleşme sonucu önce gölcüğe ve daha sonra bataklığa dönüşür [10].

Distrofik göller: Su rengi kahverengidir. Alg patlamaları çok sık görülmez bu tip göller genellikle sığlaşır ve sonunda bataklığa dönüşür. Daha sonra bitki ve orman örtüsü ile kaplanır [39]. Bu tip göllerde humik asit bol miktarda bulunduğu için suyun Ph değeri düşüktür [10].

Miksotrofik göller: Bu göller humik maddeler bakımından zengindirler ve buna rağmen üreticidirler. Besi maddeleri ve askıda organik maddeleri bakımından çok zengin göllerdir [39].

II.7.2.3. Ötrofikasyon

Ötrofikasyon, durgun bir su ortamında aşırı azot ve fosfor etkisiyle fazlaca gelişen alglerin ölmeye başlamasıyla birlikte su ortamındaki oksijeni tüketerek kokuşmaya yol açmasıdır. Doğal ya da antropojenik şartlar altında oluşabilir. Ötrofikasyon su ortamını, ekolojik ve ekonomik açıdan olumsuz etkiler. Ötrofikasyon, dışsal besin (nütrient) girdileri yoluyla tüm dünya üzerindeki tatlı ve kıyısız suların problemidir. Su yüzeyinde ötrofikasyon, son 30-40 yıldır yaygın bir çevre problemi olmuştur [53]. Ötrofikasyon gerek doğal süreçler ve gerekse insan faaliyetleri sonucu, su yataklarındaki mikroorganizmaların gelişimini artırıcı besin maddelerinin artması anlamında kullanılmaktadır. Ancak doğal süreçlerle meydana gelen beslenme son derece yavaş cereyan ederken, insan faaliyetleriyle meydana gelen beslenme bazen son derece hızlı olmaktadır. Mevcut bilgilere göre, oldukça hızlı akan akarsuların dışındaki su yataklarında özellikle göl ve haliçlerde ötrofikasyona sebep olan iki temel besin maddesi; azot ve fosfor bileşikleridir. Kullanılmış suların su yataklarına boşaltılması, alglerin gelişmesi için esas besin olan bu besin maddelerinin bol miktarda ortama verilmesi demektir. Bunun neticesinde böyle su çevrelerinde algler ve diğer mikroorganizmalar, arzu edilmeyecek miktarlarda çoğalarak suyun kalitesini bozarlar [39].

Ötrofikasyon doğal ya da yapay şekilde meydana gelir. Doğal ötrofikasyon kayaların aşınması, bitki polenleri, yağmur suları, kullanılmayan arazilerden gelen drenaj suları gibi faktörlerin etkisi ile oluşur. Ötrofikasyonun nedenleri ve etkileri oldukça kompleksdir. Farklı sucul sistemler için ötrofikasyonun nedenleri az da olsa farklılık gösterir. Herhangi bir sucul sistemin davranışları hem sezonsal hem de yıllık

olarak değişimler gösterir. Bu değişimler alıcı su ortamında ve havzasında insan faaliyetlerinin etkilerinin değerlendirilmesini güçleştirir [10].

Su ortamlarında ötrofikasyona sebep olan kaynaklar noktasal kaynaklar ve noktasal olmayan kaynaklar (External source) olmak üzere ikiye ayrılır. Sedimentten olan salınımlarda içsel bir kaynak (internal source) olarak ötrofikasyonu etkilemektedir. Noktasal kaynaklar; Evsel ve endüstriyel atıksu değarjları, Katı atık depolama bölgelerinden gelen sızıntı ve drenajlar, Hayvan çiftliklerinden gelen sızıntı ve drenajlar, Madenlerden, petrol alanlarından, kanalizasyonsuz endüstri alanlarından gelen yüzey akışları, yağmur suyu toplama sisteminden gelen akıntılardan oluşur. Noktasal olmayan kaynaklar; tarım alanlarından gelen yüzey akıntıları, otlaklardan, hayvancılık alanlarından gelen yüzey akıntısı, başarısız septik sistemlerden gelen yüzey akıntıları ve yeraltı sızıntıları, terk edilmiş madenlerden gelen yüzey akıntıları, atmosferik boşalımlardır [10].

Ötrofikasyon olayı, sulardaki besin zincirleriyle alakalıdır. Alg yosunları, gelişmeleri ve üremeleri için, karbondioksit, inorganik azot, ortofosfat ve diğer besi elementlerine muhtaçtırlar. Bu bitkiler zooplankton denilen mikroskobik hayvanların besinlerini oluştururlar. Küçük balıklar zooplanktonlarla ve büyük balıklar, küçük balıklarla beslenirler. Sulardaki besin zincirleri ne kadar gelişmiş ve fazla üretken durumda ise, normal olarak sularda az miktarda bulunan azot ve fosfor elementlerinin miktarı da o kadar fazla olur. Bitkisel üretim ve besin zincirlerinin tabii dengesi, besi elementlerinin miktarına bağlıdır. Bu maddelerin normalden fazla olması, dengeyi bozar ve zooplankton tarafında tüketilmesi kolay olmayan mavi-yeşil alglerin birden bire çok fazla miktarda üremesine yol açar. Dolayısıyla mavi yeşil alglerin ortamda gözükmesi ötrofikasyonun belirtisidir [57].

Ötrofikasyon sebebiyle sular bulanık bir hal alır. Suda yüzen alg kitleleri rüzgârlarla sahile vurur. Bunlar sahilde çürüyerek kötü kokular çıkmasına sebep olurlar. Çürüyen algler aynı zamanda çökelerek çözünmüş oksijenin azalmasına yol açarlar. Sahiller ve sığ körfezler, köklü su bitkilerinin çok fazla üremesi sonucu otlarla dolar. Sevilen kıymetli balıklar, bu elverişsiz şartlar altında artık daha fazla yaşayamazlar. Ötrofikasyon ilerlerken yerlerini daha dayanıklı, fakat istenmeyen türlere bırakırlar [57].

Fazla alg üremesi olmasa bile, gölün büyük yüzey alanı sebebiyle, rüzgar alan sahillerde fazla miktarlarda alg birikimi olur. Göl üzerini süpüren hafif bir meltem, alg yosunlarının balıksı kokularını sahile getirebilir. Güneş ışıklarının nüfuz ettiği

epilimnion tabakasında gelişen algler, karanlık ve suları durgun olan hipolimnion tabakasında çökelirler. Bu organizmaların ve organik taban çamurunun bakterilerle ayrıştırılması, taban bölgesinde çözülmüş oksijen miktarını azaltır. Bunun sonucunda bazı göllerde ticari balık üretimi engellenebilir. Ayrıca epilimnion da alg üremesi ve hipolimnion da anaerobik ayrışma olayı dolayısıyla meydana gelen tat ve koku, içme suyu arıtımını zorlaştırır. En kötüsü, göl bir defa ötrofik hale geldikten sonra, nokta kaynaklardan besi maddesi girişi azaltılsa dahi, artık uzun zaman, bu durumun devam etmesidir. Bazı nehir ağızları da göller gibi, besi maddesi girişlerine maruz kalarak ötrofik hale geçebilmektedir, ötrofik bir gölü besleyen kaynaklar, genellikle, göle dökülen atıksular ile suni gübrelerin kullanıldığı arazilerden gelen yağış sularıdır. Suları temiz ve berrak olan rezervuarlara besi elementlerinin girişi, aşırı miktarda bitki yetişmesine ve makbul olmayan balık türlerinin artmasına yol açar. Etrafı otların sarması, sığ sularda yüzmeyi ve su sporlarını engeller. Suları bulanık olan haznelerde ise durum farklıdır. Özellikle küçük haznelerde sular, kolaylıkla bulanık hale gelebileceğinden, suya ışık nüfuz edemez. Bu sebeple bitkisel üretim ve alg yetişmesi daha az olur. Besi maddeleri bol miktarda mevcut olsa bile, güneş ışığının eksikliği sebebiyle fotosentez yetersiz olur. Fakat bu halde de aşırı bulanıklılığın içme suyu temini ve balıkçılık için mahzurlu olduğunu belirtmek gerekir. Mikroskobik alg, köklü su otları ve buna benzer bitkiler, dinlenme, yüzme ve su sporları gibi kullanma maksatları için, su özelliğini, arzu edilmeyen bir şekilde sokar [57].

II.7.2.4. Ötrofikasyonun Ekolojik Açıdan Olumsuz Etkileri

Ötrofikasyonun ekolojik açıdan olumsuz etkileri şunlardır:

- Su yataklarının ötrofik hale gelmesiyle bazı planktonik su bitkileri aşırı derecede çoğalmaktadır. Bunun sonucunda bazı türler aşırı derecede artmakta, ekolojik denge bozulmakta ve besin zinciri yoluyla bundan doğal hayat zarar görmektedir.
- Ötrofik seviyenin artmasıyla balıkların beslendikleri organizmalar ve balık türleri azalmaktadır. Bu olumsuz etki ötrofikasyonun düşük seviyede olması durumunda görülür. İleri derece ötrofik hale gelmiş su yataklarında balıklar yaşamamaktadır.

- Su yataklarının tabanında taban çamurunun birikmesi sonucu zamanla su ortamında canlılara olumsuz etki yapabilecek kirleticiler aşırı derecede çoğalmaktadır.
- Bakteri sayısı anormal derecede artmaktadır.
- Aşırı derecede çoğalan canlı organizmaların ayrışması sırasında su yataklarının alt tabakalarında aşırı oksijen tüketimi olmakta ve oksijensiz ortam oluşmaktadır.
- Özellikle sığ kesimlerinde bitkiler, çamur oluşumunun hızlanması sonucu yok olmaktadır.
- Aşırı derecede çoğalmış alglerin dalgaları kırması sonucu atmosferden oksijen kazanımı azalmaktadır.
- Bazı türler kaybolmakta yerine ekonomik önemi olmayan türler ortaya çıkmaktadır [39].

II.7.2.5. Ötrofikasyonun Su Kalitesine Etkisi

Ötrofikasyonun su kalitesine etkisi şunlardır:

- Ötrofik seviye arttıkça daha fazla zararlı alg türü gelişmektedir.
- Suyun renk, tat, koku gibi özellikleri bozulmaktadır.
- Fitoplankton, zooplankton ve bakteri gibi mikroorganizmaların sayısında aşırı derecede artışlar meydana gelmektedir.
- Alg özellikli kompleks bileşikler oluşmaktadır.
- Sıcaklık tabakalaşması olan göllerin alt kısımlarında anaerobik ortam oluşmakta ve sudan CH_4 , H_2S gibi oksijensiz ortam ayrışma ürünü olan gazlar çıkmaktadır.
- Ötrofik seviye ilerledikçe su kaynağındaki amonyak iyonu artmaktadır.
- Demir, mangan konsantrasyonu artarak suyun renk ve tadını bozmaktadır [39].

II.7.3. Yeraltı suyu kirliliği

Yeraltı suyu, yerkabuğundaki geçirimli jeolojik ortamın doymuş bölgesinde bulunan ve kıyıları, kaynakları, akarsu, göl ve deniz gibi su kütlelerini besleyen sudur [26].

Aslında yeraltı suyu kirliliğini yüzeysel sular ve toprak kirlenmesinden ayrı tutmak mümkün değildir. Yağmur suyu yer yüzeyine indiği andan itibaren kirlilik yükünde ani bir artış olur. Organik ve anorganik partiküller hayvansal ve bitkisel

artıklar, doğal ve yapay gübreler, pestisidler ve mikroorganizmalar su ile yeraltına doğru taşınır. Yüzey kısımlardaki toprak tabakasında, kalitede, zemin cinsi özelliklerine de bağlı olarak önemli miktarlarda iyileşme sağlanabilir. Askıdaki maddeler hemen tamamıyla süzülme yoluyla uzaklaşır, organik maddeler ayrışır, mineraller bitkiler tarafından alınır, suyun oksijen içeriği azalırken CO₂ miktarı artar. Suyun süzülmesi sırasında organik maddenin kısıtlı oluşu nedeni ile mikroorganizmalar büyük ölçüde azalmakta, bakteri ölümü sonucu ortaya çıkan organik maddeler, daha alt kısımlarda başka bakteriler tarafından kullanılmaktadır [56].

Yeraltı suyu kirlenmesinin en büyük nedeni evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan alıcı ortamlara verilmesidir. Katı, sıvı ve gaz atıklar alıcı ortama verildikten sonra, iklim durumuna, toprağın yapısına, atığın cinsine ve zamana bağlı olarak yeraltı sularına taşınır. Zirai mücadele ilaçlarının da aşırı ve bilinçsiz kullanımı büyük bir sorundur. Diğer bir önemli sorun ise, evsel atıkların doğrudan toprağa verilmesidir. Özellikle kanalizasyon sisteminin olmadığı yerlerde septik çukurlardan sızan sular yeraltı suyuna taşınabilmektedir. Mikroorganizmalar, yeraltı suyuna ulaşarak içme suyu açısından sorun yaratabilmektedir. Çöplerin açık alanlarda depolanması ve kirliliği azaltıcı faaliyetlerin uygulamaya konmaması önemli sorunlara neden olmaktadır [56].

II.7.4. Deniz Suyu Kirliliği

Dünyadaki toplam suyun büyük bir kısmı deniz ve okyanuslarda bulunur. Denizin kullanım alanlarından biriside kirlilik veren deşarjlar için alıcı ortam olarak kullanılmasıdır. Bu kirlilik deniz kıyısındaki yerleşim yerlerinden ve endüstrilerden doğrudan verilebildiği gibi akarsular, yağmur suları ve hava kirliliği ile de daha uzak bölgelerden taşınma yoluyla verilebilir. Bazı kirletici maddeler biyolojik olarak parçalanabildiklerinden zamanla doğal yollarda daha basit ve anorganik ürünlere dönüşürler. Evsel atıklarda büyük sayıda zararsız mikroorganizmaların yanı sıra az sayıda hastalık yapıcı organizmalarda vardır. Hastalıkların ortaya çıkması için az sayıda hastalık yapıcı mikroorganizma yeterli olduğundan evsel atıksular deniz ortamında insan sağlığı açısından büyük önem taşır. Bazı kirleticiler canlılarda birikerek onların yaşamsal faaliyetlerini olumsuz yönde etkilerler, ayrıca estetik sorunların ortaya çıkmasına da neden olurlar. Petrol ve türevlerinin yaygın bir

şekilde üretilip kullanılması, kullanımdan kaynaklanan deşarjlar, deniz taşınımı ve kazalar deniz kirlenmesinde önemli rol oynarlar [56].

Deniz kirlenmesi, deniz ekosistemine zarar veren, insan sağlığını bozan, balıkçılıkta dahil olmak üzere, denizlerdeki faaliyetleri engelleyen, denizin kullanım kalitesini etkileyen ve değerini azaltan madde veya enerjinin insanlar tarafından deniz ortamına doğrudan veya dolaylı olarak bırakılması olarak tanımlanabilir. Denizlerimizde canlı yaşamının sayıca ve türce giderek azalması, kentsel, endüstriyel ve tarımsal atıklardan kaynaklanan deniz kirliliğinin artması kıyısal yapılaşmanın büyümesi ve aşırı avlanmanın önemli sonucudur [66].

II.8. SU KİRLİLİĞİNİN KAYNAKLARI

Su kirliliğine neden olan kaynaklar başlıca üç gruptan oluşmaktadır. Bunlar;

- Tarımsal faaliyetler,
- Endüstriyel işlem ve atıklar,
- Evsel atıklardan kaynaklanan kirlilik şeklinde sınıflandırılır.

II.8.1. Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Kirlilik

Tarımsal çalışmaların gereği olarak bitki hastalıkları ile mücadele amacıyla uygulanan Pestisitlerin, verimin artması için toprağa verilen kimyasal gübrelerin ve otlaklardan oluşan yüzey akışı, erozyon ve toprağın sürülmesi sonucu oluşan toz toprak hayvan gübresi, hayvan ve bitki atığı ve saman dahil olmak üzere her türlü tarımsal çalışma sonucu meydana gelen katı ve sıvı atıkların sebep olduğu kirlilik Tarımsal Kirlilik olarak tanımlanmaktadır [49].

Hür türlü tarımsal faaliyet sonucu ortaya çıkan katı ve sıvı atıkların neden olduğu tarımsal kirlilik türleri dört grupta toplanmaktadır. Bunlar;

- Toprak aşınmasından (Erozyon) kaynaklanan kirlilik
- Bitki besin maddelerinin oluşturduğu kirlilik
- Hayvan atıklarının oluşturduğu kirlilik
- Tarımsal mücadele ilaçlarından kaynaklanan kirliliktir [29].

Su kirliliği yönünden toprak erozyonunun en önemli ve en büyük etkisi tarım arazilerinden fosforu sedimentlerle akarsulara ve göllere taşıyarak ötrofikasyon olayına neden olmasıdır. Bilindiği gibi fosfor, toprağa verilen önemli bitki besin maddelerinden birisini oluşturmaktadır. Bitki besin maddesi olarak toprağa verilen fosforun ince toprak zerreleri tarafından absorbe edildiği ve fazla miktarda erimelediği

de bilinmektedir. Bu biçimde sedimentlerle akarsu ve göllere taşınan fosfor ve diğer besin maddeleri, göllerde veya akarsularda mevcut bazı yosun türlerinin artmasına neden olmaktadır. Akarsularda olacak yüksek respirasyon ve büyük çapta oksijen tüketimi ise sulara yaşayan bitki ve hayvan türlerinin azalmasına neden olmaktadır ki, bu olay ötrofikasyon olarak bilinmektedir. Daha kısa tarif edilecek olursa, akarsularda mevcut olan doğal denge bozulmuş olmaktadır [49].

Tarımsal çalışmalarda daha fazla ürün elde etmek amacı ile arazilere uygulanan kimyasal gübrelerin neden olduğu kirlilikler vardır. En önemlileri azot ve fosforun doğal düzen içindeki dönüşümleri sonucunda kirlilik meydana gelmesidir. Yıllan yıla, özellikle ülkemizde büyük bir hızla artan nüfusun, gıda maddeleri ihtiyaçlarını karşılayabilmek için başvurulan çeşitli kültürel tedbirlerden birisi, toprağın gübrenmesidir. Kimyasal gübrelerin arazilere uygulanması ile verimde bir artış olması doğaldır. Ancak bu gübrelemenin suların kirliliğine hangi oranda etkili olduğunun da tespiti gerekir. Su kirliliğine neden olan bitki besin maddelerinden azot ve fosfor, tüm canlı varlıklar için belirli miktarda gerekli ise de, fazla miktarının çeşitli sakıncaları bulunmaktadır. Belli başlı etkileri akarsular ve göllerdeki ötrofikasyon olayına neden olmalarıdır [49].

Topraktaki besin maddeleri döngüsünü desteklemek ve hızlandırmak için uygulanan başlıca yol toprağı gübrelemektir. Bu maksatla yüzyıllar boyunca doğal gübre kullanılmış ve bu suretle, bitkiler tarafından tüketilen besin maddelerinin tekrar toprağı dönmesi sağlanmıştır. Bu tür doğal gübrelerin geleneksel yöntemlere göre kullanılmasının toprak ekosisteminde hiçbir zararlı sonuca yol açmadığı bilinmektedir. Buna mukabil, genişleyen tarım alanlarının gübre ihtiyacını doğal gübre ile karşılamak zamanla imkansız hale gelmiştir [23].

Bunun sonucunda da, günümüzün başlıca çevre sorunlarının sorumlusu olan kimya endüstrisi, 19.yy sonlarından itibaren çeşitli yapay gübre üretimine başlamıştır [23].

Hayvansal atıkların yarattığı kirlilik, tarımsal çalışmalar içerisinde bulunan hayvancılık ile ilgili olarak, ahır ve ağıllardan yağışlarla yıkanan hayvan idrar ve dışkı atıklarının temizleme sularına, oradan da yüzey sularına karışmasıdır. Veya hayvan gübresinin tarlalara serilmesinden sonra yağışlarla yıkanarak yüzey sularına karışması suretiyle oluşan bir kirlilik şeklidir. Hayvansal sıvı ve katı atıkların toprak verimliliğini artıran çok yararlı bir unsur olduğu bilinen bir gerçektir. Ancak özellikle besi hayvancılığı ve tavukçuluğunun geniş çapta yapıldığı tarım

işletmelerinde ve yörelerde zamanla hayvan atıklarının dışarı atılması büyük bir sorun olabilmekte ve su kaynaklarının kirliliğinde bir etken olarak ortaya çıkmaktadır [49].

Hayvancılık işletmelerinde oluşan atıkların yeraltı su kaynaklarını kirletme olasılığı eğer gerekli önlemler alınmamış ise kolay olabilmektedir. Hayvancılık atıkları eğer işletme veya hayvanların bulunduğu alan kolay geçirgen özellikte bir alanda yer alıyorsa, hayvan altlıkları ya da tabanı yüzeye yakın bir yerde yapılmışsa yeraltı suları çok kolay bir biçimde kirlenebilir. Bir başka hayvancılık faaliyeti de tavukçuluktur. Tavuk gübresi bitki beslemede değerli bir gübre olmakla birlikte azot ve fosfor içermesinden dolayı yeraltı ve yer üstü sularının kirlenmesine sebep olmaktadır [42].

Tarımsal mücadele ile oluşan kirlilik, tarımsal ürünlerin uygun kalite ve yüksek verimde olmasını sağlamak için kültür bitkileri yetiştirilen arazilerde ot ve böceklerle mücadele amacıyla kullanılan pestisitlerin yikanarak su kaynaklarına karışması ile oluşan kirliliktir [49].

Tarımsal mücadelede kullanılan kimyasal maddeler çevreye çeşitli yollar ile etki etmektedir. Örneğin hava, su, toprak kirliliklerine yol açmakta ve çevre sorunlarında önemli bir etken olmaktadır. Dünyadaki gıda maddesi üretimi artısında payı olan faktörlerden birisi de pestisitlerdir. Pestisitlerden en önemlisi DDT 'dir. DDT ve benzeri tarım ilaçlarının ekoloji bakımından daima göz önünde bulundurulması gereken özellikleri, bunların suda ve kanda çözülmedikleri halde, yağda erimeleridir. Bu nedenle organizmaya girdikleri zaman dışarıya atılmazlar; aksine yağ dokularında giderek artan miktarda birikirler. Bu özelliği ve doğadaki besin zinciri ve madde dolaşımı sayesinde DDT dünya ekosisteminde geniş ölçüde yayılma olanağı bulmuştur. Örneğin annelerin sütünde, hatta Güney Kutup bölgelerindeki penguenlerin yağ dokularında bile DDT bulunduğu saptanmıştır. Aynı şekilde araştırmalar, her Amerikalının yağ dokusunda ortalama 12 ppm oranında DDT bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu örnekler, dünya ekosisteminin bütünlüğünü ortaya koyması bakımından çok ilginçtir [23].

II.8.2. Endüstriyel İşlem ve Atıklardan Kaynaklanan Kirlilik

Endüstriyel aktiviteler sonucu oluşan ve hiçbir ekonomik değeri olmayan organik ve inorganik zehirli madde atıklarının meydana getirdiği su kirliliğe endüstriyel kirlilik denilmektedir [52].

Sanayi, katı ve sıvı atıklarıyla doğrudan ve dolaylı olarak su kaynaklarını kirletmektedir. Sanayileşmenin neden olduğu kirlilik daha çok kimyasal kirlilik olarak görülmektedir. Kimyasal kirlilik, su kaynaklarında organik ve inorganik maddelerin artmasıyla ortaya çıkmaktadır [29].

Endüstriyel atıklar, miktarı ve kirletici türü bakımından olduğu kadar, doğal olmayan bileşimleri bakımından problemlidir. Tarımda kullanılan azotlu, fosfatlı ve nitratlı gübrelerle, benzine katılan kurşun türevleri, endüstri tesisleri tarafından sulara boşaltılan bakır, çinko, krom, nikel ve kadmiyum gibi zehirli elementler, sülfite zengin kağıt sanayisi atıksuları, akarsular için ciddi kirlilik kaynağı oluşturmaktadır [52].

Çevre kirletici atık suları genel olarak hammadde işleyip endüstriye ana madde üreten işletmelerce atılır. Her işletme ürettiği madde artıkları ile onların yan ürünü olarak oluşan kirleticilerini atık suları ile belli bir orana kadar seyrelttikten sonra atarlar. Ancak seyreltme ne kadar fazla olursa olsun atık sularındaki kirletici maddeler eğer ayrışmıyor ve etkisiz formlara dönüşmüyorsa, bunların konsantrasyonları kabul edilen limitler dahilinde olsa bile ulaşacakları son noktanın içme suyu kaynağı olarak kullanılacak nehir ve göller olduğunu unutmamak gerekir. Atık maddelerin tek tek çevre üzerindeki etkileri bütün detayları ile bilinmemekte ise de göl ve nehirlerdeki ekolojik dengeyi bozdukları bilinmektedir. Bu dengeyi korumak için alınacak önlemler ne kadar etkili olursa olsun, hiç bir zaman tehlikeli maddelerin tamamen çeşitli su kaynaklarına ulaşması önlenemez [59].

Bir takım endüstri kuruluşlarının atıkları arıtılmadan akarsulara verilecek olursa bu akarsularda canlıların üremesini olanaksız hale getirebilir. Kimi zaman bu atıkların toprağa gömülmesi, yağmur suları ve sızıntılarla yer altı sularının kirlenmesine yol açabilir. Çünkü bu atıkların bir kısmı toksik bileşikler, çözücüler ve tuzları içerebilir. Bazı endüstriyel atıklar biyolojik olarak yok edilebilir özelliktedir. Ancak bazılarının biyolojik olarak yok edilebilmeleri de mümkün olmayabilir. PET şişeler buna örnek verilebilir. Kimi plastik maddelerin ise doğada yok edilebilmeleri 500 yıllık bir süreyi gerektirir. Enerji santralleri, çelik fabrikaları, kağıt fabrikaları, rafineri ve otomobil fabrikaları çevreye toksik madde katılımına yol açabilecek endüstriyel kuruluşların başlıcalarını oluşturmaktadır [25].

II.8.3. Evsel Atıklardan Kaynaklanan Kirlilik

Yerleşim alanlarındaki alt yapı yetersizliğinden kaynaklanan kanalizasyon sistemleri yerleşme yerinin coğrafi konumuna göre ya doğrudan deniz, göl ve akarsulara verilmekte ya da yeraltı sularına karışacak biçimde doğrudan toprağa bırakılmaktadır. Bu durum ise önemli bir kirlilik kaynağını oluşturmaktadır [29].

Bu kirliliğin iki önemli kaynağı kanalizasyon atıkları ve çöplerdir. Bulaşıcı hastalık tehlikesi şehirleri, kapalı kanalizasyon sistemine zorlarken yine şehirdeki su sistemleri ile kanalizasyon arasında bir bağlantı göze çarpmaktadır. Kanalizasyon sistemine verilen pis suların boşaltılmaları genellikle akarsulara, göllere denizlere yapıldığından şehir atık suları önemli bir kirlilik sebebi olmaktadır [49].

Çöplerin denizlere akarsulara atılması toprağa gömülmesi de kirlilik nedeni olabilir. Çöplüklerin yer altı sularını kirletebilmesi mümkündür. Çöplerin yakılması atmosferin kirlenmesine neden olabilir. Evsel çöplerin en aza indirilmesini sağlayacak önlemlerin alınmasının yanı sıra toplanan çöplerin çevre kirliliğine yol açmayacak biçimde yok edilmesine çalışılmalıdır. Ülkemizde genellikle toprağa gömülme yoluyla yok edilmektedir. Ancak bu çöplerin gömüldüğü ve biriktirildiği yerlerin iyi seçilmesi gerekir. Çöplükler yer altı ve yer üstü su kaynaklarının yakınında kurulmamalıdır [25].

Dünyanın pek çok, özellikle geri kalmış veya gelişmekte olan ülkelerinde yerleşim alanlarının atık suları herhangi bir arıtma uygulanmaksızın düzensiz bir şekilde akarsu veya diğer su kaynaklarına bağlanmış durumdadır. Kanalizasyonlardan karışan suların içinde kirletici olarak sayısız patojen mikroorganizmanın yanında, fazla miktarda organik madde ile azot, fosfor, silisyum, potasyum gibi sularda kirlilik belirtisi olan ve alglerin şiddetle artışını teşvik eden elementler bulunmaktadır. Ayrıca fazla miktarda, tuz, sabun ve deterjan aynı yolla su kaynaklarına karışır. Sulara karışan organik maddelerin parçalanması için faaliyet gösteren mikroorganizmalar, suda çözünmüş oksijeni tüketerek amonyak ve diğer zehirli maddelerin oluşmasına neden olurlar. Orta derecede beslenen bir insanın metabolizma artıklarını parçalamak için mikroorganizmaların faaliyeti için gerekli oksijen miktarı günde 54 g'dır. Sularda azotun / fosfora oranı 10 olduğunda ciddi bir kirlenme durumu söz konusudur. Fosforun suya geçişi insan metabolizması ve deterjanlar ile olmaktadır. Günde bir insanın 2 g metabolik, 2 g da deterjandan olmak üzere 4 g fosforu, pis sular ile çevreye saldırdığı kabul edilmektedir. Sularda fosforun artması tatlı sularda mavi-yeşil ve yeşil alglerin süratli bir şekilde çoğalıp su yüzeyini

kapamalarına ve suyun oksijenini tüketip balık ve diğer su ürünlerine zehir etkisi yapmalarına neden olur. İnsan faaliyeti sonucu suya karışan fosforun dışında tarım ve ticaret gübrelerinin yoğun olarak kullanıldığı yerlerde, yıkanma sonucu sulara karışan fosfor miktarı km^2 başına 69, tarımın az yoğun olduğu yerlerde 35 g düzeyindedir. Bunun saptanması akarsuyun debisi ile o suyun su toplama havzasının genişliğinin saptanması ile hesaplanır. Bu durumda tarım faaliyetlerinin olduğu yerlerde akarsulara ortalama km^2 'den 50 g fosforun intikal ettiği kabul edilmektedir [59].

II.9. SU KALİTESİNİ ETKİLEYEN FİZİKSEL VE KİMYASAL PARAMETRELER

II.9.1. Fiziksel Parametreler

II.9.1.1. Sıcaklık

Su kitlesinin sıcaklığını arttırıcı katkılar ısı kirlenmesi olarak adlandırılır. Bunun kaynağı daha çok suyu soğutma amacıyla kullanılan termik ve nükleer santraller ve diğer endüstriyel kuruluşlardır. Suyun sıcaklığındaki ani artışlar suda yaşayan birçok bitki ve hayvanın ölümüne sebep olabilmektedir [24].

İçme suyu olarak düşünüldüğünde ağzımızı yakmayacak suyu içebiliriz ancak akuatik ekosistemleri düşündüğümüzde sıcaklığın abiyotik faktörler içinde oldukça önemli bir parametre olduğu bilinen bir gerçektir. Zira sıcaklık değişimi suda yaşayan canlıların kolay adapte olamayacakları bir durumdur [18].

Oksijenin suda çözünübilirliği, sıcaklık ile bağlantılı olduğundan, sıcaklık önemli bir fiziksel özelliktir. Suyun sıcaklığı, kimyasal maddelerin sudaki çözünübilirlik değerlerine ve biyolojik etkinliklerinin hızına etki eder [56].

Sıcaklık su ortamındaki tabii süreçlerin en önemli düzenleyicisidir. Organizmaların fizyolojik faaliyetleri ve diğer su özelliklerine karşı davranışları sıcaklığın değişmesinden etkilenmektedir. Su ortamındaki kimyasal reaksiyon hızları, enzimlerle ilgili faaliyetler, moleküllerin hareketi ve canlı organlar ile fizyolojik sistemler arasında bulunan membranlardaki moleküler hareketler sıcaklığın birer fonksiyonudur [43].

Isınan sulardaki oksijen oranı azaldığından o çevrede yaşayan canlılar olumsuz biçimde etkilenmektedir. Bu etki kısmen gazın çözünürlüğünden, kısmen organik maddelerin bozulmasının hızlanmasından kaynaklanmaktadır. Bu hızlanma oksijenli

solunum yapan bakterilerin yaz döneminde daha fazla oksijen almaları sonucunu doğuracak ve organik bir kirlenmeye neden olacaktır [24].

II.9.1.2. pH

Su içindeki hidrojen iyonu konsantrasyonunu 10 tabanına göre negatif logaritması pH değeri olarak tanımlanmaktadır. $pH = 7$ olan sular nötr sular olarak bilinir. Bunlarda H^+ ve OH^- iyonları denge halindedir. Bu tür suların asit ve alkali reaksiyonları yoktur. H^+ iyonu konsantrasyonunun artması ile PH nen değeri 7' Nil altına düşer ve su asit karakter kazanır. OH^- iyonu konsantrasyonunun artması ile pH 7'nin üzerinde değer alır ve su bazik karakter taşır. pH değerleri 0-14 arasında değişir. Genel olarak yeraltı suları pH'ı 7'den küçük olan ve asit özelliği taşıyan sulardır. Yüzeysel sularda genellikle pH 8 den büyük değer taşıyan bazik sulardır. İçme sularındaki pH değeri 6.5-8.5 arasında uygun görülmektedir [26].

Suyun pH'ı; içinde çözülmüş olan CO_3^{2-} , HCO_3^- , CO_2 , OH^- iyonlarına bağlıdır. pH'ı düşük olan yani asidik olan sularda HCO_3^- , CO_2 baskındır. $pH < 6,5$ ise su korrosif (kemirici-aşındırıcı) özelliğe sahiptir. Buna bağlı olarak arıtma tesislerinde, şebeke sisteminde ve evlerde metaller üzerinde korrosif etki doğurur. Dolayısıyla ilave olarak metal iyonlarının sudaki miktarını artırarak kirlilik yapmaktadır. $pH > 9,5$ ise tat problemi oluşur. Suyu sabunsu kayganlık hissi verir [40].

Doğal suların pH dereceleri, normal koşullarda 4-9 arasındadır. Sudaki Ph, genelde karbonat sistemi ile dengelenmektedir. Buna göre, suda karbondioksit (CO_2), karbonik asit (H_2CO_3), bikarbonat (HCO_3^-) ve karbonat (CO_3) iyonları, bir denge halinde bulunmaktadır. Bu denge, suyun pH değerini belirlemekte ve etkilemektedir. Dengenin CO_2 ve HCO_3^- 'a doğru kayması durumunda pH düşmekte, CO_3 'a doğru kayması halinde ise artmaktadır. Genellikle düşük pH'a bataklıklarda, yüksek pH'a ise akarsularda rastlanmaktadır [23].

Göllerde pH 6-9 arasında değişir. Kireçli bölgelerdeki göllerde çözülmüş karbonat pH'ı arttırarak 9 dolayına çıkarabilir. Hatta akıntısı olmayan göllerde buharlaşma alkali maddelerin birikmesine neden olduğundan pH 12'ye çıkabilir. Volkanik göllerde sülfürik asit gibi asitlerin birikmesi sonucu ya da maden yatakları yakınındaki göllerde pH 1,7'ye kadar düşebilir [24].

pH değerleri 6,5-8,5 dışındaki değerlerde, balıklarda olumsuzluklar gözlenmekte, kuvvetli zarar görmesi halinde ise balıklar dibe çökmektedir. Diğer

etkiler ise, solungaçlarda renk değişimi, solungaçların kahverengi renk alması, vücuttan salgılanan mukus miktarında artış, solungaçlarda büzülme, yüzgeçlerde lifleşmeler olarak belirtilmektedir. Ayrıca pH'nın zehir etkisi, ortamda Zn gibi metallerin varlığıyla artmaktadır. Yüksek pH'larda NH₃ gibi maddelerin zehir etkisi artmaktadır [23].

II.9.1.3. Elektriksel İletkenlik (Konduktivite)

Suyun özgül iletkenliği elektriksel akımı iletme derecesinin ölçüsüdür. İletkenlik su içinde yer alan toplam iyonize (çözünmüş) katı maddelerin doğrudan ölçüsü olduğundan, iletkenlik noktası bir kontrol noktası olarak önem taşımaktadır. Temel iletkenlik birimi: $\mu\text{s/cm}$ (microsiemens/cm)'dir. İletkenlik seviyesi sıcaklıktan etkilendiği için, ölçüsü 25°C sıcaklıkta belirtilir [18].

Elektriksel iletkenlik suyun elektrik akımını iletme kapasitesi veya çözeltinin elektrik akımını geçirmeye karşı gösterdiği dirençdir. Bu özellik suda iyonize olan maddelerin toplam konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlıdır ve iyonların yer değiştirme hızı üzerine sıcaklığın etkisi vardır [26].

İyi kaliteli bir kaynaktan gelen su, elektrik akımına karşı sabit bir direnç göstermektedir. Bu direnç kaynağın debisinin ve toprak tabakalarından suyun süzülme hızının sabitliğine bağlıdır [18].

Su kalın toprak tabakalarından yavaş yavaş süzüldüğü zaman genellikle aynı miktarda mineral madde ile yüklenmektedir. Fakat kalitesiz kaynaklarda yağmurlar sonucu oluşan fazla su, çatlaklar arasından geçerek geldiği zaman, sadece debisi değişmekle kalmamakta, aynı zamanda elektrik akımına direnci de günden güne mineral tuzları miktarı çok değişeceğinden değişmektedir [18].

İletkenliğin artması suya ya deniz suyu karışığının ya da ek bir kirlenmenin olduğunu düşündürmektedir [18].

İletkenliği çok yüksek olan sular büyük ölçüde korozyon özelliği (metal yüzeylerde aşınma) taşımaktadır. Özellikle elektronik, cam, boyahane, akü, laboratuvar vb. sektörlerde düşük iletkenliğe sahip sular istenmekte ya da sular buna göre arıtılmaktadır [18].

II.9.1.4. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)

Sudaki çözünmüş maddeler, suda çözünmüş az miktardaki organik madde ve anorganik tuzların varlığından ileri gelir. Çözünmüş üç madde içinde bulunan başlıca iyonlar, karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat, nitrat, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyumdur. Çözünmüş maddeler tat, sertlik, korozyon gibi suyun özelliklerine etki eder ve kabuklanmaya neden olurlar[26].

Toplam çözünmüş maddeler doğal kaynaklardan, lağım atıklarından, şehir drenaj sularından ve endüstriyel sulardan ileri gelmektedir. Litrede 1000 mg'dan fazla toplam çözünmüş madde bulunan içme suları, içenler için fizyolojik bir etki göstermez [26].

Sucul bir ortamda bulunan çözünmüş katı maddelerin miktar ve çeşitleri, o ortamdaki bitki ve hayvanların bolluk ve çeşitliliğini etkiler. Fitoplanktonlar sucul ortamda bulunan besleyici çözünmüş maddelerden yararlanırlar. Bazı hayvanlar sudaki fitoplanktonun miktar ve çeşidine bağlı olduğundan, dolaylı olarak bu maddelerden yararlanmış olurlar [24].

II.9.1.5. Renk

Suyun rengi genellikle suda bulunan organik (bitkisel organizmaların veya yaşayan diğer organizmaların bozulmaları ve çürümeleri ile meydana gelen maddeler) ve inorganik maddelerden, bazen de endüstri sularındaki erimiş kimyasal maddelerden ve boyalardan ileri gelmektedir [18].

Saf su renksizdir. Suda yaşayan yosunların ve mikroorganizmaların üremesi de suya yeşilimsi veya esmerimsi bir renk vermektedir [18].

Yüzeysel suların çoğu belli ölçülerde renklidir. Sular, içinde bulunan çözünmüş veya asılı maddelerin çeşidine bağlı olarak az veya çok renkli olabilmektedir. Örneğin hümik asit ve hümatlar, tanin, ligdin ve bunun gibi maddeler ile ferik hümat halinde suda bulunan demir bileşikleri suya renk vermektedir [18].

Doğal yüzey sularının rengi pH arttıkça artar. Sudaki renk, tat ve kokuyla da yakından ilgilidir. Doğal suların rengi organik maddelerden ileri gelir, yüzey sularındaki bitkilerin çürümesinden kaynaklanır. Demir ve mangan gibi renk bazı yüzey sularında bulunduğu gibi, daha çok yeraltı sularında bulunurlar. İçme suyundaki diğer önemli demir kaynağı ise suyu taşıyan demir boruların çözünmesidir. Demir suya kırmızı kahverengi, mangan ise siyah renk verir. Karakteristik kırmızı renkteki su, hidroksit şeklinde demirin çökmesinden, kırmızı su

demir II'nin demir III'e oksitlenmesinden ileri gelir. Her iki olay mikrobiyolojik kaynaklıdır. Bazı durumlarda ise su dağıtma sistemleri demir bakterilerinin faaliyetiyle tıkanır. Bu tipteki renk sorunlarına yeraltı sularında yüzey sularından daha fazla rastlanır. Dağıtma sistemlerindeki korozyon musluk sularında renk ve bulanıklığa neden olur [26].

Renk ışık geçirgenliğini olumsuz yönde etkilediği için, güneş ışığının suların alt tabakalarına kadar inmesi engellenmektedir. Bunun sonucunda, su ortamlarındaki fotosentez olayları da engellenmektedir. Fotosentezin engellenmesiyle, gerekli oksijen üretimi gerçekleşmemekte ve su canlılarında solunum sorunu ortaya çıkmaktadır. Renk artışının su ürünleri yaşamı bakımından bir diğer olumsuz etkisi beslenme ve besin bulma üzerinedir. Görme engellendiği için, su canlılarının avlanma yetenekleri de engellenmiş olmaktadır [43].

II.9.1.6. Bulanıklık

Bulanıklık kil, süt, ince parçalanmış organik maddeler, yosunlar, diatometreler, demir bakterileri ve diğer mikroorganizmaların oluşturduğu haldir [26]. Işık girişinin engellendiği sular bulanık olarak tanımlanır. Özellikle içme suyu temini için yapılan arıtmada, bulanıklık büyük öneme sahiptir. Bu parametre estetik yönden olduğu kadar, ince koloidal parçacıklarda adsorplanmış patojen organizmaların bulunmasından dolayı, sağlık bakımından da önemlidir [59].

İçme ve kullanma suyunun berrak olması istenir. Bulanıklık, suyun içindeki organik maddeler, inorganik tuzlar ile oksijen, karbondioksit, azot gazları, proteinler, hümik asitler, kil, silt, virüsler gibi inorganik maddeler ve bakteri, alg gibi mikroorganizmalar ile çökelmiş haldeki CaCO_3 , Al(OH)_3 , Fe(OH)_2 ve benzer maddelerden meydana gelir. İçme ve kullanma suyundaki bulanıklık, filtrasyonu zorlaştırması, klorlamayı olumsuz yönde etkilemesi, sağlık açısından zararlı olması ve estetik yönden istenmediğinden ham suda bulanıklık yapan maddelerin giderilmesi gerekir [56].

II.9.1.7. Tad ve Koku

Suda bulunan canlı veya ölmüş haldeki mikroorganizmalar, çözülmüş halde bulunan hidrojen sülfür, metan ve karbondioksit gibi gazlar, organik maddeler, sodyum klorür ve demir bileşikleri, diğer elementlerin karbonat ve sülfat tuzları ile fenollü maddeler suya tat ve koku verirler. Tat genel olarak kokuyu meydana getiren

nedenler sonucu ileri gelmektedir. Eriyik mineraller suya yalnız tat verdikleri halde koku vermezler. Bakır, çinko veya demir iyonları suya metalik bir tat verirler. Çözünmüş gazlardan ileri gelen tat ve kokular havalandırma yoluyla giderilebilir [56].

II.9.2. Kimyasal Parametreler

II.9.2.1. Toplam Sertlik

Sertlik, suda kalsiyum ve magnezyum tuzlarından ileri gelen özelliğe denir. Suyun genellikle kalsiyum ve magnezyum iyonlarının varlığından ileri gelen ve sabunun köpürmeye karşı direncini gösteren özellik olarakta tarif edilebilir [26].

Suda bulunan metal iyonları sertliği meydana getirir. Bu iyonların en önemlileri kalsiyum ve magnezyum tuzlarıdır. Sudaki demir, alüminyum, çinko ve mangan tuzları da sertliğe neden olsalar da, fazla etkili olmadıklarından, sertliğin kalsiyum ve magnezyum tuzlarından ileri geldiği kabul edilir [56].

Kalsiyum ve magnezyum bikarbonat tuzları $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ve $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ “geçici sertliği” veya “karbonat sertliğini”, kalsiyum ve magnezyumun klor, sülfat, nitrat, fosfat ve silikat tuzları ise “kalıcı sertliği” meydana getirirler. Kalıcı ve geçici sertlik birlikte “toplam sertliği” veya “genel sertliği” oluştururlar. Genel olarak “karbonatlar geçici sertliği, sülfatlar kalıcı sertliği verirler” denir [50]. Isıtıldığı zaman sudan kolaylıkla uzaklaşabilirler, bu yüzden geçici sertlik denilmiştir [56].

İçinde fazla miktarda kalsiyum ve magnezyum tuzu bulunan sular sert sulardır. Suların belirtmekte kullanılan birimler değişiktir. Ülkemizde Fransız sertlik derecesi kullanılır. Bu ölçüme göre; bir sertlik derecesi litrede 10 mg kalsiyum karbonata eşittir. Çok yumuşak sular 0-7,2 sertlik derecesinde, çok sert sular 54 ve daha fazla sertlik derecesindedir (Tablo II.3) [50].

Tablo II.3 Suların Sertlik Derecelerine Göre Sınıflandırılması

Suyun Sertliği	Alman	Fransız	İngiliz
Çok yumuşak	0 – 4	0 – 7.2	0 – 5
Yumuşak	5 – 8	7.3 – 14.2	6 – 10
Orta sert	9 – 12	14.3 – 21.5	11 – 15
Oldukça sert	13 – 18	21.6 – 32.5	16 – 22.5
Sert	19 – 30	32.6 – 54.0	22.5 – 37.5
Çok sert	30'dan fazla	54'den fazla	37.5'ten fazla

Suların sertliği 100 ml (veya 1 litre) suda kalsiyum oksit veya karbonatlarının miktarı ölçü alınarak miliekivalan veya “sertlik derecesi” birimi ile ifade edilir. İçme suyu ile ilgili ölçümlerde miliekivalandan ziyade sertlik derecesi birimi tercih edilir. [50].

Çeşitli ülkeler farklı sertlik dereceleri kullanmaktadır, bunlar arasında en sık kullanılanları ve karşılığı olan kalsiyum oksit veya bikarbonat miktarları şu şekildedir;

1 Alman sertlik derecesi =100 ml suda 1 mg CaO

1 Fransız sertlik derecesi =100 ml suda 1 mg CaCO₃

1 İngiliz sertlik derecesi =700 ml suda 10 mg CaCO₃

1 USA sertlik derecesi =100 ml suda 0.1 mg CaCO₃

Yumuşak sular agresiv oldukları için iletim hatlarında korozyona neden olurlar. Bu sular yüksek geçirgenlikleri nedeniyle temas ettikleri kurşun, bakır, çinko, kadmiyum, ve buna benzer toksik metalleri daha yüksek yoğunluklarda içerebilirler. Sularda kalsiyum ve magnezyum bikarbonatları karbondioksit ile denge halindedir. Yüksek karbondioksit derişimine sahip yumuşak sular kireç suyuna karşı agresivdir. Suyun sertlik derecesi sağlık koşullarından çok ekonomik ve estetik bakımdan çok önemlidir. Yumuşak sulara göre sert sularda, gerek banyo gerekse çamaşır yıkama amaçlı uygulamalarda daha fazla sabun tüketilmektedir [50].

Suyun sertliği onun eritme özelliğinden meydana gelmektedir. Bazı sular içinde bulunan erimiş maddelere bağlı olarak daha fazla eritme özelliğine sahiptirler. Örneğin, sudaki karbondioksit, kalker ve magnezyumu daha kolay eriterek bu maddelerin bikarbonatlar haline gelmesine neden olur. Bitkilere temas ederek gelen sular böyle olmayanlara oranla daha fazla karbondioksite sahiptir. Yeraltı suları genellikle yüzeysel sulardan daha serttir. Çünkü bu sular yeraltında bulunan madensel maddelerle daha çok temastadırlar. Suyun sertlik derecesi, sağlık koşullarından çok ekonomik ve estetik bakımdan daha fazla önemlidir. Ancak, kalp-damar hastalıklarından ölüm oranı ile içilen suların sertliği arasında ters bir ilişki olduğu yani sert su içilen bölgelerde kalp damar hastalıklarından ölüm oranının yumuşak su tüketilen yerlere göre çok daha düşük olduğu, fakat sudaki kalsiyum miktarının mı yoksa magnezyum miktarının mı bu hususta rol oynadığı hakkında ki kanıtlarda henüz yetersizdir [26].

II.9.2.2. Organik Madde

Sularda bulunan çözünmüş organik maddenin hepsi, ölmüş bitki ve hayvan kalıntıları ile bunların metabolik artıkları ve salgılarından kaynaklanmaktadır. Bu maddeler, başlıca organik azot-fosfor-karbon, protein, karbonhidrat, aminoasit, organik asit ve vitaminlerden oluşmaktadır [23].

Sularda çözünmüş olan oksijeni tüketerek kirlenmeye sebep olan maddelerdir. Böyle maddeler antropojenik faaliyetler (ev atıkları, hayvan atıkları, gıda fabrikaları atıkları, kağıt fabrikası atıkları, mezbaha atıkları, dericilik atıkları vb.) sonucu sulara karışırlar. Karışıkları sular durgunsa bunlar suyun dibinde toplanırlar. Buna sedimentasyon denir. Sedimentasyonla çöken organik maddeler içinde inorganik maddelerde bulunur. Organik ve inorganik maddelerin bir karışımı olan sedimentler bakteriler ve diğer organizmalar için iyi bir ortamdır. Böyle bir ortamda mikro organizmalar suda çözünmüş oksijeni kullanarak sedimentteki organik maddeleri parçalarlar. Bunlarda su, CO₂, NO₃, SO₄, ve PO₄ meydana getirirler. Bu şekilde sedimentte bulunan organik maddelerin suda çözünmüş halde bulunan oksijen yanında mikroorganizmalar tarafından parçalanmasına aerobik parçalanma denir. Aerobik parçalanma çözünmüş oksijen kullanılmasıyla olduğundan suda çözünmüş oksijen konsantrasyonu azalır. Bu azalma havadan oksijen absorplanarak telafi edilmeye çalışılır. Ancak sudaki sedimentte organik madde çok ise birim hacimde üreyen bakteri sayısı çok olur. Havadan absorplanan oksijen bakteriler tarafından kullanılan oksijeni karşılayamaz hale gelir. Bu durumda aerobik bakteriler ölür. Onların yerini bu defa anaerobik bakteriler alır. Bunlarda sedimentteki organik maddeleri parçalamaya devam ederler. Ancak bunların organik maddeleri parçalamaları aerobik bakterilerin parçalamalarından farklıdır. Bunların parçalama reaksiyonları aerobik bakterilerin tersine indirgenme reaksiyonları üzerinden yürür. Her iki şekilde parçalanan organik madde parçalanma ürünü birbirinden farklı olur. Bu farklılıktan birkaç tanesi aşağıdaki gibidir (Tablo II.4) [49].

Tablo II.4 Aerobik ve Anaerobik Ortamlarda Organik Maddelerin Parçalanması

Aerobik (yükseltgenme)	Anaerobik (indirgenme)
$C \rightarrow CO_2$	$C \rightarrow CH_4$
$N \rightarrow NH_3 + HNO_3$	$N \rightarrow NH_3 + R-NH_2$
$S \rightarrow H_2SO_4$	$S \rightarrow H_2S + R-SH$
$P \rightarrow H_3PO_4$	$P \rightarrow PH_3$

Anaerobik parçalanmaların olduğu yerlerde çürük yumurta kokusu gelir. Bu kokunun kaynağı aminler kükürtlü bileşikler ve fosfindir [49].

Aerobik ortamda dönüşüm tamamen olur. Anaerobik ortamda ise bazı yan ürünler olur. Aquatik bitki ve hayvanların yaşayabilmesi için sudaki oksijen konsantrasyonunun belirli bir düzeyde olması gerekir. Oksijen konsantrasyonu düşüklüğünden en çok omurgalılar (balıklar) ondan sonra omurgasızlar etkilenir. En azda bakteriler etkilenir. Sıcak sularda canlıların özellikle balıkların yaşayabilmeleri için suyun litresinde en az 5 mg, soğuk sular için ise en az 6 mg çözülmüş oksijene ihtiyaç vardır. Sudaki doymuş oksijen konsantrasyonu sıcaklığa ve basınca göre değişir. Deniz seviyesinde 20°C de oksijenin suda çözünürlüğü 9,1 mg/L aynı sıcaklıkta 1000 m yükseklikte 8,2 mg/L, 2000 m yükseklikte 7,4 mg/L'dir. Buna karşın 0°C 'de 14,6, 18°C'de 9,5, 30°C'de 7,6 mg/lit çözünürlüğe sahiptir [49].

II.9.2.3. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)

İçerisinde bakteri bulunan kanalizasyon veya endüstri atıksularına oksijen verildiği takdirde bakteriler aracılığı ile kararsız (çürüeyebilen) maddeler aerobik parçalanmaya uğrar. Bu ayrışma sırasında bir miktar oksijen sarf edilir. Çürüeyebilen maddeler kararlı hale dönüşürler. Organik maddelerin aerobik şartlarda kararsız halden kararlı hale gelmeleri için bakteriler tarafından kullanılan oksijen miktarına, "biyokimyasal oksijen ihtiyacı" denir ve kısaca BOİ şeklinde gösterilir. BOİ, atıksudaki organik maddelerin aerobik şartlar altında oksidasyonu ve minerilazasyonu (stabilizasyonu) için bakteriler tarafından sarf edilen oksijen miktarıdır. Organik maddeler bakteriler için gıda maddesidir. BOİ parametresi, kanalizasyon ve içinde toksik maddeler bulunmayan endüstri atıklarının kirletebilme derecesini, gerekli oksijen miktarı cinsinden tayinde kullanılır [65].

