LIMNOFISH-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research 8(1): 37-43 (2022)

Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research

http://www.limnofish.org

Poyrazlar Gölü'nün Mikrobiyolojik Kirlilik Seviyesinin Belirlenmesi

Nilay MUSTAFA [1*], Alican Bahadır SEMERCİ [1], Kenan TUNÇ [1]

[1] Sakarya Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü 54110 Sakarya- Türkiye

ÖZ

Bu araştırmada, Sakarya ilinde bulunan Poyrazlar Gölü'nün, toplam koliform bakteri(TK), fekal koliform bakteri(FK), fekal streptokok(FS), *Escherichia coli* ve toplam canlı(TC) değeri ile fiziksel ve kimyasal parametreler ilişkilendirilerek gölün maruz kaldığı kirlilik düzeyi belirlenmiştir. Mikrobiyolojik analizler dökme plak ve membran filtrasyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanının mikrobiyolojik kirliliği Yüzeysel Su Kalitesi Yönetim Yönetmeliği'ne (YSKYY) göre değerlendirilmiştir. Kasım 2018-Eylül 2019 tarihleri arasında yapılan çalışmada, TC değeri >34,5 ve <2747,5 kob/mL arasında, *E. coli* >2,5 ve <13 kob/mL arasında, FK bakteri değeri >6,3 ve <23,75 kob/mL arasında, TK bakteri değeri >28,4 ve <287,7 kob/mL arasında, FS bakteri değeri >1 ve <23,1 kob/mL arasında olduğu tespit edilmiştir. Suyun fiziksel parametreler ve bakteri dağılımı arasındaki ilişkileri SPSS 20,00 kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda p<0,05 seviyesinde, FK ile TDS arasında 0,829 korelasyon katsayısı ile pozitif; *E. coli* ile TC miktarı arasında 0,886 ile pozitif; EC ile sıcaklık arasında -0,829 negatif korelasyon bağlantısı tespit edilmiştir. Poyrazlar Gölü, YSKYY'ne göre, fekal koliform, toplam koliform açısından II. Sınıf kalitede olduğu; çözünmüş oksijen açısından IV. Sınıf kalitede olduğu tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre Poyrazlar Gölü'nün henüz mikrobiyolojik kalite yönünden kirli olmayan, fakat kirlilik sınırına yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

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

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 03.01.2021
Düzeltme : 13.06.2021
Kabul : 01.07.2021
Yayım : 25.04.2022

DOI:10.17216/LimnoFish.852815

*** SORUMLU YAZAR**

mustafaa.nilay@gmail.com
Tel : +90 264 295 6808

Determining of Microbiological Pollution Level of Poyrazlar Lake

Abstract: In this study, the pollution level of the Poyrazlar Lake in Sakarya was determined by correlating the total coliform bacteria, fecal coliform bacteria, fecal streptococci, *Escherichia coli* and total viable value with physical and chemical parameters. Microbiological analysis were carried out using the spread plate method and the membrane filtration method. Microbiological pollution of the study area has been evaluated according to the Surface Water Quality Management Regulation (YSKYY). Total viable count between> 34.5 and <2747.5cfu/mL, *E. coli* between> 2.5 and <13 cfu/mL, fecal coliform bacteria count between> 6 and <24 cfu/mL, total coliform bacteria count> 28 and <287.7 cfu/mL and the number of fecal streptococcus bacteria was found to be between> 1 and <23.1 cfu/mL. The interrelations of the water of the physical parameters and the distribution of bacteria was evaluated statistically using SPSS 20.00. 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.

