

# Van İli Sınırları İçerisinde Van ve Erçek Gölü'nün Mikrobiyolojik Kirlilik Seviyesinin Belirlenmesi

## Determination of Microbiological Pollution Level of Lake Van and Lake Erçek Situated within the Borders of Van Province

Elif Aydın\*<sup>Ⓜ</sup>, Mehmet Parlak\*\*<sup>Ⓜ</sup>, Hüseyin Güdücüoğlu\*\*<sup>Ⓜ</sup>, Yasemin Bayram\*\*<sup>Ⓜ</sup>

\*Halk Sağlığı Laboratuvarı, Van, Türkiye

\*\*Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Van, Türkiye

**Atıf/Cite as:** Aydın E, Parlak M, Güdücüoğlu H, Bayram Y. Van ili sınırları içerisinde Van ve Erçek Gölü'nün mikrobiyolojik kirlilik seviyesinin belirlenmesi, Türk Mikrobiyol Cemiy Derg. 2021;51(2):132-42.

### Öz

**Amaç:** Van Gölü, bölgenin en önemli rekreasyon alanlarından biridir. Göl'ün mikrobiyolojik kirlilik açısından araştırılması halk sağlığı için çok önemlidir. Bu çalışmada, Van ilinin sınırları içinde bulunan Van ve Erçek Gölü'nün mikrobiyolojik kirlilik varlığının ve oranının saptanması, insan sağlığını ve çevreyi korumak üzere, yüzme ve rekreasyon amaçlı kullanılan bu suların kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 29 farklı noktadan alınan örneklerde fekal koliform, toplam koliform ve enterokok varlığı araştırılmıştır.

**Yöntem:** Haziran-Eylül 2015 tarihleri arasında, önceden belirlenen 29 noktadan iki haftada bir olmak üzere 232 adet su örneği, Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği (76/160/AB) ek: 5 maddesine uygun olarak, 300-500 ml'lik steril plastik şişelere alınarak Van İl Halk Sağlığı Laboratuvarı'na iletildi. Örneklerin koliform ve enterokok yönünden analizi için membran filtrasyon yöntemi kullanıldı. Yüzme suyu kalitesi yönetmeliğine göre zorunlu değerler fekal koliform, toplam koliform ve enterokok için sırasıyla 2000 kob/100 ml, 10.000 kob/100 ml ve 1000 kob/100 ml olarak alındı. Alınan su örneklerinde fekal koliform, toplam koliform ve enterokok türlerinden herhangi birinin zorunlu değerlerin üzerinde saptanması durumunda, söz konusu su örneği kötü kalite olarak değerlendirildi.

**Bulgular:** Alınan toplam 232 su örneğinin 196'sında (%84) herhangi bir bakteriyel kirlilik bulunmazken, 36 örneğin (%16) fekal koliform, toplam koliform ve enterokok türleri ile kontamine olduğu belirlendi. Örnek alınan 29 sahilten 17'sinde (%71) en az bir veya daha fazla örnekte kötü kaliteli su belirlendi.

**Sonuç:** Mikrobiyolojik kirlilik saptanan yerlerin kullanımının kısıtlanarak önlem alınması öngörüldü. Ayrıca belirtmek gerekir ki, analizlerin düzenli olarak yapılması halk sağlığı açısından önemlidir.

**Anahtar kelimeler:** Yüzme suyu kalitesi, halk sağlığı, bakteriyolojik kirlilik, koliform bakteri

### ABSTRACT

**Objective:** Lake Van is one of the most important recreation areas of the region. Investigation of microbiological pollution of Lake Van is very important for public health. The aim of this study is to assess the microbiological pollution and determine water quality of the lakes Van and Erçek situated within Van Province, which are used for swimming and recreation to protect both human and environmental health. For this purpose, the presence of fecal coliform, total coliform and enterococci were investigated in samples taken from 29 different points of the lakes.

**Method:** Between June and September 2015, 232 water samples were taken from predefined 29 points, every two weeks, and sent to the Public Health Laboratory of Van Province in 300-500 mL sterile plastic bottles in accordance with Bathing Water Quality Regulation (76/160 / EU: add-on clause 5. Membrane filtration method was used to analyze the samples for coliform bacilli and enterococci. Mandatory values according to bathing water quality regulation were taken as 2000 cfu/100 ml, 10000 cfu/100 ml and 1000 cfu/100 ml for fecal coliform, total coliform and enterococcus, respectively.

**Results:** In 196 (84%) of 232 water samples collected, no bacterial contamination was found, while 36 (16%) samples were found contaminated with fecal coliform, total coliform and Enterococcus species. At least one or more specimens of poor quality water were detected in 17 of 29 sampled beaches.

**Conclusion:** It was envisaged to take precautions by restricting the use of the places where microbiological pollution was detected. In addition, regular analyzes are important for public health.

**Keywords:** Bathing water quality, public health, bacteriological pollution, coliform bacteria

### Alındığı tarih / Received:

01.06.2020 / 1.June.2020

### Kabul tarihi / Accepted:

04.01.2021 / 04.January.2021

### Yayın tarihi / Publication date:

01.06.2021 / 01.June.2021

### ORCID Kayıtları

E. Aydın 0000-0003-0877-453X

M. Parlak 0000-0001-6030-2244

H. Güdücüoğlu 0000-0003-1101-9017

Y. Bayram 0000-0001-6083-5550

✉ elifkn@hotmail.com

© Telif hakkı Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti'ne aittir. Logos Tıp Yayıncılık tarafından yayınlanmaktadır. Bu dergide yayınlanan bütün makaleler Creative Commons Atıf-Gayri Ticari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.

© Copyright Turkish Society of Microbiology. This journal published by Logos Medical Publishing. Licensed by Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY)

## GİRİŞ

Su kaynaklarının önemli bir kullanım alanı olan yüze suları, rekreasyonel ve turizm sahası olarak da kullanılmakta, gittikçe daha ekonomik ve sosyolojik öneme sahip olmaktadır. Fakat bu ortamların fazla kullanılmasından ötürü diğer bölgelere göre daha yoğun bir nüfusa sahip olması nedeniyle daha fazla kirlenmektedir<sup>(1)</sup>.

Koliform grubu bakteriler, Enterobacteriaceae familyasında olan, fakültatif anaerob, Gram negatif, sporsuz, 35°C'de 48 saatte laktozdan gaz ve asit oluşturan, çubuk şeklinde bakterilerdir<sup>(2,3)</sup>. Koliform grubu bakteriler içinde fekal koliform olarak tanımlanan bakterilerin büyük çoğunluğunun, *Escherichia coli* olduğu bilinir. Bu grup bakteriler içinde yalnızca *E. coli*, doğrudan dışkı ile ilişkilendirilirken, diğer koliform bakteri üyeleri bitki, toprak ya da sıcakkanlı hayvan dışkısı kökenli olabilmektedir. Fekal kontaminasyon göstergesi olarak fekal koliformlardan birisi bulunabilir. Bir örnekte *E. coli* veya fekal koliform görülmesi, örneğe direkt veya dolaylı yollardan dışkı bulaştığının ve *Salmonella* ve *Shigella* patojenlerin de olabileceğinin bir göstergesidir. Bu nedenle içme ve kullanma sularında, gıda maddelerinde, deniz ve göllerde *E. coli* ve fekal koliform bulunmaması gerekirken, bazı gıdalarda belirli miktarda koliform bakteri bulunmasına izin verilebilmektedir<sup>(2,3)</sup>.