Alıcı ortamlara verildiklerinde, evsel ve endüstriyel atıksuların tüketecekleri çözülmüş oksijen miktarının belirlenmesiyle, kirlenme potansiyelinin ve alıcı ortamın özümleme kapasitesinin tayininde kullanılan bir parametredir. BOİ parametresi biyolojik olarak ayrışabilen organik maddelerin toplamını gösteren kollektif bir parametredir. BOİ parametresi: arıtma sistemlerinin tasarımı ve işletilmesi, alıcı ortama atıksu deşarj limitlerine uygunluğunun kontrol edilmesi ve biyolojik arıtma sistemlerinin performansının ölçülmesinde kullanılmaktadır [18].

BOİ reaksiyonları çoğunlukla birinci dereceden reaksiyonlardır. Reaksiyon hızı belli bir anda geriye kalan parçalanmamış organik madde miktarı ile orantılıdır. Organik maddelerin biyolojik oksidasyonu tamamlaması için 20 günden fazla bir süre gerekmele beraber, BOİ miktarının ilk 5 günde kullanıldığı görülmüştür [26].

Herhangi bir nehir veya gölde, oksijenin azalması veya bitmesi, balıkların ölümü, fena kokulu istenmeyen koşulların doğması ve içinde bulunan ekosisteme zarar verilmesi gibi birçok sorunlara neden olacağından, BOİ kirlilik kontrolünde önemli bir parametredir [23].

Kullanılmış suların alıcı ortamlarını oluşturan göl, nehir ve denizlere verilmesi sonucunda BOİ yükü artar. Buna karşın çözünmüş oksijen azalır. Bir bölgenin BOİ birimleri, o bölgenin organik madde miktarını, başka bir deyişle kirletici miktarını verir. Böylece çeşitli bölgelerin karşılaştırılmasına olanak sağlar [24].

II.9.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

KOİ, kuvvetli kimyasal oksitleyicilerle doğal ve kirletici organik yükün parçalanması sırasında kullanılan oksijen miktarıdır. KOİ, kirlilik saptama çalışmalarında en çok kullanılmakta olan kolektif bir parametredir. Analiz sonucunda, 1m³ sudaki organik maddenin, asit ortamda K₂Cr₂O₇ ile oksitlenmesi için tüketilen oksijen miktarına o suyun KOİ'si denmektedir [23].

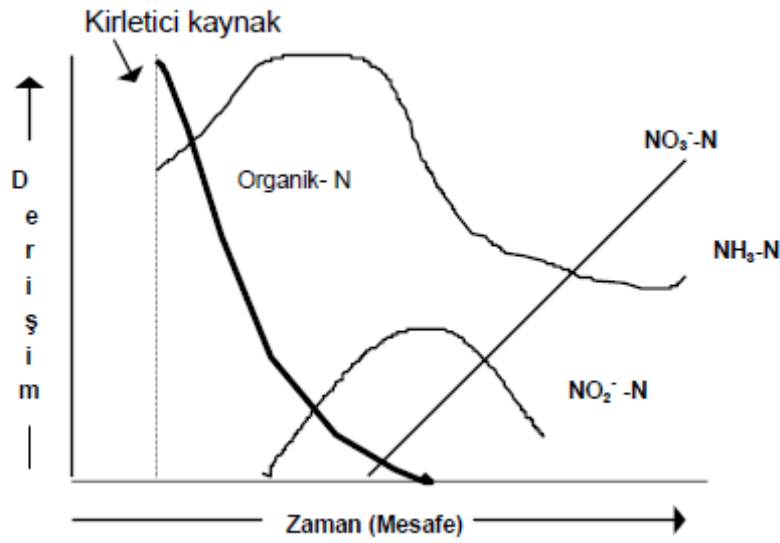
Atık sular, biyolojik olarak oksitlenmeyen organik maddeleri de içerir. Bu sebeple BOİ deneyi sonucu bir suyun, içerdiği organik madde konsantrasyonunun bir ölçüsü olamaz. Asitli ortamda çok kuvvetli kimyasal yükseltgeyici maddeler kullanılarak, atık su muhtevası bulunan organik maddelerin hemen hepsi yükseltgenebilir. Bu testle, atıksu içerisindeki organik maddelerin hemen hemen tamamı su ve karbondioksite çevirmek için gereken oksijen miktarı ölçülmektedir [40].

II.9.2.5. Azotlu Bileşikler

Azot bütün canlıların hücre protoplazmasının bir bileşenidir. Fosfordan sonra, azot bütün makrobesin elementleri içinde en önemli madde olup bazı durumlarda büyümeyi sınırlayıcı faktör olarak da rol oynar. Azot bileşikleri su kirliliği açısından çeşitli etkiler yaparlar. Bunların başlıcaları, ötrofikasyon, oksijen bilançosunun etkilenmesi ve içme sularındaki toksikolojik sorunlardır [57].

Azot, yedi oksidasyon basamağında bulunabilen kompleks bir elementtir. Su kalitesi bakımından, en önemli azot içeren bileşikler organik azot; amonyak (NH_3), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), üre [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] ve azot gazıdır (N_2) [23].

Azot doğada organik ve inorganik formları arasında çevrim içerisindedir. Bakteri ve bitkiler, çeşitli inorganik azot formlarından protein üretirlerken (azot içeren organik bileşikler), insanlar ve hayvanlar atmosferde bulunan azottan ya da inorganik azot formlarından protein sentezi için faydalanamazlar. İnsanlar ve hayvanların faydalandığı azot formları organiktir [23].



Şekil II.7 Azotlu Bileşiklerde Zaman Bağlı Olarak Görülen Değişim [59]

Azot amino asitler ve aminler gibi yüksek enerjili bileşiklerde bağlı bulunur. Bu formdaki azot **organik azot** olarak tanımlanır. Bu maddelerin metabolizmasının ara ürünlerinden biri amonyaktır. Bu iki madde yeni bir kirlenmenin göstergesidir. Azot formlarının diğerleri nitrit ve nitrattır. Sularda yüksek nitrat ve daha düşük amonyak düzeyleri kirlenmenin bulunduğunu, fakat belirli bir zaman geçtiğini gösterir (şekil II.7) [59].

Proteinler bakteriyel faaliyetler sonucunda üre ve amonyağa dönüştürülür. Üre aynı zamanda enzimatik olarak da amonyağa dönüşür. Bu iki yolla ortaya çıkan amonyak bakteriler tarafından önce nitrite, daha sonra da nitrata oksitlenir. Nitrit ve nitrat da bakteriler tarafından azot gazına dönüştürülür. Bu olaylar zincirine azot çevrimi denir [23]. Bu çevrimdeki en önemli aşamalar moleküler azotun bağlanması amonyaklaşma, nitrifikasyon ve denitrifikasyondur [57].

Amonyaklaşma olayı gerek anaerobik gerekse de aerobik ortamlarda gerçekleştirilebilir. Her iki halde de büyük protein molekülleri proteolitik ekoenzimler yardımı ile önce polipeptitler ve sonra peptidazlar sayesinde aminoasitlere parçalanırlar. Bu parçalanma sırasında aminoasitler NH_2 gruplarını amonyağa veya başka bileşiklere kaybedebilirler. Anaerobik koşullarda protein moleküllerinin ancak bir kısmı amonyağa dönüşür. Amonyaklaşma süreci içinde oluşan amonyum iyonları bir yandan bitki besi maddesi olarak tüketilirler. Öte yandan da oksijenli ve yeterli tampon kapasitesi olan ortamlarda belirli kemolitoototrof organizmalar tarafından nitrit ve daha sonrada nitrata yükseltgenirler. Azot döngüsü sırasında bu nitrifikasyon reaksiyonları büyük önem taşır. Nitrifikasyon hem ototrof hem de heterotrof bakteriler tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Nitrit oluşumu sırasında oksitlenen her amonyum iyonu için 2H^+ iyonu ortaya çıkar. Sucul sistemlerde bu, HCO_3^{2-} düzeyinin düşmesine ve dolayısıyla pH'ın azalmasına neden olur. Nitrifikasyon sadece çözülmüş oksijen varlığında gerçekleşebilmektedir. Anoksik koşullar altında, nötrale yakın pH değerlerinde ve organik hidrojen vericilerinin bulunması halinde ise denitrifikasyon mümkün olmaktadır. Denitrifikasyon sırasında nitrat, nitrite ve daha sonra azot oksitler sayesinde moleküler azota indirgenir. Bu olaya nitrat solunumu da denmektedir. Ancak bu dönüşüm belirli bir zaman gerektirmektedir. Bunun nedeni nitrat solunumunu gerçekleştirecek enzimlerin ancak oksijenin yok olması durumunda ortaya çıkmasıdır. Yine bazı ortamlar ve bazı bakteri türleri tarafından nitrat indirgenmesinin amonyuma kadar ilerlediği gözlemlenmiştir [57].

II.9.2.6. Amonyak

Amonyak sulara iki formda bulunmaktadır. Birincisi, iyonize olmamış formu olup, amonyak (NH_3) olarak isimlendirilmektedir. İkincisi, iyonize olmuş formu olup, amonyum (NH_4^+) olarak isimlendirilmektedir [23].

Doğal sulara amonyak, kısmen proteinlerin bakteriler tarafından ayrıştırılmasından, kısmen de deaminasyondan yine bakterilerin etkinliği ile gerçekleşir. Oksijenin kullanılması sonucu, kirlenme arttıkça amonyak yoğunluğu da artar. Normal ve alkali sulara serbest amonyağın yoğunluğu 2,5 mg/lt'nin üzerinde olduğu zaman birçok canlı türü için zehirli olabilir [24].

Amonyakın zehirlilik etkisi pH, sıcaklık, tuzluluk, çözülmüş oksijen konsantrasyonu değişmektedir. Kirlilikte amonyağın hayvanlar üzerindeki zehirlilik

etkisini artırabilmektedir. Besi maddesindeki artışlara paralel olarak artan fotosentez ile ortamın karbondioksiti azalmakta, pH'ı artmaktadır [10]. Amonyanın pH ile olan ilişkisi incelendiğinde, arada logaritmik bir ilişki olduğu görülmektedir. Yani, sudaki amonyak miktarı, pH ile logaritmik olarak azalmaktadır. Örneğin pH 8,5'ten 6,5'e düştüğünde etkisi 100 kat azalmaktadır [18].

Amonyak bilindiği gibi anorganik azot bileşiklerinin en fazla redüklenmiş halidir. Doğada yine biyokimyasal yoldan *Nitrosomonas* grubu bakterilerin etkisiyle aerobik şartlarda nitrit (NO_2) haline oksitlenir [18].

Suda görülecek amonyak sorunu çeşitli yerlerden kaynaklanabilmektedir. Kaynaklardan biri yem artıklarıdır. Ani fitoplankton patlamalarını takip eden süreçte, ölü materyallerin parçalanması aşamasında da amonyak oluşabilmektedir. Evsel ve endüstriyel atıklar ile tarım alanlarından gelebilecek azotlu gübrelerle bulaşık sularının su kaynaklarına karışması diğer bazı amonyak kaynaklarıdır [18].

II.9.2.7. Nitrit

Organik maddelerin nitrifikasyonunun ilk ürünü olan amonyanın oksitlenmesinin sonucu nitrit oluşur [24]. Nitrit, oksidasyon sonucunda oluştuğu için sularda çözülmüş oksijen miktarının azalmasına neden olmaktadır [18]. Çok kısa sürede nitratlara dönüşürler. İçme ve kullanma sularında normalde nitritin bulunmaması gerekir. İnsan sağlığı için zararlı olmakla birlikte eser miktarda nitritin sağlık etkileri tam olarak bilinmemektedir. Ancak yüksek miktarlarda bulunması lağım kirlenmesini akla getirir [24].

Su ortamlarında nitritin bulunması, su kirliliği açısından çok önemlidir. Nitrit varlığı, çoğunlukla sulara organik madde karışığının bir göstergesi olmaktadır. Bu nedenle bu tip sularda mikroorganizma faaliyetleri olacaktır. Nitrit iyonları, diğer azot formlarına kıyasla, yüzey sularında çok daha az miktarda bulunurlar. Çünkü nitrit, bir ara ürün olup, ya oksitlenerek nitrata, ya da indirgenerek amonyağa dönüşmektedir. Ancak, yeterli ölçüde nitrifikasyona uğramamış atık suların alıcı ortama verilmesi durumunda, çok yüksek miktarda nitrit konsantrasyonlarına rastlamak mümkündür. Böyle durumlarda, su canlılarının ilave bir zehir etkisiyle karşı karşıya kaldıkları görülmektedir [23].

II.9.2.8. Nitrat

Nitrat az kirlenmiş sulardaki inorganik azotun en genel bulunan formudur. Göllere yüzey akışları, yeraltı suyu ve yağışlar vasıtasıyla girmektedir [57]. Nitrat (NO_3), sulardaki organik azotun oksitlenmesinin son ürünüdür. Ortamdaki azotun oksidasyonu nedeniyle, sudaki çözünmüş oksijenin tüketilmesi söz konusu olmaktadır [23].

Nitrat kaynaklı kirlenmelerin temel olarak dört ana kaynağı vardır. Birincisi, tarımsal faaliyetlerde kullanılan azot kaynaklı gübreler, ikincisi çorak alanlarda doğal olarak meydana gelen azot bağlanması, üçüncüsü topraktaki organik maddenin nitratın olmadığıda bozulması ve dördüncüsü de insan ve hayvan atıkları neticesinde oluşan bozulmalardır. Geniş alanlara yayılabilen kirleticiler arasında nitrat, çevrenin kirletilmesinde önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir [42].

Atmosferdeki azotun kimyasal olarak endüstriyel ölçekte fikse edilmesinin mümkün olmasıyla birlikte, suni gübrelerin kullanılmaya başlanmasıyla doğal sulardaki azot miktarlarında önemli artışlar görünmeye başlanmıştır. Nitrat, yüksek çözünürlük ve düşük sorpsiyon kapasitesine sahip olduğundan dolayı, kolayca kök bölgesinin altına sızabilmekte ve bitki verimliliği açısından hiçbir etkisi kalmamaktadır. Fosforun aşırı derece sınırlı olduğu sularda, nitratın artan miktarları, algler tarafından besin kaynağı olarak sadece çok küçük miktarlarda kullanılmaktadır. Nitrat günümüzde suları kirleten birinci dereceden kirletici olmaktadır [57].

II.9.2.9. Fosfor

Fosfor, tıpkı azot gibi, su ortamları için hayati derecede önemli bir elementtir. Hücre reaksiyonlarının enerji kaynağını adenosin trifosfat'ın (ATP) sağladığı düşünülürse, fosforun hayat için ifade ettiği önem kolayca anlaşılır. Doğada fosforun başlıca kaynağını, fosfor içeren tortul depolar meydana getirir. Bunlar organik varlıkların ölümünden sonra, fosfor içeren iskeletlerinin deniz dibine çökerek tabakalar halinde birikmesi ve sonradan tektonik hareketlerle yükselerek yeryüzündeki fosfat yataklarını meydana getirmeleri ile oluşurlar. Bitkiler fosforu ancak suda çözünmüş olduğu takdirde kullanabilirler. Bu nedenle, doğadaki fosfatlı kayaların biyolojik bir değer kazanması, ancak bunlardan yapılan gübrelerin kullanılmasına veya fosfatlı kayalar üzerinden geçen sular tarafından çözülerek ortama karışmasına bağlıdır. Bu tür gübrelerin ve ayrıca, fosfat içeren deterjanların

büyük ölçüde kullanılması ve bu maddelerin yıkanarak akarsulara, göllere ve denizlere karışması, buralarda bitkilerin, özellikle alglerin hızla ve çok fazla gelişmesine ve suyun oksijen bakımından fakirleşerek, ötrifikasyon olayının meydana gelmesine yol açar [23].

Sığ ve ötrofik sistemlerde ortaya çıkan sediment gözenek suyu fosfor konsantrasyon miktarı özellikle bahar ve yaz aylarında artış göstermiştir. Bu durum bitkilerin ölümü, parçalanması ve bu süreci takip eden fitoplankton patlamaları ile ilişkili bulunmuştur [60].

II.9.2.10.Fosfat

Fosfor bileşikleri önemli bitki besin maddeleridirler. Su hayvanlarına olan etkileri, ancak suda fazla miktarda bulunup pH değerini veya suyun tampon sistemini değişikliğe uğrattığı zaman göze çarpar. Temizlik malzemelerinde (deterjan ve benzeri) bulunan polifosfatlar veya fosfor bileşikleri, suyun yüzey gerilimini değiştirerek (köpük teşekkülü) biyolojik olayları olumsuz yönde etkileyebilirler. Kompleks fosfatlar ayrıca suya sertlik veren maddeleri inaktif hale getirerek suyun sertliğini bir ölçüde giderebilirler ve bu suretle diğer bazı zehirli maddelerin etkisinin artmasına neden olabilirler; ayrıca ağır metalleri kompleks bağlama ile bağlayabilirler. Sularda kompleks fosfatlar kısa zamanda bitkilerce kolay alınabilen ortofosfata parçalanırlar. İçme suyunda 7 mg P₂O₅/ l (üst sınır) zararsızdır [59].

II.9.2.11. Demir

Doğada çok bulunmasına rağmen, doğal suların kapsamında az miktarda bulunur. Bunun nedeni demirin sudan hızla çökerek ayrılmasıdır [26]. Demir sularda esas olarak Ferro (Fe⁺²) ve Ferrik (Fe⁺³) durumundadır. Demir indirgendiği zaman Ferro (Fe⁺²) durumunda ortaya çıkmakta ve yüzey sularında genellikle demir Ferrik (Fe⁺³) durumunda bulunmaktadır. Ferro (Fe⁺²) suda çözünebilmekte ancak, Ferrik (Fe⁺³) suda çözünmemektedir. Ferro (Fe⁺²) genellikle yer altı sularında bulunmaktadır [18].

Demir insan organizmasında özellikle alyuvarların yapısında bulunan, hemoglobinin fonksiyonel bir parçası olması yönünden önemlidir. Bunun dışında demir, kasların myoglobininde, sitokrom, peroksidaz ve katalaz sistemlerinde yer alan yaşamsal önemde bir mineraldir [26].

Demirin suda aşırı bulunması suya metalik bir tat verir. Suda renklilik yapar. Bunlar sağlık bakımından bir sorun teşkil etmezler. Ancak çamaşırhaneler, tekstil sanayi, sabun, diş macunu imalatı ve kağıt sanayinde kullanılan sularda demirin varlığı istenmez. Çünkü demir ürünler üzerinde leke bırakır. Ayrıca, evlerde de porselenlerin zamanla sararmasına yol açar. Toprak yapısından ve endüstriyel kirlenmeden kaynaklanır. Çeşitli demir bileşikleri sert olmayan sularda pH yı düşürmek suretiyle balıklara zehir etkisi yaparlar. Demir hidroksit balıkların solungaçlarını tıkararak ölmelerine sebep olur [24]. 1 mg Fe/l (sert sularda 30 mg Fe/l) balıklar için zararlıdır. İçme sularında 0.5 mg Fe/l renk ve tatla anlaşılabilir [59].

II.9.2.12. Sülfat

Sülfatlar doğada bulunan ağır metal sülfürlerinin atmosferik olayların etkisiyle kısmen oksitlenerek suda çözünmesinden oluşmuşlardır [26]. Sülfat tuzları suda çözünürler. Çözünmüş sülfatlar sülfüre indirgenebilir veya hidrojen sülfür halinde buharlaşarak havaya verilir. Ya da çözünmeyen bir tuz olarak çökebilir ve canlı organizmalarla birleşebilirler [24].

Sülfatlar doğada bulunan ağır metal sülfürlerinin atmosferik olayların etkisiyle kısmen oksitlenerek suda çözünmesinden oluşmuşlardır. Büyük kısmı sedimentar kayalardan çözünse de doğada en yaygın olan minerali jibsdür. Sülfat tuzları(baryum, stronsiyum ve kurşun sülfat hariç) suda çözünürler. Çözünmüş sülfatlar sülfüre indirgenebilir veya hidrojen sülfür halinde buharlaşarak havaya verilir. Bir diğeri çözünmeyen bir tuz olarak çökebilir veya canlı organizmalarla birleşebilirler [26].

Kükürt bileşiklerinin anaerobik olarak parçalanması hoş olmayan kokulara neden olduğu gibi, yüksek konsantrasyonlarda olması halinde metal ve beton üzerinde korozif etki yaparlar. Laksatif etkisi nedeniyle de insan sağlığı açısından sülfat fazlalığının giderilmesi gerekir [56].

II.9.2.13. Kalsiyum

Kalsiyum suya sertlik özelliği veren en önemli iyondur. Doğadaki başlıca kalsiyum kaynakları karbonatlar, aragonit, dolomit, Jips, anhidrit, apatit mineralleridir. Ayrıca silikat taşlarında % 1-10 Ca iyonunu içeren kalsiyum silikatlar şeklinde de bulunur. Kalsiyum silikatlar hava ve yağmurun etkisiyle çözünebilir kalsiyum tuzlarına ve kil minerallerine dönüşür. Genellikle sudaki kalsiyum iyonu

kaynağını karbonatlı ve sülfatlı kalsiyum mineralleri teşkil eder. Bu nedenle sularda, çok değişik konsantrasyonlarda Ca bulunabilir [26].

Kalsiyumlu sularda karbonat ve sülfat da bulunuyorsa CaCO_3 ve SO_4 çökerek kabuk meydana getirir. Borularda az miktarda CaCO_3 'ün çökerek, iç yüzeyi bir tabaka halinde örtmesi halinde boruların korozyona uğramasını engeller. Kalsiyum sulama sularında toprağın yapısı ve geçirgenliği yönünden yararlıdır [26].

II.9.2.14. Bikarbonat

Sudaki geçici sertliği oluşturan en önemli mineraller kalsiyum ve magnezyum tuzlarının anyonlarıdır. pH değerinin 8.5 den büyük olduğu sularda HCO_3^- , CO_3^{2-} ve OH^- anyonları kalsiyum ve magnezyum ile birleşerek geçici sertliği yani karbonat sertliğini oluştururlar. Sağlık açısından alkaliliğin kötü bir etkisi olmamakla beraber, fazla alkalın olan suların içim tadı hoş olmadığı için pek tercih edilmemektedir [59].

II.9.2.15. Alüminyum

Alüminyum yer kabuğunda en çok bulunan elementlerden üçüncüsü olmasına rağmen suyun kapsamında az bulunur. Bunun nedeni normal hava koşullarında alüminyumun çözünmemesine bağlıdır. Yalnızca pH değeri düşük sularda kayda değer miktarda alüminyum bulunmuştur. Alüminyum doğal sularda toprak ve kayalardan erime nedeniyle bulunmaktadır [24].

Alüminyumun başlıca kaynağı doğadır. Ancak alüminyum doğada çözülmüş halde değil genellikle bir bileşik içerisinde bulunur. Alüminyum suda çözünürlüğü pH ile yakından ilgilidir. Yüksek ve düşük pH alüminyumun çözünürlüğünü artırır [18].

Su içinde alüminyum bulunması insanlar için zararlı değildir. Ancak depo ve borular içinde çökeltiler oluşturabilir. İçme suyu arıtma tesislerinde, su içindeki yabancı maddeleri çökeltilmede Alüm (alüminyum sülfat) kullanılır. Böylece, ham suda alüminyum mevcut olmadığı halde, filtrelenmiş suda bir miktar bulunabilir. İzin verilen maksimum konsantrasyon 0.05 ve 0.2 mg/L olarak belirlenmiştir [56].

Alüminyum fazlası suyun rengini bozmakta, bulanık mavimsi bir görünüş almasına sebep olmaktadır. Eriyebilir, koloidal ve eriyemez alüminyum, kullanılmış sularda veya alüminyum ihtiva eden koyulaşmış artıklar sularda görülebilmektedir [40].

II.9.2.16. Nikel

Nikel her yerde bulunur, başlıca alaşımları arsenid ve suliitdir. Madenlerin işlemleri sonucu çevreye yayılabilir. Nikel bazı alaşımlarda katalisit olarak metal kaplamalarda kullanılmaktadır. Gıda, konserve ve fabrikalarındaki tesisatta nikel kullanılması gıdalarda kontaminasyon yapabilir [26].

Nikel tuzlarının pek çoğu suda eriyebilir, bu nedenle bulaşma kolay olur, özellikle nikel içeren bileşiklerin nehirlerle atılması bu bulaşmada rol oynar. Yüzey sularında 1 mg/L gibi yüksek oranlar bildirilmiştir. Normalde bu sulardaki oran 5 - 20 mikrogram /lt gibi düşük bir seviyededir [26].

Bu metalin zararlılık sınırı balıklar için 1-5 mg/l, küçük su canlıları için ise 3-4 mg/L'dir. 6 mg Ni /l dozu sudaki mikrobiyolojik olayları engeller [59].

II.9.2.17. Çinko

Bol miktarda bulunan çinko yeryüzü kabuğunun % 0,004 ünü oluşturur Çinko sülfür, oksit ve karbonatları yüksek klorürlü suda çözünür, çinko sülfat tuzları çinko hidroksit ve çinko karbonat şeklinde hidrolize olmaya meyillidir. Doğal sularda çinko az bulunur. Adsorbsiyonla çözülmüş çinkonun miktarı düşer. Musluk suyunda çinko miktarı, galvaenizli pirinç borular ve diğer çinkolu yapımlardan gelen çinko nedeniyle yüzey sularından daha fazladır. Musluk suyunda çinko miktarı 0,01-1,0 mg/L arasında genel olarak değişiklik gösterir [26].

Belirli konsantrasyonlarda çinko sulardaki mikroflorayı olumsuz yönde etkiler. Balıklar için toksisite sınırı 0.3 mg/L (sert olmayan sularda 0.15 mg/l)'dir. Bakır ve nikel, çinkonun zehir etkisini arttırmaları. İçme suyunda 5 mg/l zararsız sayılmaktadır. [59].

Çinko insan ve hayvan besin zinciri içinde gerekli bir elementtir. Yetişkin insanlar için günlük 15 mg, çocuklar için 10 mg çinko önerilmektedir. İçme suyunda çinko konsantrasyonu fazlalığı korozyon olayını çabuklaştırır, doku ve damar büzülmeleri yapar, ayrıca suyun tadını bozar. İzin verilen maksimum çinko konsantrasyonu 0.1-5 mg/L dir [56].

Çinko suya arzu edilmeyen ilaç tadı verir. Litrede 5 mg'dan fazla çinko opelesans görünüşe neden olur. Ve kaynama esnasında yağlı bir film tabakası meydana getirir. Bu değer tavsiye edilen limit değer olup problem çıkmaması için çinko miktarı bu değerinin altında tutulmalıdır [26].

II.9.2.18. Bakır

Bakır ve bileşikleri çevrede dolayısıyla yüzeysel sulara bulunabilirler. Sudaki bakır, suyun pH'ı ve karbonat konsantrasyonu ve diğer anyonlarla ilgilidir. Musluk suyunda bulunan bakır miktarı ham su kaynağında ve arıtılmış suda bulunan bakır miktarından fazla olabilir. Çünkü bakır tuzları dağıtım sistemlerindeki çamur kontrolü ve manganezin yükseltgenmesini katalizlemesi yönünden, depolardaki bakteri büyümelerinin kontrolünde kullanılır. Pirinç, bronz borular ve bağlantılarının korozyonu sonucunda, suda ölçülebilecek miktarlarda bakır bulunabilir [26].

Bakır küçük canlılar için de yüksek derecede zehirlidir. Hafif alkali sulara hidroksit, çürüten organik madde içeren sulara sülfür şeklinde çökelir. Bakır balıklar için kuvvetli bir zehirdir. Alabalıklar için toksisite sınırı 0.14 mg Cu/l'dir (Cu çözünen tuz olarak suda bulunuyorsa). Sert sulara zehir etkisi daha azdır. Suda çözülmüş halde bulunan diğer tuzlar bakırın zehir etkisini azaltır. 2.5 mg Cu/l yüksek su bitkilerine zarar vermez. İçme sularında en fazla 0.05 mg Cu/l bulunmaktadır [59].

II.9.2.19. Krom

Krom suda 3 ve 6 değerlikli hallerde bulunur. Ancak 3 değerlikli kroma çok nadir rastlanır. Krom 6 tuzları kanserojenik özelliğindedir. Bu nedenle içme sularının krom kirliliğinden korunması gerekir. pH değeri düşük doğal sulara eser miktarda bulunabilir. Sulara kromat bileşiklerinin bulunuşu ancak suyun kirlenmesi sonucunda olabilir. Krom tuzları endüstriyel proseslerde çok miktarda kullanılır. Krom tuzları özellikle metalik kaplamalarda, boya fabrikalarında, boyalarda, patlayıcı maddeler, seramik kağıt gibi endüstrilerde kullanılır. Krom 3 tuzları da tekstil boyalarında mordan olarak, cam ve seramik endüstrisinde ve fotoğrafçılıkta kullanılır [26]. Doğal sulara çok düşük konsantrasyonlarda bulunan krom, içme ve sulama sularında toksik etkisi sebebi ile istenmez [9].

II.9.2.20. Kadmiyum

Kadmiyum çinko üretimine eşlik eden metal olarak üretilmiştir. Çinko üretiminde ortaya çıkıncaya kadar havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmamıştır. Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, gemi sanayinde çeliklerin kaplanmasında, boya sanayisinde, elektronik sanayisinde kullanılır [18].

Kadmiyum en toksik ağır metallere biridir. Düşük konsantrasyonlarda bile su canlıları için son derece zararlı etkilere sahiptir. Kadmiyum özellikle çevre kirliliği görülen denizlerde su canlılarında birikmekte olduğu ve değişik seviyelerde toksik etkiler meydana getirdiği yapılan birçok çalışmada gösterilmiştir [35].

Korozyonu önlemek amacıyla metal yüzeylerine ince bir tabaka halinde kaplanan Cd, plastik renklendirici gibi amaçlarla kullanılmakta ve endüstri atıklarından her yıl su ortamlarına büyük miktarlarda boşaltılmaktadır. Kadmiyum içme suyuna galvanize boruların bozulması ve endüstri atık sularının karışmasından bulaşabilir [9].

Öte yandan, fosfatlı gübreler de önemli miktarda kadmiyum içermektedir. Kadmiyum teratojenik ve karsinojenik etkileri olan toksik bir metal olarak kabul edilir. Endüstriyel kirlenme sonucu açığa çıkan ve ortama karışan kadmiyum kardiyovasküler hastalıklar ve kanser gibi toplum sağlığı açısından önemli rahatsızlıklara da sebep olur. Kadmiyum, çevrede çözünme yeteneği farklı olan tuzlar şeklinde bulunur. Güncel olarak, endüstriyel etkinlikler sonucu çevreye yayılan kadmiyum miktarının, doğal kaynaklı kadmiyumdan 10 kat fazla olduğu bildirilmektedir [36].

Kadmiyum diğer ağır metallere içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. Suda çözünebilir özelliğinden dolayı Cd^{2+} halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlere alınır ve akümüle olma özelliğine sahiptir [33].

II.9.2.21. Kurşun

Kurşun insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararlı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. 1920' lerde kurşun bileşikleri (Kurşuntetraetil $Pb(C_2H_5)_4$) benzine ilave edilmeye başlanmıştır ve bu kullanım alanı kurşunun ekolojik sisteme yayılımında önemli rol oynar [33].

Kurşun yer kabuğunda ve biyosferin hemen her yerinde doğal olarak bulunan bir elementtir. Atmosfere kurşunlu benzin aracılığıyla verilmektedir. Kurşunun toprakta veya yüzeysel sularda birikimi genellikle atmosfer aracılığıyla olmaktadır. Ağır metallere biri olan kurşun çoğunlukla gümüş, bakır, çinko, antimon ve demir

metalleriyle birleşmiş halde bulunur. Her çeşit doğal çevrede ve canlı organizmalarda iz halinde kurşuna rastlanır. Canlı organizmada bulunan kurşun varlığı fizyolojik yaşam için gerekli olduğu için değil, doğal çevrede yiyecek ve içeceklerde bulunan kurşunun kaçınılmaz bir yansımasıdır [24].

Kurşunlu benzin ve boya maddelerinin yanı sıra yiyecekler ve su da kurşun kaynağı olabilmektedir. Özellikle endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler; tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurur. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan kurşun tesisatlarda, kurşunun suya karışmasına sebep olabilmektedir. Kozmetik malzemelerde bulunan birçok pigment ve diğer ana maddelerde kurşun bulundurulur. Diğer taraftan sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasında sayılabilirler. Günümüzde boya, pil, seramik, porselen, kauçuk sanayi, benzin katkı maddesi, oyuncak yapımında ve matbaacılıkta kullanılmaktadır [24].

II.9.2.22. Deterjan

Sabun gibi temizleme özelliği olan, fakat sabun gibi direkt olarak yağ asitlerinden değil de, petrol ürünlerinden sentetik olarak elde edilen yüzey aktif maddelere deterjan denir [24]. Deterjanlar genel temizlik işlerinde kullanılan ve içerisinde esas temizleyici olarak alkil sülfat ve alkil aril sülfonat tipindeki anyonik yüzey aktif maddeler ve temizleme işlemine yardımcı diğer maddeler bulunan toz, granül, yumuşak kıvamlı veya sıvı haldeki karışımlardır [23].

Deterjan aktif maddeleri alıcı sularda su özelliklerine bağlı olarak 0,5 mg/L'den yüksek derişimlerde köpük oluştururlar. Bu oluşan köpükler su yüzeyini kapatarak havalandırmaya ve oksijen alışverişine engel olabilir. Deterjan aktif maddeleri boşaltıldıkları alıcı sularda biyokimyasal reaksiyonlarla ayrışırlar ve bu ayrışma sırasında ortamdaki çözünmüş oksijeni kullanırlar. Bu da ani oksijen eksikliğine neden olabilir [24].

Deterjanların yaygın kullanımı evsel atıklar yoluyla gelen fosfor yükünün artmasında en önemli faktörlerden biridir. Fosfat bazlı deterjanlar ağırlıkça %5-12 oranında fosfor içermektedir. Bu nedenle OECD ülkelerinin çoğunda fosfat bazlı deterjan kullanımı yasaklanmış, birçok ülkede ise fosfat oranının düşürülmesi zorunlu hale getirilmiştir [23].

Deterjanlardan kaynaklanan fosfatın alıcı sulara başlıca etkisi ötrofikasyona neden olmasıdır. Ötrofikasyon sonucunda oksijenin azalması, renk değişimi, bulanıklık, dipte aşırı birikimler, canlı türü sayısında azalma, bozunma ve kokuşma gözlenmekte ve ortam giderek kullanılmaz hale gelmektedir [24].

Deterjan konsantrasyonları suda öldürücü düzeylerde olmasa bile, suda yaşayan birçok canlıda fizyolojik bozukluklara neden olabilmektedir. Örneğin milyonda bir oranında deterjan içeren suda, DDT gibi böcek öldürücülerin balıklardaki toksik etkisi artmaktadır [24].

Çevre kirlenmesi yönünden deterjan ele alındığında en önemli neden deterjanların su ortamında ayrışma veya ayrışmama durumudur. Ayrışma niteliği düşük, deterjanlar yüzey sularından toprağa, kuyu ve kaynak sularına girmekte, düşük miktarlarda bile suyun koku ve tadını değiştirmekte ve içme suları ile insan bünyesine girmektedir [24].

II.10. SU KALİTESİNİ ETKİLEYEN MİKROBİYOLOJİK KİRLİLİK

İçme ve kullanma sularımızı tehdit eden bir diğer kirlilik ise mikrobiyolojik kirlenmedir. Su başlı başına birçok mikroorganizmanın yaşam alanıdır. Bu yaşam alanına girecek patojen organizmalar ciddi bir epidemiyeye sebep olabileceği gibi maddi kayıpları da beraberinde getirecektir. Özellikle artan nüfus ve buna bağlı olarak genişleyen tarım arazileri ve hayvancılık su havzaları, akarsular ve göllerdeki suyun kalitesini mikrobiyolojik açıdan değerlendirmeyi ve kriterleri belirlemeyi zorunlu kılmıştır [18].

Önemli hastalıkların su ile bulaşığı uzun süreden beri bilinen bir gerçektir. İnsanlarda görülen önemli hastalıkların temel nedeni patojen mikroorganizmalarla suyun kontamine olmasıdır [40].

Bazı sular bakteriler, virüsler, protozoalar gibi çeşitli mikroorganizmalar içerir ve kullanıldıkları takdirde dizanteri, tifo, kolera gibi ciddi hastalıklara yol açarlar. Bu patojen mikroorganizmalar insan ve hayvan dışkılarından, kanalizasyonlardan veya fosseptiklerden meydana gelen sızıntılar neticesinde suya karışır. Bu gibi hastalık etkenleri ile kirlenmiş olan suların kesinlikle kullanılmaması gerekir [23].

Su ile bulaşan hastalıklar toplum açısından en tehlikeli hastalıklar grubunu oluşturur. Çünkü bu hastalıklar görüldükleri anda genellikle toplumun çoğunu etkilemiş olur ve patlamalar tarzında yayılırlar. Az gelişmiş ülkelerde suya karışan patojen bakteriler, hastalık ve ölümlerin en önemli nedenidir. Tifo, kolera, çocuk

ishalleri, basilli dizanteri ve diğerk bağırsak enfeksiyonları, suyla bulaşan başlıca bakteriyel hastalıklardır. Sudaki *E.coli* bakterisi normal bağırsak florasında bulunur ve normal şartlarda hastalık etkeni değildir. Ancak lağım sularıyla bulaşmanın göstergesi olduğundan, dışkıyla bulaşabilecek diğerk hastalıklar hakkında fikir verir [24].

II.10.1. İndikatör Mikroorganizmalar

“İndikatör” kelimesi, gösterge anlamında kullanılır. İndikatör mikroorganizmalar fekal bulaşıklığın bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bu mikroorganizmalar, evrensel olarak kontaminasyon tehlikesine karşı ve su kalitesindeki bozulmanın bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. İndikatör mikroorganizmaların varlığı yeni oluşan kirliliğin ve olası patojen organizmaların varlığının göstergesidir [11].

Sulardan belli bir patojen mikrobun ayrılıp tanınması zor ve zahmetlidir. Fakat suya dışkı karıştığını gösterebilen bazı mikroplar kabul edilmiştir. Bunların suda bulunması dışkıyla veya idrarla dışarı atılan patojen mikropların buralara karıştığına kanıt olarak alınır. Bir mikrobun bu bakımdan gösterge olabilmesi için onun patojen mikroplar bulunduğu süre suda bulunabilmesi, patojenler kadar çevre koşullarına dayanıklı olması seçici besiyerlerinde iyi üremesi ve kolay tanınması gerekir. İndikatör mikroorganizmalar, belli bir hastalık etmenini direkt olarak kanıtlamamakla beraber, patojenlerle birlikte buldukları için bunların rutin olarak belirlenmesi, patojen varlığını göstermede kolay bir yol olarak benimsenmiştir. İndikatör mikroorganizmalar, hijyen açısından patojen olan bakterilerle birinci derecede yakın ve onlarla birlikte yaşayan refakatçi bakterilerdir [11].

Çevre koruma ajansı ve DSÖ mikrobiyolojik su kalitesi için toplam koliform ve fekal koliform terimini kabul eder. Bir kısım araştırmacı ise su kalitesinin indikatör bakterilerini Toplam Koliform, Fekal Koliform ve Fekal Streptokok olarak kabul etmiştir [11].

Su sistemlerinde toplam ve fekal koliform bakterilerinin varlığı, insan fekal kontaminasyonunun bir indikatörü gibi kullanılmıştır. Çevredeki toplam koliformlar, fekal koliformlar ve fekal streptokoklar ile sıcakkanlı omurgalıların fekal kontaminantları arasında pozitif bir ilişki olduğu gösterilmiştir [11].

II.10.1.1. Koliform Grubu Bakteriler

Koliform grubu bakteriler, Enterobacteriaceae familyası içinde yer alan, fakültatif anaerob, gram negatif, spor oluşturmeyen, 35 °C'de 48 saat içinde laktozdan gaz ve asit oluşturan, çubuk şeklindeki bakterilerdir. Bu grupta yer alan ve gıda mikrobiyolojisi açısından önemli olan mikroorganizmalar; *Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli* ve *Klebsiella pneumoniae*'dir [24].

Koliform bakteriler, insan ve hayvan dışkılarıyla fazla sayıda dışarı atılırlar. Dışkıda bulunmaları nedeniyle “enterikler, enterik basiller, koliform basiller” olarak da isimlendirilirler [11].

Koliform grubu bakterilerin doğal habitatları, sıcakkanlı hayvanların barsakları olduğu gibi bunlar bitki veya toprak kökenli de olabilirler. Koliform grup bakteriler içinde sadece *E. coli* barsak kökenlidir ve dolayısıyla *E. coli* bulunan bir örnek doğrudan veya dolaylı olarak (lağım suyu aracılığıyla) dışkı ile bulaşmış kabul edilir. Grubun diğer öğelerinin dışkı kökenli olanları *E. coli* gibi fekal kontaminasyon indeksi iken bitki veya toprak kökenli olanlar saprofit mikroorganizmalar olarak kabul edilir ve dolayısıyla gıdalarda belirli sayıda bulunmalarına izin verilir. *Enterobacter aerogenes* genellikle toprak kökenlidir [44].

Koliform bakteriler, yaşadıkları doğal kaynaklar ile dışkı, toprak, su ve bitki örtüsü gibi yerlere bağlı olarak değişim gösteren organizmalardır. Bu grubun en önemli özelliği yaşadıkları ortama sıkı sıkıya bağlı olmalarıdır. Bu nedenle koliform grupları, suyun kalitesinin belirlenmesinde kullanılan önemli indikatör organizmalardır [24].

Koliform bakteriler insan bağırsağında bulunan Salmonella, shigella, pasteurella, vibrio, micobacterium, leptospira ve diğer cinslere ait olan patojenik türler ve enterik virüslere işaret ettiğinden dolayı deniz suyunun sağlık kalitesinin indikatörleri olarak kullanılmaktadırlar [11].

Koliformlar, insan ve sıcakkanlı hayvanların bağırsak sistemlerinde doğal olarak bulunduğu başlangıçta fekal kontaminasyonun en iyi indikatörü olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte fekal olmayan orijinlerede sahip olmayan türleride içermesi sebebiyle kullanım suları sağlık kalitesinin zayıf indikatörleri olarak düşünülürler.

Bu organizmaların bazıları, doğal atmosferik çevrede devamlı olarak bulunabilir ve bu nedenle dışkı kaynaklarından dolayı olan fekal kontaminasyonun miktarını ölçmek için bu organizmalar ile sınırlamalar ortaya atılabilir [11].

II.10.1.2. Fekal Koliform Bakteriler (Thermotolerant Koliformlar)

Fekal koliform terimi, 44⁰C'de gaz üreten koliform basilleri tanımlamak için kullanılır. Fekal koliform grubu *E. coli* ve *Klebsiella pneumoniae* bakterilerinden oluşur [11]. Koliform grup içinde fekal koliform olarak tanımlanan bakterilerin büyük çoğunluğunun *E. coli* olduğu bilinmektedir. Grubun diğer üyeleri toprak ve bitki kökenli olabilmektedirler. Herhangi bir örnekte *E. coli*'ye ve/veya fekal koliform bakterilere rastlanması oraya doğrudan ya da dolaylı olarak dışkı bulaştığının ve yine bağırsak kökenli *Salmonella* ve *Shigella* gibi primer patojenlerin de olabileceğinin bir göstergesidir. Bu nedenle hiçbir gıda maddesinde, içme ve kullanma sularında, denizlerde ve göllerde *E. coli* ve fekal koliform bulunmasına izin verilmezken, bazı gıdalarda belirli sayıda koliform bakteri bulunmasına izin verilebilmektedir [44].

Fekal koliform bakteriler doğal olarak insan ve sıcakkanlı hayvanların bağırsak florasında bulunan spesifik bakteri grubudur. Fekal koliformlarda artan sıcaklık fenotipinin fizyolojik temeli proteinlerin termotolerant adaptasyonu olarak tanımlanmıştır. Bu sıcaklık derecesinde gelişme ve üreme yeteneğine sahip olan mikroorganizmalar mezofil mikroorganizmalar grubunda yer alırlar. İnsan ve hayvanlarda hastalık oluşturan mikroorganizmaların büyük bir kısmı bu gruba dahildir. Bu sıcaklığın yüksek oluşundaki etkenin, hayvanların enterik bölgelerindeki sıcaklığın çoğu su ve karasal çevrelerdeki sıcaklıklardan yüksek ve sabit olmasına bağlı olduğu tespit edilmiştir [11].

Koliform bakteriler içerisinde fekal orijinli olmayanların da yer alması ve bunların doğa orijinli türler içermeleri nedeniyle indikatör mikroorganizma olarak her zaman kullanılamamaları, fekal koliform bakterilerden gıda güvenliğinin bir indikatörü olarak yararlanılmaya başlanmasına neden olmuştur. Doğal sularda bulunan mikrobiyal patojenlerin varlığı da, fekal kirliliğin göstergesi olan mikrobiyal indikatörlerin kullanımı ile gözlenmiştir [11].

Enterobacteriaceae familyasının koliform grubu içinde yer alan *E. coli*, en yaygın olarak kullanılan indikatör bakteridir. Bunun nedeni insanların taze

gaitalarında 10⁸ adet/g gibi yüksek düzeyde bulunması ve bu nedenle lağım sularının çok seyreltik olarak bulaştığı ortamlarda dahi belirlenebilmesidir [11].

E. coli fekal kontaminasyonun bir göstergesi olması yanında genetik yapısı iyi bilinen canlı olma özelliğine de sahiptir. Suşlarının birçoğu zararsız olan bu bakterinin bazı patojenik tipleri, insan ve hayvanlarda sonucu ölüme kadar giden ishallere, yara enfeksiyonlarına, menenjit, sepsisemi, arteriosklerosis, hemolitik üremik sendrom, çeşitli immünolojik hastalıklar vb. gibi hastalıklara sebep olabilmektedir [44].

II.10.1.3. Fekal Streptokok Bakteriler

Enterokok ve Fekal streptokok deyimleri farklı şekilde tanımlanabilmektedir. Kimi araştırmacılar bu iki grubu birbirinin aynısı olarak tanımlarken diğerlerine göre enterokok deyimini Lancefield sınıflandırmasında D grup olarak yer alan *Str. faecalis* ve *Str. faecium* bakterilerini ifade ederken fekal streptokok deyimini sadece dışkıda değil aynı zamanda bitki ve çevresel örneklerde de bulunabilen tüm streptokokları göstermektedir [72].

1984 yılında *Str. faecalis* ve *Str. faecium*'un, isimleri enterococcus faecalis ve enterococcus faecium olarak değiştirilmiştir [72].

Enterokoklar, fekal kirlenmenin indikatörü olarak kabul edilirler. Kimyasal etkenlere *E. coli* 'ye göre daha dirençli oldukları için, atık su ve klorlanmış su gibi ortamlarda daha uzun süre yaşarlar ve tanımlanabilirler. Buna bağlı olarak suların fekal kontaminasyon açısından kontrolünde *E. coli* 'ye göre daha doğru sonuçlar verirler [75].

Su örneklerinin analizinde yüksek sayıda saptanan enterokoklar fekal kontaminasyonun göstergesi olarak kabul edilirler. Deniz ve tatlı su örneklerinde enterokoklar en önemli bakteriyal indikatör olarak analiz edilirler. Enterokoklar gram pozitif, ovoid kok formunda, birkaç istisna dışında hareketsiz, fakültatif anaerob, genellikle diplokok veya kısa zincir görünümündedirler [72].

Fekal streptokoklar dışkıda değişik sayılarda bulunurlar fakat *E.coli*'den oldukça azdırlar. Suda muhtemelen *E.coli* ile yaklaşık aynı oranda ölüp kaybolurlar, çoğu zaman bu ölme oranı koliform grubunun diğer sınıflarında olduğundan daha hızlıdır. Bu sebepten, *E.coli* hariç diğer koliform grubu organizmaları bir su numunesinde bulunduğu, fekal streptokokların bulunması kirlenmenin fekal kökenli oluşunun önemli teyit edici bir delilidir [11].

BÖLÜM III

ÇALIŞMALAR

III.1. TEZ ALANININ TANITILMASI

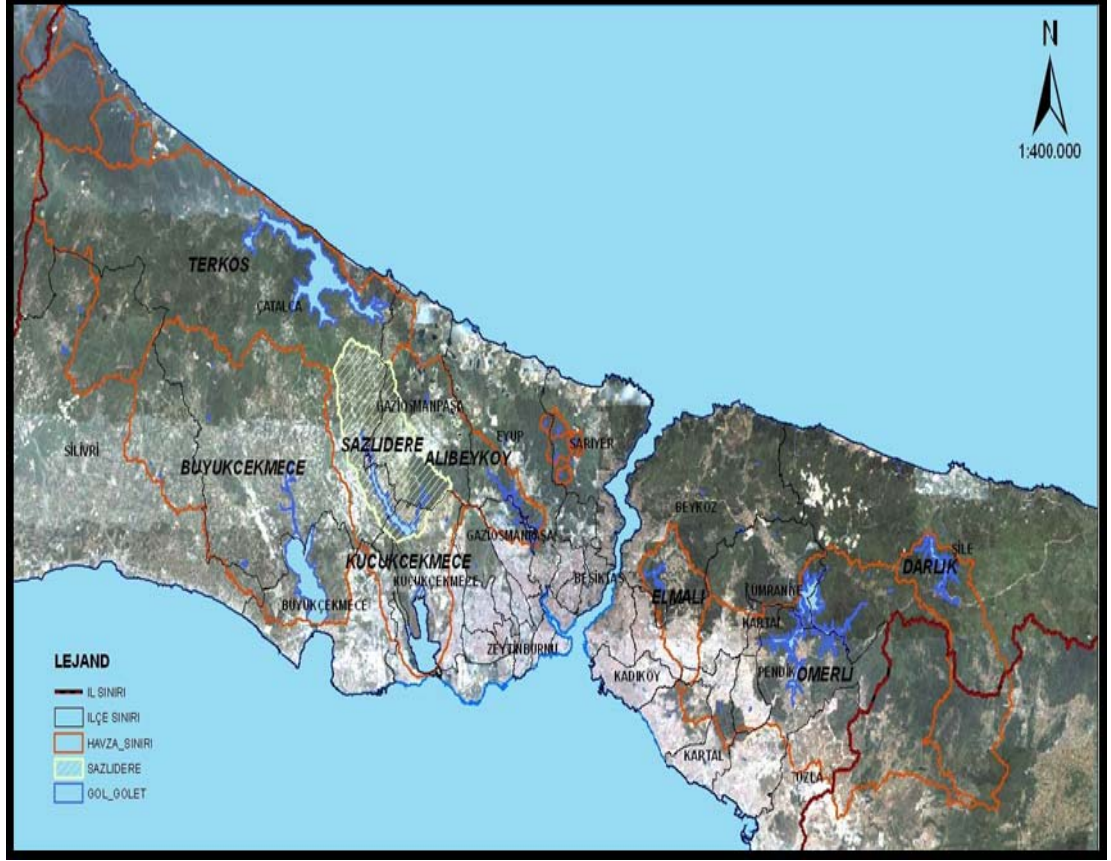
Şehirleşmenin beraberinde getirdiği problemlerden bir tanesi de, kalabalık bir nüfus barındıran metropollerde, insanların yaşamsal anlamda en önemli ihtiyaçlarından biri olan içme ve kullanma suyunun temin edilmesidir. Şehrin içme suyu kaynağı ise su havzalarıdır. Bir su kaynağının varlığı onun kullanılabilirliğini garanti etmemektedir. Su kaynağının kullanılabilir tanımına uyması için, belli bir dönemde ve bir talep karşısında yeterli kalitede ve miktarda su ihtiyacını karşılayabilir nitelikte olması gerekmektedir. Nüfus artışı ve şehirleşmenin getirdiği en önemli sorunlardan bir tanesi de su kaynaklarının kullanılabilir durumda hizmet vermesinin sağlanmasıdır [12].

Bu çalışmanın konusu olan Sazlıdere Havzası İstanbul'a içme ve kullanma suyu sağlayan, nispeten küçük fakat kente yakınlığı itibariyle kente düşük maliyetli su sağlayan, gerektiğinde içerisinde bulundurduğu rezervle aktarım ve depolama fonksiyonu üstlenebilecek oldukça önemli bir havzadır [12].

Sazlıdere Barajı, içme suyu olarak kullanılmayan Küçükçekmece Gölü'nün su toplama havzası içerisinde yer almakla birlikte Küçükçekmece Gölü'ne akmakta olan 40 km uzunluğundaki Sazlıdere üzerine kurulu bir içme ve kullanma suyu tesisidir. Küçükçekmece Gölü'nün denizle irtibatı tam olarak kesilmediği için, içme ve kullanma suyu amaçlı kullanılmamaktadır. Buna karşılık yukarı havzada oluşan su kaynakları Sazlıdere Barajı vasıtasıyla göle ulaşmadan değerlendirilebilmektedir [12].