Keywords: Fecal coliform, total viability, Poyrazlar Lake, microbial quality

Alıntılama
Mustafa N, Semerci AB, Tunç K. 2022. Poyrazlar Gölü'nün Mikrobiyolojik Kirlilik Seviyesinin Belirlenmesi. LimnoFish. 8(1): 37-43. doi: 10.17216/LimnoFish.852815

Giriş

Su kirliliği, dünyanın son yıllarda karşılaştığı en büyük çevre sorunlarındandır. İklim değişikliği, aşırı su kullanımı ve çevre kirliliği nedeni ile var olan su kaynakları giderek yok olmaktadır (Arslangündoğdu 2009; Atıcı ve Tokatlı 2014). Su kaynaklarının yanlış kullanımı, bu kaynakların evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklarla kirletilmesi, sucul ekosistemi olumsuz etkilenmektedir. Sucul ekosistemin olumsuz etkilenmesi nedeniyle özellikle farklı amaçlarla toplumların kullanımına sunulan göllerin su kalitesinin değişmesi, halk sağlığı açısından büyük bir öneme sahiptir (Bulut vd. 2010; Tunçsiper 2017; Akkan vd. 2019).

Mikroorganizmalar, akuatik ortamda çevresel faktörlere ve antropojen etkilere bağlı olarak artmaktadır. 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).

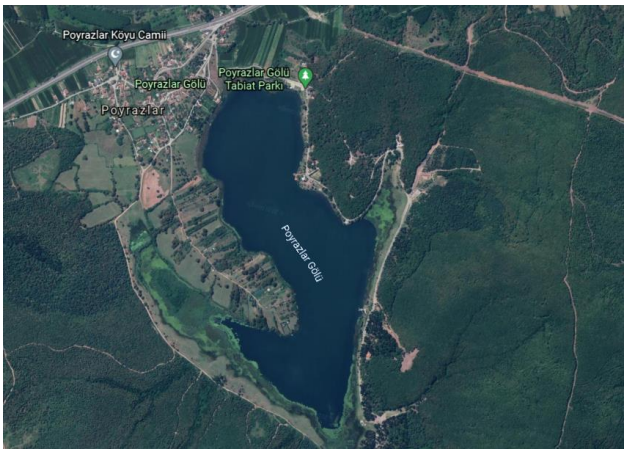
Koliform grubu bakteriler, hayvan ve insan dışkısındaki bakterilerin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Göl suyunda standartların üstünde koliform bakteri bulunması o göl için kirlilik belirtisidir (Koloren vd. 2011). Göl suyu içinde bulunan bu kirleticilerin miktarı, sucul canlıların fizyolojik durumunu etkilemekte, suyun verimlilik düzeyini ve kullanım şeklini belirlemektedir (Çetinkaya 2003; Tepe 2009; Turgut ve Özgül 2009).

Adapazarı ilçesinde yer alan Poyrazlar Gölü, 2310 dekarlık alanı kapsamaktadır. Poyrazlar Gölü, kuş popülasyonu açısından zengin olmasının yanında geniş bir floraya da sahiptir. Göl ve orman ekosisteminin beraber oluşturduğu doğal ortam su kuşlarına göl çevresinde habitat oluşturur (Şekil 1). Ayrıca gölde birçok balık türü de mevcuttur. Piknik, doğa yürüyüşü, yaban hayat gözlemciliği gibi birçok etkinliği gerçekleştirme imkânı sunan Poyrazlar Gölü 2011 yılında Tabiat Parkı olarak kabul edilmiştir

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

Materyal ve Metot

Bu çalışmada, önceden belirlenen 20 noktada Kasım-2018, Ocak, Mart, Mayıs, Temmuz, 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 alınmıştır. Aynı gün içinde soğuk zincirde Sakarya Üniversitesi Mikrobiyoloji Laboratuvarına getirilmiş ve analize edilmiştir.