Bakteriyolojik su kalitesine iki amaçla için bakılır. Bunlar indikatör bakterilerin tayini ve kirletici nüfusun yaklaşık sayısının belirlenmesidir. İndikatör bakteriler, koliform grup bakteriler ve enterokoklardır<sup>(3,4)</sup>. Rekreasyonel için kullanılan sularda mikrobiyolojik kirlenme önemli bir sorundur. Patojen mikroorganizmalarla kirlenen suların kullanımı sağlık için tehlikeli olduğundan sınırlandırılmaktadır<sup>(5)</sup>.

Mikrobiyal kirlilik göl suyunun kullanımının sınırlandırılması, ekosistemi olumsuz yönde etkilemesi ve birçok salgın hastalığa yol açması ile birlikte halk sağlığını tehdit etmesi açısından da büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle özellikle son zamanlarda çoğu ülkede göl sularının mikrobiyal kalitesinin belirlenmesine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. İçme ve kullanma

sularının mikrobiyolojik kalite kriterlerinin uygunluğunu ve güvenilirliğini kontrol etmek amacıyla mikrobiyolojik analizler yapılmaktadır<sup>(6)</sup>.

Ülkemizin en büyük gölü olan, Van ve Bitlis il sınırları arasında bulunan Van Gölü, 3.574 km<sup>2</sup> yüzölçümü, 607 km<sup>3</sup> hacmi ve yaklaşık 451 m derinliği olan dünyada en büyük sodalı gölü ve dördüncü büyük kapalı su havzasıdır. Yurdumuzda yalnızca Van Gölü'nde yaşayan inci kefali, göl etrafında yaşayan halk tarafından yoğun bir şekilde tüketilmektedir. Erçek Gölü havzası, Van Gölü'nün doğusunda yer almakta olup, 1.526 km<sup>2</sup> yüzölçümü ile suyunun özellikleri bakımından Van Gölü ile benzerdir.

Van ve Erçek Gölü çevresinde 500 binden fazla insan yaşamaktadır. Yaz mevsiminin gelmesiyle birlikte yerli halk, yerli ve yabancı turistler yüzmeye amacıyla plajları yoğun bir şekilde kullanırlar. İl Sağlık Müdürlüğü tarafından tanımlanmış 29 bölge yüzmeye amacıyla kullanılmaktadır. Tabakalaşma özelliği gösteren Van ve Erçek Gölü, gün geçtikçe artan oranda kirlenmeye maruz kalmaktadır. Koliform organizmalar uzun zamandan beri yüzmeye suyu kalitesinin mikrobiyolojik kontrolünde indikatör madde olarak kullanılmaktadır. Bunun en önemli nedeni, suda saptanmalarının ve değerlendirilmelerinin son derece kolay olmasıdır<sup>(7)</sup>. Van ilinde İl Sağlık Müdürlüğü tarafından her yıl Haziran ve Eylül tarihleri arasında on beş günlük periyotlar ile alınan örneklerde mikrobiyolojik analizler yapılmakta ve sonuçlara göre gerekli önlemler alınmaktadır.

Çalışmamızda, Haziran-Eylül 2015 tarihleri arasında Van ve Erçek Gölü'nün belirlenen 29 noktasından iki hafta aralıklarla 8 kez olmak üzere su örnekleri alınarak mikrobiyolojik kirlilik seviyesini saptamak için toplam koliform, fekal koliform ve enterokok açısından değerlendirildi. Van Gölü suyunun 29 farklı noktada yapılan analizlerle bölgelere göre hijyen kalitesinin ve insan-hayvan sağlığı üzerinde oluşturacağı düşünülen risklerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

## GEREÇ ve YÖNTEM

Su örneklerinin alınması: Van Gölü havzasının, Van ili

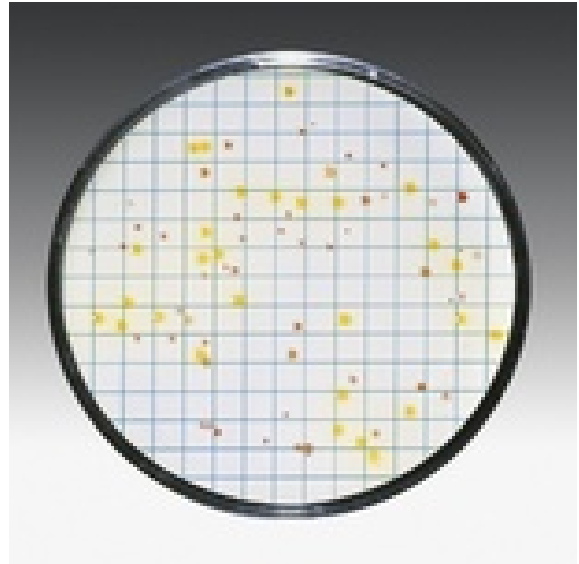
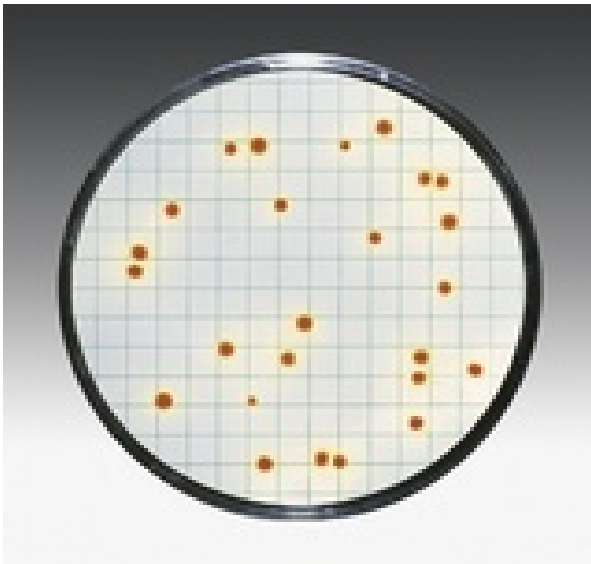
sınırları içerisinde UHM (İl Umumi Hıfzıssıhha Kurulu Meclisi) kararı ile İşkirt köyünden, Erciş ilçesi Çelebi-bağı sahiline kadar uzanan kısmında 28, Erçek Gölü sahilinde 1 adet olmak üzere toplam 29 yüzme alanı vardır. Yüzme ayları olan 1 Haziran-15 Eylül 2015 tarihleri arasında, 15 günde bir olmak üzere belirlenmiş olan 29 yüzme noktasından iki hafta aralıkla su örnekleri alınarak fekal koliform, toplam koliform ve enterokok varlığı araştırılmıştır. Toplam 232 adet su örneği Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği'ne (76/160/AB) uygun şekilde 300-500 ml'lik steril plastik örnek şişelerine alınmıştır<sup>(8)</sup>. Şişelerin ağızları sıkıca kapatılmış ve soğuk zincirde, 8 saat içinde Van İl Halk Sağlığı Laboratuvarı'na ulaştırılarak analizleri yapılmıştır.

