

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**POYRAZLAR GÖLÜ'NÜN MİKROBİYOLOJİK
KİRLİLİK SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nilay MUSTAFA

Enstitü Anabilim Dalı

: BİYOLOJİ

Tez Danışmanı

: Dr. Öğr. Üyesi Kenan TUNÇ

Aralık 2020

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**POYRAZLAR GÖLÜ'NÜN MİKROBİYOLOJİK
KİRLİLİK SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nilay MUSTAFA

Enstitü Anabilim Dalı : BİYOLOJİ

Bu tez 17.12.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**Dr. Öğr. Üyesi
Kenan TUNÇ
Jüri Başkanı**

**Doç. Dr. Mehmet
SAĞIROĞLU
Üye**

**Dr. Öğr. Üyesi Gökay
AYDIN
Üye**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Nilay MUSTAFA

17.12.2020

TEŞEKKÜR

Beni laboratuvara kabul eden, tez çalışmamda laboratuvarın bütün imkânlarını kullanmamı sağlayan, tez çalışmam boyunca hoş görüsünü eksik etmeden ilgilenen, bilgi ve deneyimleriyle beni yönlendiren zamanını ve katkısını esirgemeyen, Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Anabilim Dalı Üyesi çok değerli hocam Sn. Dr. Öğr. Üyesi Kenan TUNÇ'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında, manevi desteklerini esirgemen ve deneylerimde yol gösteren Doç. Dr. Mehmet SAĞIROĞLU'na ve Dr. Öğr. Üyesi Gökay Aydın'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen Biyolog Zeliha SELİM GÖDEK, Uzman Biyolog Didem KARADUMAN, Uzman Biyolog Uğur GÜZEL, Biyolog Sevilay GÜNER, Yüksek Mühendis Enes TOPRAK'a, Mühendis Berk YÖRÜK'e ve Uzman Biyolog Alican Bahadır SEMERCİ'ye teşekkürümü borç bilirim.

Tez çalışmamda kullandığım malzeme ve ekipmanların temin edilmesinde yardımını esirgemeyen Mustafa ÇELİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarımda bana yardımcı olan Abim Hüseyin MUSTAFA, Annem Ümmügül MUSTAFA, Babam Mustafa MUSTAFA'ya en içten sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: 2019-7-24-163) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Suyun Özellikleri.....	4
2.2. Suyun Mikrobiyolojik Özellikleri.....	4
2.3. Mikrobiyolojik Analizler.....	5
2.4. Suyun Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri.....	5
2.4.1. Renk.....	5
2.4.2. Koku ve tat.....	6
2.4.3. Bulanıklık.....	6
2.4.4. Sıcaklık.....	6
2.4.5. Elektriksel iletkenlik.....	6
2.4.6. pH.....	7
2.4.7. Çözünmüş O ₂	7
2.4.8. Çözünmüş katı madde miktarı.....	8

2.5. Suyun Kimyasal ve Fiziksel Analizi.....	8
2.6. Suların Kirlenmesi ve Kalite Standartları.....	8
2.7. Yüzeysel Sulardan Örnek Alma Esasları.....	10
2.8. Suyun Mikrobiyolojik Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi.....	10
2.8.1. İshal.....	11
2.8.2. Sıtma.....	11
2.8.3. Basilli dizanteri (Şigelloz).....	12
2.8.4. Amipli dizanteri (Amebiyaz).....	12
2.8.5. Tifo ve paratifo.....	13
2.8.6. Viral gastroenteritler.....	13
2.8.7. <i>Yersinia</i> gastroenteriti.....	13
2.8.8. <i>Campylobacter</i> enfeksiyonu.....	14
2.8.9. <i>Vibrio cholera</i>	14
2.9. İndikatör Mikroorganizmalar.....	14
2.9.1. <i>Enterobacter</i>	15
2.9.2. Fekal streptokoklar (Enterekoklar)	15
2.9.3. Koliform organizmalar (Toplam koliformlar).....	16
2.9.4. Fekal (Termotoleran) koliform grubu bakteriler.....	16
2.9.5. <i>Escherichia coli</i>	16

BÖLÜM 3.

MATERYAL ve METOT.....	18
3.1. Çalışma Alanı.....	18
3.2. Kullanılan Materyaller.....	19
3.3. Kullanılan Besiyerleri.....	20
3.3.1. Chromogenic Coliform Agar (CCA) (Bioneks).....	20
3.3.2. Slanetz and Bartley (SB) (Merck 1.05262).....	21
3.3.3. Bile Aesculin Azide Agar (SE) (Merck 1.00072).....	21
3.3.4. Membran Fekal Koliform (m-FC) Agar (Merck 1.11278).....	22
3.3.5. Yeast Extract Agar (Merck 1.03750).....	23
3.3.6. Oksidaz testi.....	24

3.4. Su Örneklerinin Alınması.....	24
3.5. Örneklerin Mikrobiyolojik Yönünden Analizi.....	24
3.5.1. Fekal streptokok analizi.....	25
3.5.2. Fekal ve toplam koliform analizi	26
3.5.3. Toplam canlı miktarının belirlenmesi.....	27
3.6. Örneklerin Fiziksel Parametrelerinin Belirlenmesi.....	27
BÖLÜM 4.	
BULGULAR.....	28
4.1. Bakteriyolojik Kirlilik Düzeyleri.....	29
4.1.1. Toplam canlı.....	29
4.1.2. <i>E. coli</i>	32
4.1.3. Fekal koliform.....	33
4.1.4. Toplam koliform.....	36
4.1.5. Fekal streptokok.....	37
4.2. Fiziksel ve Kimyasal Parametre Düzeyi	39
4.2.1. Sıcaklık.....	39
4.2.2. pH.....	40
4.2.3. Çözünmüş oksijen oranı.....	41
4.2.4. Elektriksel iletkenlik.....	41
4.2.5. Toplam çözünmüş katı madde.....	42
4.3. İstatistiksel Bulgular.....	43
BÖLÜM 5	
TARTIŞMA ve SONUÇ.....	45
KAYNAKÇA	53
ÖZGEÇMİŞ.....	58

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AÇA	: Avrupa Çevre Ajansı
CCA	: Chromogenic Coliform Agar
CCME	: Kanada Çevre Bakanlar Konseyi
DO	: Çözölmüş oksijen miktarı
<i>E. coli</i>	: <i>Escherichia coli</i>
<i>E. histolytica</i>	: <i>Entamoeba histolytica</i>
EC	: Elektriksel iletkenlik
EMS	: Besiyerinde koloni sayımı ve en muhtemel sayı
FK	: Fekal koliform
FS	: Fekal streptokok
KOB	: Koloni oluşturma birimi
M-FC Agar	: Membran Fekal Koliform Agar
<i>S. typhimurium</i>	: <i>Salmonella typhimurium</i>
SB	: Slanetz and Bartley
SE	: Bile Aesculin Azide Agar
TC	: Toplam canlı
TDS	: Toplam çözönmüş katı madde
TK	: Toplam koliform
<i>Y. enterocolitica</i>	: <i>Yersinia enterocolitica</i>
<i>Y. pesti s</i>	: <i>Yersinia pestis</i>
<i>Y. pseudotuberculosis</i>	: <i>Yersinia pseudotuberculosis</i>
YSKYY	: Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği
µS	: Mikrosiemens

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. <i>Escherichia coli</i> bakterisinin mikroskop görüntüsü.....	17
Şekil 3.1. Poyrazlar Gölü.....	19
Şekil 3.2. Deneyin yapılış aşaması.....	25
Şekil 3.3. Fekal streptokok kolonileri.....	25
Şekil 3.4. Toplam koliform kolonileri.....	26
Şekil 3.5. Fekal koliform kolonileri.....	26
Şekil 3.6. Toplam canlı kolonileri.....	27
Şekil 4.1. Su örneklerinin alındığı istasyonlar.....	28
Şekil 4.2. Toplam canlı miktarının aylara göre dağılımı.....	30
Şekil 4.3. <i>E. coli</i> miktarının aylara göre dağılımı.....	32
Şekil 4.4. Fekal koliform miktarının aylara göre dağılımı.....	34
Şekil 4.5. Toplam koliform miktarının aylara göre dağılımı.....	36
Şekil 4.6. Fekal streptokok miktarının aylara göre dağılımı.....	38
Şekil 4.7. Sıcaklığın mevsimsel değişimi.....	40
Şekil 4.8. pH'ın mevsimsel değişimi.....	40
Şekil 4.9. Çözünmüş O ₂ değerinin mevsimsel değişimi.....	41
Şekil 4.10. Elektriksel iletkenliğinin mevsimsel değişimi.....	42
Şekil 4.11. Toplam çözünmüş katı madde değerinin mevsimsel değişimi.....	42

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Yüzeysel su kalitesi yönetimi yönetmeliğine göre kalite kriterleri.....	9
Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan materyaller.....	19
Tablo 3.2. Chromogenic Coliform Agar besiyerinin bileşimin.....	20
Tablo 3.3. Slanetz and Bartley besiyerinin bileşimi.....	21
Tablo 3.4. Bile Aesculin Azide Agar besiyerinin bileşimi.....	22
Tablo 3.5. Membran Fekal Koliform Agar besiyerinin bileşimi.....	23
Tablo 3.6. Yeast Extract Agar besiyerinin bileşimi.....	23
Tablo 4.1. Mikroorganizmaların aylara göre ortalaması.....	39
Tablo 4.2. Alınan örneklerin alındığı aylardaki fiziksel ve kimyasal parametrelerin ortalama değerleri.....	43
Tablo 4.3. SPSS 20.0 Programı ile veri analiz sonuçları.....	44

ÖZET

Anahtar kelimeler: Fekal koliform, toplam canlı, Poyrazlar Gölü, mikrobiyal kalite

Bu araştırmada, Sakarya ili sınırları içerisinde yer alan Poyrazlar Gölü'nden Kasım 2018- Eylül 2019 tarihleri arasında belirli aralıklar ile 20 farklı noktadan örnekler alınarak gölün mikrobiyal kalitesi araştırılmıştır. Mikrobiyolojik analizler, membran filtrasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Belirli aralıklar ile alınan örneklerde toplam koliform bakteri, fekal koliform bakteri, fekal streptokok, *E. coli* ve toplam canlı sayısı belirlenerek, sıcaklık, pH, toplam çözünen katı madde, iletkenlik ve çözünmüş oksijen değerleri ile ilişkilendirilmiştir. Toplam canlı sayısı >6 ve <24 kob/mL arasında, *E. coli* >3 ve <13 kob/mL arasında, fekal koliform bakteri sayısı >6 ve <24 kob/mL arasında, toplam koliform bakteri sayısı >28 ve <288 kob/mL arasında, fekal streptokok bakteri sayısı >1 ve <24 kob/mL arasında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda gölün ortalama sıcaklık değeri 17,2 °C, çözünmüş oksijen değeri 2,5 mg/L, çözünmüş katı madde oranı 123,4 mg/L⁻¹ elektriksel iletkenlik değeri 198,7 µS cm⁻¹, pH değeri ise 7,5 olarak ölçülmüştür. Suyun fiziksel parametreleri ve bakterilerin dağılımlarının birbirleriyle olan ilişkisi SPSS 20. kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda p<0,05 seviyesinde fekal koliform ile toplam çözünmüş katı madde arasında 0,829 korelasyon katsayısı ile pozitif, elektriksel iletkenlik ile sıcaklık arasında -0,829 negatif korelasyon bağlantısı tespit edilmiştir. İstatiksel analizler sonucunda p<0,05 seviyesinde *E. coli* ile toplam canlı miktarı arasında 0,886 ile pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanının mikrobiyolojik kirliliği Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir. Poyrazlar Gölü Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği standartlarına göre değerlendirildiğinde, sıcaklık, pH, toplam çözünmüş katı madde, elektriksel iletkenlik açısından I. Sınıf, fekal koliform, toplam koliform açısından II. Sınıf, çözünmüş oksijen açısından IV. Sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre Poyrazlar Gölü'nün henüz mikrobiyolojik kalite yönünden kirli olmayan, fakat kirlilik sınırına yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Gölün ileriki zamanlarda kirlilik düzeyinin artmaması için göl çevresindeki evsel atıkların ve hayvansal atıkların göle karışması engellenmeli, gerekli önlemlerin alınması konusunda halk bilinçlendirilmelidir. Ayrıca gölün diğer fiziksel ve kimyasal özellikleri detaylı olarak araştırılmalıdır.

DETERMINING THE MICROBIOLOGICAL POLLUTION LEVEL OF POYRAZLAR LAKE

SUMMARY

Keywords: Fecal coliform, Total viable, Poyrazlar Lake, microbial quality

In this research, the microbial quality of the lake was investigated by taking samples from 20 different points at certain intervals between November 2018 and September 2019 from Poyrazlar Lake located within the borders of Sakarya. Microbiological analyzes were carried out by membrane filtration method. Total coliform bacteria, fecal coliform bacteria, fecal streptococci, E. coli and total living count were determined in samples taken at certain intervals and correlated with temperature, pH, total soluble solids, conductivity and dissolved oxygen values. Total viable count between > 6 and < 24 cfu / mL, E. coli between > 3 and < 13 cfu / mL, fecal coliform bacteria count between > 6 and < 24 cfu / mL, total coliform bacteria count > 28 and < 288 cfu / mL and the number of fecal streptococcus bacteria was found to be between > 1 and < 24 cfu / mL. In the results, the average temperature value of the lake was measured as $17,2^{\circ} \text{C}$, dissolved oxygen value $2,5 \text{ mg/L}^{-1}$, electrical conductivity value $198,7 \mu\text{S cm}^{-1}$ and pH value as $7,5$. The relationship between the physical parameters of water and the distribution of bacteria was statistically evaluated using SPSS 20. In the results obtained, a positive correlation coefficient of $0,829$ between fecal coliform and total dissolved solids at $p < 0,05$ level, and a negative correlation of $-0,829$ between electrical conductivity and temperature were determined. As a result of the statistical analysis, it was determined that there is a positive correlation with $0,886$ between E. coli and the total living amount at the $p < 0,05$ level. Microbiological pollution of the study area has been evaluated according to national and international criteria. When Poyrazlar Lake is evaluated according to the standards of Surface Water Quality Management Regulation, first class in terms of temperature, pH, total dissolved solids, electrical conductivity, fecal coliform was found to be second class in terms of total coliform and fourth class in terms of dissolved oxygen. According to the results obtained from the research, it was determined that Poyrazlar Lake is not polluted in terms of microbiological quality but has values close to the pollution limit. In order not to increase the pollution level of the lake in the future, domestic and animal wastes around the lake should not be mixed with the lake and public awareness should be raised about taking necessary precautions. In addition, other physical and chemical properties of the lake should be investigated in detail.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İnsanlığın son yıllarda karşılaştığı en büyük sorunlardan biri de dünyadaki iklim değişiklikleridir. İklim değişikliği, aşırı su kullanımı ve çevre kirliliği nedeni ile var olan su kaynakları giderek yok olmaktadır. Doğal dengenin sürdürülebilirliği açısından sulak alanların sahip olduğu biyolojik çeşitliliği tehdit edebilecek sorunlar belirlenmelidir (Arslangündoğdu, 2009; Atıcı ve Tokatlı, 2014). Su kaynaklarının yanlış kullanımı, evsel, endüstriyel ve tarımsal atıkların kaynakları kirletmesi, sucul ekosistemi olumsuz etkilenmektedir. Sucul ekosistemin olumsuz etkilenmesi ve yeniden kullanılabilirliğin sınırlanması nedeniyle özellikle farklı amaçlarla toplumların kullanımına sunulan göllerin su kalitesinin değişmesi halk sağlığı için olduğu gibi su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından büyük bir öneme sahiptir (Bulut ve ark., 2010; Tunçsiper, 2017). İnsanlığın temiz su ihtiyacının karşılanması için kısıtlı sayıda ve kalitede bulunan göller önemli bir değere sahiptir ve hidrolojik döngünün de önemli bir parçasıdır. Göller sürekli alıcı ortam özelliği gösterdiği için çevre kirliliğinden birinci derecede etkilenmektedir. Göllerin kirlenmesinde, akarsularla taşınan çözülmüş madde miktarının, askıdaki madde oranının ve atmosferle taşınan kirletici maddelerin etkisi büyüktür. Dışa akışı olmayan göllerin havzasından toplanan her türlü çözülmüş ve askıda kalan maddeler gölde birikmektedir. Göl suları içinde biriken bu maddeler göldeki bakteriler tarafından parçalandığı için göldeki oksijen miktarı azalmaktadır. Azalan oksijen nedeniyle göl anaerobik bir ortama dönüşmektedir (Şengörür ve Demirel, 2002; Ünlü ve ark., 2008; Tepe, 2009; Atıcı ve Tokatlı, 2014; UKTB, 2014).

Sucul çevrenin devamlı olarak olumsuz yönde etkilenmesi çeşitli hastalıklara neden olmaktadır. Su kaynaklarını kirleten faktörlerin arasında patojen mikroorganizmalar ve diğer hastalık yapıcı canlılar bulunmaktadır. Suyun içinde bulunan bu kirleticilerin miktarı, suyun verimlilik düzeyini, sucul canlıların fizyolojik durumunu etkilemek ve

suyun kullanım şeklini belirlemektedir (Çetinkaya, 2003; Tepe, 2009; Turgut ve Özgül, 2009).

Akuatik ortamlarda bakteri oranının çevresel faktörlere ve antropojen etkilere bağlı olarak artması nedeniyle patojen ve toksik etkiye sahip olan bakterilerde ortama girmektedir. Avustralya Ulusal Sağlık ve Tıbbi Araştırma Konseyi, Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) ve Kanada Çevre Bakanlar Konseyi (CCME) akuatik ortamlarda koliform bakterilerini fekal kirlilik indikatörü olarak kabul etmektedir (Yardımcı, 2009; Wang ve Deng, 2019). Çevre Koruma Ajansı ve Dünya Sağlık Örgütü’de toplam koliform ve fekal koliform gruplarının varlığını mikrobiyolojik su kalitesini belirlemede önemli bir kriter olarak kabul etmektedir.

Fekal yollar ile kirlenen sular, tifo gibi enfeksiyonlara sebep olmaktadır. Kirlenen sularda, patojen bakterilerin ve virüslerin yanı sıra koliform bakterilerde bulunmaktadır. Koliform grubu bakteriler, hayvan ve insan dışısındaki bakterilerin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Göl suyunda uygun standartların üstünde koliform bakteri bulunması o göl için kirlilik belirtisidir (Koloren ve ark., 2011).