III.1.1. Alanın Coğrafi Konumu

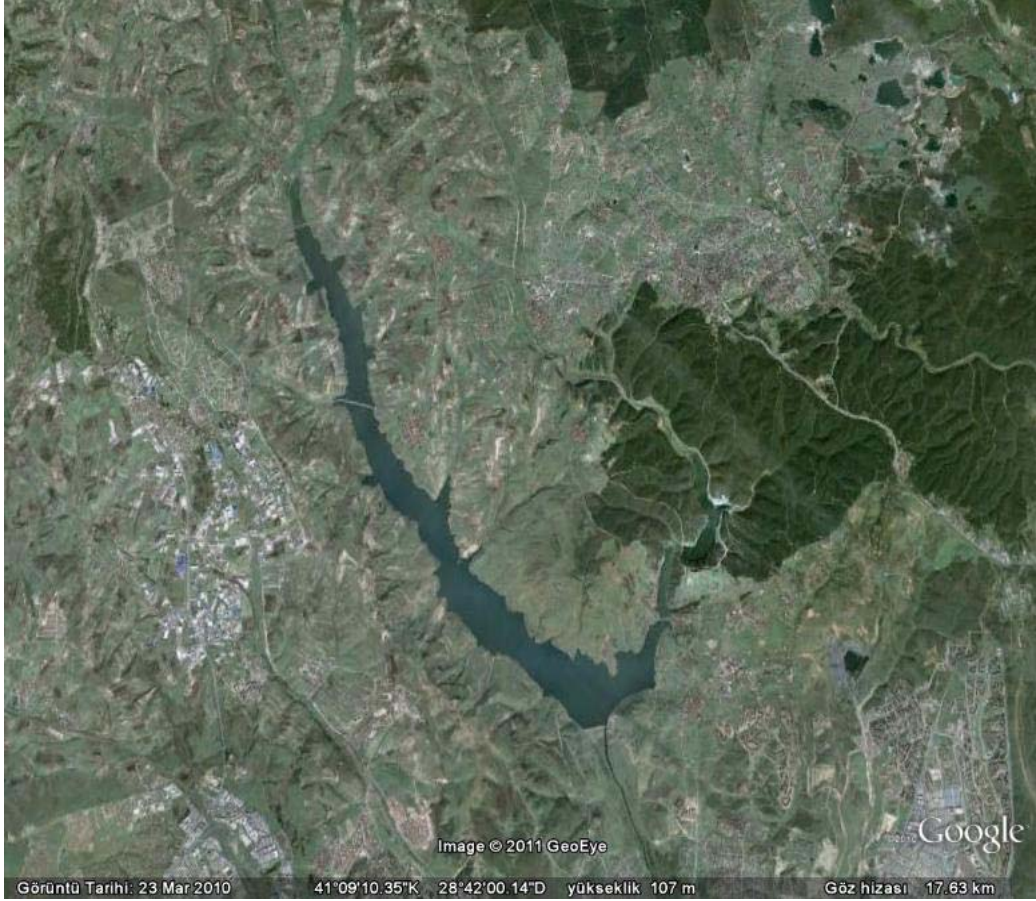
Sazlıdere Havzası, Türkiye'nin kuzeybatısındaki Marmara Bölgesinin Çatalca-Kocaeli Bölümü'nde Çatalca Yöresi üzerinde yer alır [17].



Şekil III.1. Sazlıdere Baraj Gölünün Coğrafi Konumu

İstanbul Sazlıdere Havzası, $41^{\circ} 06' - 41^{\circ} 17'$ Kuzey enlemleri ile $28^{\circ} 35' - 28^{\circ} 40'$ Doğu boylamları arasında bulunmaktadır [12].

Sazlıdere Havzası bir alt havza olarak Küçükçekmece Havzası içerisinde, Küçükçekmece gölünün yaklaşık 6 km kuzeyinde yer almaktadır. Batısında Büyükçekmece baraj gölü havzası, doğusunda Alibeyköy baraj gölü havzası ve kuzeyinde de Terkos gölü havzaları arasındadır (Şekil III.1) [12].



Şekil III.2. Sazlıdere Baraj Gölü Uydu Görüntüsü

Sazlıdere Havzası'nın kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzunluğu 21,5 km; kuzeydoğu-güneybatı yönünde genişliği ise 4–10 km'ler arasında değişir. Barajın oluşturduğu göl alanı $9,9 \text{ km}^2$, havzanın alanı ise, $168,6 \text{ km}^2$ 'dir. Göl alanı, tüm havzanın %5,8'ine karşılık gelir (Şekil III.2) [12]. Havzanın doğusu batısına göre daha alçakta kalmakta ve rezervuar bunların arasında kuzey-güney doğrultulu bir vadide bulunmaktadır [3].

Sazlıdere Havzası (Sazlıdere Baraj Gölü Havzası), adını üzerinde kurulu bulunduğu dereden alır. Baraj yapılmadan önce Sazlıdere, Küçükçekmece gölünü besleyen bir dere iken 1998' de barajın faaliyete geçmesi ile bir baraj gölü haline gelmiştir [12]. Sazlıdere Baraj sahası Küçükçekmece Gölü'nün kuzeybatısına 6 km mesafede, Sazlıdere ile Vezirçayı derelerinin birleştiği kısmın 150 m aşağısındadır. [3]. Küçükçekmece Gölü, denizle irtibatı tam olarak kesilmediği için, içme ve kullanma suyu amaçlı kullanılmamaktadır. Buna karşılık yukarı havzada derlenen su kaynakları Sazlıdere Barajı vasıtasıyla göle ulaşmadan değerlendirilebilmektedir.

III.1.2. Alanın Hidrolojisi

Sazlıdere Vadisinin suları, Küçükçekmece ilçe merkezinin hemen kuzeyindeki Kayabaşı Köyü'nün batısında 1996 yılında yapılan bir baraj setti ile toplanarak, içme suyu olarak çevrenin ihtiyacı gidermeye başlamıştır. 1998 yılında hizmete giren baraj İstanbul'un sahip olduğu diğer barajlar ile karşılaştırıldığında kapasite bakımından orta ölçekli bir baraj olarak nitelendirilebilir [12].

Tablo III.I. Sazlıdere Baraj Gölü'nün Hidrolojik Özellikleri

Göl / Rezervuar / Gölet Adı		Sazlıdere Barajı
Bulunduğu Havza		Marmara - Küçükçekmece
Alt Havza		Sazlıdere
Yüz ölçümü (m ²)	Göl Alanı	9,9 km ²
	Yağış Alanı	165 km ²
Rakım (m)		4,0 m
Korunma Statüsü		İçmesuyu Barajı (SKKY'ne göre)
Kullanım Amacı		İçmesuyu
Derinlik	Maksimum Derinlik (m)	21,6 m
	Ortalama Derinlik (m)	10,8 m
Ortalama Su Sıcaklığı (°C)		15,4 °C
Hacim (m ³)		91.780.000 m ³ /yıl
Göle Etki Eden Kirlilik Kaynakları (Evsel, Endüstriyel, Tarımsal)		Evsel + Tarımsal

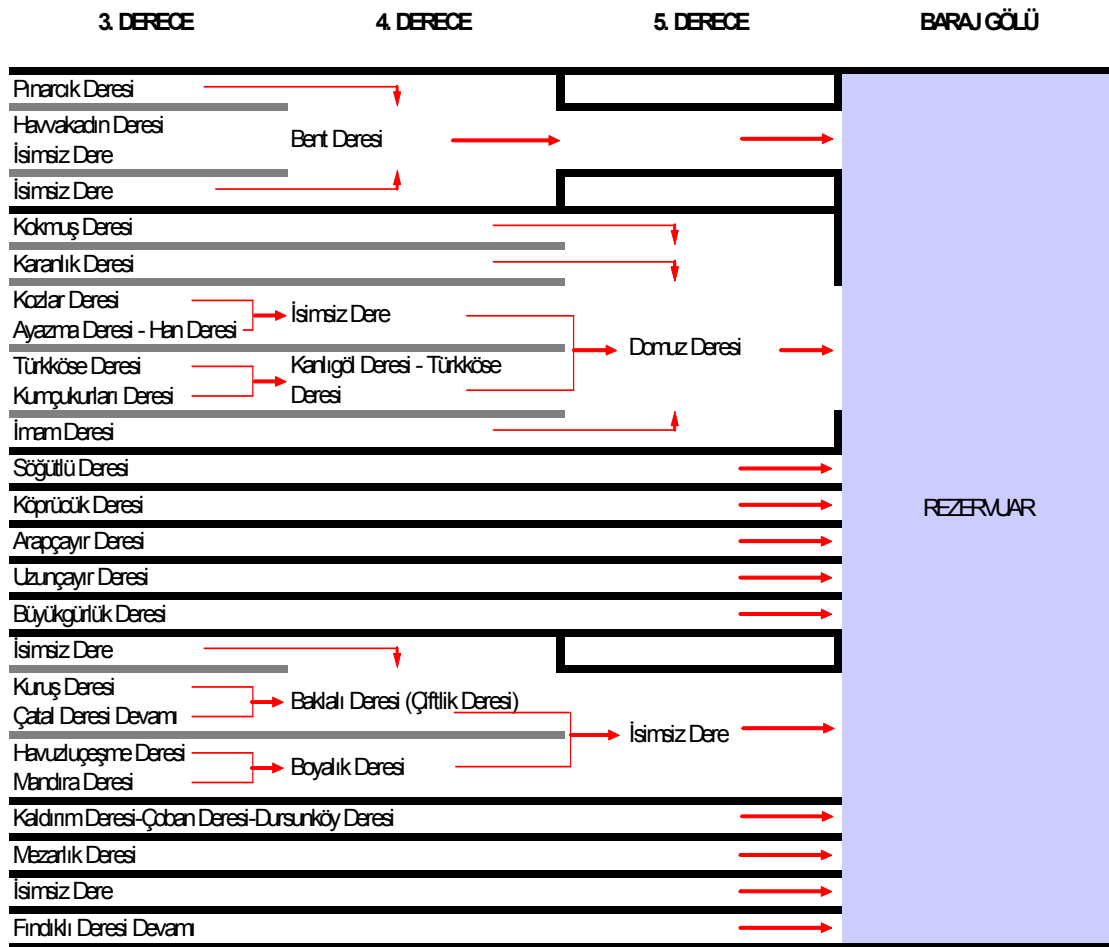
Sazlıdere Barajı 88,7 hm³'lük rezerv hacmi ve yıllık 55 milyon m³'lük su verimiyle Avrupa Yakası'ndaki su arzına katkıda bulunmaktadır [12].

Sazlıdere, Küçükçekmece gölüne dökülen Dereköy deresi, Sazlıdere ve Nakkaş dere üçlüsünden ortadaki olmaktadır. Sazlıdere, Boyalık dere ile Baklalı derenin

birleşmesinden meydana gelir ve ana kol Boyalık civarında 200 kotlu tepelerden doğar. Genelde kuzey-güney istikametinde akar ve baraj yeri menbasında Vezirçayırı deresi ile Çayır deresini alır. Bazı seneler Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında kurur [3].

Baraj, Sazlıdere ile yan kollarından Vezirçayırı deresinin birleşim noktasından 150 m. kadar mansapta, Manastır tepe ile tam karşısındaki kireçtaşı burun arasında yer almaktadır [3].

Sazlıdere barajı, tabanda mevcut 20 m. derinliğindeki alüvyonun kaldırılması suretiyle tabanda kireçtaşlarına oturan ortası kil çekirdekli, menba sevi 1/2, mansap sevi 1/1.9 olan zorlu kaya dolgu tipinde inşa edilmiş bulunmaktadır. Su alma yapısı, derivasyon ve dolusavak tesisleri, sol sahildeki kireçtaşı yamaçta, 30 m. genişliğinde bir beton yapı inşa edilmiş ve böylece derivasyon tüneli yapılmasına gerek kalmamıştır. Dolu savak kapaksız olarak planlanarak inşa edilmiştir [3].



Şekil III.3. Sazlıdere Baraj Gölü'nü Besleyen Dereler [12]

Sazlıdere Havzası içerisindeki dereler iki ana kol halinde baraj gölüne ulaşmaktadır:

Bunlardan batıda kalanlar, günümüzde göl alanı altında kalmış olan Koru Deresi'ni ve takibinde Sazlıdere'yi oluşturan Dursunköy, Boyalık ve Baklalı dereleridir. Dursunköy Deresi doğrudan göle ulaşırken, Boyalık ve Baklalı dereleri göle ulaşmadan yaklaşık 1 km önce birleşmektedirler.

Doğuda kalanlar ise iki ana kol halinde göle ulaşan Domuz ve Derbent dereleridir. Domuz Deresi İSKİ kayıtlarına göre Türkköse Deresi olarak da adlandırılmaktadır (Şekil III.3) [43].

Derelerin çoğu özellikle Sazlıdere yüzey suları ile beslenirken aynı zamanda az miktarda tabandan kaynaklanan su ile de beslenir. Bu nedenle yağışa bağımlı olan akış da çok değişkendir. Toplam yıllık akışın;

%33'ü Mart-Mayıs ayları arasında

%3'ü Haziran-Ağustos ayları arasında

%7'si Eylül-Kasım ayları arasında

%57'si Aralık-Şubat ayları arasındadır [3].

Sazlıdere Barajı'ndan alınan ham suyun içme suyu olarak kullanılabilmesi için gerekli arıtma işleminden geçirildiği su arıtma tesisi İkitelli Fatih Sultan Mehmet Han Arıtma Tesisi'dir. Terkos Gölü ve Sazlıdere Barajı'nın ham suyunu arıtmak üzere 1998 yılında devreye alınmıştır. Tesis, 2.600.000 kişinin su ihtiyacını karşılayacak kapasitededir. II. Bayezid Han Arıtma Tesisi ile de bu sayı 5.200.000 kişiye ulaşmaktadır. İkitelli Olimpiyat Köyü içinde, 270.000 m²'lik alan üzerinde kurulu olan tesisin debisi 420.000 m³ /gün olup, ham su Terkos Gölü'nden yaklaşık 31 km uzunluğunda 2.200 mm'lik ve Sazlıdere Barajı'ndan da 4,5 km uzunluğunda 1600 mm'lik çelik borularla tesise ulaşmaktadır. Ayrıca Terkos Gölünden Sazlıdere Baraj Gölü'ne su aktarım hattı bulunmaktadır [12].

III.1.3. Alanın Jeomorfolojik ve Jeolojik Yapısı

Dağlar, platolar ile ovalar ve taban düzlüklerinden oluşan ana jeomorfolojik birimlerden, Sazlıdere Havzasında ancak platolar ile ovalar ve taban düzlüklerine rastlanır. Bu ova ve alüvyal taban düzlüklerinin bir kısmı da Sazlıdere Barajının suları altında kalmıştır. Bu nedenle Sazlıdere Havzasında en geniş yayılışa sahip ana jeomorfolojik şekilleri, plato düzlükleri ile bunların yamaçları oluşturur (Tablo III.2) [12].

Tablo III.2. Sazlıdere Havzasındaki Jeomorfolojik Şekillerin Alansal Dağılımı [12]

Sazlıdere Havzası	<i>Alan (km²)</i>	<i>% payı</i>
Ova	9,41	6
Plato	28,45	18
Yamaç	120,87	76
Toplam	158,7	100
	HAVZA ALANI(km²)	GÖL ALANI (km²)
	168,6	9,9

Sazlıdere Havzası topoğrafik yapısı incelendiğinde, havzadaki arazinin engebeli bir yapıya sahip olduğu ve birçok alçak tepeciklerin bulunduğu görülmektedir. Havzanın denizden olan yüksekliği rezervuarların olduğu yerlerde 6-20 m arasında olup kuzey ve güneydeki topoğrafik sınırlarda 170 m'ye ulaşmaktadır. Bu kısımlarda yamaçlar yer yer dikleşmektedir. Havzanın büyük bir kısmında arazi morfolojisi, erozyon ile aşınan malzemenin sularla taşınıp birikmesi şeklindedir [41]. Havzadaki erozyon faktöründen dolayı baraj gölüne erozyonla taşınan toprak girişini önlemek için göle dökülen derelerde ıslah çalışmaları yapılmaktadır [12].

Sazlıdere havzası jeolojik yapısı itibariyle dirençli kumtaşı, konglomera, killi şistlerden meydana gelen Alt Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonunun temel kayaları ile yer yer üzerine gelen Orta-Üst Miyosen yaşlı Ergene Formasyonunun çakıl, kum ve killerinden oluşan örtü depolarından; Sazlıdere Baraj Setinden itibaren kuzeybatıya doğru Sazlıdere vadisinin kuzeydoğu kesimi Orta-Üst Eosen yaşlı Kırklareli kireçtaşlarından, Sazlıbosna Köyü'nden itibaren kuzeybatıya doğru ve Sazlıdere vadisinin güneybatısında ise Üst Eosen-Alt Oligosen yaşlı İhsaniye Formasyonunun kireçtaşı ve tüfleri ile sırtlarda plakajlar halinde Orta-Üst Miyosen yaşlı Ergene Formasyonunun çakıl, kum ve killerinden oluşan örtü depolarından meydana gelmiştir [12].

Sazlıdere Barajı sol sahilinde Eosen yaşlı Kırklareli Formasyonu açığa çıkmaktadır. Bu kireçtaşı içinde Sazlıbosna köyü güneyinde, Filiboz tepe mevkiinde halen işletilmekte olan bir taş ocağı mevcuttur. Sözü edilen Sazlıdere'deki bu ocak ve üretilen taş tarihi eserlerin restorasyonu açısından oldukça önemlidir. Bakırköy

taşının yerine kullanılan bu malzeme, il çevresinde bulunan yegane kaynaktır. Aynı birim içinde geçmişte Kayabaşı köyü kuzeyi ve batısında açılmış olan iki taşocağı ise kapatılmış olup halen hafriyat döküm sahası olarak kullanılmaktadır Sazlıdere su havzası içinde maden olarak tanımlanan ve endüstriyel kullanımı olan hammaddelere rastlanılmamıştır Havza sınırları içinde maden işletmesi bulunmadığından, madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan ekonomiye herhangi bir katkı söz konusu değildir [12].

Kütle hareketleri ve heyelanlar bakımından İstanbul ili arazisi önem taşımamasına rağmen; Sazlıdere Havzası'nın İstanbul İli Sınırları İçerisinde Kalan Kesimi, kütle hareketleri bakımından Orta-Üst Miyosen yaşlı Ergene Formasyonunun çakıl, kum ve killere oluşmuş örtü depolarının özellikle killerin bulunduğu sahalarda yer yer toprak kaymalarına ve toprak akımlarına rastlanır. Özellikle killi yapıların bulunduğu sahalarda, her yağışlı mevsimde, özellikle sonbahar yağışlarıyla tetiklenebilen, hatta bir kısmı da yamaç dengesinin bozulduğunda antropojenik etki ile harekete geçebilen potansiyel heyelan alanlarıdır. Özellikle bu tip hareketleri; yamaç eğimlerinin de fazla olduğu Sazlıdere Vadisinin yukarı kesiminde görmek mümkündür [12].

III.1.4. Alanın Meteorolojik Özellikleri

Sazlıdere barajı yağış alanı doğuda Küçükçekmece Gölüne dökülen Hasanoğlu (Balıklı) deresinin, kuzeyde Terkos gölünün, batıda ise yine Küçükçekmece gölüne dökülen Ispartakule (Hadımköy) derenin yağış alanları ile çevrilidir [3].

Sazlıdere Su Toplama Havzası, Marmara İklim kuşağında yer almakla birlikte, güneydoğu yöneliminden dolayı Karadeniz'den gelen etkilerden nispeten korunmuş durumdadırlar. Bölgede kış ve bahar ayları ılıman ve yağışlı geçerken, yaz mevsimi genellikle sıcak ve kuraktır.

Sazlıdere Havzası'nda ortalama sıcaklık yıllık 13,6 °C olarak gözlenirken, sıcaklık aralığı, -11,3 °C (minimum) ve 39,3 °C (maksimum) ekstrem değerleri arasında değişmektedir. Sıcaklığın en yüksek olduğu aylar, Haziran, Temmuz ve Ağustos; en düşük olduğu aylar da Aralık, Ocak, Şubat, ve Mart aylarıdır. Yılın her döneminde yağış görülse de, yazın yağış miktarı oldukça azalmaktadır.

Sazlıdere Baraj Gölü ağırlıklı olarak kış mevsimindeki (Aralık-Şubat) yağışlardan gelen sularla beslenmektedir. Yıllık toplam su girişinin %67,5'i bu mevsimde gerçekleşirken, geriye kalan %32,5'i sırasıyla ilkbahar (%18,2), sonbahar

(%8,8) ve yaz (%5,5) aylarında gözlenmektedir. Sazlı Dere'nin taşıdığı debinin mevsimlik dağılımında kış dönemi öne çıkmaktadır. Akımın %53,8'inin gerçekleştiği kış dönemini, %36,3 ile ilkbahar, %6,5 ile sonbahar dönemleri takip etmektedir. Yaz döneminde, derenin rezerve katkısı toprağın su yönünden oldukça fakirleştiği dönem olması sebebiyle %3,4 ile oldukça düşüktür. Yaz dönemini takip eden sonbahar mevsiminde de toprağın su yönünden fakirliği, %30,8'lik yıllık yağışın gerçekleştiği dönemde akışa geçen suyun ancak %6,5 olması ile açıklanabilmektedir [12].

III.1.5. Sazlıdere Havzası Arazi Kullanımları

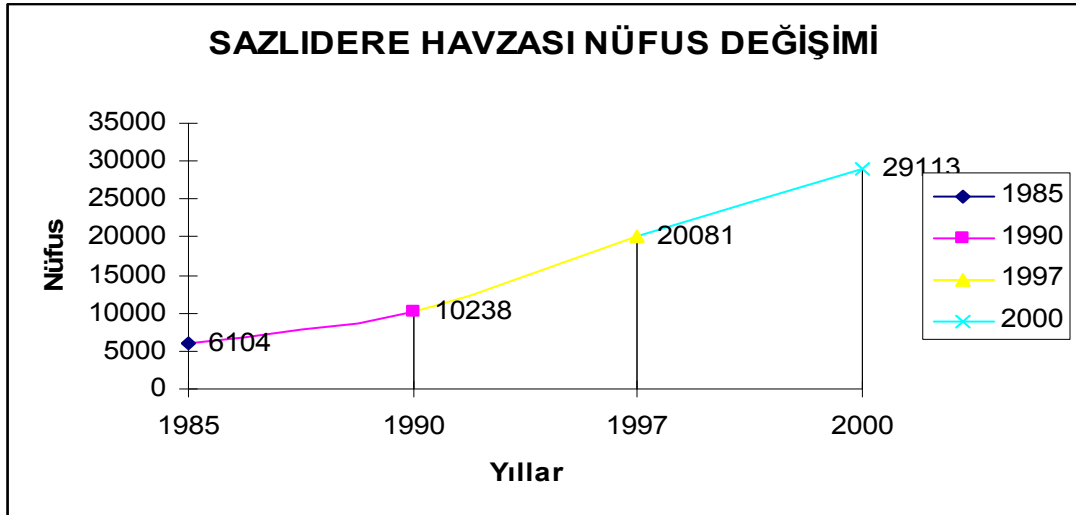
Arazi kullanımları, Sazlıdere havzası arakesiti civarındaki mevcut şehirleşmiş bölgenin sınırları içinde yapılaşmaya, İSKİ Havzalar Koruma çerçevesinde imkan tanıma maksadını gütmektedir. Tablo III.3'de görüldüğü gibi 1155,80 hektar büyüklüğündeki yerleşik alan havza toplamının alanının %6.85'i büyüklüğündedir. Açık araziler, sanayi, ticaret ve diğer yeşil alanlar veya yapılaşma olmayan bölgeler havzaların yaklaşık % 69'u; ormanlık alanlar ise % 18.32'sini teşkil etmektedir. Geri kalan %5.87'lik kısmını ise Sazlıdere Barajının maksimum su yüzeyindeki Rezervuar alanı kaplamaktadır [3].

Tablo III.3 Sazlıdere Havzasındaki Mevcut Arazi Dağılımı (ha)

Arazi Kullanım Kategorisi	Sazlıdere Havzası (ha)	(% 'si)
Yerleşik Alanlar	1155.8	6.85
Yerleşim Dışı İmara Açık Alanlar	928.28	5.50
Sanayi, Ticaret ve Diğer Alanlar	892.92	5.29
Tarım ve Otlak olarak kullanılan açık alan	9817,73	58.17
Ormanlık ve fundalık alan	3091.60	18.32
Rezervuar maksimum su yüzeyi	990.65	5.87
Toplam	16 876.98 (ha)	100

III.1.6. Alandaki Yerleşimler Ve Nüfus Artışı

Sazlıdere Baraj Gölü ve Havzası konumu itibariyle yağ lekeli biçiminde büyüyen İstanbul Kenti'nin çevresinde bulunmaktadır. Havza, yılda yaklaşık 500.000 kişilik nüfus eklenmesiyle büyüyen İstanbul Kenti'nin mekansal taleplerinden giderek artan oranlarda etkilenmektedir. Sazlıdere Havzası, güneyinden geçen 'Trans European Motorway' (TEM) otoyolu ile ulaşım bağlantılarına yakınlığı, kısmen hafif eğimli topografyası, ve kentteki yoğun iş gücüne ulaşılabilirliği ile de sanayi yatırımcılarının ilgisini çekmektedir. Sazlıdere Havzasındaki nüfus değişimleri gösterilmiştir. 1980 ve 2000 Nüfus Sayımlarına göre havzadaki % 821'lik nüfus artışı, doğum ve ölümlere bağlı olan doğal nüfus artışının çok ötesindedir. Bu değer, havza ve yakın çevresinde olan yığılma ve büyümenin boyutunu ve dinamiğini göstermesi bakımından oldukça önemlidir [12].



Şekil III.4. 1985-2000 Yılları Arası Sazlıdere Havzasında Nüfus Değişimi [59]

İstanbul İli havzalarındaki nüfus artışlarına bakıldığında 1985–2000 yılları arasında toplam nüfus artış oranının % 400'ün üzerinde olduğu görülmektedir. Sazlıdere Havzası nüfus artışları incelendiğinde yine aynı yıllar arasında havzadaki nüfus artışının yaklaşık % 377 seviyesinde olduğu görülmektedir. Buradan Sazlıdere Havzası'ndaki nüfus artışının havza nüfuslarındaki genel artışa paralel olarak meydana geldiği görülmektedir. Ancak 2000'li yıllara gelirken diğer havzalarda olduğu gibi Sazlıdere Havzası'nın da nüfus artış oranının düştüğü görülmektedir (Şekil III.4). Bunun nedenleri koruma tedbirlerinin etkili bir şekilde uygulanması, kaçak yapıların yıkım çalışmaları ve havzaların maruz kaldığı göçün yavaşlaması olabilir [12].

Havza alanı 5747 sayılı kanun kapsamında 2 ilçe sınırı içerisinde bulunmaktadır. Bu ilçeler Arnavutköy ve Başakşehir ilçeleridir [71]. Sazlıdere Havzası'nda; Arnavutköy ilçesine bağlı Hacımaşlı Köyü, Dursunköy, Sazlıbosna Köyü, Baklalı Köyü ve Boyalık Köyü, Tayakadın, Yassıören, Çilingir, Harççı, Taşoluk, Hadımköy beldeleri, Başakşehir İlçesi dâhilinde Şamlar Köyü ve Kayabaşı Mahallesi yer almaktadır [61-62].

Tablo III.4 Sazlıdere Havzasındaki Yerleşim Birimleri ve Alanları [12]

Yerleşim Birimi	Yerleşik Alan (ha)	Toplam Alan (ha)
Baklalı	58,4	58,4
Boyalık	42,5	42,5
Çilingir	43,83	43,83
Dursunköy	52,8	52,8
Hacımaşlı	21,97	21,97
Haraççı	279,27	803,47
Sazlıbosna	53,7	53,7
Taşoluk	419,59	907,50
Şamlar	7,88	7,88
Kayabaşı	63,74	63,74

İstanbul Büyükşehir Belediyesi hudutları içinde bulunan yirmi dört havzanın beşi şehre içmesuyu temin edilen su rezervuarları olmaları nedeniyle koruma alanı ilan edilmiştir. Bu koruma alanları, içme suyu kaynaklarını kirlilikten korumak üzere, özel çevre yönetmeliklerinin uygulandığı, İSKİ sorumluluğundaki alanlardır [3]. Sazlıdere havzasındaki yerleşim yerlerinin bir kısmı mutlak koruma mesafesinde bulunurken bir kısmında kısa ve uzak mesafeli alanlarda bulunmaktadır.

Tablo III.5 Sazlıdere Havzasında Koruma Statüsüne Göre Yerleşim Birimlerinin Durumu

İLÇE	YERLEŞİMLER	KORUMA STATÜSÜ
ARNAVUTKÖY	Dursunköy	MUTLAK
	Boyalık Köyü	UZUN
	Baklalı Köyü	UZUN
	Çilingir	ORTA
	Sazlıbosna	MUTLAK+KISA
	Hacımaşlı Köyü	UZUN
	Hadımköy	ORTA+UZUN
	Tayakadın	UZUN
BAŞAKŞEHİR	Şamlar Köyü	MUTLAK
	Kayabaşı	ORTA

III.1.7. Sazlıdere Havzasında Tarım

Tarım yapılan veya tarıma elverişli nitelikteki topraklar bölgede hızla gelişen yapılaşmanın baskısı altındadır. Bu sebeple tarım sahaları gün geçtikçe daralmaktadır. Havzadaki alanların toprak mülkiyeti, tarımsal büyüklükleri göz önüne alındığında, küçük topraklı ailelerin büyük çoğunluk da olduğu, bunu orta büyüklükteki işletmelerin izlediği görülmektedir. Bu havzadaki tarım sektörünü küçük ve orta dereceli işletmelerin teşkil ettiğini göstermektedir [3].

Tarımsal işletmelerin giderek küçülmesi, tarımda modern girdilerin çoğalması ile hızlanan topraksızlaşma süreci ve miras yolu ile toprakların bölünmesi, doğal ve ekonomik şartların ürün çeşitlemesini engellemesi, ulaşım ve pazar ortamının kısıtlanması sebepleriyle tarımda düşüş yaşanmaktadır [3].

Havzada tarımda kullanılan arazi toplam havza alanın %32'sidir. Kullanılan araziler tarla arazisi, meyve ve diğer uzun ömürlü bitkilerin kapladığı alanlar, sebze ve çiçek bahçelerinden meydana gelmektedir. Tarım amaçlı kullanıma açık alanlarda buğday, arpa, ayçiçeği gibi hububat üretimine ağırlık verilmektedir. Ayrıca sebze ve meyve üretimi de yapılmaktadır [3].

Tarımda verimin artması havza alanında sürüme elverişli verimli alanların çokluğu ve bölgelerdeki yağış miktarı, yağış rejimi ve su dengesi gibi etmenlere bağlıdır. Ayrıca verim arttırmak için zirai ilaçlar kullanılmaktadır. Kullanılan zirai ilaçlar çeşitleri üre (%46 N içerir), %21 sülfat, %26 ve %33 NH₄-N, 20.20.0 kompoze, 15.15.0 kompoze ve DAP (Di Amonyum Fosfat) gübreleridir. Sazlıdere Barajı mutlak koruma ve kısa mesafeli koruma alanlarında zirai ilaçlama ve suni gübre kullanımı yasaklanmıştır. Diğer yerlerde kontrollü olarak tarımda ilaçlama yapılmaktadır (Tablo III.6) [3].

Tablo III.6 Sazlıdere Havzasında Tarım Alanlarında Kullanılan Gübrelerin Dağılımı

KÖYLER	DAP	15.15.0	20.20.0	Üre	%26 NH₄-N	%33 NH₄-N	%21 Sülfat
Şamlar	18300	66500	114250	50650	71650	30300	2000
Kayabaşı	4400	-	35700	17300	6450	6000	-
Tayakadın	650	-	37700	9300	25000	-	-
Hacımaşlı	10000	-	103500	49800	36550	3500	2500
Çilingir	9500	-	189050	73400	79750	15050	-

Tarım yapılan veya tarıma elverişli nitelikteki topraklar bölgede hızla gelişen yapılaşmanın baskısı altındadır. Bu sebeple tarım sahaları gün geçtikçe daralmaktadır [12].

Havzada kuru tarım alanları %66 oran ile çalışma alanında en fazla kullanım şeklini oluşturmaktadır. %24 oran ile tarım dışı alanlar ise bölgede ikinci büyük kullanım şeklini oluşturmaktadır (Tablo III.7) [12].

Tablo III.7. Sazlıdere Havzasındaki Arazi Kullanım Şekilleri [12]

Arazi Kullanım Şekli	Alan	
	(ha)	(%)
Kuru Tarım	11.097,8	66
Çayır	0,3	0
Mera	125,7	1
Fundalık	234,2	1
Yerleşim	1.424,3	8
Tarım Dışı Alanlar	3.984,3	24

III.1.8. Sazlıdere Havzasındaki Endüstriyel Faaliyetler

Havzada yer alan tesislerin toplam sayısı 116 olmasına rağmen, incelemeye alınabilecek nitelikte 18 tesis bulunmaktadır. Tesislerin kategori bazında dağılımına bakıldığında 33 tesis ile "Hayvan Besiciliği", 8 tesis ile "Metal Son İşlemler" ve 6 tesis ile "Dökümhaneler" kategorilerinin sayısal olarak ilk üç sırayı aldıkları görülmüştür [3].

Rezervuar sahası ve çerçevesinde, İstanbul çevresinde görülen hızlı sanayi ve şehirleşmeyi görmek mümkün olmamakla beraber, Dursunköy hudutları içerisinde mutlak koruma alanında kalan bir adet kemik unu fabrikası faaliyetine devam etmektedir. Bunun dışında mutlak koruma alanı içerisinde yer alan Şamlar ve Dursunköy, kısa mesafe koruma alanı içerisinde yer alan Sazlıbosna köylerinde tamir atölyeleri yer almaktadır [3].

III.1.9. Sazlıdere Havzasında Mevcut Altyapı Tesislerinin Durumu

Havzada henüz daha atıksu toplama sistemlerinin bulunmadığı alanlar kanalizasyonsuz alanlar olarak ifade edilmiştir. Havzada yerleşimlerin yaklaşık %95'inde kanalizasyon bulunmamaktadır. Bu çeşit köyler ve beldelerde binaların

atıksuları fosseptiklerde toplanmaktadır. Bu yerleşimlerden ortalama olarak günde kişi başına 50-75 lt atıksu çıkmaktadır.

Yağmursuları suları arazi eğimi istikametinde cadde ve sokak yüzeylerinden akarak kuru derelere veya akarsu yataklarına ulaşmakta ve oradan Baraj göllerine karışmaktadır.

Haraççı Beldesinde ve Boyalık köyünde kısmen bir kanal şebekesi bulunmaktadır. Baklalı ve Sazlıbosna köylerinin tamamında, Dursunköy ve Çilingir Köyünün % 80'inde ve Yeni Şamlar Köyü'nün tamamında kanalizasyon mevcuttur. Bu yerleşimlerde toplanan atıksular fosseptiklerde toplanmakta, fosseptiklerin çamurları belli aralıklarla vidanjörlerle alınıp eski taş ocaklarına verilmektedir. Sazlıdere havzasındaki yerleşim birimlerin alt yapı sistemleri aşağıdaki gibidir:

Çilingir Köyü: (Kanal+Fosseptik) Köyün % 80'i Kanalizasyona sahip, köyden 1 km uzaktaki 4 kademeli fosseptik çukuruna verilen atıksular oradan Türkköse deresine veriliyor.

Hacımaşlı Köyü: Her bina için ayrı fosseptik çukuru var. Kanalizasyon sistemi yok. Fosseptik Haraççı Belediyesinin vidanjörüyle boşaltılıp Türkköse deresine veriliyor.

Kayabaşı Köyü: Her bina için ayrı Fosseptik var. Kısmen kanal mevcuttur. Kanal olmayan yerlerde her bina veya birkaç bina için fosseptik var. G.O.P Belediyesi tarafından vidanjörlerle boşaltılıyor.

Şamlar Köyü: (Kanal+ Fosseptik) Eski Şamlar mevkiinde kanal yok. Yeni Şamlar'da kanal mevcut olup atıksular dışarıya verilmektedir.

Haraççı Beldesi: (Kanal+Fosseptik) Kısmen bir kanalizasyon sistemi mevcut olup toplanan Atık sular Türkköse Deresi'ne verilmektedir.

Taşoluk Beldesi: Her bina için ayrı fosseptik mevcut. Vidanjörlerle çekilen atıksu Habibler de özel alanın içindeki İSKİ kanalizasyonuna ait kolektöre taşınıyor.

Sazlıbosna Köyü: (Kanal+Fosseptik) Ana boruları 30 cm ve yan bağlantılar 20 cm'lik kanallarla toplanan atıksu Sazlıbosna'nın Baraj tarafındaki mutlak koruma bandında bulunan 4 kademeli fosseptiğe veriliyor. Çamur alınarak Kömür ocaklarına veriliyor.

Baklalı Köyü: (Kanal+Fosseptik) Köyün tamamında kanal mevcut olup fosseptikte toplanan atıksular köyün 150 m güneyindeki Baklalı Deresine veriliyor

Boyalık Köyü: Kanal+Fosseptik Köyün bir kısmında kanal mevcut olup atıksular 4 kademeli bir fosseptik tankına verilmektedir. Tank henüz dolmamıştır.

Dursunköy: (Kanal+Fosseptik) Köyün %80'inde kanal mevcut olup toplanan atıksu Dursunköy Deresine veriliyor.

Yağmursuları suları arazi eğimi istikametinde cadde ve sokak yüzeylerinden akarak kuru derelere veya akarsu yataklarına ulaşmakta ve oradan Baraj göllerine karışmaktadır [3].

III.1.10. Sazlıdere Havzasında Kirletici Kaynaklar ve Atık Yükleri

Sazlıdere Havzasında yapılan çalışmalar sonucu, kara kökenli kirletici kaynaklar,

Noktasal Kaynaklar;

- Eysel Kirletici Kaynaklar
- Endüstriyel Kirletici Kaynaklar

Yayıllı Kaynaklar;

- Tarım ve orman alanlarından gelen kirleticiler
- Yerleşim alanları yağış suları drenajları
- Katı atık depo ve dökme sahalarından gelen kirleticiler
- Atmosferden taşınma olarak sıralanabilir.

Tablo III.8 Sazlıdere Havzasında Tüm Kaynaklardan Oluşan Kirletici Yükler ve Toplamı (2000 yılı)

Kirletici Kaynaklar	BOI kg/gün	%	Toplam N kg/gün	%	Toplam P kg/gün	%	Zehirlilik kg/gün	%
Noktasal Kaynaklar								
Eysel	2330	91,4	388	96,5	116	98,8		
Endüstriyel	219,6	8,6	14,2	3,5	1,4	1,2		
Yayıllı Kaynaklar								
Tarım alanları			269	91	6,83	77,3	5,98	100
Orman alanları			16,9	5,7	0,42	4,8		
Drenaj			9,5	3,2	1,58	17,9		
Toplam	2549,6	100	697,6	100	126	100	5,98	100

Tablo III. 9 Sazlıdere Havzasında Sadece Köylerden ve Diğer Tüm Yayılı Kaynaklardan Oluşan Kirletici Yükler ve Toplamı (2000 yılı)

Kirletici Kaynaklar	BOI kg/gün	%	Toplam N kg/gün	%	Toplam P kg/gün	%	Zehirlilik kg/gün	%
Noktasal Kaynaklar								
Evsel	225	50,6	37,5	72,5	11,2	88,8		
Endüstriyel	219,6	49,4	14,2	27,5	1,4	11,2		
Yayılı Kaynaklar								
Tarım alanları			269	91	6,83	77,3	5,98	100
Orman alanları			16,9	5,7	0,42	4,8		
Drenaj			9,5	3,2	1,58	17,9		
TOPLAM	444,6	100	697,6	100	126,23	100	5,98	100

Havzada toplam kirlilik yükünün önemli kısmı noktasal kaynaklardan gelmektedir. Noktasal kaynaklar arasında da evsel atıksular ön plandadır.

Azot yükü dağılımına bakıldığında, evsel kaynaklı atıksular ile tarım alanlarında gübre kullanımından kaynaklanan yükler yarı yarıya paylaşılmıştır. Fosfor yükünde ise %90'a varan oranlarda yükün noktasal kaynaklardan geldiği görülmektedir.

Havzanın arazi dağılımına bakıldığında, sadece %6.85 'inin yerleşim alanı olarak kullanıldığı ve yaklaşık %76.49' unun orman ve tarım alanı olduğu görülmektedir. Yoğun ve hızlı bir nüfus artışının olduğu havzada evsel nitelikli atıksuların rezervuarın kirlenmesinde tek etkili neden olduğu görülmektedir [3].

III.1.11. Sazlıdere Havzasındaki Bitki Örtüsü

Sazlıdere Baraj Gölü'nün kuzeyinde bulunan orman örtüsü önemli bitki varlıklarını teşkil etmektedir. “Şamlar Ormanı” olarak adlandırılan bu alan Arnavutköy ilçe sınırları içerisinde bulunmaktadır [6].

Pinus brutia Ten. birliklerinden oluşan orman örtüsü, bu sahanın muhtemelen asli formasyonu olan *Quercus frainetto* Ten. ve *Carpinus orientalis* Mill. Karışık ormanlarının tahribinden sonra oluşmuş sekonder formasyondur. Kuzeye doğru

gidildikçe *Pinus brutia* Ten. Birliklerine, *Quercus frainetto* Ten. ve *Fraxinus ornus* L. 'nin de dahil olduğu gözlenmektedir. Karadeniz kıyılarına doğru ilerledikçe orman örtüsünün özelliği değişmekte ve kuru meşe ormanlarına dönüşmektedir [6].



Şekil III.5 Şamlar Ormanı

Pinus brutia Ten. ormanının içinde, *Phillyrea latifolia* L. ve *Quercus coccifera* L. ağaççık olarak bulunmaktadır. Bunların yanı sıra orman altı örtüsünü oluşturan diğer önemli türler ise *Juniperus oxycedrus* L., *Cistus salviifolius* L. ve *Erica arborea* L.'dir Ormanın içerisinde bulunan patikaların kenarlarında, sarılıcı bir tür olan *Smilax excelsa* L.'ye de sıkça rastlamak mümkündür [6].

Baraj gölünün Kayabaşı'na komşu olan ve Şamlar Ormanı içerisine doğru sokulan kısımda yamaç eğimleri artar; yamaçlar karşılıklı olarak birbirlerine yaklaşır ve dar bir vadi şeklini alırlar. Bu yamaçlar üzerinde *Erica manipuliflora* Salisb. Topluluklarının oluşturduğu fundalıklar mevcuttur. Batıya bakan yamaçlarda fundalıkların arasına yer yer *Quercus coccifera* L. ve *Spartium junceum* L. çalı toplulukları karışmaktadır. Doğuya bakan yamaçlarda ise fundalıkların bir bölümü, yol açma çalışmaları sırasında yapılmış hafriyat nedeniyle tahrip edilmiştir. Oldukça engebeli bir arazi yapısı gösteren alanın bu kesimlerindeki yamaçlar ve tepecikler

üzerinde *Pinus brutia* Ten., *Populus nigra* L. ve *Salix alba* L.’den oluşmuş küçük ağaç topluluklarına da rastlanmaktadır [6].

Havza alanı içerisinde önemli bitki türlerine de rastlanmaktadır. Bu bitkiler;

- Pendik Sarıotu, *Bupleurum pendikum*
- Yarımburgaz Hardalı, *Erisimum degenianum*
- Boğaziçi Keteni, *Linum tauricum*
- Halkalı Emzikotu, *Onosma propontica*
- Trakya Minesi, *Veronica turilliana* [12].

III.2. SAZLIDERE BARAJ GÖLÜ İLE İLGİLİ YAPILAN ARAŞTIRMALAR

Hüseyin Bayraktar (2002) “Sazlıdere havzası zamansal değişim analizinin uydu görüntü verileri ile yapılması” isimli yüksek lisans tezinde İstanbul’un içme suyu ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılayan Sazlıdere Barajı’nın su toplama havzasını çok zamanlı olarak incelenmiş, mutlak, kısa, orta, 2000-5000 ve uzak koruma alanlarını ayrı ayrı irdeleyerek değişimleri IRS 1C/D LISS III uydu görüntülerini kullanarak belirlemiştir [58].

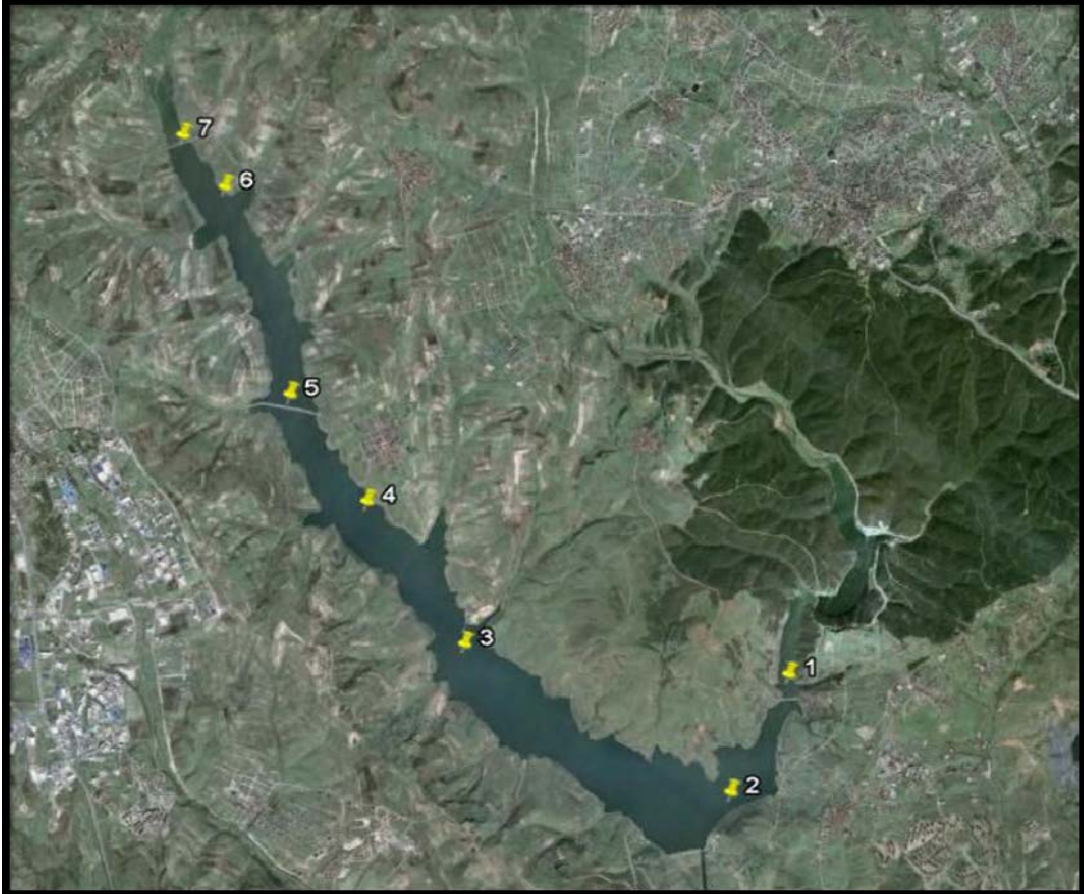
Zeynep Eynur (2004) “Baraj altındaki sızmaların analizi ve kontrolü: Sazlıdere Barajı uygulaması” konulu yüksek lisans tezinde gövde altından su kaçakları problemleri ile karşılaşılan Sazlıdere Barajı için ‘sonlu farklar metodu’nun kullanıldığı bir analiz ile çeşitli enjeksiyon perde boyu alternatifleri için sızma miktarları ve optimum perde boyunu hesaplamış ve sonuçları mevcut verilerle karşılaştırmıştır [58].

Adnan Akça (2005) tarafından “Sazlıdere Havzası Su Kalitesi atıksu uzaklaştırma optimizasyonu ve sulak alan maliyetlerinin değerlendirilmesi” konulu yüksek lisans tezinde Sazlıdere havzasının mevcut su kalitesi eldeki bilgilerle belirlenmeye çalışılmıştır. Sazlıdere Rezervuarının trofik durumunun değerlendirilmesi sonucu, ötrofikasyon tehlikesi belirlendiğinden hesaplanan fosfor yükleri çeşitli senaryolar ışığında ötrofikasyon kontrolü için model kullanılarak hesaplanmış ve bu yükün ne oranda azaltılması gerektiği belirlenmiştir [3].

Kevser Baser (2006) tarafından yapılan “Sazlıdere’nin azot ve fosfor kirliliğinin izlenmesi ve etkisinin irdelenmesi” konulu yüksek lisans tez çalışması Küçükçekmece Gölü ve havzası için oluşturulmaya çalışılan Çevre Yönetim Modeli çalışmaları kapsamında yer almaktadır ve Sazlıdere’nin Küçükçekmece Gölü’ne

taşıdığı azot ve fosfor yükünü belirlemek için yapılmıştır. Sazlıdere ile Küçükçekmece Gölü'ne önemli miktarda azot ve fosfor yükünün taşındığı ve bu yükün son yıllarda sonbahar mevsiminde Küçükçekmece Gölü'nde görülen alg patlamaları üzerinde etkisinin olduğu bildirilmiştir [10].

III.3. SU NUMUNELERİNİN ALINDIĞI YERLER VE ÖZELLİKLERİ



Şekil III.6 Sazlıdere Baraj Gölü Su Numunesi Alım Noktaları

1. Şamlar Köyü
2. Terkos su aktarım bölgesi
3. Taş Ocağı (filiboz tepe mevki)
4. Sazlıbosna yolu
5. Sazlıbosna köprü üstü
6. Çilingir yerleşimi yakını
7. Eski Edirne asfaltı köprü üstü (Şekil III.6)

III.3.1. 1. Numune alım noktası - Şamlar Köyü

Bu bölge Sazlıdere Baraj Gölü'nün güneydoğusunda bulunmaktadır. Daha önce numune alım noktasının bulunduğu yerde bulunan Şamlar köyünün bir kısmı baraj yapımı ile birlikte sular altında kalmış ve daha sonra köyün bir kısmı yaklaşık 1 km yukarı taşınmıştır. Bu noktada halen Eski Şamlar Köyü olarak bilinen bir yerleşim yeri mevcuttur. Bölgenin su seviyesi yağışlara bağlı olarak değişmektedir. Numune alım noktasının etrafındaki alanın eğimli yapısından dolayı yağışın olduğu mevsimlerde çevredeki yağış suları alanda toplanmaktadır (Şekil III.7). Köyün yakınındaki boş alanlara bırakılan hayvansal atıklar yağışlarla birlikte göle karışmaktadır (Şekil III.8).



Şekil III.7 1. Numune Alım Noktası (Şamlar köyü) Uydu Görüntüsü



Şekil III.8 1. Numune Alım Noktası- Şamlar Köyü

III.3.2. 2. Numune Alım Noktası - Terkos Su Aktarım Bölgesi

Bu nokta Sazlıdere Baraj kapaklarının olduğu bölgeye ve Kayabaşı Kasabasına yaklaşık 1 km mesafede bulunmaktadır. Bu noktada, Terkos Gölü'nden Sazlıdere Baraj Gölü'ne bir kanal vasıtasıyla, farklı dönemlerde su aktarımı yapılmaktadır. Tez çalışmasının başladığı dönemlerde kanal su yüzeyinde görülebilecek düzeyde iken sonraları su seviyesinin artmasına bağlı olarak sular altında kalmıştır.



Şekil III.9 2. Numune Alım Noktası - Terkos Su Aktarım Bölgesi



Şekil III.10 Terkos Su Aktarım Kanalı

III.3.3. 3. Numune Alım Noktası - Taş Ocağı (Filiboz Tepe Mevkii)

Sazlıdere Barajı sol sahilinde Sazlıbosna Köyü'nün güneyinde, Filiboz tepe mevkiinde halen işletilmekte olan bir taş ocağı mevcuttur. Bu ocak ve üretilen taş tarihi eserlerin restorasyonu açısından oldukça önemlidir. Buradan çıkarılan kireçli taşlar rastgele göl kenarına bırakılmakta ve kireç taşının yağmur suları ile çözünmesi sonucu kireçli sular göl suyuna karışmaktadır (Şekil III.11).



Şekil III.11 3. Numune Alım Noktası - Taş Ocağı (Filiboz Tepe Mevkii)

III.3.4. 4. Numune Alım Noktası – Sazlıbosna yolu

Sazlıbosna yolu numune alım noktası, Sazlıbosna yerleşim yerine yaklaşık 20 m mesafede bulunmaktadır. Yüzeyin eğimli olmasından dolayı Sazlıbosna sokaklarındaki evsel ve hayvansal atıklar bu bölgeden bir kanalla ve yağmurun toprağı aşındırması ile oluşan kanallardan ile göle karışmaktadır (Şekil III.12) Numune alım noktasının yakınlıklarına bırakılan hayvansal atıklar göl için tehlike arz etmektedir (Şekil III.13).



Şekil III.12 4. Numune Alım Noktası – Sazlıbosna yolu



Şekil III.13 Sazlıbosna Yolu Üzerine Bırakılan Hayvansal Atıklar

III.3.5. 5. Numune Alım Noktası – Sazlıbosna Köprü Üstü

Bu numune alım noktası Sazlıbosna yerleşim merkezine 600 m mesafe de bulunmaktadır. Su numunesi, trafiğe açık olan köprü üzerinden alınmıştır. Köprü zemini yığma taştan yapılmıştır ve altında kuzeyden Sazlıdere Baraj Gölü'ne gelen suyun geçmesini sağlayan kanal bulunmaktadır. Bu nokta amatör balıkçıların balık tutmak için gölde tercih ettiği bölgelerden biridir (Şekil III.14).



Şekil III.14 5.Numune Alım Noktası – Sazlıbosna Köprü Üstü

III.3.6. 6. Numune Alım Noktası – Çilingir Yerleşimi Yakını

Bu numune alım noktası, Çilingir köyüne 2 km mesafede bulunmaktadır. Bu bölgeye yakın mesafede birkaç yerleşim yeri vardır. Buralarda farklı dönemlerde küçükbaş hayvan yetiştirildiği gözlenmiştir. Numunenin alındığı bölgede küçük bir su kanalı bulunmaktadır, yağışlı dönemlerde kanaldan göle su girişinin arttığı gözlenmiştir.



Şekil III.15 6. Numune Alım Noktası

III.3.7. 7. Numune Alım Noktası – Eski Edirne Asfaltı Köprü Üstü

Bu numune alım noktası, Sazlıdere Baraj Gölünün kuzey ucunda, dere ağzına 500 m mesafede bulunmaktadır. Baklalı ve Boyalık dereleri numune alım noktasından 2 km uzakta birleşip Dursunköy deresinin bulunduğu bölgeye gelir. Buradan da Dursunköy deresi ile birleşen dere suları göle boşalır. Köy içinden geçen dereler vasıtasıyla hayvansal atıklar göle karışmaktadır.



