

**SEYFE GÖLÜ SU KALİTESİ VE DİP ÇAMURU AĞIR METAL
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Vildan BÖLÜKBAŞI BAŞARAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2011
ANKARA**

Vildan BÖLÜKBAŞI BAŞARAN tarafından hazırlanan ‘SEYFE GÖLÜ SU KALİTESİ VE DİP ÇAMURU AĞIR METAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ’ adlı bu tezin Yüksek Lisans olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Beril SALMAN AKIN

.....

Tez Danışmanı, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Tahir ATICI

.....

Biyoloji Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Beril SALMAN AKIN

.....

Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Gamze Yücel IŞILDAR

.....

Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih: 27/10/2011

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Vildan BÖLÜKBAŞI BAŞARAN

**SEYFE GÖLÜ SU KALİTESİ VE DİP ÇAMURU AĞIR METAL
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**
(Yüksek Lisans Tezi)

Vildan BÖLÜKBAŞI BAŞARAN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ekim 2011

ÖZET

Seyfe Gölü’nde 1 yıllık periyotta dönemsel (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış) olarak yapılan bu çalışma kapsamında göl suyu ve sedimentte ağır metal (Cd, Pb, Cr, Co, Ni, Zn, Cu, As) miktarları tespit edilmeye çalışılmıştır. Yine bu çalışma kapsamında, göl havzası içinde yoğun olarak yapılan tarımsal faaliyetlerde kullanılan sentetik gübre ağır metal miktarlarının su ve sediment kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Su analiz sonuçlarına göre Seyfe Gölü su kalitesi Pb, As ve Cd miktarlarıyla Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’ne göre IV. Sınıf su kalitesine girmektedir. Cu, Co ve Cr miktarına göre II. Sınıf su kalitesi, Ni ve Zn miktarlarına göre de I.sınıf su kalitesine sahip özellik göstermektedir. Mevsimsel dönemlere göre sediment örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre yaz döneminde Zn>Pb>As>Cr>Ni>Cu>Co>Cd; kış döneminde ise Zn>Pb>As>Cr>Ni>Cu>Cd>Co sıralamaları şeklinde metal konsantrasyonlarının değişimi hesaplanmıştır. Genel olarak Seyfe Gölü’nde mevsimsel dönemlerde değişkenlik göstermesine rağmen ağır metal birikimden söz edilebilir. Özellikle arsenik yıllık ortalama değerleri yönetmelik sınır değerlerinin oldukça üstünde kalmaktadır ve buda tabanda ciddi bir arsenik birikimini göstermektedir. Seyfe Gölü su ve sediment kalitesinin ağır metaller bakımından incelendiği bu çalışmada, gölün metal kirliliği ile karşı karşıya olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Göl havzasının bulunduğu alanda özellikle endüstriyel kaynaklı bir kirletici kaynağın bulunmaması ve bölgede

yoğun olarak tarımsal faaliyetlerin yapılması, tarımsal kaynaklı bir ağır metal kirliliği probleminin olduğunu düşündürmektedir. Bölgedeki tarım arazilerinde kullanılan sentetik gübre kompozisyonlarındaki yüksek metal miktarları da bu teoriyi desteklemektedir.

Bilim Kodu : 912.1.080
Anahtar Kelimeler : Seyfe Gölü, Ağır Metaller, Sediment, Sentetik Gübreler
Sayfa Adedi : 133
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Beril SALMAN AKIN

**INVESTIGATION OF WATER AND SEDIMENT HEAVY METAL
QUALITY IN THE SEYFE LAKE**

(M.Sc. Thesis)

Vildan BÖLÜKBAŞI BAŞARAN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Ekim 2011**

ABSTRACT

The scope of this study was studied to determine quantities of water and sediment of lake the amounts of heavy metals(Cd, Pb, Cr, Co, Ni, Zn, Cu, As) in one year period as seasonally (spring, summer, autumn, winter) in the Seyfe Lake. Again the scope of this study, researched the effect upon water and sediment quality intensive agricultural activities in the basin of the lake in the amounts of heavy metals used in synthetic fertilizer. According the results of water analysis, Lake Seyfe's water quality Pb, Cd and As according to the Regulation on Water Pollution Control IV. quality of water entering the class. According to the amount, Cu, Co and Cr II. Class of water quality, According to the amount of Ni and Zn in the water quality feature shows I.sınıf. According to the analysis of sediment samples according to seasonal periods; in summer Zn>Pb>As>Cr>Ni>Cu>Co>Cd; In the period of winter Zn>Pb>As>Cr>Ni>Cu>Cd>Co are calculated in metal concentrations. In general, periods of seasonal changes in Lake Seyfe despite the accumulation of heavy metals may be mentioned. Quite above the average values of the annual limit values for arsenic, especially the regulation of arsenic accumulation is a serious fall and pruning at the base. Seyfe Lake water and sediment quality in terms of heavy metals investigated in this study, we show that the result is face to face with metal pollution in the lake.

Especially in the area of the lake basin is a source of industrial pollutant sources and the lack of intensive agricultural activities in the region canceled, a heavy metal pollution from agricultural sources suggest that the problem. Amounts of synthetic fertilizers used in agricultural land in the region also supports this theory with a higher metal compositions.

Science Code : 912.1.080

Key Words : Seyfe Lake, Heavy Metals, Sediment, Synthetic Fertilizers

Page Number: 133

Adviser : Assoc. Dr. Beril SALMAN AKIN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren, tez konumu öneren, bilgi birikimi ile çalışmalarımın her aşamasında yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Beril SALMAN AKIN'a, Seyfe Gölü'nde yaptığımız arazi çalışmalarımızı gerçekleştirmemizde desteklerini esirgemeyen değerli hocamız Prof. Dr. Selahattin SALMAN'a, istatistik çalışmaların yapılmasında ve yorumlanmasında değerli katkılarını sunan Yrd. Doç. Melike ÖZER KESKİN'e, hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme, tez süresince nazımı çeken ve her zaman yanımda olan eşime sonsuz minnetlerimi sunarım.

Bu tez çalışması Gazi Üniversitesi BAP Biriminin 18/2010-04 no'lu ve "Seyfe Gölü Su ve Sedimentinde Ağır Metal Kirliliği Profiline Belirlenmesi" isimli projesi tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xv
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ	1
2. TEORİK BİLGİLER.....	4
2.1. Sulakalanlar ve Önemi.....	4
2.1.1. Ülkemizde sulakalanlarda yaşanan çevresel problemler.....	9
2.1.2. Sulak alanlar ile ilgili yasal yapı.....	11
2.2. Ağır Metallerin Özellikleri ve Etkileri.....	14
2.2.1 Çeşitli ağır metallerin insan ve çevre sağlığına etkileri.....	19
2.3. Tarımsal Kaynaklı Ağır Metal Kirliliği.....	23
2.3.1. Gübrelerin ağır metal içerikleri.....	30
3. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	36
3.1. Sulakalanlarda Ağır Metal Kirliliğine Yönelik Araştırmalar.....	36
3.2. Seyfe Gölü ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	42
4. MATERYAL VE METHOD.....	48

