

## Van Gölü Suyunun İyon Karakterizasyonu ile Su Kalitesinin Belirlenmesi

Aybek YİĞİT<sup>1</sup>, Zeynep Turhan İRAK<sup>2</sup>, Dilara ÖZTÜRK<sup>3</sup>, Erhan ÖZTÜRK<sup>1</sup>, Duygu ALPASLAN<sup>4</sup>, Tekin ŞAHAN<sup>4</sup>, Nahit AKTAŞ<sup>4</sup>

**ÖZET:** Van Gölü dünyanın en büyük sodalı gölü olmasının yanında tuzlu su özelliği de taşımaktadır. Van ve Bitlis illeriyle çevrili olan gölün kuzey ve batısında tümüyle volkanik, güneyinde metamorfik ve doğusunda ise baskın olarak sedimanter kayalar vardır. Bu çeşitlilik nedeniyle Van Gölü suyu, kimyasal parametreleri açısından araştırmacıların her dönem ilgisini çekmiştir. Bu çalışma kapsamında iyon kromatografisi yöntemiyle Van Gölü suyunun doğal kalitesini yansıtan anyon ve katyonların konsantrasyon düzeyleri araştırılmıştır. 8 farklı nokta ve 9 farklı derinlikten alınan su örneklerinin kimyasal analizi sonucunda ortalama pH değeri 9.52 düzeyinde bulunurken, elde edilen verilere bakıldığında ortalama derişim değerleri başlıca katyonlardan kalsiyum 355.3, magnezyum 117.1, sodyum 8 612.6, potasyum 473.6, lityum 0.3 ppm; başlıca anyonlardan florür 4.8, klorür 10.5, bromür 20.5, nitrat 3.7, fosfat 13.6, sülfat 2 900.4 ppm olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçların mevzuat kapsamında değerlendirilmesi sonucunda; Van gölü suyunun içerdiği iyonik bileşenler bakımından Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğineki parametrelere göre IV. sınıf su kalitesinde olduğu bulunmuştur. Van Gölü Havzasında göl suyunun kalitesine yönelik çalışmalar geçmiş senelerde az sayıda yapılmış olmakla beraber bu analizler şimdiye kadar düzenli bir şekilde yapılmamıştır. Bu çalışma, kapsamlı bir araştırma olup kullanılan teknikler bakımından da önemli yenilikler içermektedir. Özellikle kromatografik teknikler bakımından bu alandaki çalışmalara orijinal katkılar yapacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Anyon, iyon kromatografisi, katyon, su kalitesi, Van Gölü

## Determination of Water Quality by Ion Characterization of Van Lake Water

**ABSTRACT:** Van Lake is the world's largest sodium nodule lake, as well as salt water. Van and Bitlis are surrounded by volcanic rocks in the north and west, metamorphic to the south and predominantly sedimentary rocks to the east. Due to this diversity, Van Lake water has attracted attention from researchers in every period in terms of chemical parameters. Lake Van Basin pond water quality studies for the past few years, although the analyses made so far are not made on a regular basis. In this study, concentration levels of anions and cations reflecting the natural quality of Van Lake water were investigated by ion chromatography. As a result of the chemical analysis of the water samples taken from 8 different points and 9 different depths, the average pH value was found at 9.52 and the resulting data is looking at average concentration values of major cations calcium 355.3, magnesium 117.1, sodium 8 612.6, potassium 473.6, lithium 0.3 ppm; from the main anion fluoride 4.8, chloride 8 703.5, bromide 20.5, nitrate 3.7, phosphate 13.6, sulfate 2 900.4 ppm respectively. Under the legislation, the evaluation of the results obtained as a result of the ionic components contained in the water of Lake Van in the Regulation of Surface Water Quality in terms of its parameters according to IV. water quality was found to be in the class. This study includes significant innovations in terms of the techniques used although extensive research. Especially in terms of chromatographic techniques it is likely to make original contributions to the work in this area.

**Keywords:** Anion, cation, ion chromatography, Van Lake, water quality

<sup>1</sup> Aybek YİĞİT(0000-0001-8279-5908), Erhan ÖZTÜRK(0000-0003-4006-2428), İğdır Üniversitesi, Araştırma Laboratuvarı Uygulama Ve Araştırma Merkezi, Araştırma Laboratuvarı, İğdır, Türkiye

<sup>2</sup> Zeynep Turhan İRAK(0000-0002-3587-2576), İğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, İğdır, Türkiye

<sup>3</sup> Dilara ÖZTÜRK(0000-0003-2689-560X), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Van, Türkiye