Şekil III.16 7. Numune Alım Noktası–Eski Edirne Asfaltı Köprü Üstü

III.4. GEREÇLER

III.4.1. Kimyasal Analizlerde Kullanılan Gereçler

- HANNA HI 933300 Microprocessor Logging Portable Conductivitymeter
- HANNA HI 8314 Portable Membrane Ph meter
- HACH DR / 2000 Spektrofotometre
- Sartorius Analytic Hassas Terazı (0,1-150 gr)
- WTW Thermoreactor CR 3000
- WTW TS 606/Z BOI Cihazı
- Elektronik başlı BOI şişesi
- Elektrikli Isıtıcı
- Spektrofotometre küvetleri (25ml)
- Ayırma Hunisi (Kapaklı ve 500ml)
- Erlenmayer (250 ml)
- Beherler (50 ml, 100 ml)
- Kapaklı mezür (25 ml, 50 ml, 100 ml)
- Dereceli silindir (250 ml, 500 ml)
- Büret (50 ml)
- Deney tüpü
- Cam pipet (1ml, 5 ml, 10ml)
- Cam baget
- Kaynama taşı

III.4.2. Mikrobiyolojik Analizlerde Kullanılan Gereçler

- Dedeoğlu Pastör Fırını
- Nüve EN 500 Etüv
- Sartorius Analytic Hassas Terazı (0,1-150 gr.)
- Sartorius Membran Filtrasyon Cihazı
- GFL Distile Su Cihazı
- Otoklav
- Bunzen beki
- Erlenmayer (250ml)
- Deney tüpü
- Öze

- Süpor
- Alüminyum folyo
- Hidrofob pamuk
- Örnek alma şişeleri
- İspirto

III.4.3. Analizlerde Kullanılan Kimyasal Maddeler

- Kloroform
- Benzen
- Sikloheksan
- 5 N NaOH çözeltisi
- %50 'lik NaOH ÇÖZELTİSİ
- 2 N NaOH (Tampon 2) çözeltisi
- NaOH tabletleri
- 5,25 N H₂SO₄ çözeltisi
- 0,02 N H₂SO₄ çözeltisi
- 1/3 Seyreltik H₂SO₄ Çözeltisi
- N/80 Amonyum Oksalat Çözeltisi
- Potasyum Permanganat Çözeltisi
- Potasyum persülfat
- Potasyum Siyanid, ACS
- Griess Ayıracı
- Nessler Ayıracı
- Müreksit
- Metil oranj
- 0,01 N EDTA (Etilendiamintetraasetik asit) Çözeltisi
- Sertlik Tampon-I Çözeltisi
- İndikatör (Erio-chromeblack-T)
- Sulfate Buffer Solution
- Detergent Reagent Powder Pillows
- Rochelle Salt-PVA Reagent Solution
- Nessler Reagent Solution
- Buffer Powder Pillows Citrate Type Heavy Metals
- DithiVer Metals Reagent Powder Pillows

- AluVer3 Aluminum Reagent Powder Pillows
- Ascorbic Acid Powder Pillows
- Bleaching 3 Reagent Powder Pillows
- FerroVer Iron Reagent Powder Pillows
- Fosfover 3 Fosfat Reagent Powder Pillows
- ChromaVer 1 Reagent Powder Pillows
- ChromaVer 2 Reagent Powder Pillows
- ChromaVer 3 Reagent Powder Pillows
- Nikel 1 Reagent Powder Pillows
- Nikel 2 Reagent Powder Pillows
- NitriVer 3 Nitrite Reagent Powder Pillows
- NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder Pillows
- Sulfaver 4 Sulfate Reagent Powder Pillows
- COD Digestion Reagent Vials Çözeltisi (High Range 0 to 1500 mg/L)
- COD Digestion Reagent Vials Çözeltisi (Low Range 0 to 150 mg/L)

III.5. YÖNTEMLER

Sazlıdere Baraj Gölü'nden alınan su örneklerinin mikrobiyolojik ve kimyasal analizleri, Marmara Üniversitesi Doğa Bitkileri ve Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarında yapılmıştır.

III.5.1. Su Numunelerinin Toplanması

Sazlıdere baraj Gölü'nden toplanacak su örneklerinin hangi noktalardan alınacağı, tez çalışmasına başlamadan önce, alanda yapılan arazi gezileri ve uydu fotoğrafları yardımıyla tespit edilmiştir.

Sazlıdere Baraj Gölü'nün mikrobiyolojik ve kimyasal kirlilik parametrelerinin tespiti çalışmaları için Ağustos 2009 – Temmuz 2010 tarihleri arasında, seçilen 7 ayrı noktadan su örnekleri alınmıştır. Numune alım noktalarından mikrobiyolojik analizler için her ay, kimyasal analizler için 3 ayda bir su örneği alınmıştır. Örneklerin toplanması, su kirliliği kontrolü yönetmeliği numune alma ve analiz metodları tebliğine göre yapılmıştır.

III.5.1.1. Su Numunelerinin Alınması ve Saklanması

Numune alma metodu, laboratuara kolayca taşınabilecek kadar ve analiz için yeterli hacimde ve laboratuarda istenen amaç için kullanılacak temsil yeteneğine sahip numune elde etmeyi sağlayacak şekilde seçilmesi önerilmektedir [46].

Numune testten önceki bileşimi bozulmayacak şekilde laboratuara getirilmelidir. Mevcut koşullarda alınan numuneyi gerçekçi bir şekilde temsil eden numunelerin, laboratuara ulaşmadan önce taşıdığı özellikleri kaybetmemesine ve alınıp taşınması esnasında kirletilmemesine özen gösterilmelidir [46].

Numunelerin alındığı ve saklandığı kaplar özenle seçilmesi ve ölçümü yapılacak numune bileşeninin, numune kabı ile reaksiyon vermesi istenmediğinden, numuneyi cam veya plastik kaplarda taşıyıp saklamak gereklidir. Mikrobiyolojik analizlerde numune alma kapları, özellikle otoklav gibi cihazlarla ısı ile steril hale getirilerek koyu renkli cam şişe kullanılması önerilmektedir [46].

Bizde numune lamlarımızda bu kurallara uygun olarak; mikrobiyolojik analizler için 150 ml'lik kapaklı kahverengi şişeleri, önce musluk suyunda iyice yıkayıp daha sonra distile sudan geçirdik. Daha sonra şişeleri öncelikle pastör fırınında 170 C'de 1 saat bekletip, sonra otoklavda 121 C'de 1 atm basınç altında 20 dakika tutularak sterilizasyonu yaptık. Sterilizasyonu yapılan şişeleri etiketleyerek numune alımına hazır hale getirdik. Kimyasal analizler için ise 2,5 lt'lik plastik şişeler kullandık.

Mikrobiyolojik ve kimyasal analizler için su numuneleri kıyıdan 2-3 m öteden yaklaşık 30 cm derinlikten alınmıştır. Mikrobiyolojik analizler için su örneği alınmadan önce şişelerin ağzı ispiroto alevinden geçirilmiştir. Kontaminasyonu engellemek için şişeler diplerinden tutulmuş ve numune alındıktan hemen sonra tekrar şişenin ağzı alevden geçirelerek kapakları kapatılmıştır. Mümkün olduğunca havayla az temas etmesine özen gösterilmiştir.

Kimyasal analizler için su numunesi alınırken her örnek alım noktasında, suyun sıcaklığı ve pH değerleride ölçülmüştür.

Su numuneleri alındıktan sonra 24 saat içerisinde, portatif soğutucu ile Marmara Üniversitesi Doğa Bitkileri ve Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarına getirilmiş ve analizlerine başlanmıştır.

III.5.2. Mikrobiyolojik Analizlerde Bakteri Tayin Yöntemleri

Ağustos 2009 – Temmuz 2010 tarihleri arasında, seçilen 7 ayrı noktadan her ay düzenli olarak su numuneleri alınarak; Toplam Koliform, Fekal Koliform ve Fekal Streptok bakterilerinin tespiti için membran filtrasyon yöntemi uygulanmıştır.

Bu metot, suda mevcut olan bütün bakterilerin 0, 45 µm por çaplı membran üzerinde alıkonması, filtrenin uygun vasat üzerinde ve sıcaklıkta inkübasyona tabi tutulması ve sonra membran yüzeyinde üreyen kolonilerin sayılması prensibine dayanır. Kolonilerin sayımında koloni büyüklüğü ve besiyerinde oluşturduğu renk dikkate alınır [11].

Membran filtrasyon yönteminde önceden hazırlanıp, sterilize edilmiş hazır katı besiyeri kullanılmıştır. Membranda sayılamayacak kadar çok koloni oluşması durumunda, tekrar yapılacak ekimden önce dilüsyon yöntemi uygulanarak numune steril şartlarda, homojen şekilde 10, 100 veya 1000 kat seyreltildikten sonra ekimi yapılmıştır. Ekimi ve sayımı yapılan besiyerleri kullanıldıktan sonra otoklavda steril edilip sonra atılmıştır.

Membran filtrasyon yöntemi aşağıdaki şekilde uygulanmıştır:

- Havadan gelebilecek mikroorganizmalara karşı bunzen beki alevi yakılmıştır.
- Petri kabındaki nutriyet pedler (besiyeri) 3 ml steril distile su ile nemlendirilmiştir.
- Filtre desteği ve pens alevden geçirilmiştir.
- 0,45 µm por çaplı filtre kağıdı, üzerindeki koruyucu tabakadan alevden geçirilmiş pens yardımıyla ayrılarak filtre destek kısmına yerleştirilmiştir.
- Huni ve huni kapağı alevden geçirilerek yerine oturtulmuştur.
- Huninin içerisine numune koyularak, vakumlu motor çalıştırılmış ve hunideki numune altta bulunan erlene süzümüştür (Süzülmek istenilen sıvılar kendi ağırlıkları ile geçemediklerinden süzme için basınç kullanmak gerekir.). Vakum pompası çalıştırılarak suya basınç uygulanması yoluyla su süzümüştür. Süzülen su numunesindeki bakteriler, filtredeki küçük porlardan geçemedikleri için filtrenin yüzeyinde kalması sağlanmıştır.
- Filtrasyon işlemi tamamlandıktan sonra vakumlu motor kapatılmıştır.
- Pens tekrar alevden geçirilmiş ve filtre pens ile alınmıştır.
- Filtre daha önce steril distile su ile ıslatılmış olan besiyeri üzerine, besiyeri ile arasında hava kabarcığı kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir.

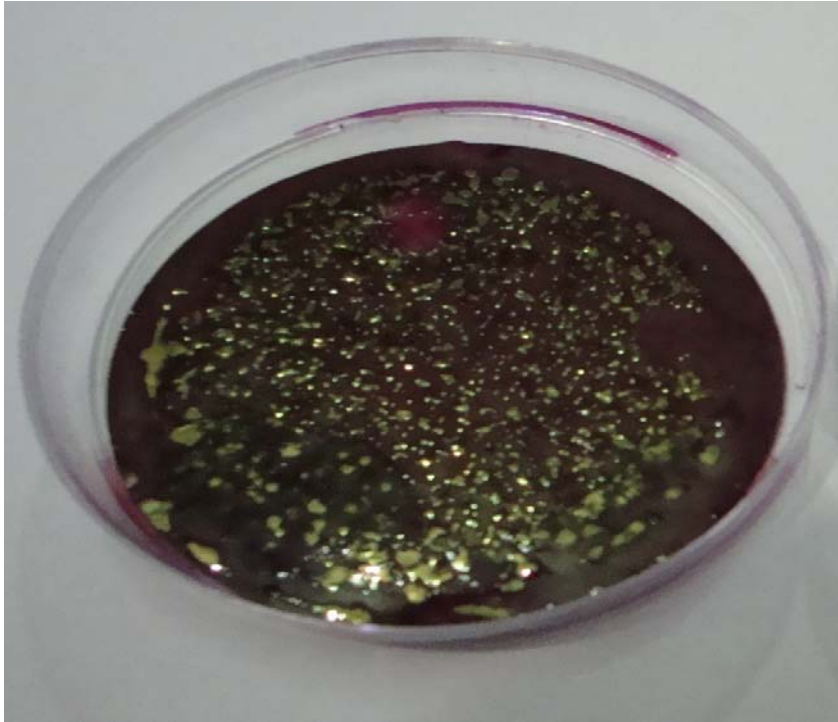
- Besiyeri etüve konulmuştur. Hedef mikroorganizmanın inkübasyon özelliklerine uyularak (sıcaklık ve süre) inkübasyon işlemi tamamlanmıştır.

III.5.2.1. Toplam Koliform Bakteri Sayısı Tayini

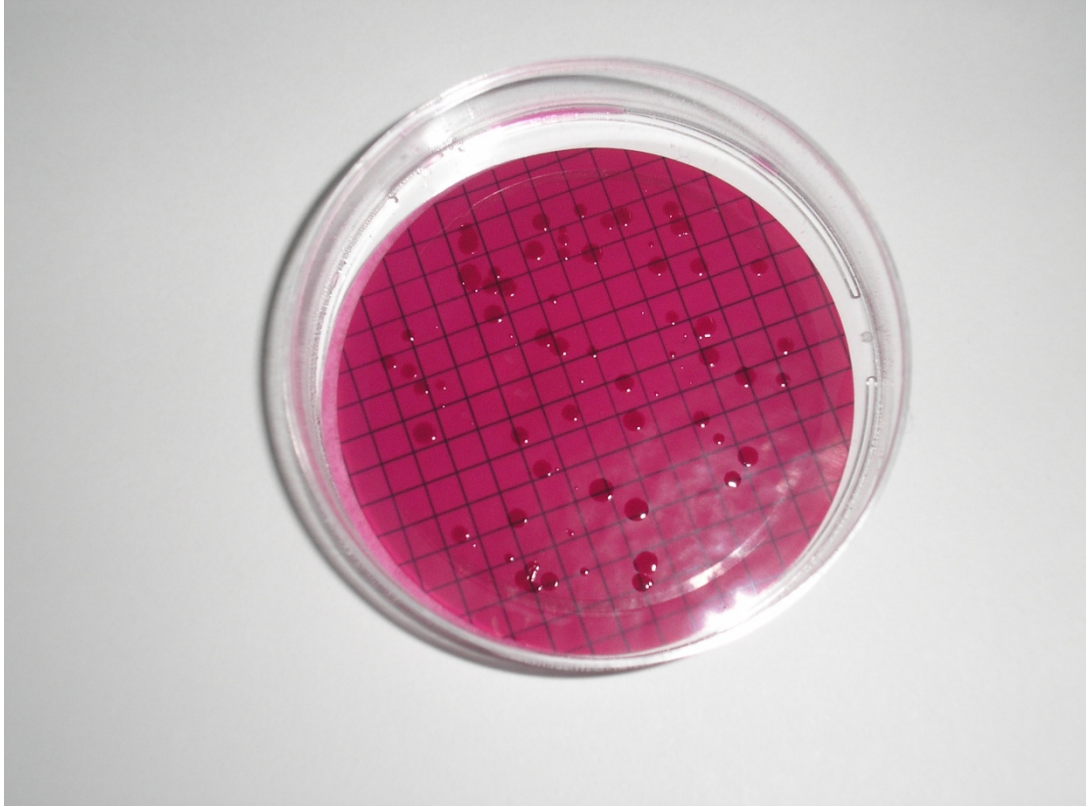
Suların bakteriyolojik kontrollerinde suyun hijyenik kalitesinin tayini bakımından yapılması gerekli olan bir seri muayene ve kontrol zincirinin ilk halkasını “Koliform Bakteriler” in aranması teşkil etmektedir. İnsan ve hayvanların dışkılarındaki bakterilerin çoğunluğunu koliform grubu bakteriler oluşturmaktadır [2].

E. coli ve Koliform grubu bakterileri tespit etmek için ayırıcı besiyeri olan Endo besiyeri (Sartorius 14053) kullanılmıştır. 0,45 µm por çaplı, beyaz zemin üzerine yeşil çizgilerle karelendirilmiş membran filtre kullanılmıştır. Ekim işleminden sonra besiyerleri 37 °C’ de 24 saat inkübe edilmiştir.

İnkübasyon süresi sonunda *E. coli*, metalik parlaklık veren ve koyu kırmızı renkli olan koloniler oluşturur. Koliformlar ise metalik parlaklığa sahip olmayan ve koyu kırmızıdan açık kırmızıya kadar değişen renklere koloniler oluştururlar. Renksiz koloniler laktoza etki etmeyen bakteriler olduklarından dolayı sayım işlemine tabi tutulmazlar [75].



Şekil III.17 *E. coli*'nin Endo besiyerindeki görünümü (Ocak 2010 - 7. Örnek alım noktası)



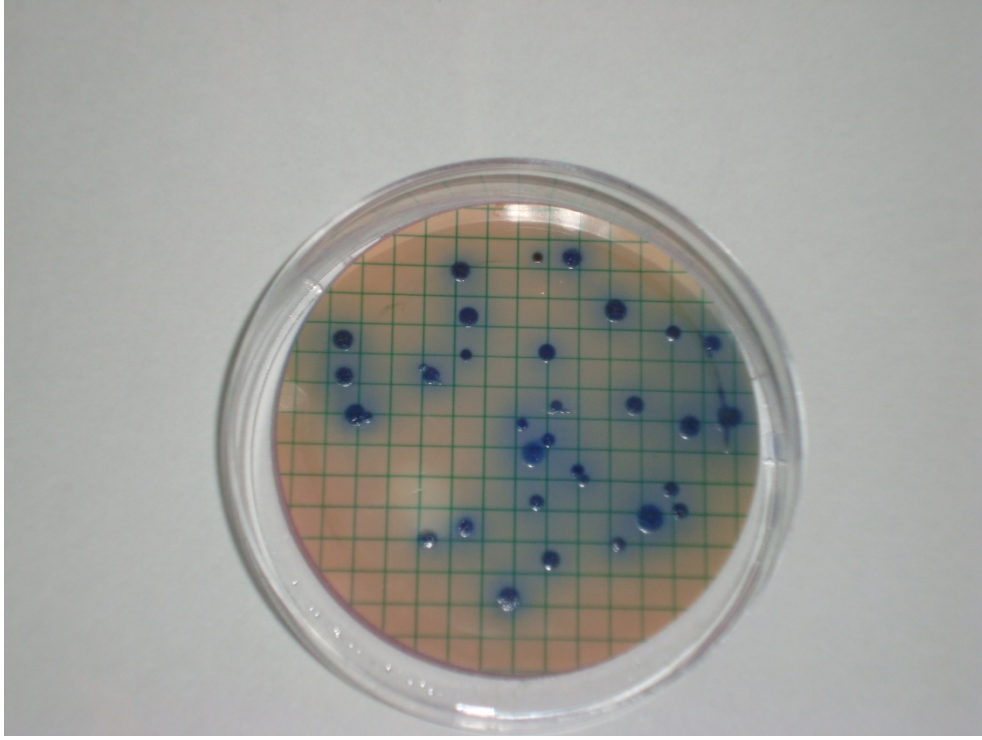
Şekil III.18 Koliform Bakterilerinin Endo Besiyerindeki Görüntüsü [24].

III.5.2.2. Fekal Koliform Bakteri Sayısı Tayini

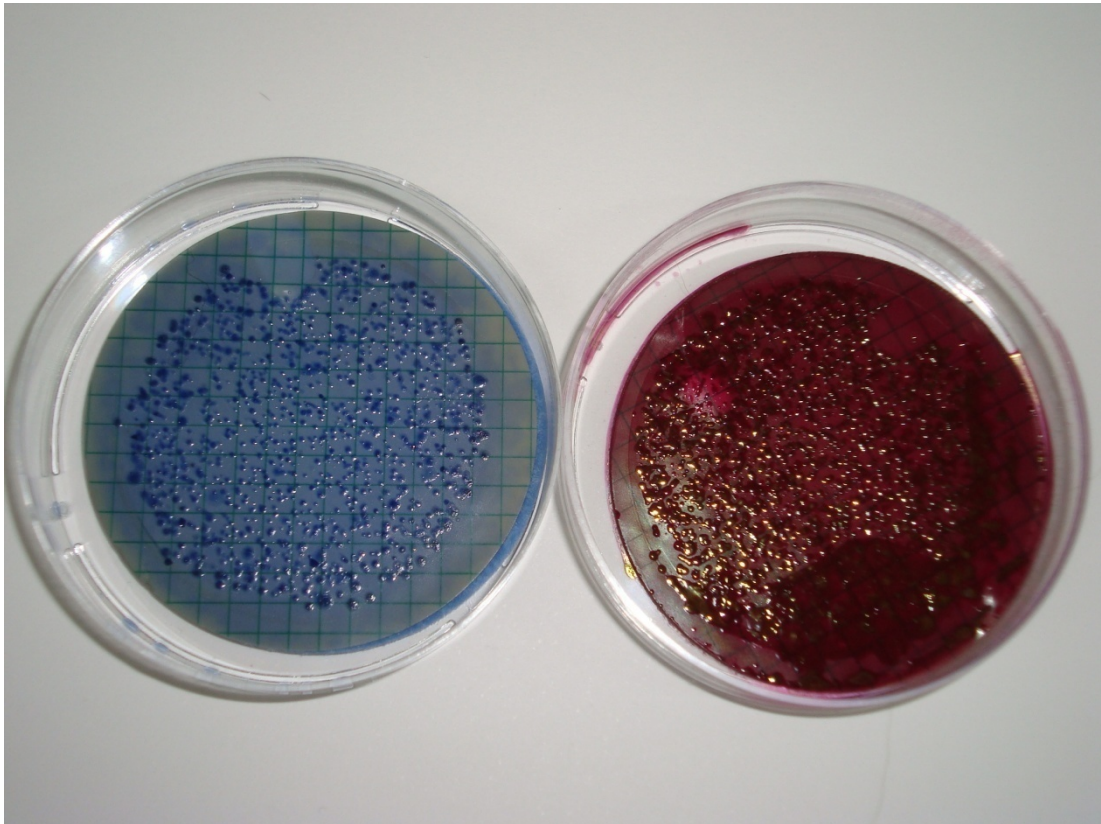
Koliform bakteriler içerisinde fekal orijinli olmayanlarında yer alması ve bunların doğa orijinli türler içermeleri nedeniyle indikatör mikroorganizma olarak her zaman kullanılamamaları, fekal koliform bakterilerden bir indikatör olarak yararlanılmaya başlanmasına neden olmuştur [11].

E.coli ve fekal koliform bakterileri tespit etmek için ayırıcı besiyeri olan m-FC besiyeri (sartorius) kullanılmıştır. m-FC besiyeri 0.45 µm porlu; beyaz zemin üzerine yeşil çizgiler ile karelendirilmiş membran filtresi ile kullanılmıştır. Ekim işleminden sonra besiyeri 44⁰C’de 24 saat inkübe edilmiştir.

İnkübasyon işlemi sonucunda *E. coli* ve koliform bakteriler mavi bir zon ile çevrili mavi renkli koloniler oluştururlar. Bu renk güçlü laktoz fermantasyonuna sahip olan koliformlarda koyu mavi; zayıf laktoz fermantasyonuna sahip olan fekal olmayan koliformlarda ise açık mavidir. Laktoz negatif bakteriler farklı renklerde ürerler ve değerlendirilmezler. Yüksek inkübasyon sıcaklığı fekal olmayan koliformları büyük ölçüde baskılar [75].



Şekil III.19 Fekal Koliform Bakterilerinin m-FC Besiyerindeki Görüntüsü
(Aralık 2009 - 6. Örnek alım noktası)



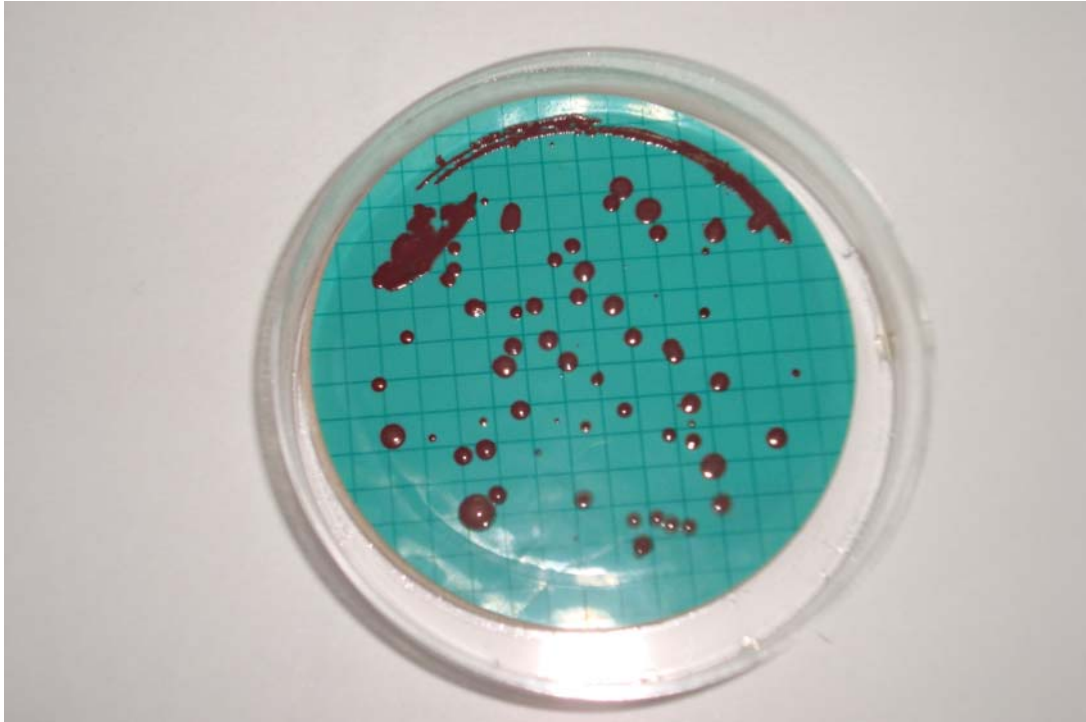
Şekil III.20 Fekal Koliform ve Toplam Koliform Bakterilerinin Karşılaştırmalı Görüntüsü (Ocak 2010 - 7. Örnek alım noktası)

III.5.2.3. Fekal Streptokok Bakteri Sayısı Tayini

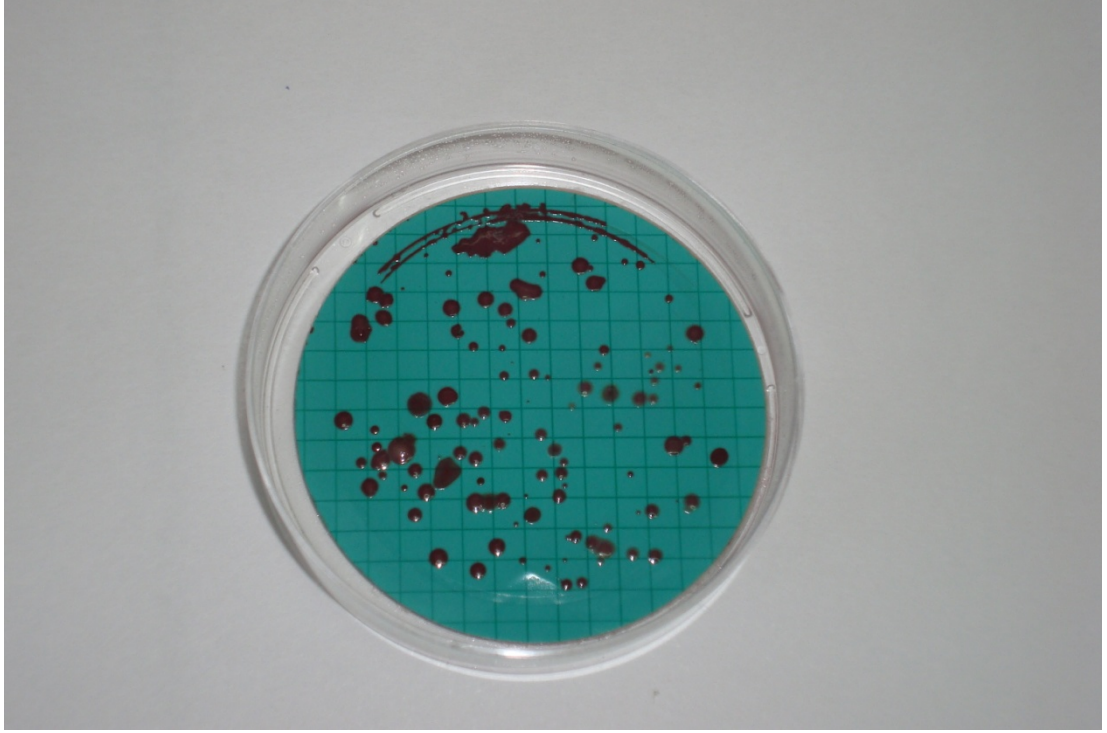
Enterokoklar, fekal kirlenmenin indikatörü olarak kabul edilirler. Kimyasal etkenlere *E. coli* 'ye göre daha dirençli oldukları için, atık su ve klorlanmış su gibi ortamlarda daha uzun süre yaşarlar ve tanımlanabilirler. Buna bağlı olarak suların fekal kontaminasyon açısından kontrolünde *E. coli* 'ye göre daha doğru sonuçlar verirler [75].

Fekal streptokokları bulmak için seçici besiyeri olan Azide besiyeri (sartorius 14051) kullanılmıştır. Azide besiyeri, 0.45 µm porlu; yeşil zemin üzerine koyu yeşil çizgiler ile karelendirilmiş membran filtre ile kullanılmıştır. Ekim yapılan petripler 37°C'de 48 saat inkübe edilmiştir.

Enterokoklar Azide besiyerinde; pembe, kırmızıdan kırmızımsı kahverengine değişen renklerde ve 0,5-2,0 mm (genellikle yaklaşık 1 mm) çapında ve düzgün kenarlı koloniler oluştururlar [75].



Şekil III.21 Fekal Streptokok Kolonilerinin Azide Besiyerindeki Görüntüsü



Şekil III.22 Fekal Streptokok Kolonilerinin Azide Besiyerindeki Görüntüsü
(Eylül 2009 – 4. Numune alım noktası)

III.5.3. Kimyasal ve Fiziksel Parametrelerin Tayin Yöntemleri

III.5.3.1. pH

HANNA HI 8314 Portable Membrane Ph metre cihazı ile elektrometrik olarak ölçülmüştür.

III.5.3.2. İletkenlik ve TDS

İletkenlik ve TDS konduktivimetre cihazı ile elektrometrik olarak ölçülmüştür.

III.5.3.3. Renk Tayini (Platinum-Cobalt Standard Method)

- İki tane 25 ml'lik spektrofotometre küveti alınmıştır.
- Küvetlerden birincisine 25 ml numune, ikincisine de şahit olarak 25 ml damıtık su konulmuştur.
- Spektrofotometrede 120 numaralı program seçilerek dalga boyu 455 nm'ye ayarlanmıştır.

- Spektrofotometreye önce şahitin bulunduğu küvet konularak sıfır ayarı yapılmıştır. Daha sonra numunenin bulunduğu birinci küvet cihaza konularak ölçüm yapılmıştır.
- Spektrofotometrede okunan değer Pt-Co cinsinden kaydedilmiştir.

III.5.3.4. Bulanıklık Tayini (Absorptometric Method)

- İki tane 25 ml'lik spektrofotometre küveti alınmıştır.
- Küvetlerden birincisine 25 ml numune, ikincisine de şahit olarak 25 ml damıtık su konulmuştur.
- Spektrofotometrede 750 numaralı program seçilerek dalga boyu 450 nm'ye ayarlanmıştır.
- Spektrofotometreye önce şahidin bulunduğu küvet konularak sıfır ayarı yapılmıştır. Daha sonra numunenin bulunduğu birinci küvet cihaza konularak ölçüm yapılmıştır.
- Spektrofotometrede okunan değer FTU cinsinden kaydedilmiştir.

III.5.3.5. Toplam Sertlik Tayini (Titrimetrik Metod)

- Mezür ile 50 ml numune ölçülerek erlenmayere konulmuştur.
- Numunenin üzerine 5 ml sertlik tamponu çözeltisi ilave edilmiştir.
- Pembe renk oluşuncaya kadar indikatör (Erio Chrome Black-T) eklenmiştir.
- Elde edilen bu çözelti EDTA ile titre edilmiştir. Titrasyon işlemine çözeltinin rengi pembeden maviye dönünceye kadar devam edilmiştir.
- Mavi renk oluştuğunda büretten EDTA sarfiyatı ölçülmüştür.
- Sarfiyat miktarı, toplam sertlik miktarını vermektedir.
- Toplam sertlik miktarı Fransız sertlik derecesi cinsinden kaydedilmiştir.



Şekil III.23 Sertlik Tayininde Çözeltinin Erlenmayerdeki Görünümü

III.5.3.6. Organik Madde Tayini (Titrimetrik Metod)

- Mezürle 100 ml numune ölçülerek erlenmayere konulmuştur.
- Numunenin üzerine önce 5 ml 1/3 oranında H_2SO_4 ve daha sonra da 5 ml $KMnO_4$ ilave edilmiştir. (Numune pembe renk alır.)
- Hazırlanan numuneye kaynama taşı konulmuş ve 10 dakika kaynatılmıştır.
- Kaynama işleminden sonra üzerine 5 ml Amonyum Oksalat çözeltisi ilave edilmiştir. Numunenin pembe rengi kaybolarak renksiz hale gelmiştir.
- Elde edilen çözelti $KMnO_4$ ile titre edilmiştir.
- Numunenin rengi toz pembe oluncaya kadar titrasyon işlemine devam edilmiştir.
- Toz pembe renk oluşuktan sonra büretten $KMnO_4$ sarfiyatı ölçülmüştür.
- Sarfiyat organik madde miktarını vermektedir.
- Organik madde miktarı mg/L cinsinde kaydedilmiştir.

III.5.3.7. Toplam Demir Tayini (Ferrover Method)

- Spektrofotometre küvetine 25 ml numune konulmuştur.
- Numunenin üzerine bir adet FerroVer Iron Reagent Powder Pillow eklenmiş ve çalkalanmıştır.
- Spektrofotometrede 265 numaralı program seçilmiş ve dalga boyu 510 nm'ye ayarlanmıştır.
- Shift-Timer tuşlarına basılarak 3 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- İkinci küvete şahit olarak sadece 25 ml numune konulmuştur.
- Reaksiyon süresi bittiğinde spektrofotometreye önce şahit konularak sıfır ayarı yapılmıştır. Daha sonra birinci küvet cihaza konularak ölçüm yapılmıştır.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.

III.5.3.8. Sülfat Tayini (Sulfaver 4 Method)

- Spektrofotometre küvetine 25 ml numune konulmuştur.
- Numunenin üzerine bir adet SulfaVer 4 Sulfate Reagent Powder Pillow eklenip çalkalanmıştır.
- Spektrofotometrede 680 numaralı program seçilmiş ve dalga boyu 450 nm'ye ayarlanmıştır.
- Shift-Timer tuşlarına basılarak 5 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Diğer küvete şahit olarak sadece 25 ml numune konulmuştur.
- Reaksiyon süresi bittiğinde spektrofotometreye önce şahit konulmuş ve sıfır ayarı yapılmıştır. Daha sonra numunenin bulunduğu birinci küvet cihaza konularak ölçüm yapılmıştır.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.

III.5.3.9. Nitrat Tayini (Cadmium Reduction Method)

- Spektrofotometre küvetine 25 ml numune konulmuştur.
- Numunenin üzerine bir adet NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder Pillow eklenerek küvet tıpa ile kapatılmıştır.
- Spektrofotometrede 355 numaralı program seçilmiş ve dalga boyu 500 nm'ye ayarlanmıştır.
- Shift-Timer tuşlarına basılarak bir dakikalık reaksiyon süresi başlatılmış ve hazırlanan numune bir dakika boyunca çalkalanmıştır.

- Bir dakikalık reaksiyon süresi bitince tekrar Shift-Timer tuşlarına basılarak 5 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Diğer spektrofotometre küvetine şahit olarak sadece numune konulmuştur.
- Reaksiyon süresi bittiğinde spektrofotometre önce şahit konularak sıfırlanmıştır. Daha sonra numunenin bulunduğu birinci küvet cihaza konularak ölçüm yapılmıştır.
- Spektrofotometrede okunan değer Nitrat Azotu değeridir. Bu değer 4,4 ile çarpılmış ve Nitrat değeri bulunmuştur.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.

III.5.3.10. Nitrit Tayini (Diazotization Metot)

Kalitatif Yöntem: Su örneğinde Nitrit tayini önce kalitatif olarak yapılmıştır. Deneysel tüpüne bir miktar numune konulmuş ve üzerine birkaç damla Griess ayracı eklenmiştir. Reaksiyonun gerçekleşmesi için 10 dakika beklenmiştir. Reaksiyon süresi sonunda sarımsı (saman rengi) bir renk oluşursa numunede Nitrit vardır.

Kantitatif yöntem: Diazotization Metot

- İki tane spektrofotometre küveti alınmıştır.
- Küvetlerden birine 25 ml numune konulmuştur.
- Numunenin üzerine bir adet NitriVer 3 Nitrite Reagent Powder Pillow eklenmiş ve çözünene kadar çalkalanmıştır.
- Spektrofotometrede 371 numaralı program seçilmiş ve dalga boyu 507 nm'ye ayarlanmıştır.
- Shift-Timer tuşlarına basılarak 15 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Reaksiyon süresi bittiğinde diğer küvete şahit olarak 25 ml numune konulmuştur.
- Spektrofotometre önce şahit konularak sıfırlanmıştır. Daha sonra numune konularak ölçüm yapılmıştır.
- Spektrofotometrede okunan değer Nitrit Azotu değeridir. Bu değer 3,3 ile çarpılarak nitrit değeri bulunmuştur.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.



Şekil III.24 Kalitatif Olarak Yapılan Nitrit Tayini Görüntüsü

III.5.3.11. Amonyak Tayini

Kalitatif yöntem: Su örneğinde Amonyak tayini önce kalitatif olarak yapılmıştır. Bunun için deney tüpüne numune konulmuş ve üzerine birkaç damla Nessler ayracı eklenmiştir. Reaksiyonun gerçekleşmesi için 10 dakika beklenmiştir. Reaksiyon süresi sonunda sarı-turuncu renk oluşursa numunede Amonyak var demektir. Eğer amonyak varsa miktar tayini için spektrofotometrede Nessler metodu uygulanır.

Kantitatif yöntem: Nessler Method

- İki tane kapaklı mezür alınmıştır. Mezürlerden birine şahit olarak 25 ml damıtık su, diğerine 25 ml numune konulmuştur.
- Mezürlerin her birine 1 ml Rochelle Salt-PVA Reagent eklenmiş ve çalkalanmıştır.
- Sonra mezürlerin her birine 1 ml Nessler Reagent eklenmiş ve çalkalanmıştır.
- Mezürler spektrofotometre küvetlerine boşaltılmıştır.
- Spektrofotometrede 380 numaralı program seçilmiş ve dalga boyu 425 nm'ye ayarlanmıştır.

- Shift-Timer tuşlarına basılarak 1 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Reaksiyon süresi bittiğinde spektrofotometreye önce şahit (damıtık suyun bulunduğu küvet) konularak sıfırlanmıştır. Daha sonra numunenin bulunduğu küvet konularak ölçüm yapılmıştır.
- Spektrofotometrede okunan değer Amonyak Azotu değeridir. Bu değer 1,22 ile çarpılmış ve Amonyak değeri bulunmuştur.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.



Şekil III.25 Kalitatif Olarak Yapılan Amonyak Tayininin Görüntüsü

III.5.3.12. Kalsiyum Tayini

- Mezürle 50 ml numune ölçülerek erlenmayere boşaltılmıştır.
- 1 ml tampon-2 (2N NaOH) çözeltisi erlenmayere eklenmiştir.
- Turuncu renk oluşuncaya kadar müreksit ilave edilmiştir.
- Elde edilen bu karışım EDTA ile titre edilmiştir.
- Titrasyon işlemi mor renk oluşuncaya kadar sürdürülmüştür.
- Büretten sarf edilen EDTA miktarı ölçülmüştür.
- EDTA sarfiyatı 4 ile çarpılarak sudaki kalsiyum miktarı hesaplanmıştır.
- Bulunan değer mg/L olarak kaydedilmiştir.

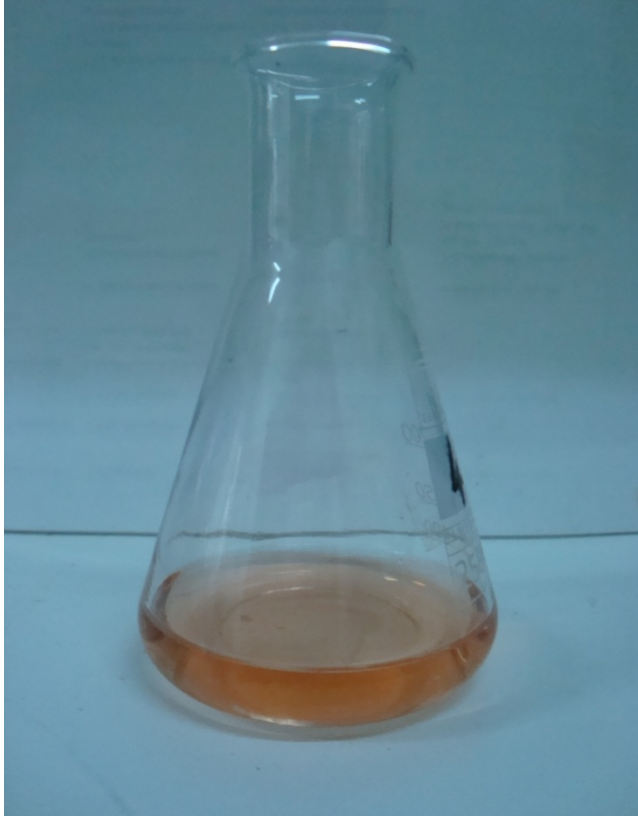


Şekil III.26 Kalsiyum Tayininde Çözeltinin Erlenmayerdeki Görünümü

III.5.3.13. Bikarbonat Tayini

pH < 8,2 ise Bikarbonat tayini yapılır.

- Mezür ile 50 ml numune ölçülerek erlenmayere boşaltılmıştır.
- İçerisine 3 damla metil oranj indikatörü damlatılmış ve sarı bir renk elde edilmiştir.
- Bu karışım 0,02 N H₂SO₄ çözeltisi ile titre edilmiştir.
- Titrasyon işlemi pembe-turuncu bir renk oluşuncaya kadar sürdürülmüştür.
- Renk dönüşümünden sonra erlenmayerdeki çözeltinin pH'ı ölçülmüştür. pH'ın 4,5 ten düşük olması gerekir. Eğer pH 4,5 ten yüksekse titrasyona devam edilir.
- Titrasyon işlemi bittikten sonra büretteki H₂SO₄ sarfiyatı ölçülmüş ve 24,4 ile çarpılarak sudaki bikarbonat değeri bulunmuştur.
- Bulunan değer mg/L olarak kaydedilmiştir.



Şekil III.27 Bikarbonat Tayininde Çözeltinin Erlenmayerdeki Görünümü

III.5.3.14. Toplam Krom Tayini

Suyun rengine bakılarak 2 şekilde yapılmıştır:

Numune renksizse:

- Küçük bir behere 25 ml numune konulmuştur.
- İçine 1 adet Chromover 1 reagent powder pillow ilave edilerek karıştırılmıştır.
- Çözelti sıcak su banyosunda bekletilir ya da 5 dakika kaynatılır. Kaynama sırasında buharlaşan suyun yerine damıtık su ilave edilmiştir.
- Sürenin sonunda çözelti soğumaya bırakılmıştır.
- Sonra içerisine sırasıyla; Chromover 2 reagent powder pillow, Asit reagent, Chromover 3 reagent powder pillow ilave edilerek karıştırılmıştır.
- Spektrofotometre 100 no'lu program ve 540 nm dalga boyuna ayarlanmıştır.
- Şift-timer tuşuna basılmış ve 5 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Küvetlerden birine hazırlanan çözelti konulmuş, diğer küvete de şahit olarak 25 ml numuneden konulmuştur.

➤ Reaksiyon süresi bittiğinde spektrofotometreye önce şahit konularak sıfır ayarı yapılmıştır. Daha sonra numunenin bulunduğu küvet konularak ölçüm yapılmıştır.

➤ Bulunan değer mg/L olarak kaydedilmiştir.

Numune renkliyse:

➤ Küçük bir behere 50 ml numune konulmuştur.

➤ İçine 2 adet Chromever 1 reagent powder pillow ilave edilerek karıştırılmıştır.

➤ Çözelti sıcak su banyosunda bekletilir ya da 5 dakika kaynatılır. Kaynama sırasında buharlaşan suyun yerine damıtık su ilave edilmiştir.

➤ Sürenin sonunda çözelti soğumaya bırakılmıştır.

➤ Sonra soğumuş olan çözeltinin içine sırayla 2 adet Chromover 2 reagent ve 2 adet asit reagent ilave edilmiştir.

➤ Hazırlanan bu çözülden küvete 25 ml ayrılmıştır (şahit).

➤ Geriye kalan çözeltide spektrofotometre küvetine boşaltılmış ve içine 1 adet chromover 3 reagent powder pillow ilave edilmiştir.

➤ Spektrofotometre 100 no'lu program ve 540 nm dalga boyuna ayarlanmıştır.

➤ Shift-timer tuşuna basılarak 5 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.

➤ Reaksiyon süresi bittiğinde spektrofotometreye önce şahit konularak sıfır ayarı yapılmıştır. Daha sonra da numunenin bulunduğu küvet konularak ölçüm yapılmıştır.

➤ Bulunan değer mg/L olarak kaydedilmiştir.

III.5.3.15. Alüminyum Tayini

➤ 50 ml'lik kapaklı mezüre 50 ml numune konulmuştur.

➤ Numunenin üzerine önce bir adet Ascorbic Acid Powder Pillow eklenmiş ve çalkalanmıştır.

➤ Sonra AluVer 3 Aluminum Powder Pillow eklenmiş ve 1 dakika boyunca iyice çalkalanmıştır.

➤ Mezürden 25 ml alınarak spektrofotometre küvetine konulmuştur. Bu küvet numune olarak kullanılmıştır.

➤ Kapaklı mezürde kalan numuneye Bleaching 3 Reagent Powder Pillow eklenmiş, 30 saniye boyunca çalkalandıktan sonra spektrofotometre küvetine konulmuştur. Bu küvet şahit olarak kullanılmıştır.

- Spektrofotometrede 10 numaralı program seçilmiş ve dalga boyu 522 nm'ye ayarlanmıştır.
- Shift-Timer tuşlarına basılmış 15 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Reaksiyon süresi bittiğinde spektrofotometreye önce şahit konularak sıfırlanmıştır. Daha sonra numune konularak ölçüm yapılmıştır.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.



Şekil III.28 Alüminyum Tayini Görüntüsü

III.5.3.16. Fosfor Tayini (Acid Persulfate Digestion Method ve PhosVer 3 Method)

Numunenin renkli ya da renksiz olmasına göre analizde 2 farklı yöntem uygulanmıştır.

Numune renksiz ise;

- Küçük bir behere 25 ml numune konulmuştur.
- Numunenin üzerine önce bir adet Potasyum Per Sülfat eklenmiş ve cam bagetle çözününceye kadar karıştırılmıştır.
- Daha sonra 2 ml 5,25 H₂SO₄ eklenerek karıştırılmıştır.
- Hazırlanan çözelti 30 dakika düşük derecede ısıtılmıştır. Çözeltinin kaynamadan buharlaştırılması sağlanmıştır. Çözeltinin 25 mL'nin altına

inmemesine dikkat edilmiş, buharlaşan suyun yerine damıtık su eklenmiştir.

- Yarım saat ısıtılan çözelti soğutulmuştur.
- Üzerine 2 ml 5N NaOH ilave edilmiştir.
- Hazırlanan çözelti spektrofotometre küvetine boşaltılmıştır.
- Üzerine Fosfor 3 Reagent Powder Pillow eklenip çalkalanmıştır. Bu küvet numune olarak kullanılmıştır.
- Diğer küvete şahit olarak 25 ml numune konulmuştur.
- Spektrofotometrede 491 numaralı program seçilmiş ve dalga boyu 890 nm'ye ayarlanmıştır.
- Shift-Timer tuşlarına basılarak 2 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Reaksiyon süresi bittiğinde spektrofotometreye önce şahit konularak sıfırlanmıştır. Daha sonra numune konularak ölçüm yapılmıştır.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.

Numune renkli ise;

- Küçük bir behere 50 ml numune konulmuştur.
- İçine 2 adet potasyum persülfat ilave edilerek çözününceye kadar karıştırılmıştır.
- Üzerine 4 ml 5,25 N H₂SO₄ ilave edilmiştir.
- Hazırlanan çözelti 30 dakika düşük ısıda kaynatılmıştır. Kaynama süresince su seviyesinin 50 ml altına düşmemesine dikkat edilmiştir. Buharlaşan suyun yerine damıtık su eklenmiştir.
- Çözelti soğuduktan sonra 4 ml 5 N NaOH ilave edilmiştir.
- Bu çözülden 10 ml alınarak damıtık su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.
- Seyreltilmiş olan bu çözelti 2 küvete konulmuş bu küvetlerden biri şahit olarak kullanılmıştır.
- Diğer küvete fosfover 3 reagent powder pillow ilave edilerek çalkalanmıştır.
- Spektrofotometre 491 numaralı programa ve 890 nm dalga boyuna ayarlanmıştır.
- Shift-timer tuşları ile 2 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Reaksiyon süresi bittiğinde spektrofotometreye önce şahit konulmuş ve sıfırlanmıştır. Daha sonra numune konularak ölçüm yapılmıştır.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.



Şekil III.29 Fosfor Tayini Görüntüsü

III.5.3.17. Fosfat Tayini (Acid Persulfate Digestion Method ve PhosVer 3 Method)

- Fosfat tayini için, fosfor tayini için hazırlanan küvetlerin aynısı kullanılmıştır.
- Spektrofotometrede 490 numaralı program seçilmiş ve dalga boyu 890 nm'ye ayarlanmıştır.
- Spektrofotometreye önce şahit konularak sıfır ayarı yapılmıştır. Daha sonra numune cihaza konularak ölçüm yapılmıştır.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.

III.5.3.18. Nikel Tayini (Hetoksim Method)

- 500 ml'lik ayırma hunisine 300 ml su numunesi konulmuştur.
- İçine 1 adet Nikel 1 Raegent Powder Pillow ilave edilerek çözününceye kadar çalkalanmıştır.
- Spektrofotometre, 335 numaralı program ve 430 nm'lik dalga boyuna ayarlanmıştır.
- Şift-Timer tuşlarına basılarak 5 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.

- Reaksiyon süresi dolunca 1 adet Nikel 2 Raegent Powder Pillow ilave edilerek çözününceye kadar çalkalanmıştır.
- Şift-timer tuşlarına basılarak ikinci 5 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Süre dolunca ayırma hunisine 10 ml Kloroform ilave edilmiş, huninin kapağı kapatılarak 30 sn boyunca hızlıca çalkalanmıştır.
- Şift-Timer tuşlarına basılarak üçüncü 5 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Süre sona erince ayırma hunisinin ucu önceden hazırlanmış olan pamuk tıkaç ile tıkanmıştır.
- Ayırma hunisinin musluğu açılarak spektrofotometre küvetinin içine dibe çöken kloroform tabakası süzülmüştür.
- Süzme işleminden sonra küvet, kloroformun uçmaması için tıpa ile kapatılmıştır.
- Ayırma hunisine kloroform ilave edildikten sonra yapılan işlemler 2 defa daha aynı şekilde tekrarlanmıştır.
- En son süzme işleminden sonra küvette 25 ml süzölmüş kloroform bulunmaktadır.
- Şahit olarak başka bir küvete saf Kloroform konulmuş ve spektrofotometrede şahit ile sıfır ayarı yapılmıştır. Daha sonra diğer süzöntünün olduğu küvet cihaza konularak ölçüm yapılmıştır.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.

III.5.3.19. Çinko Tayini

- Kapaklı silindir mezüre 50 ml su numunesi konulmuştur.
- İçine 1 adet Zn Ver 5 Reagent Powder Pillow ilave edilerek çözününceye kadar çalkalanmıştır.
- Bu çözeltilerden spektrofotometre küvetine 25 ml ayrılmış, ayrılan bu çözelti daha sonra şahit olarak kullanılmıştır.
- Geriye kalan çözeltilere 1 ml Siklohekzan ilave edilerek 30 sn çalkalanmıştır.
- Spektrofotometre, 780 numaralı program ve 620 nm'lik dalga boyuna ayarlanmıştır.
- Şift- Timer tuşlarına basılarak 3 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Süre sonunda mezürdeki çözelti küvete aktarılmıştır.

- Önceden ayrılmış olan şahit ile spektrofotometre de sıfır ayarı yapılmıştır. Daha sonra diğer küvet cihaza konularak çinko miktarı ölçülmüştür.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.



Şekil III.30 Çinko Tayini Görüntüsü

III.5.3.20. Kurşun Tayini (Dithizone Method)

- Mezür ile 250 ml numune ölçülmüştür.
- Ölçülen numune 500 ml'lik ayırma hunisine aktarılmıştır.
- Ayırma hunisine bir adet Buffer Powder Pillow Citrate Type Heavy Metals eklenmiş ve çalkalanmıştır.
- Bu işlemden sonra Dithizone çözeltisi hazırlanmıştır. (50 ml'lik kapaklı mezüre 50 ml kloroform ve 1 adet DithiVer Metals Reagent Powder Pillow konulmuş ve çalkalanmıştır.)
- Ayırma hunisine 30 ml Dithizone çözeltisi konulmuş ve iyice çalkalanmıştır. Çalkalama yaparken ayırma hunisinin kapağı açılarak havalandırma yapılmıştır.
- Bu işlem sonunda ayırma hunisinde koyu mavi-yeşil renk oluşmuştur. Çözeltinin rengi turuncu renk oluşuncaya kadar damla damla 5N NaOH

çözeltisinden eklenmiştir. Renk turuncu olunca 5 damla 5N NaOH çözeltisi konulmuştur.

- Ayırma hunisine 1 gr Potasyum Siyanid konulmuş ve 15 saniye çalkalanmıştır. (Renk kırmızı olursa kurşun var demektir.)
- Ayırma hunisine pamuk tıkaç yapılmış ve süzüntü spektrofotometre küvetine doldurulmuştur.
- Diğer küvete şahit olarak 25 ml kloroform konulmuştur.
- Spektrofotometrede 280 numaralı program seçilmiş ve dalga boyu 515 nm'ye ayarlanmıştır.
- Spektrofotometreye önce şahit konularak sıfırlanmıştır. Daha sonra numune konularak ölçüm yapılmıştır.
- Bulunan değer $\mu\text{g/L}$ cinsinden kaydedilmiştir.