Sayfa

4.1. Çalışma Alanı.....	48
4.1.1. Seyfe Gölü alanının genel özellikleri.....	49
4.2. Numune İstasyonları.....	53
4.3. Örnek Alma.....	55
4.4. Deneysel Çalışmalar.....	57
4.5. İstatistiksel Analizler.....	58
5. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA.....	60
5.1. Arazi Çalışmaları.....	60
5.2. Gübre Analizleri.....	65
5.3. Su Analizi Sonuçları.....	71
5.4. Sediment Analiz Sonuçları.....	75
5.4.1. Deneysel sonuçlar.....	75
5.4.2. İstatistiksel analizler.....	83
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	94
KAYNAKLAR.....	100
EKLER.....	110
EK-1. Post Hoc test sonuçları.....	111
EK- 2: Kruskal Wallis testi sonuçları.....	126
EK- 3: İlgili yönetmelikler.....	128
ÖZGEÇMİŞ.....	132

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Sulakalanların sınıflandırılması.....	6
Çizelge 2.2. Endüstrilerden atılan metal türleri.....	18
Çizelge 2.3. Gübre üretici kuruluşlar, alınan gübrelerin cinsi ve P ₂ O ₅ oranları.....	23
Çizelge 2.4. Ağır metallerin başlıca kaynakları mineral ve organik gübrelerin metal içerikleri (mg/kg).....	24
Çizelge 2.5. Ürün cinsine maksimum ve minimum Cd, Pb, Ni ve As konsantras Yonu (mg/kg).....	25
Çizelge 2.6. Ham fosfat, TSP ve amonyum nitrat gübrelerinin ağır metal içerikleri (mg/kg).....	31
Çizelge 2.7. Değişik firmalardan alınan gübre örneklerinde ağır metal İçerikleri (mg/kg).....	32
Çizelge 2.8. Amonyum nitrat (%33), amonyum sülfat (%21), üre (%46) ve TSP (%43-44) gübrelerin element içerikleri (mg/kg).....	33
Çizelge 2.9. Ağır metallerin inorganik gübrelerdeki miktarı (mg/kg).....	34
Çizelge 4.1. Akarsular ve kaynakların debileri.....	50
Çizelge 4.2. Göl yüzeyindeki çalışma istasyonlarının koordinatları.....	54
Çizelge 4.3. Kırşehir İlinde tarımsal amaçlı kullanılan gübrelerin cins ve Miktarları.....	56
Çizelge 4.4. Araştırma kapsamında yapılan analizler.....	57
Çizelge 4.5. Analizler için kullanılan metodlar.....	58
Çizelge 5.1. Sentetik gübrelerin metal analizi sonuçları.....	65
Çizelge 5.2. Seyfe Gölü su örnekleri ağır metal miktarlarının ulusal ve uluslar arası içmesuyu standartlarıyla karşılaştırılması.....	75
Çizelge 5.3. Mevsimlere göre istasyonlardan yapılan ölçüm sonuçları.....	76
Çizelge 5.4. Sediment analiz sonuçları için yapılan normallik testi sonuçları.....	83

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.5. Mevsimlere göre metal miktarlarına ait betimleyici istatistikler.....	84
Çizelge 5.6. Metal miktarlarına ait betimsel istatistikler (1 yıllık periyotlar).....	86
Çizelge 5.7. İstasyonlara göre metal miktarlarına ait betimleyici istatistikler.....	86
Çizelge 5.8. Arsenik için iki faktörlü varyans analiz sonuçları.....	89
Çizelge 5.9. Bakır için iki faktörlü varyans analiz sonuçları.....	90
Çizelge 5.10. Nikel için iki faktörlü varyans analiz sonuçları.....	90
Çizelge 5.11. Kurşun için iki faktörlü varyans analiz sonuçları.....	91
Çizelge 5.12. Çinko için iki faktörlü varyans analiz sonuçları.....	92

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Seyfe Gölü uydu görüntüsü.....	48
Şekil 4.2. Seyfe Gölü çalışma alanı ve numune istasyonları.....	54
Şekil 4.3. YSI multiple probe ve numune kapları.....	56
Şekil 5.1. Seyfe Gölü su sıcaklığının 1 yıllık periyottaki mevsimsel değişimi.....	61
Şekil 5.2. Seyfe Gölü 1 yıllık periyottaki EC değerinin mevsimsel değişimi.....	62
Şekil 5.3. Seyfe Gölü 1 yıllık periyottaki TÇK değerinin mevsimsel değişimi.....	62
Şekil 5.4. Seyfe Gölü 1 yıllık periyottaki tuzluluk değerinin mevsimsel değişimi....	63
Şekil 5.5. Seyfe Gölü 1 yıllık periyottaki ÇO değerinin mevsimsel değişimi.....	63
Şekil 5.6. Seyfe Gölü 1 yıllık periyottaki pH değerinin mevsimsel değişimi.....	64
Şekil 5.7. Sentetik gübrelerdeki kadmiyum (Cd) oranlarının değişimi.....	66
Şekil 5.8. Sentetik gübrelerdeki kurşun (Pb) oranlarının değişimi.....	66
Şekil 5.9. Sentetik gübrelerdeki krom (Cr) oranlarının değişimi.....	67
Şekil 5.10. Sentetik gübrelerdeki kobalt (Co) oranlarının değişimi.....	67
Şekil 5.11. Sentetik gübrelerdeki nikel (Ni) oranlarının değişimi.....	68
Şekil 5.12. Sentetik gübrelerdeki çinko (Zn) oranlarının değişimi.....	68
Şekil 5.13. Sentetik gübrelerdeki bakır (Cu) oranlarının değişimi.....	68
Şekil 5.14. Sentetik gübrelerdeki arsenik (As) oranlarının değişimi.....	69
Şekil 5.15. Seyfe Gölü su örneklerinde metallerin yıllık ortalama miktarları.....	72
Şekil 5.16. Seyfe Gölü su örneklerinde metallerin mevsimsel dönemlere göre değişimi.....	73
Şekil 5.17. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki arsenik miktarının mevsimsel değişimi.....	77

Şekil	Sayfa
Şekil 5.18. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki kadmiyum miktarının mevsimsel değişimi.....	78
Şekil 5.19. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki kobalt miktarının mevsimsel değişimi.....	78
Şekil 5.20. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki krom miktarının mevsimsel değişim.....	79
Şekil 5.21. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki bakır miktarının mevsimsel değişimi.....	80
Şekil 5.22. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki nikel miktarının mevsimsel değişimi.....	80
Şekil 5.23. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki kurşun miktarının mevsimsel değişimi.....	81
Şekil 5.24. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki çinko miktarının mevsimsel değişimi.....	81

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Seyfe kaynağı ve Horla kaynağı.....	52
Resim 4.2. DSİ'nin açmış olduğu taşkın önleme kanalı ve tahliye kapağı.....	53
Resim 5.1. Seyfe Gölü'nü besleyen Horla kaynağı ve DSİ sulama kanallarının Görünümü.....	60
Resim 5.2. Seyfe Gölü yaz ve sonbahar dönemi görüntüleri.....	61

HARİTALARIN LİSTESİ**Harita****Sayfa**

Harita 2.1. Türkiye sulakalanlar haritası.....7

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Cd	Kadmiyum
Zn	Çinko
Cr	Krom
Pb	Kurşun
Cu	Bakır
Hg	Civa
Ni	Nikel
Co	Kobalt
As	Arsenik
Be	Berilyum
mg	Miligram
kg	Kilogram
µg	Mikrogram
%	Yüzde
°C	Derece Santigrat
L	Litre
ml	Mililitre
ppm	Milyonda bir kısım
m³	Metreküp
mm	Milimetre
Ha	Hektar
m	Metre
Km²	Kilometre kare
cm	Santimetre

Kısaltmalar**Açıklama****DSİ**

Devlet Su İşleri

SKKY

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

TKKY

Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

USEPA

Birleşik Devletler Çevre Koruma Kurumu

WHO

Dünya Sağlık Örgütü

WWF

Dünya Doğal Hayatı Koruma Vakfı

TÜİK

Türkiye İstatistik Kurumu

DMİ

Devlet Meteoroloji İstasyonları

DAP

Di Amonayum Fosfat

TSP

Triple Süper Fosfat

TÜSTAŞ

Türkiye Sınai Tesisleri A.Ş.

