

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SIĞ GÖLLERDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİ
VE KAYNAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdurrahim DURMAZ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Rabia KÖKLÜ

Mayıs 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIĞ GÖLLERDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİ
VE KAYNAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdurrahim DURMAZ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

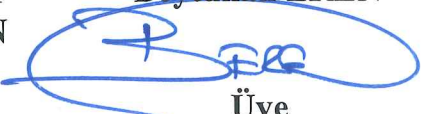
Bu tez 21.05.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi
Rabia KÖKLÜ

Jüri Başkanı

Dr. Öğr. Üyesi
Nursel KIRATLI
YILMAZÇOBAN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi
Beytullah EREN

Üye

BEYAN

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

Abdurrahim DURMAZ

06/05/2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Rabia KÖKLÜ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı, 2018-50-01-004 numaralı FBYLTEZ tez projesi kapsamında destekleyen Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada yapılan ölçüm ve analizlerde yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen doktora öğrencisi Seda TÜNAY ve Ayşenur ALKIŐ'ya teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
LİRETATÜR ÖZETİ.....	1
2.1. Ağır Metallerin İnsan Sağlığı Yönünden Değerlendirilmesi	1
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE METOD	4
3.1. Çalışma Alanı.....	4
3.2. Numune Alma	12
3.3. Ağır Metal Analizleri	13
3.3.1. ICP-OES cihazı ile metal tayini	13
3.4. İstatiksel Analiz Yöntemleri.....	14
3.4.1. Temel bileşen analizi (PCA).....	14
3.4.2. Kümeleme analizi (CA)	15

BÖLÜM 4.

SONUÇLAR	16
4.1. Ağır Metal Analizlerinin Değerlendirilmesi	16
4.1.1. Alüminyum.....	16
4.1.2. Arsenik	16
4.1.3. Bakır	16
4.1.4. Baryum	17
4.1.5. Bor	18
4.1.6. Civa	18
4.1.7. Çinko	19
4.1.8. Demir.....	20
4.1.9. Kadmiyum.....	20
4.1.10. Krom.....	21
4.1.11. Kurşun	22
4.1.12. Mangan.....	22
4.1.13. Selenyum.....	23
4.2. Yerüstü Su Kütlelerinde Bazı Parametreler İçin Çevresel Kalite Standartları ve Kullanım Maksatları (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 2016).....	24
4.3. İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	25

BÖLÜM 5.

TARTIŞMA VE ÖNERİLER	28
KAYNAKLAR.....	32
ÖZGEÇMİŞ	34

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
B	: Bor
Ba	: Baryum
CA	: Kümeleme Analizi
Cd	: Kadmiyum
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
GPS	: Global Konumlandırma Sistemi
Hg	: Cıva
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Mn	: Mangan
Pb	: Kurşun
PCA	: Temel Bileşen Analizi
Se	: Selenyum
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
Zn	: Çinko

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Büyük Akgöl lokasyon haritası	5
Şekil 3.2. Büyük Akgöl (03.12.2015).....	6
Şekil 3.3. 1/25000 Ölçekli Büyük Akgöl Bölge Haritası	7
Şekil 3.4. Büyük Akgöl Sazlıklar	8
Şekil 3.5. Konacık Kanalı ve Tahliye Kapağı	10
Şekil 3.6. Kulak Dere	10
Şekil 3.7. Değirmendere	11
Şekil 3.8. Gökent Deresi.....	11
Şekil 3.9. Göl ve Derelerdeki Ölçüm İstasyonları.....	12
Şekil 4.1. Derelerde ve gölde Al^{+3} konsantrasyonu değişimi.....	15
Şekil 4.2. Derelerde ve gölde As^{+3} konsantrasyonu değişimi	16
Şekil 4.3. Derelerde ve gölde Cu^{+} konsantrasyonu değişimi	17
Şekil 4.4. Derelerde ve gölde Ba^{+2} konsantrasyonu değişimi	17
Şekil 4.5. Derelerde ve gölde B^{+3} konsantrasyonu değişimi	18
Şekil 4.6. Derelerde ve gölde Hg^{+2} konsantrasyonu değişimi.....	19
Şekil 4.7. Derelerde ve gölde Zn^{+2} konsantrasyonu değişimi.....	19
Şekil 4.8. Derelerde ve gölde Fe^{+3} konsantrasyonu değişimi.....	20
Şekil 4.9. Derelerde ve gölde Cd^{+2} konsantrasyonu değişimi	21
Şekil 4.10. Derelerde ve gölde Cr^{+3} konsantrasyonu değişimi.....	21
Şekil 4.11. Derelerde ve gölde Pb^{+2} konsantrasyonu değişimi	22
Şekil 4.12. Derelerde ve gölde Mn^{+2} konsantrasyonu değişimi	23
Şekil 4.13. Derelerde ve gölde Se^{+2} konsantrasyonu değişimi.....	23
Şekil 4.14. Küme Üyeliklerini gösteren Dendogram	26

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Büyük Akgöl göl karakteristikleri (DSİ)	6
Tablo 3.2. Ferizli ilçesi sulu tarım arazileri (Sakarya İÇDR, 2011).....	9
Tablo 3.3. Göl ve derelerdeki ölçüm istasyonlarına ait koordinatlar	13
Tablo 4.1. Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.....	24
Tablo 4.2. Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları	24
Tablo 4.3. Yerüstü Su Kaynakları için Öncelikli Maddeler ve Çevresel Kalite Standartları	24
Tablo 4.4. Küme Üyelikleri.....	25
Tablo 4.5. Temel Bileşen analizi Varimax dik döndürme Sonuçları	26

ÖZET

Anahtar kelimeler: Büyük Akgöl, göl, ağır metal, su kalitesi, sınıf

Bu çalışmada, sığ göllerde ağır metal kirliliği ve kaynakları değerlendirilip, Büyük Akgöl havzasında 2016-2017 yılları arasında su kalitesinin belirlenmesi amacıyla yan derelerde ve göl üzerinde belirlenen istasyonlarda, gölün gelecekteki durumunun belirlenmesi için önemli görülen bazı ağır metal parametrelerine ait ölçümler yapılmıştır. Yerüstü Su Kaynakları Yönetmeliği'nin eklerinde yer alan sınır değerlere göre ağır metallere, bor, çinko ve baryum sınır değerini aşmamıştır. Krom, sadece ekim ayında 1. istasyonda sınır değerini aşmış, demir ise sadece ocak ayında tüm istasyonlarda sınır değeri aşmıştır. Kadmiyum parametresine göre göl V. sınıf, mangan parametresine göre göl I. sınıf, selenyum parametresine göre göl haziran ayında I. sınıf, diğer aylarda IV. sınıf olarak belirlenmiştir. Kritik düzeyde olduğu gözlenen parametreler arsenik, civa ve selenyum parametreleridir. Bu maddelerin her biri endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanabildiği gibi, tarımsal ilaçlardan da kaynaklanmaktadır. Özellikle bölgede fungusit yani mantar önleyici olarak kullanılan tarımsal ilaçlarda yüksek miktarda Arsenik ve Bakır bulunmaktadır. Göl çevresindeki tarımsal faaliyetlerde kullanılan tarım ilaçlarının kullanımına yeni bir düzenlemeyle büyük oranda kısıtlama getirilmesi, gölde motorlu taşıtlar ile yapılan avcılık ve balıkçılık faaliyetlerinin kontrol altına alınması ve kontrolsüz deşarjların tespit edilerek önlenmesi gölün geleceği açısından oldukça önem taşımaktadır.

HEAVY METAL POLLUTION IN THE SHALLOW LAKES AND EVALUATION OF THE RESOURCES

SUMMARY

Keywords: Buyuk Akgöl, lake, heavy metal, water quality, class

In this study, in order to determine the water quality in Büyük Akgöl basin between 2016-2017, some heavy metal parameters which are important for determination of the future status of the lake in the stations determined on the side streams and the lake were measured. According to the limit values in the annexes to the Surface Water Resources Regulation, heavy metals, Boron, Zinc and Barium did not exceed the limit value. Chromium exceeded the limit value in the I. station only in October, iron exceeded the limit in all stations only in January. According to the Cadmium parameter, the lake is V. class, according to the Manganese parameter, the lake is I. class, according to Selenium parameter, the lake is I. class in June, other months, the lake is IV. Class. Arsenic, Mercury and Selenium parameters were found to be critical. Each of these substances may arise from industrial activities as well as from pesticides. Especially in the region used as fungicides have high amounts of Arsenic and Copper. It is very important for the future of the lake to restrict the use of pesticides used in agricultural activities around the lake to a great extent with a new regulation, to control the hunting and fishing activities carried out by motor vehicles and to prevent uncontrolled discharges.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Sucul ortamlar, ekolojik oluşumları bakımından önemli özelliklere sahiptir ve etrafında yaşayan canlılar için çeşitli öneme sahiptirler. Bataklık ya da sazlık olarak tanımlanan sulak alanlar özellikleri, faydaları ve sahip olduğu biyolojik çeşitlilik yönünden büyük önem taşırlar. Geniş çeşitlilikteki flora ve fauna için yaşam alanı olmakta, kirlenmiş suların temizlenmesi ile ilgili hidrolojik ve kimyasal döngülerde, önemli fonksiyona sahiptir. Fakat en fazla tehdit altında olan doğal ekosistemlerdir. Tatlı su kaynaklarının büyük bir kısmına sahip olan göller, durgun sular olmasından dolayı, insan faaliyetleri sonucunda ekolojileri çok hızlı bir şekilde bozulmaktadır. Göllerde karşılaşılan en büyük sorunlar; ötrofikasyon, asitleşme, tuzlanma, ağır metal kirlilikleri ve diğer zehirli madde kirlilikleri ile su kullanımı, tarım faaliyetleri ve küresel ısınma gibi etkenlerle doğal rejimin tahrip edilmesidir.

Sanayi atıksuları proseslerinde kullanılan kimyasallar sebebiyle yüksek oranda ağır metal barındırdığından yağmur suları veya sızma sonucu doğrudan su kirliliğine sebep olurlar. Özellikle ağır metal bakımından petrol, metal kaplama, deterjan, plastik, ilaç ve deri sanayi atıkları dikkat edilmesi gereken kirleticilerdir. Tarımsal mücadele ilaçları tarlada yetiştirilen ürünlerin veriminin artırılması, bitkilere zarar veren yabancı otların, haşere ve böceklerin yok edilmesi için kullanılan ilaçlardır. Yağışlarla beraber su kaynaklarına karışırlar. Bu ilaçların muhtevasında ağır metal olduğu için kalıcı özelliğe sahiptirler. Tarlanın verimini arttırmak amacıyla kullanılan bitki besin maddelerinin içerdiği azot ve fosfor, belirli miktarlarda tüm canlılar için faydalı olan kimyasallardır. Fakat yüksek oranda azot zehirlenmeye sebep olmakla beraber toplu balık ölümlerine de sebebiyet vermektedir. Hayvancılıkla uğraşan bölgelerdeki yağışlar nedeniyle suya karışan hayvansal atıklar su kaynaklarının kirlenmesinde önemli bir etkiye sahiptir.