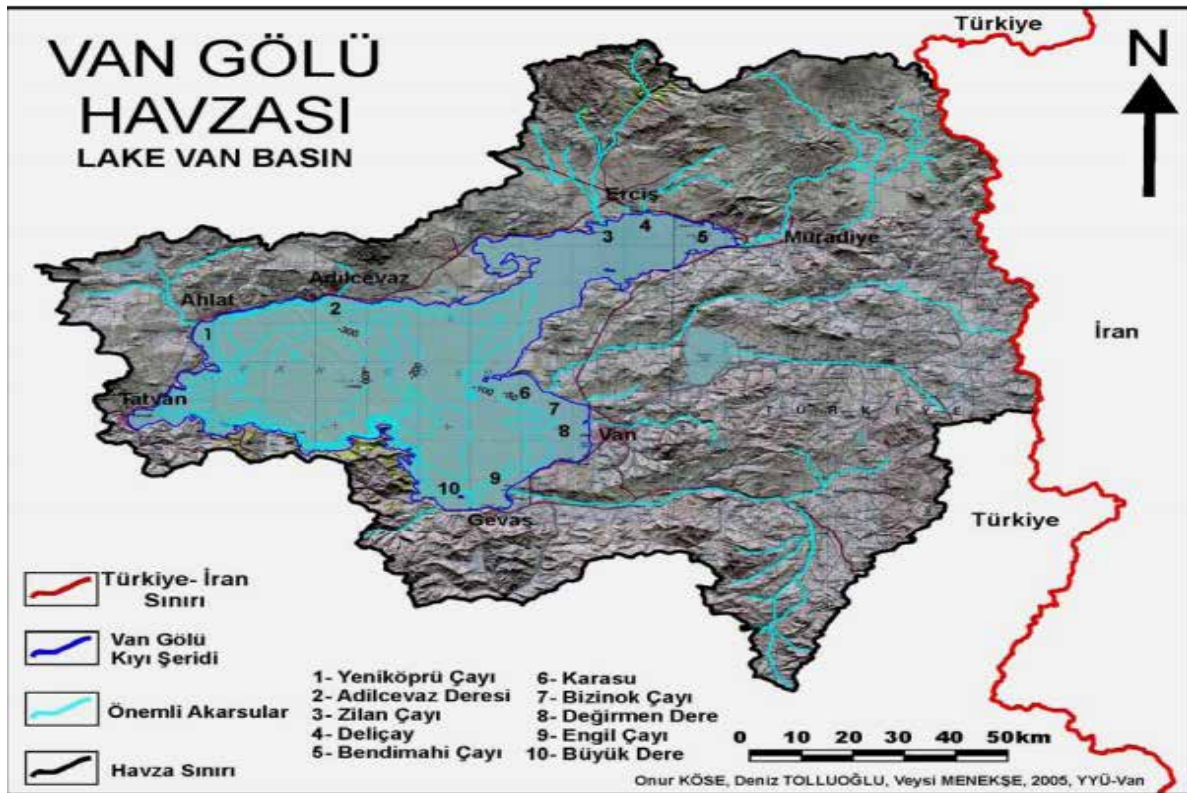
<sup>4</sup> Duygu ALPASLAN(0000-0002-6007-3397), Tekin ŞAHAN(0000-0001-8776-9338), Nahit AKTAŞ(0000-0001-9341-607X), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği, Van, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Zeynep Turhan İRAK, zeynepilanturhan@hotmail.com

## GİRİŞ

Van Gölü ülkemizin en büyük gölüdür. Bitlis ile Van il sınırları arasında, volkanik Nemrut dağının patlaması sonucu oluşan kraterde biriken suların oluşturduğu volkanik set gölüdür. Gölün doğu-batı yönündeki uzunluğu 70 km, yüzölçümü 3.522 km<sup>2</sup>, hacmi 607 km<sup>3</sup>, çevresi karadan 430 km'dir (Kadioğlu ve ark., 1997; Özalp ve ark., 2006). En geniş yeri, Van-Tatvan arası olup 130 km'dir. Van Gölü su seviyesinin ortalama olarak denizden yüksekliği 1648 m, ortalama derinliği 171 m ve en derin yeri ise 460 m olarak ölçülmüştür (Kempe et al., 1991; Kadioğlu ve ark., 1997; Özalp ve ark., 2006). Van Gölü ve havzası sahip olduğu birçok özelliğinden dolayı araştırmacıların ilgisini çekmekte ve hem sosyal, hem kültürel hem de bilimsel anlamda araştırma konusu olarak literatürdeki yerini almaktadır. Van Gölü'nün tatlı su ve deniz

suyundan farklı bir sucül ekosistemi vardır. Van Gölü suyu hem acı, hem tuzlu ve hem de sodalıdır. Bunun en önemli nedeni, akarsuların beraberinde taşıdığı tuzlu suyun gölde birikmesi, ayrıca suyun buharlaşmasıyla suda yoğunlaşmasıdır. Tuz oranının yüksek olması, bor ve sodyumkarbonatın varlığından ayrıca volkanik kayaların fazlalığındandır. Tuzluluk oranı %0.224'dür. Sudaki tuz bileşenlerinin aralarındaki oranları; %42 NaCl, %34 NaCO<sub>3</sub>, %16 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, %3 KSO<sub>4</sub> ve %2.5 MgCO<sub>3</sub> olarak hesaplanmıştır (Çiftçi ve ark., 2008). Kapalı bir havza olan Van Gölü Havzası yaklaşık 20 000 km<sup>2</sup>'lik bir doğal yaşam alanıdır. Havza coğrafik konumu itibarıyla önem kazanmaktadır. Havzada yaklaşık 1 milyon insan nüfusu, bunun birkaç katı besi hayvanı ile sulak alanı kullanan çok sayıda doğal yaşam ve bitki çeşitliliği barınmaktadır. Van Gölü havza sınırları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Van Gölü Havza sınırları ve akarsular (Köse ve ark., 2005)

1978 yılında Degens ve arkadaşları tarafından yapılan bir araştırmada, Van Gölü'nde yapılan analizler neticesinde karbonat iyonunun derinlik değişikçe değiştiği gözlemlenmiş, bunun nedeni olarak ise derinliklere inildikçe basıncın artmasının karbonata etkisi gösterilmiştir. Bu araştırmada ayrıca göl suyunun

sahip olduğu kimyasal özellikleri belirlemek için gölde çok miktarda bulunan anyon ve katyonlar tespit edilmiş ve gölün sahip olduğu bazı ağır metallerin denizlerde tespit edilen miktarlara göre de çok yüksek olduğu ifade edilmiştir. Sudaki iyon konsantrasyonları Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Van Gölü suyunda çözünmüş halde bulunan anyon ve katyonlar (Degens et al., 1978)