Göller, fiziksel ve kimyasal özellikleriyle çeşitli ekosistem dinamikleri için ortam sağlamaktadır. Endüstrileşmenin ve sanayinin gelişmesiyle tarım pestisitlerinin ve kimyasal ilaçların yüzey sularına karışmasından dolayı su kirliliğine sıkça rastlanmaktadır. Bu kirlenmelerle çok sayıda sucul canlı zarar görüp ölmektedir. Göl sularının kalite özelliklerinin değişmesi, sucul canlıların yaşamını ve popülasyonlarını değiştirmekle birlikte, sudaki yaşam dengesinin bozulmasına ve mikroorganizmaların artışına neden olabilmektedir (Sönmez ve ark., 2013; Mutlu ve Tepe, 2014). Fekal kirlilik düzeyleri, sıcaklık, pH, çözünmüş O₂ miktarı, iletkenlik gibi fiziksel ve kimyasal değişkenlerle ilişkilidir. Suya içme, evsel, tarım veya endüstriyel amaçlarla kullanımı öncesinde farklı fiziksel ve kimyasal testler yapılmalıdır (Mert ve ark., 2008; Wang ve Deng, 2019).

Adapazarı ilçesinde yer alan, Poyrazlar Gölü, 2.310 dekarlık alanı kapsamaktadır. Poyrazlar Gölü, kuş popülasyonu açısından zengin olmasının yanında geniş bir floraya

da sahiptir. Göl ve orman ekosisteminin beraber oluşturduğu doğal manzarayla su kuşları da göl çevresinde devamlı olarak bulunmaktadır. Ayrıca gölde birçok balık türü de mevcuttur. 2011 tarihinde göl Tabiat Parkı olarak kabul edilmiştir. Poyrazlar Gölü doğasıyla, piknik, doğa yürüyüşü, yaban hayatı gözlemciliği gibi birçok etkinliğin yapılabildiği doğal ortam konumundadır.

Bu çalışmada, Poyrazlar Gölü'ndeki kirlilik indikatörü mikroorganizmaları tespit edilerek, gölün Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSKYY, 2004) kriterlerine göre hangi sınıfta yer aldığı belirlenmesi amaçlanmıştır.



BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Suyun Özellikleri

Doğada bulunan su kaynaklarının özellikleri, kimyasal, fiziksel ve bakteriyolojik bakımından incelenmektedir. Suyun sıcaklık, tat, koku, renk, bulanıklık, toplam katı madde, askıda katı madde, elektriksel iletkenlik, radyoaktivite, yoğunluk ve viskozitesi suyun fiziksel özelliğinin belirlenmesinde kullanılan parametrelerdir. Kimyasal özellikleri açısından suyun pH, oksidasyon, redüksiyon potansiyeli, alkalinite veya asitlik, sertlik, çözünmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, nitrojen ve klorür değerleri incelenmektedir. Fekal nedenler ile kirlenmiş sulara bulunan saprofit ve patojen mikroorganizmalar suyun mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesinde önemli kriterlerdir. Suların bakteriyolojik değerlendirilmesinde patojen olan her etken araştırılmadığından indikatör mikroorganizmalar olan koliform bakterilerin varlığına bakılmaktadır.

2.2. Suyun Mikrobiyolojik Özellikleri

Suların bakteriyolojik özellikleri çevre sağlığı ve insan sağlığı bakımından son derece önemlidir. Suyun her türlü kullanıma uygun olup olmadığının belirlenmesi için indikatör mikrobiyolojik özellikleri bilinmelidir. İçme veya rekreasyon sularındaki mikrobiyolojik kirlenmeler, lağım sularından, insan dışkılarından, zirai faaliyetlerden ve pestisitlerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle suyun bakteriyolojik incelemesinde kirlenme kriteri olarak *E. coli*, *Streptococcus faecalis*, *Clostridium perfringens* ve fekal koliform fajları varlığı araştırılmaktadır. Virüsler, parazitler ve patojen mikroorganizmalarla suyun kontamine olması insanlarda su kaynaklı hastalıkların görünmesine neden olmaktadır. Mikrobiyolojik patojenler suda bulunabilecek diğer

kirleticilerle göre daha büyük tehdit oluşturabilmektedir (Dayıoğlu ve ark., 2004; Koçak, 2007; Özaslan, 2009).

2.3. Mikrobiyolojik Analizler

Kritere uygun olarak içme ve kullanma suyunun kalitesinin belirlenmesinde mikrobiyolojik analizler yapılmaktadır. Sularda bulunabilecek patojenik mikro ya da makro organizmaların varlığı, miktarı, özellikleri yapılan analizler ile belirlenmektedir.

Var/ Yok Testleri: İncelenecek örneklerde belirli bir oranda mikroorganizmanın olup olmadığı araştırılmaktadır.

Sayım: Belirli sınırlar içinde varlığına izin verilen mikroorganizmalar için yapılmaktadır.

Diğer Testler: Katı besiyerinde koloni sayımı ve en muhtemel sayı yöntemi, mikroorganizma sayımı için kullanılan yaygın bir uygulamadır.

Membran Filtrasyon Sistemi: Yaygın olarak kullanılan mikrobiyolojik analizlerde, temsili örnek yerine çok daha fazla miktarlarda örneğin analizi yapılmaktadır. Düşük miktarlarda mikroorganizma içeren örnekleri bile mikrobiyal yükünün tespit edilmesini sağlamaktadır (MEB, 2011).

2.4. Suyun Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

2.4.1. Renk

Suyun rengi, içinde bulunabilecek organik ve inorganik birleşiklerin oranına göre değişiklik gösterebilmektedir. Renk, suyun organik madde (bitkilerin bozulması, toprak yapısı) ve inorganik madde ile kirlenmesi sonucu oluşabilmektedir (MEB, 2011).

2.4.2. Koku ve tat

Su, normal koşullarda kokusuzdur. Sudaki koku, canlı organizmalarının aktiviteleri, demir, mangan gibi metalik ürünler, sanayi ve tarımsal atıklar, deterjan gibi pek çok faktöre bağlıdır. Bazı organik ve inorganik maddeler özellikle yeraltı suyu, göl, kanalizasyonlar gibi kapalı sistemler de kötü kokuya sebep olmaktadır.

Suyun tadı, bazı etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Algler, parçalanmış organik maddeler, çözünmüş gazlar ve endüstriyel atıklar suyun tadını olumsuz etkiler (MEB, 2011).

2.4.3. Bulanıklık

Bulanıklık, suyun ışık geçişini engelleyen optik özelliği tanımlamaktadır. Bulanıklığa kum, kil, silis, kalsiyum karbonat, demir, mangan, sülfür gibi maddeler, bitkisel artıklar, balçık, su yosunları gibi organik veya inorganik birçok madde neden olabileceği gibi fitoplankton, bakteri ve diğer mikroorganizmalarının üremesinde neden olmaktadır. Yüzey sularına inorganik maddelerin karışması bakteri üremesi için ortam oluşturmaktadır (MEB, 2011).

2.4.4. Sıcaklık

Sıcaklık, biyolojik aktiviteyi etkilemektedir. Sıcaklık arttıkça suda oluşan reaksiyonların hızı artar; sudaki çözünmüş oksijen seviyesi azalır. Fotosentez oranı, sudaki organizmaların metabolik faaliyetleri, toksik atık madde miktarı suyun sıcaklığından etkilenmektedir. Sıcaklık değişimi, katı maddelerin suda çökelme ve ayrışma hızlarını etkilemektedir (Bhateria ve Jain, 2016).

2.4.5. Elektriksel iletkenlik

Elektriksel iletkenlik (EI), iyon konsantrasyonunun, besin durumunun, çözünen katı madde oranının ve toplam elektrik akımını iletme kapasitesinin bir ölçüsüdür.

Dolayısıyla nitel olarak suda bulunan toplam iyon derişimi, iyon cinsi, suyun sıcaklığı, saflık derecesi, elektriksel iletkenliği etkilemektedir. İletkenlik esas olarak suyun aktığı alanın jeoloji yapısından etkilenmektedir. İletkenlikteki mevsimsel değişim çoğunlukla buharlaşma nedeniyle artan tuz konsantrasyonundan kaynaklanmaktadır. Yüksek elektriksel iletkenlik, tuz içeriğinin yanı sıra ortamın kirlilik durumunu da yansıtmaktadır (Dişli, 2003; Pradeep ve ark., 2012; Şener ve Güneş, 2015; Bhateria ve Jain, 2016). Sulardaki kirlilik arttıkça iletkenlik değeri de artmaktadır. İletkenlik değeri 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerini aşan sular kullanım açısından kirli su olarak kabul edilmektedir (Uysal, 2010).

2.4.6. pH

Suların pH'ı, su içerisindeki H^+ ve OH^- iyon konsantrasyonlarına bağlı olarak değişmektedir. Tatlı sulardaki sucül yaşam için gerekli optimum pH 6,5-9,0 arasında bazik özelliktedir (Mert ve ark., 2008; Şener ve Güneş, 2015). Evsel ve endüstriyel atıklar, asit yağmurları, yüzey sularının pH değerini değiştirmektedir. Bu etkiler sonucunda sudaki oksijen değerleri düşmektedir. Suda bulunan oksijen seviyesinin azalan yöndeki değişimi pH'ı arttırmaktadır. Yüksek pH değerleri, amonyak ya da azot bileşiklerinin zararlı etkilerini artırmaktadır (Eryılmaz ve ark., 2014). Sudaki bazı maddelerin toksisiteleri, pH'a göre değişiklik göstermektedir (Uysal, 2010; Bhateria ve Jain, 2016).

2.4.7. Çözünmüş O_2

Çözünmüş oksijenin miktarının az olması, yüzeysel sular için kirliliğin en önemli göstergesidir. Sudaki çözünmüş oksijen oranına, suyun sıcaklığına, havanın kısmi basıncına, tuz miktarına, suya oksijen kazandıran organizmalara, suyun derinliğe ve suyun çözünmüş madde konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Mikroorganizma miktarındaki artış çözünmüş O_2 seviyesini olumsuz etkilediğinden ötrofikasyon neden olmaktadır. Çözünmüş oksijen, hazır oksitlenebilen maddeler ya da biyolojik faaliyetlerle azalmaktadır. Çözünmüş oksijen seviyesi normal değerlerin altına düştüğünde sucül canlılar bu durumdan olumsuz etkilenmektedir. Çözünmüş

oksijen seviyesi göl sularının renk, tat ve koku gibi suyun fiziksel özelliklerini de etkilemektedir (Özdemir ve ark., 2007; Batur, 2019). Güneş ışınları yüzeye daha fazla tutulduğundan göllerin ve diğer su kütlelerinin yüzeyindeki fotosentetik aktiviteler derinliğe oranla daha fazladır (Vasistha ve Ganguly, 2016).

2.4.8. Çözünmüş katı madde miktarı

Katı maddeler, yüzey sularında, askıda, uçucu ve çözülmüş olarak üç formda bulunmaktadır. Askıdaki katı maddeler arasında alüvyon, karıştırılmış alt tortu, çürüyen bitki maddesi veya suya karışan çeşitli kimyasal ve evsel atıklar bulunmaktadır. Su kütleindeki toplam çözülmüş madde (TDS) konsantrasyonu suda bulunan çeşitli mineral türlerinden etkilenmektedir (Bhateria ve Jain, 2016). Ayrıca evsel atık, çöp, gübre vb. kontaminasyon nedeniyle TDS değeri yükselmektedir. Yüksek TDS, su kütleinin besin durumunu zenginleştirdiğinden ötrofikasyonuna neden olmaktadır (Pradeep ve ark., 2012).

2.5. Suyun Kimyasal ve Fiziksel Analizi

Kimyasal analiz için kullanılacak cam şişe ve kapağı, hidroklorik asitli solüsyonla yıkandıktan sonra saf su ile durulanıp kurutulmalıdır. Fiziksel ve kimyasal analizlerde örnek alınacak şişenin steril olmasına gerek yoktur. Su örnekleri karanlık ve serin bir ortamda (+4,+8°C) en geç 72 saat içinde laboratuvara taşınmalıdır. Fiziksel analiz için kullanılacak şişe ve kapağı polietilen, polipropilen olmalı ya da korozyona dayanıklı metal tercih edilmelidir. Bulanıklık ve renk analizler, alınan su örneği karanlık ortamda tutularak en fazla 24 saat içinde yapılmalıdır (Sağdıç, 2009).

2.6. Suların Kirlenmesi ve Kalite Standartları

Su, doğal kaynaklar arasında en önemli ögedir ve insan dâhil tüm canlı organizmalar için kritik öneme sahiptir. Teknolojinin ilerlemesi, su kaynaklarının daha çok kullanımına sebep olmakla birlikte, sanayileşmenin ve şehirleşmenin de artması su kirliliğine neden olmaktadır. Nüfus artışı, evsel-endüstriyel ve tarımsal atıkların

artılmadan sulara karışması, iklim değişikliği ve diğer faktörlerin artmasıyla suyun kalitesi düşmektedir (Akaya ve ark., 2006; Halder ve İslam, 2015).

İçme suları havadaki nitrojen(N), karbon monoksit, nitrojen dioksit ve kükürt (S) içeren zehirli gazlarla kirlenmektedir. Asit yağmurları ve tarım ilaçları yağmur yoluyla sulara karışmaktadır. Suyun biyolojik olarak temiz olması için hastalık yapıcı patojen mikroorganizma içermemesi gerekmektedir. Suların patojen mikroorganizma bulundurması, salgın hastalıklara, toplu ölümlere neden olabilmektedir. Çöp boşaltım alanları ile kanalizasyon şebekelerinin artılmaması nedeniyle su kirliliği meydana gelebilmektedir. Su kirliliğinin önemli derecede artış göstermesi, ülkelerin bu konuda ciddi önlemler almasına neden olmuş ve konuda pek çok mevzuat belirlenmiştir (Akaya ve ark., 2006; Tomar, 2009).

Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne göre yapılan sınıflandırmada akarsu, göl ve baraj rezervuarları suları kalite açısından Tablo 2.1.'de görüldüğü gibi dört sınıfa ayırmaktadır. Bunlar; Sınıf I: Yüksek kaliteli su, Sınıf II: Az kirlenmiş su, Sınıf III: Kirli su, Sınıf IV: Çok kirlenmiş sudur.

Tablo 2.1. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne göre kalite kriterleri (YSKYY, 2004);

	I	II	III	IV
Fekal Koliform	≤ 10	10-200	200-2000	> 2000
Toplam Koliform	≤100	100-20000	20000-100000	> 100000
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	< 6,0 veya > 9,0
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	3000	> 3000
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 8	6	3	< 3
Toplam Çözünmüş Madde(mg/L)	500	1500	5000	>5000

2.7. Yüzeysel Sulardan Örnek Alma Esasları

Alınan suların kirlenmesi, evsel veya kimyasal kaynaklı olabileceği gibi örneği alan kişiden de kaynaklanabilmektedir. Bu yüzden tüm deney aşamaları zorunlu olarak steril şartlarda gerçekleştirilmelidir. Bakteriyolojik analizler için örnekler steril koyu cam şişe ve plastik şişe ile anlık olarak alınmalıdır. Örnek alınırken şişe kirletilmeden açılmalı, tam doldurulmalı, çalkalanmamalı, hemen kapağı hava almayacak biçimde sıkıca kapatılmalıdır. Karanlık ortamda soğuk zincirde en fazla 4 saat içinde laboratuvara taşınmalıdır.

Doğal ve antropojenik etkenlerden kaynaklı kalite değişimlerini belirlemek için örnekler belirli aralıklarla alınabilmektedir. Örnekler, çalışılan bölgenin, su kalitesini ve özelliğini belirleyecek şekilde ve sayıda alınmalıdır (YSYY,2004).

Örnek belirli bir derinlikten alınacaksa eller yıkandıktan sonra dezenfekte edilmelidir. Örnek şişesi, kıyıdan en az bir metre açıkta, suya ağzı açık dik olarak daldırılmalıdır. Suyun yüzeyinden 30 cm aşağıda şişe ters çevrilerek tabandaki çökeltileri içine kaçırmadan doluncaya kadar beklendikten sonra kapak sıkıca kapatılmalıdır. Eğer su derinden alınacaksa şişe ağzı yukarı getirilerek hava kalmayacak şekilde doldurulmalıdır (Şengörür, 1999; Sağdıç, 2009).

2.8. Suyun Mikrobiyolojik Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi

İnsan sağlığı açısından büyük öneme sahip olan yüzey suları, hastalık yapıcı mikroorganizmaları içermeyecek şekilde korunması gerekmektedir. Elverişsiz alt yapıya sahip olan bölgelerde, zararlı kimyasal maddelerin, evsel ve sanayi atıklarının doğrudan göllere ulaşması mümkündür. Çeşitli nedenlerden dolayı kirlenen suyun içinde hastalık etkeni olabilecek mikroorganizmalar bulunmaktadır. Suyun içinde bulunan çözünmüş veya çözünmemiş inorganik tuzlar, bakteriler, parazitler, virüsler ve bitkisel maddeler birçok hastalığa yol açmaktadır. Sudan kaynaklı enfeksiyona maruz kalan insanlarda semptomlar, enfeksiyon ajanına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Kirlenmiş su, ishal, basilli dizanteri (şigelloz), amipli dizanteri

(amebiyaz), tifo ve paratifo, viral gastroenteritler, yersinia gastroenteriti, *campylobacter* enfeksiyonu, *Vibrio cholera*, menenjit, sıtma, gıda zehirlenmeleri, Hepatit A, Hepatit B gibi birçok hastalığa neden olmaktadır (Polat, 2011; İbadullayeva ve ark.,2019).

2.8.1. İshal

Kötüleşen çevre koşullarının canlı sağlığını olumsuz etkilemesi, bağırsak enfeksiyonuna neden olan patojen içeren dışkı ile kontamine olmuş gıdaların tüketilmesi ve insanların hijyen bilgisinin yetersiz olduğu durumlarda ortaya çıkan önemli bir sağlık sorunu ishal olarak tanımlanır. Ayrıca ishal, kontamine olmuş suların içilmesi, hastalık etkeni ile temas etmiş kirli ellerin ağza götürülmesi ile ortaya çıkan bir enfeksiyondur.