UNDP

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı

1. GİRİŞ

Dünya da hızla artan nüfus, buna bağlı olarak gelişen sanayi ve endüstrileşme çevre kirliliği problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Artan çevre problemleri ekosistemlerde telafisi olmayan değişikliklerin görülmesine neden olmaktadır. Sanayi ve endüstri faaliyetleri sonucu hava, toprak ve su ekosistemlerini olumsuz etkilediği gibi havada oluşan çevre kirliliği yalnızca havanın olumsuz etkilememekte, su ve toprak ekosistemlerinin kirlenmektedir. Kirlilik kaynağı sadece bulunduğu alanı etkilemez, oluşan çevre problemleri direk ya da dolaylı yoldan diğer alanlarında olumsuz etkilenmesine sebep olmaktadır. Tarımsal faaliyetler sonucu toprakta meydana gelen ağır metal kirliliği yağmurlarla yeraltı suyunun kirlenmesine ve yüzeysel akışlarla yüzeysel sularında kirlenmesine neden olmakta, yine ısınma amaçlı ve enerji için kullanılan ağır metal içeren yakıtlarda suların kirlenmesine neden olabilmektedir.

Su bütün canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için en önemli kaynaklardan biridir. Bu nedenle su kirliliği en önemli çevre sorunlarından biridir. Su kirliliğinin kirlenme kaynaklarından biride ağır metallerdir. Ağır metaller sanayi faaliyetleri, evsel faaliyetler ve tarımsal faaliyetler sonucu hava ve topraktan suya karışmaktadır.

Su ekosistemi içerisinde insan ve sürdürülebilir doğa için önemli bir yeri olan sulak alanlar, su rejiminin dengelenmesi ve bulundukları alanların nem oranını yükselterek yağış ve iklim elemanları üzerinde olumlu etki yapmaktadır. Sulak alanlar yıllarca süren doğal süreçler sonucu meydana gelmiş zengin bitki ve hayvan türleri ile yoğun organizma koleksiyonuna sahip yeryüzünün en önemli genetik bankalarıdır. Taşıdığı önemli özelliklerden dolayı mutlak korunması gerekli alanlardır.

Tarımsal ve endüstriyel atıklardan kaynaklanan kirlenme sonucu su kalitesinin bozulması, tarımsal alanlara yer açılması için kurutulması, evsel nitelikli atıksuların arıtılmadan alıcı ortama verilmesi, tarımsal amaçlı su kullanımı ve yasa dışı avlanma gibi nedenlerden dolayı sulak alanlarımız kirlenmekte, ekolojik dengeleri bozulmakta ve hatta kurumaktadır. İnsan faaliyetleri sonucu oluşacak ağır metal kirliliği sulak

alanlardaki yaşamsal faaliyetleri olumsuz etkilediği gibi sulak alanın doğadaki işlevliğini de yitirmesine neden olmaktadır.

Dünya'daki hızlı gelişen teknoloji, sanayileşme ve artan nüfus beraberinde su kirliliği problemlerini meydana getirmiştir. Türkiye'yi su açısından değerlendirecek olursak, dünya ortalamasının altında yağış alan Türkiye su zengini bir ülke değildir. Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı yıllık 1500 m³'tür. Yapılan çalışmalar sonucu önümüzdeki yirmi yıl içinde nüfusun 87 milyona ulaşacağı, yıllık kişi başına düşen su rezervinin ise 1042 m³ olacağı tahmin edilmektedir. Uluslar arası kullanılan ölçütlere göre su sorunu için tanımlanan miktar 1000 m³ ve TÜİK'in 2030 yılı için nüfus tahmininin 100 milyon'a ulaşılacağı tahmin etmekte olup, su sorunu için belirlenen 1000 m³ rakamının bile sağlanabilmesi için gerekli çalışmaların yapılması önem arz edecektir [DPT, 2007].

Türkiye'de yıllık ortalama yağış miktarı 643 mm ve yılda ortalama 501 milyar m³ sudur. Ülkemizde su kaynakları dengeli bir biçimde dağılmamakla beraber, ülke genelinde bulunan 26 havzadan yalnızca dördü (Fırat, Doğu Karadeniz, Antalya ve Batı Akdeniz) yıllık akışın yaklaşık % 37'sini karşılamaktadır. Bu nedenle ülkemizde bulunan havzalar daha dikkatli kullanılmalı ve korunmalıdır [DPT, 1999].

Sucul ekosistemlerde kendi içinde oluşan veya dış etkenlerden kaynaklı zararlı maddeler bulunabilmektedir. Bu maddeler kısmen sucul ekosistem içerisinde tolere edilebilirler. Ancak ekosistem için zararlı maddelerin miktarı o ortam tarafından yok edilemeyecek düzeye ulaşırsa bu durum sistemdeki tüm canlıların için olumsuz yapıya dönüşmektedir [Tanyolaç, 2006]. Sucul ortamlarda kirlenmeyi belirleyen kriterler fiziko-kimyasal ve biyolojik faktörlerdir. İçinde yaşayan organizmalara doğal bir ortam oluşturan göl suları birçok fiziko-kimyasal faktörün etkisi altında kalmaktadır. Su kalitesinin fiziko-kimyasal parametrelere göre değerlendirilmesi suyun o andaki kirlilik durumu hakkında bilgi vermektedir [Barlas, 1995; Kazancı ve ark., 1997].

Bu çalışma ile Kırşehir ilinde bulunan Seyfe Gölü'nün; su kalitesi, dip çamurunun fizikokimyasal özellikleri bakımından değerlendirilerek su kalitesi ve dip çamuru

özellikleri belirlenmiştir. Seçilen alanın ulusal ve uluslar arası önem sahip olması ve bu alanda daha önce yapılan çalışmalarda incelenen parametrelerin sınırlı kalması nedeni ile Seyfe Gölü için önemli bir çalışmadır. Arazi çalışmaları 1 yıllık dönemde mevsimsel periyotlar halinde olarak gerçekleştirilmiştir. Özellikle bu çalışma, bölgedeki yoğun tarımsal faaliyetlere bağlı olarak kullanılan kimyasal gübrelerden kaynaklanan ağır metal seviyelerinin göl havzasına etkisinin belirlenmesi bakımından büyük bir önem taşımaktadır.