	Bileşenler	Van Gölü suyundaki oranı (mg L <sup>-1</sup> )
Katyonlar	Sodyum (Na <sup>+</sup> )	7 747
	Potasyum (K <sup>+</sup> )	508
	Magnezyum (Mg <sup>2+</sup> )	94.8
	Kalsiyum (Ca <sup>2+</sup> )	5-10
	Lityum (Li <sup>+</sup> )	1.5
	Stronsiyum (Sr <sup>2+</sup> )	0.7
Anyonlar	Klorür (Cl <sup>-</sup> )	5 450
	Karbonat (CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> )	3 331
	Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	2 344
	Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> )	2 191
	Fosfat (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	0.52

Tuğrul ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada (1984), göl suyunun sahip olduğu sodyum katyonunun diğer iyonlara oranla deniz suyuna göre yüksek, kalsiyum ve magnezyum katyonlarının ise düşük olduğu; karbonat (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) ve bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) anyonlarının toplamının klorür (Cl<sup>-</sup>) iyonu toplamından fazla olduğu görülmüştür. Araştırmada Van Gölü suyunun yaklaşık olarak %22 tuzluluk oranına sahip olduğu, pH'sının ise 9.5'tan yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Van Gölü dip çamurları siyah renkli organik kilden oluşmaktadır. Göl çamurlarının organik maddece zengin oluşu (H<sub>2</sub>S miktarı 100 gram numunede 0.2 gram) göldeki karbonat konsantrasyonunun zenginliğinin bir nedeni olup Van Gölü suyu bikarbonat ve karbonat iyonları bakımından da denizlerden daha zengindir. Gölde bu miktarda bulunan organik maddenin göl suyuna bikarbonat iyonları formunda karbon bileşikleri olarak girmesinden ve göl suyuna yüksek pH kazandırmasının nedeni olabileceği belirtilmiştir (Öztürk ve ark., 2004; Akyüz, 2008).

Özgökçe ve arkadaşlarının (2008), 2004-2006 yılları arasında yaptıkları çalışmada; çalışma alanı olarak Van Gölü kıyı şeridinde akarsu giriş noktaları, yerleşim alanları ve doğal alanlar olmak üzere üç farklı karakterde toplam 20 örnekleme istasyonu seçilmiştir. Aylık periyotlarla yapılan örnekleme bu noktalardan alınan su örneklerinin klorür, karbonat, bikarbonat, magnezyum, kalsiyum, bakır, çinko, demir, mangan, kadmiyum, kurşun ve pH değerleri saptanmıştır.

1995 yılında Bilgili ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada; Van Gölü anyon ve katyon içerikleri ile pH değerlerinin mevsimlere göre çok az değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum ise, su yatağını oluşturan doğal kaynaklardan ileri gelen tuzluluk öğelerinin kalıcı özellikte olduğunu ve içerikte bulunan karbonat, bikarbonat ve hidroksit gibi önemli anyonların etkin tampon ortamı oluşturduğunu göstermektedir. İçerdiği iyonlar, özellikle sodyum, klor ve sülfat bakımından Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre oldukça kirlenmiş (IV. sınıf su kalitesi) olduğu belirtilmiştir.

Su kalitesi; türlerin bileşimini, verimliliğini, bolluk durumlarını ve sucul türlerinde fizyolojik durumlarını etkilemektedir (Tepe, 2009). Diğer göller gibi Van Gölü de son ve sürekli alıcı ortam özelliği gösterdiği için kirlilikten birinci derecede etkilenmektedir. Farklı sebeplerle hem yüzey sularının su kalitesinin bozulması, hem de göllerdeki besleyici element dinamiği değişikliği su kalitesi araştırmalarına gün geçtikçe daha fazla önem kazandırmaktadır.

Bu çalışmada amaç, gerek bölge halkına gerekse Türkiye'ye turizm açısından fayda sağlayan Van Gölü suyunun iyon kromatografisi yöntemiyle iyonik bileşenlerini karakterize ederek su kalitesinin tespit edilmesidir (Yiğit, 2011). Van Gölü suyunun kimyasal özelliklerinin göl yüzeyi, göl suyu derinliği ve gölün farklı yerlerinden izlenmesi, tuzlanmayı oluşturan nedenlerin belirlenmesinde yararlı bilgiler vermiştir. Bu nedenle ana katyonların ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) ve anyonlarının ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ve  $\text{PO}_4^{3-}$ ) belirlenmesine gereksinim duyulmuştur. Bu parametrelerden özellikle sodyum ve klorür tuzlanmanın kökeninin ve boyutlarının tahmininde belirleyici faktördürler. Nitrat, florür ve sülfür ise ortamdaki kirlenmeyle ilgili unsurların araştırılmasında gerekli olan ön analizlerdir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