İshale neden olan *Entamoeba histolytica*, *Giardia intestinalis*, *Cryptosporidium* spp. ve *Mycobacterium* spp. ishale neden olan etkenlerden bazılarıdır. Temiz içme ve kullanması suyunun bulunmadığı bölgelerde, patojenik mikroorganizmaların olduğu suların kullanılması, kontamine olmuş sular ile gıdaların yıkanması, ishalleri hastalıkların görülme olasılığını artırmaktadır. Bunun yanı sıra kirli sulardan yakalanmış balıklarda gastroenterit etkeni bulundurmaktadır. İshalde, bulantı, kusma, bağırsak seslerinde artış, ateş vb. semptomlar görülmektedir. Bu semptomların görüldüğü hastalara, antibiyotik uygulaması, bol su tüketimi, oral rehidratasyon sıvı verilmesi gibi tedaviler uygulanmaktadır (Özsüt, 2002; Altındış ve ark., 2009).

2.8.2. Sıtma

Anofel cinsi sivrisineklerin ısırması sonucu, insanlara bulaşan, enfeksiyona sıtma denir. Ülkemizde, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Akdeniz bölgelerinde endemik olarak bulunmaktadır. Gerekli önlemlerin alınmaması durumunda hastalığın oranı artabilmektedir (İnan ve ark., 2010). İnkübasyon süresi 10-30 gün arasında değişmektedir. Kandaki parazit oranının artışı, baş ağrısı kırgınlık, eklem ve kemiklerde oluşan ağrılar belirtileridir. Sıtmaya üç farklı patojen türü neden olduğundan

tek bir tedavi önerilmemektedir. Hastalığın tanısının erken konulmalı ve etkili antibiyotik ilaç tedavisine başlanmalıdır (Topçu ve ark., 2017). Sivrisineklerin eradikasyonu ve ısırıklarına karşı önlemler alınmalıdır. Böcek kovucular, uygun giysilerin giyinmesi, koruyucu ilaç uygulaması, sıtma görülen bölgeye seyahat etmeden önce başlanmalı, seyahat esnasında ve seyahat sonrasında devam edilecek şekilde uygulanmalıdır. Durgun suların ıslah edilmesi, sinek larvaları ile beslenen balıkların biyolojik mücadele amacıyla kullanılması alınacak önemler arasında yer almaktadır (Altındış, 2010; Topçu ve ark., 2017).

2.8.3. Basilli dizanteri (Şigeloz)

Shigella cinsi bakteriler, ishale, karın ağrısına ve birçok bağırsak enfeksiyonlarına neden olan bir bakteri türüdür. *Shigella* türleri kapsülsüz, hareketsiz ve gram negatif basillerdir. Bu bakteriler insandan insana ağız yoluyla bulaşmaktadır. Virulansı en yüksek enterik patojen bakterilerden biridir. Sağlıklı bir bireyde gelişen *Shigella*, ortalama 7 gün içerisinde etkisini kaybetmektedir. Herhangi bir tıbbi müdahale edilmezse dışkı ile bakteri atımı haftalarca sürebilmektedir. Hastalığın yayılımında su önemli bir etkidir. Çoğunlukla fekal kontaminasyon ile suya bulaşmaktadır ve *E. coli* bu hastalığın tanısı için iyi bir indikatördür. *Shigella* türlerine karşı korunmada temiz su kullanımına yönelik önlemlerin alınması, suların doğru oranda klorlanması, kişisel ve gıda hijyenine dikkat edilmesi gerekmektedir (Altındış, 2010).

2.8.4. Amipli dizanteri (Amebiyaz)

Amebiyaz, *Entamoeba histolytica*'nın neden olduğu, bağırsak ve bağırsak dışı olmak üzere iki farklı konaklama ile seyreden paraziter bir hastalıktır. Genellikle, hijyen şartlarının yetersiz olduğu yerlerde bulunan veya kötü beslenen bireylerde görülmektedir (Beyhan ve Yılmaz, 2016). *E. histolytica*, dört çekirdekli olgun kistlerinin oral yolla, yiyecek ve içeceklerle alınmasıyla bulaşmaktadır. Karın ağrısı, karında kramplar, ıkıntı ile sık ve fazla miktarda dışkılama görülmektedir. Hasta bireyler antibiyotik ilaç ile tedavi edilmektedir (Özçelik ve Malatyalı, 2008; Topçu ve ark., 2017).

2.8.5. Tifo ve paratifo

Tifo, *Salmonella* cinsi bakteriden kaynaklanan bir hastalıktır. Bakteri insanların bağırsaklarında ve kan dolaşımında yaşamaktadır. Enfekte bir kişinin dışkı yoluyla bireyler arasında yayılmaktadır. Tifo tanısı kan, dışkı, idrar veya kemik iliği numunesinde bakterilere rastlanmasıyla teşhis edilmektedir. Tifo, kontamine olmuş gıda veya sularla bazen de bu hastalığı taşıyan kişilere temas edilmesi ile bulaşmaktadır. Hastalığın belirtileri ise baş ağrısı, iştahsızlık, genel vücut ağrıları, yüksek ateştir. İçme ve kullanma sularının arıtılarak tifo etkenlerinin önüne geçmek mümkündür. Tifolu hastaların kullandığı tuvaletler dezenfekte edilmeli ve kişisel hijyene önem verilmelidir. Tifodan korunmanın diğer yolu ise yolu ise aşı olmaktadır (Aydın, 2016; Topçu ve ark., 2017).

2.8.6. Viral gastroenteritler

Gastroenteritler iştahsızlık, bulantı ve kusma ve ishal gibi bulgularıyla seyreden bir hastalıklar grubudur. Bakteri, mantar, parazit ve virüsler hastalığın enfeksiyon etkenlerini oluşturmaktadır (Özdemir ve ark., 2013). Bağırsaklar virüsün üremesi için uygun bir ortamdır (Acehan, 2007).

2.8.7. *Yersinia* gastroenteriti

Yersinia cinsinin, insanlar için patojen *Y. pestis*, *Y. pseudotuberculosis* ve *Y. enterocolitica* türleri vardır. *Y. enterocolitica* insanlarda hafif bir ishalden, akut apandisit, yüksek ateş, karın ağrısı ve dehidratasyon vb. klinik tablolara neden olabilmektedir. Hastalığın belirtileri geçtikten sonra bakterinin dışkı ile atılması uzun sürmektedir. Kemirgenler, domuz, sığır, koyun, kedi ve köpek gibi hayvanların yanı sıra kontamine su, süt ürünleri, et ve sebzeler aracılığı ile insanlara geçmektedir. *Yersinia* ile ilişkili komplike olmamış intestinal hastalıkların çoğunda genellikle antibiyotik tedavisine gerek duyulmamaktadır. El yıkamaya özen gösterilmeli, içme suları dezenfekte edilmeli ve çiğ et tüketilmemelidir (Baylan ve Abaslı, 2005; Acehan, 2007).

2.8.8. *Campylobacter* enfeksiyonu

Campylobacter türü akut mide ve bağırsak enfeksiyonlarına neden olmaktadır. *Campylobacter* türleri, süt ve süt ürünleri, az pişmiş et, hijyenik olmayan suların tüketilmesi, hayvanlarla temas edilmesi durumunda bulaşmaktadır. Bu bakteri ile kontamine olmuş suyun kullanılması hastalığın bulaşmasına neden olmaktadır. Ateş, baş ağrısı, halsizlik, diyare gibi semptomlar gelişmektedir. Dışkı sulu veya kanlı olabilmektedir. Hastalığın hafif seyretmesi durumunda tedavi gerekmezken şiddetli vakalarda antibiyotik tedavi uygulanmaktadır (Topçu ve ark., 2017).

2.8.9. *Vibrio cholera*

Vibrio cholera, kontamine su kaynakları ve bu suların temas ettiği besinler ile bulaşmaktadır. Bunun yanı sıra hastalık enfekte olmuş bireylerin dışkıları ile de bulaşmaktadır. Diyare, kusma, hızlı su kaybı, kan basıncının artması ve düşük vücut sıcaklığı şeklinde semptomlar görülmektedir (Polat, 2011). Bağırsak duvarlarına tutunarak çoğalmaktadır. Bakterinin ürettiği toksin, hastanın aşırı ölçüde su ve elektrolit kaybetmesine sebep olmaktadır. Tedavi sürecinde ilk olarak hasta bireylerin sıvı ve elektrolit kaybı önlemelidir. Koleradan şüphe edilen hastalara dehidratasyon ve antimikrobiyal tedavi uygulanmaktadır. Kolera fekal- oral yollar ile bulaşan bir hastalık olduğundan, besinlerin insan dışkısıyla kontamine olmamasına ve bireysel hijyene dikkat edilmelidir (Topçu ve ark., 2017).

2.9. İndikatör Mikroorganizmalar

Mikrobiyolojik su kalitesi standardı için, genel bakteri göstergelerinden biri olarak fekal koliform grubu bakterilerin analizleri yapılmaktadır. Bu bakterilerin suda görülmesi fekal kontaminasyonun olduğu anlamına gelmektedir. ABD Halk Sağlığı Servisi, termotoleran koliform, *E. coli* ve fekal enterokok grubu mikroorganizmalar fekal gösterge parametreleri olarak belirlenmiştir. Sularda genel anlamda fekal kirliliğinin göstergesi olarak *E. coli* grubu bakterilerin varlığına bakılmaktadır. Bazı durumlarda çevresel ve fiziksel faktörlere karşı enterik virüs ve protozoalar, *E. coli*'den daha fazla direnç göstermektedir. Bu sebeple *E. coli* olmayışı fekal kirliliğin

olmadığı anlamına gelmemektedir. Koliform bakteri grubunun varlığı, hastalığa neden olabilen diğer mikroorganizma türlerinin de mevcut olabileceğini ve suyun potansiyel olarak içmek için güvenli olmadığını göstermektedir. İndikatör mikroorganizmalar sularda az miktarda ve homojen bir dağılıma göstermediğinden fekal kirliliğin belirlenmesi zorlaşmaktadır (Özgür, 2013; Gerba, 2015; Wang ve Deng, 2019).

2.9.1. Enterobacter

Enterobacteriaceae familyası, toprak, sebze, meyve, bitki ve böcekler üzerinde bulunan büyük gruplardan biridir. *Enterobacteriaceae* familyasında yer alan *Enterobacter*, gram negatif, fakültatif anaeroptur. Yaklaşık 0,6-1µm en ve 1,2-3µm boyutlarında çomak şeklindedir. Birçoğu hareketli olup peritrik flagelleri ile hareket edebilirler. Katı besiyerinde smooth, mukoid veya rough tipi koloni oluşturur. Fırsatçı patojen olan *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* gibi cinsler de vardır. *Enterobacterler* insan ve hayvanlarda enfeksiyon etkeni olarak bağırsak florasında ve kontamine suda bulunmaktadır. İnsanda bu tür bakteriler, bağırsak hastalıkları dışında solunum sistemi enfeksiyonu, menenjit, pnömoni, idrar yolu enfeksiyonlara sebep olmaktadır. *Enterobacteriaceae* familyasına ait bu mikroorganizmalar bağırsak dışında da yaşayabildikleri için su ortamında bulunması fekal kontaminasyona sebep olmaktadır. Bu grup bakteriler bağırsak florası dışında başka ortamlarda da bulunabildiklerinden tek başlarına fekal kontaminasyon göstergesi değildir (Kubilay ve Arık, 2002; Özdemir, 2003; Ağaçfıdan ve ark., 2005; Yardımcı, 2009; Abiha, 2013).

2.9.2. Fekal streptokoklar (Enterekoklar)

Enterokoklar olarak bilinen fekal streptokoklar, beta hemoliz özellik gösterirler ve D grup streptokoklar olarak adlandırılmışlardır. Enterokoklar toprak, su, süt ürünleri, besin ve bitkilerde bulunmaktadır. Fekal streptokoklar, sularda koliform ve *E. coli* ile fekal kontaminasyon indikatörleri olarak kullanılmaktadır. Bu grup bakteriler, olumsuz çevre koşulları ve klor gibi kimyasallara, *E. coli* ile kıyaslandığında daha

fazla direnç gösterirler. Dolayısıyla havuz suyu gibi örneklerde veya herhangi bir besinde saptanması fekal kontaminasyonun göstergesi olarak kabul edilmektedir (Çoşkun, 2005).

2.9.3. Koliform organizmalar (Toplam koliformlar)

Koliform grubu bakterilerin arasında *E. coli*, *Klebsiella*, *Citrobacter* ve *Enterobacter* cinsleri bulunmaktadır. Bu grup bakteriler, 35 ° C’de 48 saat içinde laktoz fermantasyonu üzerine gaz üreten tüm aerobik ve fakültatif olarak anaerobik, Gram-negatif, gözeneksiz, çubuk şeklindeki bakterileri içerir. *E.coli* su ve besin maddelerinin lağım suları ile kirlendiğini gösteren indikatör bir bakteridir. Örnekte üreyen koliform, dışkı kaynaklı *E. coli* olabileceği gibi, doğadan bulaşmış diğer koliformlarda olabilmektedir (Ağaçfidan ve ark., 2005; Gerba, 2015).

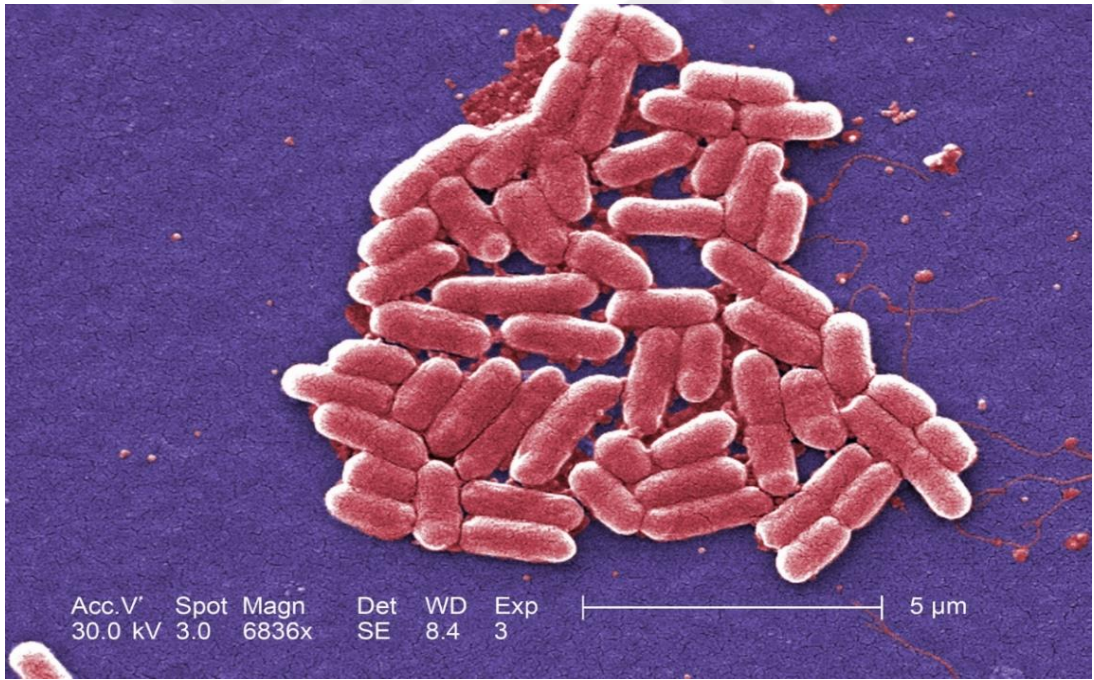
2.9.4. Fekal (Termotoleran) koliform grubu bakteriler

Fekal koliform bakterileri, yeterli besin, sıcak ve nemin bulunduğu uygun çevresel koşullar altında hızla üreyebilmektedir. Fekal koliform konsantrasyonları yağış, sıcaklık, bulanıklık vb. etkenlere bağlı olarak değişmektedir. İklim, fekal koliformların büyümesini ve dağılımını etkilemektedir. Bu tür çevresel faktörler bakterilerin su kütlelerindeki prevalansını etkileyebilmektedir (Wang ve Deng, 2019).

2.9.5. *Escherichia coli*

Enterobacteriaceae familyasında *Escherichia* cinsinde yer almaktadır. *Enterobacteriaceae* üyesi bakterileri insan ve hayvanların bağırsaklarında bulunmakla birlikte, bitki üzerinde de bulunan bir patojendir. *Enterobacteriaceae* üyesi bakteriler, besiyerine ekildiğine yuvarlak, düzgün 1-2 µm çapında parlak koloniler oluşturmaktadır. *E. coli* suşları kapsüllüdür. Büyük çoğunluğu geçici anaerop olup uygun üreme ısısı 37 °C’dir ve endospor oluşturmazlar (Bilgehan, 1995; Yardımcı, 2009; Aydın, 2016).

E. coli, normal bağırsak florasına ait olup, biyolojik sınıflandırmada bağırsakta yaşayan, enterik bakteriler ailesinde yer almaktadır. Bu nedenle herhangi bir örnekte *E. coli* bulunması, o örneğe doğrudan ya da dolaylı olarak kanalizasyon suyu ile dışkı bulaştığının göstergesidir. *E. coli*, primer patojen olmadığından varlığı bağırsak kökenli *Salmonella*, *Shigella* vb. patojenlerin potansiyel olarak bulunabileceğini göstermektedir. *E. coli* fekal kontaminasyonun bir göstergesi olmasının yanında genetik yapısı en iyi bilinen canlı olma özelliğine de sahiptir. Bu mikroorganizmalar sulara karışıklarında çeşitli hastalıklara yol açabilmektedir. Tüketime hazır gıdalarda ve insani tüketimine yönelik sulara *E. coli* bulunmamalıdır. Standart analizlerde bulunan koliform grup bakteriler içinde sadece *E. coli*, doğrudan dışkı ile ilişkilendirilirken, diğer koliform bakterilerin bitki/ toprak kökenli oldukları düşünülmektedir. Bu nedenle sağlık kuruluşları düzenli olarak sulardan alınan örnekleri kontrol etmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994; Sipahi, 2012).



Şekil 2.1. *Escherichia coli* bakterisinin mikroskop görüntüsü (URL-1, 2020).