Şekil 1. Poyrazlar Gölü (Kaynak Google Earth)

Figure 1. Poyrazlar Lake (Source: Google Earth)

Mikrobiyolojik analizler için membran filtrasyon ve dökme ekim yöntemi kullanılmıştır. Su örnekleri 0,45 µm gözenekli selüloz asetat membran (Merck) süzülerek, toplam koliform, toplam canlı *Escherichia coli* fekal streptokok ve fekal koliform bakteriler için uygun besi ortamlarında inkübe edilmiştir. Fiziksel ve kimyasal analizler, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EC), çözünmüş oksijen miktarı (DO), ve çözünmüş katı madde miktarı, çok fonksiyonlu su kalitesi ölçüm cihazı (YSI ProPlus, YSI) ile ölçülmüştür. Suyun fiziksel ve bakteri dağılımıyla olan ilişkisini ortaya koyabilmek için SPSS Windows sürüm 20,0 paket programı kullanılmıştır.

Fekal streptokok için Slanetz-Bartley (Merck 1.05262) katı besi yerine alınan filtre kâğıdı 36,5±0,5°C'de 48±2 saat inkübasyona bırakılmıştır. Kırmızımsı mor-pembe renkte görülen koloniler olası fekal streptokok kabul edilerek doğrulama testi için Bile-Aesculin–Azide katı (Merck 1.00072) besi yerine alınarak 45±0,2°C'de 2±1 saat inkübasyona bırakılmıştır. 2 saat sonra sarı renkli olan besi yerinin üreme sonucunda koloni rengi ve etrafında koyu kahverengi zon oluşması pozitif, renk değişikliğinin görülmemesi ise negatif olarak değerlendirilmiştir.

Toplam koliform bakteri tespit etmek için Chromocult Coliform Agar(CCA)((Bioneks) besi yerinde 37±0,5°C'de 24±2 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında petri üzerinde üreyen bakteriler oksidasyon testine (HSGM, 2008) tabii tutulmuştur. Oksidasyon (Merck 1.13300) testi için CCA besi yeri üzerinde üreyen kolonilerinden muhtemel koliform olduğu düşünülen rastgele 10 koloni seçilip Yeast Ekstrakt (Merck 1.03750) Agara ekimi yapılarak 37±0,5°C'de 24±2 saat inkübasyona bırakılmıştır. Negatif olan koloniler

muhtemel koliform grubu bakteri olarak kabul edilmiştir.

Fekal koliform bakterileri tespit etmek için ayırıcı besi yeri olan Membran Fekal Koliform (m-FC) (Merck 1.11278) Agar kullanılmıştır. Petriler 44,5±0,2°C'de 24±2 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında petri üzerinde gelişen mavi, pembe, gri kolonilerin sayımı yapılmıştır.

Toplam canlının belirlenmesi için göl suyu örneğinden 1 mL ve 10^{-1} mL alınarak steril petri kutusuna aktarılmış; üzerine steril edilmiş ve 45-47±0,2°C de tutulan Yeast Agar'a besi yerinden 12-15 mL kadar dökülmüştür. Petri kutusu düz zeminde 888 çizilmesiyle örnek ile besi yeri karıştırılmıştır. Besi yerinin katılaşmasından sonra petriler, 37±0,5°C'de inkübe edilmiştir. 2 gün süren inkübasyon sonunda petri üzerinde gelişen kolonilerin sayımı yapılmıştır (APHA, 1992).

Bulgular

Çalışma boyunca Poyrazlar Gölü'nden alınan örneklerin aylara göre, toplam koliform bakteri, fekal koliform bakteri, fekal streptekok, *E. coli* ve toplam canlı sayısı dağılımları Tablo 1. ve Tablo 2'de verilmiştir. Alınan su örneklerinde mikrobiyolojik kirlilik durumunun değerlendirildiğinde, ortalama *E. coli* bakteri sayısı >2,5 ve <13 kob/mL arasında tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada en fazla *E. coli* sayısı Ocak ayında <13 kob/mL, en az Eylül ayında >2,5 kob/mL olarak kaydedilmiştir. Fekal koliform bakteri sayısı >5 ve <24 kob/mL, arasında tespit edilmiştir. En fazla fekal koliform sayısı Mayıs ayında <24 kob/mL, en az fekal koliform sayısı Mart ayında >6 kob/mL olarak kaydedilmiştir. Toplam koliform bakteri sayısı >28 ve <287,7 kob/mL arasında olduğu belirlenmiştir. En fazla toplam koliform sayısı Eylül ayında <287,7kob/mL, en az toplam koliform sayısı Mart ayında >28 kob/mL olarak kaydedilmiştir. Genel olarak örneklerin aylık dağılımları benzerlik göstermektedir. Gölün içerisinden alınan örneklerde aylara göre fekal streptokok bakteri sayısı >1 ve <24 kob/mL arasında tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada en fazla fekal streptokok sayısı Temmuz ayında < 23,1 kob/mL, en az Eylül ayında >1 kob/mL olarak kaydedilmiştir. Toplam canlı değeri >34 ve <2200 kob/mL arasında değişmektedir.