Metaller ve ağır metallerin bir çoğu (kalsiyum, sodyum, potasyum, demir, çinko, kobalt, bakır, nikel, mangan) canlıların yaşamı için gerekli olan karbon, azot ve fosfor kadar önemli nütrientler arasındadır. Ağır metaller yerüstü ve yeraltı sularına karıştıklarında biyolojik olarak bozunmadıklarından canlı organizmasında birikirler. Ağır metallerin gerekli oldukları belirli konsantrasyonlardan fazla bulunması, canlıların hücrelerinde birikerek toksisite ve kanserojen etkiye sebep olur.

Su ekosistemlerinde özellikle de tatlı su kaynaklarında, ağır metal konsantrasyonunun yüksek olması, hem sucul mikroorganizmaları hem de insan hayatını olumsuz yönde etkileyerek potansiyel bir tehlike arz eder. Evsel veya endüstriyel atık sular ile kirlenmiş olan akarsu ve göllerin tarımsal amaçla kullanılması, toprakta ağır metal birikimine sebep olur. Canlı bünyesine giren ağır metaller, besin zinciri ile bir organizmadan diğerine taşınarak canlıların sistemlerinde yüksek konsantrasyonlara ulaşarak yıllarca zarar verebilmektedir. Ağır metal kaynaklı kirlilik araştırmaları son dönemde birçok araştırmacıya konu olmuştur.

Doğal göllerimizden bir tanesi olan, Sakarya ili, Ferizli ilçesinde bulunan Büyük Akgöl, yukarıda bahsi geçen sebepler nedeniyle kirlilik tehdidi altında bulunan ve bu sebeple faydalı kullanım alanları hızla azalan göllerimizden birisidir. Mevcut 3 kanal ile evsel ve tarımsal atıklar göle taşınmaktadır. Gölün su seviyesinin kontrol edilebilmesi amacıyla fazla suları, savaklar vasıtasıyla Sakarya Nehri'ne boşaltılmaktadır. Göldeki ötrafikasyon için önlem alınmaması sebebiyle, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nün raporunda, 2001 yılından sonra göl kirliliğinin tehlikeli boyuta ulaşması nedeniyle içme suyu olarak kullanılmayacağı bildirilmiştir (Odabaşı ve ark., 2001). Ayrıca gölde hızla artan kirlilik nedeniyle balık popülasyonu azalmakta olduğundan balıkçılık faaliyetleri olumsuz yönde etkilenmektedir.

Bu çalışmada, hassas bir göl olan Büyük Akgöl'de önemli ağır metal parametreleri incelenmiş, Yönetmeliğe göre sınır değerleri aşanlar değerlendirilmiş, istatistiksel analiz metotlarından kümeleme analizi ve temel bileşen analizi kullanılarak özellikle sınır aşan ağır metaller için kirlenici kaynaklar belirlenmeye çalışılmıştır.

BÖLÜM 2.LİRETATÜR ÖZETİ

Rüzgar, akarsu ve atmosferik taşınma yoluyla kayaçların su ile etkileşim sürecine bağlı olarak su bünyesine doğal olarak giren ağır metallerin, özellikle sanayi devrimi ile birlikte yeraltı ve yerüstü sularına ulaşmaları ve su ekosistemlerindeki konsantrasyonu hızla arttırmıştır. Bu durum nedeniyle, özellikle göl sedimanlarının yaşlarını belirlemek ve biriken ağır metal konsantrasyonlarının incelenmesi için kullanılan paleontolojik analizler (14C) ile bilimsel olarak ortaya konmuştur.

Brazilya'nın güneydoğusunda bulunan Lagoa Vermelha Gölü sedimanının dikey profilinde ağır metal birikimi incelendiğinde, sedimanda yapılan 14C analizinden alınan sediman örneğinin yaşı 2430 olarak belirlenmiş ve özellikle son 180 yılda ağır metal konsantrasyonlarının önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir. Özellikle kurşun, çinko, gümüş, civa ve nikel birikiminin son 50 yılda arttığı ve bunun sebebinin gölün uzak çevresindeki madencilik ve taşımacılık faaliyetleri sonucu atmosfere salınan metallerin taşınımı ile göle ulaştığı belirlenmiştir (Barros de Oliveira ve ark., 2011).

2.1. Ağır Metallerin İnsan Sağlığı Yönünden Değerlendirilmesi

Bazı ağır metaller insan sağlığına zararlıdır. Elementel civa, vücut tarafından kolayca emilemeyebilir, ancak dumanları toksiktir ve sinir sistemi üzerinde ciddi etkilere neden olur. Kanı, karaciğeri, böbrekleri ve üreme organlarını etkileyebilir. Civanın en toksik şekli olan metil-civa, çeşitli organ sistemlerinde hasara neden olabilir (Hailemariam ve PM Bolger, 2014). Kanserojen olan inorganik arsenik, oksidatif fosforilasyon işleminde fosforla rekabet ederek ve piruvat ve süksinat yollarını inhibe ederek metabolik işlemlerin bozulmasına neden olur (Tao ve PM Bolger, 2014). Kurşunun bebeklerde sinir sisteminin gelişmesinde problemlere, iskemik kalp hastalıklarına ve kardiyovasküler inme riskinin artışına, doğurganlık ve böbrek

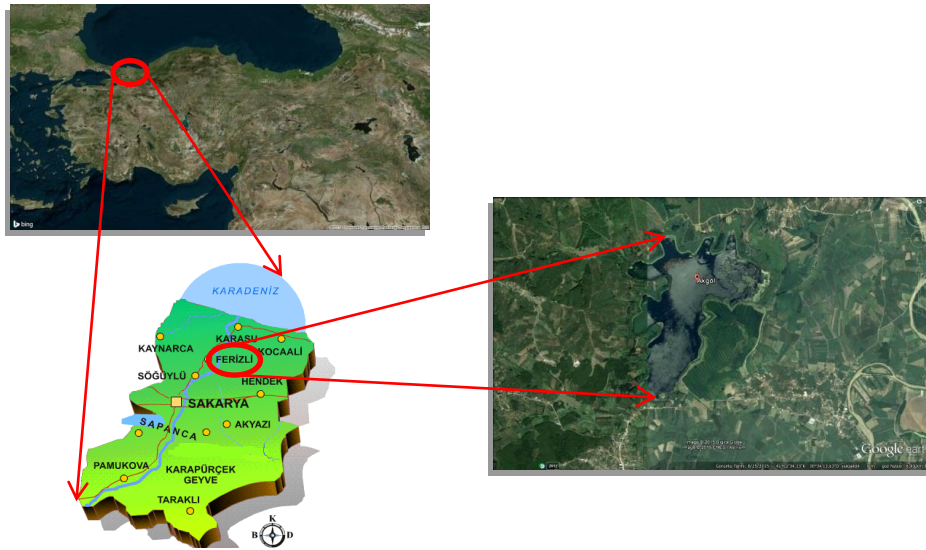
fonksiyonlarında bozulmalara neden olduğu saptanmıştır (Carrington ve PM Bolger, 2014). Krom, nikel ve bakır zararlı ağır metaller arasındadır. Krom, özellikle Cr (VI), 50 ila 150 mg / kg vücut ağırlığı arasındaki dozlarda ölüme yol açabilir (Yalçın Tepe, 2014). Başka bir kanserojen olan kadmiyum, böbrek fonksiyon bozukluğuna, kemik bozukluklarına ve mide bulantısı, karın ağrısı ve kusma gibi gastrointestinal semptomlara neden olur (Zang ve PM Bolger, 2014). Yüksek konsantrasyonlarda bakır, anemi, böbrek ve karaciğer hasarına neden olabilir ve bağışıklık ve gelişim sistemlerine zarar verebilir (Yalçın Tepe, 2014). Nikel bileşikleri, özellikle nikel sülfat, solunduğunda akciğer ve burun kanserlerine neden olur (Yalçın Tepe, 2014).

BÖLÜM 3.MATERYAL VE METOD

3.1. Çalışma Alanı

Sakarya İli Karasu ve Ferizli İlçeleri içerisinde kalan Büyük Akgöl 340 hektarlık alanı ile, 12.10.2016 tarihinde Mahalli Sulak Alan olarak tescillenmiştir. Göl 2,5 km kadar yakınından geçen Sakarya nehrinin biriktirdiği alüvyonların etkisiyle meydana gelmiştir. Sakarya merkeze uzaklığı 38 km, Ferizli ilçe merkezine 13 km'dir. Göl kenarında Gökent, Bakırlı, Kuzca ile Adatepe, Kancalar ve Konacık köyleri bulunmaktadır. Göl, 19 km² büyüklüğündedir. Gölün büyük bir bölümü bataklık ve sazlık halindedir. En derin yeri 6 m, maksimum su kotu 4 m'dir. Drenaj alanı ise 47 km² 'dir.

Göl, deniz seviyesinden 60 m yüksektedir. (Çetin ve Yıldırım, 2000). Büyük Akgöl lokasyon haritası ve göl karakteristikleri sırasıyla Şekil 3.1. ve Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Büyük Akgöl lokasyon haritası



Şekil 3.2. Büyük Akgöl (03.12.2015)

Tablo 3.1. Büyük Akgöl göl karakteristikleri (DSİ)

Göl İsmi	Yeri	Büyüklik (ha)	Drenaj Alanı (km ²)	Büyüklik (km ²)	Maks Derinlik(m)	Maks Kot (m)	Yüzölçü mü (ha)	Koruma Statüsü
Büyük Akgöl	Ferizli-Gölkent	500	47	3.6	6	4	190	Sulak Alan Yaban Hayatı Geliştirme Sahası ve 1. derece doğal sit

Bölgenin topoğrafik yapısına göre, yerleşim yeri 10-110 m kotları arasındadır. Sakarya Nehrinin sağ ve sol sahilinde geniş düzlükler vardır. Gölkent'in güney ve kuzeyi doğrultusu boyunca dağlık kesim ve yükseltiler bulunmaktadır. Yapılan sondaj çalışmaları neticesinde önemli ölçüde yeraltı suyuna rastlanmıştır (İller Bankası, 2000).



Şekil 3.3. 1/25000 Ölçekli Büyük Akgöl Bölge Haritası

Bölgenin jeolojik yapısında, yüksek tepelere ve bu tepelerin düzlük olan ova kesimleri ile birleşim yerlerinde kireçtaşına rastlanılmıştır. Kireçtaşı içerisinde bol miktarda marn yapı barındırır. Sakarya Nehrinin sağ ve sol sahilinde ise silt ve kumçakıl karışımı gözlemlenmiştir. Zeminin kil oranının oldukça yüksek olmasının nedeni bölgenin kuvaterner olmasından kaynaklanır. Gölkent ve çevresi 1. Dereceden deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır (İller Bankası, 2000).

Bölgenin iklimi Karadeniz iklimidir, ılık ve yağmurludur. Yıllık en yüksek sıcaklık 19,87 °C, ortalama en düşük sıcaklık 9.94 °C ve ortalama sıcaklık 14.4 °C'dir. Aylık toplam yağış miktarı ortalaması 67.1 kg/m² ve yıllık ortalama yağış 835mm'dir (MGM).