BÖLÜM 3. MATERYAL ve METOT

3.1. Çalışma Alanı

Türkiye'nin Sakarya ili sınırları içerisinde bulunan Poyrazlar Gölü, piknik alanları içeren küçük tatlı su göllerinden biridir (Şekil 3.1.). Adını gölün doğusunda bulunan köyden almıştır. Diğer adı Tekeler Gölüdür. Göl, Adapazarı'nın kuzeyinde Sakarya ilinde (40° 53 N, 30° 24 E) 10 m yükseklikte yer alan alüvyonel bir bariyer gölüdür (Sevindik ve ark. 2015). Poyraz Gölü, Adapazarı merkezin 7-8 km kuzeydoğusunda yer almaktadır. Sakarya Irmağının eski yatağında oluşmuş olan göl 60 hektarlık alanı kaplamaktadır. Poyrazlar Gölü, güney kesimi sığ ve sazlarla kaplı oldukça derin bir göldür. Yüksekliği 30 metre, en derin kısmı 12 metredir. Fazla suları kuzey ucundan Sakarya nehrine Kapaklı dağ geçidinden geçerek boşalmaktadır (Aslangünoğdu, 2009; Atıcıl ve Tokatlı, 2014). Çalışmada materyal olarak Poyrazlar Gölü'nün 20 farklı noktasından alınan su örnekleri kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Poyrazlar Gölü

3.2. Kullanılan Materyaller

Deney sırasında kullanılan araç ve cihazlar Sakarya Üniversitesi Biyoloji Bölümü Mikrobiyoloji Laboratuvarından temin edilmiştir. Bu materyaller Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan materyaller

Membran filtre düzeneği	Cam vakum erleni
Vakum pompası	Membran filtre kâğıdı
Paslanmaz çelik pens	Bunzen beki
Huni	Portatif multiparametre ölçer
Steril plastik öze	Etüv

3.3. Kullanılan Besiyerleri

3.3.1. Chromogenic Coliform Agar (CCA) (Bioneks)

Kromojenik Koliform Agar (CCA), düşük bakteri sayısına sahip içme suyu, dezenfekte edilmiş havuz suyu veya arıtma tesislerdeki sularda (toplam 100'den az koloni) *Escherichia coli* ve koliform bakterilerinin saptanması ve sayımı için kullanılmaktadır. Lacgalaktosidaz ve β -glukuronidaz, substratın eşzamanlı varlığı, iki spesifik enzim aktivitesinin saptanmasını sağlamaktadır. Koliformlar β -galaktosidaz (β -gal) üretimi ile ayırt edilmektedir. Bu enzim, pembe ile kırmızı bir çökelti üretmek için kromojenik substrat ile reaksiyona girmektedir. Tüm *Escherichia coli* β -galaktosidaz içerir ve % 94-97 β -glukuronidaz (GUD) için de pozitifdir. Enzimin varlığı mavi bir renklenme ile ortaya çıkmaktadır. Chromogenic Coliform Agar besiyerinin bileşimi Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Chromogenic Coliform Agar besiyerinin bileşimi

Bileşim	g/L
Enzymatic digest of casein	1,0
Yeast extract	2,0
Di-sodium hydrogen phosphate	2,7
Sodium pyruvate	1,0
Sorbitol	1,0
Tryptophan	1,0
Secondary alcohol ethyloxylate surfactant	0,15
6-Chloro-3-indoxyl- β -D-galactopyranoside	0,2
Sodium chloride	5,0
Sodium dihydrogen phosphate x 2H ₂ O	2,2
5-Bromo-4-chloro-3-indoxyl- β -D-glucuronic acid	0,1
Isopropyl- β -D-thiogalactopyranoside (IPTG)	0,1
Bacteriological agar	16,0

Hazırlanması: Dehidre besiyeri 32,5 g/L alınarak distile su içerisinde otoklavlanmadan karıştırılarak kaynatılır. Kaynatılmış besiyeri soğutularak steril petri kutularına belirli

bir miktar dökülür. Sterilizasyon sonrası 25 °C’de pH’ı 6,8±0,1’dir. 24 saat boyunca 35 °C’de inkübe edilir. İnhibasyon sonucunda pembe ve kırmızı koloniler oluşur.

3.3.2. Slanetz and Bartley (SB) (Merck 1.05262)

In vitro ortamda yapılan standart mikrobiyolojik analizlerde su ve diğer sıvı örneklerinden membran filtrasyon yöntemiyle enterokokların sayımı için kullanılan besiyeridir. Ortamda bulunan Gram negatif flora SB içerisindeki sodium azide ile baskılanır. Enterokoklar kırmızı renkli koloniler oluşturur. Slanetz and Bartley besiyerinin bileşimi Tablo 3.3.’te verilmiştir.

Tablo 3.3. Slanetz and Bartley besiyerinin bileşimi

Bileşim	g/L
Tryptose	20,0
D(+) Glucose	2,0
K ₂ HPO ₄	4,0
Yeast extract	5,0
2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride	0,1
Sodium azide	0,4
Agar-agar	10,0

Hazırlanması: Dehidre besiyerinden, 41,5 mL alınarak distile suyun içinde otoklavlanmadan eriyinceye kadar kaynatılır ve sonra hızlıca 45-50 °C'ye soğutulur. 48 saat boyunca 37°C inkübe edilir. Hazırlanmış besiyeri berrak, sarımsı-kahve renktedir ve 25 °C’de pH’ı 7,2±0,2’dir.

3.3.3. Bile Aesculin Azide Agar (SE) (Merck 1.00072)

Fekal streptokoklar, kontaminasyon bulunan su örneklerinde fekal kontaminasyon indeksi olarak sayımı yapılır. Besiyeri, Slanetz and Bartley besiyerinde üremesi gerçekleşmiş kolonilerin doğrulanması için kullanılır. Enterokoklar ve *S. bovis* ve *S. equines* gibi *Streptococcus* cinsi bakteriler bu besiyerinde gelişmektedir. Glycoside Esculin’i dextrose ve esculetin’e dönüştürebilen Enterokoklar Esculetin, demir (III)

iyonları ile zeytin yeşili-siyah renkli koloni oluşmasını sağlar. Tablo 3.4.'te Bile Aesculin Azide Agar besiyerinin bileşimi verilmiştir.

Tablo 3.4. Bile Aesculin Azide Agar besiyerinin bileşimi

Bileşim	g/L
Peptone from Casein	17,0
NaCl	5,5
Peptone	3,0
Yeast extract	5,0
Sodyum pirüvat	1,0
Aesculin	1,0
Ammonium iron(III) citrate	0,5
Ox bile	10,0
Sodium azide	0,15
Agar	13,0

Hazırlanması: Dehidre besiyeri 54,65 g/L alınarak 1000 mL distile su içinde çözünerek, otoklavda 121 °C'de 15 dakika süre ile sterilize edilir. Otoklav sonrası besiyeri sıcaklığı düşünce steril petri kutularına dökülerek katılaşmaya bırakılır. Katılaştıran petri kutuları, berrak ve sarı renklidir. Slanetz and Bartley besiyerine yerleştirilmiş olan membran filtre üzerinde tipik renkli koloniler varsa, steril bir pens ile filtre alınıp, önceden 44 °C'ye ısıtılmış Bile Aesculin Azide Agar üzerine yerleştirilir. Filtre ters çevrilmeden, bakteri olan yüzü yine yukarı gelmelidir. Bu işlemden sonra Bile Aesculin Azide Agar petri kutuları 44±0,5 °C'de 2 saat inkübe edilir. İnkübasyon sonunda çevresi siyah renk olan sarı-kahverengi kolonilerin sayımı yapılır.

3.3.4. Membran Fekal Koliform (m-FC) Agar (Merck 1.11278)

Membran filtrasyon yöntemi ile fekal koliform bakterilerin tayininde kullanılan bir besiyerdir. Pepton ve maya ekstraktı mikroorganizmaların gelişimi için besin kaynağı olarak kullanılırken, içeriğinde bulunan safra tuzları Gram negatif diğer bakterilerin gelişimini durdurur. Laktoz, yüksek sıcaklıkta fekal koliformlar tarafından kullanılarak ve mavi renkli koloni oluşturur. Besiyerinde gelişebilen diğer koloniler gri renkli koloni yapar. Filtreler besiyerine arada hava kalmayacak şekilde yerleştirilip

44,5±0,2 °C’de 24 saat inkübasyona bırakılır. Tablo 3.5.’te Membran Fekal Koliform Agar besiyerinin bileşimi verilmiştir.

Tablo 3.5. Membran Fekal Koliform Agar besiyerinin bileşimi

Bileşim	g/L
Proteose peptone	5,0
Tryptose	10,0
NaCl	5,0
yeast extract	3,0
Bile salts	1,5
Lactose	12,5
Methyl blue	0,1
Agar-agar	15,0

Hazırlanması: Dehidre besiyeri 52,0 g/L olacak distile su içinde otoklavlanmadan kaynatılarak eritilir. 0,2 N NaOH içindeki %1’lik Rosolic acid çözeltisinden (10 mL/L) ilave edilir, sürekli karıştırılarak kaynatmaya 1 dakika daha devam edilir. 45-50°C’ye soğutulup, steril petri kutularına dökülür. 24 saat boyunca 45°C inkübe edilir. Hazırlanmış besiyeri berrak ve mavi-menekşe renkli olup, 25 °C’de pH’ı 7,4±0,2’dir.

3.3.5. Yeast Extract Agar (Merck 1.03750)

Küf, maya ve toplam canlının belirlenmesinde ve sayımında kullanılan bir besiyeridir. Besiyeri içeriğinde inhibitör maddeler bulunmaz ve pH-7’ye yakındır. Bakteriler de bu besiyerinde üreyebilir. Yeast Extract Agar besiyerinin bileşimi Tablo 3.6.’da verilmiştir.

Tablo 3.6. Yeast Extract Agar besiyerinin bileşimi

Bileşim	g/L
Yeast Extract	5,0
Glucose	10,0
Agar-agar	20,0

Hazırlanması: Toz halindeki dehidre besiyeri, 35,0 g/L tartılarak üzerine 1000 mL tamamlayacak şekilde distile su eklenir. Karıştırılarak otoklavda 121 °C’de 15 dakika sterilize edilir. İşlem sonunda soğutulan besiyerleri biyogüvenlik kabini içerisinde steril petri kutularının her biri 12,5 mL olacak şekilde dökülür. Katılaştıktan sonra sarımtırak renkte olan besiyerinin ortalama pH 6.5 tir.

3.3.6. Oksidaz testi

Chromogenic Coliform Agar içeren petri kutusunda gelişen koliform grubu bakterilerin kolonileri renkli olduğu için oksidaz testinde sahte pozitif/yanıltıcı sonuç alınabilir. Bu nedenle şüpheli koloni Yeast Extract Agar üzerine ekilir ve $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ ’de 21 ± 3 saat inkübe edilir. Steril öze ile Yeast Extract Agar’da oluşan koloninin bir kısmı kullanıma hazır oksidaz şeridi üzerine sürülür. 10-15 saniye içerisinde koyu mavi-mor rengin oluşması pozitif reaksiyon olarak kabul edilir. Koliform bakteriler oksidaz negatiftir, şerit üzerinde renklenme gerçekleşmez.

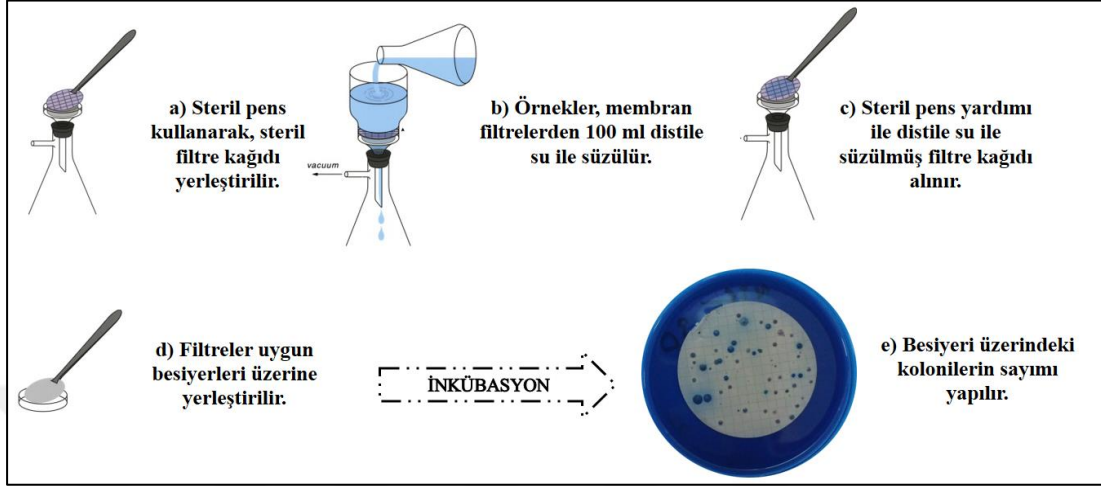
3.4. Su Örneklerinin Alınması

Bu çalışmada Poyrazlar Gölünde, toplam koliform, fekal koliform, fekal streptokok, *E. coli* ve toplam canlı varlığı araştırılmıştır. Bu amaçla önceden belirlenen 20 noktada Kasım-2018, Eylül-2019 ayları arasında toplam 120 adet su örneği, numune alma kriterlerine uygun şekilde steril 500 mL’lik koyu renkli, vida kapaklı steril cam şişe kullanılarak yüzeyden dibe doğru şişelere hava boşluğu kalmayacak şekilde suya daldırılmıştır. Aynı gün içinde Sakarya Üniversitesi Mikrobiyoloji Laboratuvarına getirilmiş ve analize alınmıştır.

3.5. Örneklerin Mikrobiyolojik Yönünden Analizi

Fekal koliform, toplam koliform ve fekal streptokok analizlerinde Membran Filtrasyon Tekniği kullanılmıştır. Örnekler 0,45 µm gözenek çaplı membran filtrelerden vakum altında 100 mL distile su ile süzölmüş daha sonra filtreler uygun besiyerleri üzerine alınarak uygun şartlarda inkübe edilmiştir. Deneyin yapılış aşaması Şekil 3.2.’de

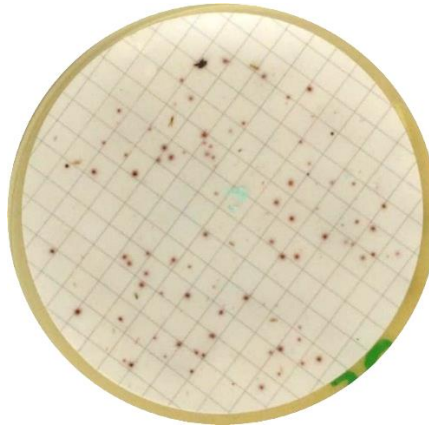
verilmiştir. Elde edilen sonuçlar SPSS Windows sürüm 20.0 programı kullanılarak aralarındaki korelasyon ilişkilerine bakılmıştır.



Şekil 3.2. Deneyin yapılış aşaması (Gerba, 2015)

3.5.1. Fekal streptokok analizi

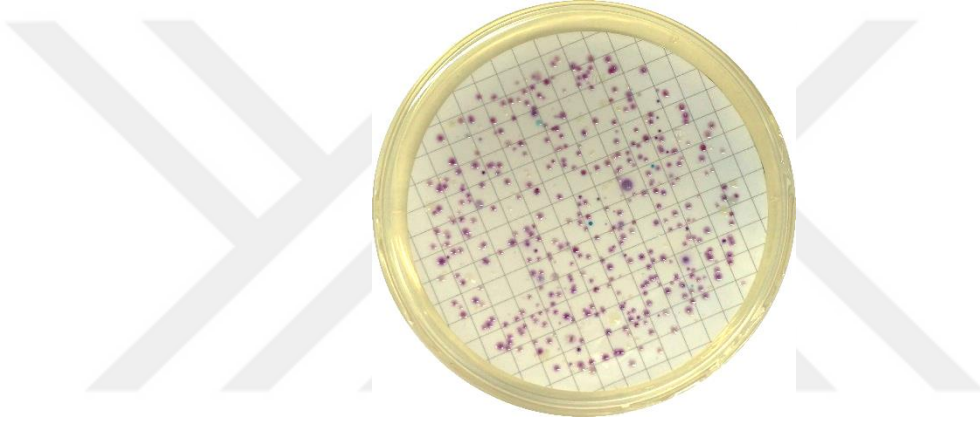
Slanetz-Bartley katı besiyerine alınan filtre kâğıdı 36,5°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Kırmızımsı mor-pembe renkte görölen koloniler olası fekal streptokok kabul edilerek doğrulama testi için Bile-Aesculin-Azide katı besiyerine alınarak 45°C'de 2 saat inkübasyona bırakılmıştır. 2 saat sonra sarı renkli olan besiyerinin üreme sonucunda koloni rengi ve etrafında koyu kahverengi zon oluşması pozitif, renk değişikliğinin görölmemesi ise negatif olarak değerlendirilmiştir. Besiyeri üzerinde üreyen fekal streptokok kolonileri Şekil 3.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Fekal streptokok kolonileri

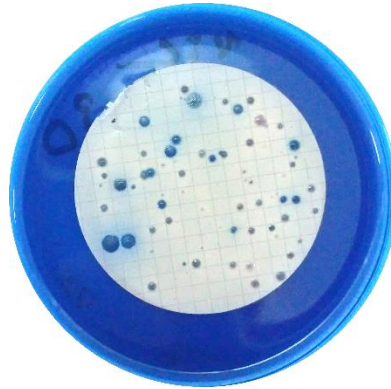
3.5.2. Fekal ve toplam koliform analizi

Toplam koliform bakteri tespit etmek için CCA besiyeri kullanılmıştır. Petriler 37°C’de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında petri üzerinde üreyen bakteriler oksidasyon testine tabii tutulmuştur. Oksidasyon testi için CCA besiyeri üzerinde üreyen kolonilerinden muhtemel koliform olduğu düşünülen rastgele 10 koloni seçilip Yeast Ekstrakt Agara ekimi yapılarak 37°C’de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Negatif olan koloniler muhtemel koliform grubu bakteri olarak kabul edilmiştir. Besiyeri üzerinde üreyen koliform bakteri kolonileri Şekil 3.4.’te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Toplam koliform kolonileri

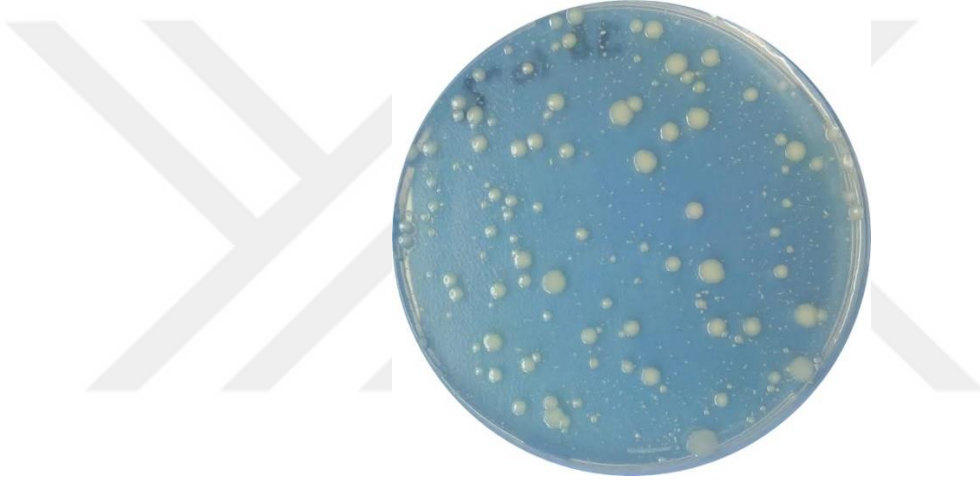
Fekal koliform bakterileri tespit etmek için ayırıcı besiyeri olan M-FC (Merck) kullanılmıştır. Petriler 44,5 °C’de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında petri üzerinde gelişen mavi, pembe, gri kolonilerin sayımı yapılmıştır. Besiyeri üzerinde üreyen fekal koliform bakteri kolonileri Şekil 3.5.’te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Fekal koliform kolonileri

3.5.3. Toplam canlı miktarının belirlenmesi

Toplam canlılığın belirlenmesi için suyu örneğinden 1 mL ve 10^{-1} mL alınarak steril petri kutusuna aktarılmış; üzerine steril edilmiş ve 45-47 °C de tutulan Yeast Agar'a besiyerinden 12-15 mL kadar dökülmüştür. Petri kutusu düz zeminde 888 çizilmesiyle örnek ile besiyeri karıştırılmıştır. Besiyerinin katılaşmasından sonra petri kutuları inkübatöre bırakılmıştır. 2 gün süren inkübasyon sonunda petri üzerinde gelişen kolonilerin sayımı yapılmıştır. Besiyeri üzerinde üreyen koloniler Şekil 3.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Toplam canlı kolonileri

3.6. Örneklerin Fiziksel Parametrelerinin Belirlenmesi

Göl suyunun, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EC), çözünmüş oksijen miktarı (DO), ve çözünmüş katı madde miktarı yüzeyden ve 1 m derinlikten YSI ProPlus su kalitesi ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Suyun fiziksel ve bakteri dağılımıyla olan ilişkisini ortaya koyabilmek için SPSS Windows sürüm 20.0 paket programı kullanılmıştır.