Su örneklerinin süzülmesi, kültürü ve değerlendirilmesi: Örneklerin enterokok ve koliform bakteri yönünden analizi için membran filtrasyon yöntemi kullanıldı<sup>(9)</sup>. Alınan 500 ml'lik su örnekleri her biri 100'er ml olmak üzere 3 ayrı örnek, por çapları 0.45 µm olan membran filtrede süzüldü. Su örneğinde incelenecek bakteriler membran filtre üzerinde toplandı. Membran filtrelerden ikisi Tegritol 1.3.5-trimetil-tetrazolyum klorür (Tegritol TTC, Sartorius) besiyerine konularak bir petri 37°C'lik, diğer petri de 44°C'lik etüvde 24 saat inkübasyona bırakıldı. Üçüncü membran filtre ise Slanetz Bartley (SB, Himedia

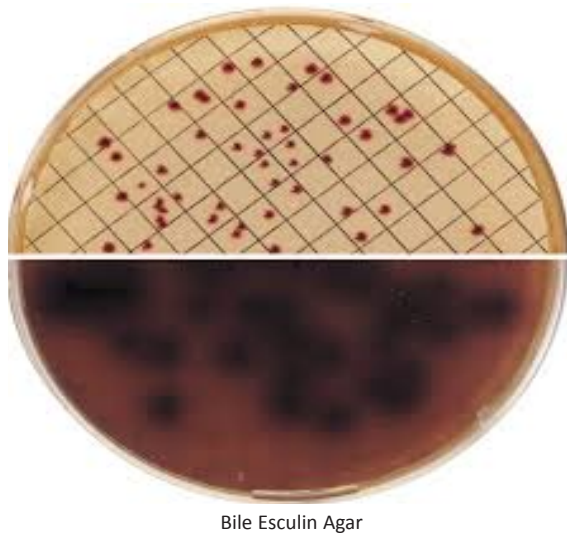
M612) besiyerine konularak 37°C'lik inkübatörde 48 saat bekletildi.

Fekal ve toplam koliformların doğrulama ve sayımı: Dışkı kaynaklı olan tüm üyeler "fekal koliform" olarak adlandırılır ve toplam koliform bakterilerin bir alt grubudur. Fekal koliform bakterilerin büyük çoğunluğunu *E. coli* suşları oluşturur<sup>(10)</sup>.

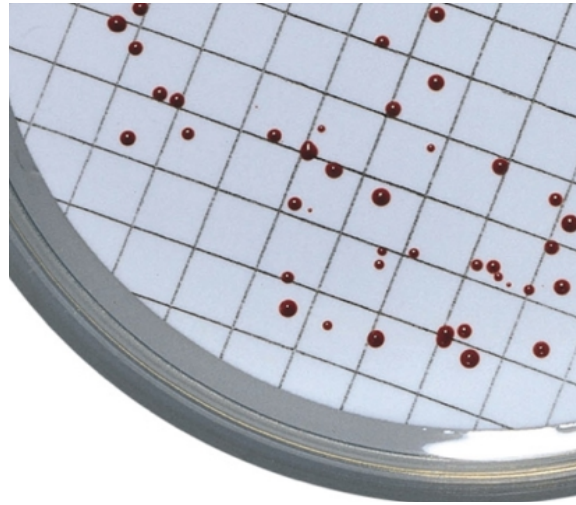
Fekal koliform grup bakterilerin belirlenmesi için özel bir besiyeri yoktur. Koliform bakteriler için kullanılan besiyerleri, 44.5±0.2°C sıcaklıkta inkübe edilerek fekal koliform bakteriler belirlenebilir. Tegritol besiyerinde filtre üzerinde bulunan ve aynı zamanda filtrenin altını sarartan tüm sarı koloniler TS EN ISO 9308-1 standardına göre şüpheli koliform kabul edilip doğrulamaya alındı<sup>(11)</sup>. Şüpheli koloniler yeterli sayıda bölünmüş Trypticase Soy Agar (TSA, Oxoid) besiyerine pasajlanarak 36°C'de 24 saat süre ile inkübe edildi. Bu süre sonunda üreyen koloniler için oksidaz testi (Oxidase Strips, Oxoid) yapıldı. Koliform bakteriler oksidaz negatif olduğu için pozitif reaksiyon veren koloniler elendi. 44°C'de sayılan koloniler fekal koliform olarak değerlendirildi. 36°C'de sayılan koliform bakteriler ile 44°C'de sayılan fekal koliform bakterilerin tümü toplam koliform bakteri sayısı olarak verildi (Şekil 1).



Şekil 1. Tegritol TTC besiyerinde koliform bakterilerin koloni görünümü.



Bile Esculin Agar



Slanetz Bartley Agar

Şekil 2. Bile Esculin ve Slanetz Bartley Agar besiyerinde enterokok bakterilerin koloni görünümü.

**Enterokokların doğrulama ve sayımı:** Slanetz Bartley besiyerinde kırmızı, mor ve pembe renkte olan tüm bombeli koloniler TS EN ISO 7899-2 standardına göre olası enterokok olarak kabul edilip doğrulamaya alındı<sup>(12)</sup>. Tipik kolonilerin olduğu membran filtre steril pens yardımı ile ters çevrilmeden önceden 44°C'de bir saat bekletilmiş Safra Esculin Azid Agar (SEA, Oxoid) üzerine konularak 44°C'de iki saat süre inkübatörde bekletildi. Enterokoklar SEA'da bulunan eskulini hidrolize ederek, glukoz ve eskuletine dönüşür. Eskuletin, demir (III) iyonları ile zeytin yeşili-siyah renkli kompleks oluşturur. İnkübasyondan sonra koloni etrafında siyaha kadar değişen renkte zon oluşturan tüm koloniler enterokok olarak sayıldı (Şekil 2). Doğrulan ve sayılan koloniler "kob" (koloni oluşturan birim) olarak belirtildi.