III.5.3.21. Kadmiyum Tayini (Dithizone Method)

- Mezür ile 250 ml numune ölçülmüştür.
- Ölçülen numune 500 ml'lik ayırma hunisine aktarılmıştır.
- Ayırma hunisine bir adet Buffer Powder Pillow Citrate Type Heavy Metals eklenmiş ve çalkalanmıştır.
- Ayırma hunisine 20 ml %50'lik NaOH çözeltisinden konulmuş ve çalkalanmıştır.
- Ayırma hunisine 0,1 gr Potasyum Siyanid eklenmiş ve 15 saniye iyice çalkalanmıştır.
- Bu işlemden sonra Dithizone çözeltisi hazırlanmıştır.(50 ml'lik kapaklı mezüre 30 ml kloroform ve 1 adet DithiVer Metals Reagent Powder Pillow konulmuş ve çalkalanmıştır.)
- Ayırma hunisine 30 ml Dithizone çözeltisi eklenmiş ve havalandırma yapılarak çalkalanmıştır. Çözelti 1 dakika dinlendirilmiştir. Dipteki kloroform tabakasının rengi pembe ise kadmiyumun varlığı anlaşılır.
- Ayırma hunisine pamuk tıkaç yapılmış ve süzüntü spektrofotometre küvetine doldurulmuştur.
- Diğer küvete şahit olarak 25 ml kloroform konulmuştur.
- Spektrofotometrede 60 numaralı program seçilmiş ve dalga boyu 515 nm'ye ayarlanmıştır.

- Spektrofotometreye önce şahit konularak sıfırlanmış ve daha sonra numune konularak ölçüm yapılmıştır.
- Bulunan değer $\mu\text{g/L}$ cinsinden kaydedilmiştir.



Şekil III.31 Kadmiyum Tayininin Ayırma Hunisindeki Görüntüsü

III.5.3.22. Deterjan Tayini (Crystal Violet Method)

- 500 ml'lik mezüre 300 ml numune konulmuştur.
- Alınan numune 500 ml'lik ayırma hunisine aktarılmıştır.
- Ayırma hunisine 10 ml Sulfate Buffer çözeltisi eklenmiş ve çözünene kadar iyice çalkalanmıştır.
- Ayırma hunisine bir adet Detergent Reagent Powder Pillow eklenmiş ve çözünene kadar çalkalanmıştır.
- Ayırma hunisine 30 ml benzen eklenmiş ve havalandırma yapılarak çözünene kadar iyice çalkalanmıştır. (Bu işlem havalandırmada yapılmalıdır.)
- Ayırma hunisindeki çözelti, fazın ayrılması için kısa bir süre bekletilmiştir.

- Spektrofotometrede 710 numaralı program seçilmiş ve dalga boyu 605 nm'ye ayarlanmıştır.
- Shift-Timer tuşlarına basılarak 30 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Süre dolunca ayırma hunisinin yüzeyinde toplanmış olan benzen fazına kadar alttaki sıvı boşaltılmıştır.
- Ayırma hunisinin altında toplanmış olan benzen fazı spektrofotometre küvetine boşaltılmıştır.
- Diğer küvete şahit olarak 25 ml benzen konulmuştur.
- Spektrofotometreye önce şahit konularak sıfırlanmıştır. Daha sonra numune konularak ölçüm yapılmıştır.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.

III.5.3.23. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (Reactor Digestion Metot)

- COD Digestion Reagent Vials içeren tüpe 2 ml numune konulmuş ve tüp yavaşca karıştırılmıştır.
- COD Digestion Reagent Vials içeren başka bir tüpe ise şahit olarak 2 ml damıtık su konulmuştur.
- Hazırlanan tüpler 148 °C'ye ayarlanmış termoreaktöre yerleştirilmiş ve 2 saatlik reaksiyon süresi başlatılmıştır.
- Reaksiyon süresi dolunca, tüpler termoreaktörden çıkarılmış ve soğuması için beklenmiştir.
- Spektrofotometrede 430 numaralı program seçilmiş ve dalga boyu 420 nm'ye ayarlanmıştır.
- Spektrofotometre önce şahit konularak sıfırlanmış daha sonra numune konularak ölçüm yapılmıştır.
- Bulunan değer mg/L cinsinden kaydedilmiştir.

III.5.3.24. Biyolojik Oksijen İhtiyacı Tayini (Respirometric, Monometric, Metot)

- Ölçülen KOİ değerlerinin % 80 'i alınarak BOİ ölçümü için gerekli ölçüm aralığı hesaplanmış ve buradan analiz için alınacak numune hacmi bulunmuştur.
- Numuneler BOİ cihazının şişelerine konulmuştur.
- Manyetik balık, şişenin içine atılmıştır.

- Plastik tıpanın içine iki tane NaOH tableti konulmuş ve şişenin kapağı kapatılmıştır.
- Kapaktaki dijital gösterge sıfırlanmış ve hazırlanan numuneler BOİ cihazının içine yerleştirilmiştir.
- 5 gün boyunca 20 °C’de BOİ cihazı çalıştırılmıştır.
- 5. günün sonunda değerler okunmuş ve ölçüm aralığına özgü faktörle çarpılıp sonuçlar mg/L cinsinden kaydedilmiştir.

Tablo III.10 BOİ Cihazında Ölçüm Yapılacak Numune Miktarı ve Çarpım Faktörleri Tablosu

Numune Örnek Hacmi (mL)	Ölçüm Aralığı	Faktör
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43,5	0-2000	50
22,7	0-4000	100

BÖLÜM IV

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

IV.1. KİMYASAL ANALİZLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sıcaklık

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde sıcaklık limitleri I. sınıf için 25°C; II. sınıf su için 25°C; III. sınıf su için 30°C; IV. sınıf su için >30 °C'dir.

Sıcaklık parametreleri noktasal olarak ayrı ayrı incelendiğinde 1. numune alım noktasında sıcaklık değeri 4,3°C-27,3°C arasında değişmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 16,25 °C olarak bulunmuştur. Bu sıcaklık değerlerine göre 1. numune alım noktası I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir.

2. numune alım noktasında sıcaklık değeri 4,3°C-26,8°C arasında değişmektedir. Bu noktanın yıllık sıcaklık ortalaması 16,2°C'dir. Bu sıcaklık değerine göre 2. numune alım noktası I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir.

3. numune alım noktasında sıcaklık değeri 3,9°C-26,6°C arasında değişmektedir. Bu noktanın yıllık sıcaklık ortalaması 16,34°C'dir. Bu sıcaklık değerine göre 3. numune alım noktası I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir.

4. numune alım noktasında sıcaklık değeri 4,5°C-25,8°C arasında değişmektedir. Bu noktanın yıllık sıcaklık ortalaması 16,17°C'dir. Bu sıcaklık değerine göre 4. numune alım noktası I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir.

5. numune alım noktasında sıcaklık değeri 4,8°C-26,4°C arasında değişmektedir. Bu noktanın yıllık sıcaklık ortalaması 16,75°C'dir. Bu sıcaklık değerine göre 5. numune alım noktası I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir.

6. numune alım noktasında sıcaklık değeri 3,8°C-25,6°C arasında değişmektedir. Bu noktanın yıllık sıcaklık ortalaması 16,1°C'dir. Bu sıcaklık değerine göre 6. numune alım noktası I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir.

7. numune alım noktasında sıcaklık değeri 7°C - 26,5°C arasında değişmektedir. Bu noktanın yıllık sıcaklık ortalaması 16,2°C'dir. Bu sıcaklık değerine göre 2. numune alım noktası I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir.

Sıcaklık ölçüm sonuçları incelendiğinde en yüksek sıcaklık değeri 1. numune alım noktasında Temmuz ayında 27,3 °C olarak ölçülmüştür. En düşük sıcaklık değeri ise 6. numune alım noktasında ocak ayında 3,8 °C olarak tespit edilmiştir. Çalışma süresince elde edilen sıcaklık ortalaması 16,43 °C'dir. Sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu ay Temmuz ayı, en düşük olduğu ay ise Ocak ayıdır. Tespit edilen ortalama sıcaklık değerine göre Sazlıdere Baraj Gölü I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir (EK I-B Şekil 1).

pH

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde pH limitleri I. sınıf için 6,5-8,5; II. sınıf su için 6,5-8,5; III. sınıf su için 6,0-9,0; IV. sınıf su için 9,0 dışındadır.

pH parametresi her bir noktada ayrı ayrı incelendiğinde; 1. numune alım noktasında pH değerleri 7,67-9,01 arasında değişmektedir. Yıllık pH değeri ortalaması 8,24'tür.

2. numune alım noktası pH değeri 6,96-8,82 arasında değişmektedir. Bu noktanın yıllık pH ortalaması 8,09'dur.

3. numune alım noktası pH değeri 7,29-8,73 arasında değişmektedir. Bu noktanın yıllık pH ortalaması 8,24'dur.

4. numune alım noktası pH değeri 7,07-8,62 arasında değişmektedir. Bu noktanın yıllık pH ortalaması 8,12'dir.

5. numune alım noktası pH değeri 7,58-8,78 arasında değişmektedir. Bu noktanın yıllık pH ortalaması 8,19'dur.

6. numune alım noktası pH değeri 7,87-8,67 arasında değişmektedir. Bu noktanın yıllık pH ortalaması 8,22'dir.

7. numune alım noktası pH değeri 7,76-8,48 arasında değişmektedir. Bu noktanın yıllık pH ortalaması 8,16'dır.

pH ölçüm sonuçlarına göre en yüksek pH değeri, 1. numune alım noktasında Mart ayında 9,01 olarak ölçülmüş, en düşük pH değeri ise 2. numune alım noktasında Haziran ayında 6,96 olarak tespit edilmiştir (EK I-B Şekil 2). Çalışma süresince elde edilen pH değeri ortalaması 8,18'dir. Bu ortalama değere göre Sazlıdere Baraj Gölü I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir. Ancak 1. numune alım noktası Mart ayında IV. sınıf su kalite özelliği göstermiş olmasıyla dikkat çekmektedir. Numune alımı sırasında bu noktada alglerin su yüzeyinde aşırı derecede birikmiş olduğu gözlenmiştir. Alglerin fotosentez faaliyetleri sırasında kullandıkları

CO₂'e bağlı olarak suyun pH'ı artar. Bu noktada alglerin aşırı çoğalmasına ve biyolojik faaliyetlerine bağlı olarak ortaya çıkan bir pH yükselmesi tespit edilmiştir. Mevsimsel olarak pH değerlerini incelediğimizde ilkbahar döneminde pH değerlerinde bir artış olduğu gözlenmektedir. Tüm noktalarda pH değerinin uyumlu olduğu ve hafif derecede alkali özellik gösterdiği görülmüştür. İstasyonlar arasında pH değerleri bakımından belirgin bir fark gözlenmemiştir. Herhangi bir şekilde kirletilmemiş olan göl sularında pH'ın 6- 9 arasında değiştii bildirilmektedir [58].

İletkenlik

Analiz sonuçlarına göre en yüksek İletkenlik değeri 7. Numune alım noktasında Şubat ayında ölçülmüş olup 0,63 mS/cm olarak tespit edilmiştir. En düşük İletkenlik değeri Mayıs ayında 1. Numune alım noktasında 0,34 mS/cm olarak tespit edilmiştir. Aylara göre İletkenlik ortalamalarında en yüksek İletkenlik ortalaması Şubat ayına, en düşük İletkenlik ortalaması ise Mayıs ayına aittir. Çalışma süresince İletkenlik ortalama 0,42 mS/cm olarak bulunmuştur. İlkbahar ve yaz aylarında iletkenlik değerlerinin düşük, sonbahar ve kış aylarında ise nispeten daha yüksek olduğu gözlenmiştir (EK I-B Şekil 3). Yağışlara bağlı olarak iletkenlik değerlerinin arttığı ve derelere yakın bölgelerde iletkenlik değerlerinin diğer noktalara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Elektriksel iletkenlik değerlerinin fazla yüksek olmaması baraj gölü suyunun tuz içeriği bakımından normal olduğunun göstergesidir.

TDS

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde TDS limitleri I. sınıf için 0,5 mg/L; II. sınıf su için 1,5 mg/L; III. sınıf su için 5 mg/L; IV. sınıf su için > 5 mg/L'dir

Analiz sonuçlarına göre en yüksek TDS değeri 7. numune alım noktasında, Şubat ayında ölçülmüş ve 0,31 mg/L olarak bulunmuştur. En düşük iletkenlik değeri ise Kasım, Mayıs ve Ağustos aylarında 1. Numune alım noktasında 0,17 mg/L olarak tespit edilmiştir. Aylara göre en yüksek TDS ortalaması Şubat ayına, en düşük TDS ortalaması ise Mayıs ayına aittir (EK I-B Şekil 4). Çalışma süresince TDS ortalaması 0,20 mg/L olarak bulunmuştur. Sazlıdere Baraj Gölü TDS parametresine açısından I. Sınıf su kalitesindedir. TDS miktarının yağışın fazla olduğu Şubat ve Kasım aylarında, yağışın daha az olduğu aylara göre, daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca dere ağzına yakın olan numune alım noktalarında TDS miktarının diğer

noktalara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Buna göre derelerin, gölün çözülmüş madde miktarının artmasına katkıda bulunduğu söylenebilir.

Renk

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde Renk limitleri I. sınıf için 5 Pt-Co; II. sınıf su için 50 Pt-Co; III. sınıf su için 300 Pt-Co; IV. sınıf su için > 300 Pt-Co'dur.

Analiz sonuçlarına göre en yüksek Renk değeri 1. numune alım noktasında Şubat ayında 189 Pt-Co olarak tespit edilmiştir. Ayrıca diğer en yüksek değer 7. Numune alım noktasında Şubat ayında 177 Pt-Co olarak bulunmuştur. En düşük renk değeri ise Ağustos ayında 2., 3. ve 4. numune alım noktalarında 3 Pt-Co olarak tespit edilmiştir. Çalışma süresince tespit edilen renk ortalaması 45 Pt-Co'dur. Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü renk parametresi açısından II. Sınıf su kalitesindedir. Sonuçlarda dikkat çeken nokta renk miktarının yağışın olduğu aylarda artış göstermesidir. Kasım ve özellikle Şubat ayında, yağışlara bağlı olarak renk miktarında diğer aylara göre fark edilir bir artış gözlenmiştir (EK I-B Şekil 5). Ayrıca 1. , 6. ve 7. noktalarda ki renk miktarının ölçüm yapılan her ayda diğer noktalara göre daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Bunun durum noktaların, derelere ve yerleşim yerlerine yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle yağışların fazla olduğu dönemlerde derelerden ve yerleşim yerlerinden gelen atıklar bu noktalarda fark edilir bir renk artışına sebep olmaktadır. Renk, doğal metalik iyonlar (demir ve mangan vb.) humus, turba materyalleri, algler, yabancı otlar ve sanayi atıklarından meydana gelebilir. Sudaki renk mutlaka tehlikeli ve arzu edilmeyen bir husus değildir. Ancak rengi oluşturan yabancı maddeler üzerinde bazı zararlı mikroorganizmaların yaşamalarının mümkün olabileceği düşünülerek renklilik şüphe ile karşılanmaktadır [26].

Bulanıklık

Analiz sonuçlarına göre en yüksek bulanıklık değeri Ağustos ayında 6. Numune alım noktasında 142 NTU olarak ölçülmüştür. En düşük bulanıklık değeri Kasım ayında 3. , 4. ve 5. noktalarda 5 NTU olarak tespit edilmiştir. Çalışma süresince belirlenen bulanıklık ortalaması 32,5 NTU'dur. Bulanıklık değerlerinin ilkbahar ve yaz aylarında arttığı, sonbahar ve kış aylarında ise azaldığı belirlenmiştir (EK I-B Şekil 6). Bulanıklık ortalamasının en yüksek Ağustos ayında, en düşük ise Kasım ayında olduğu görülmektedir. Yağışın az, sıcaklığın ise yüksek olduğu aylarda bulanıklık miktarının artması dikkat çekmektedir. Bulanıklık kil, süt, ince

parçalanmış organik maddeler, yosunlar, diatometreler, demir bakterileri ve diğer mikroorganizmaların oluşturduğu haldir [26]. Bulanıklığa etki eden maddeler aynı zamanda sudaki alg gelişiminde katkıda bulanabilmektedir. Bu nedenle burada ilkbahar ve yaz mevsiminde bulanıklığa neden olan maddeler sudaki alg gelişimini desteklemiş, bu durumda artan organik madde miktarı ile sudaki mikroorganizma faaliyeti artış göstermiştir. Sonuçta sayılan tüm bu nedenler sudaki bulanıklık artışına neden olmuştur. Bulanıklığın canlılar üzerinde en önemli etkisi askıda katı maddelerden dolayı sucul biotanın ışığına engel olması ve dolayısıyla bitkilerin fotosentez olayını kısıtlamasıdır [58].

Toplam Sertlik

Analiz sonuçlarına göre en yüksek Sertlik değeri Şubat ayında 7. Numune alım noktasında 32 °Fr olarak ölçülmüştür. En düşük değer ise Ağustos ve Mayıs aylarında 1. numune alım noktasında 12,6 °Fr olarak tespit edilmiştir. Çalışma süresince ortalama Toplam Sertlik değeri 18,2 °Fr olarak bulunmuştur. Sertlik değerleri her noktada birbirine yakın değerlerde bulunmaktadır. Ancak 5. , 6. ve 7. noktalara doğru gidildikçe aynı ay içerisinde küçük sapmalar dışında sertlik değerinde bir artış gözlenmektedir (EK I-B Şekil 7). 7. numune alım noktasının dere ağzına yakın bir bölge olduğu göz önünde bulundurulduğunda derelerin, gölün sertlik değerlerinde artışa sebep olduğunu söyleyebiliriz. Amerikan Çevre Koruma Ajansına göre sertlik içeriğine göre suların sınıflandırılması şu şekildedir; 0-75 mg/L CaCO₃ içeren sular yumuşak, 75 – 150 mg/L CaCO₃ içeren sular orta sert, 150-300 mg/L CaCO₃ içeren sular sert, >300 mg/L CaCO₃ içeren sular çok serttir. 1 °Fr = 10 mg CaCO₃/L'dir [58]. Buna göre Sazlıdere Baraj Gölü sert sular sınıfında değerlendirilmektedir.

Bikarbonat

Bikarbonat analizi sonuçlarına bakıldığında en yüksek Bikarbonat değeri 7. Numune alım noktasında, Şubat ayında 378 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük Bikarbonat değeri ise 2. Numune alım noktasında, Ağustos ayında 22 mg/L olarak bulunmuştur. Çalışma süresince elde edilen Bikarbonat ortalaması 186 mg/L'dir. Numune alım noktalarının Bikarbonat değerlerinin ortalaması; 1. noktada 136 mg/L, 2. noktada 134 mg/L, 3. noktada 174 mg/L, 4. noktada 176 mg/L, 5. noktada 207 mg/L, 6. noktada 228 mg/L, 7. noktada 247 mg/L olarak bulunmuştur. Numune alımı yapılan dönemlere göre Bikarbonat değerinin ortalamalarına bakıldığında en düşük Bikarbonat ortalamasının Ağustos ve Mayıs ayında, en yüksek Bikarbonat

ortalamasının ise Şubat ayında elde edildiğini görmekteyiz. Ayrıca numune alım noktalarından dere ağzına yaklaşıldıkça Bikarbonat değerlerinde bir artış olduğu görülmektedir (EK I-B Şekil 8). Muhtemelen dereler, gölün bikarbonat miktarındaki artışında etkili olmaktadır.

Kalsiyum

Kalsiyum analizi sonuçlarına bakıldığında en yüksek Kalsiyum değeri 6. Numune alım noktasında, Şubat ayında 86,8 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük Kalsiyum değeri ise 7. Numune alım noktasında, Mayıs ayında 33,2 mg/L olarak tespit edilmiştir. Çalışma süresince elde edilen Kalsiyum ortalaması 56,9 mg/L'dir. Numune alım noktalarının kalsiyum değerlerinin ortalaması; 1. Noktada 43,9 mg/L, 2. noktada 55,3 mg/L, 3. noktada 58,8 mg/L, 4. noktada 58,7 mg/L, 5. noktada 60,6 mg/L, 6. noktada 59,3 mg/L ve 7. noktada 62,3 mg/L olarak belirlenmiştir. Bazı araştırmacılara göre kalsiyum miktarı 10 mg/L den az ise yumuşak su, 20- 25 mg/L ise orta sert su, 25 mg/L' den fazla ise sert su olarak tanımlanır [58]. Sonuçlara baktığımızda bu tanıma göre Sazlıdere Baraj Gölü sert sulu bir göl olarak tanımlanır. Numunelerin alındığı ayların ortalamasına baktığımızda en düşük Kalsiyum ortalaması Mayıs ayında, en yüksek Kalsiyum ortalamasının da Şubat ayında olduğunu görmekteyiz (EK I-B Şekil 9). Bu sonuçlara göre Kalsiyum değerlerinin Bikarbonat değerleri ile paralellik gösterdiğini söyleyebiliriz. Kireç taşları ile temasta bulunan bütün sular çözünmüş halde kalsiyum bikarbonat içerirler. Doğadaki başlıca kalsiyum kaynakları karbonatlar (CaCO_3 yani kireç taşı veya mermer) aragonit, dolomit (CaCO_3 , MgCO_3) Jips (CaSO_4 yani alçıtaşı) anhidrit, apatit mineralleridir [26]. Sazlıdere vadisinin kuzeydoğu kesimi Orta-Üst Eosen yaşlı Kırklareli kireçtaşlarından, Sazlıbosna Köyü'nden itibaren kuzeybatıya doğru ve Sazlıdere vadisinin güneybatısında ise Üst Eosen-Alt Oligosen yaşlı İhsaniye Formasyonunun kireçtaşı ve tüflerinden oluşmaktadır [12]. Genellikle sudaki kalsiyum iyonu kaynağını karbonatlı ve sülfatlı kalsiyum mineralleri teşkil eder. Sazlıdere havzasının jeolojik yapısı, Sazlıdere Baraj Gölü'nün kalsiyum miktarında etkili olmaktadır.

Organik Madde

Organik madde analizi sonuçlarına bakıldığında en yüksek organik madde değeri 1. Numune alım noktasında Kasım ayında 6,3 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük organik madde değeri ise Mayıs ayında 6. Numune alım noktasında 2,8 mg/L olarak belirlenmiştir. Çalışma süresince elde edilen organik madde miktarı ortalaması 4,15 mg/L'dir. Numune alım noktalarının organik madde değerlerinin

ortalaması; 1. noktada 4,95 mg/L, 2. noktada 3,55 mg/L, 3. noktada 3,65 mg/L, 4. noktada 3,7 mg/L, 5. noktada 4,05 mg/L, 6. noktada 4,8 mg/L, 7. noktada 4,65 mg/L olarak bulunmuştur. 1. , 5. , 6. ve 7. Numune alım noktalarında Organik Madde değerleri diğer noktalardan daha yüksek çıkmıştır (EK I-B Şekil 10). Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerinde Organik Madde miktarına ilişkin bir limit konmamış, KOİ ve BOİ parametreleri yeterli görülmüştür. Avrupa Birliği'nin içme sularında belirlediği standartlara göre içme sularındaki organik madde miktarı 5 mg/L'yi aşmamalıdır [23].

Sularda bulunan Organik Maddeler ölmüş bitki ve hayvan kalıntıları, evsel ve hayvansal atıklardan kaynaklanmaktadır. 1. noktada bulunan Şamlar yerleşim bölgesinde göle yakın mesafelere hayvansal ve evsel atıklar bırakılmaktadır. 7. Numune alım noktası derelerin birleşim noktasına yakın mesafede bulunmaktadır. Derelerle gelen hayvansal ve evsel atıklar bu noktadan itibaren suyun akış yönüne doğru 5., 6., 7., noktalarda organik madde miktarında artışa neden olmaktadır. Ayrıca 6. numune alım noktasında bulunan ve göle karışan küçük bir deresinde organik madde miktarındaki artışa neden olduğu düşünülmektedir. Sazlıdere Baraj Gölünde ciddi bir organik kirlilik görülmemektedir. Ancak dereler ve yerleşim yerlerine yakın olan noktalardaki organik madde artışı, mikrobiyal bir kirlenmeye neden olması açısından önemlidir.

BOİ

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde BOİ limitleri I. sınıf için 4 mg/L; II. sınıf su için 8 mg/L; III. sınıf su için 20 mg/L; IV. sınıf su için > 20 mg/L'dir.

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) analizi sonuçlarına bakıldığında en yüksek BOİ değeri 12 mg/L, en düşük BOİ değeri 0 mg/L olarak tespit edilmiştir. Çalışma süresince elde edilen BOİ değeri ortalaması 6,25 mg/L'dir. Numune alım noktalarının BOİ değerlerinin ortalaması; 1.noktada 8 mg/L, 2. noktada 4 mg/L, 3. noktada 5,5 mg/L, 4. noktada 5,5 mg/L, 5. noktada 8,5 mg/L, 6. noktada 6,5 mg/L, 7. noktada 6 mg/L olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü II. sınıf su kalite özelliği göstermektedir. Sonuçlar incelendiğinde BOİ değerinin Kasım ayında düşük olduğu ve en yüksek değerlere Mayıs ayında ulaşıldığı görülmektedir (EK I-B Şekil 11).

Kullanılmış suların alıcı ortamlarını oluşturan göl, nehir ve denizlere verilmesi sonucunda BOİ yükü artar. Buna karşın çözülmüş oksijen azalır. Bir bölgenin BOİ

birimleri, o bölgenin organik madde miktarını, başka bir deyişle kirletici miktarını verir [24]. Numune alım noktalarının BOİ ortalamalarına bakıldığında 1., 5., 6. ve 7. Numune alım noktalarında BOİ ortalamalarının diğer noktalara kıyasla daha yüksek olduğu görülecektir. Bu sonuçlar organik madde miktarı ile paralellik göstermektedir. Buradan organik madde miktarının fazla olduğu noktalarda biyolojik oksijen ihtiyacında artmış olduğu tespit edilmiştir.

KOI

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde KOİ limitleri I. sınıf için 25 mg/L; II. sınıf su için 50 mg/L; III. sınıf su için 70 mg/L; IV. sınıf su için > 70 mg/L'dir.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) analizi sonuçlarına bakıldığında en yüksek KOİ değeri, 1. Numune alım noktasında Kasım ayında 41 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük KOİ değeri ise 3. numune alım noktasında Ağustos ayında 0 mg/L olarak belirlenmiştir. Çalışma süresince elde edilen KOİ ortalaması 13,4 mg/L'dir. Numune alım noktalarının KOİ değerlerinin ortalaması; 1.noktada 15 mg/L, 2. noktada 10,5 mg/L, 3. noktada 5,75 mg/L, 4. noktada 10,75 mg/L, 5. noktada 11,25 mg/L, 6. noktada 19,25 mg/L, 7. noktada 21,25 mg/L olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü KOİ parametresi bakımından I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir (EK I-B Şekil 12). Sadece 1. numune alım noktasında Kasım ayında KOİ miktarı 41 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bu dönemde 1. Numune alım noktası II. Sınıf su kalite özelliği göstermiştir. Bu durum göl kenarına bırakılan hayvansal ve evsel atık maddelerin yağmur suyu ile göle karışması sonucu oluşmuştur.

Amonyak

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde Amonyum Azotu limitleri I. sınıf için 0,2 mg/L; II. sınıf su için 1 mg/L; III. sınıf su için 2 mg/L; IV. sınıf su için > 2 mg/L'dir.

Sazlıdere baraj gölünde numune alım noktalarında Amonyak bulunamamıştır. Bu sonuca göre Sazlıdere Baraj Gölü I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir. Yapılan analizlerde Amonyak kirliliğine rastlanmamıştır. Bununla birlikte, yapılan analizler gölde organik madde varlığını ortaya koymuştur. Bu nedenle, göle karışan organik maddelerin hızlı bir şekilde amonyağa, amonyağın da nitrit ve nitrate dönüştüğü düşünülmektedir.

Nitrit

Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde Nitrit değeri Nitrit azotu şeklinde ifade edilmiş olup bu değerin 3,3 ile çarpımından Nitrit sonuçları bulunur. Buna göre Nitrit limitleri sınıf I sular için $0,002 \times 3,3 = 0,0066$ mg/L, sınıf II sular için $0,01 \times 3,3 = 0,033$ mg/L, sınıf III sular için $0,05 \times 3,3 = 0,165$ mg/L, sınıf IV sular için $>0,05 \times 3,3 = 0,165$ mg/L olarak kabul edilmiştir.

Nitrit analiz sonuçları incelendiğinde Nitrit değerinin 0 mg/L ile 0,278 mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca Ağustos ve Şubat aylarında hiçbir noktada Nitrit bulunmamıştır (EK I-B Şekil 13). Bu dönemlerde göl I. sınıf su kalite özelliği göstermiştir. Nitritin bulunduğu Kasım ve Mayıs döneminde ise Sazlıdere baraj gölü III. ve IV. Sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir. Nitrit değerini numune alım noktaları açısından değerlendirirsek en yüksek Nitrit değerine 1. ve 4. Numune alım noktalarında ulaşılmıştır. Bu durum numune alım noktalarının yakınına bırakılan hayvansal atıkların göle karışmasından kaynaklanmaktadır.

Su ortamlarında Nitritin bulunması, su kirliliği açısından çok önemlidir. Nitrit varlığı, çoğunlukla sulara organik madde karışığının bir göstergesi olmaktadır. Nitrit iyonları, diğer azot formlarına kıyasla, yüzey sularında çok daha az miktarda bulunurlar. Çünkü Nitrit, bir ara ürün olup, ya oksitlenerek Nitrate, ya da indirgenerek Amonyaga dönüşmektedir. Ancak, yeterli ölçüde nitrifikasyona uğramamış atık suların alıcı ortama verilmesi durumunda, çok yüksek miktarda nitrit konsantrasyonlarına rastlamak mümkündür [23].

Nitrat

Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde Nitrat değeri Nitrat Azotu şeklinde ifade edilmiş olup bu değerin 4,4 ile çarpımından Nitrat sonuçları bulunur. Buna göre Nitrat limitleri sınıf I sular için $5 \times 4,4 = 22$ mg/L, sınıf II sular için $10 \times 4,4 = 44$ mg/L, sınıf III sular için $20 \times 4,4 = 88$ mg/L, sınıf IV sular için $>20 \times 4,4 = 88$ mg/L olarak kabul edilmiştir.

Nitrat analizi sonuçlarına göre en yüksek Nitrat değeri 3. Numune alım noktasında Şubat ayında 11,88 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük nitrat değeri ise 6. Numune alım noktasında Ağustos ayında 0,088 mg/L olarak bulunmuştur. Çalışma süresince elde edilen nitrat ortalaması 5,5 mg/L'dir. Numune alım noktalarının nitrat değerlerinin ortalaması; 1.noktada 4,45 mg/L, 2. noktada 6,13 mg/L, 3. noktada 6,85 mg/L, 4. noktada 5,75 mg/L, 5. noktada 3,8 mg/L, 6. noktada 6 mg/L, 7. noktada 4,25 mg/L olarak bulunmuştur. Aylara göre nitrat ortalamalarına

bakıldığında en düşük Nitrat değerleri Ağustos ayında elde edilmiştir (EK I-B Şekil 14). Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü nitrat parametresi bakımından I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir. Ancak T.C. Başbakanlık ve Çevre Müsteşarlığınca hazırlanan "Su Kirlilik Kontrol Yönetmeliği" içinde yer alan "Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametreleri" açısından Sazlıdere baraj gölü nitrat yönüyle 2. sınıf kullanılabilir sulama suyu olarak sınıflandırılabilir.

Gübre kullanımı, bitkisel ve hayvansal maddelerin çürümesi, kullanma suyu atıkları, endüstriyel atık desarjları suda bulunan nitrit ve nitratın kaynağını teşkil eder. Azot bileşikleri su kirliliği açısından çeşitli etkiler yapar. Bunlar ötrofikasyon, oksijen bilançosunun etkilenmesi ve içme sularındaki toksikolojik sorunlardır. Sonuçları incelediğimizde ölçüm yapılan aylarda hiçbir zaman Amonyaga rastlanılmamıştır. Ayrıca Ağustos ve Şubat aylarında da hiçbir noktada Nitrit belirlenmemiştir. Nitritin bulunduğu Kasım ve Mayıs aylarında ise göl III. ve IV. sınıf özellik göstermiştir. Ancak ölçüm yapılan her ay Nitrat belirli miktarlarda tespit edilmiştir ve bu özellik bakımından da I. sınıf kalitede olduğu tespit edilmiştir. Nitrit miktarı dönemsel değişimlerine göre incelendiğinde sonbahar döneminde tarlalarda kullanılan azotlu gübrelerin, evsel atık suların dereye karışıp biyolojik ayrıştırma yolu ile nitrite dönüşmesinin neden olduğu söylenebilir. İlkbahar döneminde ise göle giren besleyici maddelerin alg gelişimini tetiklemesi sonucu oluşan aşırı alg gelişimi ve bunların ölümü ile organik madde girdisindeki artış ve organik maddenin parçalanma ürünü olarak oksijen varlığında Nitrit oluşmuştur. Nitrit miktarı açısından noktaları incelediğimizde 1. ve 4. noktalarda aşırı bir kirlenme görülmektedir. Bu aşırı Nitrit miktarındaki artışta noktaların bulunduğu yerler itibariyle hayvansal bir kirliliğe açık olmasının neden olduğunu söyleyebiliriz.

Aerobik ortamda Organik azot, Amonyum veya Nitritin bulunması taze kirlenmeyi göstermektedir. Eğer ortamda hem Nitrit, hem de Nitrat birlikte bulunuyorsa su ortamının kirlenmeye devam ettiği anlaşılmalıdır. Buna karşılık sadece Nitrat yüksekse kirlenme büyük ihtimalle eskiden kalmış demektir [57]. Bu açıklamalardan yola çıktığımızda Sazlıdere Baraj Gölü'nde hem Nitrit hemde Amonyagin birlikte bulunduğu bir dönem bulunmamaktadır. Buradan Sazlıdere Baraj Gölü'nde yeni bir kirlenmenin olmadığı sonucunu çıkarabiliriz. Eğer Amonyak olsaydı kirlenmenin yeni başladığını söyleyebilirdik. Nitrit ve Nitrat varlığı birlikte değerlendirildiğinde, Sazlıdere Baraj Gölü'nde Kasım ve Mayıs ayında hem Nitrit

hemde Nitrat bulunduğu görülmektedir. Bu dönemde Nitrat oranları ise çok düşükken Nitrit oranı çok fazladır. Bu durum gölde olan kirlenmenin devam ettiğinin göstergesidir ve organik azottan kaynaklanan aşırı bir kirlenme söz konusudur. Su içerisindeki mikroorganizmalar henüz azotlu organik maddelerin biyolojik ayrıştırmasının son ürünü olan Nitrata kadar bu organik azotu indirgeyememişlerdir. Bunun nedeni ise su içerisinde anaerobik bir ortamın oluşmasıdır. Ağustos ve Şubat ayında gölde sadece Nitrat bulunduğu görülmektedir. Buradan da bu kirlenmenin eskiden kalmış olan bir kirlenmeden kaynaklandığını söylenebiliriz. Çünkü nitrifikasyonda son ürün nitrattır.

Fosfor

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde Fosfor limitleri I. sınıf için 0,02 mg/L; II. sınıf su için 0,16 mg/L; III. sınıf su için 0,65 mg/L; IV. sınıf su için > 0,65 mg/L'dir.

Fosfor analizi sonuçlarına göre en yüksek Fosfor değeri 7. numune alım noktasında Ağustos ayında 0,9 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük Fosfor değeri ise 2. numune alım noktasında Ağustos ayında 0,037 mg/L olarak bulunmuştur. Çalışma süresince elde edilen Fosfor ortalaması 0,16 mg/L'dir. Numune alım noktalarının Fosfor değerlerinin ortalaması; 1.noktada 0,153 mg/L, 2. noktada 0,109 mg/L, 3. noktada 0,07 mg/L, 4. noktada 0,092mg/L, 5. noktada 0,099 mg/L, 6. noktada 0,245 mg/L, 7. noktada 0,37 mg/L olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü II. ve III. sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir.

T.C. Başbakanlık ve Çevre Müsteşarlığınca hazırlanan Su Kirlilik Kontrol Yönetmeliği içinde yer alan "Göller, Göletler, Bataklıklar Ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri" ne göre doğal koruma alanı olmayan bölgeler için toplam fosfor değeri 0,1 mg/L'dir.

Mevsimsel olarak Fosfor değişimini incelediğimizde yaz ve kış döneminde, Fosfor miktarında artış olduğu görülmektedir. 1., 6. ve 7. numune alım noktalarındaki Fosfor miktarının diğer noktalara kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir (EK I-B Şekil 15). 7. numune alım noktası, Sazlıdere Baraj Gölünü besleyen Baklalı, Boyalık ve Dursunköy derelerinin birleşim noktasına yakın mesafede bulunmaktadır. Eski Edirne Asfaltı köprü üstünden numune alımı sırasında yapılan arazi gezilerinde özellikle ağustos ayında dere ağzında su akışının çok yavaş olduğu, suyun bulanık ve kahverengi-yeşil renkte olduğu ve alglerin su yüzeyinde toplandığı görülmüştür(EK III Şekil 1). İnsan ve hayvan atıkları, gıda endüstrisi gibi

biyolojik madde işleyen endüstrilerin atık suları fosfor bileşikleri için ana kaynaktır. Evsel ve endüstriyel deterjanlar ürün etkinliğini artırmak için sıklıkla fosfat içerirler ve evsel atık suyun fosfor içeriği kabaca aynı oranla insan atıklarından ve deterjanlardan kaynaklanır. Fosfor miktarındaki aşırı artış sudaki alg gelişimini hızlandırıp ötrofikasyona neden olmaktadır. Bu bakımdan sudaki fosfor miktarı önemlidir. Noktasal olarak incelediğimizde yerleşim birimlerine ve ekili alanlara yakın yerlerde fosfor miktarı daha yüksek düzeyde ölçülmüştür. Özellikle derelere yakın yerlerde ki fosfor miktarı dikkat çekmektedir. Fosfor değerindeki artış, numune alım noktalarına yakın yerlerdeki tarım alanlarındaki gübreleme işlemleri sonucunda kullanılan fosforlu gübrelerden olabilir. Özellikle şiddetli yağışlar toprak yüzeyini yıkar ve bu suların derelere karışması ile su yüksek oranda fosfor içerebilir.

Fosfat

Fosfat analizi sonuçlarına göre en yüksek fosfat değeri 7. numune alım noktasında Ağustos ayında 2,7 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük fosfor değeri ise 2. numune alım noktasında Ağustos ayında 0,11 mg/L olarak bulunmuştur. Çalışma süresince elde edilen Fosfat ortalaması 0,5 mg/L'dir. Numune alım noktalarının Fosfat değerlerinin ortalaması; 1.noktada 0,51 mg/L, 2. noktada 0,32 mg/L, 3. noktada 0,21 mg/L, 4. noktada 0,29 mg/L, 5. noktada 0,3 mg/L, 6. noktada 0,8 mg/L, 7. noktada 1,12 mg/L olarak bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde yaz ve kış döneminde fosfat miktarının artış gösterdiği görülmektedir. Fosfat miktarının yine fosfor miktarında olduğu 6. ve 7. numune alım noktalarında diğer noktalara kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir (EK I-B Şekil 16).

Toplam Demir

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde Demir limitleri I. sınıf için 0,3 mg/L; II. sınıf su için 1 mg/L; III. sınıf su için 5 mg/L; IV. sınıf su için >5 mg/L'dir.

Toplam Demir analizi sonuçlarına göre en yüksek toplam demir değeri 7. numune alım noktasında Şubat ayında 0,37 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük toplam demir değeri ise 1. e 5. numune alım noktalarında Mayıs ayında 0,01 mg/L olarak tespit edilmiştir. Çalışma süresince toplam demir ortalaması 0,08 mg/L olarak bulunmuştur. Numune alım noktalarının Toplam Demir değerlerinin ortalaması; 1.noktada 0,13 mg/L, 2. noktada 0,04 mg/L, 3. noktada 0,09 mg/L, 4. noktada 0,04 mg/L, 5. noktada 0,07 mg/L, 6. noktada 0,087 mg/L, 7. noktada 0,175 mg/L olarak bulunmuştur (EK I-B Şekil 17). Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü toplam

demir parametresine göre I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir. Ancak 1. ve 7. numune alım noktalarında şubat ayında 0,3 mg/L sınırı aşılmıştır. Bu artışın sebebinin Şubat ayında yağış miktarının fazla olmasından dolayı toprakta bulunan demirin çözünerek suya karışması sonucunda olduğu düşünülmektedir.

Sülfat

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde Sülfat limitleri I. sınıf için 200 mg/L; II. sınıf su için 200 mg/L; III. sınıf su için 400 mg/L; IV. sınıf su için > 400 mg/L'dir.

Sülfat analiz sonuçlarına göre en yüksek Sülfat değeri 1. numune alım noktasında Kasım ayında 38 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük Sülfat değeri ise 20 mg/L olarak bulunmuştur. Çalışma süresince elde edilen Sülfat ortalaması 28 mg/L'dir. Numune alım noktalarının Sülfat değerlerinin ortalaması; 1.noktada 32 mg/L, 2. noktada 29 mg/L, 3. noktada 31,2 mg/L, 4. noktada 28,25 mg/L, 5. noktada 24,5 mg/L, 6. noktada 25 mg/L, 7. noktada 26mg/L olarak bulunmuştur. Sülfat değerlerinde mevsimlere bağlı değişimler görülmemiştir (EK I-B Şekil 18). Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü sülfat parametresi açısından I. sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir. T.C. Başbakanlık ve Çevre Müsteşarlığınca hazırlanan "Su Kirlilik Kontrol Yönetmeliği" içinde yer alan "Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametreleri" açısından da Sazlıdere baraj gölü sülfat yönüyle I.Sınıf sulama suyu kabul edilebilir.

Alüminyum

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde Alüminyum limitleri I. sınıf için 0,3 mg/L; II. sınıf su için 0,3 mg/L; III. sınıf su için 1 mg/L; IV. sınıf su için > 1 mg/L'dir.

Alüminyum analiz sonuçlarına göre en yüksek Alüminyum değeri, 6. numune alım noktasında, Şubat ayında 0,07 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük Alüminyum değeri ise 0 mg/L'dir (EK I-B Şekil 19). Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü alüminyum parametresi açısından I. sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir. Alüminyum doğal sularda toprak ve kayalardan erime nedeniyle bulunmaktadır [26]. Şubata ayında bazı noktalarda görülen Alüminyum artışı yağışlarla çevreden gelen sulardan kaynaklanmaktadır.

Çinko

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde Çinko limitleri I. sınıf için 0,2 mg/L; II. sınıf su için 0,5 mg/L; III. sınıf su için 2 mg/L; IV. sınıf su için > 2 mg/L'dir.

Çinko analizi sonuçlarına göre en yüksek Çinko değeri; 3. numune alım noktasında Kasım ayında 0,87 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük çinko değeri ise 7. numune alım noktasında Şubat ayında 0,11 mg/L olarak bulunmuştur. Çalışma süresince elde edilen Çinko ortalaması 0,375 mg/L'dir. Numune alım noktalarının Çinko değerlerinin ortalaması; 1.noktada 0,46 mg/L, 2. noktada 0,37 mg/L, 3. noktada 0,41 mg/L, 4. noktada 0,39 mg/L, 5. noktada 0,4 mg/L, 6. noktada 0,31 mg/L, 7. noktada 0,28 mg/L olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü çinko parametresi açısından II. sınıf su kalite özelliği göstermektedir. Çinko miktarı Kasım ayında 1., 2., 3., 4. ve 5. numune alım noktalarında artmış ve bu ay içinde bu noktalar III. sınıf su kalite özelliği göstermiştir (EK I-B Şekil 20). Göldeki çinko miktarının yüksek oluşu havza içinde bulunan dökümhanelerden ve metal son işlemlerin yapıldığı atölyelerden kaynaklanmaktadır.

Nikel

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde Nikel limitleri I. sınıf için 0,02 mg/L; II. sınıf su için 0,05 mg/L; III. sınıf su için 0,2 mg/L; IV. sınıf su için > 0,2 mg/L'dir.

Nikel analizi sonuçlarına göre en yüksek Nikel değeri 2. numune alım noktasında Ağustos ayında 0,63 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük nikel değeri ise 2. numune alım noktasında Şubat ayında 0 mg/L olarak bulunmuştur. Çalışma süresince elde edilen ortalama Nikel değeri 0,04 mg/L'dir. Numune alım noktalarının Nikel değerlerinin ortalaması; 1.noktada 0,03 mg/L, 2. noktada 0,165 mg/L, 3. noktada 0,025 mg/L, 4. noktada 0,022 mg/L, 5. noktada 0,025 mg/L, 6. noktada 0,032 mg/L, 7. noktada 0,035 mg/L olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü, Nikel parametresi açısından II. sınıf su kalite özelliği göstermektedir. Nikel miktarının Ağustos ayında her noktada artış gösterdiği ve özellikle 2. numune alım noktası olan Terkos su aktarım bölgesinde 0,63 mg/L seviyesine çıktığı görülmektedir (EK I-B Şekil 21). 2. numune alım noktası, ağustos ayında IV. sınıf su kalite özelliği göstermektedir. Nikel bazı alaşımlarda katalisti olarak metal kaplamalarda kullanılmaktadır. Havza içinde dökümhanelerin ve metal son işlem atölyelerinin bulunduğu düşünüldüğünde bu durumun baraj gölü açısından bir kirlilik

durumu oluşturduğu görülmektedir. Nikel tuzlarının pek çoğu suda eriyebilir, bu nedenle bulaşma kolay olur [57]. Bu metalin zararlılık sınırı balıklar için 1-5 mg/l, küçük su canlıları için ise 3-4 mg/L'dir. 6 mg Ni /l dozu sudaki mikrobiyolojik olayları engeller [59].

Toplam Krom

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde Krom limitleri I. sınıf için 0,02 mg/L; II. sınıf su için 0,05 mg/L; III. sınıf su için 0,2 mg/L; IV. sınıf su için > 0,2 mg/L'dir.

Analiz sonuçlarına göre en yüksek Toplam Krom değeri, 2. numune alım noktasında, Şubat ayında 0,04 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük Toplam Krom değeri ise 6. numune alım noktasında Şubat ayında 0 mg/L olarak bulunmuştur. Çalışma süresince elde edilen Toplam Krom ortalaması 0,013 mg/L'dir. Numune alım noktalarının Toplam Krom değerlerinin ortalaması; 1.noktada 0,015 mg/L, 2. noktada 0,022 mg/L, 3. noktada 0,01 mg/L, 4. noktada 0,01 mg/L, 5. noktada 0,01 mg/L, 6. noktada 0,015 mg/L, 7. noktada 0,015 mg/L olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü, Toplam Krom parametresi açısından I. sınıf su kalite özelliği göstermektedir. 2. numune alım noktasında Şubat ve Mayıs aylarında Toplam Krom değerinde artış görülmüş ve 2. numune alım noktası bu aylardaki ölçüm sonuçlarına göre II. sınıf su kalite özelliği göstermiştir. Yine bazı aylarda 1., 5. ve 6. numune alım noktalarında Toplam Krom değerinin 0,02 mg/L sınırına ulaştığı görülmektedir (EK I-B Şekil 22). Balıklar için toksisite sınırı 28-80 mg Cr/l veya 15 mg/l kromat veya bikromat, içme suyunda sınır değeri olarak 0.05 mg Cr /l verilmektedir [59]. Elde edilen sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü'nde Toplam Kroma bağlı bir kirlilik görülmemektedir.

Bakır

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde Bakır limitleri I. sınıf için 0,02 mg/L; II. sınıf su için 0,05 mg/L; III. sınıf su için 0,2 mg/L; IV. sınıf su için > 0,2 mg/L'dir.

Analiz sonuçlarına göre en yüksek Bakır değeri, 7. numune alım noktasında Şubat ayında 0,23 mg/L olarak belirlenmiştir. En düşük Bakır değeri ise 4. numune alım noktasında Kasım ayında 0,02 mg/L olarak ölçülmüştür. Bakır değerlerinin ortalaması; 1.noktada 0,0575 mg/L, 2. noktada 0,05 mg/L, 3. noktada 0,057 mg/L, 4. noktada 0,0625 mg/L, 5. noktada 0,0625 mg/L, 6. noktada 0,0625 mg/L, 7. noktada 0,127 mg/L olarak bulunmuştur. Sazlıdere Baraj Gölü'nün Bakır ortalaması ise 0,068

mg/L olarak tespit edilmiştir (EK I-B Şekil 23). Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü, Bakır parametresi bakımından III. sınıf su kalite özelliği göstermektedir.

Kurşun

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde kurşun limitleri I. sınıf için 10 µg/L; II. sınıf su için 20 µg/L; III. sınıf su için 50 µg/L; IV. sınıf su için > 50 µg/L'dir.

Kurşun analizi sonuçlarına göre hiçbir noktada Kurşuna rastlanmamıştır. Bu sonuca göre Sazlıdere Baraj Gölü kurşun parametresi bakımından I.sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir. Sazlıdere Baraj Gölünde kurşuna bağlı bir kirlilik bulunmamaktadır.

Kadmiyum

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde kadmiyum limitleri I. sınıf için 3 µg/L; II. sınıf su için 5 µg/L; III. sınıf su için 10 µg/L; IV. sınıf su için > 10 µg/L'dir.

Kadmiyum analizi sonuçlarına göre en yüksek Kadmiyum değeri, 5. numune alım noktasında, Kasım ayında 5 µg/L olarak tespit edilmiş, en düşük Kadmiyum değeri ise 5. numune alım noktasında, Şubat ayında 0 µg/L olarak bulunmuştur. Çalışma süresince elde edilen Kadmiyum ortalaması 1,43 µg/L'dir. Numune alım noktalarında Kadmiyum değerlerinin ortalaması; 1.noktada 1,27 µg/L, 2. noktada 0,75 µg/L, 3. noktada 1,75 µg/L, 4. noktada 1,01 µg/L, 5. noktada 2,25 µg/L, 6. noktada 1,25 µg/L, 7. noktada 1,75 µg/L olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü, Kadmiyum parametresi açısından I. sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir. Ancak Ağustos ayında 3. numune alım noktasında, Kasım ayında ise 5. ve 7. numune alım noktalarında Kadmiyum değerleri 3 µg/L seviyesini aşmış ve bu dönemler içerisinde II. sınıf su kalite özelliği göstermiştir (EK I-B Şekil 24). Sazlıdere baraj gölünde kadmiyuma bağlı bir kirlilik görülmemektedir.

Deterjan

Deterjan analizi sonuçlarına göre en yüksek Deterjan değeri 3. numune alım noktasında, Mayıs ayında 0,27 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük Deterjan değeri ise 4. numune alım noktasında, Ağustos ayında 0,011 mg/L olarak bulunmuştur. Çalışma süresince elde edilen Deterjan miktarının ortalaması 0,062 mg/L'dir. Numune alım noktalarının Deterjan değerlerinin ortalaması; 1. noktada 0,047 mg/L, 2. noktada 0,025 mg/L, 3. noktada 0,021 mg/L, 4. noktada 0,028 mg/L, 5. noktada 0,09 mg/L, 6. noktada 0,117 mg/L, 7. noktada 0,045 mg/L olarak

bulunmuştur. Aylara göre sudaki Deterjan miktarı ortalamaları incelendiğinde Mayıs ve Ağustos ayındaki Deterjan miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Mayıs ayında 3., 5. ve 6. numune alım noktalarında Deterjan miktarının 0,2 mg/L seviyesini aştığı görülmüştür (EK I-B Şekil 25). Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde Deterjan miktarına ilişkin bir limit konmamıştır. Ancak 0,1 mg/L deterjan aktif maddesi balık yumurtalarında anormalliğe neden olur [18].

IV.2. MİKROBİYOLOJİK ANALİZLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde Toplam Koliform limitleri I. sınıf için 100 kob/100 ml; II. sınıf su için 20000 kob/100 ml; III. sınıf su için 100000 kob/100 ml; IV. sınıf su için > 100000 kob/100 ml'dir.

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde Fekal Koliform limitleri I. sınıf için 10 kob/100 ml; II. sınıf su için 200 kob/100 ml; III. sınıf su için 2000 kob/100 ml; IV. sınıf su için > 2000 kob/100 ml'dir.

T.C. Başbakanlık ve Çevre Müsteşarlığınca hazırlanan Su Kirlilik Kontrol Yönetmeliği içinde yer alan "Göller, Göletler, Bataklıklar Ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri" ne göre doğal koruma alanı olmayan bölgeler için Toplam Koliform sınır değeri 1000 EMS/100 ml'dir.

1. numune alım noktası

1.numune alım noktasının mikrobiyoloji analiz sonuçlarına bakıldığında; Toplam Koliform için en düşük değer Nisan ayında ölçülmüş olup 350 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. En yüksek değer ise Ağustos ayında ölçülmüş ve 400000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir (EK II-B Şekil 1). Bu noktada toplam koliform bakterilerinin mevsimsel değişimini incelediğimizde en yüksek koliform değerlerinin yaz mevsiminde tespit edildiği görülmektedir. En düşük değerlere ise ilkbahar mevsiminde ulaşılmaktadır. İlkbaharda II. sınıf su kalite özelliği gösteren nokta, yaz mevsiminde sıcaklık artışı ve yağışın azalması ile IV. sınıf su kalite özelliği göstermiş, kış ve sonbahar mevsiminde ise yağışların etkisi ile III. sınıf su kalite özelliğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

1. numune alım noktasının Fekal koliform analizi sonuçlarına göre en yüksek Fekal koliform değeri 2000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. En düşük fekal koliform değeri ise 0 kob/100 ml olarak bulunmuştur (EK II-C Şekil 1). Fekal koliform bakterileri sadece Ekim (III. sınıf), Kasım (III. sınıf), Ocak (II. sınıf) ve Nisan (I.sınıf) ayında görülmüş olup yaz mevsiminde hiç fekal koliform bakterilerine

rastlanmamıştır. Sonbahar mevsiminde görülen Fekal koliform miktarı diğer aylara kıyasla daha fazladır ve sonbahar mevsiminde bu nokta III. sınıf su kalite özelliği göstermiştir. 1. numune alım noktasının yıllık fekal koliform ortalaması 255 kob/100 ml'dir. Bu sonuca göre numune alım noktası III. sınıf su kalite özelliği göstermektedir.