Tablo 1. Poyrazlar Gölü'ndeki FK ve TK değerinin aylara dağılımı ve YSKYY'ne göre kalite sınıfı (kob/mL).

Table 1. Distribution of FK and TK values in Poyrazlar Lake by months and quality class according to YSKYY (cfu / mL)

Mikroorganizma	Kasım	Ocak	Mart	Mayıs	Temmuz	Eylül	Ortalama
FK	18,5	16,9	6,3	23,75	5,25	17	14,6
Kalite Sınıfı	II	II	I	II	I	II	II
TK	120,55	101,8	28,4	93,5	102,9	287,7	122,5
Kalite Sınıfı	II	II	I	I	II	II	II

FK: Fekal koliform, TK: Toplam koliform.
FK: Fecal coliform, TK: Total coliform.

Tablo 2. Poyrazlar Gölü'ndeki FS, TC ve *E. coli* değerinin aylara dağılımı (kob/mL)

Table 2. Distribution of FS, TC and *E. coli* values in Poyrazlar Lake by months (cfu / mL)

Mikroorganizma	Kasım	Ocak	Mart	Mayıs	Temmuz	Eylül	Ortalama
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
E. coli	4,5	12,9	3,3	5,9	3,5	2,5	5,4

FS: Fekal streptokok, TC: Toplam canlı, *E. coli*: *Eschericha coli*
FS: Fecal *streptococcus*, TC: Total viable, *E. coli: Escherichia coli*

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 µS cm^{-1}, toplam çözünmüş 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 3.'de verilmiştir.

Tablo 3. Poyrazlar Gölü'nün aylara göre fiziksel ve kimyasal parametrelerinin değerleri ve YSKYY'ne göre kalite sınıfı

Table 3. The values of the physical and chemical parameters of Poyrazlar Lake by months and the quality class according to YSKYY.

	°C	DO	EC	TDS	pH
Kasım	13,9±1	0,19±0,1	218,4±1,2	142,1±2	7,97±0,5
Ocak	6,6±1,5	0,2±0,1	207,9±1,2	135,2±2,5	7,57±0,5
Mart	11,7±1,2	3,41±0,2	203,8±1,3	92,3±1,2	7,78±0,2
Mayıs	19,9±1,2	6,7±0,2	201,3±2	136,7±1,5	8,1±0,5
Temmuz	26,1±1	2,4±0,1	179,1±0,1	116,35±2	7,2±0,3
Eylül	25±1	2,2±0,2	181,8±0,5	118,3±0,2	6,3±0,5
Ortalama	17,2	2,5	198,7	123,4	7,5
Kalite Sınıfı	I-II	IV	I	I	I-II

°C: Sıcaklık; Oksijen Miktarı, DO: Çözünmüş Oksijen Miktarı, EC: Elektriksel İletkenlik, TDS: Toplam Çözünmüş Katı Madde.
°C: Temperature; Oxygen Content, DO: Dissolved Oxygen Content, EC: Electrical Conductivity, TDS: Total Dissolved Solids.

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. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.'te gösterilmektedir. 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.