**Kötü kalite örnek:** Yüzme suyu kalitesi yönetmeliğine göre fekal koliform parametresi yönünden zorunlu değer 2000 kob/100 ml, toplam koliform parametresi yönünden zorunlu değer 10.000 kob/100 ml ve enterokok parametresi yönünden zorunlu değer 1000 kob/100 ml, olarak alındı<sup>(8)</sup>. Alınan su örneklerinde analiz edilen bakteri türlerinden herhangi birisinin zorunlu değerlerin üzerinde belirlenmesi durumunda su örneği kötü kalite olarak değerlendirildi.

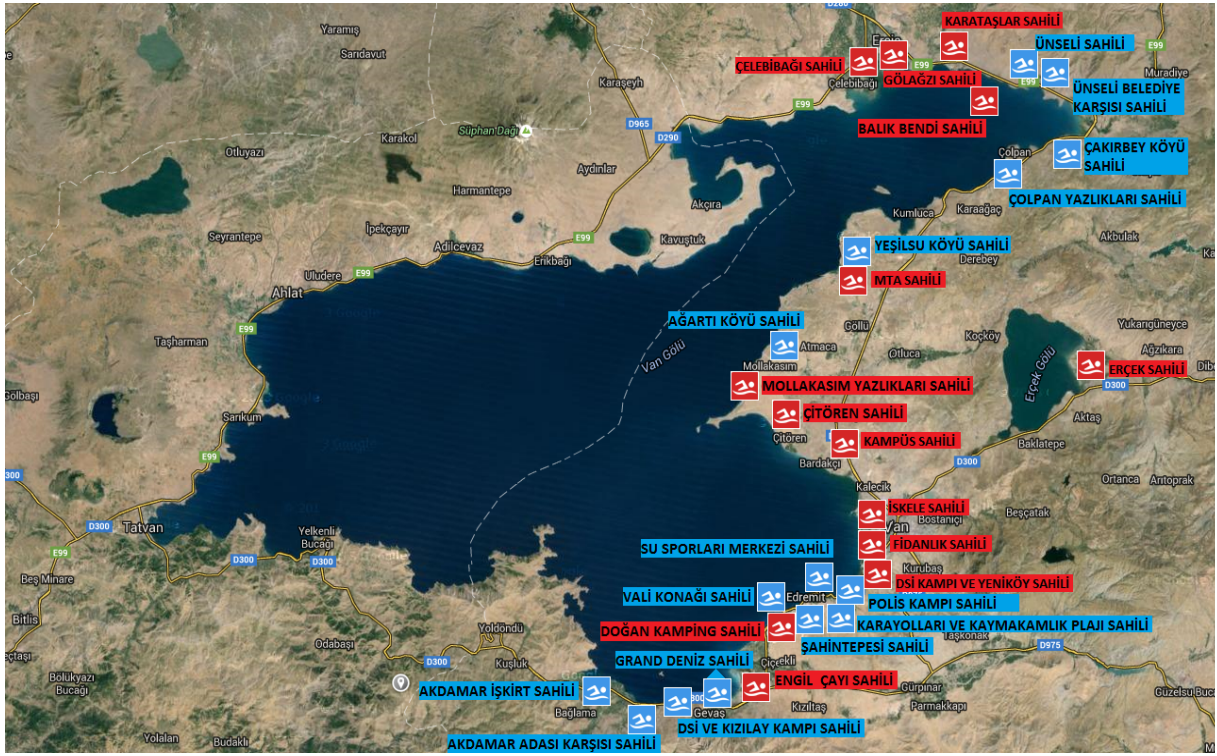
## BULGULAR

Yüzme suyu kalitesi yönetmeliğine göre göl sularında aranan mikrobiyolojik parametreler açısından göl suları iki sınıfa ayrılır<sup>(8)</sup>. Bakteriolojik parametrelerin analiz sonuçlarına göre göl sularının kalite sınıflandırması Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Göl sularının kalite kriterleri (Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği (76/160/AB), 2006).

Parametre	İyi Kalite (kob/100 mL)	Kötü Kalite (kob/100 mL)
Fekal streptokok	<1000	<1000
Fekal koliform	<2000	<2000
Toplam koliform	<10000	<10000

Suyun kalitesinin, gölün bazı noktalarında iyi kalite olduğu, fekal kirliliğin yüksek olduğu bazı noktalarda ise kötü kalite olduğunu göstermiştir. Alınan toplam 232 su örneğinin 196'sında (%84) herhangi bir mikrobiyal kirlilik bulunmazken, 36 örneğin (%16) enterokok, fekal koliform ve toplam koliform bakterileri ile kontamine olduğu belirlendi. Göl suyu örneklerinin alındığı noktalar Şekil 3'teki haritada gösterildi; mavi renkte olanlar iyi kalite (yüzmeye uygun), kırmızı renkte olanlar ise kötü kalite (yüzmeye uygun değil) konumlarını göstermektedir.



Şekil 3. Su örneklerinin alındığı ve yüzmeye uygunluk/uygunsuzluk durumları.

Tablo 2. Örneklerin alındığı yerlere göre kötü kalite su saptanan hafta sayısı ve yüzdesi.

İstasyon Adı	Örnek Sayısı (n)	Kötü kalite su saptanan hafta [n, (%)]
Fidanlık	8	6 (75)
Kampüs	8	5 (63)
MTA	8	5 (63)
İskele	8	3 (38)
Doğan Camping	8	2 (25)
DSİ kampı ve Yeniköy	8	2 (25)
Gölağzı	8	2 (25)
Karataşlar	8	2 (25)
Balıkbendi	8	1 (13)
Çelebibağı	8	1 (13)
Çitören Köyü	8	1 (13)
Engil Çayı	8	1 (13)
Erçek	8	1 (13)
Mollakasım Yazlıkları	8	1 (13)
Su Sporları Merkezi	8	1 (13)
Ünseli Belediye Karşısı	8	1 (13)
Vali Konağı	8	1 (13)
Ağartı Köyü	8	0 (0)
Akdamar Adası Karşısı	8	0 (0)
Akdamar İşkirt	8	0 (0)
Çakırbey Köyü	8	0 (0)
Çolpan Yazlıkları	8	0 (0)
DSİ ve Kızılay Kampı	8	0 (0)
Grand Deniz	8	0 (0)
Karayolları ve Kaymakamlık Plajı	8	0 (0)
Polis Kampı	8	0 (0)
Şahin Tepesi	8	0 (0)
Ünseli	8	0 (0)
Yeşilsu Köyü	8	0 (0)
<b>Toplam</b>	<b>232</b>	<b>36</b>

Tablo 3. Enterokok parametresinin ilçelere göre analiz sonuçları.