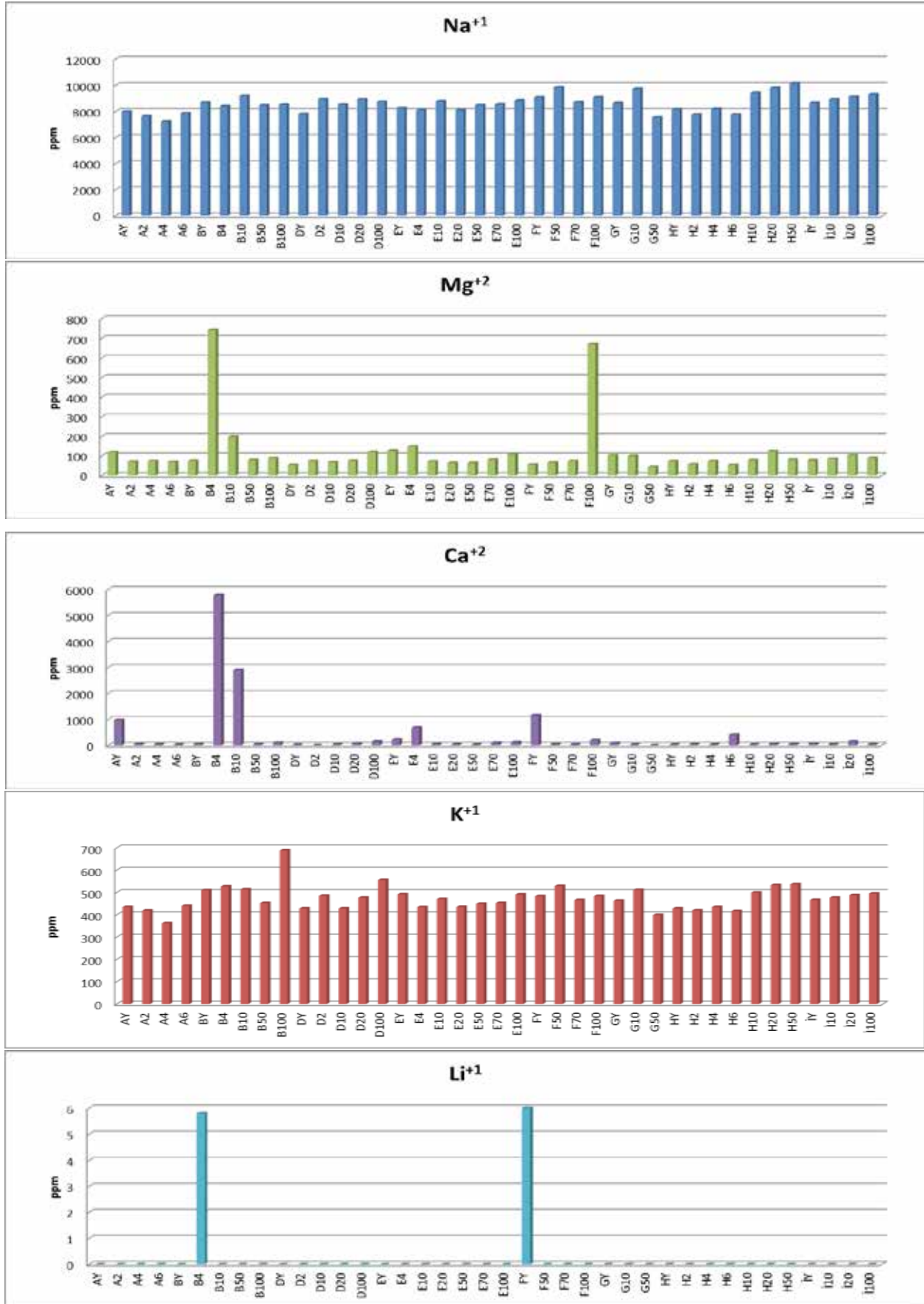
Su kalitesini gösteren, bazı parametrelerin seviyelerini belirlemek için Haziran 2011 tarihinde Van Gölü'nün uzaydan belirlenmiş koordinatları ile gölün 8 farklı bölgesinden (A,B,D,E,F,G,H,I) ve her bölgenin farklı (0,2,4,6,10,20,50,70,100 m) derinliklerinden 39 su örneği toplanmıştır. Araştırmada kullanılan numune kapları su örnekleri alınmadan bir gün önce %1-2 HCl asit banyosu ve saf sudan geçirilerek yıkanmış akabinde saf suyla

çalkandıktan sonra etüvde kurutulmuştur (Boyd and Tucker, 1992). Başta göl yüzeyinden olmak üzere alınan su numuneleri analiz için Yüzüncü Yıl Üniversitesi (YYÜ) Merkezi Laboratuvarı'na getirilmesini takiben uygun koşullarda muhafaza edilerek iki gün içerisinde analiz edildi.

Van Gölü suyundan alınan örnekler üstünde öncelikle anyon ve katyonlar için ayrı ayrı 50<sup>-</sup>, 100<sup>-</sup>, 500<sup>-</sup>, 1 000<sup>-</sup>, 2 000<sup>-</sup> seyreltme faktörleri denenmiş, en uygun seyreltme faktörü olarak anyonlar için 100<sup>-</sup> ve katyonlar için ise 2 000<sup>-</sup> belirlenmiştir. Analizler YYÜ Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan Dionex ICS-3000 marka iyon kromatografi cihazı kullanılarak yapılmıştır. Hareketli faz olarak katyonlar için 18 mM metasülfonik asit, anyonlar için ise 9-10 mM sodyum karbonat kullanılmıştır. Anyon analizi 7 değişik anyon için tek enjeksiyonda 20 dakika ve katyon analizi ise 6 değişik katyon için tek enjeksiyonda 18 dakika sürmüştür.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Haziran 2011 tarihinde Van Gölü'nde seçilen 8 nokta 9 farklı derinlikten alınan 39 adet su örneği; doğal tuzluluk, kirlilik (su kalitesi) ve pH durumunu da ortaya çıkarabilecek şekilde kimyasal olarak analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda Van Gölü suyunun doğal kalitesini, etkileyen faktörlerin yanında su ortamı için önemli kirleticilerin düzeyleri de ortaya konulmuştur. İyon kromatografisinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarından katyon derişimleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Yapılan analizlerde katyon derişimlerinin farklı noktalar ve farklı derinliklerdeki sonuçlarının en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 3 her örnekleme noktasının derinliklerine göre kendi içindeki katyon derişimlerinin ortalamasını göstermektedir.



Şekil 2. Van Gölü katyon analiz sonuçları

39 su numunesinden elde edilen analiz sonuçlarının grafiklerine bakıldığında Van Gölü suyundaki katyon derişimlerinde, alınan noktalar ve derinliklere göre değişikliklerin olduğu görülmektedir. Bu değişiklikler

sodyum ve potasyumda çok büyük farklılık göstermezken magnezyum, kalsiyum ve özellikle lityumda oldukça belirgindir.