BÖLÜM 4. BULGULAR

Poyrazlar Gölü'nden önceden belirlenen 20 noktadan, 2018 Kasım – Eylül 2019 yılları arasında altı ay boyunca (Kasım-Ocak-Mart-Mayıs-Temmuz-Eylül) 120 adet su örneği alınmıştır. Örnekler membran filtrasyon yöntemiyle, toplam koliform, fekal koliform, fekal streptokok ve *E. coli* dökme plak yöntemi ile toplam canlı yönünden incelenmiştir. Örneklerin alındığı istasyonlar Şekil 4.1.'de gösterilmiştir. Bu çalışma sonucunda Poyrazlar Gölü'nün bakteriyolojik kirlilik düzeyleri ile fiziksel ve kimyasal parametreleri belirlenmiştir.

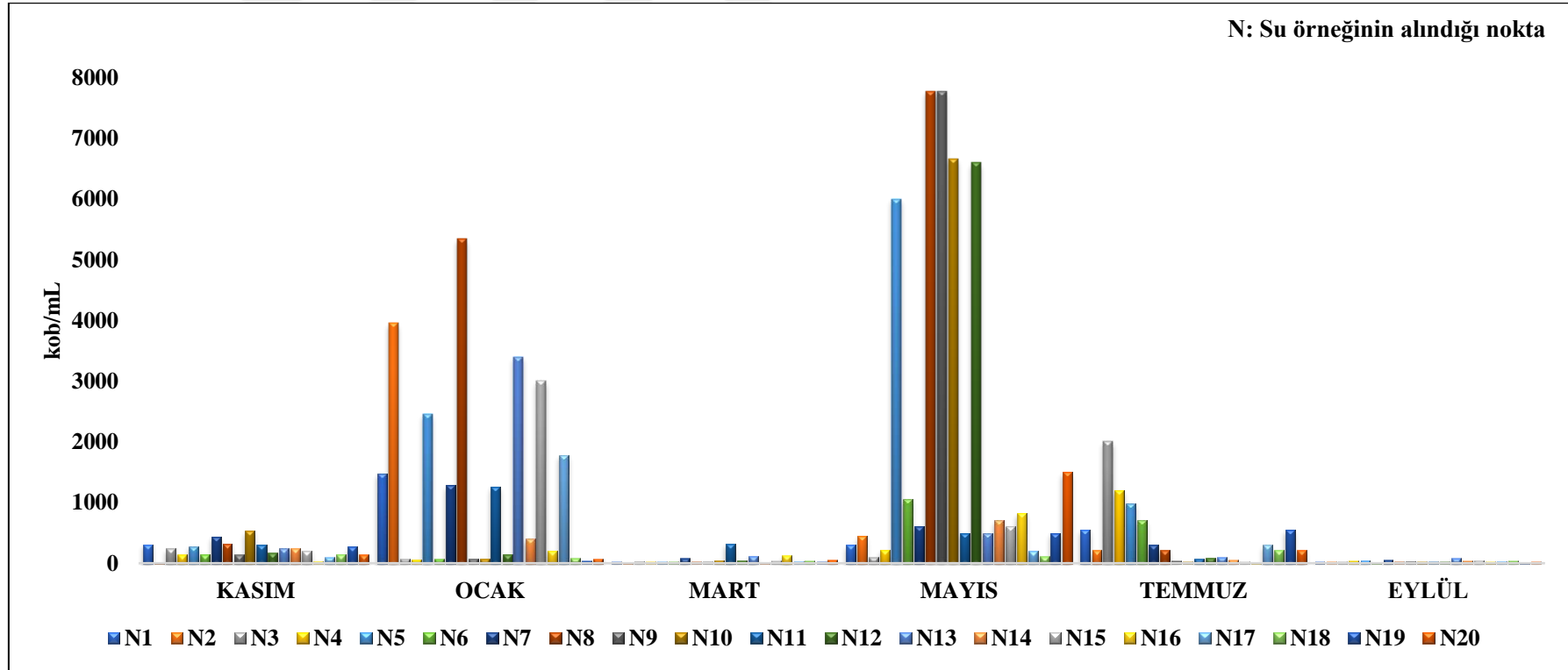


Şekil 4.1. Su numunelerinin alındığı istasyonlar

4.1. Bakteriyolojik Kirlilik Düzeyleri

4.1.1. Toplam canlı

İnceleme yapılan aylarda analiz sonuçları karşılaştırıldığında toplam canlı değerleri Şekil 4.2.'de verilmiştir. Toplam canlı değerleri, Ocak ve Mayıs ayında artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Toplam canlı değeri >34 ve <2200 kob/mL arasında değişmektedir. Ocak ayındaki ortalama toplam canlı miktarı <1270 kob/mL, Mayıs ayındaki ortalama toplam canlı miktarı <2200 kob/mL olarak ölçülmüştür. Ocak ayı, hava ve göl suyu sıcaklığının düşük olduğu bir aydır. Göl sıcaklığının düşük olmasına rağmen toplam canlı miktarında artış olduğu belirlenmiştir. Mayıs ayındaki toplam canlı miktarının sıcaklığa bağlı olarak doğru orantı göstermiştir.

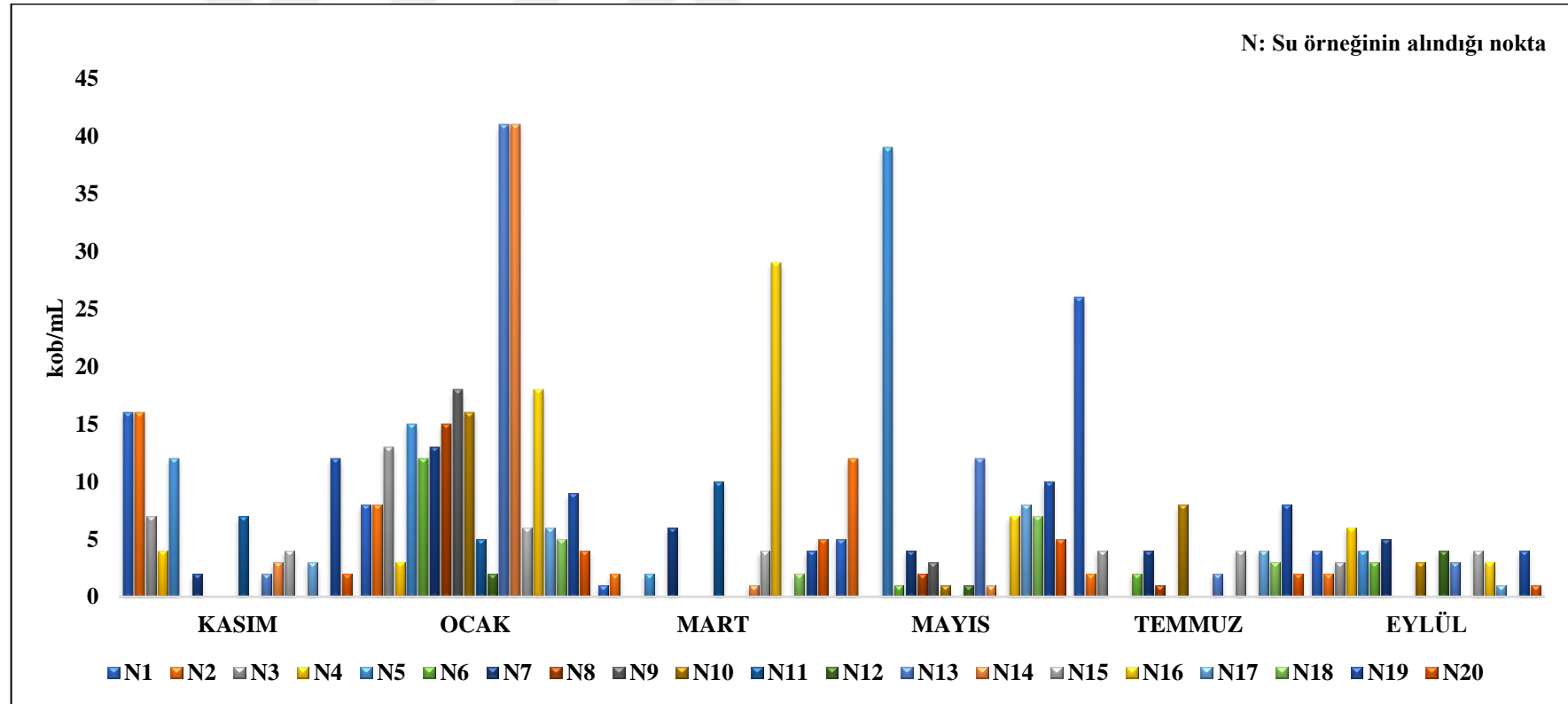


Şekil 4.2. Toplam canlı miktarının aylara göre dağılımı

4.1.2. *E. coli*

Gölden alınan örneklerde aylara göre *E. coli* sayımlarının sonuçları Şekil 4.3.'te verilmiştir. Alınan sonuçlara göre, ortalama *E. coli* bakteri sayısı >3 ve <13 kob/mL arasında tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada en fazla *E. coli* sayısı Ocak ayında <13 kob/mL, en az Eylül ayında >3 kob/mL olarak kaydedilmiştir.

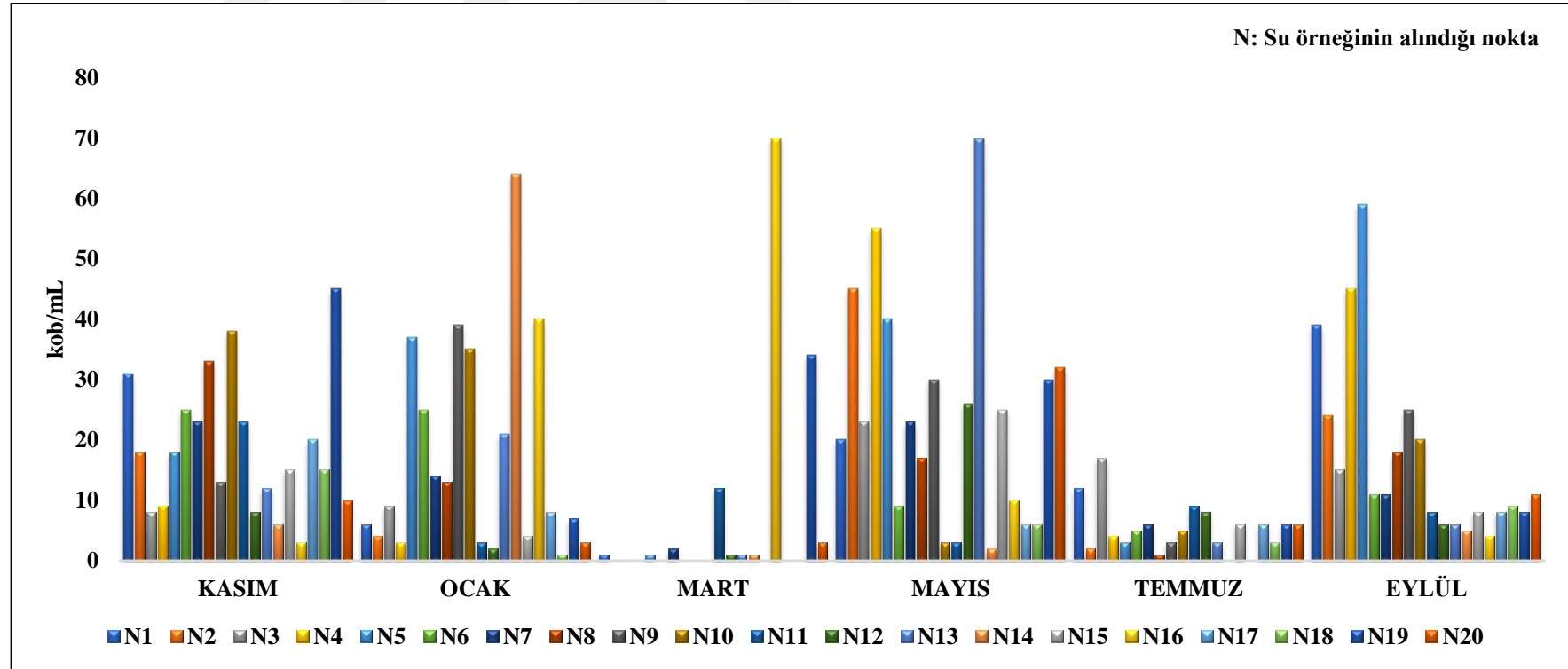


Şekil 4.3. *E. coli* miktarının aylara göre dağılımı

4.1.3. Fekal koliform

Gölden alınan örneklerde aylara göre fekal koliform sayımlarının sonuçları Şekil 4.4.'te verilmiştir. Alınan sonuçlara göre, ortalama fekal koliform bakteri sayısı >5 ve <24 kob/mL, arasında tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada en fazla fekal koliform sayısı Mayıs ayında <24 kob/mL, en az fekal koliform sayısı Mart ayında >6 kob/mL olarak kaydedilmiştir.



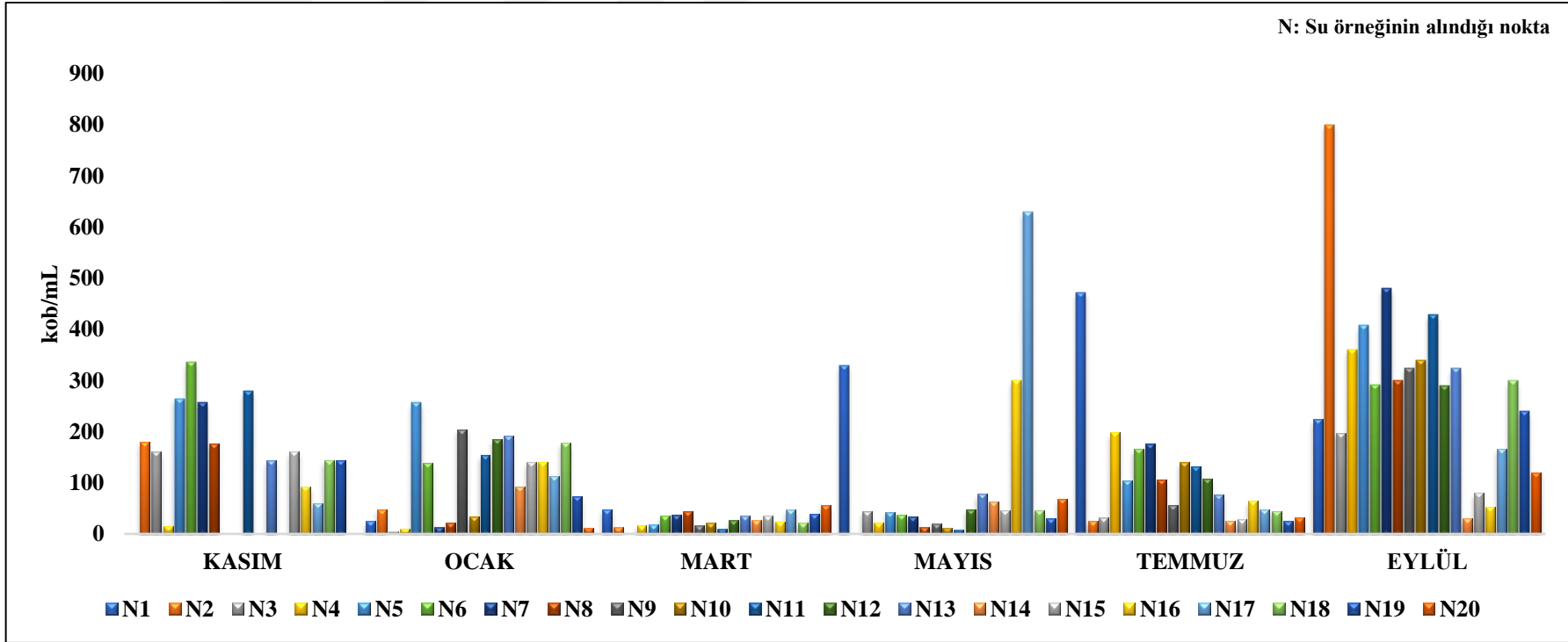


Şekil 4.4. Fekal koliform miktarının aylara göre dağılımı

4.1.4. Toplam koliform

Gölün içerisinde alınan örneklerde aylara göre toplam koliform sayımlarının sonuçları Şekil 4.5.'te verilmiştir. Alınan sonuçlara göre, toplam koliform bakteri sayısı >28 ve <288 kob/mL arasında tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada en fazla toplam koliform sayısı Eylül ayında <287 kob/mL, en az toplam koliform sayısı Mart ayında >28 kob/mL olarak kaydedilmiştir. Genel olarak örneklerin aylık dağılımları benzerlik göstermektedir.