Flora ve fauna açısından, büyük bir bölümü sığ olan tektonik göl, sazlık ve bataklıktır. Gölün kıyı şeridini sazlar ve kamışlar, tabanını ise yeşil sucul bitkiler kaplamıştır. Biyolojik çeşitliliğe sahip bir alandır. Bu alanın çevresinde karasal tohumlu bitkiler florasına ait bir çalışma yapılmamış olmasına rağmen gözlemlere dayalı olarak göl çevresinde meşe, kavak, fındık, söğüt gibi bazı ağaç türleri bulunmaktadır. Büyük Akgöl'ün ftoplankton kompozisyonu üzerinde yapılmış olan çalışmanın neticesinde gölde 51 takson görülmüştür (Şahin ve ark., 2013). Alanda daha önce sucul tohumlu bitkiler çalışılmış ve 19 takson görülmüş, alanın liken florası çalışması sonucunda ise 9 takson görülmüştür (Çiçek ve Türk, 1998).



Şekil 3.4. Büyük Akgöl Sazlıklar

Gölde yayın, turna, kadife, kerevit, kızılkanat, tatlısu levreği, aynalı sazan, gümüş havuz balığı avlanabilmekte olup, gölde hızlıca artan kirlilik yükü sebebiyle balık popülasyonu giderek azalmaktadır. Bu durum, olta balıkçılığını olumsuz etkilemektedir. Gölde balık faunası üzerinde yapılan çalışmalarda toplam 7 adet balık taksonu gözlemlenmiştir. Bentik omurgasız canlılar üzerinde yapılan çalışmalarda toplam 46 takson, kuş kompozisyonu üzerinde yapılan çalışmalarda ise yaz ve kış göçmeni olmak üzere 190 kuş taksonu, diğer omurgalı canlılar olarak 2 yılan taksonu ve 2 kurbağa taksonu teşhis edilmiştir (Altınsoçlı ve ark. 2014).

Bölgenin ekonomisinin tarım ve hayvancılığa dayandığı görülmektedir. Toprak yapısının her türlü tarıma elverişli olması nedeniyle bölge halkı çiftçilikle uğraşmaktadır. Göl ile Sakarya Nehri arasındaki alan tarım arazisi olarak kullanılmaktadır. Tarım ürünü olarak pancar, tütün, mısır ve buğday yetiştirilmektedir. Ferizli ilçesindeki sulak alanlar, uzun ömürlü bitkiler, sebze ve tarla bitkileri arazilerinde olmak üzere sınıflandırılmış ve Tablo 3.2.'de gösterilmiştir. Bölgenin geri kalan kısmı ise ormanlık ve yerleşim alanlarından oluşmaktadır. Bölgede büyük bir sanayi kuruluşu yoktur.

Tablo 3.2. Ferizli ilçesi sulu tarım arazileri (Sakarya İÇDR, 2011)

İlçe Adı	Köy Sayısı	Toplam Köy Alanı	Toplam		Uzun Ömürlü Bitkiler		Sebze Bahçeleri	
			Sulak Alan (ha)	Sulanmayan (ha)	Sulanan (ha)	Sulanmayan (ha)	Sulanan (ha)	Sulanmayan (ha)
Ferizli	1	6200	570	5630	270	2815	300	2815

Akgöl havzasında fındık dikili alan 600 hektar, orman alanı 150 hektar, ekili alan (mısır, yonca, fiğ, yonca vb.) 700 hektardır. Sakarya nehir havzasından Ferizli ilçe sınırları boyunca drenaj kanalı, dere vb. unsurlarla nehre bağlı olan alan ise 600 hektardır.

Bölgede tarımsal ilaçlama amacıyla mısır, fındık, buğday, arpa vb. sebzelerin tabanına kompoze gübre, üst kısmına ise genellikle Can 26 N gübre kullanılmaktadır. Mısır için herbisit olarak aktif maddesi 270 gr/L terbuthlazine ve 64 gr/L pendimethalin ve aktif maddesi 40 gr/L nicosulfuron olan ilaçlar kullanılmaktadır. İnsektisit olarak kullanılan aktif maddesi 480 gr/L Chlorpyrifos ethyl olan ilaçlar kullanılmaktadır. Fındık için herbisit olarak aktif madde 480 gr/L Glyphosate isoproylamin tuzu kullanılmaktadır. İnsektisit olarak ise yaygın olarak aktif maddesi 141 gr/L thiamethoxam ve 106 gr/L lambda-cyhalothrin, aktif maddesi 100 gr/L Zeta-cypermethrin, aktif maddesi 400 gr/L Chlorpryphos ve 40 gr/L Cypermethrin ve aktif maddesi 15 gr/L zeta-cypermethrin olan ilaçlar kullanılmaktadır. Buğday/arpa için herbisit olarak gr/L 2,4-D kullanılmaktadır. Ayrıca sadece arpada kullanılan herbisit aktif maddesi 15 gr/L zeta-cypermethrin'dir. Marul için herbisit olarak aktif madde Trifluralin 480 gr/L kullanılmaktadır. Fasulye için herbisit olarak aktif madde %60 Benfluralin de geniş kullanım alanına sahiptir. Araka (dane bezelye) için herbisit olarak aktif madde 50 gr/L Quizalofop-p-ethyl kullanılmaktadır. Ispanak için herbisit olarak kullanılan aktif madde olarak 129 gr/L phenmedipham + 34 gr/L desmedipham kullanılmaktadır. Ayrıca bölgede fungusit olarak aktif maddesi Bakır ve Arsenik olan tarımsal ilaçlar kullanılmaktadır.

Bölgede altyapı olarak beldenin 17.282 metre kanalizasyon hattı mevcuttur. Deşarj noktası Sakarya Nehridir. Geri kalan kısımlarda fosseptik kullanılmaktadır.

Göldeki su seviyesini kontrol etmek amacıyla gölün fazla suları Konacık Kanalı vasıtasıyla Sakarya Nehri'ne boşaltılmaktadır. Ayrıca tarım arazilerinin sulamasından kaynaklı suların göle tahliye edilmesi için Kurutma Kanalı inşa edilmiştir.



Şekil 3.5. Konacık Kanalı ve Tahliye Kapağı



Şekil 3.6. Kulak Dere



Şekil 3.7. Değirmendere



Şekil 3.8. Gökent Deresi

Göle gelen kirlenici kaynakları incelediğimizde, gölün büyük bir kirlilik tehdidi altında olduğunu söylemek mümkündür. Bu nedenle yeraaltı sularının kullanımı süratle kısıtlanmaktadır. Daha önceleri göl suyu içme ve kullanma amaçlı kullanılırken, bugün kirlilik ve tahribat ile karşı karşıya kalması sebebiyle kişisel tüketim amaçlı kullanılamaz durumdadır. Göl çevresinde yapılan tarım sebebiyle göle ulaşan zirai gübre atıkları ve sediment akışı nedeniyle gölde ötrofikasyon yoğunudur. Büyük Akgöl Gölü'ne bağlı olan 3 adet kanalın taşıdığı zirai ve evsel atık yüküyle gölün en önemli azot ve fosfor kaynağını oluşturmaktadır. Göldeki ötrofikasyonu önlemek için herhangi bir tedbir alınmadığından her yaz aşırı alg çoğalması görülmektedir. Bu sebeple, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü raporunda da

göl suyunun içme suyu olarak kullanılamayacağını ve kirliliğin tehlikeli boyutlara ulaştığını belirtmiştir (Odabaşı ve ark., 2001). Akgöl'de 2001 yılında yapılan ölçüm sonuçlarına göre su kalitesi IV. Sınıf olarak belirlenmiş ve göldeki trofik seviye ötrofik olarak bulunmuştur (Bülent Şengörür, 2002).

Gölün kıyılarından Torf çıkarılmaktadır. Akgöl'deki organik toprağın torf değerli ithal edilenle aynı değerde olduğu tespit edilmiştir. Fakat torf yataklarının işletilmesi göldeki su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

3.2. Numune Alma

Su örnekleri, Temmuz 2016 – Ekim 2017 tarihleri arasında, çeşitli noktasal ve yayılı kirlilik kaynaklarının varlığına bağlı olarak, 12 ay boyunca 2 aylık periyotlarda, göl içerisinde göl bütününe temsil edecek şekilde seçilmiş olan örnekleme noktalarından ve yan derelerde mansap noktalarından alınmıştır. Numune toplama istasyonlarına ve derelere ait koordinatlar, GPS cihazı yardımıyla belirlenmiştir. Göl içindeki numune alma noktaları Şekil 3.8.'de, göl ve derelerdeki ölçüm istasyonlarına ait koordinatlar Tablo 3.3.'te verilmiştir.



Şekil 3.9. Göl ve Derelerdeki Ölçüm İstasyonları

Tablo 3.3. Göl ve derelerdeki ölçüm istasyonlarına ait koordinatlar

İstasyonlar	Koordinatlar	
	K	D
1. İstasyon (Eşel Noktası)	45° 45' 546''	36° 29' 49 96''
2. İstasyon (Kulak Kanalı)	45° 45' 865''	36° 29' 52 88''
3. İstasyon (Orta Nokta)	45° 46' 873''	36° 29' 51 10''
4. İstasyon (Kusca Kanalı)	45° 45' 562''	36° 29' 44 19''
5. İstasyon	45° 47' 726''	36° 29' 50 08''
6. İstasyon (Çıkış Noktası)	45° 47' 605''	36° 29' 63 37''
7. Dere 1 (Kulak Kanalı)	45° 45' 318''	36° 29' 55 98''
8. Dere 2 (Kusca Kanalı)	45° 51' 184''	36° 29' 42 31''

3.3. Ağır Metal Analizleri

Sahadan alınan numunelerde Alüminyum, Arsenik, Bakır, Baryum, Bor, Civa, Çinko, Demir, Kadmiyum, KobaL, Kurşun, Mangan, Nikel, Selenyum analizleri standartlara uygun analiz metotları kullanılarak laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Ağır metal analizi için alınan numuneler, vakit kaybetmeden asitlendirilerek uygun saklama kaplarına alınmış ve ICP- OES cihazı ile okuma işlemine kadar 4°C’de buzdolabında saklanmıştır (APHA 1995). Numunelerin analize hazırlanmasında Merck tarafından üretilmiş analitik saflıkta kimyasallar kullanılmıştır. Ağır metal analizleri için ICP-OES cihazı (Standart metot 3120B) kullanılmış ve ölçümler Sakarya Üniversitesi Kimya Bölümü laboratuvarında yapılmıştır.

3.3.1. ICP-OES cihazı ile metal tayini

İçme suyu, atıksu, denizsuyu, arıtma çamuru, atıkyağ, atık, organik atık, toprak numunelerinde metal analizlerini kapsamaktadır. ICP-OES Cihazı ile Alüminyum(Al), Antimon(Sb), Arsenik(As), Baryum(Ba), Berilyum(Be), Bizmut(Bi), Bor(B), Kadmiyum(Cd), Kalsiyum(Ca), Krom(Cr), KobaL(Co), Bakır(Cu), Demir(Fe), Kurşun(Pb), Magnezyum(Mg), Mangan(Mn), Civa(Hg),

Lityum(Li), Potasyum(K), Fosfor(P), Molibden(Mo), Nikel(Ni), Selenyum(Se), Gümüş(Ag), Sodyum(Na), Stronsiyum(Sr), Silisyum(silika SiO₂), Talyum(Tl), Titanyum(Ti), Kalay(Sn), Çinko(Zn), Vanadyum(V), Altın(Au), Kükürt(S), Uranyum(U), Platin(Pt), Paladyum(Pd) gibi metal analizleri yapılmaktadır. ICP–OES (İnductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy) cihazı ile metal analiz yönteminin validasyon hesapları ve belirsizlik değerlerinin hesaplanmasını kapsamaktadır.