**Çizelge 2.** Van Gölü katyon konsantrasyonlarının en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri

	Örnek Sayısı	En Düşük (ppm)	En Yüksek (ppm)	Ortalama (ppm)
Na <sup>+</sup>	39	7 227.2	10 151.2	8 612.6
K <sup>+</sup>	39	362.2	688.2	473.6
Mg <sup>2+</sup>	39	43.2	742	117.1
Ca <sup>2+</sup>	39	176.0	5 772.4	355.3
Li <sup>+</sup>	39	5.8	6.0	0.3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	39	nd	nd	nd

nd: analiz sınırlarının altında

Çizelge 2’de su numunelerindeki katyonların ortalama derişimlerine bakıldığında da sodyum ve magnezyum iyonlarının derişiminin diğer iyonlara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Literatürdeki (Degens et al., 1978; Bilgili ve ark., 1995) diğer araştırmalarla karşılaştırıldığında bu beklenen bir sonuçtur. Suda sodyum katyonun

varlığı tuzluluğunun, kalsiyumun ve magnezyumun varlığı ise sertliğinin (acılık) göstergesidir. Sodyum iyonunun, kalsiyum ve magnezyum iyonlarına oranla fazla olması suyun kalitesini düşürmektedir. Kirlilik göstergelerinden biri olan amonyum derişimi ise göl suyu numunelerinde analiz sınırlarının altında kalmıştır.

**Çizelge 3.** Van Gölü aynı nokta farklı derinlikteki ortalama katyon derişimleri

	Na <sup>+</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Mg <sup>2+</sup> (ppm)	Ca <sup>2+</sup> (ppm)	Li <sup>+</sup> (ppm)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)
A	7 675.1	413.9	83.0	272.0	nd	nd
B	8 651.8	538.2	235.9	1 170.5	1.2	nd
D	8 586.4	474.7	779	53.4	nd	nd
E	8 441.0	460.6	94.8	173.8	nd	nd
F	9 180.9	490.5	216.3	355.2	1.5	nd
G	8 639.9	457.6	81.7	35.1	nd	nd
H	8 748.3	466.8	76.9	89.6	nd	nd
İ	9 005.8	481.5	88.5	70.1	nd	nd

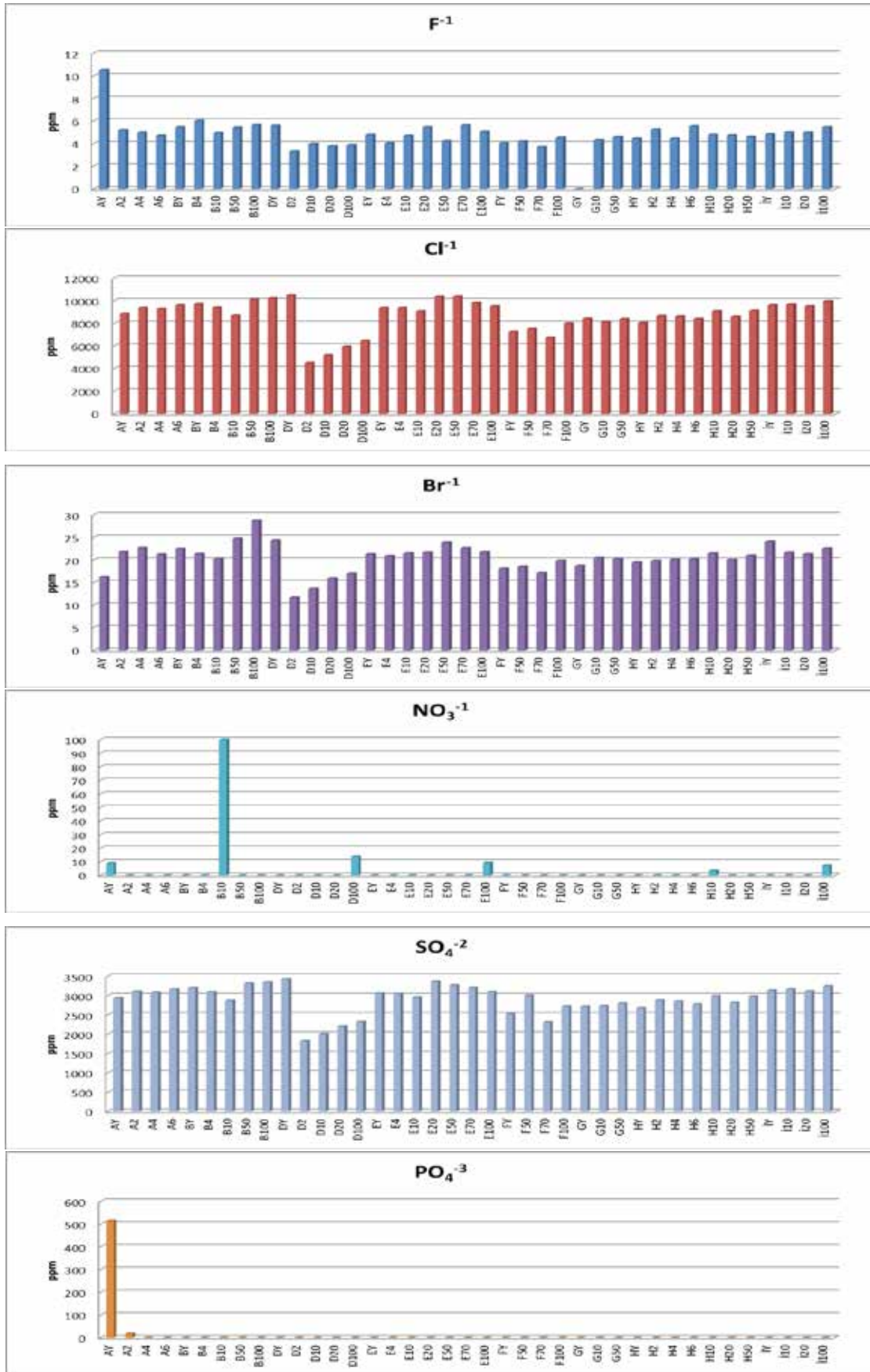
nd: analiz sınırlarının altında

Noktasal derinlik değişimlerine göre katyonların ortalama derişimleri değerlendirildiğinde, aynı noktadaki derinlik artışının ortalama katyon derişimini çok etkilemediği görülmüştür.