1. numune alım noktasının Fekal Streptokok bakteri analizine göre en yüksek bakteri değeri Şubat ayında 37000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. En düşük Fekal Streptokok bakteri değeri ise Haziran ayında 76 kob/100 ml olarak belirlenmiştir (EK II-D Şekil 1). Her mevsimde Fekal streptokok bakterileri görülmekle birlikte en yüksek değerlere Şubat ve Mart ayında ulaşılmış, yaz ve kış aylarında ise diğer aylara göre Fekal streptokok miktarında artış olmuştur.

2. numune alım noktası

2.numune alım noktasının mikrobiyoloji analiz sonuçlarına bakıldığında; toplam koliform için en düşük değer Şubat ve Mart ayında ölçülmüş olup 5000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. En yüksek değer ise Haziran ayında ölçülmüş ve 65000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir (EK II-B Şekil 2). İlkbaharda II. sınıf su kalite özelliği gösteren nokta; yaz, sonbahar ve kış mevsiminde III. sınıf su kalite özelliği göstermektedir

2. numune alım noktasının fekal koliform analiz sonuçlarına göre en yüksek değer, Ekim ve Kasım ayında 1000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. İlkbahar ve yaz mevsiminde hiç fekal koliform tespit edilememiştir (EK II-C Şekil 2). Ekim ve kasım ayında III. sınıf su kalite özelliği gösteren 2. numune alım noktasında kış ayında fekal koliform seviyesi düşmüş ve bu dönem de I. ve II. sınıf su kalite özelliği göstermeye başlamıştır.

Fekal streptokok analiz sonuçlarına göre en yüksek bakteri sayısı Ağustos ayında 78000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. En düşük fekal streptokok sayısı ise Haziran ayında 8 kob/10 ml olarak ölçülmüş ancak yılın diğer aylarında bu değer hep 1000 kob/100 ml'den yüksek bulunmuştur (EK II-D Şekil 1).

3. numune alım noktası

3. numune alım noktasında yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre en yüksek koliform bakteri değeri Mart ayında 145000 kob/100 ml olarak ölçülmüştür. En düşük toplam koliform değeri ise Nisan ayında 3000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir (EK II-B Şekil 3). Nokta toplam koliform bakterilerinin mevsimsel miktarına göre değerlendirildiğinde III. sınıf su kalite özelliği göstermekle birlikte

ilkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde IV. sınıf su kalite özelliğine de sahip olduğu görülmektedir.

Fekal koliform bakteri analizi sonuçlarına göre en yüksek bakteri miktarı Ekim ve Kasım ayında 1000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde fekal koliform tespit edilmemiştir (EK II-C Şekil 3). En yüksek fekal koliform değerleri sonbahar mevsiminde tespit edilmiş olup bu dönemde 3. numune alım noktası III. sınıf su kalite özelliği göstermiştir.

3. numune alım noktasının fekal streptokok bakteri analizine göre en yüksek bakteri değeri Mart ayında 94000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. En düşük fekal streptokok değeri ise Aralık ayında 16 kob/100 ml olarak belirlenmiştir. Yılın her ayında fekal streptokok bakterilerinin ürediği tespit edilmiştir (EK II-D Şekil 3).

4. numune alım noktası

4.numune alım noktasının mikrobiyoloji analiz sonuçlarına bakıldığında; toplam koliform için en yüksek değer Ağustos ayında 550000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. En düşük koliform değeri ise Nisan ayında 5000 kob/100 ml olarak belirlenmiştir (EK II-B Şekil 4). 4. numune alım noktasının toplam koliform miktarına göre su kalitesi mevsimsel olarak değerlendirildiğinde yaz mevsiminde noktanın çok kirli olduğu ve IV. sınıf su kalite özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Diğer mevsimlerde III. sınıf su kalite özelliği gösteren noktanın ekim ve ocak ayında IV. sınıf su özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

Fekal koliform bakterileri açısından en yüksek değer Ocak ayında 50000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. Fekal koliform bakterilerine yaz mevsiminde hiç rastlanmamıştır (EK II-C Şekil 4). Noktanın sonbaharda III. sınıf su kalite özelliği gösterdiği ancak bu değer IV. sınıf su kalitesi sınırında olduğu gözlenmiştir. Kış aylarında ağırlıklı olarak IV. sınıf özellik gösteren noktada fekal koliform bakteri sayısı ilkbaharda azalarak II.-III. sınıf özellik göstermiştir. 4. numune alım noktasında fekal koliform bakteri sayısında ani artış ve azalışlar tespit edilmiştir. Bunun sebebi noktanın bulunduğu yere yakın olan yerleşim yerleridir. Noktanın hemen yakınında olan Sazlıbosna yerleşiminde özellikle göl kenarına yakın olan yerleşimlerde farklı zamanlarda hayvansal atıkların göle yakın noktalara bırakıldığı ve bu hayvansal atıkların yağışın olduğu mevsimlerde göle karıştığı gözlenmiştir. Yine Sazlıbosna yerleşiminin göle yakın olan kısmındaki sokaklardan yağmur sularıyla gelen atıklar bu noktadan göle karışmaktadır.

4. numune alım noktası fekal streptokok bakterileri açısından en yüksek bakteri miktarı Ağustos ayında 90000 kob/100 ml olarak, en düşük fekal streptokok değeri ise Kasım ayında 1000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. Her mevsim fekal streptokok bakterileri bulunmakla birlikte yaz sonunda ve kış aylarında çok yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir (EK II-D Şekil 4).

5. numune alım noktası

5. numune alım noktasının mikrobiyoloji analiz sonuçlarına göre en yüksek toplam koliform değeri Ağustos ayında 100000 kob/100 ml olarak belirlenmiştir. En düşük toplam koliform değeri ise Nisan ayında 3000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. En yüksek toplam koliform bakteri miktarına yaz ve sonbahar mevsiminde ulaşılmıştır (EK II-B Şekil 5). En düşük değerler ise ilkbahar aylarında ölçülmüştür. İlkbahar mevsiminde II. sınıf su kalite özelliği gösteren nokta, diğer mevsimlerde ağırlıklı olarak III. sınıf su kalite özelliği göstermiştir.

Fekal koliform bakterilerinin analiz sonuçlarına göre en yüksek bakteri değeri Kasım ayında 2000 kob/100 ml olarak belirlenmiştir. Yaz aylarında hiç fekal koliform bakterisi tespit edilmemiştir (EK II-C Şekil 5). 5. numune alım noktasının bakterinin bulunduğu aylarda II. ve III. sınıf su kalite özelliğinde olduğu belirlenmiştir.

5. numune alım noktasının fekal streptokok bakteri analizine göre en yüksek bakteri değeri Ağustos ayında 81000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. Mayıs ayında yapılan ekimlerde fekal streptokok bakterilerine rastlanmamıştır (EK II-D Şekil 5). Fekal streptokok bakterilerini mevsimsel açıdan değerlendirdiğimizde, her ay 100 kob/100 ml'den yüksek olduğunu, yaz ve kış mevsimlerinde bakteri miktarında artış olduğunu söyleyebiliriz.

6. numune alım noktası

6. numune alım noktasının mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre en yüksek toplam koliform değeri Ağustos ayında 70000 kob/100 ml olarak bulunmuştur. En düşük toplam koliform değeri ise Nisan ayında 34 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. Her mevsim koliform bakterisi görülmektedir (EK II-B Şekil 6). Mevsimsel ortalamalara göre toplam koliform parametresi bakımından 6. numune alım noktası yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde III. sınıf su kalite özelliği gösterirken ilkbahar mevsiminde II. sınıf su kalite özelliği göstermiştir.

Fekal koliform bakterilerinin analiz sonuçlarına göre en yüksek bakteri değeri, Eylül ayında 4000 olarak tespit edilmiştir. İlkbahar ve yaz mevsimlerinde fekal

koliform bakterilerine rastlanmamıştır (EK II-C Şekil 6). Fekal koliform bakterilerinin bulunduğu aylarda en düşük miktar 1000 kob/100ml olarak bulunmuştur. 6.numune alım noktası fekal koliform parametresi açısından sonbahar ve kış mevsimlerinde III. sınıf su kalitesi özelliği göstermiştir. Ayrıca yine bu mevsimler içerisinde bakterilerin artış göstererek IV. sınıf su kalite özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

6. numune alım noktasını fekal streptokok bakterileri analizi sonuçlarına göre en yüksek fekal streptokok değeri Ağustos ayında 51000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. En düşük fekal streptokok değeri ise Haziran ayında 396 kob/100 ml olarak bulunmuştur. Nuktada her ay fekal streptokok bakterilerine rastlanmıştır (EK II-D Şekil 6).

7. numune alım noktası

7. numune alım noktasının mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre en yüksek toplam koliform değeri Ağustos ayında 200000 kob/100 ml olarak, en düşük toplam koliform değeri ise Mart ayında 1000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir (EK II-B Şekil 7). Toplam koliform parametresi bakımından II. ve III. sınıf özellik gösteren nokta, bazı aylarda IV. sınıf su kalite özelliği göstermiştir.

Fekal koliform analiz sonuçlarına göre en yüksek bakteri miktarı Aralık ayında 7000 kob/100 ml olarak ölçülmüştür. Yaz mevsiminde fekal koliform bakterilerine rastlanmamıştır. Bakterinin tespit edildiği aylarda en düşük fekal koliform sayısı nisan ayında 4 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. Sonbahar ve kış mevsiminde fekal koliform miktarının arttığı, ilkbaharda ise azaldığı gözlenmiştir (EK II-C Şekil 7). Çalışma süresince elde edilen fekal koliform bakteri ortalaması 1509 kob/100 ml'dir. Bu miktara göre 7. numune alım noktası III. sınıf su kalite özelliği göstermektedir. Kış aylarında yağışların arttığı dönemlerde, bakteri sayısının çok fazla artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu dönemlerde su IV. sınıf özellikte göstermiştir.

Fekal streptokok bakterisi analizi sonuçlarına göre en yüksek bakteri değeri Ağustos ayında 62000 kob/100 ml olarak tespit edilmiştir. En düşük fekal streptokok değeri ise Mayıs ayında 1000 kob/100 ml olarak belirlenmiştir. Mevsimsel olarak bakteri çoğalmasına baktığımızda her mevsim fekal streptokok bakterilerine rastlanmaktadır (EK II-D Şekil 7).

Sazlıdere Baraj Gölü'nde numune alım noktalarının yıllık Toplam Koliform ortalamalarını incelediğimizde 1. numune alım noktasında 97612 kob/100 ml, 2. numune alım noktasında 25416 kob/100 ml, 3. numune alım noktasında 43000 kob/100 ml, 4. numune alım noktasında 136250 kob/100 ml, 5. numune alım noktasında 32916 kob/100 ml, 6. numune alım noktasında 24919 kob/100 ml ve 7. numune alım noktasında toplam koliform ortalamasının 56416 kob/100 ml olduğunu görmekteyiz. Bu ortalamalara göre en yüksek toplam koliform ortalaması 4. numune alım noktası olan Sazlıbosna yolu üzerinde tespit edilmiştir. Diğer yüksek değerler ise 1. numune alım noktası olan Şamlar köyü ve 7. numune alım noktasından yani Eski Edirne Asfaltı köprü üstünden tespit edilmiştir. Her mevsim toplam koliform bakterileri, numune alım noktalarında fazla miktarda bulunmakla birlikte bazı noktalarda sadece yağışın bulunduğu dönemlerde bazı noktalarda ise her mevsim yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Sazlıdere Baraj Gölü, Toplam Koliform bakteri miktarı açısından III ve IV. sınıf su kalite özelliği göstermiştir. Bu sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü'nde toplam koliform bakterilerine bağlı bir kirlilik durumunun söz konusu olduğu görülmektedir.

Sazlıdere Baraj Gölü'nde numune alım noktalarının yıllık Fekal Koliform ortalamalarını incelediğimizde 1. numune alım noktasında 255 kob/100 ml, 2. numune alım noktasında 176 kob/100 ml, 3. numune alım noktasında 203 kob/100 ml, 4. numune alım noktasında 7549 kob/100 ml, 5. numune alım noktasında 299 kob/100 ml, 6. numune alım noktasında 1000 kob/100 ml ve 7. numune alım noktasında toplam koliform ortalamasının 1509 kob/100 ml olduğunu görmekteyiz. Bu ortalamalara göre en yüksek ortalama değer 4. numune alım noktasında tespit edilmiştir. Diğer yüksek değerler ise 7. ve 6. noktalarda tespit edilmiştir. Noktalarda her mevsim fekal koliform bakterileri bulunmamaktadır. Genellikle fekal koliform bakterileri sonbahar ve kış mevsimlerinde tespit edilmiş, yaz mevsiminde ise hiç fekal koliform bakterilerine rastlanmamıştır.

Fekal streptokok bakterilerinin noktalardaki yıllık ortalama değerlerini incelediğimizde tüm noktalarda yıllık fekal streptokok ortalamasının 10000 kob/100 ml'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek fekal streptokok ortalaması diğer mikrobiyolojik incelemelerde olduğu gibi 4. numune alım noktası olan Sazlıbosna Yolunda belirlenmiştir. Diğer en yüksek değer ise 7. noktada tespit edilmiştir.

Sazlıdere Baraj Gölündeki mikrobiyolojik kirliliği noktalar açısından değerlendirdiğimizde en yüksek kirlilik değerlerinin 1., 4., 6., ve 7. noktalardan elde

edildiği görülmektedir. 1. nokta olan Şamlar köyü çevresine göre daha alçakta kalmakta ve yağışın olduğu mevsimlerde yüksek kesimlerden gelen yağış sularını toplamaktadır. Mutlak koruma bölgesi içinde bulunan Şamlar köyünde hayvansal atıkların ve çöplerin göl kenarına bırakıldığı gözlenmiştir. Özellikle yağışın olduğu aylarda bu hayvansal ve evsel atıklar yağmur suları ile birlikte baraja taşınmaktadır. Bu durum göl açısından tehlike arz etmektedir. 4. numune alım noktası olan Sazlıbosna yolunda ise yine göle yakın mesafede Sazlıbosna Köyüne bağlı yerleşim birimleri bulunmaktadır. Barajdan numune alımı yapıldığı dönemlerde göle yaklaşık 10 metre uzaklıkta olan alanlara hayvansal atıkların boşaltığı ve bunlarında yağışın olduğu dönemlerde doğrudan göle karıştığı görülmüştür (EK III Şekil 2). Göle yakın mesafede yerleşim yerlerinin bulunması ve yapılan hayvancılık faaliyetleri gölün mikrobiyolojik kirlilik yükünün artmasına neden olmaktadır. 6. numune alım noktası olan Çilingir yerleşiminin aşağı kısmında bulunan noktada da mikrobiyolojik kirlilik görülmektedir. Kış mevsiminde su kalitesinin IV. sınıf haline geldiği görülmektedir. Bu durum noktanın yakınında bulunan küçük bir dere den kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda bu bölgede yapılan küçükbaş hayvan yetiştiriciliğide noktada mikrobiyolojik kirliliğe neden olmaktadır. 7. numune alım noktasında yani Eski Edirne Asfaltı Köprü Üstünde de yüksek derecede mikrobiyolojik kirlilik tespit edilmiştir. Bu noktada görülen kirliliğin en önemli sebebi bu noktadan baraja karışan derelerdir. Yukarı kısımlardan gelen Dursunköy, Boyalık ve Baklalı dereleri köylerin içinden geçtikten sonra baraja karışmaktadır. Araştırmalar sırasında yapılan gözlemlerde köy içinde ahırlardan sızan suların derelere karıştığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda bu köylerde büyükbaş ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin yapıldığı havyanların dere kenarlarında ve dere ağzına yakın bölgelerde otlatıldığı, hayvanların buralarda yıkandığı gözlenmiştir (EK III Şekil 3). Özellikle bu noktada mikrobiyolojik ve kimyasal kirlilik parametrelerinin hep yüksek miktarlarda tespit edilmiş olması derelerin Sazlıdere Baraj Gölü'nün su kalitesine olumsuz yönde etki ettiğinin göstergesidir.

BÖLÜM V

SON DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER

Sazlıdere Havzası bir alt havza olarak Küçükçekmece Havzası içerisinde bulunmaktadır. Havza, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre içme suyu kaynağı statüsünde korunmaktadır.

Sazlıdere Baraj Gölü'nün mikrobiyolojik ve kimyasal kirlilik seviyesinin saptanması çalışmaları Ağustos 2009 – Temmuz 2010 tarihleri arasında yapılmıştır. Bulunan değerler, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği içinde yer alan, Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri standartlarıyla karşılaştırılmıştır.

Tez çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre Sazlıdere Baraj Gölü'nün mikrobiyolojik kirlilik seviyesinin sınır değerleri aştığı tespit edilmiştir. Her mevsim toplam koliforma ve fekal streptokoklara bağlı bir kirlilik durumunun söz konusu olduğu belirlenmiştir. Fekal koliforma bağlı mikrobiyolojik kirlenme durumunda yağışlarla birlikte artış gösterdiği tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik açıdan baraj gölü III. ve IV. sınıf kalite özelliği göstermektedir. Yapılan araştırmalar sırasında özellikle sonbahar ve kış mevsiminde barajın mikrobiyolojik kirlilik miktarının üst seviyelere çıktığı görülmüştür. Kirliliğin en fazla görüldüğü noktalar Şamlar köyü, Sazlıbosna yolu kenarı ve dere ağzına yakın bir nokta olan Eski Edirne Asfaltı köprü üstünden alınan örneklerde tespit edilmiştir. Dere ağzına yakın olan diğer noktalarda da kirliliğin azalarak devam ettiği gözlenmiştir. Bu durum özellikle yerleşim yerlerinden ve derelerden gelen kirliliğin barajın tümünü etkisi altına aldığına göstergesidir. Sazlıdere Havzası'nda bulunan derelerin büyük çoğunluğu otlaklardan ve zirai alanlardan geçmektedir. Bu derelere, ziraat ve hayvancılık yapılan alanlardan yağış sularının etkisiyle gübre ve zirai ilaç artıkları karışmaktadır. Havzada yağmur suyunun çevreye olan etkisiyle Sazlıdere Baraj Gölünün su kalitesi, baraja dökülen derelerin özelliklerine ve yağmur suyunun taşıdığı kirlilik parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Sazlıdere Baraj Gölü'nün içme ve kullanma suyu temininde kullanıldığı düşünüldüğünde mikrobiyolojik parametreler açısından su kalitesinin ciddi bir tehlike arz ettiği görülmektedir.

Sazlıdere Baraj Gölünde yapılan kimyasal araştırmalarda nitrit ve fosfor değerlerinin sınır değerleri aştığı tespit edilmiştir. Bu parametreler açısından su kalitesinin çoğu zaman III. ve IV. sınıf özellik gösterdiği belirlenmiştir. Aynı zamanda organik madde ve deterjan miktarının da sınır değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Bu kirlilik parametrelerinin yerleşim yerlerine ve derelere yakın olan noktalarda daha yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Diğer kimyasal parametreleri incelediğimizde de gölün çinko, nikel ve bakır maddeleri açısından II. ve III. sınıf su kalite özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Ancak bu kirlilik durumu yerleşim yerleri ve derelerin dışındaki noktalarda da yüksek miktarlarda tespit edilmiş, yağışın fazla olduğu dönemlerde de artış göstermiştir. Havza içinde bulunan dökümhane ve metal kaplama atölyelerinin faaliyetleri sırasında toprağa ve suya karışan maddeler yağışların etkisiyle tüm havzadan toplanarak Sazlıdere Baraj Gölü'ne karışmaktadır.

Elde edilen veriler Sazlıdere Baraj Gölü'nde ölçülen parametrelerin çoğunun konsantrasyonları bakımından i sular için belirlenen I. ve II. Sınıf kriterleri ancak sağlayabildiğini göstermektedir. Derelere ve yerleşim yerlerine yakın olan noktalarda su kalitesinde fark edilir bir bozulmanın olduğu görölmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre nitrit ve fosfor değerlerinin yüksek olduğu görölmektedir. Aynı zamanda organik madde ve BOİ değerleri de sınırdadır. Ayrıca dere ağzına yakın noktalarda ötrofikasyon görölmektedir. Bu durum göle dereler vasıtasıyla karışan azot ve fosfor gibi besleyici maddelerden kaynaklanmaktadır. Havzadaki kirliliğin başlıca nedeni yerleşimlerden kaynaklanan evsel atık suların deşarjı ve tarımsal faaliyetler sonucu topraktan sızma nedeniyle su kaynağına karışan kirletici parametrelerdir. Havzada halen birçok yerleşim yerinde fosseptik çukurlarının kullanılıyor olması kirlilik nedenlerinde birini oluşturmaktadır. Evsel atık ve tarımsal faaliyetlere bağlı kirlenme durumu endüstriyel kirlenmeye göre daha baskındır. Havzadaki yerleşimlerde, atıksu kanalizasyon sistemine bağlananlar hariç, yağmur suları arazi eğimi istikametinde cadde ve sokak yüzeylerinden akarak kuru derelere veya akarsu yataklarına ulaşmakta ve oradan baraj göllerine karışmaktadır. Bunun sonucunda yağışın çok fazla olduğu dönemlerde barajda mikrobiyolojik ve kimyasal kirlilik miktarlarında aşırı artışlar görölmektedir. Bu nedenle içme suyu kaynağı olan Sazlıdere Baraj Gölü'nün korunması için yağmur suyunu ve kontrolsüz akan atıksuları baraja taşıyan bu derelerin kirlenmeye karşı korunması gerekmektedir. Ayrıca mutlak koruma alanı içinde bulunan yerleşim yerlerinin barajının su kalitesini

etkilediği belirlenmiştir. Özellikle bu bölgelerde yapılan hayvancılık faaliyetleri de su kalitesinde ciddi bir kirlilik oluşumuna neden olmaktadır.

Alıcı su ortamlarının fekal kirlilikten, organik maddeden, su ortamında aşırı üretime neden olacak besleyici maddelerin alıcı su ortamının dengesini bozacak şekilde aşırı boşaltımından kaçınılması gerekir. Tüm bu kirlilik durumunu engellemek için mutlak koruma alanı içerisinde bulunan yerleşim yerlerinin kaldırılması gerekmektedir. Kısa vadede bu bölgelerde yapılan hayvancılık faaliyetlerinin, hayvansal ve evsel atıkların kontrolünün sağlanması gerekmektedir. Havzada bulunan tüm yerleşimler için altyapı sisteminin temin edilmesi, kırsal yerleşimler içinden geçen dereler içinde atıksu arıtma tesisleri kurularak, dereler vasıtasıyla köylerden göle gelebilecek kirlilik yükü azaltılmaya çalışılmalıdır. Sazlıdere Baraj Gölü'nün kirlilik durumları ile ilgili gerekli tedbirlerin bir an önce alınması, gölün içme ve kullanma suyu temininde kullanılıyor olması ve aynı zamanda gölün bir tatlı su ekosistemini barındırıyor olması açısından oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Abay, O.: “Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifinde Nehir Havza Yönetiminin Önemi”, *5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları Havza Kirliliği Konferansı*, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı DSİ II. Bölge Müdürlüğü, İzmir, (2008) 1-2.
- [2] Acehan, G.:”İçme Sularının Mikrobiyolojik Kirlenme Potansiyelinin İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniveristesi Fen bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye, (2007) 1-4.
- [3] Akça, A.: “Sazlıdere Havzası Su Kalitesi, Atıksu Uzaklaştırma Optimizasyonu ve Sulak Alan Maliyetlerinin Değerlendirilmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, Türkiye, (2005) 2-62.
- [4] Akın, G.: “Küresel Çevre Sorunları”, *Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt:31, No:1, (2007) 43-50.
- [5] Akın, M.; Akın, G.:”Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği”, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi* 47, (2007) 107-109.
- [6] Akşehirli, İ.: “Küçükçekmece Gölü ve Yakın Çevresinde Ekolojik Planlamaya Yönelik Peyzaj Analizi”, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2005)
- [7] Alkan, U.; Çalışkan, S.; Mescioğlu, Ü.: “Ulubat Gölü’nün Mikrobiyolojik Kirlilik Seviyesinin Belirlenmesi” *Ekoloji Dergisi*, Cilt:9, Sayı:33, (1999) 3-5.
- [8] Aykaç, B.: “Çevre Sorunları” *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:1, Sayı:1-2, Ankara, (1985)
- [9] Bakaç, M.; Kumru, M.: “Menemen (İzmir) Ovası Su ve Topraklarında Radyoaktivite Araştırması ve Ağır Metal kirliliği”, *Ekoloji Dergisi*, Cilt.9, Sayı:35, (2000) 26-30.
- [10] Başer, K.: “Sazlıdere’nin Azot ve Fosfor Kirliliğinin İzlenmesi ve Etkisinin İrdelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2006)
- [11] Besler, A.: “Torba Limanında Kirlilik İndikatörü Olan Bakterilerin Tespiti ve İzole Edilen E.coli Suşlarının Bazı Direnç Özelliklerinin Belirlenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, Türkiye, (2002) 20-37.

- [12] Bimtaş A.Ş.: “Bimtaş 1/25000 Ölçekli Nazım İmar Planlarına Yönelik Olarak Büyükçekmece, Ömerli, Elmalı, Darlık, Alibeyköy, Terkos, Sazlıdere Havzası Çalışması ve Kumburgaz-Silivri Arası Havza Dışı Alanlara Yönelik Çalışma”, (2006)
- [13] BTD Araştırma ve Yazı Grubu.: “ Su”, *Bilim ve Teknik Aylık Popüler Bilim Dergisi*, Kasım, (2005) 4-19.
- [14] “Çevre Eğitim Semineri Notları”, Çevre Gönüllüleri Derneği, İstanbul, (1996), 1-30.
- [15] Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı.: “Türkiye Çevre Atlası”, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü, Ankara, (2004) 63-65.
- [16] Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü XXII. Bölge Müdürlüğü.: “Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı” 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Hazırlık Toplantıları, Trabzon, (2008) 13-14.
- [17] Darkot, B.; Tuncel, M.: “Marmara Bölgesi Coğrafyası”, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No:118, (1981)
- [18] Demir, H.: “Sarısu Deresi ve Karadenize Birleşme Noktasında Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlilik Seviyesinin Saptanması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2009) 12-34.
- [19] Devlet Planlama Teşkilatı.: “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı”, *Su Havzaları, Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara, (2001) 4-9.
- [20] Devlet Su İşleri.: “2007 Yılı Faaliyet Raporu” T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu, Ankara, (2008) 64-65.
- [21] Devlet Su İşleri.: “2009 Yılı Faaliyet Raporu” T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu, Ankara, (2010) 36- 37.
- [22] Erinç, S.: “Ortam Ekolojisi ve Degradasyonel Ekosistem Değişiklikleri”, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No:1, İstanbul, Türkiye, (1984)
- [23] Ertürk, M. D.: “Acarlar Gölünde Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlenme Olaylarının Tespiti”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2005)
- [24] Ezer, S.: “ Terkos Gölü’nün Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlilik Seviyesinin Saptanması”, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2009) 4-34.

- [25] Güler, Ç.; Çobanoğlu, Z.: “*Su Kirliliği*”, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:12 Ankara, Türkiye, (1994) 13-74.
- [26] Güler, Ç.: “*Su Kalitesi*”, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:43 Ankara, Türkiye, (1997) 8-55.
- [27] Güvensel, T.: “Ömerli Baraj Gölü Su Kalitesinin Araştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2006)
- [28] Haktanır, K.: “Türkiye’nin Çevre Sorunları”, T.Ç.S.V Yayını, Ankara, (1999)
- [29] Hayta, A.: “Çevre Kirliliğinin Önlenmesinde Ailenin Yeri ve Önemi”, *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt:7, Sayı:2, (2006) 361-368.
- [30] Ilgar R.: “*Dünya Su Yönetimi Ve Su Eğitimi / World Water Management and Water Education*”, 1. Uluslararası Türkiye Eğitim Araştırmaları Kongre Kitabı, Çanakkale, (2009) 1-21 <http://oc.eab.org.tr/egtconf/pdfkitap/pdf/213.pdf>
- [31] İşgören, G.: “Sapanca Gölünde Sınırlayıcı Besin Tuzlarının Fitoplankton Gelişimi Üzerine Etkisi”, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2009)
- [32] İzmirlioğulları, P.: “Ömerli Baraj Gölü’nde Mikrobiyolojik (*E.coli*) ve Kimyasal (Alüminyum, Demir, Kurşun ve Kadmiyum) Kirlilik Parametrelerinin Saptanması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2004)
- [33] Kahvecioğlu, Ö.; Kartal, G.; Timur, S.; “Metallerin Çevresel Etkileri-I”, *Metalurji Dergisi*, Sayı:136, (2004) 47-53.
- [34] Karpuzcu, M.: “*Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü*”, Gebze Yüksek Teknolojisi Çevre Mühendisliği Bölümü, Kubbealtı Neşriyatı Yayınları, İstanbul, (1996) 9-46.
- [35] Kayhan, F.E.; Muşlu, M.N.; Koç, N.D.: “Bazı Ağır Metallerin Sucul Organizmalar Üzerinde Yaratığı Stres ve Biyolojik Yanıtlar”, *Journal Of FisheriesSciences.com*, Derleme Makalesi, (2008) 2-3.
- [36] Kayhan, F.E.: “Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi”, *E.Ü Su Ürünleri Dergisi*, Cilt:23, Sayı:1-2, (2006) 215-220.
- [37] Kocataş, A.: “*Ekoloji ve Çevre Biyolojisi*”, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, (1992) 564.

- [38] Kuleli, S.: “T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Su Kalitesi Gözlem ve Denetimi Semineri”, *Bildiriler*, İçme Suyu ve Kanalizasyon Dairesi, (1989)
- [39] Kurt, N.: “ İznik Gölü’nde Besin Maddesi Kirlenmesinin İncelenmesi ve Uygun Bir Modelin Araştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi* , Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, Türkiye, (2009)
- [40] Kuvvet, D.: “Elmalı Baraj Gölünde Mikrobiyolojik (*E.coli*) ve Kimyasal (Alüminyum, Demir, Kadmiyum ve Kurşun) Kirlilik Parametrelerinin Saptanması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2004)
- [41] Mimko A.Ş.: “ Alibeyköy-Sazlıdere Çevre Koruma Projesi”, *Atıksu-Yağmur suyu Kısmi Fizibilite Çalışması Nihai Raporu*, İSKİ, İstanbul, (2001)
- [42] Olhan, E.; Ataseven, Y.: “Türkiye’de İçme Suyu Havza Alanlarında Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanabilecek Kirliliği Önleme İle İlgili Yasal Düzenlemeler”, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 6(2)*, (2009) 162-167.
- [43] Ögmen, Ö.: “Küçükçekmece Gölü’nde Mikrobiyolojik (*E.coli*) ve Kimyasal (Alüminyum, Demir, Kadmiyum ve Kurşun) Kirlilik Parametrelerinin Saptanması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2004)
- [44] Özaslan, A.: “Adana İçme Suyunda Fekal Koliform Düzeyinin Belirlenmesi ve Antibiyotik Dirençlilik Frekansı”, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye, (2009) 3-4.
- [45] Resmi Gazete: “*Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*”, Sayı:25687, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 31 Aralık, (2004).
- [46] Resmi Gazete: “*Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği*”, Sayı:27372, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 10 Ekim, (2009)
- [47] Subaşı, H.: “Yapay Sinir Ağı İle Atıksu Arıtma Performansının Modellenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2010)
- [48] Şenduran, C.: “Küçükçekmece Lagününde Limnolojik Özellikler ve Sediment Taşınımının Araştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2007)

- [49] Tan, A.: “Atık Sularda Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, Türkiye, (2006) 2-28.
- [50] Tekbaş, Ö.F.; Güleç, M.: “Suların Sertlik Dereceleri ve Sağlık Etkileri”, *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni* 3(7), (2004) 156-161.
- [51] Tomar, A.: “Toprak ve Su Kirliliği ve Su Havzalarının Korunması”, *TMMOB İzmir Kent Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, Ocak (2009) 333.
- [52] Toroğlu, E.; Toroğlu, S.; Alaeddinoğlu, F.: “Aksu Çayı’nda (Kahramanmaraş) Akarsu Kirliliği”, *Coğrafi Bilimler Dergisi* 4(1), (2006) 93-103.
- [53] Tülek, S.: “Kızılırmak Nehri Su Kalitesi Belirlenmesi ve Ötrofikasyona Bağlı Risk Değerlendirmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, On Dokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Türkiye, (2006) 15-27.
- [54] Türkman, A.: “Çevremiz ve Biz”, Ege Kültür Vakfı , Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre, İzmir, (1993) 151.
- [55] United Nations.: “Coping With Water Scarty Challenge of The Twenty Centur World Water Day” Food And Agricultural Organization, (2007)
- [56] Uzun, H.: “Trabzon İli Akarsularının Su Kalite Düzeylerinin Araştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, (2006)
- [57] Yetgin, K. P.: “Ömerli Baraj Gölünde Trofik Seviyesinin Belirlenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2009)
- [58] Yılmaz, N.: “Sazlıdere Barajı (İstanbul)’nda Fitoplankton Biyoması ve Bunu Etkileyen Fizikokimyasal Faktörlerin İncelenmesi”, *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2008)
- [59] www.agri.ankara.edu.tr/soil_sciences/1250Karaca_Arcak_Cevre_Bolum_5.pdf (15.08.2010)
- [60] www.akuademi.net/USG/USG2004/SKCK/skck23.pdf (27 (27.12.2010)
- [61] www.arnavutkoymuhtarlari.com.tr (07.02.2011)
- [62] www.basaksehir.bel.tr (7 Şubat 2011)
- [63] www.bilgisehri.net/2008/01/14/dunyada-su-kaynaklari/ (02.01.2011)
- [64] www.canlibilimi.com/images/madde-donguleri-nedir.jpg (02.01.2011)
- [65] www.cem.yildiz.edu.tr (26.12.2010)
- [66] www.cevreonline.com/CevreKR/cevrekirlilik%20nedenleri.htm (06.01.2011)

- [67] www.dsi.gov.tr (25.03.2009)
- [68] www.ga.water.usgs.gov/edu/graphics/turkish/earthwheredistribution.gif
(17.01.2011)
- [69] www2.gi.alaska.edu/alison/images/SnowModule/SNW12 (17.01.2011)
- [70] www.googleearth.com (12.07.2010)
- [71] www.ibb.gov.tr/tr-TR/Pages/haber.aspx?news (25.08.2010)
- [72] www.mikrobiyoloji.org/ (25.07.2010)
- [73] www.rmbel.info/Images/Lake_layers.jpg (08.01.2011)
- [74] www.suhavzalari.org (28.07.2010)
- [75] www.sumikrobiyolojisi.org/pdf/453561010.pdf (25.07.2010)
- [76] www.tema.org.tr/Sayfalar/CevreKutuphanesi/Pdf/KureselIsinma (25.12.2010)
- [77] www.topraksuenerji.org/haberler/yeralti_sulari/Yeralti_Sulari.pdf (16.12.2010)
- [78] www.waterontheweb.org/under/lakeecology/05_stratification.html(02.01.2011)
- [79] www.yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/12_yeraltisuyu.pdf (15.05.2010)

EK I-A**KİMYASAL ANALİZ SONUÇ TABLOLARI****EK I-A Tablo 1** Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Ölçülen Sıcaklık Değerleri (°C)

AYLAR	1	2	3	4	5	6	7
AĞUSTOS	24,6	25,2	24,6	24,8	25,3	24,6	24,5
EYLÜL	21	20,8	21,3	20,6	21,3	19,9	19,4
EKİM	19,1	18,6	19,1	18,8	19,1	18,4	18,8
KASIM	14,3	13	14,4	14,4	14,5	12,5	12,7
ARALIK	7,9	10,2	9,8	9,6	9,5	7,5	6,9
OCAK	4,3	4,3	3,9	4,5	4,8	3,8	7
ŞUBAT	5,6	5,3	4,5	5,3	5,2	4,6	8,6
MART	9,5	9,5	9,7	10,2	9,7	10,5	11,5
NİSAN	19,2	17	17	17,3	19,3	18,9	18,8
MAYIS	21,3	19,6	20,5	19,7	22,4	22,8	21,9
HAZİRAN	25,4	24,3	24,7	23,1	23,6	24,1	25,2
TEMMUZ	27,3	26,8	26,6	25,8	26,4	25,6	26,5

EK I-A Tablo 2 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Ölçülen pH Değerleri

AYLAR	1	2	3	4	5	6	7
AĞUSTOS	7,98	8,12	8,25	7,95	8,24	8,2	8,02
EYLÜL	7,91	7,8	7,98	8,17	8,12	8,26	8,33
EKİM	8,24	8,23	8,21	8,06	8,2	8,18	8,26
KASIM	8,03	7,98	8,02	8,03	7,95	7,94	7,85
ARALIK	7,92	7,75	7,92	8,02	7,83	7,87	7,95
OCAK	8,38	8,31	8,43	8,1	8,31	8,31	8,25
ŞUBAT	8,46	8,4	8,5	8,25	8,25	8,27	8,32
MART	9,01	8,7	8,71	8,75	8,78	8,67	8,48
NİSAN	8,86	8,82	8,72	8,59	8,46	8,51	8,37
MAYIS	8,6	8,45	8,73	8,62	8,37	8,42	8,24
HAZİRAN	7,67	6,96	7,29	7,07	7,58	7,97	7,76
TEMMUZ	7,82	7,56	8,13	7,86	8,26	8,14	8,1

EK I-A Tablo 3 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen İletkenlik Değerleri (Ms/cm)

İstasyonlar	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0,35	0,35	0,4	0,34
2	0,39	0,43	0,42	0,39
3	0,44	0,43	0,44	0,39
4	0,43	0,44	0,43	0,39
5	0,42	0,44	0,46	0,42
6	0,41	0,45	0,5	0,38
7	0,46	0,47	0,63	0,36

EK I-A Tablo 4 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen TDS Analiz Değerleri (ppm)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0,17	0,17	0,2	0,17
2	0,19	0,21	0,21	0,19
3	0,22	0,21	0,22	0,19
4	0,21	0,22	0,21	0,19
5	0,21	0,22	0,23	0,21
6	0,20	0,22	0,25	0,19
7	0,23	0,23	0,31	0,18

EK I-A Tablo 5 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Renk Analiz Sonuçları (pt-co)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	11	56	189	4
2	3	22	46	4
3	3	28	40	5
4	3	30	56	6
5	9	25	164	5
6	33	66	126	9
7	25	91	177	15

EK I-A Tablo 6 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Bulanıklık Analiz Sonuçları (NTU)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	57	10	32	28
2	42	4	7	23
3	18	5	6	24
4	10	5	9	34
5	45	5	28	30
6	142	22	32	48
7	124	17	30	80

EK I-A Tablo 7 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Toplam Sertlik Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	12,6	14,6	14,3	12,6
2	13,2	16,8	18,1	16,4
3	16,6	17,2	19,2	16,1
4	16,3	17,3	19,1	17,2
5	18,5	17,4	22,4	19
6	19,6	21,4	24	17,5
7	19,5	22,7	32	17,9

EK I-A Tablo 8 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Bikarbonat Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	127	137	161	120
2	22	156	212	149
3	159	164	225	151
4	166	159	222	158
5	200	168	268	192
6	227	220	298	170
7	210	232	378	170

EK I-A Tablo 9 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Kalsiyum Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	37,2	51,6	48	38,8
2	41,6	58	68,8	52,8
3	55,2	46	75,6	58,4
4	53,6	58,4	68,4	54,4
5	52,8	62,8	84,4	42,6
6	38,4	76	86,8	36
7	68	80	68	33,2

EK I-A Tablo 10 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Organik Madde Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	5,5	6,3	4	4
2	3,9	3,7	3,2	3,4
3	3,9	3,7	3,3	3,7
4	3,6	4	3,5	3,7
5	5,1	4,2	4	2,9
6	6,1	5,9	4,5	2,8
7	6,1	4,7	4,5	3,2

EK I-A Tablo 11 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	6	4	10	12
2	4	4	4	4
3	0	4	8	10
4	4	0	8	10
5	10	2	10	12
6	10	0	8	8
7	12	2	4	6

EK I-A Tablo 12 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	7	41	9	3
2	6	12	23	1
3	0	13	5	5
4	7	32	3	1
5	2	22	8	13
6	8	22	18	29
7	21	34	9	23

EK I-A Tablo 13 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Nitrit Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0	0,278	0	0,125
2	0	0,0528	0	0,03
3	0	0,198	0	0,162
4	0	0,238	0	0,210
5	0	0,212	0	0,12
6	0	0,139	0	0,145
7	0	0,132	0	0,112

EK I-A Tablo 14 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Nitrat Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0,66	10,56	0,44	6,16
2	0,31	7,92	8,36	7,92
3	0,132	6,6	11,88	8,8
4	0,132	5,28	9,24	8,36
5	0,176	6,16	1,32	7,48
6	0,088	8,36	9,68	5,72
7	0,264	5,28	3,96	7,48

EK I-A Tablo 15 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Fosfor Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0,083	0,15	0,14	0,24
2	0,037	0,21	0,07	0,12
3	0,04	0,06	0,06	0,12
4	0,18	0,04	0,10	0,05
5	0,046	0,05	0,19	0,11
6	0,47	0,15	0,20	0,16
7	0,9	0,05	0,41	0,11

EK I-A Tablo 16 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Fosfat Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0,25	0,65	0,42	0,72
2	0,11	0,61	0,21	0,36
3	0,12	0,19	0,18	0,36
4	0,54	0,18	0,3	0,15
5	0,14	0,19	0,57	0,33
6	1,4	0,7	0,6	0,48
7	2,7	0,25	1,23	0,33

EK I-A Tablo 17 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Toplam Demir Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0,11	0,10	0,3	0,01
2	0,03	0,02	0,09	0,02
3	0,04	0,05	0,07	0,02
4	0,03	0,04	0,07	0,02
5	0,08	0,05	0,17	0,01
6	0,17	0,04	0,11	0,03
7	0,26	0,03	0,37	0,04

EK I-A Tablo 18 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Sülfat Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	32	38	29	29
2	20	35	31	30
3	34	34	29	28
4	28	28	27	30
5	22	32	20	24
6	34	20	20	26
7	22	24	32	26

EK I-A Tablo 19 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Alüminyum Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0,01	0,01	0	0,01
2	0,01	0,01	0,04	0
3	0	0	0,03	0
4	0	0,01	0,05	0
5	0,01	0	0	0
6	0	0,01	0,07	0
7	0,01	0,01	0	0

EK I-A Tablo 20 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Çinko Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0,26	0,62	0,53	0,44
2	0,24	0,55	0,43	0,27
3	0,31	0,87	0,20	0,27
4	0,30	0,60	0,34	0,35
5	0,27	0,75	0,16	0,43
6	0,32	0,34	0,36	0,23
7	0,40	0,37	0,11	0,27

EK I-A Tablo 21 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Nikel Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0,04	0,01	0,06	0,02
2	0,63	0,02	0,0	0,01
3	0,05	0,01	0,01	0,03
4	0,04	0,02	0,01	0,02
5	0,04	0,02	0,03	0,01
6	0,03	0,02	0,02	0,06
7	0,05	0,01	0,04	0,04

EK I-A Tablo 22 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Toplam Krom Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0,01	0,02	0,02	0,01
2	0,01	0,01	0,04	0,03
3	0,01	0,01	0,01	0,01
4	0,01	0,01	0,01	0,01
5	0,02	0,01	0	0,01
6	0,01	0,02	0,01	0,02
7	0,01	0,02	0,01	0,02

EK I-A Tablo 23 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Bakır Analiz Sonuçları (mg/L)

İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0,04	0,08	0,07	0,04
2	0,07	0,04	0,04	0,05
3	0,1	0,04	0,06	0,03
4	0,15	0,02	0,05	0,03
5	0,08	0,04	0,1	0,03
6	0,06	0,06	0,1	0,03
7	0,07	0,16	0,23	0,05

EK I-A Tablo 24 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Kadmiyum Analiz Sonuçları ($\mu\text{g/L}$)

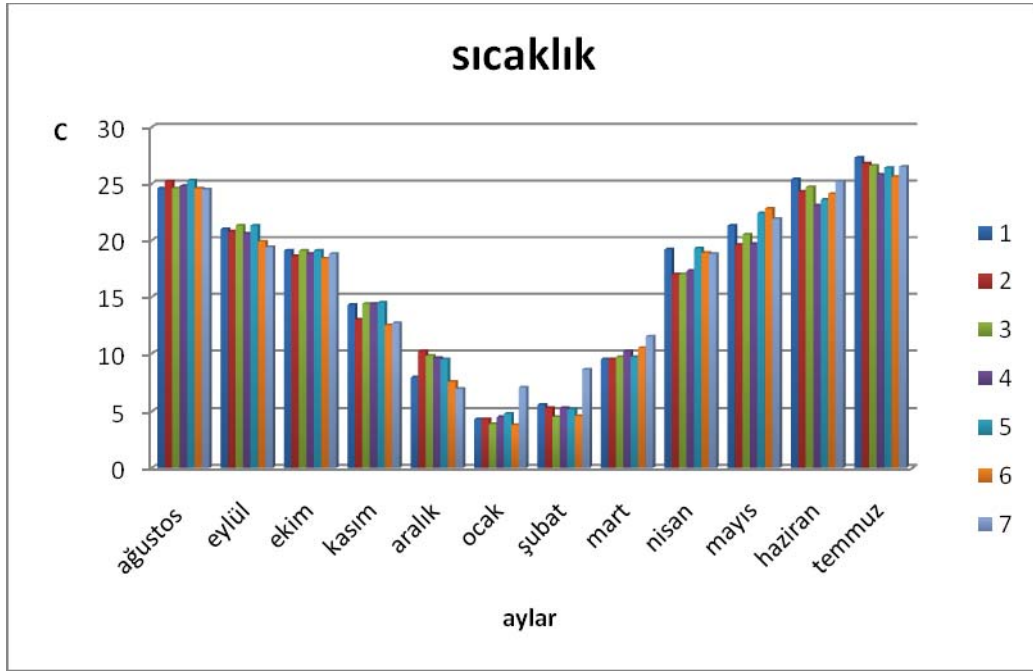
İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	2	2	0,08	1
2	1	1	0,03	1
3	4	1	0,03	2
4	1	2	0,04	1
5	2	5	0	2
6	2	2	0,01	1
7	1	4	0,03	2

EK I-A Tablo 25 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Deterjan Analiz Sonuçları (mg/L)

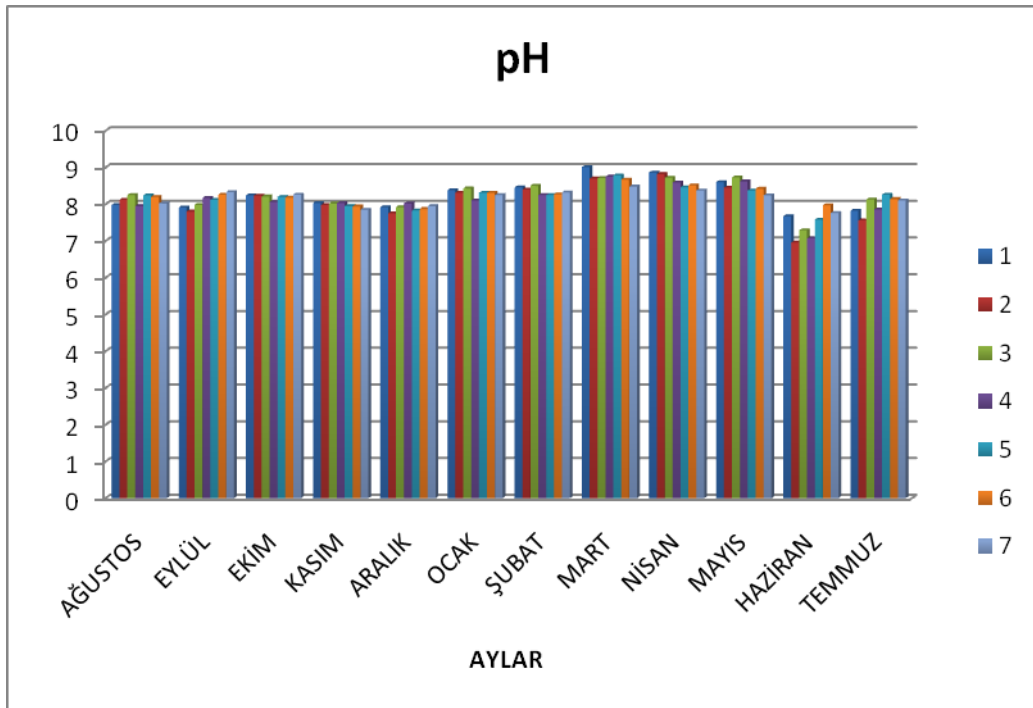
İSTASYONLAR	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	MAYIS
1	0,087	0,033	0,027	0,042
2	0,013	0,024	0,024	0,042
3	0,012	0,024	0,024	0,27
4	0,011	0,036	0,03	0,036
5	0,054	0,018	0,018	0,27
6	0,126	0,018	0,084	0,24
7	0,108	0,015	0,021	0,039

EK I-B

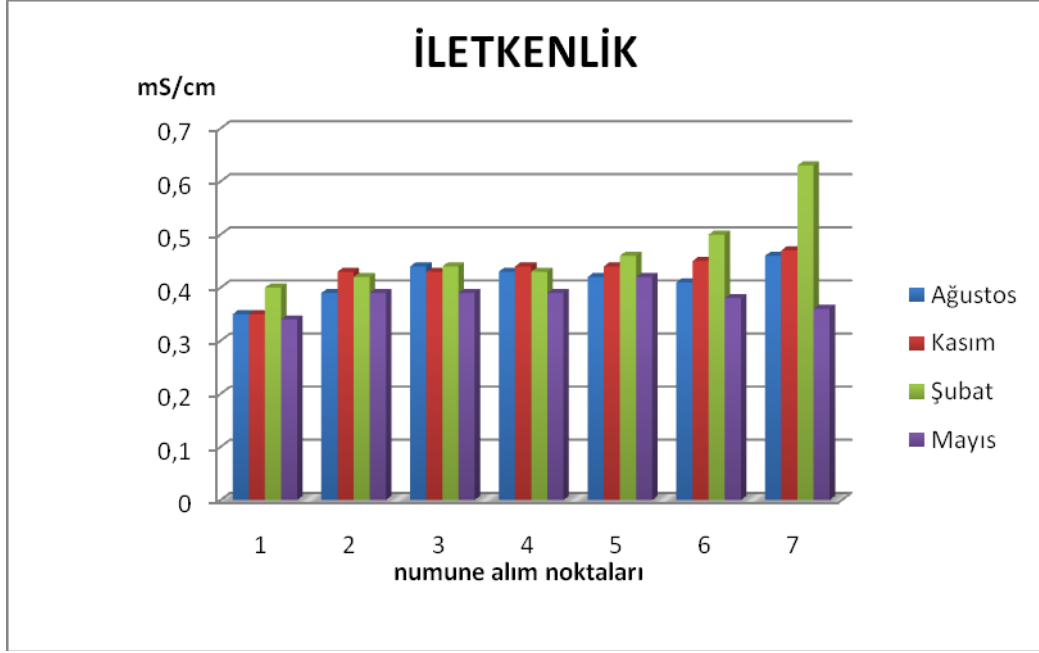
KİMYASAL ANALİZ SONUÇ GRAFİKLERİ



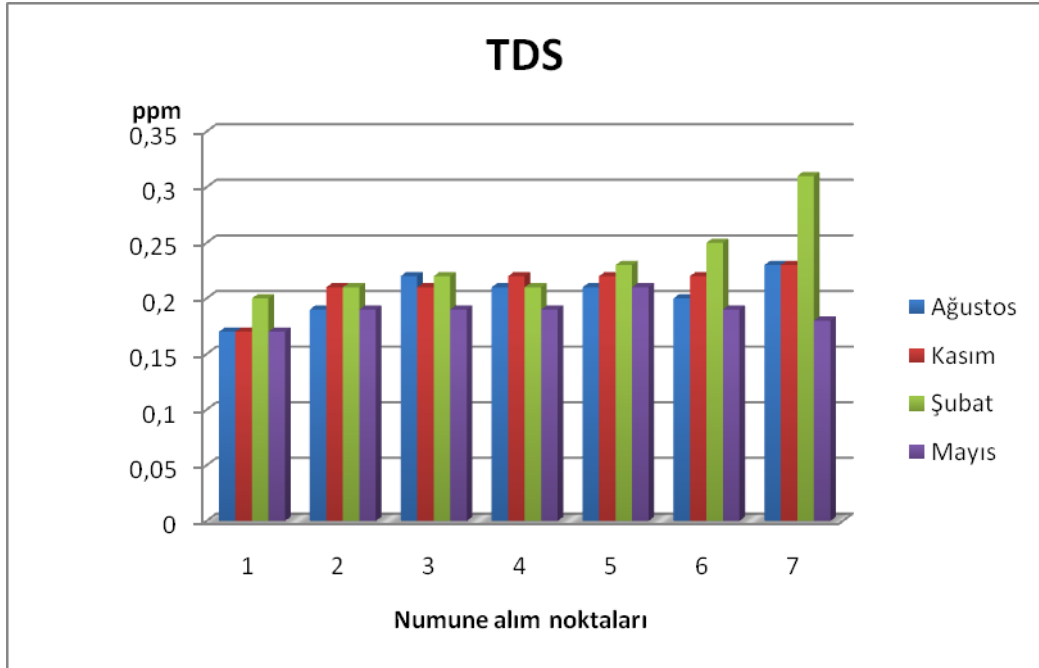
EK I-B Şekil 1 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Ölçülen Sıcaklık Değerleri (°C)