2. TEORİK BİLGİLER

2.1. Sulakalanlar ve Önemi

1971'e kadar çok farklı şekillerde tanımlanan ve kapsamı tartışılan "sulak alan" kelimesi için Ramsar sözleşmesinde; "gelgitin git evresinde 6 metreyi aşmayan denizel alanlarında kapsayacak şekilde doğal ya da yapay, sürekli ya da mevsimsel, durgun ya da akar, tatlı, acı veya tuzlu, bataklık, ıslak çayır ya da turbalıklar" açıklaması getirilmiştir (Madde:1.1). Madde 2.1'de yapılan açıklama ile "sulak alanlarla ilişkili akarsu ve deniz kıyı ekosistemleri, adalar ve gelgitin git evresinde 6 metreyi aşan deniz suları" da sulak alan değerlendirmesi içine alınmıştır [Ramsar Sözleşmesi, 1994].

Sulak alanların ekolojik yapıları, özellikle su kuşları yönünden çok önemlidir. Genellikle derinliği 6 metreyi geçmeyen, güneş ışığının dibine kadar ulaşarak fitoplanktonlar ve zooplanktonlar, su altı ve su üstü bitkilerin, akuatik hayvanların gelişmesine imkân veren, çoğu yeri saz, kamış gibi yüksek, kuşların saklanmasına, yuvalanmasına ve barınmasına uygun olanak sulak alanlar ornitolojik açıdan büyük öneme sahiptir.

Sulak alanlar sahip oldukları üç temel özelliklerle ayırt edilebilmektedir. Bunlar sulak alan hidrolojisi: suyun yüzey ya da bitki kökleri seviyesinde bulunması, fiziksel ve kimyasal çevre: kendisini çevreleyen topraklardan farklı kendine özgü toprak yapısı, biyolojik çeşitlilik: sulak alanlara uyum sağlamış bitkiler ve onlara bağlı zengin biyolojik çeşitlilik olarak özetlenebilir [Özen ve Beklioğlu, 2007].

Büyük ölçekli baraj projeleri, suların akış yönünün değiştirilmesi, sanayi ve evsel kirlilik, kurutma ve ıslah çalışmaları, aşırı ve yasadışı balıkçılık, bilinçsiz avlanma, denetimsiz saz kesimi ve yakılması ile turizm etkinliklerinden kaynaklanan baskı sulak alanları ve dolayısıyla biyolojik çeşitliliğe büyük zarar vermektedir [DPT, 2007].

Sulak alanların önemini aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

1. Yeraltı suyu deşarjı ve deşarjı, taşkın kontrolü, taban suyunun dengelenmesi gibi işlemleri ile bulundukları bölgenin su rejiminin dengelenmesine katkı sağlarlar.

2. Bulundukları çevrenin nem oranını yükselterek başta yağış ve sıcaklık olmak üzere iklim elemanları üzerine olumlu etki yapar.

3. Tortu ve zehirli maddeleri alıkoyarak ve besin maddelerini kullanarak suyu temizler. Özellikle suların yoğun olduğu sulak alanlar, atık sulardaki organik ve inorganik maddelerin atılmasında önemli rol oynarlar.

4. Tropikal ormanlardan sonra yeryüzünün en fazla biyolojik üretim yapan ekosistemleridir.

5. Sulak alanlar yüz binlerce yıllık doğal süreçler sonucu meydana gelmiş ve ortama karakterize olmuş bitki ve hayvan türleri ile yoğun organizma koleksiyonuna sahip yeryüzünün en önemli genetik rezervuarlarıdır.

6. Sulak alanlar başta balıkçılık olmak üzere, hayvancılık, saz kesimi ve rekreasyonel faaliyetlere sağladığı imkânlar nedeniyle yüksek bir ekonomik değere sahip olup, bölge ve ülke ekonomisine katkı sağlar [Çevre ve Orman Bakanlığı Türkiye Çevre Atlası, 2006].

Ülkemizde 1 milyon hektarı aşkın 250 civarında sulak alan bulunmaktadır. Türkiye’de uluslar arası ölçütlere göre 81 sulak alanın uluslar arası öneme sahip olduğu yapılan çalışmalar sonucu belirlenmiştir. Bunlardan 18’i “A” sınıfı nitelikte sulak alandır. Ülkemizdeki Sulakalanların sınıflandırılması Çizelge 2,1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Sulak alanların sınıflandırılması

“A” sınıfı sulak alanlar*		
1. Manyas Gölü	7. Meriç Deltası	13. Çamaltı Tuzlası
2. Seyfe Gölü	8. Kızılırmak Deltası	14. Işıklı Gölü
3. Göksu Deltası	9. Eber Gölü	15. Beyşehir Gölü
4. Burdur Gölü	10. Ereğli Sazlığı	16. Eğirdir Gölü
5. Sultan Sazlığı	11. Tuz Gölü	17. Seyhan, Ceyhan Deltası
6. Ulubat Gölü	12. B.Menderes Deltası	18. Akşehir Gölü
Uluslar arası Önele Sahip Diğer Sulak Alanlar		
1. İğneada Longoz Ormanı	23. Bolluk Gölü	44. Kargamış (Fırat Nehri)
2. Büyük Çekmece Gölü	24. Eşmekaya Gölü	45. Hazar Gölü
3. Küçük Çekmece Gölü	25. Hirfanlı Barajı	46. Erzurum Ovası
4. Terkos Gölü	26. Karamık Sazlığı	47. Çıldır Gölü
5. Tuzla Gölü	27. Karakuyu Gölü	48. Kuyucak Gölü
6. Sapanca Gölü	28. Acı Göl	49. Balık Gölü
7. İznik Gölü	29. Çaltı Gölü	50. Saz Gölü
8. Kocasu Gölü	30. Çorak Gölü	51. Murat Vadisi
9. Marmara Gölü	31. Kovada Gölü	52. Haçlı Gölü
10. Küçük Menderes Deltası	32. Salda Gölü	53. Nazik Gölü
11. Güllük Sazlığı	33. Çavuşçu Gölü	54. Nemrut Gölü
12. Köyceğiz Gölü	34. Hotamış Sazlığı	55. Çaldıran Sazlığı
13. Efteni Gölü	35. Karapınar Ovası	56. Bendimahi Deltası
14. Sülüklü Gölü	36. Yeşilırmak Deltası	57. Çelebibağ Sazlığı
15. Yeniçağa Gölü	37. Sarıkum Gölü	58. Ahlat Sazlığı
16. Sarıyer Barajı	38. Yedikuğular Gölü	59. Erçek Gölü
17. Mogan Gölü	39. Kaz Gölü	60. Van Sazlığı
18. Çöl gölü	40. Yarışlı Gölü	61. Edremit Sazlığı
19. Uyuz Gölü	41. Karataş Gölü	62. Horkum Gölü
20. Kulu Gölü	42. Tödürge Gölü	63. Yüksekova Sazlığı
21. Samsam Gölü	43. Türkoğlu Sazlığı	
22. Kozanlı Gölü		

*, “A” sınıfı sulak alanlar belirlenirken sulak alanın barındırdığı kuş varlığı dikkate alınmıştır. Bir defada 25.000’in üzerinde su kuşunu barındıran sulak alanlar “A” sınıfı sulak alan olarak nitelendirilmiştir [Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006].