Alınan 39 su numunesinin anyon derişimleri Şekil 3’de gösterilmiştir. Yapılan analizlerde anyon derişimlerinin farklı noktalar ve farklı derinliklerdeki sonuçlarının en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri Çizelge 4’de, her örnekleme noktasının kendi içindeki

farklı derinlikteki anyon derişimlerinin ortalaması ise Çizelge 5’de verilmiştir.

Anyon analizlerinin sonuçlarında farklı nokta ve farklı derinliklerdeki derişim değişimleri incelendiğinde bölgesel ve derinliksel farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir; bu farkın florür (GY noktası hariç), klorür, bromür, sülfat için az aralıkta olsa da nitrat ve fosfat için oldukça belirgin olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 3. Van Gölü anyon analizi sonuçları

**Çizelge 4.** Van Gölü anyon konsantrasyonlarının en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri

	Örnek Sayısı	En Düşük (ppm)	En Yüksek (ppm)	Ortalama (ppm)
F <sup>-</sup>	39	3.31	10.5	4.8
Cl <sup>-</sup>	39	4 508.2	10 480.0	8 703.5
Br <sup>-</sup>	39	11.65	28.7	20.5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	39	nd	nd	nd
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	39	3.4	99.6	3.7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	39	1 816.4	3 421.4	2 900.4
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	39	16.9	513.7	13.6

nd: analiz sınırlarının altında

Klorür içeriği sularındaki mineral içeriğinin fazla olması anlamına gelir ve 250 ppm'den yüksek konsantrasyonlarda tuz tadı oluşturur. Suda bulunan toplam çözülmüş katı madde içinde klorür iyonları genellikle en önemli bileşeni oluşturmaktadır. Klorür derişiminin yüksek olması tuzluluğun, bunun yanı sıra özellikle sülfat ve nitrat iyonlarının varlığı da sudaki kirliliğinin göstergesi olmaktadır. Sucul yaşamın verimliliğini etkileyen ve önemli bir besleyici mineral

olan fosfat ise su kalitesini belirleyen parametrelerden biridir. Su numunelerinde yapılan analizlerde nitrit iyon derişimi analiz sınırlarının altında kalmıştır.

Aynı noktadan alınan su numunelerinde derinlik değışimlerine göre anyonların ortalama derişimleri değılendirildiğinde, aynı noktadaki derinlik artışının ortalama anyon derişimini çok da etkilemediği görülmüştür.

**Çizelge 5.** Van Gölü aynı nokta farklı derinlikteki ortalama anyon derişimleri

	F <sup>-</sup> (ppm)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	Br <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)
A	6.4	9 276.1	20.5	nd	2.47	3 063.1	132.7
B	5.5	9 634.1	23.5	nd	19.9	3 156.9	nd
D	4.1	6 213.1	16.5	nd	2.8	2 350.4	nd
E	4.9	9 695.4	21.9	nd	1.3	3 135.6	nd
F	4.1	7 373.3	18.4	nd	nd	2 638.3	nd
G	2.9	8 322.8	19.8	nd	nd	2 747.4	nd
H	4.8	8 640.9	20.3	nd	0.5	2 849.8	nd
İ	5.1	9 694.8	22.4	nd	1.9	3 158.6	nd

nd: analiz sınırının altında

## SONUÇ

Bu çalışmada, Van gölü suyunun iyonik karakterizasyonu incelenerek suyun doğal kalitesini etkileyen faktörler ortaya konularak suyun kalitesi belirlenmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 6'da verilen

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ndeki (YSKY) kıtaçi yerüstü su kaynaklarının genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler açısından sınıflarına göre kalite kriterleri ile karşılaştırılmıştır (Resmi Gazete YSYK, 2012).



**Çizelge 6.** Kıta içi yerüstü su kaynaklarının genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler açısından sınıflarına göre kalite kriterleri (YSYK, 2012)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV(zayıf)
pH	6-9	6-9	6.-9	6-9
Amonyum azotu (ppm)	<0.2	1	2	> 2
Nitrat azotu (ppm)	<3	10	20	> 20
Florür (ppb)	≤1 000	1 500	2 000	> 2 000

Su kaynaklarının hepsi başta okyanuslar olmak üzere, denizler, göller ve akarsular çoğunlukla son alıcı ve uzaklaştırıcı ortamlardır. Bakteriler, virüsler, hastalık yapıcı birçok canlı yapısı, organik ve yapay kimyasal maddeler, endüstri atıkları, yapay ve doğal tarımsal gübreler, inorganik tuzlar, yağlar, sentetik ve radyoaktif maddeler suyun içerdiği fiziksel ve kimyasal parametreleri değiştirir. Bunlardan birinin bile suyun içerisinde az veya çok olması suyun kalitesini etkilemektedir. Çevresel kaynaklı kirlenmeler olmadığı sürece suyun içerdiği tuzluluk ve organik madde miktarı ile pH değerleri genellikle stabil özellik göstermektedir. Su bölgesindeki jeolojik ve morfolojik yapı, dökülen dereler, hidrolojik döngü, (yağış, buharlaşma, yoğunlaşma, sızma); etrafında yapılan ziraai faaliyetler suyun içeriğindeki parametreleri değiştirebilir. Çalışmada 8 farklı nokta 9 farklı derinlikten alınan 39 su numunesinin ortalama pH değeri 9.52 olarak bulunmuştur; bu da Van Gölü suyunun alkali pH'ye sahip olduğunu göstermektedir. Literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında (Tuğrul ve ark., 1984; Bilgili ve ark., 1995), aradan zaman geçmesine rağmen suyun pH değerinde çok fazla bir değişim olmadığı belirlenmiş ve bunun Van Gölü'nün kapalı göl olma özelliğinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki (Resmi gazete, SKKY, 2004) Tablo 1'e göre (Mülga:RG-30/11/2012-28483) Van Gölü suyu pH bakımından IV.sınıf kalitede su sınıfına girmektedir. Ancak şuan yürürlükte olan YSKY'ne göre yerüstü su kaynakları kalite kriterlerine göre 4 grupta sınıflandırılmış olup