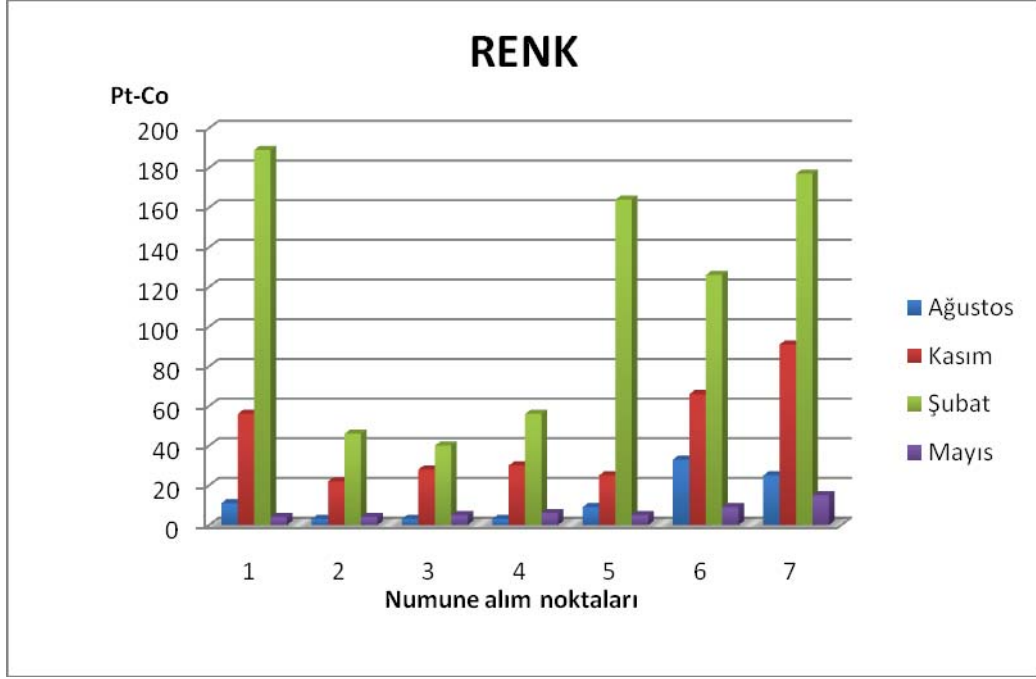
EK I-B Şekil 2 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Ölçülen pH Değerleri



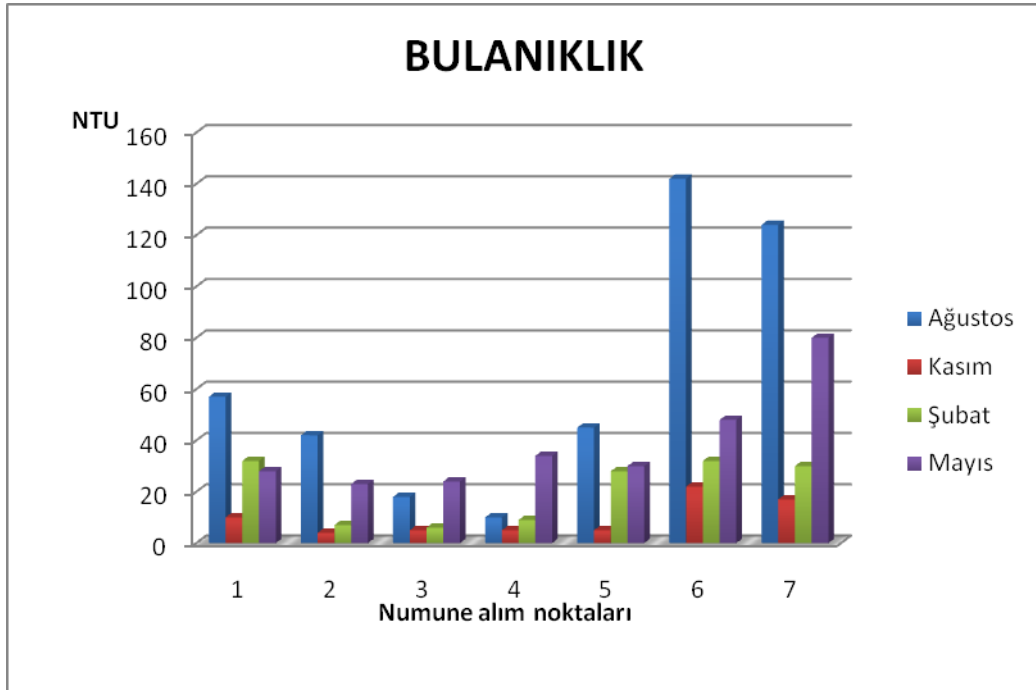
EK I-B Şekil 3 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen İletkenlik Analiz Değerleri (Ms/cm)



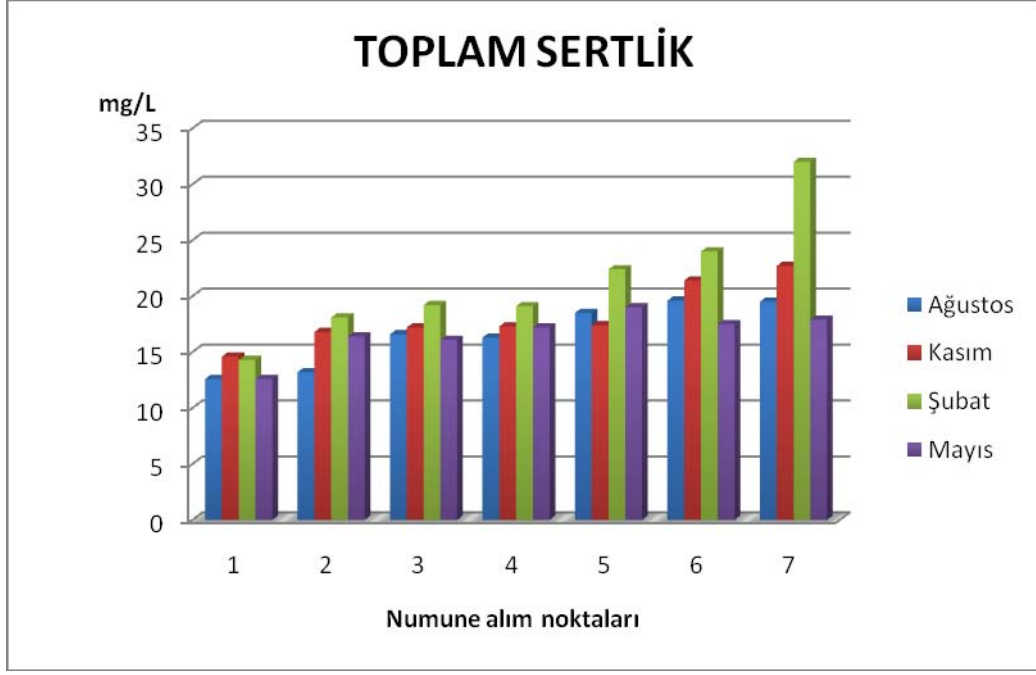
EK I-B Şekil 4 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen TDS Analiz Değerleri (ppm)



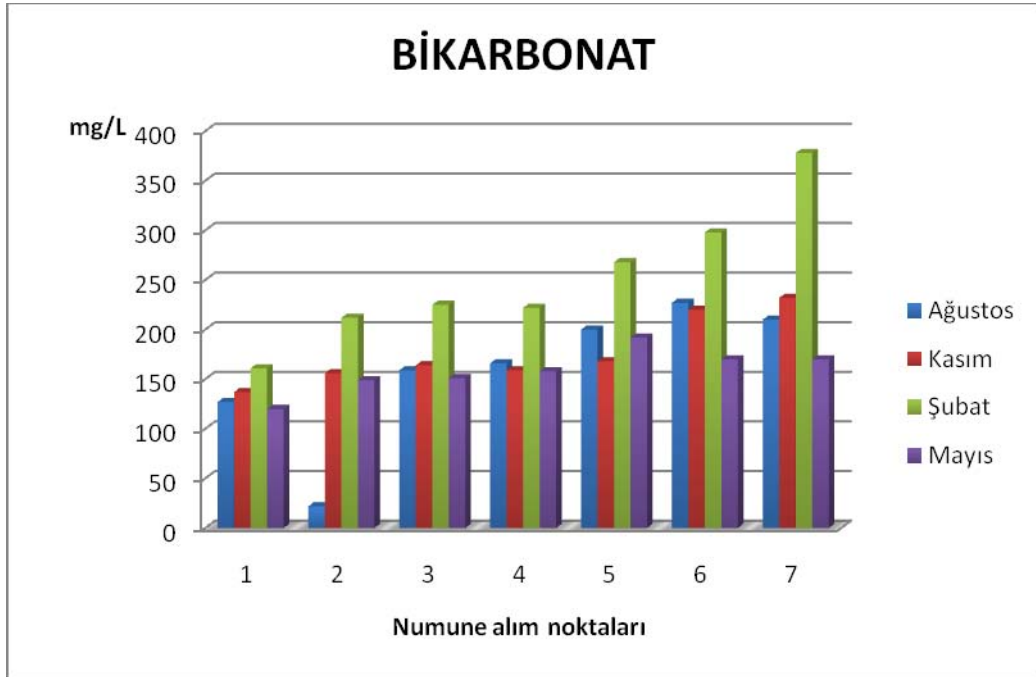
EK I-B Şekil 5 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Renk Analiz Sonuçları (Pt-Co)



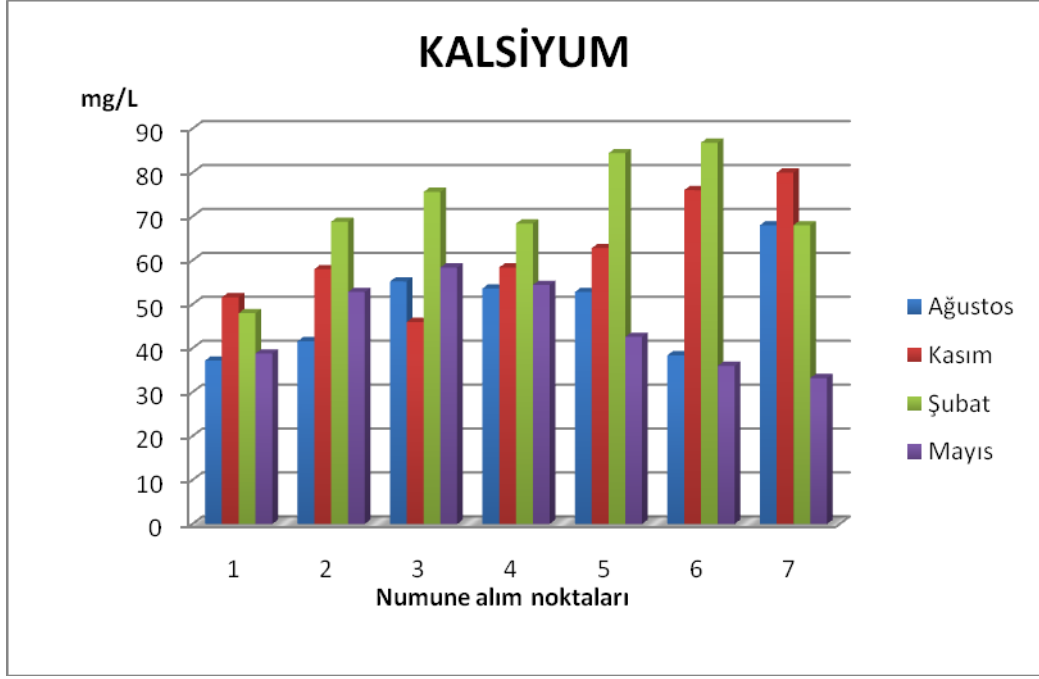
EK I-B Şekil 6 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Bulanıklık Analiz Sonuçları (NTU)



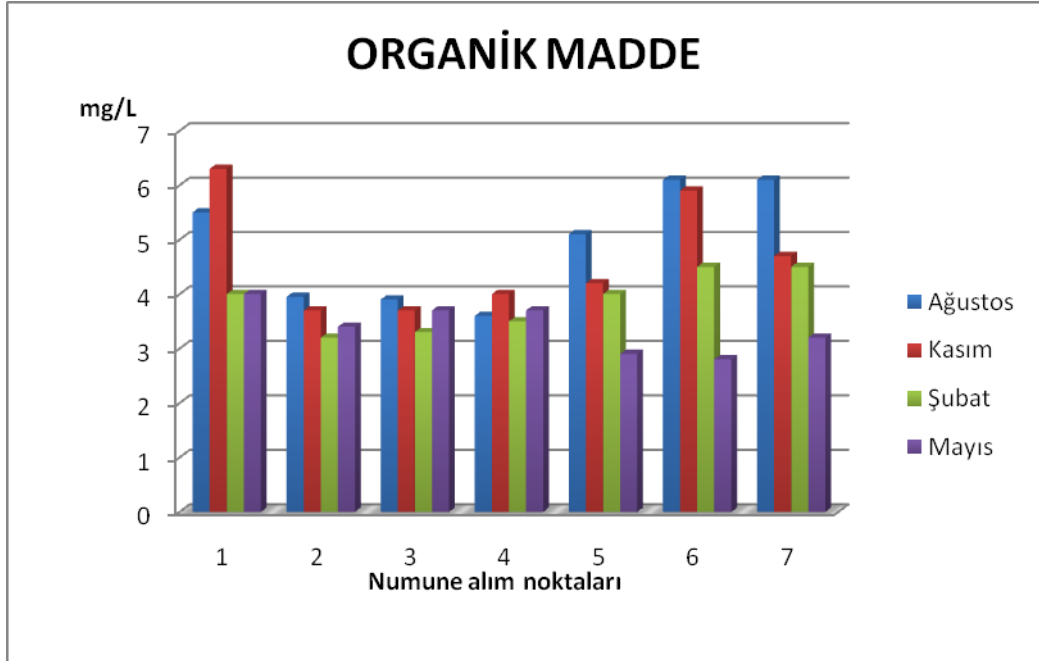
EK I-B Şekil 7 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Toplam Sertlik Analiz Sonuçları (mg/L)



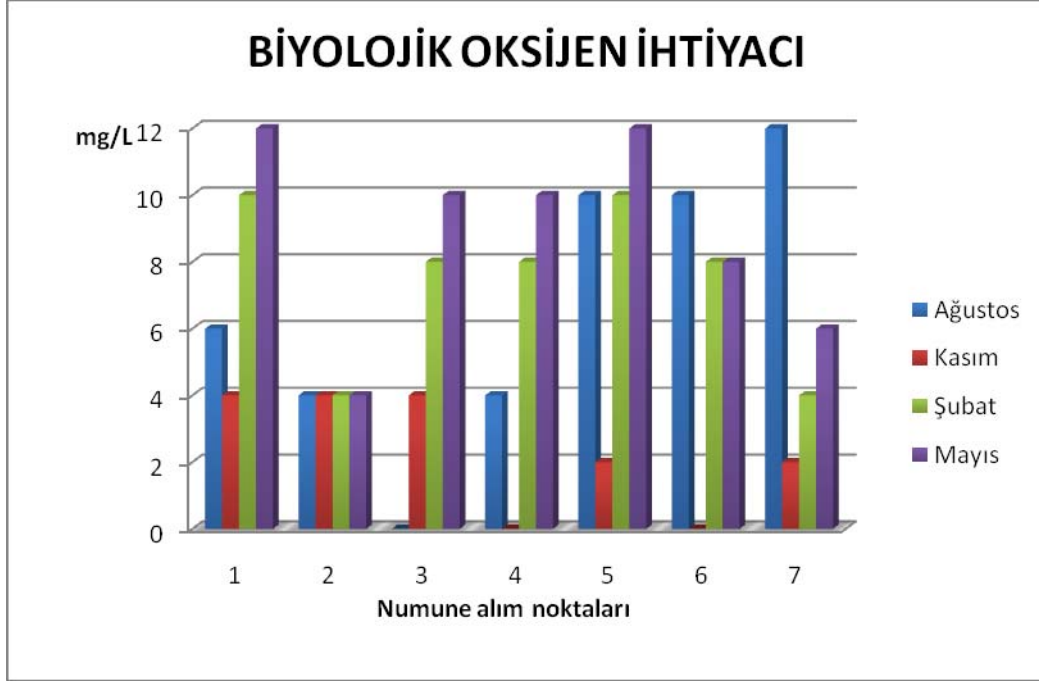
EK I-B Şekil 8 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Bikarbonat Analiz Sonuçları (mg/L)



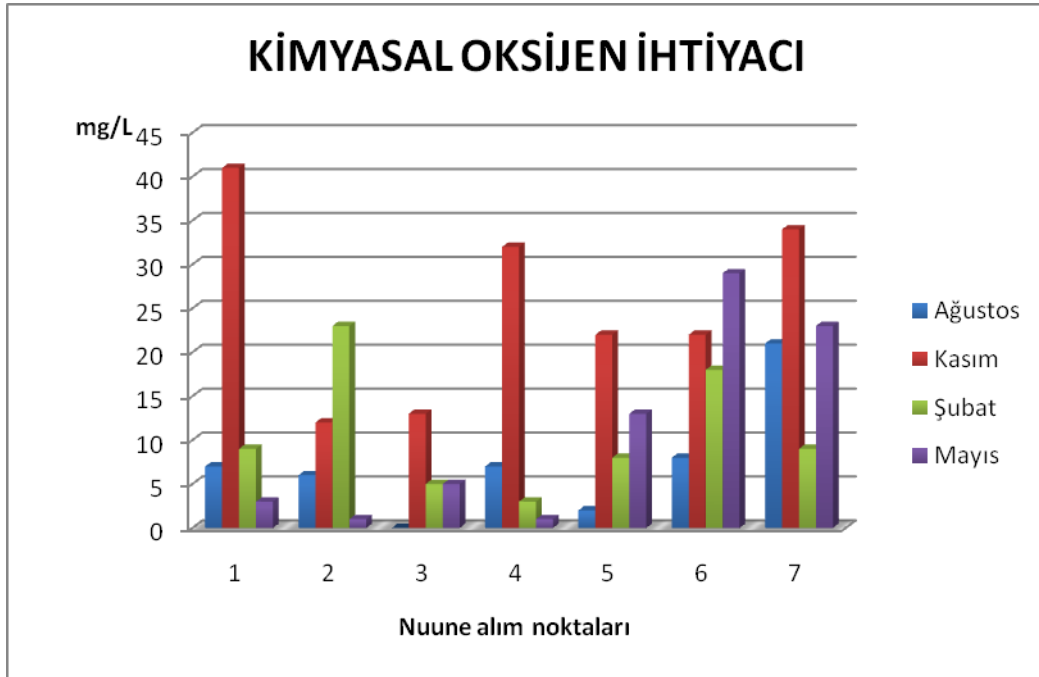
EK I-B Şekil 9 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Kalsiyum Analiz Sonuçları (mg/L)



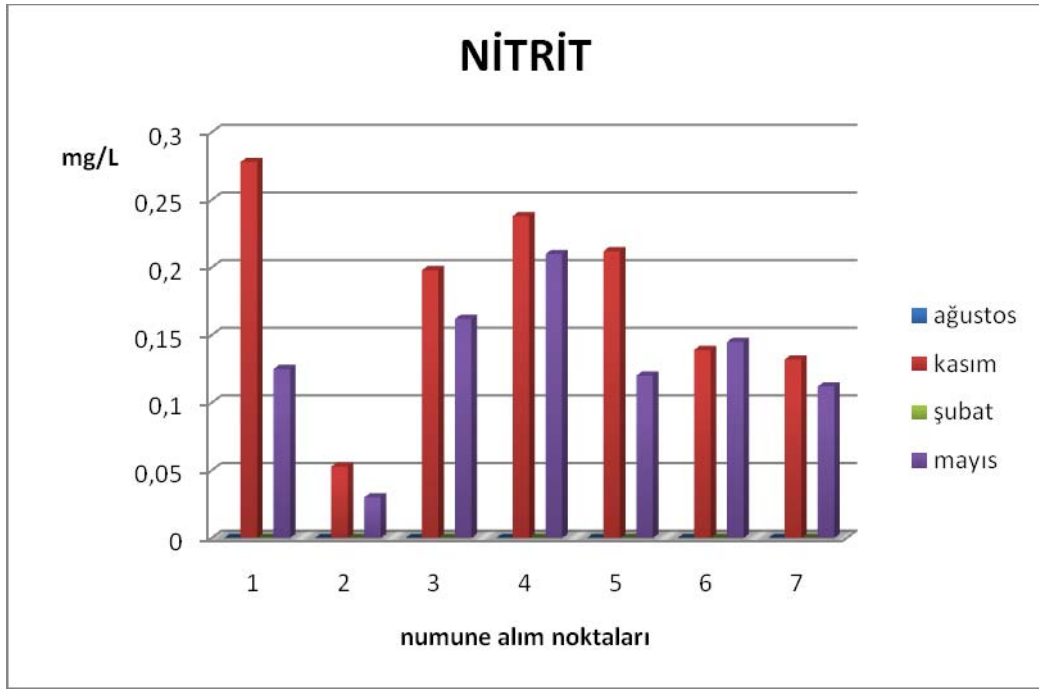
EK I-B Şekil 10 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Organik Madde Analiz Sonuçları (mg/L)



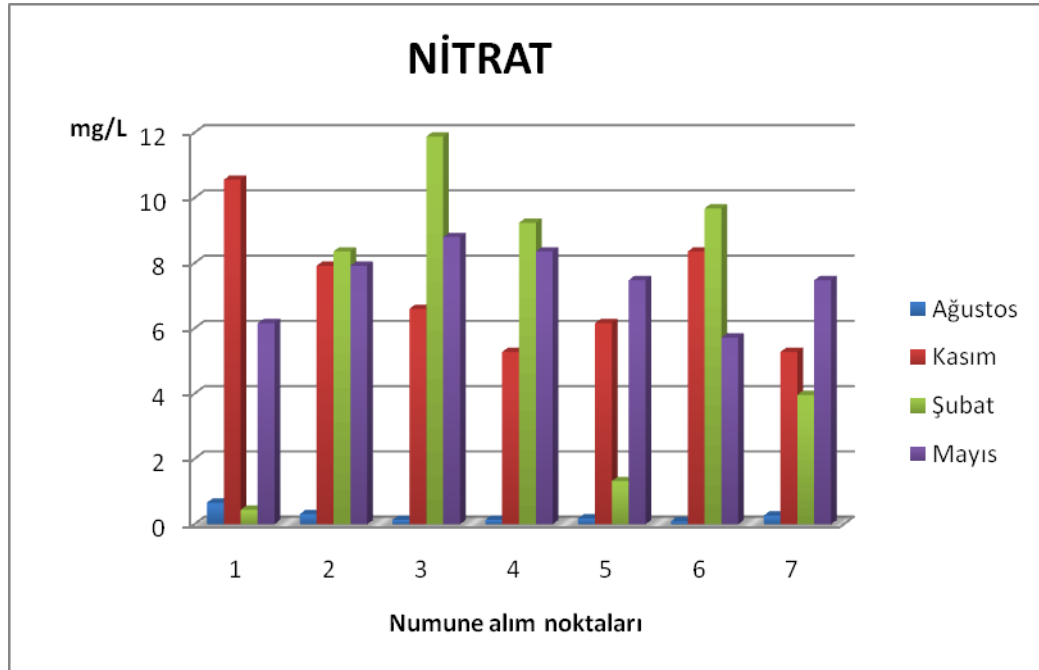
EK I-B Şekil 11 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) Analiz Sonuçları (mg/L)



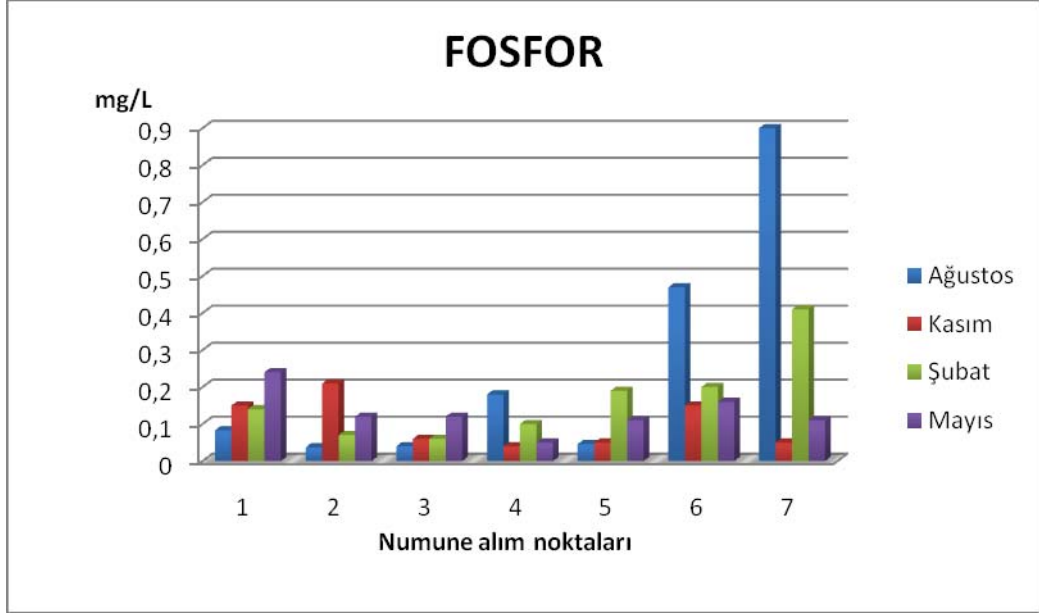
EK I-B Şekil 12 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Analiz Sonuçları (mg/L)



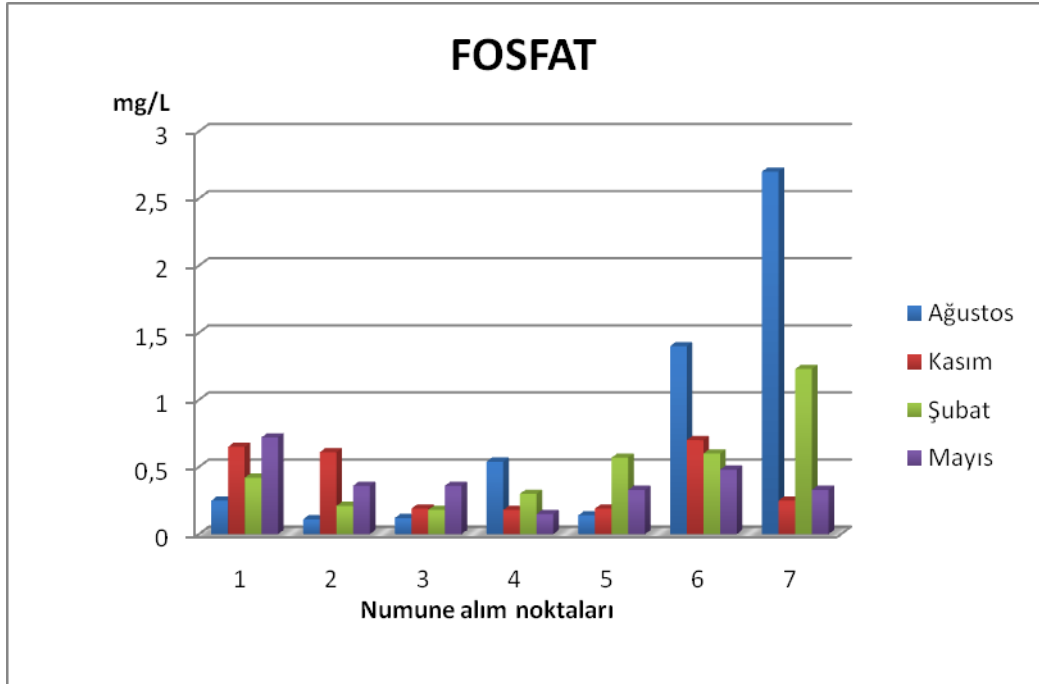
EK I-B Şekil 13 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Nitrit Analiz Sonuçları (mg/L)



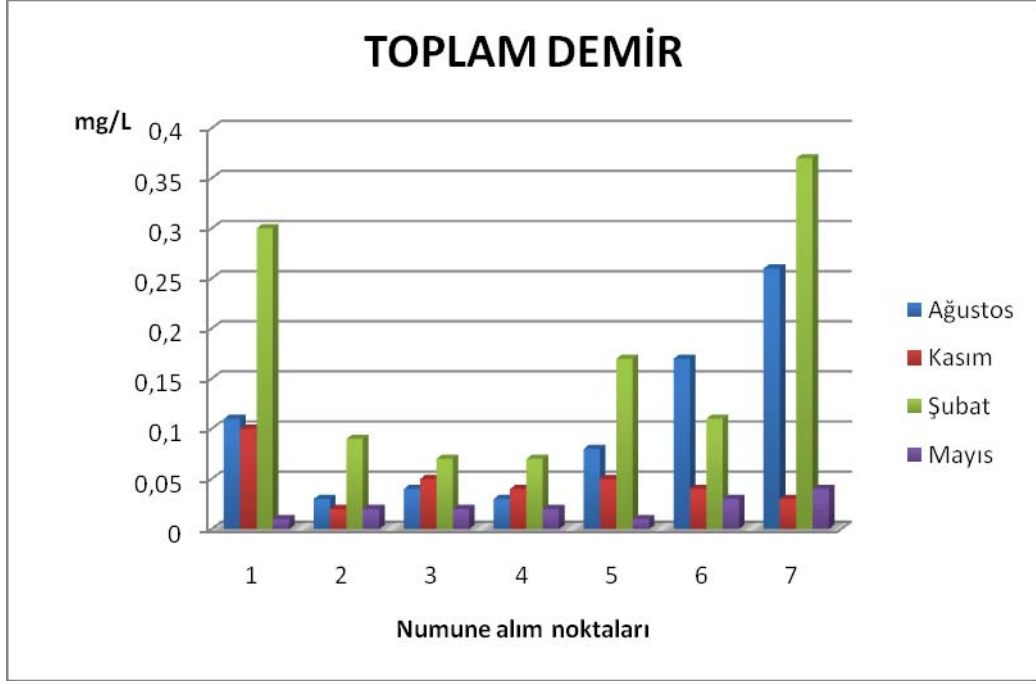
EK I-B Şekil 14 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Nitrat Analiz Sonuçları (mg/L)



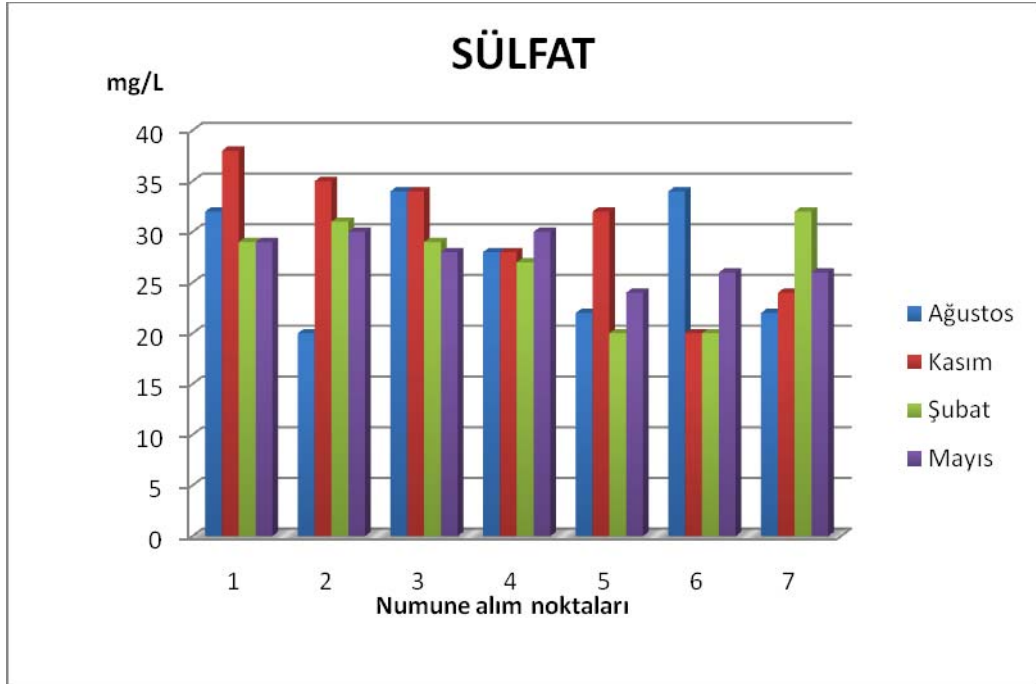
EK I-B Şekil 15 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Fosfor Analiz Sonuçları (mg/L)



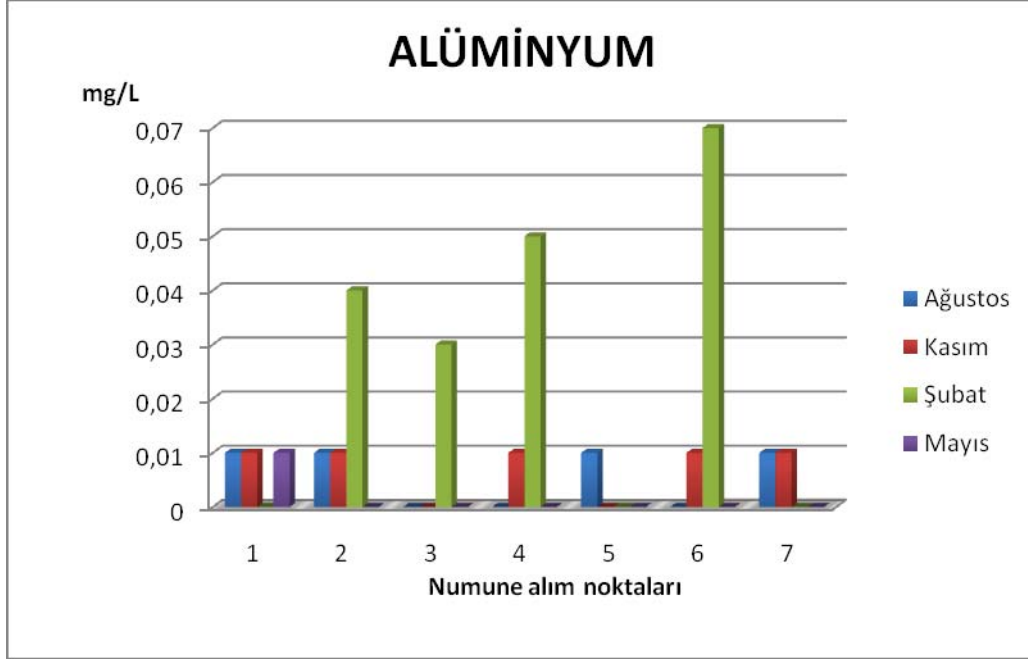
EK I-B Şekil 16 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Fosfat Analiz Sonuçları (mg/L)



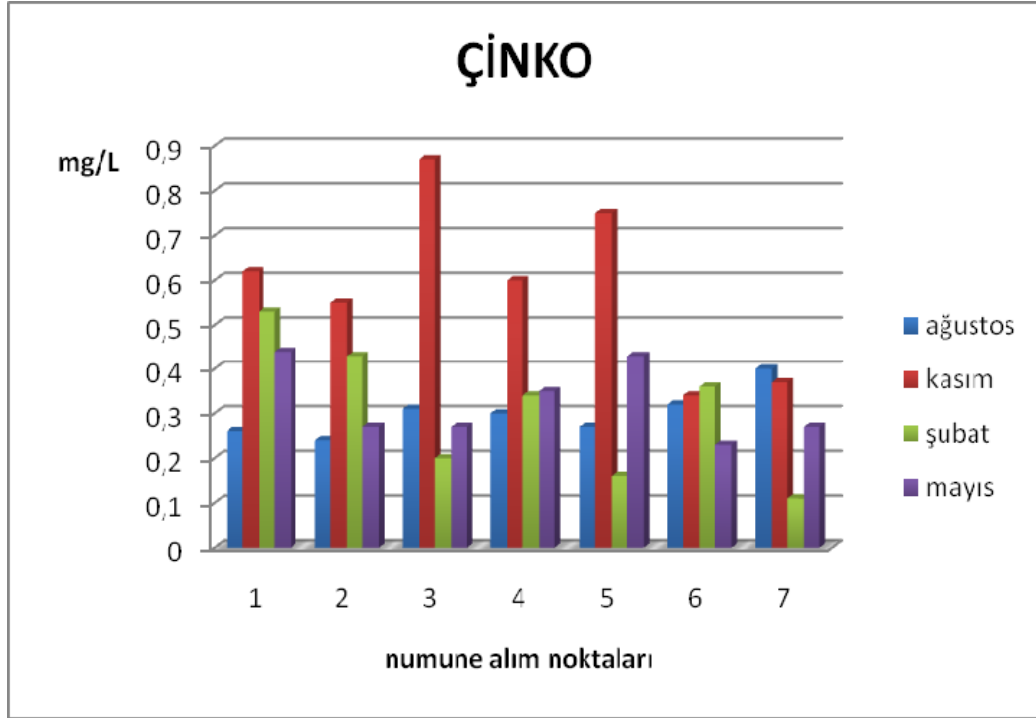
EK I-B Şekil 17 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Toplam Demir Analiz Sonuçları (mg/L)



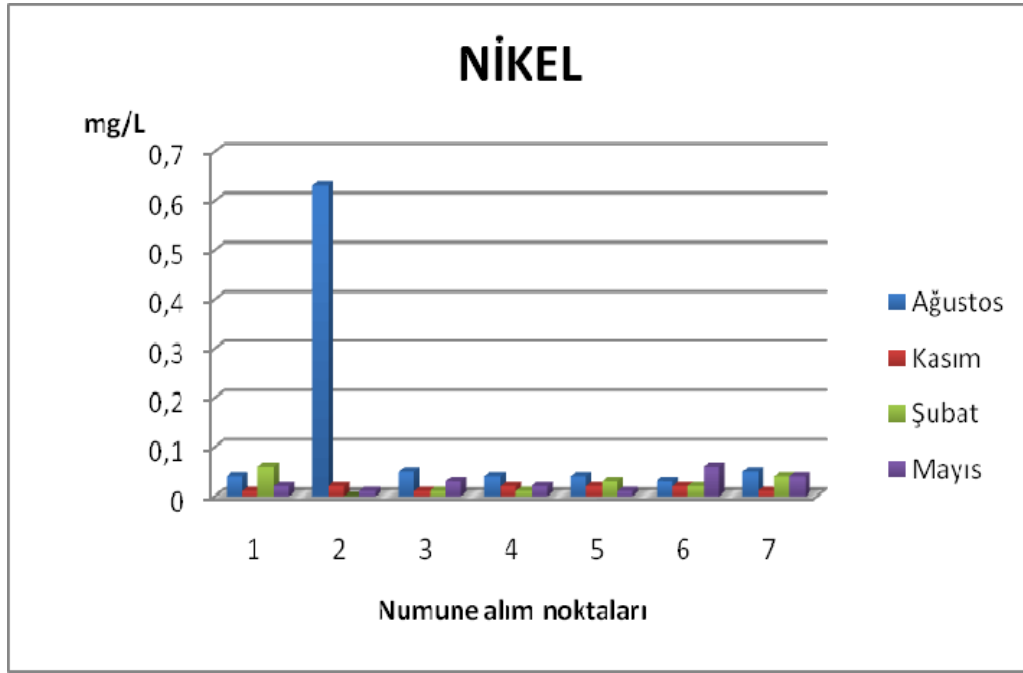
EK I-B Şekil 18 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Sülfat Analiz Sonuçları (mg/L)



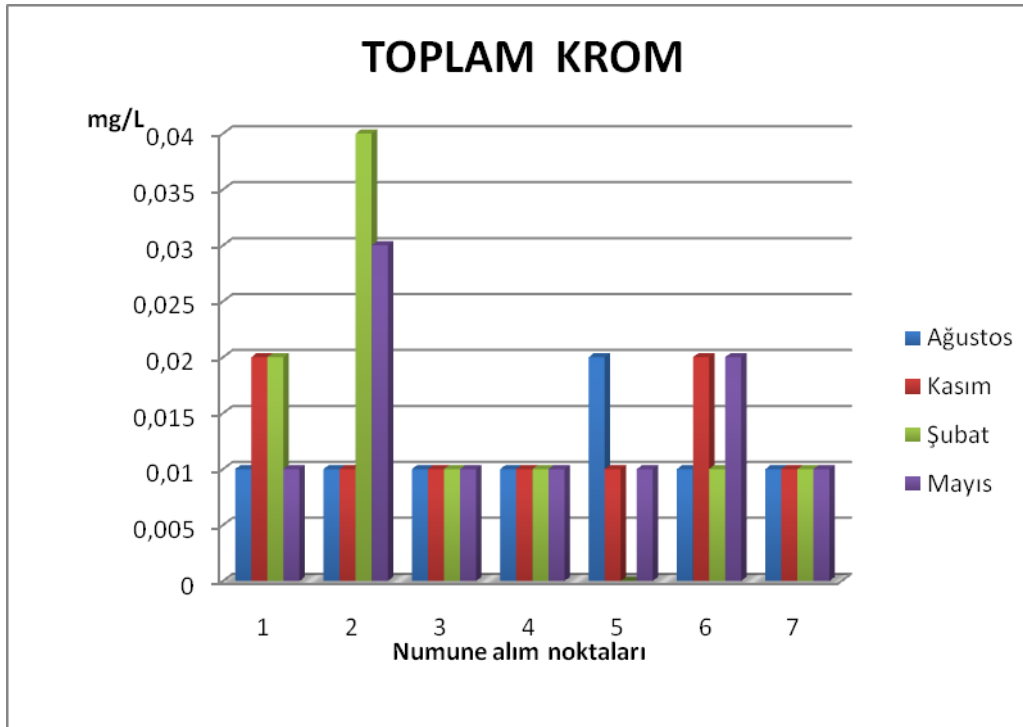
EK I-B Şekil 19 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Alüminyum Analiz Sonuçları (mg/L)



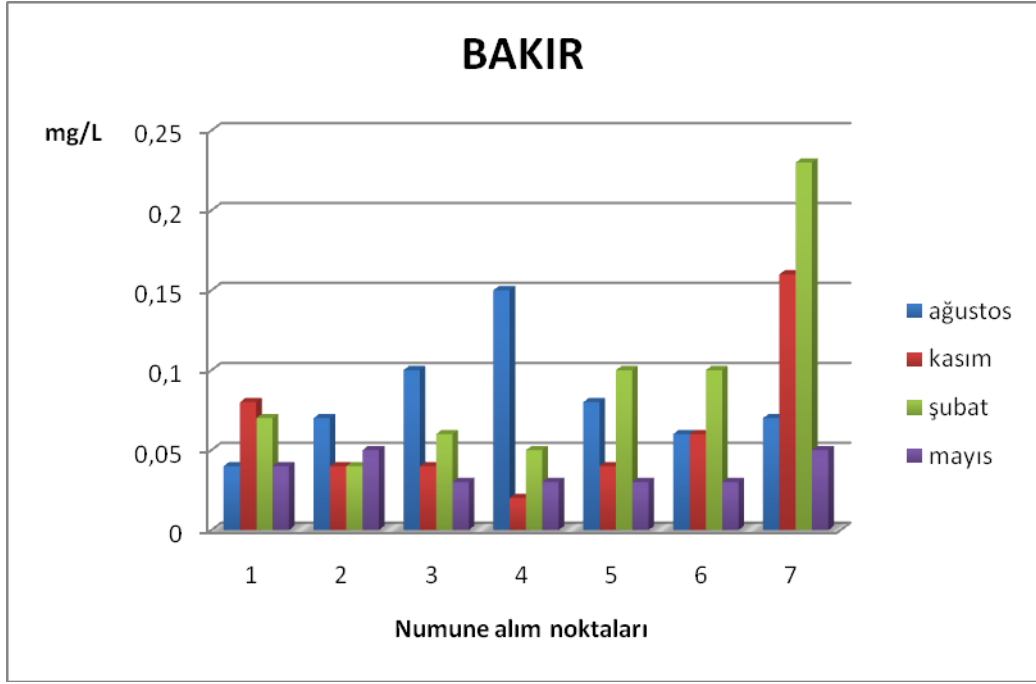
EK I-B Şekil 20 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Çinko Analiz Sonuçları (mg/L)



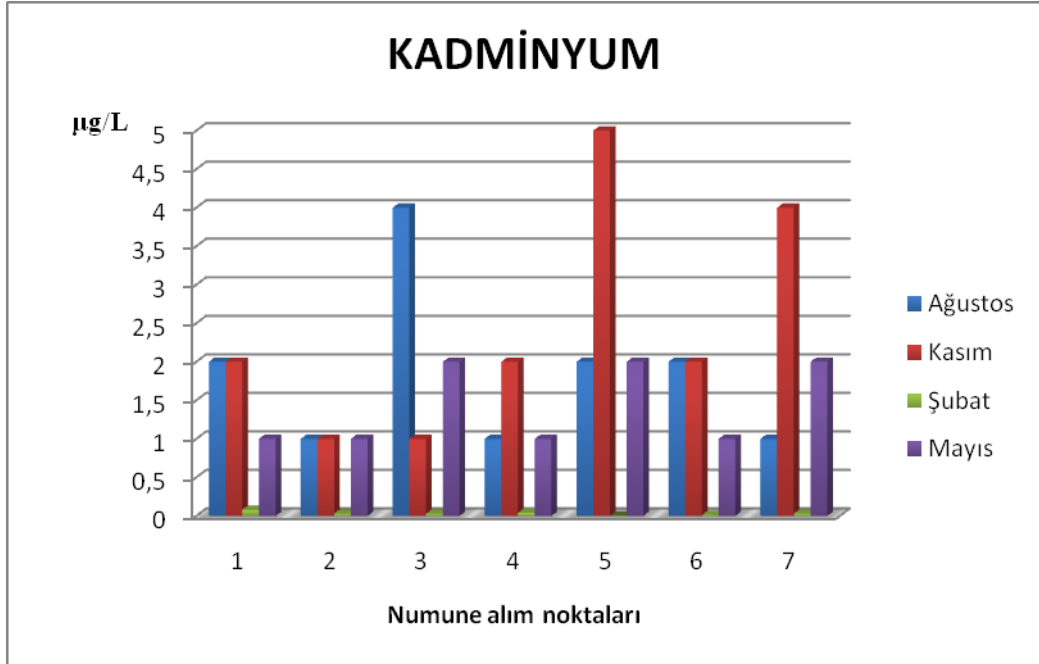
EK I-B Şekil 21 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Nikel Analiz Sonuçları (mg/L)



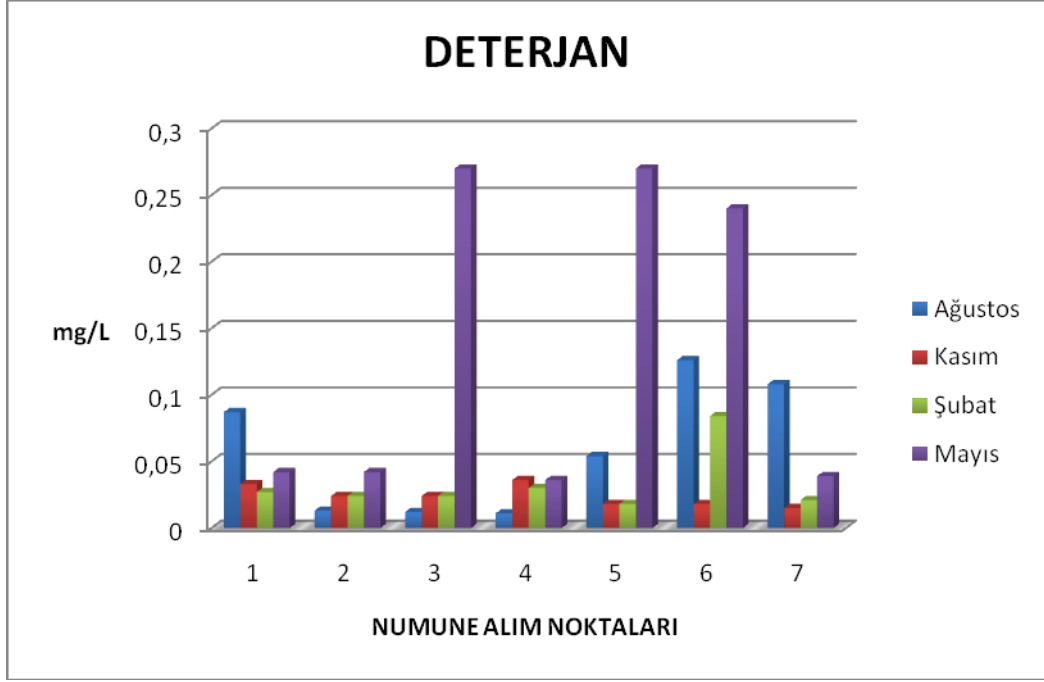
EK I-B Şekil 22 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Toplam Krom Analiz Sonuçları (mg/L)



EK I-B Şekil 23 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Bakır Analiz Sonuçları (mg/L)



EK I-B Şekil 24 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Kadmiyum Analiz Sonuçları (µg/L)



EK I-B Tablo 25 Sazlıdere Baraj Gölü'nde Numune Alım Noktalarında Aylara Göre Elde Edilen Deterjan Analiz Sonuçları (mg/L)

EK II-A**MİKROBİYOLOJİK ANALİZ SONUÇ TABLOLARI****EK II-A Tablo 1** Sazlıdere Baraj Gölü'nde 1. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı (kob /100 mL)

AYLAR	Toplam Koliform (kob/100 ml)	Fekal Koliform (kob/100 ml)	Fekal Streptokok (kob/100 ml)
2009 Ağustos	400000	0	20000
2009 Eylül	20000	0	4000
2009 Ekim	65000	2000	6000
2009 Kasım	43000	1000	2000
2009 Aralık	41000	0	11000
2010 Ocak	44000	68	3000
2010 Şubat	7000	0	37000
2010 Mart	4000	0	29000
2010 Nisan	350	2	1000
2010 Mayıs	1000	0	1000
2010 Haziran	396000	0	76
2010 Temmuz	150000	0	11000

EK II-A Tablo 2 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 2. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı (kob /100 mL)

AYLAR	Toplam Koliform (kob/100 ml)	Fekal Koliform (kob/100 ml)	Fekal Streptokok (kob/100 ml)
2009 Ağustos	19000	0	78000
2009 Eylül	20000	0	1000
2009 Ekim	52000	1000	1000
2009 Kasım	54000	1000	1000
2009 Aralık	19000	4	36000
2010 Ocak	23000	104	5000
2010 Şubat	5000	8	2000
2010 Mart	5000	0	2000
2010 Nisan	10000	0	2000
2010 Mayıs	6000	0	2000
2010 Haziran	65000	0	8
2010 Temmuz	27000	0	50000

EK II-A Tablo 3 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 3. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı (kob /100 mL)

AYLAR	Toplam Koliform (kob/100 ml)	Fekal Koliform (kob/100 ml)	Fekal Streptokok (kob/100 ml)
2009 Ağustos	117000	0	20000
2009 Eylül	8000	0	87000
2009 Ekim	70000	1000	10000
2009 Kasım	50000	1000	4000
2009 Aralık	12000	12	16
2010 Ocak	35000	306	10000
2010 Şubat	10000	8	1000
2010 Mart	145000	120	94000
2010 Nisan	3000	0	2000
2010 Mayıs	5000	0	3000
2010 Haziran	45000	0	196
2010 Temmuz	17000	0	10000

EK II-A Tablo 4 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 4. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı (kob /100 mL)

AYLAR	Toplam Koliform (kob/100 ml)	Fekal Koliform (kob/100 ml)	Fekal Streptokok (kob/100 ml)
2009 Ağustos	550000	0	90000
2009 Eylül	30000	2000	47000
2009 Ekim	100000	2000	2000
2009 Kasım	27000	2000	1000
2009 Aralık	40000	34000	56000
2010 Ocak	500000	50000	84000
2010 Şubat	19000	26	17000
2010 Mart	50000	418	27000
2010 Nisan	5000	150	11000
2010 Mayıs	36000	0	5000
2010 Haziran	208000	0	7000
2010 Temmuz	70000	0	8000

EK II-A Tablo 5 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 5. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı (kob /100 mL)

AYLAR	Toplam Koliform (kob/100 ml)	Fekal Koliform (kob/100 ml)	Fekal Streptokok (kob/100 ml)
2009 Ağustos	100000	0	81000
2009 Eylül	40000	0	13000
2009 Ekim	60000	1000	1000
2009 Kasım	85000	2000	3000
2009 Aralık	22000	128	12000
2010 Ocak	13000	320	11000
2010 Şubat	10000	4	9000
2010 Mart	7000	52	2000
2010 Nisan	3000	84	3000
2010 Mayıs	10000	0	0
2010 Haziran	31000	0	100
2010 Temmuz	14000	0	25000

EK II-A Tablo 6 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 6. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı (kob /100 mL)

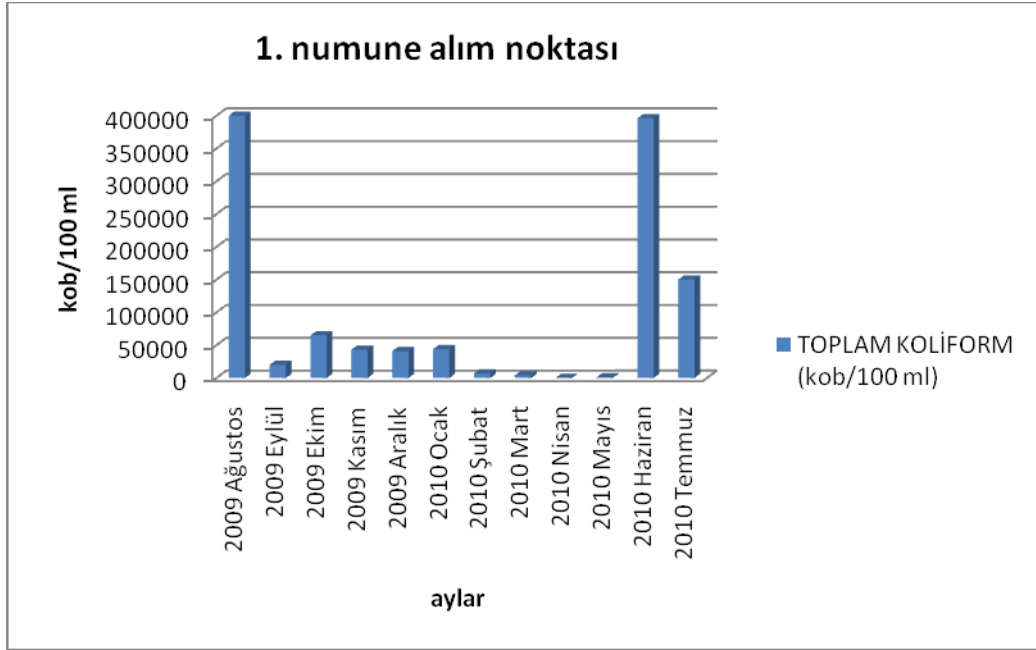
AYLAR	Toplam Koliform (kob/100 ml)	Fekal Koliform (kob/100 ml)	Fekal Streptokok (kob/100 ml)
2009 Ağustos	70000	0	51000
2009 Eylül	5000	4000	3000
2009 Ekim	51000	1000	8000
2009 Kasım	30000	1000	1000
2009 Aralık	35000	3000	13000
2010 Ocak	52000	1000	6000
2010 Şubat	18000	2000	9000
2010 Mart	4000	0	9000
2010 Nisan	34	0	7000
2010 Mayıs	5000	0	2000
2010 Haziran	23000	0	396
2010 Temmuz	6000	0	32000