Sulak alan hidrolojisi, hidrolojik koşullar sulak alanların yapısına ve işlevlerini sürdürebilmeleri açısından en önemli özelliktir. Hidrolojik özelliklerde değişimler topraktaki besin tuzlarının yoğunluğunu, tuzluluk miktarı ile diğer önemli fiziksel ve kimyasal işlemleri ve bu durumun sonucu olarak ta biyolojik çeşitliliği etkiler. Hidrolojideki değişimler doğrudan sulak alanların fizikokimyasal özelliklerini değiştirir: Oksijenin varlığı, besinlerin miktarı, pH vb. Bunun yanında dip çamuru (sediment), besin tuzları ve toksik madde taşımını da hidrolojinin diğer etkilerindendir. Sulak alanların su seviyesindeki değişimler doğal veya insan kaynaklı olabilir. Doğal değişim nedenler iklimsel, morfolojik ya da havza kaynaklı olabilir. İnsan kaynaklı etki ise tarım ve içme suyu amaçlı aşırı su kullanımı örnektir [Özen ve Beklioğlu, 2007].

Sulak alanlarda tarım ve hayvancılık; sulak alanlar, akıntılar, taşkınlar, mevsimsel su seviye değişimleri gibi nedenlerle etrafında zengin besin maddeleri yaydıkları için toprakların verimliliğini artırır. Yeryüzünün en verimli alanları taşkın ovaları ve deltalardır. Ülkemizin de en verimli alanları da Kızılırmak, Meriç, Menderes, Göksu, Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin oluşturduğu taşkın ovalarıdır. Sulak alanlar yeraltı suyunu besleyerek veya boşaltarak taban suyunu dengeleyerek taşkınları kontrol ederek, kıyılarda deniz suyunun girişini önleyerek bulundukları bölgenin su rejiminin düzenlenmesine katkıda bulunurlar [Erdem, 2007].

Tropikal ormanlardan sonra birim alanda en çok biyomas üreten ekosistemler olan sulak alanlar [Kaya ve Kurtonur, 2000], su düzenlerinde olabilecek değişimlerden olumsuz etkilenir ve genellikle eğimsiz ve yavaş su akışına sahip yeryüzü biçimlerinde yer alırlar [Kırsal Çevre ve Ormancılık Sorunları Araştırma Derneği, 2001].

Sulak alanlar aşırı yağışlarda toprak tarafından emilemeyen fazla suyu depolayarak yavaş ve düzenli olarak çevreye bırakırlar. Ve bu şekilde taşkınların yok edici etkisini azaltırlar. Diğer taraftan taban suyunun sürekli olarak belirli seviyede bulunmasını sağlayarak hidrolojik dengenin korunmasına katkı sağlarlar. Suyun temizlenmesi: sulak alanlar tortu ve zehirli maddeleri alıkoyarak ya da besin

maddelerini kullanarak suyu temizlerler. Yapılan araştırmalar neticesinde başta saz ve kamışlar olmak üzere bazı su içi bitkilerinin (örneğin su sümbülü), civa, çinko, bakır, kadmiyum, nikel, bakır ve vanadyum gibi metallerin sıvı atıklarını emerek bünyelerinde depo ettikleri ortaya koyulmuştur [Erdem, 2007].

2.1.1. Ülkemizde sulakalanlarda yaşanan çevresel problemler

Türkiye’de sulak alanlara ilişkin sorunlar, kurutma, su rejimine yapılan müdahaleler, tarımsal kaynaklı kirlilik, su kalitesinin bozulmasını, habitat tahribi, yabancı türlerin atılması, yasa dışı su ürünleri ve kara avcılığı gibi çevresel sorunlar ile bu sorunların özölememesinin arkasındaki politik, teknik, mali vb. yetersizliklerin yer aldığı yönetimsel sorunlar bulunmaktadır.

Doğu Anadolu platosundaki birkaç sulak alanın dışında hemen hemen tüm sulak alanlarda su rejimine müdahaleler yapılmıştır. Bu müdahalelerin su rejimlerinin hassaslığına göre etkileri olmuştur. Özellikle Orta Anadolu’daki sulak alanlar oldukça sığ ve su rejimleri yönünden çok hassastırlar. Bu nedenle Sultan Sazlığı, Seyfe Gölü, Ereğli Sazlıkları gibi pek çok sulak alan kurumuş, Eber, Akşehir, Kulu ve Tuz Gölü gibi pek çok sulak alan ise kuruma noktasına gelmiştir. Bu alanların hemen tamamında sulak alanları besleyen akarsuların barajlarda tutulması veya yönlerinin değiştirilmesinin yanı sıra son 15 yılda yeraltı suyunun aşırı kullanımı da etkili olmuştur [Erdem, 1995].

Su kalitesinin bozulması; sulak alanlarda bulundukları havzanın en alt noktasından ya da en çukur yerlerinde oluşmuşlardır. Bu özelliklerinden dolayı havzadaki her türlü faaliyetin (evsel, endüstriyel, tarımsal) atıkların eninde sonunda sulak alana ulaşmaktadır. Ülkemizde çok az sayıda yerleşim yerinin arıtma tesisi mevcuttur. Arıtma tesisi olanlarda düzenli olarak çalıştırılmamaktadır. Sanayi tesislerinde ve organize sanayilerinde de durum farklı değildir. Tarımda yanlış ve aşırı zirai mücadele ilacı ve kimyevi gübre kullanımı da eklenince Doğu Anadolu’nun çok yüksek yerlerinde bulunan birkaç sulak alanın dışında tüm sulak alanlarımızda yoğun bir kirlenme görölmektedir [Erdem, 2007].

Sulak alanların kirlenmesinin temelinde yönetme ilişkin sorunlar da bulunmaktadır. Bu sorunlar şöyle sıralanabilir; hala karar vericiler ve planlamacılar da dahil olmak üzere kamuoyu tarafından sulak alanların öneminin yeterince anlaşılmaması, su ve arazi kullanım planlarında sulak alanların korunması ve akılcı kullanımı ilkelerinin dikkate alınmaması, ilgili kurum ve kuruluşlar arasında etkin bir iletişim ve işbirliğinin sağlanamaması, alanların yerinden yönetimini sağlayacak, aynı zamanda alanın ekolojik karakterindeki değişimleri sürekli ve düzenli olarak izleyecek ve gerekli tedbirleri zamanında alabilecek idari mekanizmaların bulunmayışıdır [Erdem, 2007].

Türkiye, bulunduğu coğrafi ve iklim koşulları nedeniyle Ortadoğu ve Avrupa'daki en önemli sulak alanlara ev sahipliği yapar. Türkiye'de son 40 yıl içerisinde yaklaşık 1.300.000 hektar sulak alan; kurutma, doldurma ve su sistemlerine müdahaleler nedeniyle ekolojik ve ekonomik özelliğini yitirmiştir. Türkiye'deki toplam sulak alanların 2,5 milyon hektar olduğu düşünüldüğünde, son 40 yılda sulak alanlarımızın yarısını kaybettiğimizi söyleyebiliriz. Ancak, mevcut koruma statülerine rağmen sulak alanlarımız; yeni tarım, yerleşim ve rekreasyon alanları açmak için kurutulmakta ya da zarar görmekte, aşırı tarımsal sulama ya da sulak alanları dikkate almadan tasarlanan su yönetim projeleri sebebiyle kurumakta, evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenmekte ve doldurulmakta, üreme dönemlerinde ve yasaklanmış usullerle yapılan avcılık ve balıkçılık nedeniyle doğal yapısı ve dengesi bozulmaktadır. Tüm bu sorunların temelinde su kaynaklarına olan bakışımız, sektörel su kullanımlarımız ve su politikalarımız yatmaktadır [Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007].