Analiz için sadece yüksek saflıkta kimyasallar kullanılmıştır. Kullanılan çözeltiler; ultrapure saf su, derişik hidroklorik asit, derişik nitrik asit, stok standart çözeltiler, karışık kalibrasyon çözeltileri, internal standart, blank (çoğunlukla %1 HNO₃). Çalışmada elde edilen sonuçlar Standart Metot 3120 B yöntemine göre ICP-OES cihazı ile elde edilmiştir.

3.4. İstatiksel Analiz Yöntemleri

Temel bileşen analizi (PCA) ve Kümeleme analizi (CA) çok değişkenli sistemlerin değerlendirilmesinde kullanılabilen metotlardır. Özellikle, fazla sayıdaki değişkenleri tek bir bileşen olarak sınıflandırmak, sistemin boyutlarını azaltmak ve değişkenleri kümelendirmek için yararlı yöntemlerdir. Bu çalışmada kullanılan tüm matematiksel ve istatistiksel hesaplamalar Excel (Microsoft Ofis) ve SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) yazılımları (Versiyon 17) kullanılarak yapılmıştır. Değişkenlerin kirlenici kaynaklarını belirleyebilmek için eldeki tüm değişkenlere PCA ve CA uygulanmış belirtici bileşenler ve kümeler belirlenmiştir.

3.4.1. Temel bileşen analizi (PCA)

Karl Pearson tarafından 1901 yılında başlatılan temel bileşenler analizi çalışmaları, bundan 32 yıl sonra Hotelling tarafından geliştirilmiştir (Jolliffe,1986). Bu analizin amacı, eldeki veriyi daha az sayıda değişkenle ifade edebilmek ve en iyi dönüşümü belirlemektir. Dönüşümün akabinde bulunan değişkenler baştaki değişkenlerin temel

bileşenleri olarak adlandırılır. Analiz yönteminde, karşılıklı bağımlılık yapısını ifade eden ölçüm sayısı n olan p adet değişken; doğrusal, ortogonal ve birbirinden bağımsız olma özellikleri olan k ($k \leq p$) tane yeni değişkene dönüştürülür. En büyük varyans değeri olan ilk temel bileşenden itibaren varyans değerleri azalacak şekilde sıralanır.

x_1, x_2, \dots, x_p vektörlerinin standartlaşmış hali olan Z_1, Z_2, \dots, Z_p vektörlerinin p tane doğrusal bileşimi (Johnson, ve Wichem, 1982);

$$Y_1 = (a_1) t Z = a_{11} Z_1 + a_{21} Z_2 + \dots + a_{p1} Z_p$$

$$Y_2 = (a_2) t Z = a_{12} Z_1 + a_{22} Z_2 + \dots + a_{p2} Z_p$$

.....

$$Y_p = (a_p) t Z = a_{1p} Z_1 + a_{2p} Z_2 + \dots + a_{pp} Z_p$$

Z_1, Z_2, \dots, Z_p : Standartlaştırılmış veri matrisinin satır bileşenleri,

Y_1, Y_2, \dots, Y_p : Temel bileşenler,

a_{ij} : Temel bileşen yükleri.

3.4.2. Kümeleme analizi (CA)

Kümeleme analizi, 1939 yılında Tyron tarafından literatüre kazandırılmıştır (Lorr, 1993). Kümeleme analizinin amacı, çok sayıdaki birbirine benzeyen değişkenlerin aynı kümede yer almasını sağlayarak sınıflandırma yapar. Böylece benzer birimlerin aynı kümede incelenmesi mümkün olur. Bu analizde en çok tercih edilen teknikler K-Ortalamalar Tekniği ile Hiyerarşik Kümeleme Tekniği'dir.

Kümeleme analizinde, küme sayısı belirlenir ve analizin değişkenleri gruplandırılır ya da analizin kendisinin doğal kümeler tanımlamasına izin verilir. Her iki durumda sonuçlar, ağaç diyagramlarında gösterilir. Burada değişken olarak "meyveler", aralarında mesafe olarak da "dallar" tanımlanır (Da Costa, Cunha & Da Silva, 2005).

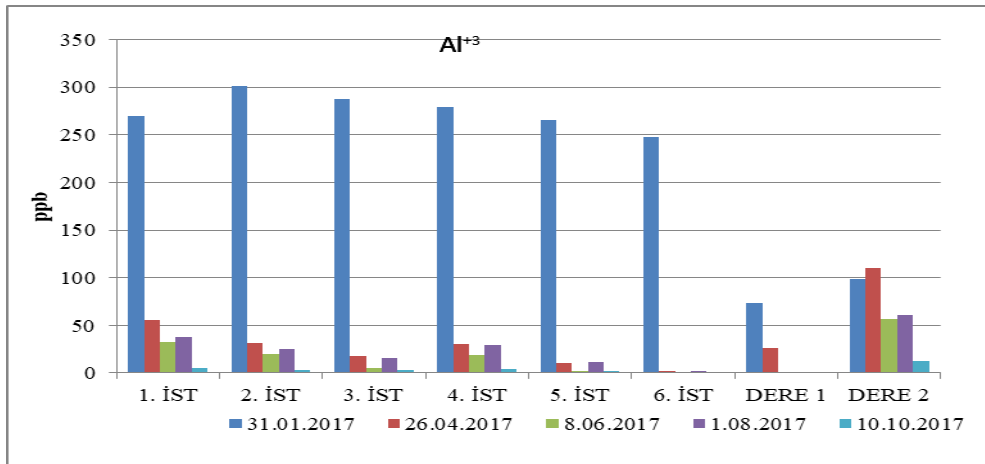
BÖLÜM 4. SONUÇLAR

4.1. Ağır Metal Analizlerinin Değerlendirilmesi

Gölde ağır metallerin konsantrasyonu zaman içinde değişiklik gösterebilir. Yıl boyunca iklim koşulları göl suyunun kalitesini etkileyebilir. Göl suyunun artan buharlaşma hızı ve yazın sıcak hava koşulları, kış aylarında ise yağış ve kar artışı, göl suyunda ağır metal konsantrasyonlarındaki farklılıklara katkıda bulunabilecek mevsimsel özelliklerden bazılarıdır.

4.1.1. Alüminyum

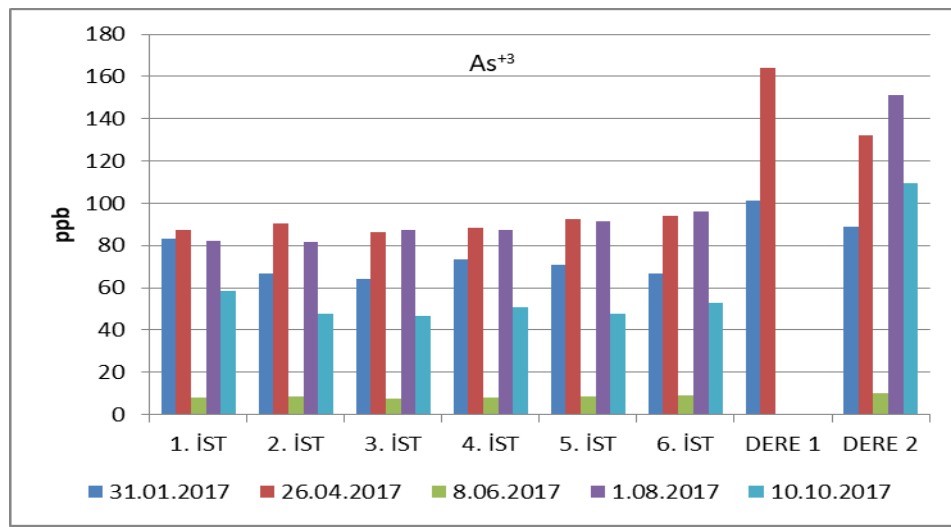
Alüminyum, mineralli toprak yapısında yoğun olarak bulunmaktadır. Mevsimsel yağışlar sebebiyle, göldeki alüminyum seviyesi artabilir. En yüksek alüminyum değeri 301,69 ppb değeri ile Ocak ayında 2. İstasyonda gözlenmiştir. Genel olarak ilkbahar döneminde değerlerde bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Mineralli toprak yapısında yoğun olarak bulunan alüminyumun, mevsimsel yağışlar sebebiyle göle taşındığı sonucuna varılabilir.



Şekil 4.1. Derelerde ve gölde Al³⁺ konsantrasyonu değişimi

4.1.2. Arsenik

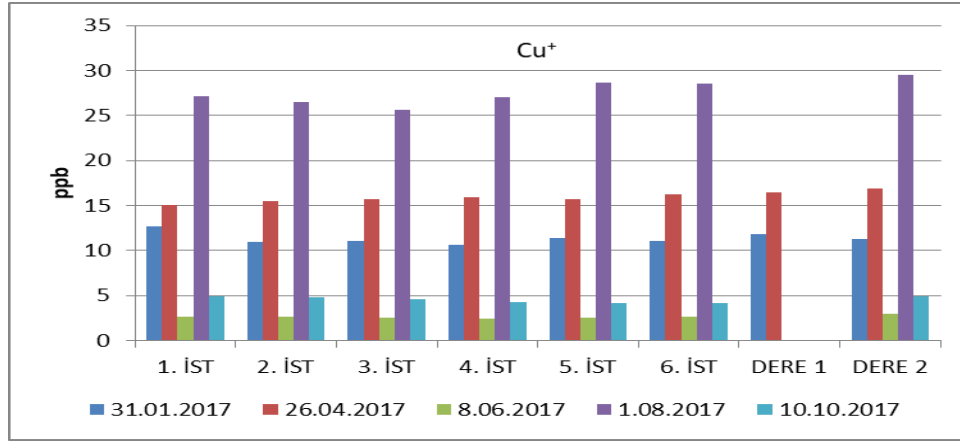
Arsenik, tarımda kullanılan insektisit, herbisit ve pestisitler ile endüstriyel atıksulardan kaynaklanmaktadır. En yüksek arsenik değeri 163,88 ppb değeri ile Nisan ayında 1. Dere'de (Kulak Kanalı) gözlenmiştir. Tüm değerlerde Haziran ayında genel bir düşüş olduğu gözlenmiştir. Arsenik, tarımsal ilaçlarda yüksek miktarlarda bulunduğundan, kirletici kaynağının bölgedeki tarım faaliyet sonucunda mevsimsel yağışlarla göle taşındığı sonucuna varılabilir.