Tablo 4. SPSS 20,0 Programı ile veri analiz sonuçları (Spearman''s rho)

Table 4. Data analysis results with SPSS 20.0 Program (Spearman''s rho)

		KORELASYON									
		FK	***E. coli***	**FS**	**TK**	**pH**	**TC**	**°C**	**TDS**	**DO**	**EC**
Spearman's rho	**FK**	1,000	,314	-,029	,143	,600	,257	-,086	**,829***	-,029	,371
	E. coli	,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<0,5, *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.
*: p <0.5, *E. coli: Escherichia coli*, DO: Dissolved Oxygen, EC: Electrical Conductivity, TDS: Total Dissolved Solids, FK: Fecal Coliform, TK: Total Coliform, FS: *Fecal Streptococcus*, TC: Total viable.

Tartışma ve Sonuç

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 bulundukları su ortamı için kirletici etkiye sahiptir.

Kanalizasyon suları, yeterli şekilde arıtılmadan göl suyuna boşaltılan sıvı ve katı atıklar, yabani hayvanların dışkıları göl sularında fekal kirliliğe neden olabilmektedir (Kayış vd. 2017). Bu bakteriler aynı zamanda bulundukları 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 vd. 2008).

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

Elmacı vd. (2008), Uluabat Gölü'nün mikrobiyolojik kalite açıcısından araştırdıkları bir çalışmada, toplam koliform oranını incelemişlerdir. Gölün ortalama toplam koliform miktarı 203 kob/mL olduğunu tespit edilmiş ve gölün toplam koliform açısından II. Sınıf kalitede olduğu saptanmıştır. Koloren vd. (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 Kıtaiçi Su Kaynakları Kalite Kriterleri'ne göre de II. Sınıf su kalitesinde olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda Poyrazlar Gölü'nün de 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. Koliformların aylık dağılımları incelendiğinde yaz aylarındaki artış, yüksek sıcaklık, göldeki organik aktivitenin artması, ortamda yeterli besin maddelerinin bulunması gibi nedenlerle açıklanabilir.

Bulut vd. (2010) Eğirdir Gölü'nde yaptıkları çalışmada, yaz ve sonbahar aylarında göldeki fekal koliform seviyesinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Koloren vd. (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 etmişleridir. Yaptığımız çalışmada, fekal koliform en çok <24 kob/mL ile Mayıs ayı, en az 5,25 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 23,1 kob/mL, en az Eylül ayında 1 kob/mL olarak ölçülmüştür (Tablo 1). 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 karıştığının göstergesidir.

Göl sularının kirlenmesine neden olan patojen indikatörler, koliform grubu bakterilerin dışında, mantar, alg, patojenik protozoa gibi organizmalardır. Yapmış olduğumuz çalışmamızda Poyrazlar Gölü'ndeki toplam canlı sayısı en çok Mayıs ayında 2747,5 kob/mL, en az Eylül ayında 34,5 kob/mL ölçülmüştür. Gölün ortalama canlı sayısı ise 836,1 kob/mL olduğu tespit edilmiştir. Ocak ayındaki ortalama toplam canlı miktarı 1270 kob/mL'dir. Ocak ayı, hava ve göl suyu sıcaklığının düşük olduğu bir aydır. Buna rağmen toplam canlı miktarında artış olduğu belirlenmiştir. Bu dönemde yağışlara bağlı olarak göle giren insan ve hayvan dışkısı kökenli organik madde miktarının yüksek olmasından kaynaklanabilir. Mayıs ayındaki toplam canlı miktarının sıcaklığa bağlı olarak doğru orantı göstermiştir. Toplam canlı sayısı sıcaklık ile ocak ayı dışında doğru orantı gösterdiği belirlenmiştir.