Türkiye'de suyun %72'si tarımda, %18' evsel ve %10'u sanayide kullanılmaktadır. Suyun en fazla kullanıldığı sektör olan tarımda, sulama amacıyla yapılan ve sürdürülebilir olmayan su yönetimi uygulamaları sulak alanları belirgin şekilde etkilemektedir. Sulak alanların kaybedilmesinde en büyük etken yanlış tarımsal sulama yöntemlerinin kullanılması, yeraltı sularının kontrolsüz şekilde çekilmesi ve suyun akış yönünün değiştirilmesidir. WWF-Türkiye'nin yaptığı araştırmaya göre; Türkiye'nin tahıl ambarı olarak bilinen Konya Kapalı Havzası'nda yeraltı suyu

seviyesi 2007 yılında 1 ila 15 m arasında; son 33 yıllık dönemde ise 14,3 m düşmüş ve düşüşün %80'i son 10 yılda gerçekleşmiştir [WWF, 2008].

Evsel, endüstriyel ve tarımsal atıkların arıtılmadan sulak alanlara bırakılması su kaynaklarının kalitesini olumsuz etkilemekte, mevcut kullanılabilir su kaynaklarımıza büyük ölçüde kısıtlama getirmektedir. Türkiye'deki Organize Sanayi Bölgeleri'nin %25'inde atık sular arıtılmadan doğal ortama verilmektedir. Diğer taraftan, Türkiye'deki 3.215 belediyenin sadece %8'inde arıtma tesisi vardır. Bir litre atık suyun sekiz litre tatlı suyu kirlettiği düşünüldüğünde bunun ne kadar ciddi bir sorun olduğu daha kolay anlaşılacaktır [DPT, 2001]. Türkiye'deki sulak alanlar, üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizin sahip olduğu değişik iklim, topografya, yükselti, toprak yapısı ve geçirgenliğine bağlı olarak farklı özellikler göstermektedir. Türkiye'deki sulak alanları, sahile yakın sulak alanlar ve Anadolu yaylasındaki sulak alanlar olmak üzere iki gruba ayırabiliriz. Bu iki grup iklim koşulları bakımından önemli farklılıklar gösterirler. Sahile yakın sulak alanlar; yıl boyu su varlığı, bitki ve besin maddesi zenginliği ve iklim koşulları yönünden su kuşlarının barınma, beslenme ve korunmaları için çok daha uygundur. Özellikle soğuk kış şartlarında Anadolu yaylasındaki göllerin donması sonucu, burada kışlayan kus popülasyonları kıyılardaki sulak alanlarda barınmaktadır. Batı Palearktık Bölge'deki dört kus göç yolundan ikisinin Anadolu üzerinden geçmesi Türkiye'nin önemini arttıran bir başka etken olmuştur [WWF, 2008].

2.1.2. Sulak alanlar ile ilgili yasal yapı

Ramsar Sözleşmesi

2. Dünya Savaşı ve bunu takip eden soğuk savaş yılları, aynı zamanda büyük bir yıkımdan çıkmış devletler açısından yeniden yapılanma ve kalkınma evresi olmuş, pek çok ülkede doğa koruma çalışmaları çok büyük dirençle karşılaşmıştır. Koruma ile kullanım arasındaki dengenin tahsis edilmesi savaştan sonra 30 yıl gibi bir süre geçmesini gerektirmiştir. 1992 Rio Zirvesi'nde ise küresel ölçekte bir politika olarak literatüre geçmiştir. Bu politika "Sürdürülebilir Kalkınma" olarak tanımlanan,

koruma-kullanım dengelerinin sağlanması esasına dayanan bir düşüncenin ürünüdür [Erdoğan, 2007].

1971 yılında İran'ın Ramsar kentinde imzaya açılan "Sulak alanların Korunmasına Dair (RAMSAR) Sözleşmeye Türkiye 30 Aralık 1993 tarihinde taraf olmuş, Sözleşme 94/5434 sayılı Bakanlar Kurulu Kararıyla 17.05.1994 tarihi ve 21937 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Sulak alanların bulunduğu bölgenin su rejimini düzenlemesi, karakteristik bitki ve hayvan topluluklarını; özellikle su kuşlarının barınmasına olanak sağlaması, ekonomik, kültürel, bilimsel ve rekreasyonel olarak büyük bir kaynak teşkil etmesi, kaybedilmeleri halinde bir daha geri kazanılmasının mümkün olmaması nedeniyle sulak alanların kaybına neden olabilecek hareketleri önlemektedir [Ceran, 2007].

1994 yılında uluslar arası öneme sahip sulak alanlarımızdan Kayseri'deki Sultan Sazlığı, Balıkesir'de Manyas (Kuş) Gölü, Kırşehir'deki Seyfe Gölü, İçel'deki Göksu Deltası ve Burdur Gölü ve Adana Akyatan Lagünü ve 2005 yılında ise Adana Yumurtalık Lagünü, Konya Meke Gölü ve Kızören Obruğu Sözleşme Listesine dahil edilmiştir [Ceran, 2007].

Ramsar Sözleşmesi tüm taraf ülkelere 4 temel yükümlülük getirmektedir. Bunlar;

Madde 2: Uluslar arası Öneme Sahip Sulak alanlar Listesi'nde yer almak üzere en az bir sulak alanı seçmek ve bu alanın ekolojik karakterini korumak,

Madde 3: Ulusal arazi kullanım planlamalarına, sulak alanların korunmasına dair değerlendirmeleri de entegre etmek,

Madde 4: Sulak alanlarda doğa rezervleri oluşturarak, sulak alanların korunmasında ilerleme sağlamak, sulak alanların korunması, yönetimi ve araştırılması konularında eğitim programları geliştirmek,

Madde 5: Özellikle bir sulak alanın birden fazla Akit tarafın topraklarına yayılması veya bir su sisteminin Akit taraflarca paylaşılır olması halinde, Sözleşmenin getirdiği yükümlülüklerin uygulanmasında diğer kıyıdaşlara danışmak, sulak alanlar ve onların bitki ve hayvan topluluklarını korumaya ilişkin bugünkü ve

gelecekteki politikaları ve düzenlemeleri desteklemeye ve koordine etmeye gayret göstermek [Ramsar Sözleşmesi, 1971].

Bunun yanı sıra, özellikle su kaynaklarımızın ve sulak alanlarımızın hızla gelişen sanayi, şehirleşme baskısı ve aşırı kullanım gibi sebeplerle hızla tükendiği bir gerçektir. Bir örnek vermek gerekirse, Ülkemizin pirinç ihtiyacının yaklaşık % 35’ini karşılayan Meriç Deltası’nı besleyen Ergene Nehri Türkiye’nin en kirli birinci, ıspanak üretimimizin %20’sinin gerçekleştiği Gediz Deltası’nın Gediz Nehri ise en kirli ikinci suyu durumundadır. Elazığ kentinin 2025’ten itibaren içme suyunu karşılayacak olan Keban Baraj Gölü’ne bugün sayısız yerleşimin kanalizasyonu drene olmaktadır. Bu noktadan bakıldığında, acil olarak önlemler alınması da gerekmektedir [Erdoğan, 2007].