Şekil 4.2. Derelerde ve gölde As³⁺ konsantrasyonu değişimi

4.1.3. Bakır

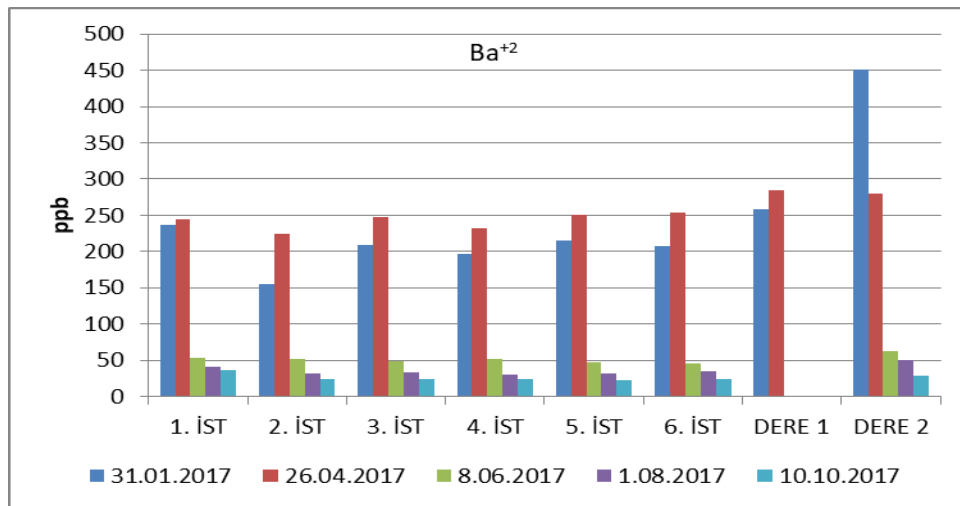
Yer kabuğundaki kayalarda doğal bakır, bakır içeren sülfür veya bakır içeren karbonat mineralleri halinde bulunur. Bakırın doğal yollarla çözünmesi çok az olması sebebiyle göllereki bakırın kaynağı tarımda pestisit olarak kullanılan ilaçlardır. En yüksek bakır değeri 29,50 ppb değeri ile Ağustos ayında 2. Dere'de (Kuşça Kanalı) gözlenmiştir. Tüm değerlerde Haziran ayında genel bir düşüş olduğu gözlenmiştir. Tarımda pestisit ilaçlarında kullanılması sebebiyle göldeki kirletici kaynağın sebebi tarıma dayanmaktadır. Mevsimsel yağışlarla göle taşındığı sonucuna varılabilir.



Şekil 4.3. Derelerde ve gölde Cu⁺ konsantrasyonu değişimi

4.1.4. Baryum

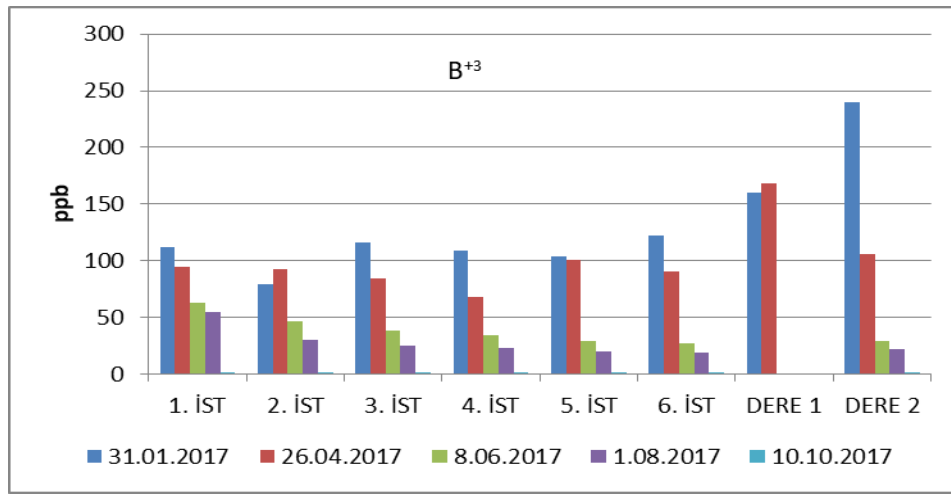
En yüksek baryum değeri 450,42 ppb değeri ile Ocak ayında 2. Dere'de (Kuşça Kanalı) gözlenmiştir. Tüm değerlerde Haziran ayından sonra genel bir düşüş olduğu gözlenmiştir. Sınır değeri olan 680 ppb miktarını hiçbir istasyon ve derede aşmamıştır.



Şekil 4.4. Derelerde ve gölde Ba⁺² konsantrasyonu değişimi

4.1.5. Bor

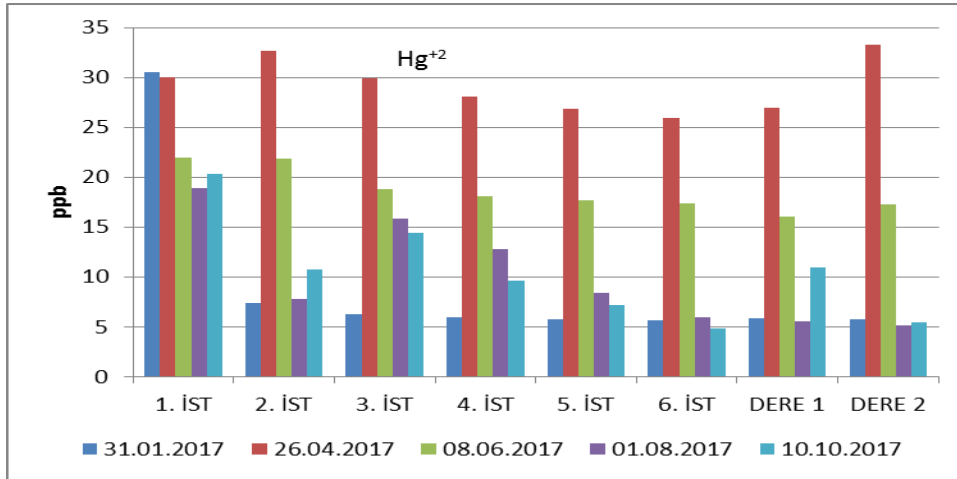
Yeraltı suları ve toprakta doğal olarak bulunan bor; gübreleme, sulama suları ve yağışlarla birlikte göle ulaşarak kirlilik oluşturabilir. En yüksek bor değeri 239,46 ppb değeri ile Ocak ayında 2. Dere'de (Kusça Kanalı) gözlenmiştir. Tüm değerlerde Nisan ve Ağustos aylarından sonra genel bir düşüş olduğu gözlenmiştir. Sınır değeri olan 252 ppb miktarını hiçbir istasyon ve derede aşmamıştır.



Şekil 4.5 Derelerde ve gölde B⁺³ konsantrasyonu değişimi

4.1.6. Civa

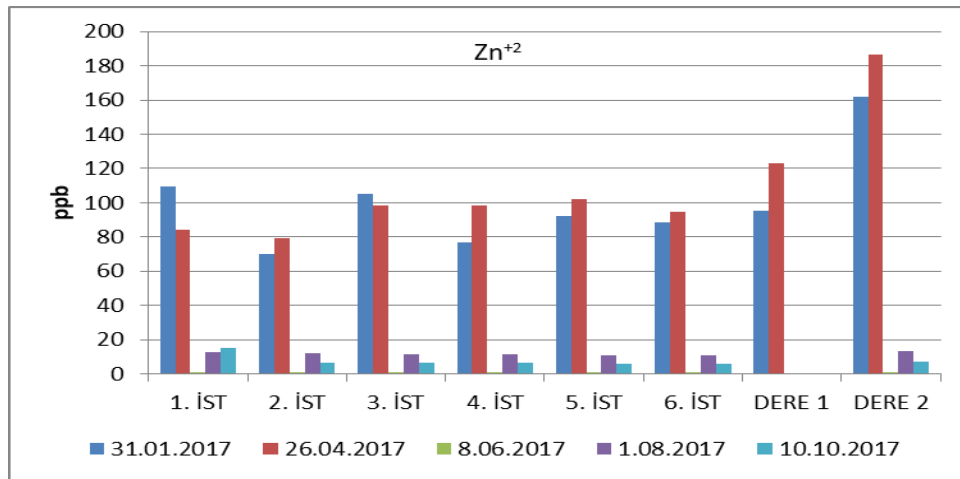
En yüksek civa değeri 32,25 ppb değeri ile Ağustos ayında 2. derede gözlenmiştir. Hemen hemen tüm değerlerin Nisan ayında maksimum seviyede olduğu gözlenmiştir. Bölgede sanayi kuruluşlarının olmaması sebebiyle, kirlenici kaynağın evsek katı atıklarındaki piller ve flüorasan lamba gibi civa içeren atıklar olduğu söylenebilir. Nisan yağmurları sebebiyle göldeki civa seviyesinin yükseldiği sonucuna varılabilir.



Şekil 4.6. Derelerde ve gölde Hg^{+2} konsantrasyonu değişimi

4.1.7. Çinko

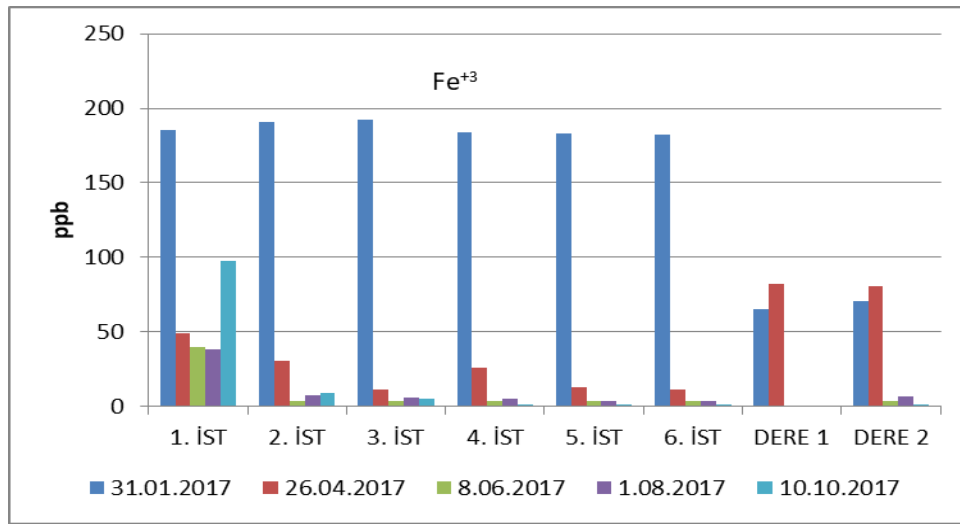
Çinko, sucul ortam için düşük ila orta risk gösterir. Daha az çevresel risk taşıyan çinko, kolayca dışarı atılamayacağı formlarda bulunur. Kanalizasyon atıklarında 50000 ppm'e kadar çinko bulunabilir. En yüksek çinko değeri 186,68 ppb değeri ile Nisan ayında 2. Dere'de (Kuşça Kanalı) gözlenmiştir. Tüm değerlerin Nisan ayından itibaren düşüşe geçtiği gözlenmiştir. Sınır değeri olan 231 ppb miktarını hiçbir istasyon ve derede aşmamıştır.