bütün sınıflandırmalarda pH 6 ile 9 arasındadır (2012). Çalışmada ortalama pH değeri 9.52 olup Van Gölü suyu pH bakımından IV. sınıf için verilen kalite parametresinden daha düşük kalitededir.

Yapılan katyon analiz sonuçlarında Van Gölü'nde sodyum miktarı 7 227.2 - 10 151.2 ppm arasında değişmiştir. Sodyum ortalama derişimi ise 8 612.6 ppm'dir. Bu değer Degens ve arkadaşlarının (1978) çalışma sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, sodyum miktarında bir artış olduğu görülmüştür. Bunun sebebi olarak gittikçe artan oranda evsel atık suyun göle verilmesi gösterilebilir. Van gölü suyunda potasyum 362.2-688.2 ppm aralığında, magnezyum 43.2 - 742 ppm aralığında, kalsiyum ise 176 - 5 772.4 ppm aralığında değişmiştir. Potasyum, magnezyum ve kalsiyum ortalama derişimleri hesaplandığında (analiz sınırlarından küçük olan derişimler sıfır olarak kabul edilmiştir) sırasıyla 473.6 ppm; 117.1 ppm; 355.3 ppm olarak bulunmuştur. Sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum iyonları açısından SKKY Tablo 1'e göre (Mülga:RG-30/11/2012-28483) Van Gölü suyunun IV.sınıf su olduğu belirlenmiştir. Bahse konu olan parametreler 30.11.2012 tarihinden beri yürürlükte olan Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine (YSKY) göre su kalite kriterlerine girmemektedir. Sodyum, kalsiyum ve magnezyum değerlerinin daha önceki çalışmaları da destekler nitelikte olduğu göz önüne alındığında tuzlu ve sert su özelliğine sahip göl suyu sulamaya uygun değildir. Lityum iyonu sadece iki noktada (B4 ve FY) analiz edilebilir sınırları geçmiştir ve ortalaması 0.3 ppm olarak bulunmuştur. Ancak deniz suyunda

bile ortalama 0.1 ppm civarında bulunan lityumun Van Gölü suyunda bulunması araştırmaya açık bir konudur. Su kalitesi sınıflandırılmasının en önemli parametrelerinden biri olan amonyum iyonu derişimleri 39 su numunesiyle yapılan bu çalışmada analiz sınırlarının aşığıında kalmıştır.

Anyon analizlerinde ise florür, klorür, bromür, nitrit, nitrat, sülfat ve fosfat iyonlarının derişimleri ölçülerek su kalitesi değerlendirilmesi yapılmıştır. Florür iyonunun ortalama derişimi 4.8 ppm olarak bulunmuştur. Hem mülga olan SKKY Tablo 1'e (Mülga:RG-30/11/2012-28483) göre hem de şuan yürürlükte olan YSKY'ne göre, florür açısından Van Gölü suyu IV. kalitede su sınıfına girmektedir. Florür suyun kirlenmesi takibinde kullanılan parametrelerdendir. Aynı zamanda yüksek florür derişiminin varlığı, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının varlığında suyun korozifliğini arttırıcı özellik gösterir. Nitrat, sülfat ve fosfat iyonlarının derişimleri sırasıyla 3.4 – 99.6 ppm; 1 816.4 – 3 421.4 ppm; 16.9 – 513.7 ppm aralıklarında değişiklik göstermiştir. Nitrat iyonunun ortalama derişimi 3.7 ppm'dir. Van Gölü suyu SKKY Tablo 1'e (Mülga:RG-30/11/2012-28483) göre ortalama nitrat derişimi bakımından I. kalite sınıfında olarak belirlenmişti ancak 30.11.2012 tarihinde yürürlüğe giren YSKY'daki kıtaiçi yerüstü su kaynaklarının genel kimyasal ve fizikokimyasal parametre değerlerine göre II. kalite su sınıfına girmiştir. 2011 yılında yapılan bu çalışma klorür iyonu derişimi ortalaması 8 703.5 ppm değeriyle SKKY Tablo 1'e göre (Mülga:RG-30/11/2012-28483) IV.kalite su sınıfına girmiştir. Klorür iyonunun en düşük derişimi D noktasındaki 2m derinlikten alınan su örneğinde 4 508.2 ppm olarak, en yüksek derişimi ise yine D noktası yüzeyinden alınan su örneğinde 10 480.0 ppm olarak ölçülmüştür. Bromürün ortalama derişimi 20.5 ppm, fosfat iyonunun ortalama derişimi ise 13.6 ppm'dir. Bromürün varlığı endüstriyel atıkların su kirleticisi olarak etki ettiğini, fosfat iyonunun varlığı ise alglerin oluşumuna olanak sağlamasıyla kirletici olarak etki ettiğini düşündürmektedir. Aynı zamanda

fosfat; klorür, nitrat, sülfat iyonları gibi su sertliği üzerinde de etkindir. Nitrit iyonlarının derişimi 39 numunede de analiz sınırlarının altında kalmıştır. Sülfat iyonlarının ortalama derişimi 2 900.4 ppm olarak bulunmuştur. Literatürdeki daha önceki araştırmalarla kıyaslandığıında (Degens et al., 1978; Özgökçe ve ark., 2008) klorür, nitrat ve sülfat iyonlarının derişiminin arttığı görülmüştür.