EK II-A Tablo 7 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 7. Numune Alım Noktasında Aylara Göre İncelenen Bakterilerin Sayısı (kob /100 mL)

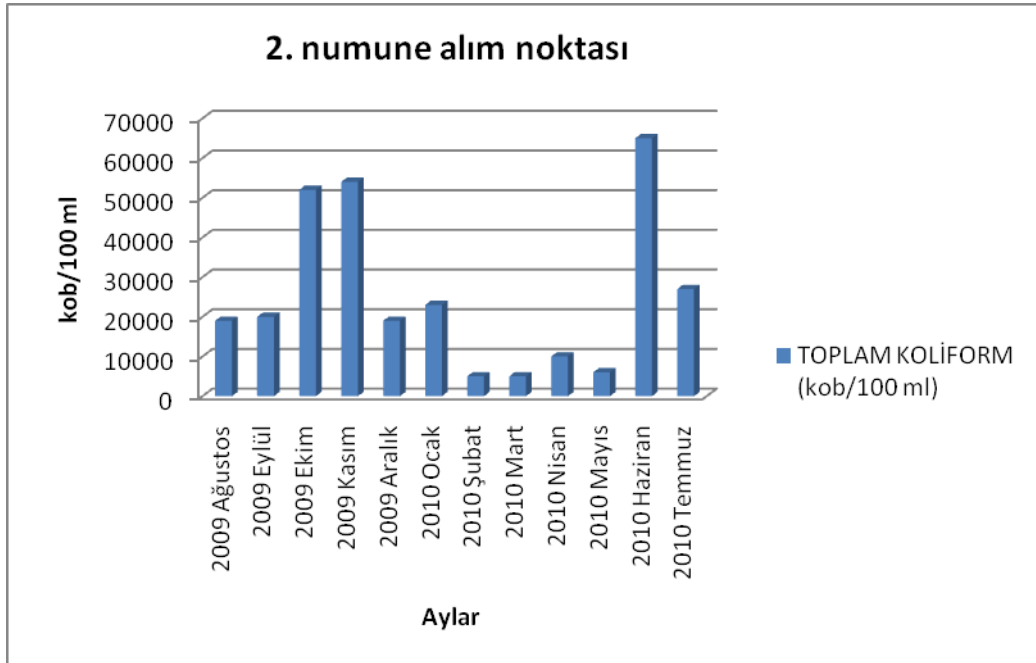
AYLAR	Toplam Koliform (kob/100 ml)	Fekal Koliform (kob/100 ml)	Fekal Streptokok (kob/100 ml)
2009 Ağustos	200000	0	62000
2009 Eylül	100000	1000	2000
2009 Ekim	30000	3000	6000
2009 Kasım	87000	2000	2000
2009 Aralık	21000	7000	49000
2010 Ocak	106000	5000	31000
2010 Şubat	92000	48	7000
2010 Mart	1000	58	10000
2010 Nisan	2000	4	26000
2010 Mayıs	3000	0	1000
2010 Haziran	19000	0	8000
2010 Temmuz	16000	0	57000

EK II-B

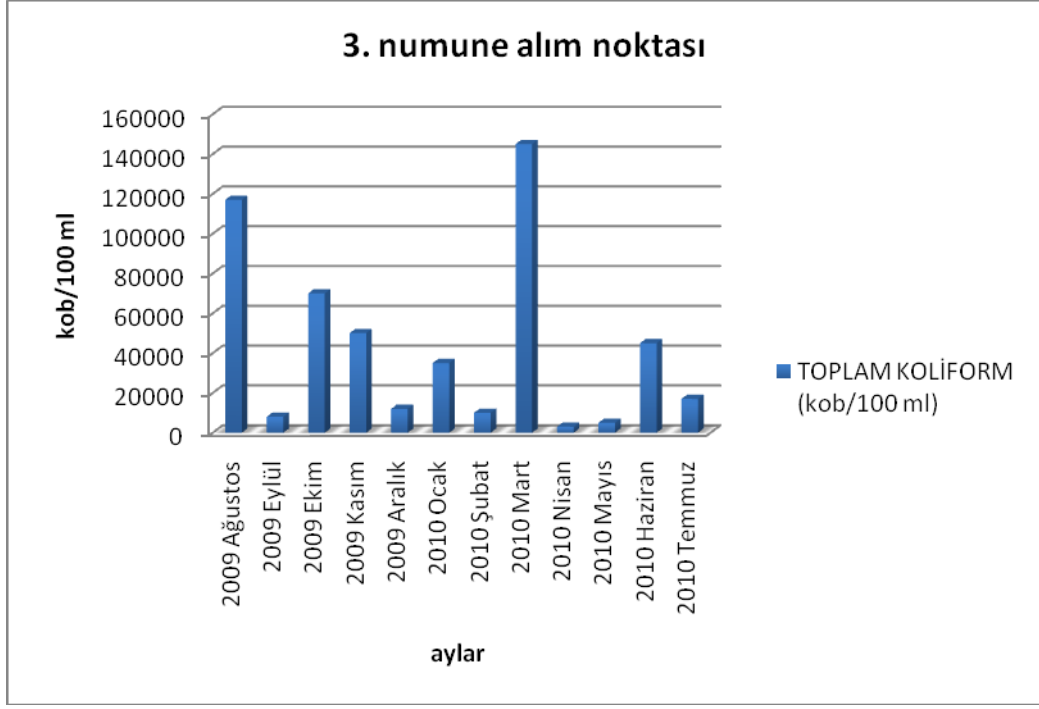
TOPLAM KOLİFORM BAKTERİLERİ ANALİZ SONUÇ GRAFİKLERİ



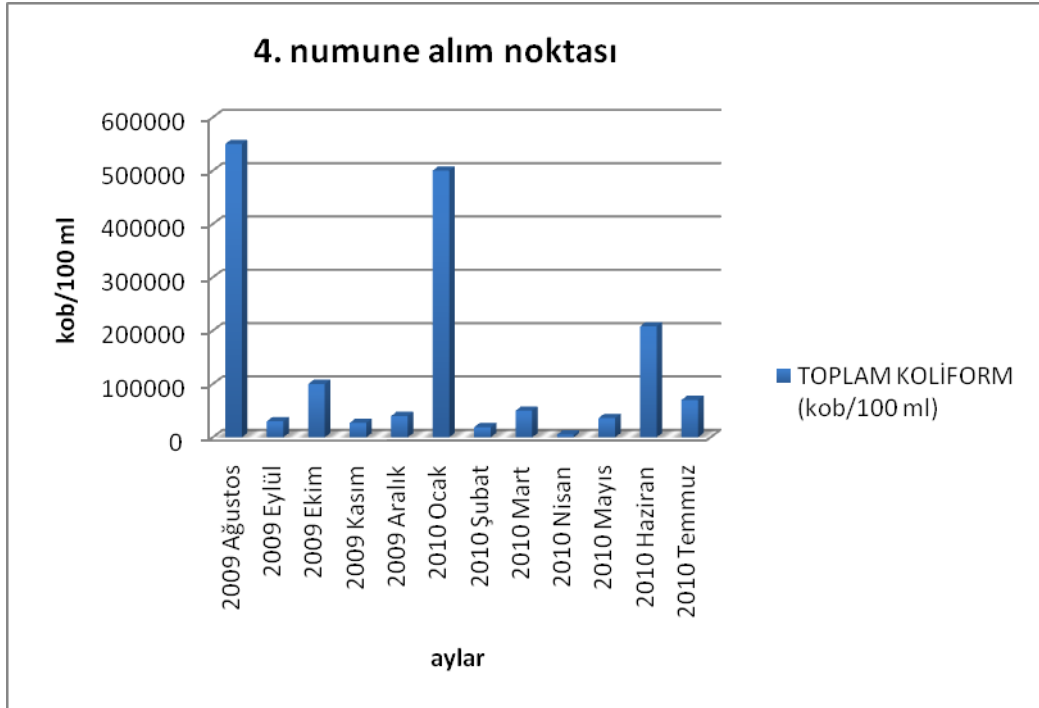
EK II-B Şekil 1 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 1. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Koliform Bakteri Sayısı



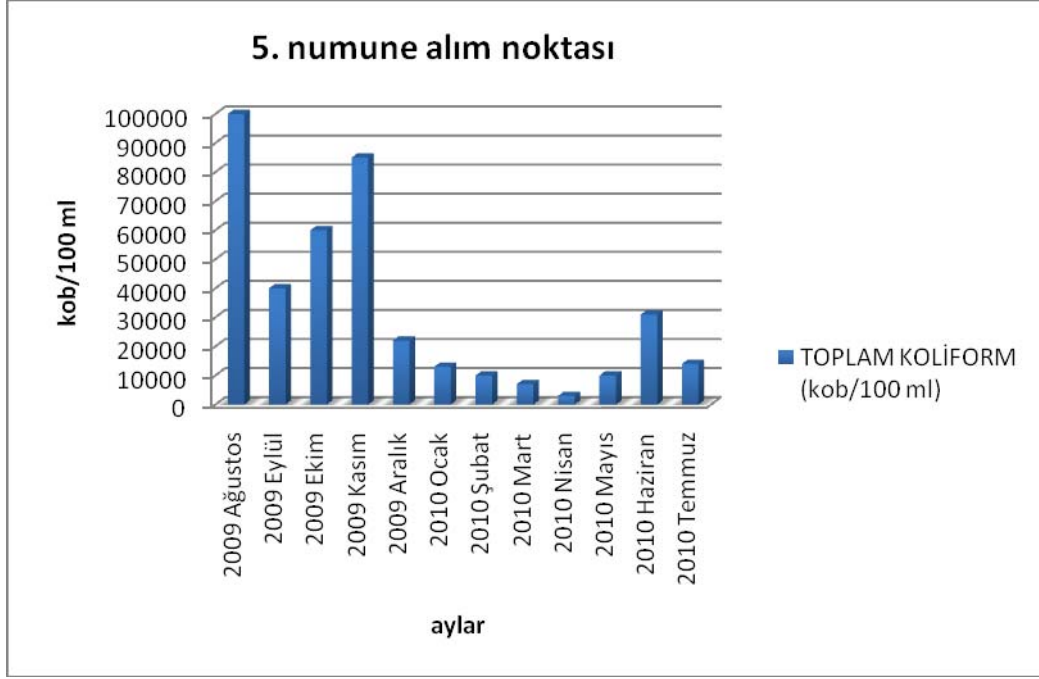
EK II-B Şekil 2 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 2. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Koliform Bakteri Sayısı



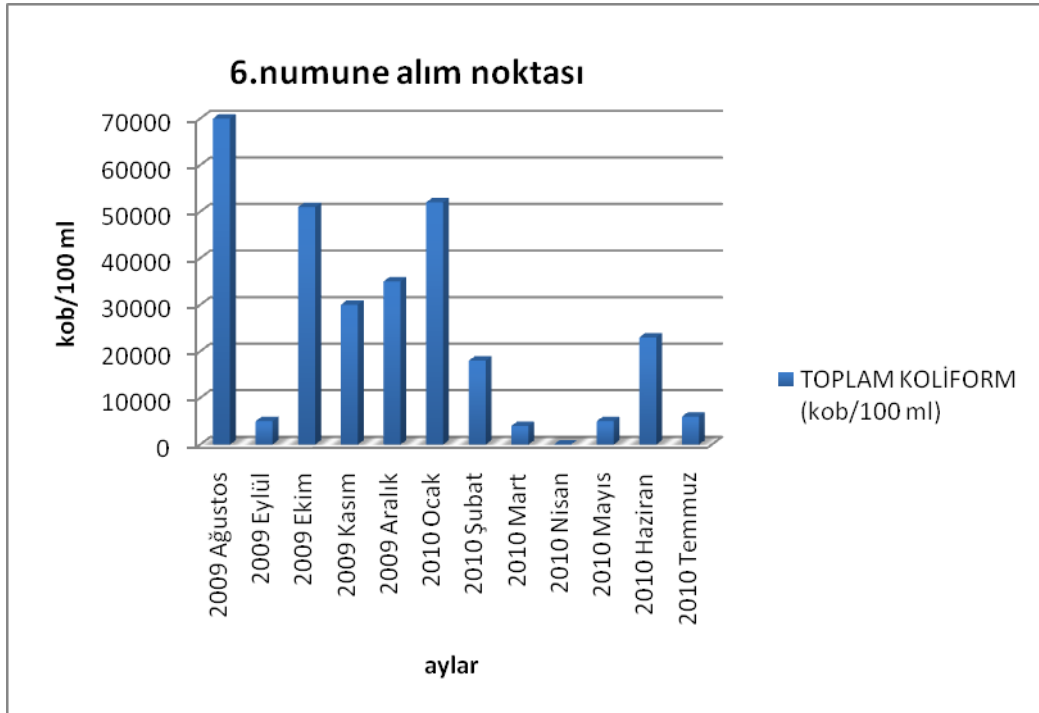
EK II-B Şekil 3 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 3. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Koliform Bakteri Sayısı



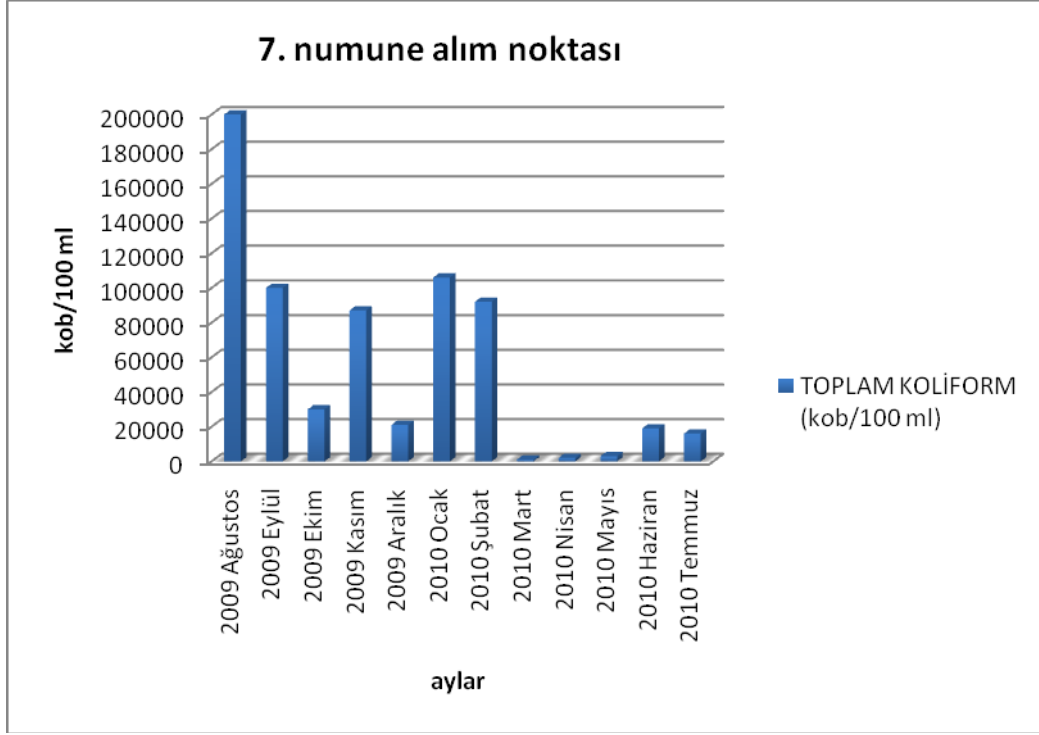
EK II-B Şekil 4 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 4. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Toplam Koliform Bakteri Sayısı



EK II-B Şekil 5 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 5. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Toplam Koliform Bakteri Sayısı



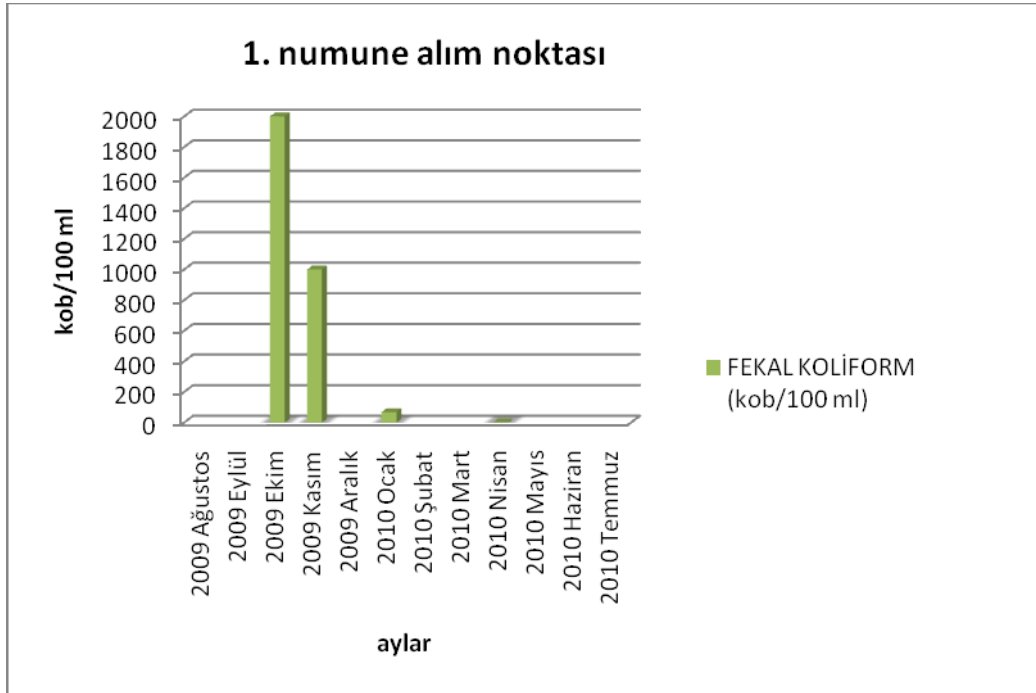
EK II-B Şekil 6 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 6. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Toplam Koliform Bakteri Sayısı



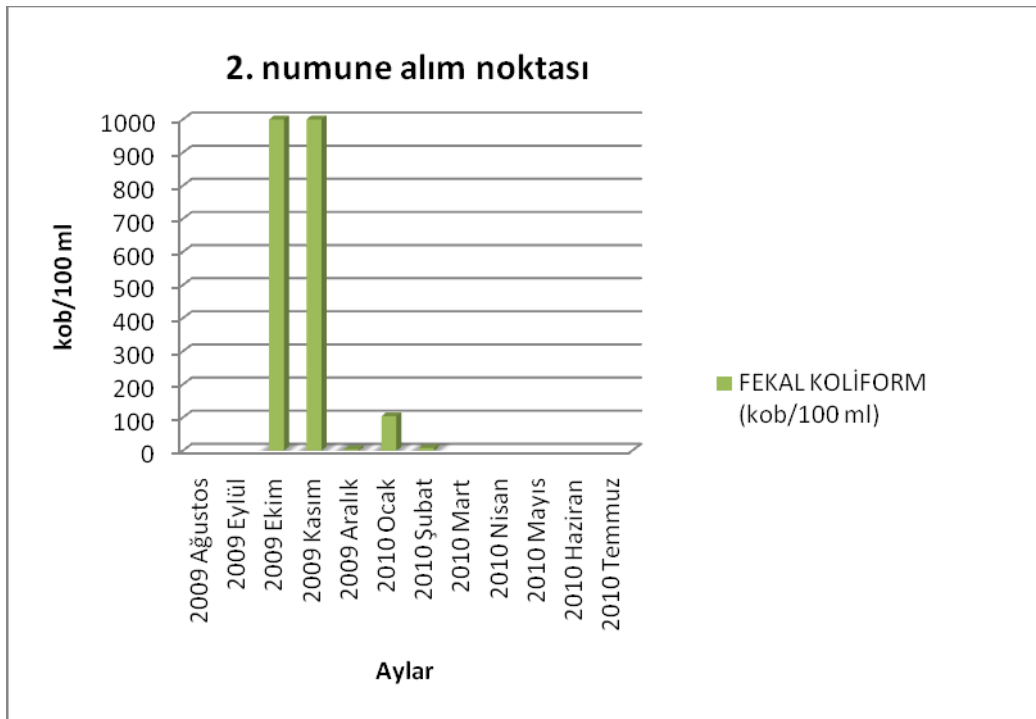
EK II-B Şekil 7 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 7. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Toplam Koliform Bakteri Sayısı

EK II-C

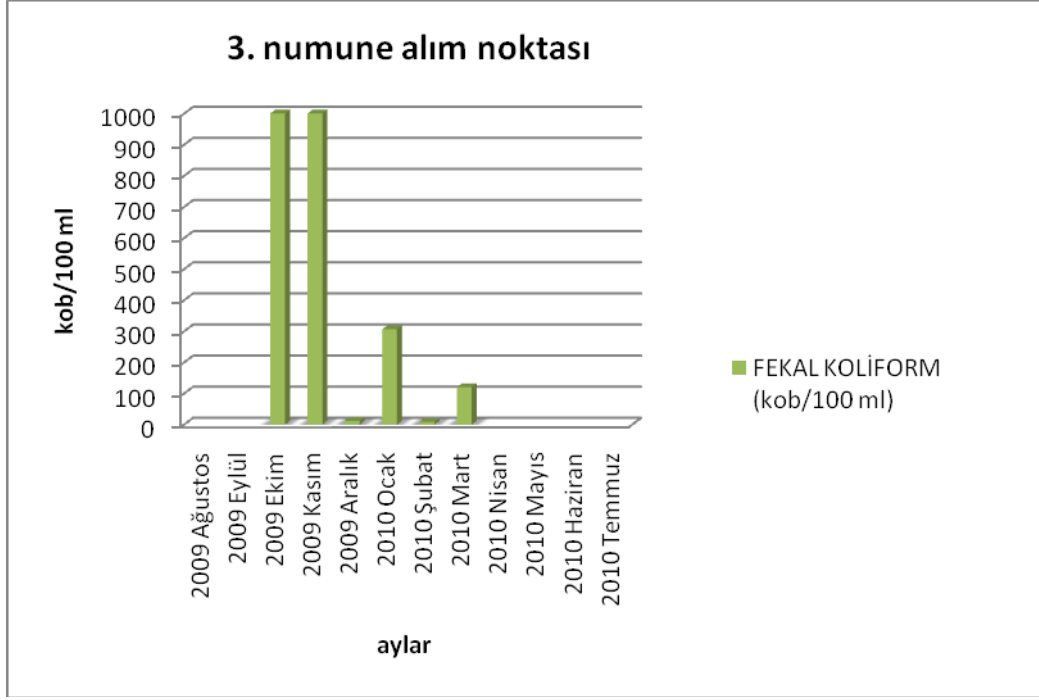
FEKAL KOLİFORM BAKTERİLERİ ANALİZ SONUÇ GRAFİKLERİ



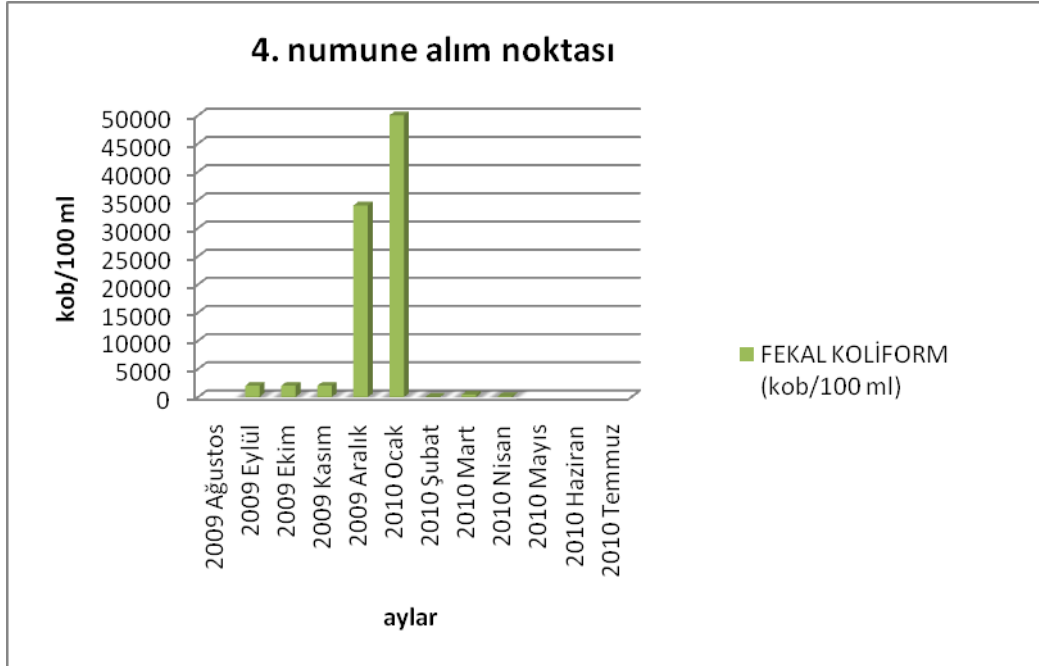
EK II-C Şekil 1 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 1. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı



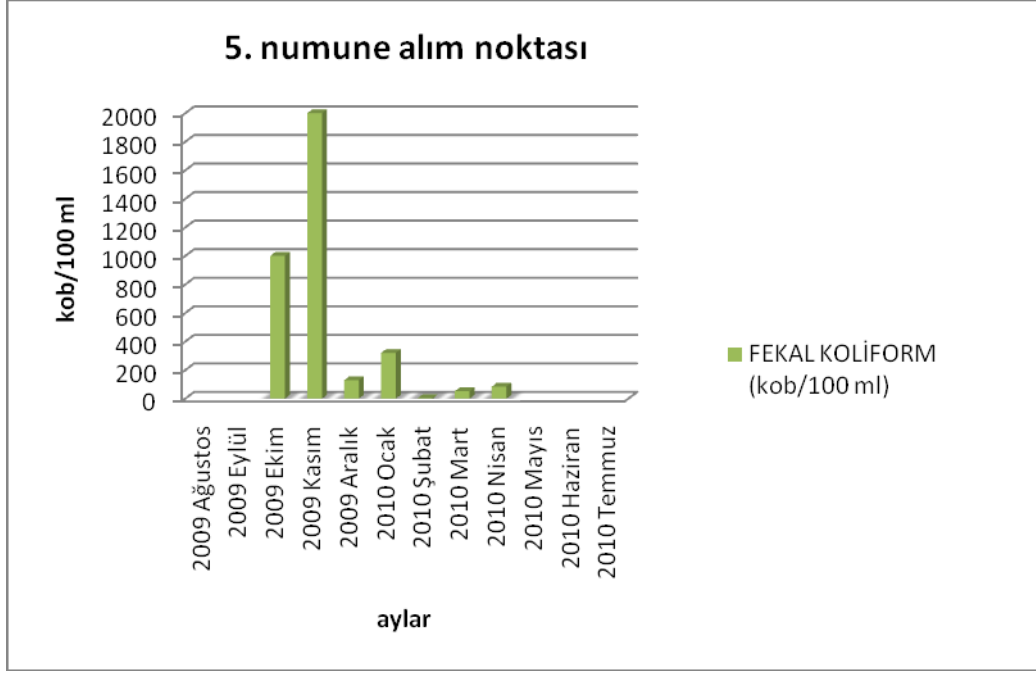
EK II-C Şekil 2 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 2. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı



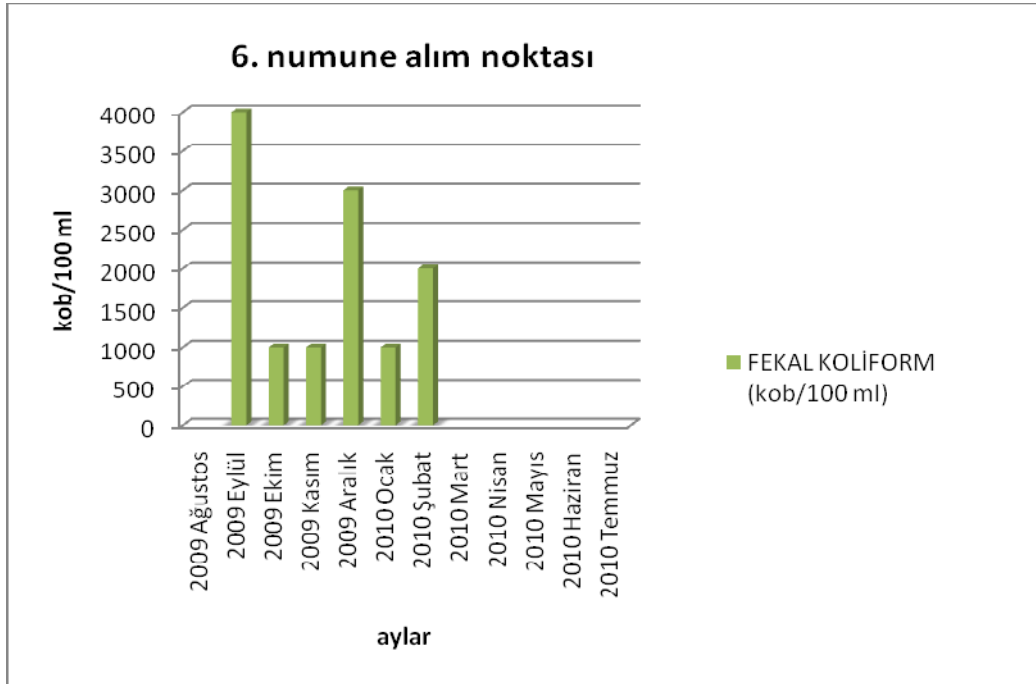
EK II-C Şekil 3 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 3. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı



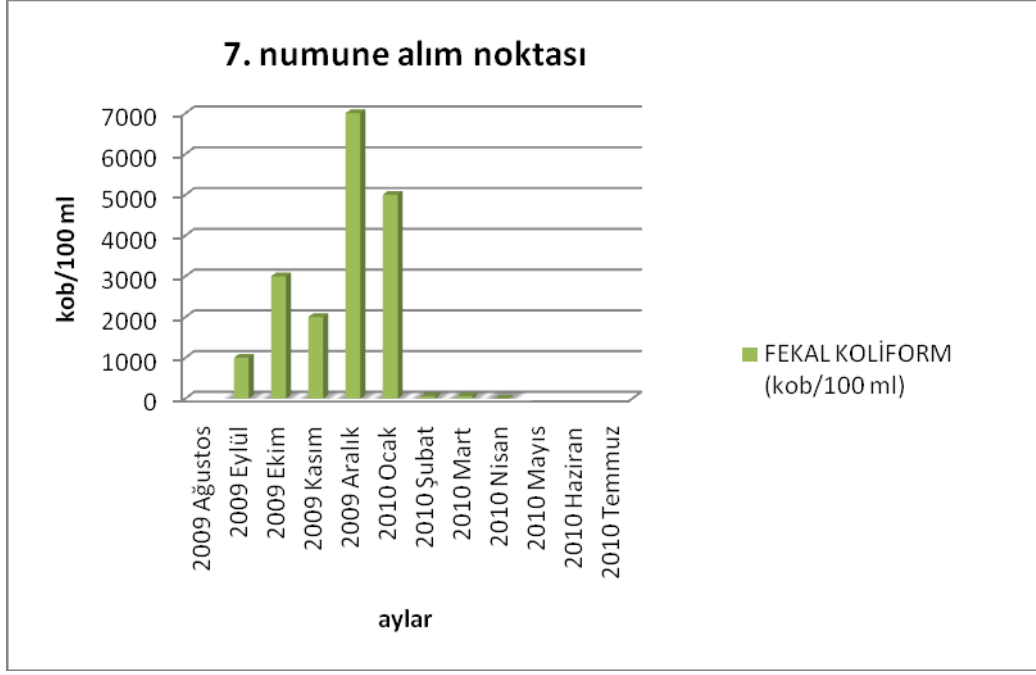
EK II-C Şekil 4 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 4. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı



EK II-C Şekil 5 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 5. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı



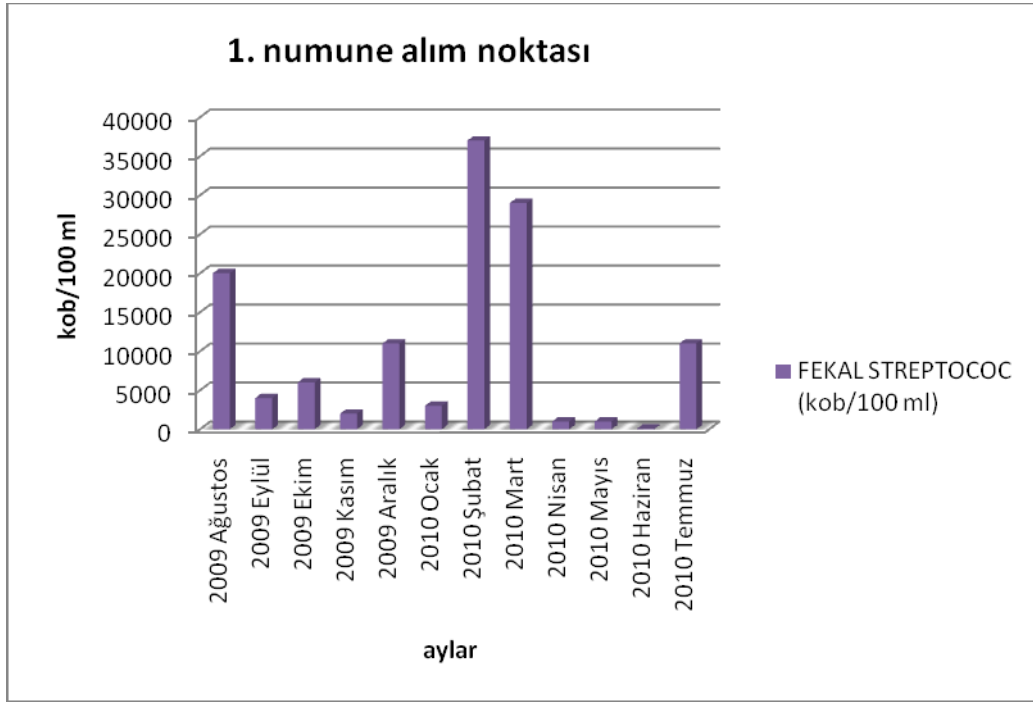
EK II-C Şekil 6 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 6. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı



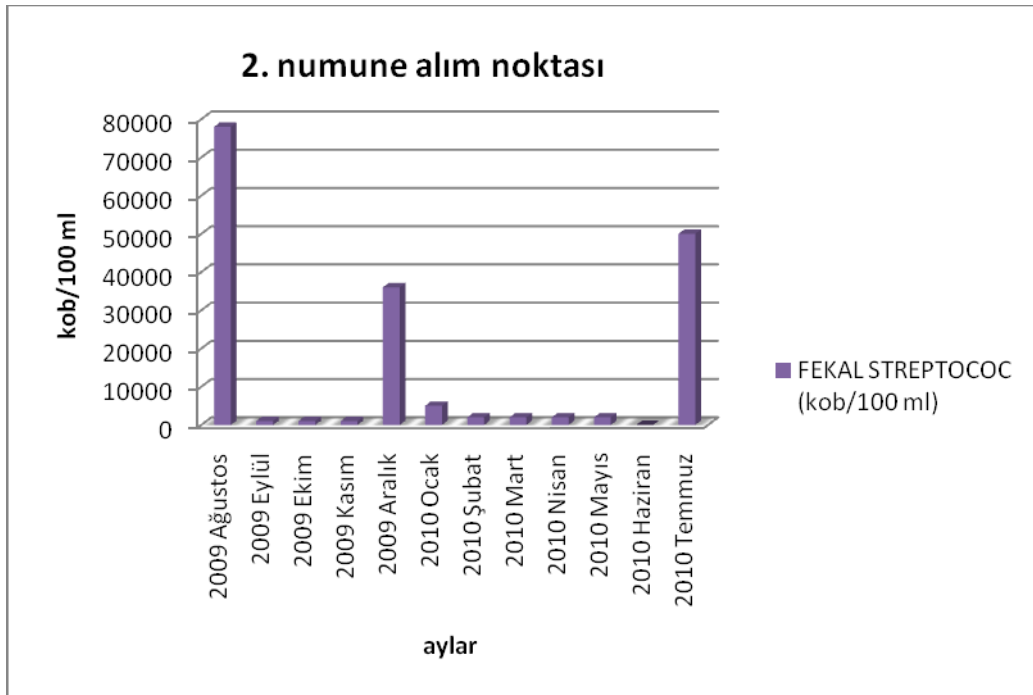
EK II-C Şekil 7 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 7. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Koliform Bakteri Sayısı

EK II-D

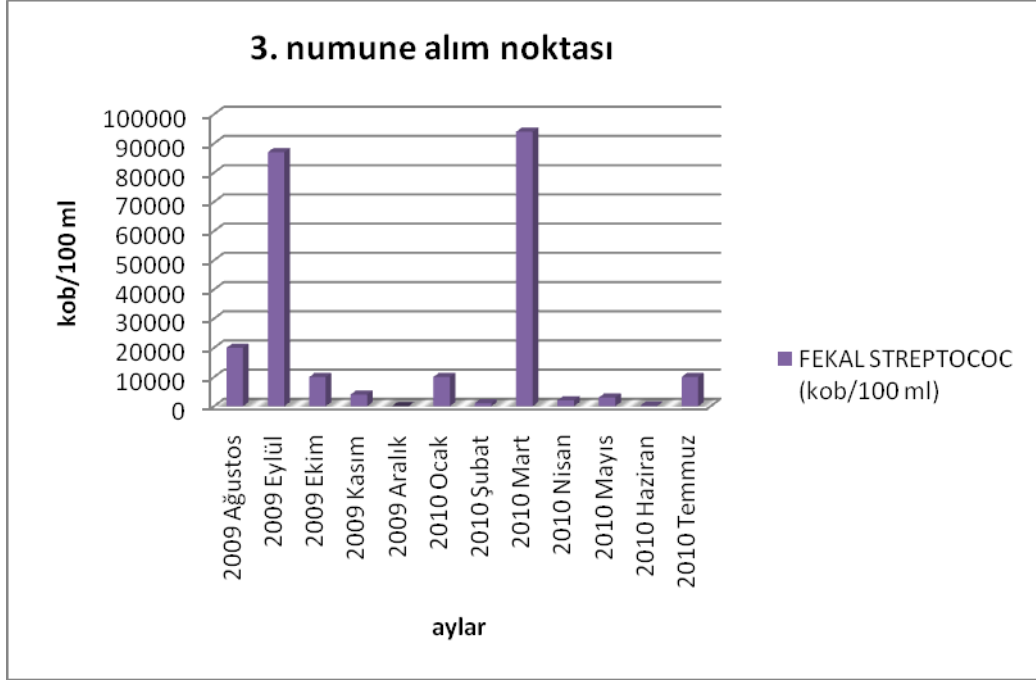
FEKAL STREPTOKOK BAKTERİLERİ ANALİZ SONUÇ GRAFİKLERİ



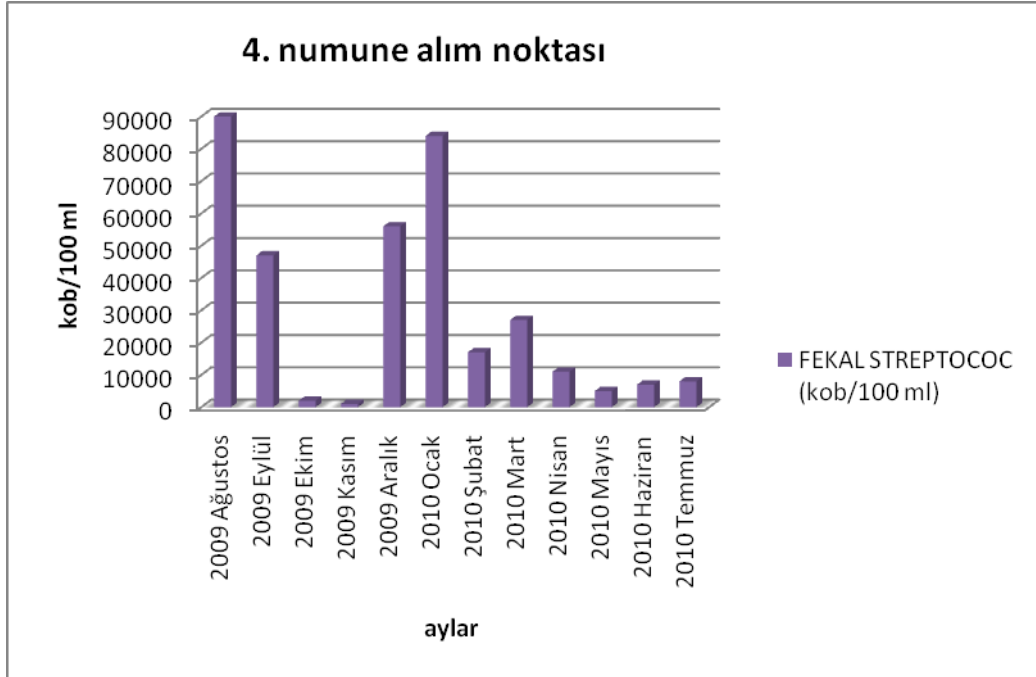
EK II-D Şekil 1 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 1. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı



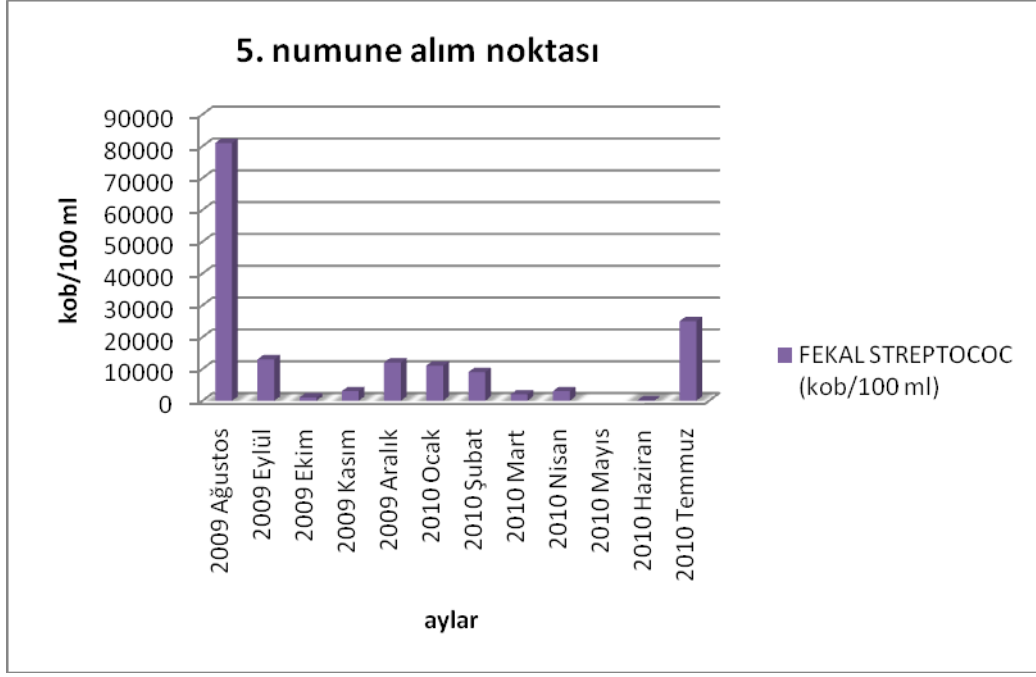
EK II-D Şekil 2 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 2. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı



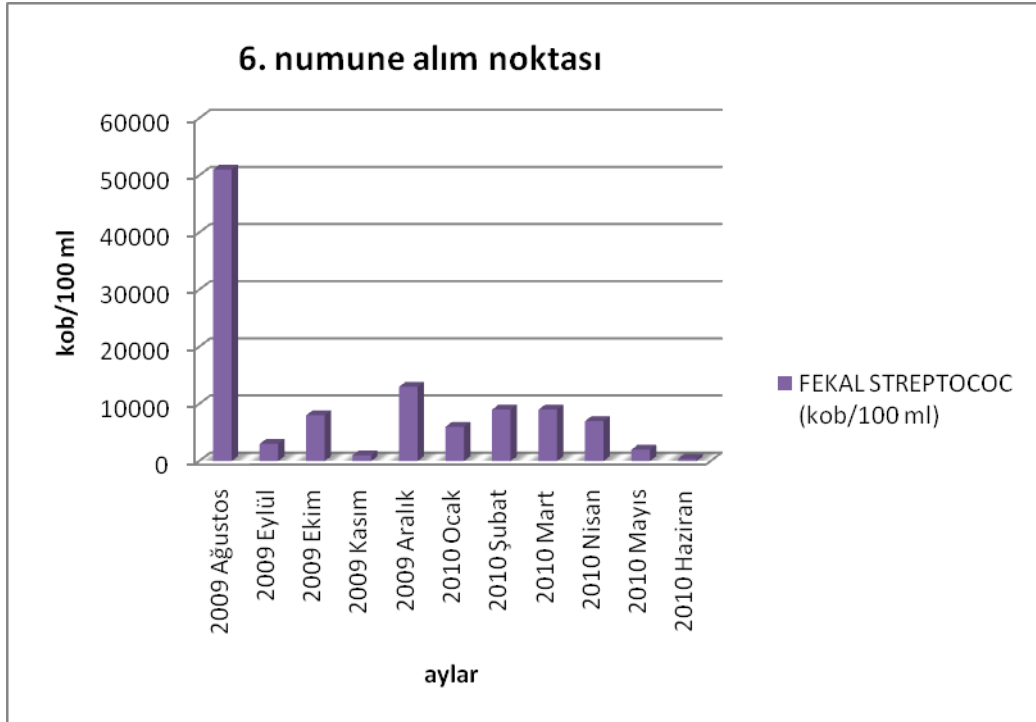
EK II-D Şekil 3 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 3. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı



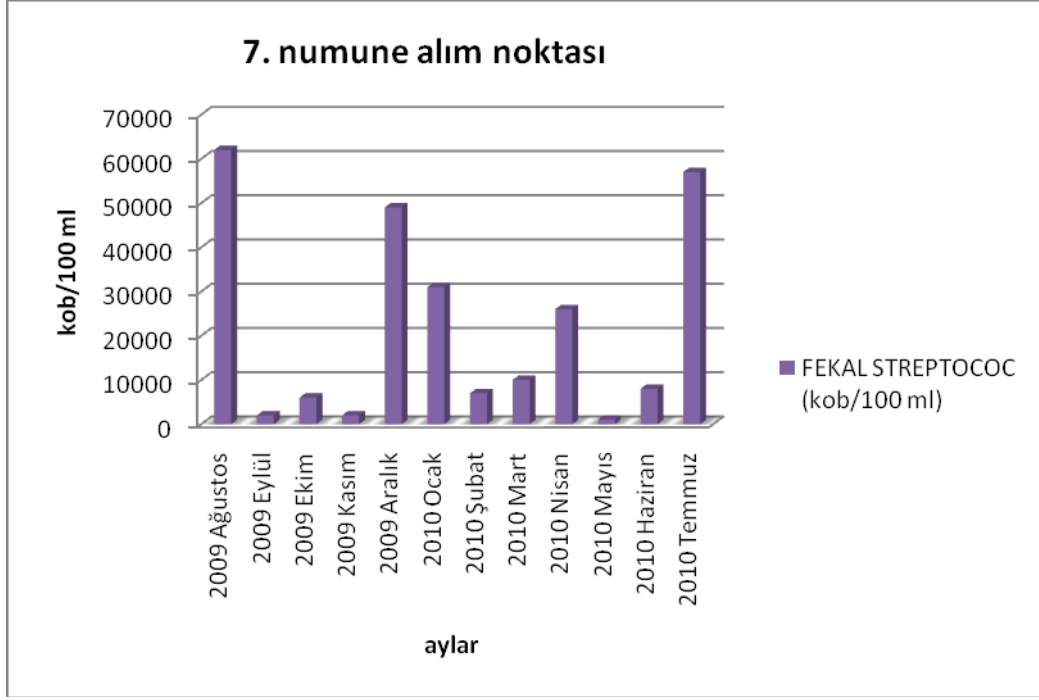
EK II-D Şekil 4 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 4. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı



EK II-D Şekil 5 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 5. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı



EK II-D Şekil 6 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 6. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı



EK II-D Şekil 7 Sazlıdere Baraj Gölü'nde 7. Numune Alım Noktasının Aylara Göre Fekal Streptokok Bakteri Sayısı

EK-III

Ek III TABLO 1: KITAİÇİ SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLER

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal Parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri^d				
1) Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr ⁺⁶ /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F ⁻ /L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl ₂ /L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg S ⁻ /L)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/L)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/L)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃ N/L değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/L'ye kadar düşürmek gerekebilir

EK III Tablo 2 Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal ve Toksik Elementlerin Konsantrasyonları

Elementler	Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar, kg/ha	İzin verilen maksimum konsantrasyonlar	
		Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda sınır değerler mg/1	pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında, mg/1
Alüminyum (Al)	4600	5.0	20.0
Arsenik (As)	90	0.1	2.0
Berilyum (Be)	90	0.1	0.5
Bor (B)	680	- ³	2.0
Kadmiyum (Cd)	9	0.01	0.05
Krom (Cr)	90	0.1	1.0
Kobalt (Co)	45	0.05	5.0
Bakır (Cu)	190	0.2	5.0
Florür (F)	920	1.0	15.0
Demir (Fe)	4600	5.0	20.0
Kurşun (Pb)	4600	5.0	10.0
Lityum (Li) ¹	-	2.5	2.5
Manganez (Mn)	920	0.2	10.0
Molibden (Mo)	9	0.01	0.05 ²
Nikel (Ni)	920	0.2	2.0
Selenyum (Se)	16	0.02	0.02
Vanadyum (V)	-	0.1	1.0
Çinko (Zn)	1840	2.0	10.0

¹Sulanan narenciye için 0.075 mg/1'dir.

²Yalnız demir içeriği fazla olan asitli killi topraklarda izin verilen konsantrasyondur

Ek III Tablo 3 Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametreleri

	Sulama suyu sınıfı				
	I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
Kalite kriterleri					
EC ₂₅ x10 ⁶	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	> 3000
Değişebilir Sodyum Yüzdesi (% Na)	< 20	20-40	40-60	60-80	> 80
Sodyum Adsorbsiyon oranı (SAR)	< 10	10-18	18-26	> 26	
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC) meq/l	> 1.25	1.25-2.5	> 2.5		
Mg/l	< 66	66-133	> 133		
Klorür (Cl ⁻), meq/l	0-4	4-7	7-12	12-20	> 20
Mg/l	0-142	142-249	249-426	426-710	> 710
Sülfat (SO ₄ ⁼) meq/l	0-4	4-7	7-12	12-20	> 20
mg/l	0-192	192-336	336-575	575-960	> 960
Toplam tuz konsantrasyonu (mg/l)	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	> 2100
Bor konsantrasyonu (mg/l)	0-0.5	0.5-1.12	1.12-2.0	> 2.0	-
Sulama suyu sınıfı	C ₁ S ₁	C ₁ S ₂ , C ₂ S ₂ , C ₂ S ₁	C ₁ S ₃ , C ₂ S ₃ , C ₃ S ₃ , C ₃ S ₂ , C ₃ S ₁	C ₁ S ₄ , C ₂ S ₄ , C ₃ S ₄ , C ₄ S ₄ , C ₄ S ₃ , C ₄ S ₂ , C ₄ S ₁	-
NO ₃ ⁻ veya NH ₄ ⁺ mg/l	0-5	5-10	10-30	30-50	> 50
Fekal Koliform 1/100 ml	0-2	2-20	20-100	100-1000	> 1000

Ek III Tablo 4 Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri

İstenen özellikler	Kullanım alanı	
	Doğal koruma alanı ve rekreasyon	Çeşitli kullanımlar için (doğal olarak tuzlu, acı ve sodalı göller dahil)
pH	6.5-8.5	6-10.5
KOİ (mg/L)	3	8
ÇO (mg/L)	7.5	5
AKM (mg/L)	5	15
Toplam koliform sayısı (EMS)/100 mL	1000	1000
Toplam azot (mg/L)	0.1	1
Toplam fosfor (mg/L)	0.005	0.1
Klorofil-a (mg/L)	0.008	0.025



EK III Şekil 1 Derelerin Birleşim Noktasında Su Yüzeyinde Görülen Alg Birikimi



EK III Şekil 2 Sazlıbosna Yolu Üzerine Bırakılan Hayvansal Atıklar



EK III Şekil 3 Dereğzında Otlatılan Küçükbaş Hayvanlar

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Ankara’da doğdum. İlk öğrenimimi İstanbul’da Kazım Karabekir İlköğretim Okulu’nda, orta öğrenimimi Bahçelievler Kocasinan Lisesi’nde tamamladım. 2003 yılında Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Biyoloji Öğretmenliği bölümünde lisans eğitimime başladım ve 2008 yılında mezun oldum. Lisans eğitimim sırasında 2005-2008 yılları arasında Marmara Üniversitesi Doğa Bitkileri ve Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezinde çalıştım. 2008 yılında Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Bölümü’nde yüksek lisans eğitimime başladım.