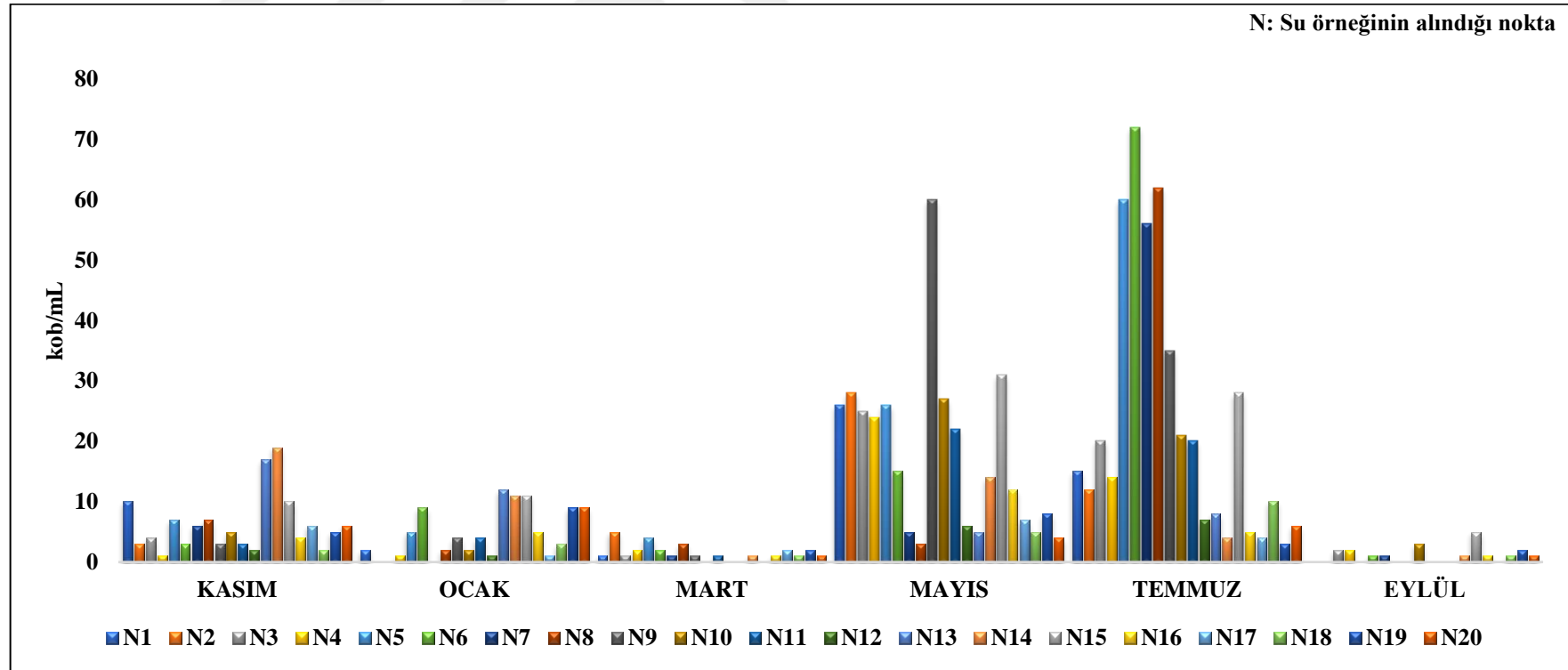


Şekil 4.5. Toplam koliform miktarının aylara göre dağılım

4.1.5. Fekal streptokok

Gölün içerisinde alinan örneklerde aylara göre fekal streptokok sayımlarının sonuçları Şekil 4.6.'da verilmiştir. Alınan sonuçlara göre, bakteri sayısı >1 ve <24 kob/mL arasında tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada en fazla fekal streptokok sayısı Temmuz ayında < 23 kob/mL, en az Eylül ayında >1 kob/mL olarak kaydedilmiştir.





Şekil 4.6. Fekal streptokok miktarının aylara göre dağılımı

Tablo 4.1. Mikroorganizmaların aylara göre ortalaması (kob/mL)

Mikroorganizma	Kasım	Ocak	Mart	Mayıs	Temmuz	Eylül	Ortalama
FK	18,5	16,9	6,3	23,75	5,25	17	14,6
TK	120,55	101,8	28,4	93,5	102,9	287,7	122,5
FS	6,15	4,55	1,45	17,65	23,1	1	8,9
TC	220,25	1563,7	58,05	2747,5	392,75	34,5	836,1
<i>E. coli</i>	4,5	12,9	3,3	5,9	3,5	2,5	5,4

FK: Fekal koliform, TK: Toplam koliform, FS: Fekal streptokok, TC: Toplam canlı, *E. coli*: *Escherichia coli*

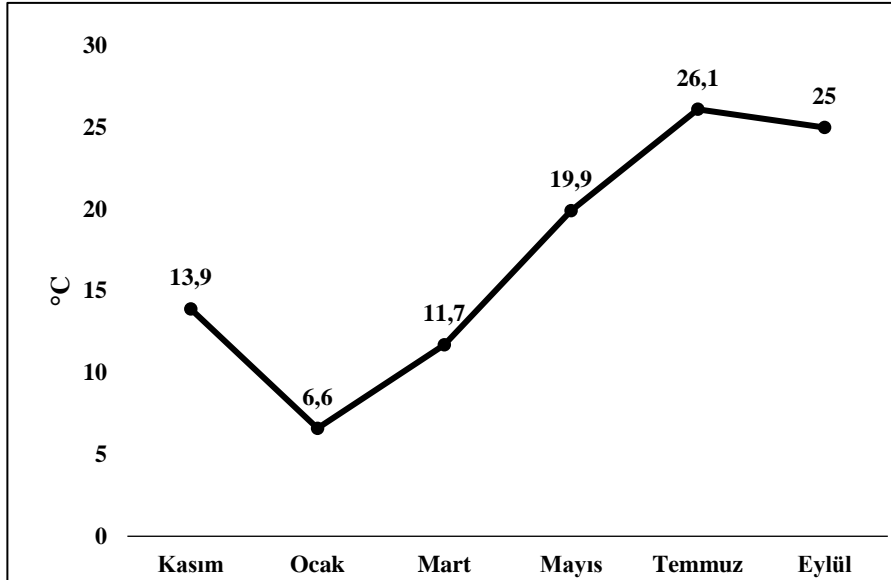
Çalışma boyunca alınan örneklerin aylara göre dağılımı Tablo 4.1.'de verilmiştir. Alınan toplam 120 numunenin 6 ayın ortalama değerlerine bakıldığında toplam koliform ortalaması 122,47 kob/mL, fekal koliform ortalaması 14,6 kob/mL, fekal streptokok 8,9 kob/mL, *E. coli* bakterisinin ortalaması 5,4 kob/mL ve toplam canlı miktarının ortalaması 836,1 kob/mL olduğu tespit edilmiştir.

Tüm istasyonlarda aylık fekal koliform değeri en 5,25 kob/mL, en çok 23,75 kob/mL olarak kaydedilmiştir. Toplam koliform değerleri en az 28,41 kob/mL, en çok 287,7 kob/mL olarak bulunmuştur. *E. coli* değeri en çok 12,9 kob/mL en az 2,5 kob/mL, fekal streptokok değeri en çok 23,1 kob/mL, en az 1 kob/mL, Toplam canlı değeri ise en çok 2747,5 kob/mL, en az 34,55 kob/mL olduğu tespit edilmiştir.

4.2. Fiziksel ve Kimyasal Parametre Düzeyi

4.2.1. Sıcaklık

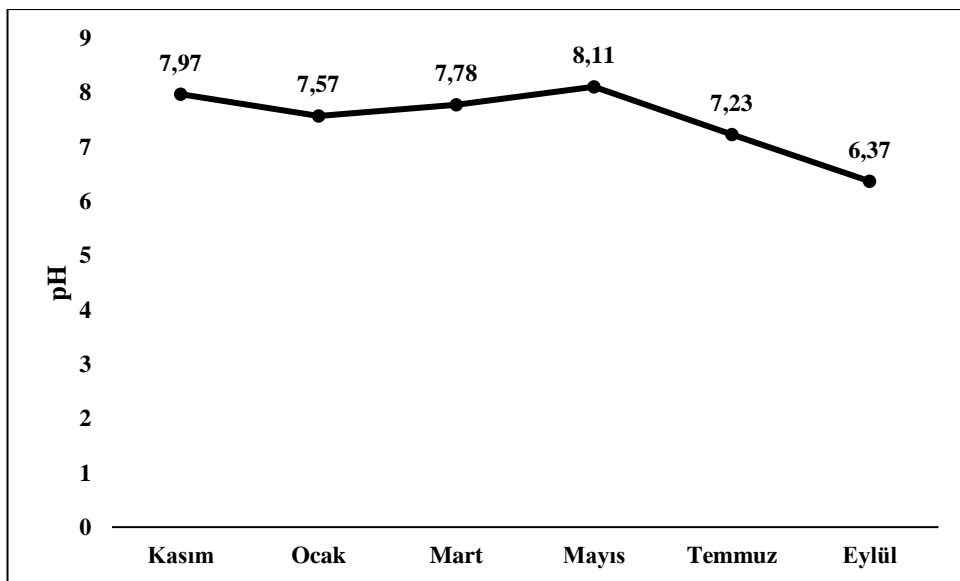
Çalışma dönemini boyunca gölün sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Sıcaklık mevsimlere bağlı olarak azalıp artmıştır. En düşük su sıcaklığı 6,6 °C olarak Ocak ayında tespit edilmiştir. En yüksek su sıcaklığı değeri ise 26,1 °C olarak Temmuz ayında ölçülmüştür. Su sıcaklığı mevsim normallerindedir. Suyun yıllık sıcaklık ortalaması 17,2 °C olmuştur (Tablo 4.2.). Sıcaklığın mevsimsel değişimi Şekil 4.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Sıcaklığın mevsimsel değişimi

4.2.2. pH

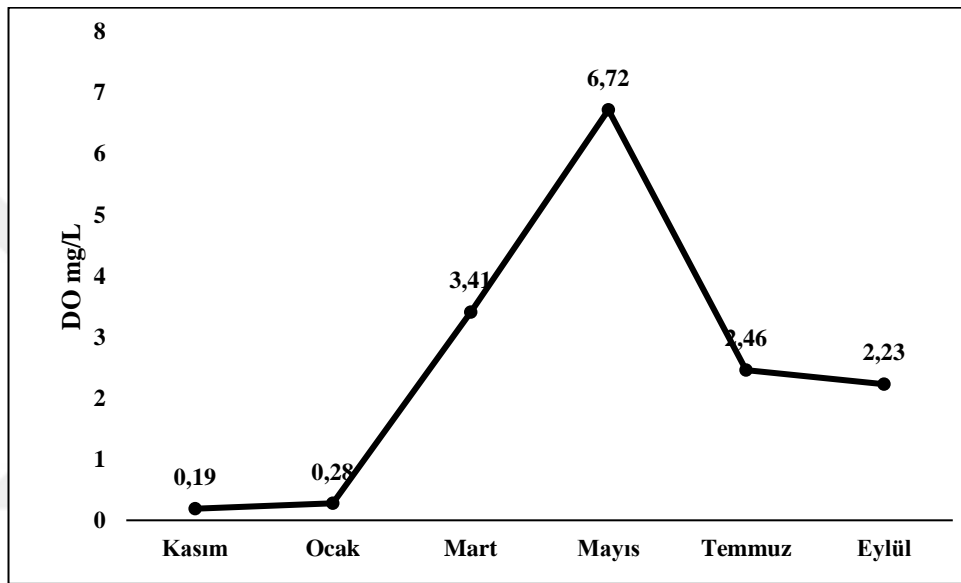
Çalışma boyunca Poyrazlar gölünün pH değerleri 6,37 ile 8,11 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük pH değeri Eylül ayında 6,11 olarak ölçülmüştür. En yüksek değer olan 8,11 ise Mayıs ayında tespit edilmiştir. Örnekleme dönemlerinde mevsimler arasında pH değerleri açısından büyük farklılıklar tespit edilmemiştir. Çalışma boyunca gölün pH ortalaması 7,5 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.2.). İstasyonlara ve mevsimlere göre pH'nın yıllık değişimi Şekil 4.8.'de verilmiştir.



Şekil 4.8. pH'nın mevsimsel değişimi

4.2.3. Çözünmüş oksijen oranı

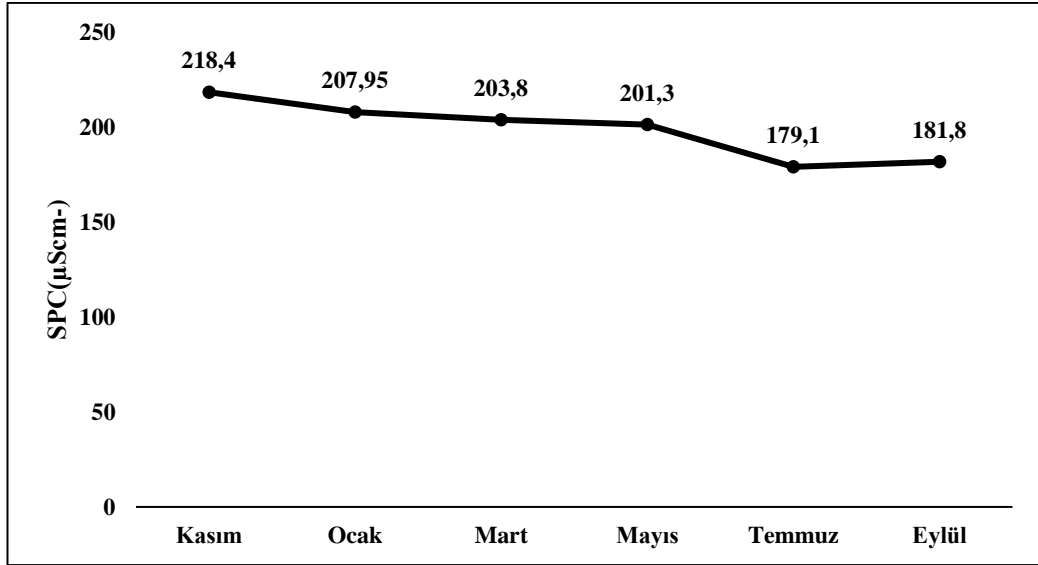
Deney aylarındaki örneklerin çözünmüş oksijen değerleri 2,23 mg/L ile 6,72 mg/L arasında değişiklik göstermiştir. En düşük değer 0,19 mg/L ile Kasım ayında ve en yüksek değer olan 6,72 mg/L Mayıs ayında elde edilmiştir. Suyun yıllık çözünmüş oksijen miktarının ortalaması 2,54 mg/L olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.2.). Çözünmüş oksijen değerlerinin dağılımı Şekil 4.9.'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Çözünmüş O₂ değerinin mevsimsel değişimi

4.2.4. Elektriksel iletkenlik

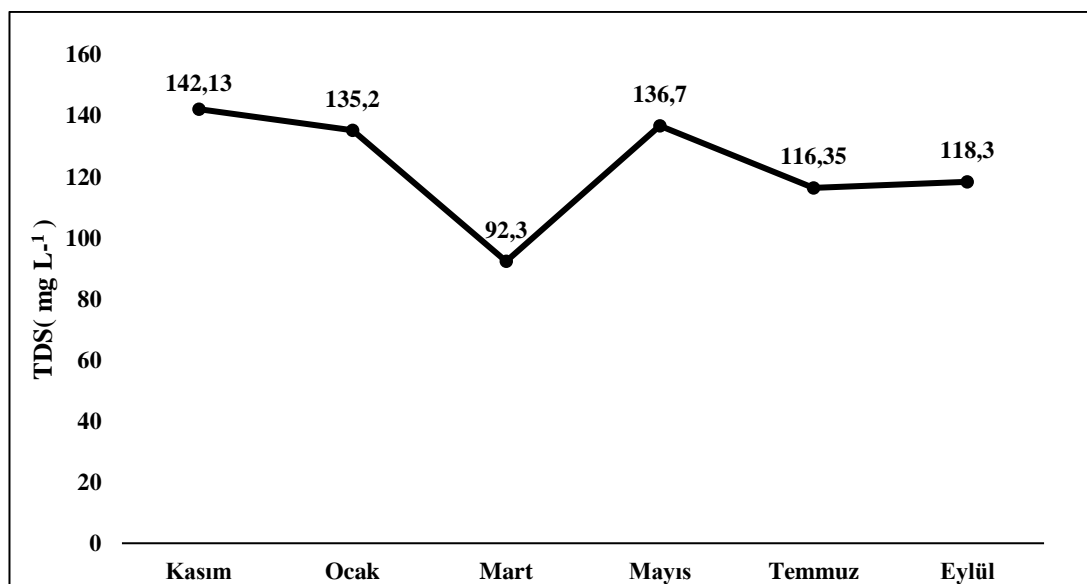
Göl suyu elektriksel iletkenlik değerleri 218,4 – 179,1 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir. En düşük elektriksel iletkenlik değeri Temmuz ayında 179,1 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak, en yüksek elektriksel iletkenlik değeri ise Kasım ayında 218,4 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik değerleri arasında bir farkın olmaması iyon derişiminin de fazla olmadığını göstergesidir. Ortalama elektriksel iletkenlik 198,72 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olmuştur (Tablo 4.2.). Mevsimsel elektriksel iletkenlik değerleri Şekil 4.10.'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Elektriksel iletkenliğinin mevsimsel değişimi

4.2.5. Toplam çözünmüş katı madde

Çalışma boyunca toplam çözünmüş katı madde değerleri $142,1-92,3 \text{ mg L}^{-1}$ arasında değişmiştir. En düşük TDS değeri Mart ayında $92,3 \text{ mg L}^{-1}$ olarak, en yüksek TDS değeri ise $142,13 \text{ mg L}^{-1}$ olarak Kasım ayında tespit edilmiştir. TDS derişimi genel olarak birbirine yakın seyretmekte fakat Mart ayında ani bir düşüşe geçmektedir. Çalışma süresince hesaplanan ortalama TDS değeri $123,49 \text{ mg L}^{-1}$ olmuştur (Tablo 4.2.). TDS değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 4.11.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.11. Toplam çözünmüş katı madde değerinin mevsimsel değişimi

Tablo 4.2. Alınan örneklerin alındığı aylardaki fiziksel ve kimyasal parametrelerin ortalama değerleri

	°C	mmHg	DO	EC	TDS	SAL	pH
Kasım	13,9	763,6	0,19	218,4	142,1	0,1	7,97
Ocak	6,6	749	0,2	207,9	135,2	0,1	7,57
Mart	11,7	764,2	3,41	203,8	92,3	0,1	7,78
Mayıs	19,9	760	6,7	201,3	136,7	0,1	8,1
Temmuz	26,1	753,5	2,4	179,1	116,35	0,08	7,2
Eylül	25	761,6	2,2	181,8	118,3	0,09	6,3
Ortalama	17,2	758,6	2,5	198,7	123,4	0,095	7,5

°C: Sıcaklık; mmHg: Cıva; Oksijen Miktarı, DO: Çözülmüş Oksijen Miktarı, EC: Elektriksel İletkenlik, TDS: Toplam Çözülmüş Katı Madde. SAL: Tuz

Çalışma boyunca alınan örneklerde aylara göre ortalama sıcaklık değeri 17,2°C, ortalama doymuş oksijen değeri 2,5 mg/L, ortalama elektriksel iletkenlik değeri 198,7 $\mu\text{S cm}^{-1}$, toplam çözülmüş katı madde miktarı 123,4 mg L^{-1} ve pH 7,5 olarak hesaplanmıştır. Alınan örneklerin alındığı aylardaki fiziksel ve kimyasal parametrelerin ortalama değerleri Tablo 4.2.'de verilmiştir.