	Su örneğinin alındığı yer	Alınan örnek sayısı n (%)	Üreme görülmeyen örnek sayısı n (%)	Üreme görülen örnek sayısı n (%)	İyi kalite örnek sayısı n (%)	Kötü kalite örnek sayısı n (%)
İlçe	Muradiye	16 (7)	8 (11)	8 (5)	16 (8)	0
	Erciş	32 (14)	7 (10)	25 (16)	28 (14)	4 (13)
	Gevaş	32 (14)	14 (19)	18 (11)	32 (16)	0
	İpekyolu	24 (10)	4 (5)	20 (13)	15 (7)	9 (30)
	Tuşba	64 (28)	26 (36)	38 (24)	52 (26)	12 (40)
	Edremit	64 (27)	14 (19)	50 (31)	59 (29)	5 (17)
	TOPLAM	232	73	159	202	30

Tablo 4. Fekal koliform parametresinin ilçelere göre analiz sonuçları.

	Su örneğinin alındığı yer	Alınan örnek sayısı n (%)	Üreme görülmeyen örnek sayısı n (%)	Üreme görülen örnek sayısı n (%)	İyi kalite örnek sayısı n (%)	Kötü kalite örnek sayısı n (%)
İlçe	Muradiye	16 (7)	13 (7)	3 (7)	15 (7)	1 (10)
	Erciş	32 (14)	24 (13)	8 (18)	26 (12)	6 (60)
	Gevaş	32 (14)	27 (14)	5 (11)	32 (14)	0
	İpekyolu	24 (10)	17 (9)	7 (15)	21 (9)	3 (30)
	Tuşba	64 (28)	54 (29)	10 (22)	64 (29)	0
	Edremit	64 (27)	52 (28)	12 (27)	64 (29)	0
	TOPLAM	232	187	45	222	10

Tablo 5. Toplam koliform parametresinin ilçelere göre analiz sonuçları.

	Su örneğinin alındığı yer	Alınan örnek sayısı n (%)	Üreme görülmeyen örnek sayısı n (%)	Üreme görülen örnek sayısı n (%)	İyi kalite örnek sayısı n (%)	Kötü kalite örnek sayısı n (%)
İlçe	Muradiye	16 (7)	13 (8)	3 (5)	16 (7)	0
	Erciş	32 (14)	23 (13)	9 (15)	30 (13)	2 (25)
	Gevaş	32 (14)	24 (14)	8 (13)	32 (14)	0
	İpekyolu	24 (10)	17 (10)	7 (12)	20 (9)	4 (50)
	Tuşba	64 (28)	45 (26)	19 (32)	64 (29)	0
	Edremit	64 (27)	50 (29)	14 (23)	62 (28)	2 (25)
	TOPLAM	232	172	60	224	8

Van ve Erçek Gölü'ndeki 29 noktadan alınan 232 adet su örneğinin 8 haftalık süreyle incelenerek fekal koliform, toplam koliform ve enterokok yönünden kötü kalite su saptanan hafta sayısı ve yüzdesi Tablo 2'de verilmiştir. Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği'ne göre kötü kalite su belirlenen hafta sayısı ve yüzdeliği bakımından Fidanlık, Kampüs ve MTA sahillerinin yüzülebilir olmadığı, İskele, Doğan Kamping, DSİ kampı ve Yeniköy, Gölağzı, Karataşlar sahillerinin 2015 yılı Mayıs-Eylül arası dönemde fekal koliform, toplam koliform ve enterokok yönünden risk taşıdığı söylenebilir. Yalnızca bir hafta kötü kalite bulunan yerler ise takip edilmelidir.

Mikrobiyolojik kalitesi belirlenmek üzere incelemelere tabi tutulan toplamda alınan 232 adet örnekten; Erciş ilçesinde 4 adet, İpekyolu ilçesinde 9 adet, Tuşba ilçesinde 12 adet, Edremit ilçesinde ise 5 adet olmak üzere toplamda 30 adet örnek kötü kalite (yüzmeye uygun olmayan) olarak belirlendi.

Elde edilen örneklerin fekal koliform sonuçları dikkate alındığında; 232 adet örnekten; Muradiye ilçesinde 1 adet, Erciş ilçesinde 6 adet, İpekyolu ilçesinde ise 3 adet olmak üzere toplamda 10 adet örnek kötü kalite (yüzmeye uygun olmayan) olarak belirlendi.

Tablo 6. Yirmi dokuz noktadan iki hafta araliklarla 8 kez alınan 232 adet su örneğinin enterokok, fekal koliform ve total koliform sonuçları (kob/100ml).

	1			2			3			4			5			6			7			8			
	EN	FK	TK	EN	FK	TK	EN	FK	TK	EN	FK	TK	EN	FK	TK	EN	FK	TK	EN	FK	TK	EN	FK	TK	
(1)	20			30						2						1					1000			1800	10
(2)				10						56		30	90			3					2000			2000	
(3)	7500			10						56						2					7	200	2000		
(4)	700			30			6400	2200	10700	4000											800	700	100000	10	
(5)	800	30,0	30,0	1100			10000	6500	14900	6400						1100					1050	250	300	1000	2000
(6)										10	10										70		50	170	
(7)				20																	25	30	30	160	
(8)				150	20	150	12			700			6000			10					950	15	70	120	
(9)				290			15									4					15	150	150	300	
(10)				30												25					8000	2200	2200	760	
(11)	30			10			230	80	380							20					8500	2000	2000	700	2000
(12)	20			10			30									320					8500	2200	2200	560	30
(13)				20			350	150	380	10						900					9000	2100	2100	670	2000
(14)	60						7									3					6			200	10000
(15)	90						7000			7						1					1700	250	1500	60	
(16)	30			80	150	150	7			30											3			30	
(17)										40											1800	800	1000	30	
(18)				40	10	10										1					8	10	15	30	
(19)	30			30						9						2					5	50	70	60	
(20)				30			15									3					8	7	10	900	10000
(21)	200	180,0	400,0	100	80	80	2400	1200	6200	20	100	270	17			5					1600	70	1400	40	
(22)	240									70						3						5	15	20	260
(23)										92						13					2	70	100	30	400
(24)	40									90	20	55									2500	300	3000	90	40
(25)	300									96						2					3	70	80	70	120
(26)										88						1					2	10	20	30	400
(27)	7500	140,0	340,0	1150			1400			1400		1000	4500			6					200	400	1800		850
(28)	8000	800,0	1800,0	1120						4300			6500			25					2300	200	2000		700
(29)	1100									76											2			20	650

EN: Enterokok; FK: Fekal koliform; TK: Toplam koliform İstasyonlar: (1) Ünseli; (2) Ünseli belediye karşısı; (3) Erçek; (4) İskele; (5) Fidanlık; (6) Akdamar adası karşısı; (7) Grand Deniz; (8) DSİ ve Kızılay Kampı; (9) Akdamar İşçiri; (10) Çelebiada; (11) Karataşlar; (12) Balıkbendi; (13) Gölağzı; (14) Su sporları merkezi; (15) DSİ KAMPİ ve YENİKÖY; (16) Karayolları ve kaymakamlık plajı; (17) Engil Çayı; (18) Şahintepesi; (19) Polis Kampı; (20) Vahi Konagi; (21) Doğan Kamping; (22) Yeşilsu köyü; (23) Çolpan yazlıkları; (24) Çitören köyü; (25) Çakırbey köyü; (26) Ağartı köyü; (27) Kampüsü; (28) MTA; (29) Malakası yazlıkları

Alınan su örneklerinin toplam koliform bakteriler açısından değerlendirilmesi sonucu ise; 232 adet örnekten; Erciş ilçesinde 2 adet, İpekyolu ilçesinde 4 adet, Edremit ilçesinde ise 2 adet olmak üzere toplamda 8 adet örnek kötü kalite (yüzmeye uygun olmayan) olarak belirlendi.