Bu çalışma sonucunda Van Gölü suyunun su kalitesini ve özelliklerini belirleyen parametrelerden olan katyonların (sodyum, potasyum, magnezyum, kalsiyum ve amonyum) ve anyonların (florür, klorür, nitrit, nitrat, fosfat, sülfat) konsantrasyonları iyon kromatografisi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine" göre su kalitesi sınıflandırması en kötü ölçüm değerleri dikkate alınarak yapılır. Listedeki kirlilik parametrelerinden en az iki parametrenin en kötü durumu gösterdiği kategori su kalitesini temsil eder. Yalnız bir tek kirlilik parametresi veya seki disk derinliği, tabloda verilen sınır değerlerin %50'sini aşmıyorsa, tablodaki diğer üç parametreden en kötü olanının yer aldığı kategori su kalitesini temsil eder. Buna istinaden Van Gölü suyunun YSKY'ne göre IV. kalite (zayıf/çok kirlenmiş su) su olduğu belirlenmiştir. Bulunan sonuçların daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarla (Degens et al., 1978; Tuğrul ve ark., 1984; Bilgili ve ark., 1995; Özgökçe ve ark., 2008) uyum göstermesi iyon kromatografisi yönteminin hızlı ve doğru sonuç verdiğini desteklemiştir.

Van Gölü'nün dışarıya akışının bulunmaması ve dolayısıyla kendini yenileyememesi nedeniyle, gölde kirlilik yaratan parametrelerde artış görülmüştür. Göl suyunun daha da kirlenmemesi ve içinde yaşayan inci kefali balık türünün tehlike altına girmemesi için düzenli periyotlarda sürekli izlenmesi gereklidir. Sonuçları tam ve doğru olarak değerlendirilecek şekilde yürütülen bir izleme programı Van Gölü'nün su ürünleri ve su kalitesi yönetimi için yararlı bilgiler sağlayacaktır.

**KAYNAKLAR**

- Akyüz DE, 2008. Data mining technique to analysis of Van Lake water level 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı, 21-22 Ağustos 2008, Van.
- Bilgili A, Sağmanlıgil H, Çetinkaya N, Yarsan E, Türel İ, 1995. Van gölü suyunun doğal kalitesi ve buradan avlanan İnci kefalı (*Calcalburnus tarichii*, Pallas 1811) örneklerinde bazı ağır metal düzeyleri. Ankara Üniversitesi Vet. Fak. Dergisi, 42: 445-450.
- Boyd CE, Tucker CS, 2012. Pond Aquaculture Water Quality Management. Springer Science & Business Media. Second Edition, Massachusetts, USA. 700 p.
- Çiftçi Y, Isık MA, Alkevlı T, Yeşilova Ç, 2008. Van Gölü havzasının çevre jeolojisi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 32(2): 45-77.
- Degens ET, Wong HK, Kempe S, 1978. Van Gölü'nün jeolojik gelişimi: Bir özet. Degens ET, Kurtman F (Ed.). The Geology of Lake Van. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 169: 147-158.
- Kadıoğlu M, Şen Z, Batur E, 1997. The greatest sodawater lake in the world and how it is influenced by climatic change. Annales Geophysicae, 15: 1489-1497.
- Kempe S, Kazmierczak J, Landmann G, Konuk T, Reimer A, Lipp A, 1991. Largest known microbialites discovered in Lake Van, Türkiye. Nature, 349: 605-608.
- Köse O, Gökdere F, Tolluoğlu D, 2005. Van Gölü havzasının genel tanıtımı. 12. Ulusal Kil Sempozyumu, 05-09 Eylül, Van.
- Özalp S, Aydemir BS, Olgun Ş, Şimşek B, Elmacı H, Evren M, Emre Ö, Aydın MB, Kurtuluş O, Öcal F, Can AZ, Yanmaz MN, Apa R, Duman TY, 2016. Van Gölü (Edremit Körfezi) kuvaterner çökellerinde tektonik deformasyonlar. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 153.
- Özgökçe MS, Karaca İ, Atlıhan R, Kasap İ, Özgökçe F, Yıldız Ş, Polat E, 2008. Van Gölü kıyı kirliliğinin gösterge türlerle tayini. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı, 21-22 Ağustos 2008, Van.
- Öztürk H, Görgün M, Vakfı TDA, 2004. Van Gölü bahar dönemi hidrografisi ve göl suyu homojenizasyonuna ait bulgular. Turkish J. Aquatic Life, 2: 380-389.
- Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 2004. Resmi Gazete, 25687, 31.12.2004.
- Tepe Y, 2009. Determination of the water quality of Reyhanlı Yenişehir Lake (Hatay). Ekoloji, 18(70): 38-46.
- Tuğrul S, Dümlü G, Bastürk Ö, İlhan R, Balkas T, 1984. Van Gölü özümleme kapasitesinin saptaması ve evsel nitelikli atıksu arıtımı ve desarji optimizasyonu. İller bankası Gn.Md. ve TÜBİTAK Marmara Arş. Ens. Ortak Projesi Raporu, Proje No: 0730018301, Gebze, 145: 111-185.
- Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, 2012. Resmi Gazete. 28483, 30.11.2012.
- Yiğit A, Turhan Irak Z, Öztürk D, Öztürk E, Alpaslan D, Şahan T, Aktaş N, 2011. Van Gölü suyunun iyon kromatografisi kullanılarak yapılan analizi. Kromatografi 2011 Kongresi, 7-10 Eylül 2011, Diyarbakır.