4.3. İstatistiksel Bulgular

Bakteriyolojik kirliliğin suyun fiziksel ve bakteri dağılımıyla olan ilişkisini ortaya koyabilmek için SPSS Windows sürüm 20.0 paket programı kullanılmıştır. Program vasıtasıyla veriler Spearman's rho Sıralama Korelasyon Katsayısı ile değerlendirilmiştir (Yardımcı, 2009). Elde edilen sonuçlar Tablo 4.3.'te gösterilmektedir.

Tablo 4.3. SPSS 20.0 Programı ile veri analiz sonuçları (Spearman's rho)

KORELASYON										
	FK	<i>E. coli</i>	FS	TK	pH	TC	°C	TDS	DO	EC
FK	1,000	,314	-,029	,143	,600	,257	-,086	,829*	-,029	,371
<i>E. coli</i>	,314	1,000	,486	-,314	,543	,886*	-,486	,600	-,143	,486
FS	-,029	,486	1,000	-,143	,371	,714	,371	,257	,200	-,200
TK	,143	-,314	-,143	1,000	-,543	-,429	,486	,314	-,657	-,143
pH	,600	,543	,371	-,543	1,000	,543	-,371	,543	,257	,543
TC	,257	,886*	,714	-,429	,543	1,000	-,143	,429	,257	,086
°C	-,086	-,486	,371	,486	-,371	-,143	1,000	-,143	,257	-,829*
TDS	,829*	,600	,257	,314	,543	,429	-,143	1,000	-,429	,543
DO	-,029	-,143	,200	-,657	,257	,257	,257	-,429	1,000	-,543
EC	,371	,486	-,200	-,143	,543	,086	-,829*	,543	-,543	1,000

*: $p < 0,05$, *E. coli*: *Escherichia coli*, DO: Çözülmüş Oksijen Miktarı, EC: Elektriksel İletkenlik, TDS: Toplam Çözünmüş Katı Madde, FK: Fekal Koliform, TK: Toplam Koliform, FS: Fekal Streptokok, TC: Toplam Canlı.

Elde edilen sonuçlarda $p < 0,05$ seviyesinde fekal koliform ile toplam çözünmüş katı madde arasında 0,829 korelasyon katsayısı ile pozitif, elektriksel iletkenlik ile sıcaklık arasında -0,829 negatif korelasyon bağlantısı tespit edilmiştir. İstatistiksel analizler sonucu $p < 0,05$ seviyesinde *E. coli* ile toplam canlı miktarı arasında 0,886 ile pozitif korelasyon tespit edilmiştir.

BÖLÜM 5 TARTIŞMA ve SONUÇ

Ülkemiz doğal su kaynakları açısından zengin olmasına rağmen, son zamanlarda meydana gelen su kirliliği artmış durumdadır (Er, 2014). Sanayi ve evsel atıkların doğrudan veya dolaylı olarak göllere boşaltılması, suların kirlenmesine neden olmaktadır (Alparslan, 1995; Özakoyunlu, 2007). Çöp döküm alanları gibi etkenlerin yanı sıra, aşınma ve tortu oluşumu, su seviyesini ve su rejimini değiştirmektedir. Bu değişimler suların kalitesini etkilemektedir. Su kaynaklarının tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de önemi gittikçe artmaktadır. Türkiye’nin, hızla artan nüfusu, gelişen teknolojisi ile suya olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Ülkemiz yarı kurak bir iklime sahip olduğu için su kaynakları potansiyeli düşüktür. Mevcut su potansiyelinin büyük bir kısmı tarım alanlarında ya da farklı alanlarda yanlış ve bilinçsiz kullanımlarla hızla azalmaktadır. Bu nedenle Türkiye’nin su kıtlığı yasayan bir ülke durumuna gelmesi kaçınılmazdır (Tomar, 2009). Ülkemizde yapılan araştırmalarda kaynak sularının mikrobiyolojik açıdan istenen standartlarda olmadığı saptanmıştır. Kaynak sularının korunması ile ilgili toplum bilinçlendirilmelidir. Ayrıca devlet kurumları da koruma altına aldıkları bu alanlara gerekli önemi göstermeli ve kontrollerini sıklaştırmalıdır (Er, 2014).

Göl sularının kirlenmesi sonucunda çevre ve insan sağlığı olumsuz yönde etkilenmektedir. Göl suları, kirlenme sonucunda birçok salgın hastalığa yol açabilecek bakteriyolojik ve kimyasal etkenli patojenlerin kaynağı olabilmektedir. Göl sularında yapılan mikrobiyolojik araştırmaların amacı kirlilik sonucunda oluşan mikroorganizmaların özelliklerini, oranını belirleyerek göl suyunun kalitesi hakkında bilgi sahibi olmaktır (Var, 2008; Aydın, 2016).

Bu çalışmada, Kasım 2018 – Eylül 2019 tarihleri arasında Poyrazlar Gölü'nden alınan örneklerin bakteriyolojik ve fiziksel- kimyasal parametreleri, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği ile belirlenmiş olan standart değerlerle karşılaştırılmıştır.

Tatlı su kaynaklarında mikrobiyal kirliliğin belirlenmesi mikroorganizmalarca sağlanmaktadır. Bu amaçla temel olarak koliform grubu bakterilere ve *E. coli* sayısına bakılmaktadır. Koliform grubu mikroorganizmaların incelenmesi, su kalitesinin belirlenmesi açısından önemli bir parametredir (Tunçsiper, 2017). Koliform bakterileri, atık maddelerde ve dışkılarda yaşadıklarından buldukları su ortamı için kirlenmeye etki sahibidir. Kanalizasyon sularının göl sularına karışması, şehirselle ve zirai kaynaklı kirlenmenin olduğu, yeterli şekilde arıtılmadan göl suyuna boşaltılan sıvı ve katı atıklar, yabancı hayvanların dışkıları fekal kirliliğe neden olabilmektedir (Kayış ve ark., 2017). Bu bakteriler aynı zamanda buldukları ortamda yaşayan diğer canlılar için hastalık yapıcı organizmalar sayılmaktadır (Tunçsiper, 2017). Fekal kirlilik olan sularda patojen mikroorganizmalarının bulunma olasılığı yüksektir ve bu durum su kalitesini olumsuz etkilemektedir (Er, 2014). Sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, koliform bakterileri popülasyonu seviyelerinin değişimine etki etmektedir (Elmacı ve ark., 2008).

Elmacı ve ark. (2008), Uluabat Gölü'nün mikrobiyolojik kalite açısından araştırdıkları bir çalışmada, toplam koliform oranını incelemiştir. Gölün ortalama toplam koliform miktarı 203 kob/mL olduğunu tespit edilmiş ve gölün toplam koliform açısından II. Sınıf kalitede olduğu saptanmıştır. Koloren ve ark. (2011), Gaga Gölü (Ordu)'nde yapmış oldukları çalışmada, göl suyunda toplam koliform bakteri sayısını yüzeyde ve 5m derinlikte >100 kob/mL olarak tespit etmişlerdir. Gaga Gölü'nün Kıtaçi Su Kaynakları Kalite Kriterleri'ne göre de II. Sınıf su kalitesinde olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda Poyrazlar Gölü'nün de toplam koliform bakteri miktarına bakılmıştır. Toplam koliform bakteri sayısı >120 kob/mL olduğu tespit edilmiştir. Poyrazlar Gölü koliform bakteri kriteri açısından II. Sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Çalışmamız diğer çalışmalarla koliform bakteri sayısı açısından benzerlik göstermektedir. Mikroorganizma artışında ise önemli etkenlerinden biri sıcaklıktır. Yaz aylarında artan sıcaklık, göldeki organik aktivitenin

artması, ortamda yeterli besin maddelerinin bulunması toplam koliform bakteri sayısındaki artışın sebebinin açıklanmaktadır.

Bulut ve ark. (2016) Eğirdir Gölü'nde yaptıkları çalışmada, yaz ve sonbahar aylarında göldeki fekal koliform seviyesinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Koloren ve ark. (2011), Gaga Gölü'nde yapmış oldukları çalışmada, fekal koliform bakteri sayısı >11 ve <26 kob/mL, fekal streptokok bakteri sayısı >2 ve <20 kob/mL olarak tespit etmişlerdir. Alkan ve ark. (1999), Uluabat Gölü'nde fekal koliform sayısını ortalama 38 kob/mL olduğunu bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada, fekal koliform en çok <24 kob/mL ile Mayıs ayı, en az > 6 kob/mL ile Mart ayında, *E. coli* en çok <13 kob/mL ile Ocak ayında, en az >2 kob/mL ile Eylül ayında ölçülmüştür. Gölün ortalama fekal koliform değeri 14,6 kob/mL, *E. coli* değeri ise 5,4 kob/mL olduğu tespit edilmiştir. Göldeki fekal streptokok sayısı en çok Temmuz ayında <23 kob/mL, en az Eylül ayında 1 kob/mL olarak ölçülmüştür. Gölde ilkbahar ve kış dönemindeki fekal koliform sayısının, yaz ve sonbahar dönemlerine göre daha az seviyede olduğu görülmüştür. Poyrazlar Gölü bakteriyolojik kalite kriterleri ile karşılaştırıldığında, II. Sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmamız literatürdeki diğer çalışmalarla ile farklılık göstermiştir. Poyrazlar Gölü diğer göllere göre nispeten daha az fekal kirliliğe maruz kalmıştır. Sıcaklıkla birlikte Mayıs ayındaki yağış oranı fekal koliform artışı için önemli bir faktör olduğu görülmüştür. Ayrıca gölde koliform grubu bakterilere rastlanması, göle dışkı kökenli atıkların ve atık sularının karıştığına göstergesidir.

Göl sularının kirlenmesine neden olan patojen indikatörler, koliform grubu bakteriler, mantar, alg, patojenik protozoa gibi organizmalardır. Diğer bir ifade ile suların tifo, kolera, amipli dizanteri gibi çeşitli hastalıklar yapan organizmalarla kirlenmesidir. Yapmış olduğumuz çalışmamızda Poyrazlar Gölü'ndeki toplam canlı sayısı en çok Mayıs ayında <2750 kob/mL, en az Eylül ayında >34 kob/mL ölçülmüştür. Gölün ortalama canlı sayısı ise 836,1 kob/mL olduğu tespit edilmiştir. Toplam canlı sayısı sıcaklık ile doğru orantı gösterdiği belirlenmiştir.

Yüzeysel sularında pH değeri; sıcaklık, tuzluluk ve CO₂ oranına bağlı olarak değişmektedir. Herhangi bir şekilde kirletilmemiş olan suların pH düzeyleri ulusal ve uluslararası standartlarda 6–9 arasında değiştiği belirtilmiştir. (Mutlu ve ark., 2013; Mutlu ve ark.,2014; Varol, 2015). Elmacı ve ark. (2008), yaptığı bir çalışmada Uluabat Gölü'nün yıllık ortalama pH 8,69±0,16 olarak III. Sınıf kaliteye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Özakkoyunlu'nun (2007) Çorum Gölyazı Gölü'nde yaptığı çalışmada, gölün pH değerlerinin 7,5 ile 7,7 arasında olduğunu tespit etmiştir. Ölçülen değerlere bakılarak Gölyazı Gölü'nün I. kalite su sınıfında olduğunu tespit etmiştir. Ünlü ve ark. (2008), Hazar Gölü'nün yıllık pH değerini 8,90 olarak ölçmüşler ve gölün bazı karakterde olup III. Sınıf su kalitesi grubuna girdiğini bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada Poyrazlar Gölü'nün pH değeri, 6,37 ile 8,11 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Kasım ayında 7,97 olan pH, Mayıs ayına kadar düşme eğilimini göstermiştir. Mayıs ayında en yüksek pH değeri ölçülmüştür. Tespit edilen pH aralığı gölün alkali bir yapıya sahip olduğunu, sucül canlılar ve balıklar için uygun bir yaşam ortamı olabileceği söylenebilir. Göl içerisindeki bulunan mikroorganizmalar zamanla pH değerini değiştirmektedir (Şengörür ve ark., 2002). Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ndeki su kalitesi sınıflarına göre ortalama pH değeri açısından Poyrazlar Gölü'nün I. Sınıf su kategorisine girdiği belirlenmiştir.

Göllerdeki sıcaklık, gölün bulunduğu yere, mevsime, derinliğine, su içinde bulunan çözülmüş madde miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Sıcaklık biyolojik, kimyasal olaylardan etkilediği için göldeki birçok değer konsantrasyonu değişmektedir (Ünlü,2008). Atıcıl ve Tokatlı'nın (2014), alg çeşitliliğinin belirlenmesi ile ilgili dört farklı gölde yaptıkları bir çalışmada Poyrazlar Gölü'nün sıcaklık açısından I. Sınıf kalitede olduğunu belirlemişlerdir. Eryılmaz ve ark. (2014), Borçka Gölü'nün genel olarak kaliteli sularındaki üst değer altında bir sıcaklık değeri olduğunu bildirmişlerdir. Elmacı ve ark. (2008), yaptığı bir çalışmada Uluabat Gölü'nün yıllık ortalama su sıcaklığı (16,36±7,47 °C) açısından I. Sınıf kaliteye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Mert ve ark. (2008), Apa Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada su sıcaklığını en düşük 2,2 °C ile Aralık ayında, en yüksek ise 26,5 °C ile Temmuz ayında olduğunu belirlemişlerdir. Araştırma süresince tüm istasyonlarda ölçülen en yüksek su sıcaklık 26,1 °C olarak Temmuz ayında, en düşük su sıcaklığı ise 4,6 °C olarak Ocak ayında

kaydedilmiştir. Temmuz ayında, buharlaşma oranını artırmasıyla göl suyunun sıcaklığı da artmıştır. Sıcaklık değerleri açısından istasyonlar mevsim normallerinde olduğu tespit edilmiştir. Göllerdeki sıcaklık değişimi, örneklerin alındığı anki hava durumu göl çevresindeki bitki örtüsü, yağmur suyu ve göle yeraltı suyu akışı gibi etkenlere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Poyrazlar Gölü'nün I. Sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Çalışmamız, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ndeki su kalite sınıflarına göre ortalama sıcaklık değeri açısından literatürdeki diğer çalışmalarla benzerlik göstermiştir.

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu suyun kirlenme derecesi, sudaki organik madde konsantrasyonu, sıcaklık ve tuzluluk ile yakından ilgilidir (Şengörür ve ark., 2002). Kontamine olmuş doğal sularda çözünmüş oksijen konsantrasyonu genellikle 10 mg/L civarındadır. Oksijen konsantrasyonu 5 mg/L'nin altına düştüğünde biyolojik yaşam fonksiyonları olumsuz etkilenmektedir (Varol, 2015). Elmacı ve ark. (2008), yaptığı çalışmada Uluabat Gölü'nün yıllık ortalama çözünmüş oksijen değerini $7,62 \pm 1,99$ mg/L olarak ölçülmüş ve gölün çözünmüş oksijen açısından II. Sınıf su kalitede olduğu bildirmiştir. Eryılmaz ve ark. (2014), yapmış olduğu çalışmada Borçka Baraj Gölü'nün çözünmüş oksijen açısından I. Sınıf kalitede olduğunu bildirmişleridir. Çalışmamızda ise Poyrazlar Gölü'nde ölçülen çözünmüş oksijen konsantrasyon değerleri 2,23 mg/L ile 6,72 mg/L arasında değişiklik göstermiştir. Yaptığımız çalışmada Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ndeki su kalitesi sınıflarına göre ortalama çözünmüş oksijen değeri açısından Poyrazlar Gölü'nün IV. Sınıf su kategorisine girdiği belirlenmiştir. Çalışmamız literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırıldığında su kalitesinde farklılıklar görülmüştür. Su içinde bulunan bitkilerin ve sazlıkların yoğunluğu, mikroorganizmaların biyolojik aktiviteleri, bataklık alanlar, askıdaki katı maddeler vb. etkilerden dolayı, göller arasında kalite farklılığı olabilmektedir.