Van ve Erçek Gölü'ndeki 29 noktadan alınan 232 adet su örneğinin 8 haftalık süreyle incelenerek fekal koliform, enterokok ve toplam koliform yönünden sonuçları da Tablo 6'da gösterilmiştir.

## TARTIŞMA

Patojen mikroorganizmalar kısa süre içinde ürer ve yaşarlar. Bu kısa süre içinde bu kontamine su ile temas edenleri ağız, burun, deri yoluyla doğrudan, deniz ürünleri ile de dolaylı yoldan etkiledikleri; kolera, tifo, paratifo, çocuk felci, sarılık gibi pek çok hastalıklara yol açabildikleri belirtilmiştir<sup>(13)</sup>. Günümüzde sahil bölgelerindeki nüfus artışı önemli sorundur. Hızlı nüfus artışı, plansız şehirleşme ve altyapı yetersizlikleri gibi nedenlere bağlı olarak özellikle deniz suyu ve kumsallarda kirliliğin arttığı belirtilmektedir<sup>(14)</sup>. Dünya Sağlık Örgütü ve Medline veritabanından derlenen bir makalede, rekreasyonel amaçlı kullanılan sularda bakteri sayılarındaki artış ile kullananların sağlık riski arasında anlamlı bir ilişki olduğu ortaya konmuştur<sup>(15)</sup>. Yüzme sularındaki fekal kirlenme halk sağlığı açısından büyük bir risk taşımakta ve yapılan çalışmalar, fekal indikatör varlığı ile hastalık oluşması arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir<sup>(16)</sup>.

Ülkemizin çeşitli bölgelerinde göl ve deniz kıyısı su örneklerinin mikrobiyolojik kaliteleri üzerine yapılmış çok sayıda araştırma vardır. Manyas Gölü'nde yapılmış bir çalışmada, Enterobacteriaceae miktarını 1-3.5 log arasında bildirilmiştir<sup>(17)</sup>. Bizim çalışmamızda ise, alınan 232 örnekten 159 örnekte enterokok, 45 örnekte fekal koliform, 60 örnekte ise toplam koliform bakterisine rastlanmıştır. Başka bir çalışmada, 37 adet göl suyu örneğinin %73'ünde fekal kontaminasyon olduğunu saptamıştır<sup>(18)</sup>. Çalışmamızda, fekal kontaminasyon oranı %16 olarak saptanmıştır. Dicle Nehri'nde yapılan bir çalışmada, bulunan toplam mezofilik aerob bakteri (3.97-5.30 log<sub>10</sub> kob/ml)

ile koliform bakteri sayıları (2.10-4.02 log<sub>10</sub> kob/ml) karşılaştırıldığında, nehir kirli su olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, incelenen su örneklerinin hepsinde koliform (%100) ve 27'sinde ise (%90) ise *E. coli* varlığı saptanmıştır<sup>(19)</sup>. Çalışmamızda, alınan 232 örnekte 159 (%69) enterokok, 45 (%19) fekal koliform, 60 (%26) toplam koliform bakterisine rastlanmıştır. Diler ve ark.<sup>(20)</sup>, Kovada Kanalı'nda 7 noktada yaptıkları bir çalışmada, bütün istasyonlarda enterokok ve koliform bakterisine fazla miktarlarda saptandığını bildirmişlerdir. Bizim 29 noktada yaptığımız çalışmada ise, dört istasyonda enterokok ve koliform bakteri üremesinin fazla miktarlarda olduğu görülmüştür. Alkan ve ark.<sup>(21)</sup>, Uluabat Gölü'nün doğusunda yaptıkları çalışmada, toplam koliform sayısını ortalama 16.700/100 ml olarak belirlemişler ve toplam koliform açısından "4. Sınıf" (çok kirli su) olduğunu, gölün rekreasyon, sulama suyu, hayvan üretimi, içme suyu temini, balık üretimi gibi amaçlar için kullanımının sakıncalı olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise, toplam koliform sayısı ortalama 2200/100 ml olarak saptanmıştır. Ulubat Gölü'nde yapılan diğer bir çalışmada ise, gölün toplam koliform açısından yaz aylarında daha yüksek olduğu bildirilmiştir<sup>(22)</sup>. Tabak ve ark.'nın<sup>(23)</sup> Rize sahil noktalarında fekal kirlenme ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, alınan örneklerin %56'sının 1100 EMS/100 ml değerini aştığını bildirilmiştir. Çalışmamızda, örneklerin 36 (%16)'sı fekal streptokok, fekal koliform veya toplam koliform parametrelerinden en az birinin zorunlu değeri aştığı gözlemlenmiştir. Akkurt ve Özdemir<sup>(24)</sup> tarafından yapılan bir çalışmada, Rize kıyı şeridinde numune alınan istasyonlarda fekal ve toplam koliform açısından sınır değerlerinden fazla olduğunu ve insan sağlığı açısından zararlı seviyelerde olduğu dönemler belirlenmiştir. Çalışmamızda, 7 ve 8. haftalarda tüm istasyonlarda yoğun üreme olduğu görülmüştür (Tablo 6). Altuğ ve ark.<sup>(25)</sup> Sapanca Gölü yüzey sularında yaptıkları araştırmada, koliform bakteri sayısını 2400 MPN/100 mL olarak belirlemişlerdir. Antalya'da Konyaaltı ve Lara plajlarında deniz suyu örneklerinde sırasıyla intestinal enterokok %22, %30 ve *E. coli* %14, %6 oranlarında olup, kılavuz değerlerinden fazla ürediğini görmüşlerdir<sup>(26)</sup>. Çalışmamızda enterokok yönünden 30'u (%12.9), fekal koliform yönünden 10'u (%2.3), toplam koliform yönünden ise 8'i (%3.4)