Şekil 4.7. Derelerde ve gölde Zn^{+2} konsantrasyonu değişimi

4.1.8. Demir

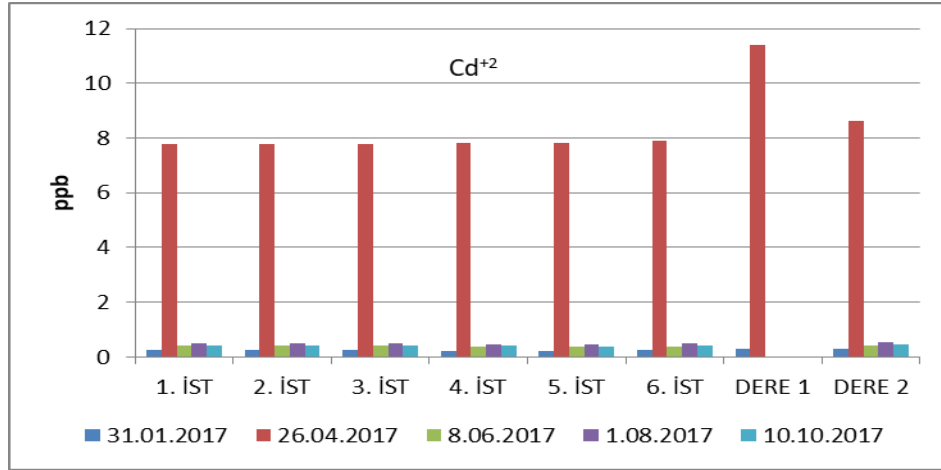
Demir, insan faaliyetlerinden, topraktan, madencilik atıklarından, drenaj sularından, organik atıklardan ve çeşitli alanlarda kullanılan demir-çelik maddelerin korozyonu sonucu yer altı ve yüzey sularına katılır. En yüksek demir değeri 192,44 ppb değeri ile Ocak ayında 3. istasyonda gözlenmiştir. Göldeki değerlerin Ocak ayından itibaren, derelerdeki değerlerin Nisan ayından itibaren düştüğü gözlenmiştir. Yağışların azalmasıyla değerlerde düşüş gözlemlendiği söylenebilir.



Şekil 4.8. Derelerde ve gölde Fe⁺³ konsantrasyonu değişimi

4.1.9. Kadmiyum

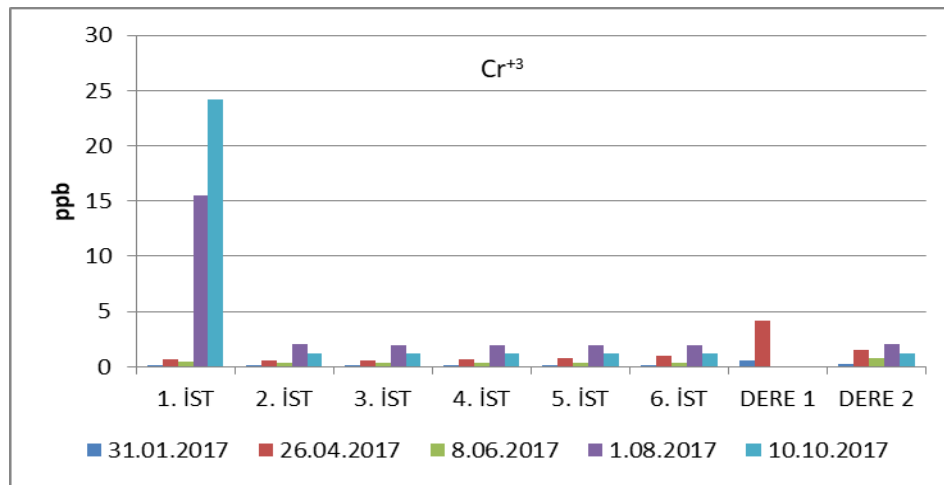
Genel olarak bakır, çinko ve kurşun gibi metallerin üretiminden bir alt ürün olarak veya fosfatlı tarım ürünlerinde önemli miktarlarda bulunmaktadır. Kadmiyum kirliliğinin en önemli kaynakları tarım, metal endüstrisi ve plastik atıklardır. En yüksek kadmiyum değeri 11,38 ppb değeri ile Nisan ayında 1. Dere'de (Kulak Kanalı) gözlenmiştir. Genel olarak değerlerin Nisan ayından itibaren düştüğü gözlenmiştir. Mevsimsel yağışların azalmasıyla değerlerin düştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9. Derelerde ve gölde Cd⁺² konsantrasyonu değişimi

4.1.10. Krom

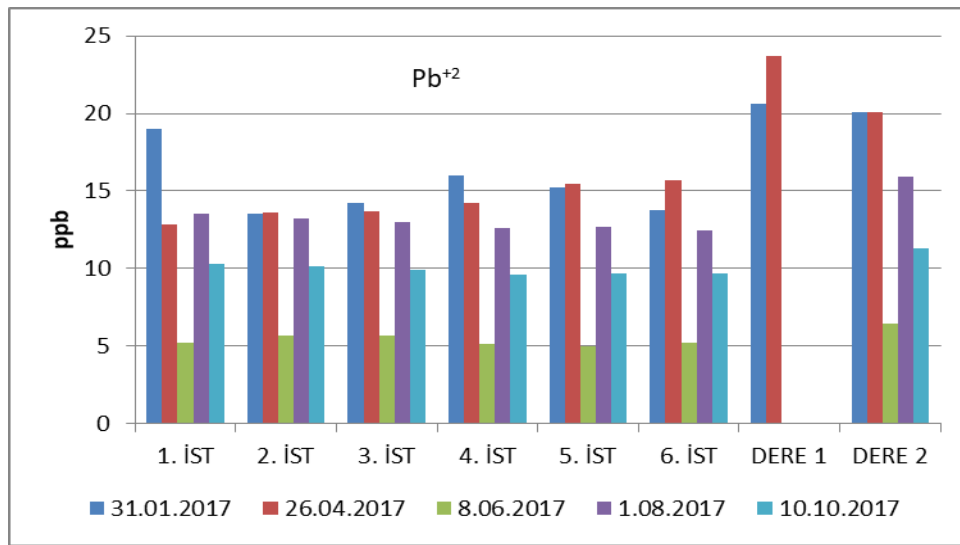
Dünya krom cevheri tüketiminin %79'u metalürji sanayinde, %13'ü kimya sanayinde, %9'u refrakter sanayinde kullanılmaktadır (Darrie, 2001). Deri sanayisinde tabaklama işleminde kullanılır. Göldeki krom metalinin bulunma sebepleri arasında düşük miktarda kayalardan, çoğunlukla endüstriyel kullanım ve tarımda kullanılan ilaçlardan kaynaklanmaktadır. En yüksek krom değeri 24,17 ppb değeri ile Ekim ayında 1. istasyonda gözlenmiştir. Krom, diğer tüm zamanlarda sınır değerinin çok altında tespit edilmiştir.



Şekil 4.10. Derelerde ve gölde Cr⁺³ konsantrasyonu değişimi

4.1.11. Kurşun

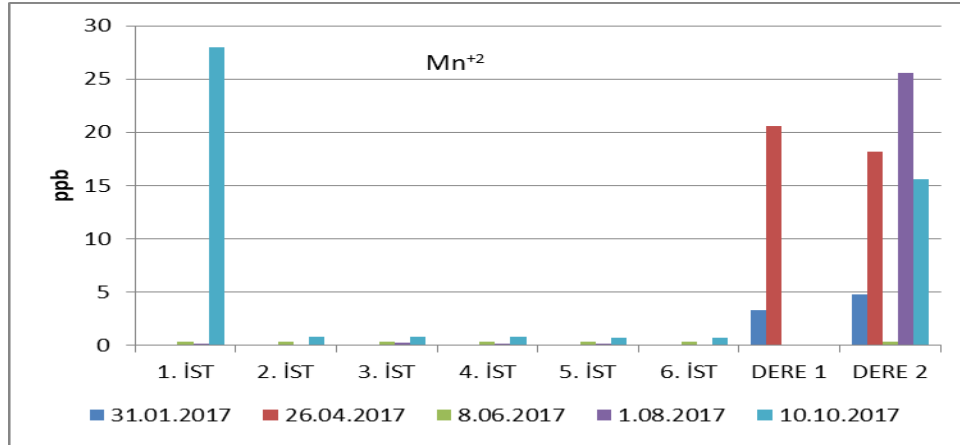
Kurşun kirliliğinin iki olası kaynağı vardır. Biri kentsel faaliyetlerden kaynaklı atıklar, diğeri kullanılan kurşunlu benzinler. Bu iki etken kurşunun gölde bulunmasını sağlayan en etkili kirletici kaynaklarıdır. En yüksek kurşun değeri 23,70 ppb değeri ile Nisan ayında 1. Dere'de (Kulak Kanalı) gözlenmiştir. Genel olarak değerlerin Haziran ayında düştüğü gözlenmiştir. Av yasağının başlamasıyla göldeki motorlu taşıtlarla yapılan balıkçılığın azalması kurşun değerleri düştüğü söylenebilir.



Şekil 4.11. Derelerde ve gölde Pb⁺² konsantrasyonu değişimi

4.1.12. Mangan

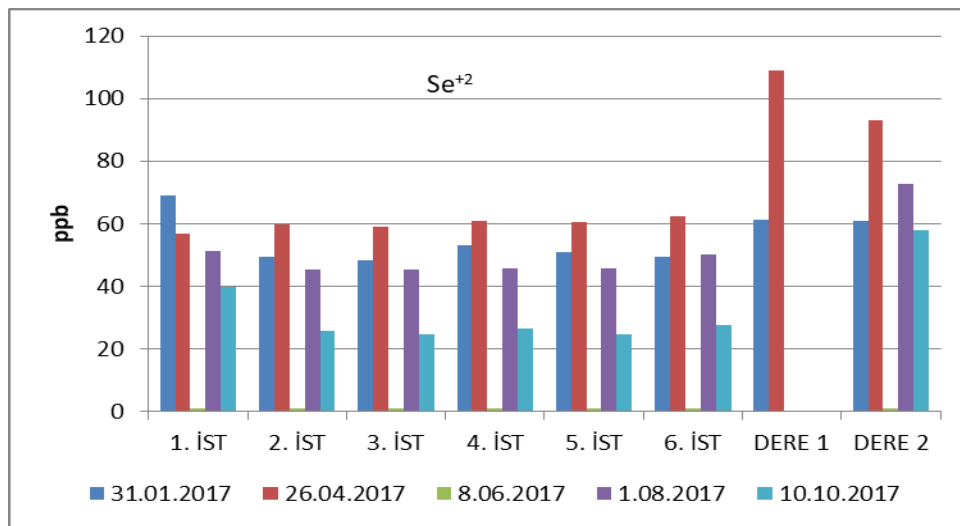
Mangan ağır metaller içerisinde en az zehir etkisi olan metaldir. Genellikle demir ve çelik alaşımları, mangan bileşiklerinin üretiminde kullanılmakla beraber, mangan dioksit ve diğeri mangan bileşikleri pil, cam, havai fişek yapımında kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra, bir Mn bileşiği olan potasyum permanganatın ise temizlikte beyazlatıcı ajan ve dezenfeksiyon amaçlı kullanılması sonucunda yüzey sularına bulaşmaktadır (ATSDR 2000). En yüksek mangan değeri 28,00 ppb değeri ile Ekim ayında 1. istasyonda gözlenmiştir. Genel olarak derelerdeki değerlerin daha yüksek olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.12. Derelerde ve gölde Mn^{+2} konsantrasyonu değişimi

4.1.13. Selenyum

Selenyumun antropojenik kaynakları, kömür yakıtlı santraller ve fabrikalardan çıkan kömür külleri ile endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan atıklardır. En yüksek selenyum değeri 109,01 ppb değeri ile Nisan ayında 1. Dere'de (Kulak Kanalı) gözlenmiştir. Genel olarak en düşük değerler Haziran ayında gözlenmiştir.