Suların iletkenliği sulardaki çözünmüş mineral maddelere bağlı olarak iyon sayısı hakkında bilgi vermektedir. Sudaki jeolojik yapıya ve yağış oranına bağlı olarak değişim göstermektedir. Suyun yoğunluğu ve tuzluluğu arttıkça iletkenlik de artmaktadır (Mutlu ve ark. 2003; Mert ve ark., 2008; Varol, 2015). Ünlü ve ark. (2008),

Hazar gölünde yaptıkları bir çalışmada, yıllar içerisinde değişen elektriksel iletkenlik değerine bakılarak göl suyunun sulamada kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır. Hazar Gölü'nün elektriksel iletkenlik açısından uygun değerlerde olmadığı ve IV. Sınıf kalitede olduğu tespit edilmiştir. Eryılmaz ve ark. (2014), Borçka Baraj Gölü'nün elektriksel iletkenlik değerinin sınırın çok altında bir değerde olduğunu bildirmişlerdir. Elektriksel iletkenlik değeri Poyrazlar Gölü'nde $218,4 - 179,1 \mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir. Elektriksel iletkenlik değerinde mevsimsel olarak büyük bir fark tespit edilmemiştir. Gölde yaptığımız çalışmada Kasım ayından itibaren elektriksel iletkenlik değeri düşme eğilimindedir. Çalıştığımız göl suyunun tuzluluk oranı azdır ve yaz aylarında sıcaklığın artmasıyla çözünen iyonların yüzeyden daha derinlere çökmektedir. Bu durum iletkenliğin azalmasına neden olduğu düşünülmektedir (Varol, 2015). Çalışmamız diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında elektriksel iletkenliğin değerinin Hazar Gölü ile benzer olmadığı görülmüştür. Elektriksel iletkenlikte farklılık ya da benzerlik gölün jeolojik yapısına ve dış etkenlere göre değişiklik gösterebilmektedir. Yapılan çalışmada Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ndeki su kalitesi sınıflarına göre ortalama elektriksel iletkenlik değeri açısından da Poyrazlar Gölü'nün I. Sınıf su kategorisine girdiği belirlenmiştir.

Toplam çözünmüş katı maddeler, inorganik tuzlardan, magnezyum, manganez, sodyum, potasyum ve diğer katyonlardan oluşmaktadır. TDS artışı, suda renk değişimine ve bulanıklığa neden olmasının yanı sıra osmotik basıncı arttırdığında sudaki canlı yaşamını olumsuz etkilemektedir. Zeybek (2006), Akgöl'nün (Karaman-Konya) TDS değerini su kalitesi standartları ile karşılaştırdığında gölün, IV. Sınıf su kalitesine sahip olduğunu bildirmiştir. Orak (2019), Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün ortalama TDS değerini $221,91 \text{ mg/L}^{-1}$ olduğunu bildirmiştir. Yaptığımız çalışmada Poyrazlar Gölü'nün TDS değeri $>92 \text{ mg L}^{-1}$ ve $<143 \text{ mg L}^{-1}$ arasında değişiklik göstermektedir. TDS değeri açısından Poyrazlar Gölü I. Sınıf kaliteye sahiptir. Sıcaklıkla ters orantılı olarak, en düşük TDS değerleri Mart ayında $>92 \text{ mg L}^{-1}$, en yüksek değer ise Kasım ayında $<143 \text{ mg L}^{-1}$ ölçülmüştür.

Fizikokimyasal parametrelerin bakteri dağılımı ile ilişkisi Spearman's rho ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel

değerlendirme programı olan SPSS sürüm 20.0 kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlarda fekal koliform değerleriyle toplam çözünmüş madde miktarı değerleri arasında 0,05 seviyesinde pozitif yönde 0,829 korelasyon katsayısı ile; *E. coli* değerleri ile toplam canlı değerleri arasında 0,05 seviyesinde pozitif yönde 0,886 korelasyon katsayısı ile kuvvetli bir bağlantı bulunmuştur. Evsel, hayvansal, sanayi vb. atıklar fekal grubu bakteriler tarafından ayrıştırılırken TDS konsantrasyonu doğru oranda artığı düşünülmektedir. Elektriksel iletkenlik ve sıcaklık arasında 0,05 seviyesinde negatif yönde 0,829 korelasyon katsayısı ile kuvvetli bir bağlantı bulunmuştur. Sıcaklık ile elektriksel iletkenlik doğru orantılı olduğu düşünülse de çözünen maddelerdeki farklı tuzlar farklı iletkenlik değerlerine sahiptirler. Bu yüzden artan sıcaklık ile çözünen madde çeşitleri elektriksel iletkenlik konsantrasyonunu azalttığı düşünülmektedir.

Araştırmamızdan elde edilen sonuçlara göre Poyrazlar Gölü henüz mikrobiyolojik kalite açısından kirli olmayan, fakat kirlilik sınırına yakın değerlere sahip bir göldür. Gölün ileriki zamanlarda kirlilik düzeylerinin artmaması için gölün etrafındaki evsel ve hayvansal atıkların ve göle karışması engellenmeli, gerekli önlemlerin alınması konusunda halk bilinçlendirilmelidir. Ayrıca gölün diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerinin detay şekilde araştırılmasını öneriyoruz.

KAYNAKÇA

- Abiha Bayram, G. 2013. Genterobacteriaceae Klinik İzolatlarında Beta Laktamaz Aktivitesinin Fenotipik ve Genotipik Yöntemlerle Araştırılması. Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı. Doktora Tezi.
- Acehan, G. 2007. İçme Sularının Mikrobiyolojik Kirlenme Potansiyelinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 4, 27-33.
- Ağaçfıdan, A. Ang, Ö. Bal, Ç. Berkiten, R. Boral Büyükbaba, Ö. Bozkaya, E. Büğet, Erturan, Gürler, N. Küçükler, M. Öner, A.Y. Töreci, K. Uzun, M. Yeğenoğlu, Y. 2005. Tıbbi Mikrobiyoloji 2. Nobel Kitapevleri. İstanbul. Syf. 51-53.
- Akaya, C. Efeoğlu, A. Yeşil, N. 2006. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği. Kongre Sempozyum Bildiriler Kitabı. Cilt 1. syf. 195-204.
- Alparslan, K. 1995. Türkiye’de Göl Kirliliği ve Göllerin Trofik Seviyelerinin Belirlenmesinde Uygun Bir Matematiksel Modelin Seçimi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tez.
- Altındış, M. 2010. Hemşireler İçin Mikrobiyoloji, Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul.
- Altındış, M. Beştepe, G. Çeri, A. Yavru, S. Kalaycı, R. 2009. Akut İshal Yakınlı Çocuklarda Rotavirüs ve Enterik Adenovirüs Sıklığı. SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi, 15 (2).
- Arslangündoğdu, Z. 2009. Sakarya Havzası Sulak Alanlarında Aralık Ayı Su Kuşu Sayımı. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 59 (2), 1-14.
- Atıcıl, T. Tokatlı, C. 2014. Algal Diversity and Water Quality Assessment with Cluster Analysis of Four Freshwater Lakes (Mogan, Abant, Karagöl and Poyrazlar) of Turkey. Wulvenia J Vol 21, No. 4;Apr.
- Aydın, E. 2016. Van Sınırları İçerisinde Van Gölü ve Erçek Gölü’nün Mikrobiyolojik Kirlilik Seviyesinin Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Mikrobiyoloji Anabilim Dalı (Tıp Programı) Yüksek Lisans Tezi.

- Batur, E. 2019. Uzaktan Algılama Verilerinden Su Kalitesi Parametrelerinin Tespit Edilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Bilişim Enstitüsü. İletişim Sistemleri Anabilim Dalı Uydu Haberleşmesi Ve Uzaktan Algılama Programı. Doktora Tezi.
- Beyhan, Y.E. Yılmaz, H. Cengiz Taş, Z. 2016. Amebiyaz Şüpheli Hastaların Dışkı Örneklerinde Nativ-Lugol ve ELISA ile Entamoeba spp. Yaygınlığının Araştırılması: Retrospektif Bir Çalışma. Türkiye Parazitoloji Dergisi 2016; 40: 59-62.
- Bhateria, R. Jain, D. 2016. Water quality assessment of lake water: a review. Sustain. Water Resour. Manag. 2:161–173.
- Bilgehan, H. 1995. Klinik Mikrobiyoloji, Fakülteler Kitapevi Barış Yayınları, İzmir, Sf. 5-7.
- Bulut, C. Atay, R. Uysal, K. Köse, E. Çınar Ş. 2010. Uluabat Gölü Yüzey Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri 25 (1):9-18.
- Coşkun, F. 2005. Tekirdağ İlinde Satılan Sade ve Çilekli Dondurmalarda Fekal Kontaminasyonun Belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. (2)2.
- Çetinkaya, O. 2003. Su Kalitesi Ders Notları, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü. Van, 76 s.
- Dayıoğlu, H. Özyurt, M.S. Bingöl, Yıldız, N. 2004. Kütahya İli İçme Sularının Bazı Fiziksel, Kimyasal Ve Bakteriyolojik Özellikleri. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 7. Sayı Aralık.
- Dişli, M. Akkurt, F. Alıcılar, A. 2003. Şanlıurfa Balıklıgöl Suyunun Fiziksel Parametreler Yönüyle Değerlendirilmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 18, No 4, 81-88.
- Elmacı, A. Teksoy, A. Topaç, F.O. Özengin, N. Başkaya, H.S. 2008. Uluabat Gölünün Mikrobiyolojik Özelliklerinin Mevsimsel Değişiminin İzlenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 13, Sayı 1.
- Er, B. C. 2014. Kilis İli İçme Sularının Bazı Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Eryılmaz, H. İpek, Ş.İ. Yalçın Çelik, B. 2014. Borçka Baraj Gölü (Artvin) Su Kalitesinin Araştırılması. DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. ISSN – 1302 – 3055.

- Gerba, C. P. 2015. Chapter 23 - Indicator Microorganisms. In: Pepper IL, Gerba CP, Gentry TJ (eds) Environmental microbiology, 3rd edn. Academic Press, San Diego, pp 551–564.
- Güler, Ç. Çobanoğlu, Z. 1994. Su Kirliliği. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:12, Ankara.
- Halder, J N. Islam, M N. 2015. Water Pollution and its Impact on the Human Health. Journal of Environment And Human 2373-8324
- İbadullayeva J, Jumaniyazova K, Azimzadeh S, Canıgür S, Esen F, 2019. Çevre Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. Türk Tıp Öğrencileri Araştırma Dergisi. 1 (3) : 52-58.
- Kayış Büyükkaya, F. Dinçer, S. Matyar, F. Takıcı Mercimek, H.A. Özdenefe Sümengen, M. Arkut, A. 2017. Gölbaşı ve Azaplı Göllerinden (Adıyaman) İzole Edilen Bakterilerin Tiplendirilmesi ve Çoklu Antibiyotik Dirençliliklerinin Araştırılması. Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi. 5(1): 43-47.
- Koçak, Ö. 2007. Erzurum İl Merkezindeki İçme ve Kullanma Sularının Kimyasal, Fiziksel ve Mikrobiyolojik Kalitesi. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı.
- Koloren, Z. Taş, B. Kaya, D. 2011. Gaga Gölü (Ordu, Türkiye)'nün Mikrobiyolojik Kirlilik Seviyesinin Belirlenmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, Vol 2, Iss 1, Pp 74-85.
- Kubilay, A. Arık, F. 2002. Balık Zoonozları. Türk Mikrobiyal Cemiyeti Dergisi 32:167-173.
- Mert, R. Bulut, S. Solak, S. 2008. Apa Baraj Gölü'nün (Konya) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması. AKÜ Fen Bilimleri Dergisi 02 1-10.
- Mutlu, E. Tepe, A. Y. 2014. Yayladağı Sulama Göleti (Hatay) Suyunun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi 27 (B) – 18-23.
- Mutlu, E. Yanık, T. Demir, T. 2013. Karagöl (Hafik-Sivas)'ün Su Kalitesinin İncelenmesi. Alinteri Journal of Agriculture Science ,24 (1) , 35-45.
- Özakkoyunlu, S. 2007. Gölünyazı Gölü'nün (Çorum) Su Kalitesinin Fiziksel ve Kimyasal Yöntemlerle Tespit Edilmesi ve Göl Civarında Yaşayan Bazı Hayvanların Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Bilimleri. Yüksek Lisans Tezi.

- Özaslan, A. 2009. Adana İçme Suyunda Fekal Koliform Düzeyinin Belirlenmesi ve Antibiyotik Dirençlilik Frekansı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoteknoloji Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Özçelik, S. Malatyalı, E. 2008. Amebiyaz ve Virulans Faktörlerinin Entamoeba Histolytica Patogenezindeki Rolü. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi. Cilt 65. Sayı 3.
- Özdemir Doğan F.A, 2003. Sivas İli İçme Sularının Koliform Bakteriler Açısından İncelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas, 15-21.
- Özdemir, M. Demircili, M.E. Feyzioğlu, B. Yavru, S. Baysal, B. 2013. İshalli Hastalarda Akut Viral Gastroenterit Etkenlerinin Araştırılması. Selçuk Tıp Dergisi 29(3):127-130.
- Özdemir, N. Yılmaz, F. Yorulmaz, B. 2007. Dalaman Çayı Üzerindeki Bereket Hidroelektrik Santrali Baraj Gölü Suyunun Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerinin ve Balık Faunasının Araştırılması. EkoKor Ekoloji. 16, 62, 30-36.
- Özgür, M. 2013. Edirne İlindeki Çevresel Sularda Kirlilik İndikatörü Mikroorganizmaların ve Yeni Çıkan Bakteriyel Patojenlerin Moleküler Yöntemlerle Saptanması. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
- Özsüt, H. 2002. İnfeksiyon Acilleri. Türk İnfeksiyon Vakfı. syf. 78-79
- Pradeep, V. Deepika, C Urvi, G. Hitesh, S. 2012. Water Quality Analysis of an Organically Polluted Lake by Investigating Different Physical and Chemical Parameters. Chem. Environ. Vol. 2 Issue 1 January (105-111).
- Sağdıç, A. 2009. Su Örneği Alma Tekniği. Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi. Cilt 12. Sayı 8.
- Sevindik Ongun, T. Altundal, E. Küçük, F. 2015. Poyrazlar Gölü (Sakarya) fitoplanktonunun tür kompozisyonu. SAÜ Fen Bil Der 19. Cilt, 3. Sayı, s. 283-290.
- Sipahi, N. 2012. Giresun İl'inde Tüketime Sunulan Balıklardan İzole Edilen Enterobacteriaceae Üyelerinin Antibiyotik ve Ağır Metal Dirençlilik Düzeyleri. Giresun Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Sönmez, A, Hisar, O, Yanık, T. 2013. Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Tespiti ve Su Kalitesine Göre Sınıflandırılması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 43 (1) , 69-77.

- Şener, Ş. Güneş, D. 2015. Aksu (Isparta) Ovası Yüzey ve Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su Kalitesi. Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 21(6), 260-269.
- Şengörür, B. 1999. Çevre Mikrobiyolojisi Ders Notu. Sakarya Üniversitesi. Mühendislik Fakültesi. Çevre Mühendisliği. Yayın No:37.
- Şengörür, B. Demirel, A. 2002. Akgöl'de (Gökent -Sakarya) Ötrofikasyon ve Su Kalite Sınıfının Belirlenmesi. Sau Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 6.Cilt, 3.Sayı.
- Şengöz İnan, A. Erdem, İ. Öztürk Engin, D. Hitit, G Ceran, N. Şenbayrak, S. Özyürek, S. Karagül, E. Göktaş, P. 2010. Sıtma: 40 Olgunun Değerlendirilmesi. Türkiye Parazitoloji Dergisi, 34 (3): 147151.
- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. 2011. Çevre Sağlığı Suların Analiz Parametreleri. 24/4/1930 Tarihli ve 1593 Sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu. Ankara. 52-53.
- Tepe, Y. 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi. Ekoloji 18, 70, 38-46.
- Tomar, A. 2009. Toprak Ve Su Kirliliği Ve Su Havzalarının Korunması. 1. İzmir Kent Sempozyumu.
- Topçu Wilke, A. Söyletir, G. Doğanay, M. 2017. Enfeksiyon Hastalıkları ve Mikrobiyoloji. Nobel Tıp Kitapevleri. İstanbul. Syf 1010.
- Tunçsiper, B. 2017. Akkaya Barajını Besleyen Kızılca (Karasu) Deresindeki Bakteriyolojik Kirlenmenin İncelenmesi Ve Kirliliğin Azaltılması İçin Çözüm Önerileri. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 14 (01).
- Turgut, E. Özgül, G. 2009. Sucul Ekosistemin İzlenmesinde Kirlilik Biyoindikatörü Olarak Balık Parazitlerinin Kullanılması. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(1), 13-18.
- URL-1. <https://www.britannica.com/science/E-coli> Erişim Tarihi: 10.11.2020
- Uysal, E. 2010. Gebze Ve Civarındaki Yüzey Sularının Kalitesinin Belirlenmesi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Uzunköprü Ticaret Borsası. 2014. Ergene Havzasında Tarım Topraklarının Kirlilikten Arındırılması ve Islahı" Projesi.TR0135.03-02/28.
- Ünlü, A. Çoban, F. Tunç, M.S. 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. Gazi Üniversitesi. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 23, No 1, 119-127.

- Var, D. 2008. Elmalı Havzası Güney Kesiminin Yüzey ve Yeraltı Su Kirliliği Açısından İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Varol, E. 2015. Dicle Baraj Gölü Su Kalitesinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne Göre Değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 2(1): 85–91.
- Vasistha, P. Ganguly, R. 2016. Water quality assessment of natural lakes and its importance: An overview. An overview, Materials Today: Proceeding. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.092>
- Wang, J. Deng, Z. 2019. Modeling and predicting fecal coliform bacteria levels in oyster harvest waters along Louisiana Gulf coast. Ecological Indicators 101 212–220.
- Weerasinghe, V.P.A. Handapangoda, K. 2019. Surface water quality analysis of an urban lake; East Beira, Colombo, Sri Lanka. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management 12 100249.
- Yardımcı, C. H. 2009. Sapanca Gölü Bakteriyolojik Kirlilik Düzeyi İle *Enterobacteriaceae* Üyelerinde Betalaktam Antibiyotik Dirençlilik Frekansının Araştırılması. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimleri Anabilim Dalı İç sular Biyolojisi Programı. Doktora Tezi.
- YSKYY, 2004. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. 31 Aralık 2004 Tarih ve 29327 sayılı Resmi Gazete. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Zeybek, Z. 2006. Akgöl'deki (Karaman-Konya) Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.