Bu nedenle Ramsar Sözleşmesi ve buna benzeri doğa koruma sözleşmelerinin sağladığı rehberlik hizmetlerinden sonuna kadar yararlanmak, teknik ve bilimsel birikimi bu doğrultuda kullanarak koruma-kullanım dengesini oluşturmak akılcı çözümdür. Sözleşmenin etkin bir şekilde ulusal menfaatlerimiz doğrultusunda kullanılması ise ancak Sözleşmenin ve sağladıklarının iyi bilinmesi ile gerçekleşecektir.

2872 Sayılı Çevre Kanun (5491 sayılı Kanunla değişiklik)

2872 sayılı Çevre Kanunu’nda Sulak alan:”Doğal veya yapay, devamlı veya geçici, suları durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu, denizlerin gelgit hareketlerinin çekilme devresinde altı metreyi geçmeyen derinlikleri kapsayan, başta su kuşları olmak üzere canlıların yaşama ortamı olarak önem taşıyan bütün sular, bataklık, sazlık ve turbiyeler ile bu alanların kıyı kenar çizgisinden itibaren kara tarafına doğru ekolojik açıdan sulak alan kalan yerleri” olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca, 2872 sayılı Çevre Kanunun 9. maddesi (c) bendinde “Ulusal mevzuat ve taraf olduğumuz uluslar arası sözleşmeler ile koruma altına alınarak koruma statüsü kazandırılmış alanlar ve ekolojik değeri olan hassas alanların her tür ölçekteki planlarında gösterilmesi zorunludur. Koruma statüsü kazandırılmış alanlar ve ekolojik değeri

olan alanlar, plan kararı dışında kullanılamaz” hükmü planlamaya atıf yapılmaktadır [www.cevreorman.gov.tr].

Sulak alanların Korunması Yönetmeliği

Amacı, Sulak alanların Korunmasına Dair Sözleşme’nin (Ramsar Sözleşmesi) uygulanmasına yönelik, uluslar arası öneme sahip olsun veya olmasın tüm sulak alanların korunması, geliştirilmesi ve bu konuda görevli kurum ve kuruluşlar arasında işbirliği kurmak [www.cevreorman.gov.tr].

Sulak alanların korunmasında;

a) Sulak alanların kirletilmemesi, doğal yapılarının ve ekolojik karakterlerinin korunması zorunludur. Her türlü arazi ve su kullanım planlamalarında, sulak alanların işlev ve değerlerinin korunması esas alınacaktır.

b) Sulak alanlarda biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi için gerekli tedbirler alınacaktır.

c) Sulak alanların akılcı kullanımı ile uyumlu, korunmalarına ve geliştirilmelerine katkı sağlayacak faaliyetler desteklenecek ve teşvik edilecektir.

d) Ekolojik karakteri bozulmuş sulak alanların rehabilitasyonu sağlanacaktır.

e) Kurutulmuş sulak alanların teknik ve ekonomik olarak uygun olanlarının geri kazanımı için gerekli tedbirler alınacaktır.

2.2. Ağır Metallerin Özellikleri ve Etkileri

İnsanlar eski çağlardan günümüze kadar metalin işlenmesi ile uğraşmıştır. İnsan ve hayvanlar için önemli olan metaller, teknolojinin gelişmesi ile sanayinin temelini oluşturmuş, uygarlık için önemli bir yer edinirken insan sağlığı açısından olumsuz etki oluşturma yanında çevrenin de giderek kirlenmesine neden olmuştur [Timbrell, 1991].

Biyolojik anlamda metaller 3 gruba ayrılabiliriz [Clark, 1992]:

1. Hafif metaller (sodyum, potasyum, kalsiyum, vb.) sıvı ortamlarda hafif hareketli katyonlar olarak taşınırlar.
2. Düşük konsantrasyonlarda tolere edilebilir fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik olan geçiş elementleri(demir, bakır, kobalt ve mangan).
3. Hücresel faaliyetler için genelde kullanılmayan ancak çok düşük konsantrasyonlarda toksik olan metaller (civa, kurşun, kalay, selenyum ve arsenik gibi).

Ağır metal; yoğunluğu 5 g/m³'ten daha yüksek olan metallere denilmektedir. Bu grup kadmiyum, kobalt, krom, demir, civa, bakır ve çinko metallerin bulunduğu 60 tan fazla metal içermektedir [Kahvecioğlu ve ark., 2011]. Bu tanıma göre yukarıda sınıflandırılmasını yaptığımız metallerden 2. ve 3. gruptakiler ağır metal olarak adlandırılabilir.

Ağır metaller, elementsel kirleticiler içinde en zararlı kirleticiler olarak bilinirler [Manahan, 1994] ve büyük bir bölümü biyolojik ortamda birikme özelliği göstermektedirler [Samsunlu, 1999]. Ağır metaller doğada eser miktarlarda bulunmaları nedeniyle birçok kaynaktan iz elementler olarak tanımlanmışlardır. [Sawyer ve McCarty, 1978] ve toksik etkileri nedeniyle çevresel önem taşımaktadırlar [Watts, 1997].

Metaller ve diğer atıklardan oluşan kirleticilerin çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, yaygın kirlenme sebebi oluşturmaları, çevre koşullarına dayanıklı olmaları, daima biyolojik sistemlere yönelik etki göstermeleri ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeniyle diğer kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadırlar [Gündüz, 1984].

Eser elementlerden bazıları esansiyel olduğu halde yüksek miktarda toksik etkilere yol açabilmektedir. Bunlar Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni ve Zn'dur. Cd, Cr, Hg ve Pb gibi

elementler ise esansiyel olmayıp eser miktarları bile toksik etki gösteren elementlerdir [Çalışkan, 2005].

Çomakoğlu (1995), tehlikeli atık sınıfında toksik etki yaratan birincil kirleticilerin ağır metaller olduğunu belirtmiştir. Manahan (1994), kadmiyum (Cd), berilyum(Be), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), kurşun (Pb), mangan (Mn), cıva (Hg), çinko (Zn) gibi metalleri ağır metaller olarak sınıflandırmıştır. Woodard (2001) da, kadmiyum (Cd), krom (Cr), cıva (Hg) , gümüş (Ag) nikel (Ni) ve çinkoyu (Zn) gibi metalleri öncelikli kirleticiler olarak sınıflandırmışlardır.

Endüstri faaliyetleri sonucu açığa çıkan atıklarda bulunan Cd, Ni, Hg ve Pb gibi ağır metaller yüksek toksik etki göstermekle beraber, bulundukları su ortamında sınır değerleri aşması sonucu toksik etki yapmakla birlikte suda bulunan organizmaların ölümüne neden olan metallerdir. Balıklar üzerinde yapılan bir çalışmada Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn gibi ağır metallerin toksik etki gösterdiği, bu birikim oranının balıkların yaşı, yaşadığı yer ve beslenme koşullarına göre değişmektedir [Stoker ve Seager, 1976].