kötü kalite (yüzmeye uygun olmayan) olarak belirlendi. Senegal Nehri'nde yapılan bir çalışmada, toplam bakteri sayısının  $2.7 \times 10^6$  ile  $8.1 \times 10^7$  olduğu, fekal kontaminasyonun belirli bölgelerde belirlendiği bildirilmiştir<sup>(27)</sup>. Bizim çalışmada da toplam koliform bakteri sayısı 10 ile 10700 arasında olduğu ve belli bölgelerde (Fidanlık, Kampüs, MTA ve iskele sahilleri) yoğun fekal kontaminasyon görülmüştür. Gaga Gölü'nde yapılan bir çalışmada, fekal streptokok ve fekal koliform değerlerinin sonbahar yağışlarının olduğu Eylül ve Ekim ayında çok artış gösterdiğini gözlemlenmiştir<sup>(28)</sup>. Bizim çalışmamızda da Eylül ayında yapılan iki çalışmada da fekal koliform, fekal streptokok ve toplam koliform değerlerinin arttığı görülmüştür. Taşınar ve ark.'nın<sup>(29)</sup> 2015 yılında, Rize ili kıyı şeridinde yaptıkları bir çalışmada, dört farklı istasyondan mevsimsel olarak alınan su örnekleri üzerinde araştırması sonuçları değerlendirildiğinde, sonbahar mevsiminde iki istasyonda kirlilik belirlenmiş olup, toplam koliform açısından sınır değerlerin aşıldığı görülmüştür. Yaz mevsiminde hiçbir istasyonda fekal ve toplam koliform sınır değerlerinin aşılmadığı saptanmıştır. Çiçek ve ark.'nın<sup>(30)</sup> 2017'de, Eskişehir ilinin bazı sulama göletlerinin su kalitesini değerlendirmek için yaptıkları bir çalışmada yaz ve sonbahar aylarında suyun III. sınıf kalite olduğunu, başka bir deyişle, suyun kalitesinin kirliliğini belirlemiştir. Çelebi<sup>(31)</sup> 2018 yılında, Aksaray ilindeki Karasu sulama kanalının mikrobiyolojik kalitesini mevsimsel olarak Temmuz, Nisan, Eylül ve Şubat aylarında incelenmiş ve toplam koliformu 92-302/100 kob/ml, fekal koliformu 16-225/100 kob/ml, fekal streptokokları 2-26/100 kob/ml olarak saptamış ve II. sınıf su kalitesinde (az kirlenmiş su) olduğunu bildirmiştir<sup>(31)</sup>. Yalın ve ark.'nın<sup>(32)</sup> Burdur Karacaören I Baraj Gölü'nde yaptığı çalışmada, koliform ve fekal koliform bakteri yoğunluklarının mevsimsel değişimleri izlenmiş ve toplam koliform bakteri sayısı 500 - >100.000 kob/100 ml, fekal koliform bakteri sayısı 430 - 14680 kob/100 ml arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu gölü besleyen Isparta ve Göksu Deresi toplam koliform ve fekal koliform bakteri sayıları, tüm aylarda, oldukça yüksek değerlerde kaydedilmiş, III. ve IV. sınıf su kalitesinde olduğu saptanmıştır<sup>(32)</sup>.

Bu çalışmada, Van ve Erçek Gölü'nün belirlenen 29 noktasından alınan su örneklerinin enterokok, fekal koliform ve toplam koliform yönünden risk altında olup olmadığı araştırılmıştır. Alınan 232 su örneğinin 196'sında (%84) bakteriyel kirlilik bulunmazken, 36 örneğin (%16) kontaminasyon olduğu belirlendi. Bu verilerimize göre, Van Gölü sahillerinin büyük bir kısmının yüzmeye uygun olduğu saptanmıştır. Parametre bazında ele alındığında, toplamda alınan 232 adet örneğin enterokok yönünden 30'u (%12.9), fekal koliform yönünden 10'u (%2.3), toplam koliform yönünden ise 8 i (%3.4) kötü kalite (yüzmeye uygun olmayan) olarak belirlendi. Bu kirliliğin nedenleri, atık su arıtma tesisinin tam kapasite çalışmadığı, Van Gölü'ne dökülen dere, çay ve kanalların yerleşim alanlarından aldıkları katı ve sıvı atıkları doğrudan göle taşıdıkları, kamu kurumlarına ait işletmeler, yazlıklar ve özel tesislerin genel olarak arıtma tesisi kurmadan sıvı atıklarını fosseptik çukurlarında biriktirdikleri, zamanında boşaltılmayan bu çukurların taşma sonucu göle sızdığı, katı atıkların gelişi güzel depolandığı, kâğıt, poşet gibi uçucu çöplerin rüzgârın etkisiyle göle ulaştığı, piknik ve yüzmeye alanlarında çöp toplama konteynirleri ve lavabolarının olmadığı, bu alanlarda bulunan çeşmelerde yıkanan bulaşıklardan çıkan sıvı atıkların ve deterjanların göle akıtıldığı, havza boyunca yer alan yerleşim alanlarında kanalizasyon sistemi olmadığından tuvalet atıklarının fosseptik çukurlarıyla bertaraf edildiği, ancak mutfak sularının fosseptiklere verilmediği ve göle deşarj edildiği, yaz aylarında söz konusu fosseptiklerde taşma sonucu gölü kirlettiği düşünülmektedir.

Genel olarak çok kirliliği olmayan ancak kötü kalite su olarak belirlenen sahillere sahip Van Gölü'nün çevresine yapılacak yatırımların gölü kirletmeyecek niteliklere sahip olması bu gölün balıkçılık ve rekreasyon için kullanımını sağlayacaktır. Çünkü kontamine suyu temizlemek, temiz olan suyu korumak ve kullanmak daha önemlidir ilkesiyle gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Van merkezde faaliyette olan arıtma tesisinin kapasitesi yetersiz olduğundan kentin kapasitesini karşılayacak şekilde yeni bir arıtma tesisinin inşa edilmesi, hem yerleşim alanlarından hem de sahile yakın işletmelerden çıkan atık suların teknolojiye uygun arıtma yöntemleriyle arıtıldıktan sonra

göle deşarj edilmesi, Van Gölü'ne akan tüm dere, çay ve kanalların ıslah çalışmalarının yapılması ve arıtıldıktan sonra göle deşarj edilmesi, havzaya sınır tüm yerleşim alanlarında kanalizasyon ve uygun arıtma tesislerinin kurulması, bütün yüzme alanlarının katı ve sıvı atıklarının uygun biçimde giderilmesi, temizlik personeli görevlendirilmesi, duş lavabo yapılması ve sahil, piknik alanlarının kullanımı hususunda halka eğitici faaliyetlerin düzenlenmesi ve uyarı tabelaların konulması gerektiği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, Van ili ve Van Gölü havzasına sınır diğer illerin, Van Gölü'nün turistik anlamda gelişebilmesi ekonomik, kültürel ve sosyal gelişimi de beraberinde getirecektir. Bu nedenle tüm havzayı ele alarak havza sınırlarında yer alan tüm belediye başkanlıkları, kamu kurum kuruluşları ve özel sektörü de kapsayacak şekilde bir konseptle birlikte geliştirilecek projelerle Van Gölü, halk sağlığı açısından güvenilir kılınabilir ve kent önemli bir turizm merkezi hâline getirilebilir.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