Şekil 4.13. Derelerde ve gölde Se^{+2} konsantrasyonu değişimi

4.2. Yerüstü Su Kütellerinde Bazı Parametreler İçin Çevresel Kalite Standartları ve Kullanım Maksatları (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 2016)

Tablo 4.1. Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları ^(a)			
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (zayıf)
Mangan ($\mu\text{g/L}$)	≤ 100	500	3000	> 3000
Selenyum ($\mu\text{g/L}$)	≤ 10	15	20	> 20

Tablo 4.2. Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirlenmeler ve Çevresel Kalite Standartları

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO-ÇKS	MAK-ÇKS	YO-ÇKS	MAK-ÇKS
			Nehirler/ Göller ($\mu\text{g/L}$)	Nehirler/ Göller ($\mu\text{g/L}$)	Kıyı ve Geçiş Suları ($\mu\text{g/L}$)	Kıyı ve Geçiş Suları ($\mu\text{g/L}$)
1	Alüminyum	7429-90-5	2,2	27	2,2	22
2	Arsenik	7440-38-2	53	53	10	20
3	Bakır	7440-50-8	1,6	3,1	1,3	5,7
4	Baryum	7440-39-3	680	680	680	680
5	Bor	7440-42-8	707	1472	707	1472
6	Çinko	7440-66-6	5,9	231	5,33	76
7	Demir	7439-89-6	36	101	36	101
8	Kobalt	7440-48-4	0,3	2,6	0,3	2,6
9	Krom	7440-47-3	1,6	142	4,2	88

Tablo 4.3. Yerüstü Su Kaynakları için Öncelikli Maddeler ve Çevresel Kalite Standartları

No	Madde Adı	CAS No	YO-ÇKS	MAK-ÇKS	YO-ÇKS	MAK-ÇKS
			Nehirler/Göller ($\mu\text{g/L}$)	Nehirler/Göller ($\mu\text{g/L}$)	Kıyı ve Geçiş Suları ($\mu\text{g/L}$)	Kıyı ve Geçiş Suları ($\mu\text{g/L}$)
1	Kadmiyum ve bileşikleri ²	7440-43-9	$< 0,08$ (Sınıf 1)	$< 0,45$ (Sınıf 1)	0,2	$< 0,45$ (Sınıf 1)
			0,08 (Sınıf 2)	0,45 (Sınıf 2)		0,45 (Sınıf 2)
			0,09 (Sınıf 3)	0,6 (Sınıf 3)		0,6 (Sınıf 3)
			0,15 (Sınıf 4)	0,9 (Sınıf 4)		0,9 (Sınıf 4)
			0,25 (Sınıf 5)	1,5 (Sınıf 5)		1,5 (Sınıf 5)
2	Kurşun ve bileşikleri	7439-92-1	1,2	14	1,3	14
3	Cıva ve bileşikleri	7439-97-6	-	0,07	-	0,07

4.3. İstatistiksel Analiz Sonuçları

Ağır metal analizi sonuçlarına Kümeleme analizi ve Temel Bileşen analizi uygulanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu şekilde ilişkili parametrelerden yola çıkılarak her iki analiz sonucuna göre de kirletici kaynaklar belirlenmeye çalışılmıştır.

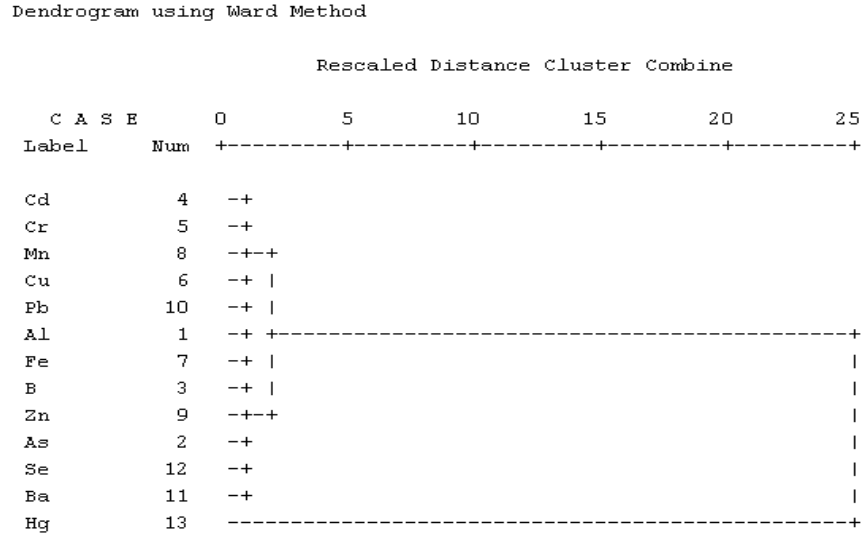
Kümeleme analizi olarak Hiyerarşik Kümeleme analizi kullanılmıştır. Ward metodu ve öklit uzaklıklara göre model oluşturulmuştur. Bu şekilde elde edilen sonuçlar Tablo 4.4.'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara ait dendogram grafiği de Şekil 4.14.'de verilmektedir.

Tablo 4.4. Küme Üyelikleri

Parametreler	Küme üyelikleri	
	3 KÜME	2 KÜME
1:Al	1	1
2:As	1	1
3:B	1	1
7:Fe	1	1
9:Zn	1	1
11:Ba	1	1
12:Se	1	1
4:Cd	2	1
5:Cr	2	1
6:Cu	2	1
8:Mn	2	1
10:Pb	2	1
13:Hg	3	2

Dendogram incelendiğinde Mn, Cu, Pb, Al, Fe, B, Zn parametrelerinin öncelikle bir küme oluşturduğu, ardından As, Se, Ba ve Hg'nin kümelemeye dâhil edilerek bunları kapsadığı ve Cd ve Cr 'un küme elemanlarının dışında kaldığı ifade edilebilir. Yalnızca 2 küme için elde edilen sonuçlarda da Hg hariç diğer parametrelerin aynı kümede yer aldığı ifade edilebilir. O nedenle net bir kümeleme yapmak mümkün olmamıştır. Bunun yanında, parametreler incelendiğinde, elde edilen 3 Kümeye göre; 1.Kümenin toprak yapısını ve tarımsal kirleticileri, 2. Kümenin tarımsal

kirleticileri ve göl içindeki balıkçılık faaliyetlerini, 3. Kümenin de katı atıkları ve atmosferik çökeltmeyi ifade ettiği söylenebilir.



Şekil 4.14. Küme Üyeliklerini gösteren Dendrogram

PC1 bileşeni, toplam varyansın %34,405'ini oluşturmaktadır ve Tablo 4.4.'de görüldüğü gibi Al, Fe, B, Zn, Ba ve Pb pozitif yüksek yüke sahiptir. Bu bileşeni özellikler yüksek pozitif yük sebebi ile Al ve Fe ifade etmektedir. Bu değişkenlerin özellikle kış aylarında yüksek olmasının sebebi toprak yapısında bulunmaları ve yüksek yağışlarla birlikte yüzeysel akışlarla göle taşınmalarıdır.

Tablo 4.5. Temel Bileşen analizi Varimax dik döndürme Sonuçları

	Bileşenler		
	1	2	3
Al	.861		
Fe	.860		
B	.844		
Zn	.817		
Ba	.809		
Pb	.673		
As		.881	
Se		.786	
Cu		.705	
Mn		.691	
Cr		.486	
Cd			.852
Hg			.738
% Varyans	34,405	25,170	17,744
Top.Var%	34,405	59,575	77,318

PC2 bileşeni, toplam varyansın %25,17'sini açıklamaktadır ve As, Se, Mn, Cu ile yüksek pozitif yüke, Cr ile düşük pozitif yüke sahiptir. 2. Bileşen özellikle As ile yüksek pozitif yük gösterdiğinden bu değişken ile ifade edilebilir. As parametresi de tarım ilaçlarında oldukça fazla bulunduğu için konsantrasyonu yüksek olarak belirlenmiştir. Özellikle kış aylarında yüksek yağış sebebi ile ilaçlama zamanlarında toprakta biriken As parametresinin yüzeysel akıyla göle taşındığı ifade edilebilir.

PC3 bileşeni, toplam varyansın %17,74'ünü açıklamaktadır ve, Cd ve Hg ile yüksek pozitif yüke sahiptir. Bu parametreler yılın her döneminde yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Düzensiz çöp döküm alanlarından sızma ile ve Ferizli'de bulunan sanayii alanlarından atmosferik taşınım ile göle taşındıkları ifade edilebilir.

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Gölün sığ olması, çevresinde tarımsal faaliyetlerin olması, motorlu teknelerle balıkçılık yapılması ve Sakarya Nehri'ne kontrolsüz bir şekilde deşarj yapılıyor olması gibi sebeplerle Akgöl'de su seviyesi düşmekte ve su kalitesi zamanla kötüleşmektedir. 2000 yılından sonra içme suyu niteliğini kaybeden bu göl, rekreatif kullanımı dışında hiçbir fayda sağlamayan hiperötrofik bir göldür. Akgöl'deki ağır metal kirliliğinin ve kaynaklarının değerlendirilmesi sonucunda yapılan çalışmada aşağıdaki kanılara varılmıştır.

Ağır metal analizi sonuçlarına göre yönetmelikte yer alan parametreler göz önüne alındığında;

- Alüminyum, tüm istasyon ve derelerde ocak ayında sınır değer olan 27 ppb miktarının üzerine çıkmıştır. Yaz aylarına doğru bu değer git gide azalmıştır. Mineralli toprak yapısında yoğun olarak bulunan alüminyumun, mevsimsel yağışlar sebebiyle göle taşındığı sonucuna varılabilir.
- Arsenik, sınır değeri olan 66 ppb olan miktarı ocak, nisan ve ağustos aylarında aşarken, haziran ve ekim aylarında sınır değerinin altında tespit edilmiştir. Arsenik, bölgede mantar ile mücadele için kullanılan bir çeşit fungusit türü olan tarımsal ilaçlarda yüksek miktarlarda bulunduğundan, kirlenici kaynağının bölgedeki tarım faaliyetleri olduğu ifade edilebilir.
- Bor, sınır değeri olan 252 ppb miktarını hiçbir istasyon ve derede aşmamıştır.
- Krom, sınır değeri olan 19 ppb miktarı sadece 1. İstasyonda ekim ayında aşmış olup, diğer tüm zamanlarda sınır değerinin çok altında tespit edilmiştir.
- Bakır, sınır değeri olan 3,1 ppb olan miktarı haziran ayı haricinde tüm istasyon ve derelerde aşmıştır. Bakır da yine bölgede yaygın kullanılan bir

çeşit fungusit türünün önemli bir etken maddesidir. Dolayısıyla göldeki kirletici kaynağın sebebi tarımsal ilaçlara dayandırılabilir.