Yüzeysel sularda pH değeri; sıcaklık, tuzluluk ve CO_2 oranına bağlı olarak değişmektedir. Herhangi bir şekilde kirletilmemiş olan suların pH düzeyleri ulusal ve uluslararası standartlarda 6–9 arasında değiştiği belirtilmiştir (Mutlu vd. 2013; Mutlu ve Tepe 2014; Varol 2015). Elmacı vd. (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 Gölünyazı Gölü'nde yaptığı çalışmada, gölün pH değerlerinin 7,5 ile 7,7 arasında olduğunu tespit etmiştir. Ölçülen değerlere bakılarak Gölünyazı Gölü'nün I. kalite su sınıfında olduğunu tespit etmiştir. Ünlü vd. (2008), Hazar Gölü'nün yıllık pH değerini 8,90 olarak ölçmüşler ve gölün bazik karakterde olup III. sınıf su kalitesi grubuna girdiğini bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada Poyrazlar Gölü'nün pH değerinin, 6,37 ile 8,11 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiş ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ndeki su kalitesi sınıflarına göre ortalama pH değeri açısından I. sınıf su kategorisine girdiği tespit edilmiştir. Kasım ayında 7,97 olan pH, Mayıs ayına kadar düşme eğilimi göstermiştir. Mayıs ayında en yüksek pH değeri ölçülmüştür. Tespit edilen pH aralığı gölün alkali bir yapıya sahip olduğunu, sucul canlılar ve balıklar için uygun bir yaşam ortamı olabileceği söylenebilir. Göl içerisindeki bulunan mikroorganizmalar zamanla pH değerini değiştirmektedir (Şengörür vd. 2002).

Tablo 3'te görüldüğü üzere araştırma süresince tüm istasyonlarda ölçülen en yüksek su sıcaklığı 26,1 °C olarak Temmuz ayında, en düşük su sıcaklığı ise 4,6 °C olarak Ocak ayındadır.. Temmuz ayında, buharlaşma oranını artırmasıyla göl suyunun sıcaklığı da artmıştır. Sıcaklık değerleri açısından istasyonlar mevsim normallerinde olduğu tespit edilmiştir. Poyrazlar Gölü'nün I. sınıf yani yüksek kaliteli sular sınıfına girdiği belirlenmiştir. Göllerdeki sıcaklık, gölün bulunduğu yere, mevsime, derinliğine, su içinde bulunan çözünmüş madde miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Sıcaklık biyolojik, kimyasal olaylardan etkilediği için göldeki birçok değerin konsantrasyonu değişmektedir (Ünlü vd. 2008).

Yaptığımız çalışmada Poyrazlar Gölü'nün TDS değeri >92 mg L^{-1} ve 92 mg L^{-1}, en yüksek değer ise Kasım ayında < 143 mg/L ölçülmüştür (Tablo 3). Zeybek (2006), Akgöl'ünün (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 mg/L^{-1} olduğunu bildirmiştir. 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 ozmotik basıncı arttırdığında sudaki canlı yaşamını olumsuz etkilemektedir.

Çalışma alanında kirlilik parametrelerinin mevsimsel değişim gösterdiği sonuçlarımızda görülmüştür. Araştırmamızdan elde edilen sonuçlara göre Poyrazlar Gölü'nün mikrobiyolojik kalite açısından kirli olmayan, fakat kirlilik sınırına yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Teşekkür

Yardımlarından dolayı Prof. Dr. Tuğba ONGUN SEVİNDİK'e teşekkür ederiz. Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığı'na (Proje No: 2019-7-24-163) teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akkan T, Mehel S, Mutlu C. 2019. Determining the level of bacteriological pollution level in Yağlıdere stream, Giresun. LimnoFish. 5 (2):83-88. doi: 10.17216/limnofish.450722

APHA 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th ed. Washington: APHA 9 p.

Arslangündoğdu Z. 2009. Sakarya Havzası sulak alanlarında aralık ayı su kuşu sayımı. JFFIU. 59(2):1-14.

Atıcı T, Tokatlı C. 2014. Algal diversity and water quality assessment with cluster analysis of four freshwater lakes (Mogan, Abant, Karagöl and Poyrazlar) of Turkey. Wulfenia. 21(4): 155-169.