**Conflict of Interest:** No conflict of interest was declared by the authors.

#### KAYNAKLAR

1. Verep B, Serdar O, Turan D, Şahin C. İyidere (Trabzon)'nin fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji*. 2005;14(57):26-35.
2. Halkman A. Koliform grup bakterilerin aranması ve sayılması, koliform grup-fekal koliformlar- *E. coli* ilişkisi. Ankara Üniversitesi Araştırma Fonu Proje No. 97-11-12-01, Ankara Üniversitesi Gıda Müh. Böl. Gıda Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara; 1999.
3. Özkanca R. Akuatik Mikrobiyoloji. Sürat Üniversite Yayınları. Gaziemir, İzmir;2014.
4. Bilgehan H. Klinik Mikrobiyolojide Tanı. Barış Yayınları Fakülteler Kitabevi, Güncelleştirilmiş 2.baskı, 1995:768.
5. Uslu O, Türkman A. Su Kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, İzmir; 1987.
6. Bilgili A, Sagmanlıgil H. Van Gölü suyunun doğal kalitesi ve buradan avlanan inci kefalı (*Chalcalburnus tarichi*) örneklerinde bazı ağır metal düzeyleri. Ankara Ü Vet Fak Derg. 1995;42(4):445-50.
7. Tekbaş F, Oğur R. Temel su analiz teknikleri, 2005:35-36.
8. Resmî Gazete. Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği (76/160/AB). Tarih ve sayı:09.01.2006/26048. T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara, 2006.
9. TS EN ISO 9308-1 Su kalitesi -*Escherichia coli* ve koliform bakterilerin tespiti ve sayımı-Bölüm 1: Membranla süzme yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü. 2004.
10. Halkman AK. Mikroorganizma analiz yöntemleri. Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Başak Matbaacılık Ltd. Şti, Ankara. 2005:89-124.
11. TS EN ISO 9308-1 Su kalitesi -*Escherichia coli* ve koliform bakterilerin sayımı - Bölüm 1: Düşük bakterili zemin floralı sular için membranla süzme yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü. 2000.
12. TS EN ISO 7899-2 Su kalitesi-Bağırsak enterokoklarının tespiti ve sayımı-Bölüm 2: Membran süzme yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü. 2002.
13. Evanson M, Ambrose RF. Sources and growth dynamics of fecal indicator bacteria in a coastal wetland system and potential impacts to adjacent waters. *Wat Res*. 2006;40(3):475-86. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.11.027>
14. WHO. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal and fresh waters. World Health Organisation, Geneva; 2003.
15. Pruss A. Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water. *Int J Epidemiol*. 1998;27(1):1-9. <https://doi.org/10.1093/ije/27.1.1>
16. Godfree A, Jones F, Kay D. Recreational water quality: the management of environmental health risks associated with sewage discharges. *Mar Pollut Bull*. 1990;21(9):414-22. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(90\)90760-6](https://doi.org/10.1016/0025-326X(90)90760-6)
17. Karafistan A, Çolakoğlu FA. Physical, chemical and microbiological water quality of the Manyas Lake, Turkey. *Mitig Adapt Strat Glob Change*. 2005;10:127-43. <https://doi.org/10.1007/s11027-005-7835-x>
18. Patır B, Güven AM, Arslan A. Elâzığ Bölgesi içme ve kullanma, kaynak, kuyu ve göl sularının hijyenik kaliteleri üzerine araştırmalar. *Fırat Ü Sağ Bil Derg*. 1992;6(1,2):127-34.
19. Erkan ME, Vural A. Dicle nehrinin hijyenik kalitesi üzerine bir araştırma. *Dicle Tıp Derg*. 2006;33(4):205-9.
20. Diler Ö, Işıklı B I, Altun S, Aybal NÖ. Eğirdir Gölü Kovada kanalının bakteriyolojik su kalitesi üzerine bir araştırma. *Eğirdir Su Ürünleri Fak Derg*. 1999;6:207-19.
21. Alkan U, Çalışkan S, Mescioğlu Ü. Uluabat Gölü'nün

- mikrobiyolojik kirlilik seviyesinin belirlenmesi. *Ekoloji*. 1999;33:3-5.
22. Elmaci A, Topac FO, Ozengin N, Teksoy A, Kurtoglu S, Baskaya HS. Evaluation of physical, chemical and microbiological properties of Lake Uluabat Turkey. *J Environ Biol*. 2008;29(2):205-10.
  23. Tabak F. Rize sahillerinde fekal kirlenmenin boyutları ve özellikleri. [Yüksek Lisans Tezi] Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, 2002.
  24. Akkurt S, Özdemir M. Deniz sularındaki toplam ve fekal koliform bakteri sayıları [Bitirme Çalışması] Rize: RTEÜ Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği, 2007; 30.
  25. Altuğ G, Yardımcı CH, Okgerman H, Tarkan SA. Sapanca gölü yüzey sularında bakteriyel metabolik aktivite, indikatör (*Koliform*, *Escherichia coli*) ve patojen bakteri (*Salmonella* spp.) düzeyleri. *J Black Sea/Medit Environ*. 2006;12(1):67-77.
  26. Topaloğlu A. Antalya kıyılarında rekreasyon amacıyla kullanılan plajların kum ve deniz suyunun mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi. [Yüksek Lisans Tezi] Antalya: Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
  27. Troussellier M, Got P, Bouvy M, et al. Water quality and healthy status of Senegal River estuary. *Mar Pollut Bull*. 2004;48(9-10):852-62.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.10.028>
  28. Koloren Z, Taş B, Kaya D. Gaga Gölü (Ordu, Türkiye)'nün mikrobiyolojik kirlilik seviyesinin belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bil Derg*. 2011;2(1):74-85.
  29. Taşpınar B, Verep B, Terzi E, Çetindemir D. Rize ili kıyı şeridinde bakteriyolojik kirliliğin araştırılması. *Aquaculture Studies*. 2015;15(2):17-27.  
<http://doi.org/10.17693/yunusae.vi.235762>
  30. Çiçek A, Uysal E, Köse E, Tokatlı C. Eskişehir'de yer alan bazı sulama göletlerinin su kalitesinin değerlendirilmesi. *Nevşehir Bil Teknol Derg*. 2017;6(Özel Sayı):440-6.  
<https://doi.org/10.17100/nevbittek.319890>
  31. Çelebi H. Karasu kanal sularında belirli mikroorganizma türlerinin araştırılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*. 2018;6(2):182-9.  
<https://doi.org/10.21923/jesd.398688>
  32. Yalın FB, Emre N, Güllü İ ve ark. Karacaören I baraj gölü (Burdur) mikrobiyolojik kirlilik düzeyinin mevsimsel değişimi. *LimnoFish*. 2020;6(2):120-6.