- Demir, sınır değeri olan 101 ppb miktarı ocak ayında sadece istasyonlarda geçmiş, diğer zamanlarda tüm lokasyonlarda sınır değerin altında kalmıştır.
- Çinko, sınır değeri olan 231 ppb miktarını hiçbir istasyon ve dereye aşmamıştır.
- Kurşun, sınır değeri olan 14 ppb miktarını ocak ve nisan aylarında istasyon ve derelerde ya geçmiştir ya da sınır miktarına çok yakındır. Kurşunun önemli kirletici kaynaklarının kentsel faaliyetler ve benzinli araçlar olması sebebiyle, gölün yakınından geçen araçlar ve balıkçılık için kullanılan motorlu teknelerin göldeki kurşun değerinin artışına sebep olduğu ifade edilebilir.
- Baryum, sınır değeri olan 680 ppb miktarını hiçbir istasyon ve dereye aşmamıştır.
- Civa, sınır değeri olan 0,07 ppb miktarını tüm lokasyonlarda yapılan her ölçümde aşmıştır. Bölgede sanayi kuruluşlarının olmaması sebebiyle, kirletici kaynağın evsek katı atıklardaki piller ve flüorasan lamba gibi civa içeren atıklar olduğu söylenebilir.
- Kadmiyum için ölçülen değerler sonucunda, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nin ekinde yer alan parametrelere göre, göl ve dereler 5. Sınıf olarak görülmektedir. Kirletici kaynak olarak tarım ilaçları olduğu söylenebilir.
- Mangan için ölçülen değerler sonucunda, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Tablo 4.1.'e göre göl ve dereler 1. Sınıf olarak görülmektedir.
- Selenyum için ölçülen değerler sonucunda, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Tablo 4.1.'e göre, haziran ayı hariç göl ve dereler 4. Sınıf, haziran ayında ise 1. Sınıf olduğu görülmektedir.

Kümeleme analizi sonuçlarına göre;

- Mn, Cu, Pb, Al, Fe, B, Zn parametrelerinin öncelikle bir küme oluşturduğu, ardından As, Se, Ba ve Hg'nin kümelemeye dâhil edilerek bunları kapsadığı ve Cd ve Cr 'un küme elemanlarının dışında kaldığı ifade edilebilir. Yalnızca

2 küme için elde edilen sonuçlarda da Hg hariç diğer parametrelerin aynı kümede yer aldığı ifade edilebilir. O nedenle net bir kümeleme yapmak mümkün olmamıştır. Bunun yanında, parametreler incelendiğinde, elde edilen 3 Kümeye göre; 1.Kümenin toprak yapısını ve tarımsal kirleticileri, 2. Kümenin tarımsal kirleticileri ve göl içindeki balıkçılık faaliyetlerini, 3. Kümenin de katı atıkları ve atmosferik çökelmeyi ifade ettiği söylenebilir.

Temel bileşen analizi sonuçlarına göre;

- Al ve Fe değişkenlerin özellikle kış aylarında yüksek olmasının sebebi toprak yapısında bulunmaları ve yüksek yağışlarla birlikte yüzeysel akışlarla göle taşınmalarıdır.
- As parametresi, tarım ilaçlarında oldukça fazla bulunduğu için konsantrasyonu yüksek olarak belirlenmiştir. Özellikle kış aylarında yüksek yağış sebebi ile ilaçlama zamanlarında toprakta biriken As parametresinin yüzeysel akışla göle taşındığı ifade edilebilir.
- Cd ve Hg parametreleri yılın her döneminde yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Düzensiz çöp döküm alanlarından sızma ile ve Ferizli'de bulunan sanayii alanlarından atmosferik taşınım ile göle taşındıkları ifade edilebilir.

Çalışma alanında hiçbir sanayi faaliyeti bulunmamakta olup endüstriyel nitelikli atıksuların göle deşarjı söz konusu değildir. Bunun dışında ağır metal kirlenmesinin tarımsal faaliyetlerden, toprak yapısından, atmosferik çökelmelerden kaynaklanabileceği görülmektedir. Tarım alanlarında kullanılan tarım ilaçlarının içeriğinden kaynaklı yüzeysel sulara bakır, kurşun, kadmiyum, manganez, kobalt, çinko, arsenik, selenyum, krom ve toryum vb. metallerinin akışı söz konusu olmaktadır.

Çalışmada, kritik düzeyde olduğu gözlenen parametreler arsenik, civa ve selenyum parametreleridir. Bu maddelerin her biri endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanabildiği gibi, tarımsal ilaçlardan da kaynaklanmaktadır. Özellikle fungusit yani mantar önleyici olarak kullanılmaktadırlar. Dolayısıyla, Büyük Akgöl çevresindeki tarımsal

faaliyetler ve yoğun pestisit kullanımının, göl ve derelerdeki arsenik, cıva ve selenyum konsantrasyonlarının yüksek çıkmasına sebep olarak gösterilebilir. Ayrıca Gölün yakınındaki trafik ve madencilik gibi antropojenik kaynakların, göl suyu ve çökeltilerdeki ağır metal kirliliğine önemli ölçüde katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Bunun yanında gölde motorlu tekneler ile balıkçılık faaliyeti gerçekleşmektedir. Bu durum göldeki deniz taşıtlarından kaynaklı ağır metal kirliliği sebeplerinden olabilmektedir. Aynı zamanda Ferizli’de bulunan organize sanayi bölgesinden ve bölgedeki sanayiden kaynaklı atmosferik çökelmelerin de göle etki ettiği ifade edilebilir.

Ayrıca endüstriyel faaliyetler ve tarımsal ilaç kullanımına bağlı olarak göl ve derelerde yüksek miktarlarda ölçülen ağır metallerin canlı bünyelerinde birikme özelliğine sahip olması, bu suların insanlar üzerinde ciddi zararlara sebep olabileceğinin açık bir göstergesidir. Bu maddeler yüzeysel sulara ve topraktan sızmayla yeraltı sularına karışarak suları kirletmekte, bu suların ulaştığı tüm tarımsal ürünlerin yapısında birikerek bu ürünlerle beslenen tüm canlıların hayatını tehdit etmektedir. Bu bağlamda, göl çevresindeki tarımsal faaliyetlerde kullanılan tarım ilaçlarının kullanımına yeni bir düzenlemeyle büyük oranda kısıtlama getirilmesi, gölde motorlu taşıtlar ile yapılan avcılık ve balıkçılık faaliyetlerinin kontrol altına alınması ve kontrolsüz deşarjların tespit edilerek önlenmesi gölün geleceği açısından oldukça önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

A. Yalçın Tepe, *Encycl. Food Saf.* 2, 356 (2014).

ALınsaçlı S, ALınsaçlı S, Paçal FP (2014) Species composition and distribution of ostracods (Crustacea, Ostracoda) in some lakes and lagoons (Kocaeli and Sakarya, Turkey). *Journal of Entomology and Zoology Studies*; 2 (5): 182-192.

APHA (1995). *Standard Methods for the examination of water and waste water*. American Public Health Association, 20th Edition. Washington, D. C.

ATSDR., 2000. Toxicological Profile for Manganese. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, GA.

C. Carrington and P.M. Bolger, *Encycl. Food Saf.* 2, 349 2014.

Çetin, A.K., Yıldırım, V. 2000. Species Composition and Seasonal Variations of the Phytoplankton in Sürgü Reservoir (Malatya, Turkey). *Acta Hydrobiol.*,42: 21-28.

Çiçek A, Özdemir Türk A (1998) Lichen Flora of Sakarya Province (Turkey). *Tr. J. of Botany*, 22: 99- 119.

Da Costa, Jr, N., CUNHA, J. ve DA SILVA, S. (2005), Stock Selection Based on Cluster Analysis, *Economics Bulletin*, CiL: 13, No:1, 1-9.

Darrie, G. (2001). Commercial extraction technology and process waste disposal in the manufacture of chromium chemicals from ore. *Environmental Geochemistry and Health*, 23, 187–193.

İller Bankası, “Gölkent (Sakarya) Belediyesi İçme suyu projesi”, 2000.

Johnson, R.A. ve Wichern D. (1982), *Applied Multivariate Statistical Analysis*, New Jersey.

Jolliffe, I.T. (1986). *Principle Component Analysis*, Springer-Verlag, New York.

K. Hailemariam and P.M. Bolger, *Encycl. Food Saf.* 2, 346, 2014.

- Lorr, Maurice. (1993), Cluster Analysis for Social Scientists, Jossey- Bass, San Francisco. Aktaran: Yaylalı, M., E. Oktay ve Y. Akan, Kisi Basına Düsen GSYIH Degerlerine Göre Türkiye'deki Cografi Bölgelerin ve GSYIH'yi Olusturan Sektörlerin Kümelenmesi (7. Uluslararası Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu 25–27 Mayıs 2005 İstanbul Üniversitesi Bildiri).
- Sonia Maria Barros de Oliveira, Luiz Carlos Ruiz Pessenda, Deborah Ines Teixeira Favaro, Marly Babinski, 2012. A 2400-year record of trace metal loading in lake sediments of Lagoa Vermelha, southeastern Brazil, 5-6.
- Odabaşı, M., Ergül Çiçek, N., Taneri, N. 2001 T.C. Çevre Bakanlığı Gökent-Akgöl'de Meydana Gelen Kirliliğin İncelenmesi Raporu.
- S.S.-H. Tao and P.M. Bolger, *Encycl. Food Saf.* 2, 346 (2014).
- Şahin PA, Yüce A, Soylu AM (2013) Büyük Akgöl (Sakarya) Fitoplankton Kompozisyonu ve Mevsimsel Değişimleri, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 9(2): 14-21.
- Şengörür, B., Demirel, A., 2002, "Akgöl'de (Gökent -Sakarya) Ötrofikasyon Ve Su Kalite Sınıfının Belirlenmesi", Saü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6.CiL, 3.Sayı.
- Y. Zang and P.M. Bolger, *Encycl. Food Saf.* 2, 346, 2014.
- YSKY (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği), 2016, 29797 sayı ve 10.08.2016 tarihli Resmi Gazete, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Abdurrahim DURMAZ, 01.01.1990'da Bartın'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Bartın'da tamamladı. 2006 yılında Köksal TOPTAN Lisesi'nden mezun oldu. 2007 yılında başladığı Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü 2. Sınıf sonunda yatay geçiş yaparak Sakarya Üniversitesi'nde 2011 yılında bitirdi. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2018 yılında Nişantaşı Üniversitesi'nde İnşaat Mühendisliği lisans eğitimine başladı. 8 yıldır çevre mühendisi olarak geri dönüşüm sektöründe görev yapmaktadır.