Bulut C, Atay R, Uysal K, Köse E, Çınar Ş. 2010. Uluabat Gölü yüzey suyu kalitesinin değerlendirilmesi. Aquatic Sciences and Engineering. 25(1):9-18.

Çetinkaya O. 2003. Su kalitesi ders notları. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü. 76 s.

Elmacı A, Teksoy A, Topaç FO, Özengin N, Başkaya HS. 2008. Uluabat Gölünün mikrobiyolojik özelliklerinin mevsimsel değişiminin izlenmesi. Uludağ Üniv Mühendislik-Mimarlık Fak Derg. 13(1):93-103.

Er BC. 2014. Kilis ili içme sularının bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri [Yüksek Lisans Tezi]. Kilis 7 Aralık Üniversitesi. 61s.

HSGM. 2008. Doğal mineralli sulardan numune alımı, taşınması ve analizlerine ilişkin el kitabı. Ankara. 16 s.

Kayış FB, Dinçer S, Matyar F, Takcı HAM, Özdenefe MS, Arkut A. 2017. Gölbaşı ve Azaplı Göllerinden (Adıyaman) izole edilen bakterilerin tiplendirilmesi ve çoklu antibiyotik dirençliliklerinin araştırılması. Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi. 5(1):43-47.

Koloren Z, Taş B, Kaya D. 2011. Gaga Gölü (Ordu, Türkiye)'nün mikrobiyolojik kirlilik seviyesinin belirlenmesi. Karadeniz Fen Bil. Derg. 2(1):74-85.

Mutlu E, Tepe AY. 2014. Yayladağı Sulama Göleti (Hatay) suyunun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. Alınteri Zirai Bilimler Dergisi. 27 (2)-18-23.

Mutlu E, Yanık T, Demir T. 2013. Karagöl (Hafik-Sivas)'ün su kalitesinin incelenmesi. Alınteri Journal of Agriculture Science. 24(1):35-45.

Orak TG. 2019. Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün (Samsun) su kalitesi ve trofik seviyesinin araştırılması [Yüksek Lisans Tezi]. Ordu Üniversitesi.140s.

Özakkoyunlu S. 2007. Gölünyazı Gölü'nün (Çorum) su kalitesinin fiziksel ve kimyasal yöntemlerle tespit edilmesi ve göl civarında yaşayan bazı hayvanların belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi.]. Gazi Üniversitesi.66s.

Şengörür B, Demirel A. 2002. Akgöl'de (Gölkent - Sakarya) ötrofikasyon ve su kalite sınıfının belirlenmesi. SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 6(3):1-8.

Tepe Y. 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) su kalitesinin belirlenmesi. Ekoloji. 18(70):38-46.

Tunçsiper B. 2017. Akkaya Barajını besleyen Kızılca (karasu) deresindeki bakteriyolojik kirlenmenin incelenmesi ve kirliliğin azaltılması için çözüm önerileri. Tekirdağ Ziraat Fak Derg. 14(1):28-37.

Turgut E, Özgül G. 2009. Sucul ekosistemin izlenmesinde kirlilik biyoindikatörü olarak balık parazitlerinin kullanılması. GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 26(1):13-18.

Ünlü A, Çoban F, Tunç MS. 2008. Hazar Gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler açısından incelenmesi. Gazi Üniv Müh Mim Fak Derg. 23(1):119-127.

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.

Wang J, Deng Z. 2019. Modeling and predicting fecal coliform bacteria levels in oyster harvest waters along Louisiana Gulf coast. Ecol Indic. 101: 212–220.

Yardımcı CH. 2009. Sapanca Gölü bakteriyolojik kirlilik düzeyi ile *Enterobacteriaceae* üyelerinde betalaktam antibiyotik dirençlilik frekansının araştırılması [Doktora Tezi]. İstanbul Üniversitesi. 107 s.

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 [Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi. 134 s.