Ağır metaller canlılar üzerinde olumsuz etkiye sahiptirler, alıcı ortama direkt olarak verildiklerinde canlı yaşamını ve sürdürülebilir çevreyi tehdit etmektedirler. Doğada kalıcılık özelliğinin yanı sıra ayrıştırılmaz ya da yok edilemezler [www.answers.com].

Ağır metallerde esansiyel olmayanlar, parçalanarak toksisitelerini ne azaltabilmekte ne de vücuttan atılımı mümkündür. Bu nedenle canlı hücreleri için toksiktirler [Güven ve ark., 1995]. Canlıların ağır metallere karşı biyolojik toleransları farklıdır. Depo yerleri çoğunlukta karaciğer ve böbreklerdir [Vallee, 1991].

Sularda çözünen metaller çökerek sedimentte birikirler, nehrin ve denizle birleştiği kısımlarda ağır metallerin sedimantasyonu daha yoğundur. Bundan dolayı göl ve denizlerin sedimentlerin de yüksek oranda ağır metal birikmektedir [Fergusson, 1990]. Yapılan çalışmalarda metallerin doğal su ortamlarında serbest iyonlar, inorganik veya organik bileşikler ve partikül maddelerle absorbe olmuş şekilde bulundukları belirlenmiştir. Sediment içinde, çökmüş veya absorbe olmuş olsalar bile bazı fiziksel ve kimyasal olaylarla tekrar iyonik forma dönüşür ve toksik etkilerini gösterebilirler [Freedman, 1989].

Absorbe olarak çöken (sediment) ağır metal iyon ve bileşiklerinin çeşitli fiziksel ve kimyasal olaylarla değişik yükseltgenme basamaklarına sahip iyonik formlarına dönüşerek toksik etki yaptıkları ifade edilmektedir [Engel ve ark., 1981]. Eser miktarda bile toksik etkisi yapabilen bu maddeler arasında en önemlileri; Ag, As, Be, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, S, V, Zn gibi elementler oluşturmaktadır. Ağır metallerin önemli bir kirletici grup oluşturdukları toksik ve kanserojen etkileri olduğu gibi canlı organizmalarda birikme eğilimi de göstermektedirler. Krom, civa, kurşun, kadmiyum, mangan, kobalt, nikel, bakır ve çinko gibi metaller doğada sülfür, oksit, karbonat ve silikat mineralleri şeklinde bulunurlar. Bunları suda çözünürlükleri oldukça düşüktür. Atık suyun içindeki bor, ağır metal vb. toksik maddeler; yörenin iklim şartlarına ve toprak özelliklerine bağlı olarak toprakta birikebilir. Bitki tarafından alınabilir veya suda kalabilir. Pb, Hg, Cu, Zn gibi ağır metaller suda çok az miktarda bulunurlar. Bunları hepsi su hayvanları için toksiktir. Çoğu 1 ppm sınırında öldürücüdür [Mutluay ve ark., 1996].

Ağır metaller toprak ve kayaların doğal yapılarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Örneğin Al, yeryüzü kabuğunun % 8,2'sini ve Fe ise %3-4'ünü oluşturmaktadır. Buna karşın bazı elementler ise iz elementler olarak doğada bulunmaktadır. Bunlar Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Pb, Mo, Ni, Se, Ag, Sn, ve U elementleridir. Bunlar oldukça kuvvetli toksiktirler, 1 ppm'den az suda çözünmüş durumda olduğunda biyotaya etkileyebilirler [Freedman, 1989].

Tarımsal mücadele için kullanılan kimyasal ilaçlar (fungisitler gibi) ağır metal içermektedir. Bu kimyasalların kullanımı sonucu çeşitli yollarla sulara karışmakta, yine metal cevherlerin işlenmesi, araba egzozlarından salınımı, pil ve plastiklerin içeriğinde kullanılması yoluyla doğaya bırakılan ağır metaller suların kirlenmesine neden olmaktadır [Gey, 1988; Manahan,1993].

Endüstriyel faaliyetler sonucu açığa çıkan ağır metaller su kaynaklarında, aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür, olarak katı bileşik halinde su tabanına çökerler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesine belli bir sınırdan olduğundan suların ağır metal konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. Ülkemizde kapalı havza içerisinde bulunan göllerimiz çevresel açıdan yeterince korunmaması, sulak

alanlarda kontrolsüz sanayileşmeye ve tarıma izin verilmesi suların ağır metal konsantrasyonunu sürekli artmasına neden olmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2011). Çeşitli endüstrilerden kaynaklanan ağır metal türleri Çizelge 2.2’de verilmiştir [www.healty.net].

Çizelge 2.2. Endüstrilerden atılan metal türleri

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kâğıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi	+	+	+	+	+	+	+	+

Ağır metal derişimleri kıyı bölgelerde ve kapalı bölgelerde açık bölgelerden daha fazladır. Hg, Cd, Pb, Cu gibi elementler belli derişimlerin üzerinde toksik etki yaptıkları için ve bir organizmadan diğerine geçişleri sırasında derişimi artabildiği için önem kazanmış ve pek çok araştırmaya konu olmuştur. Zehirli özelliklere sahip ağır metallerin çevre sularında bulunması birçok yaşam türleri için önemli bir tehlike oluşturmaktadır. Bu sularda bulunan organik kirleticiler biyolojik olarak parçalanabilir, fakat ağır metallerin biyolojik bozunma ile zararsız ürünlere dönüşmesi söz konusu değildir. Ağır metallerin ya çıktıkları kaynakta kontrol edilmesi ya da çevre sularından uzaklaştırılması gerekmektedir [Uslu ve Türkman, 1987].

2.2.1. Çeşitli ağır metallerin insan ve çevre sağlığına etkileri

Kurşun (Pb)

İnsan faaliyetleri sonucunda önemli oranda yayılan kurşun, eski çağlardan günümüze kadar kurşun kullanımı giderek artmıştır. Atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından oldukça toksik olduğu ve bu nedenle çevresel kirlilik yaratan önemli ağır metallerden biri olarak tanımlanmıştır. Kurşun, düşük hareketliliği neticesinde su-toprak sistemlerinde absorbe olma eğilimi oldukça fazladır [Watts, 1997].

Kurşun insan sağlığına zararlarından söz edecek olursak; genellikle kemiklerde depolanmakta olup bunun yanında beyne, anne karnındaki bebeğe ve anne sütüne de geçebilmektedir. Bebeklerde ve çocuklarda düşük konsantrasyonlarda bulunan kurşun yaştan ilerlemesi ve kurşuna maruz kalmasıyla bu oran giderek artış göstermektedir. Dünya sağlık örgütünün sınıflandırmasına göre kurşun 2.sınıf kansorejendir [Euroean Commission, 2002].

Kadmiyum (Cd)

Günümüzde endüstride nikel ve kadmiyumlu pillerde, korozyona karşı dayanıklı olmasından dolayı gemi sanayinde, boya ve plastik sanayide, elektronik sanayide kullanılmaktadır. Ayrıca fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda, petrol ve türevlerinde yaygın olarak kullanımı sonucu önemli çevre kirliliğine sebep olmaktadır [Kahvecioğlu ve ark., 2011].

Kadmiyum en toksik çevresel kirleticilerden biridir. Düşük konsantrasyonlarda bile su canlıları için son derece zararlı etkilere sahiptir [Katalay ve Parlak, 2004]. Kadmiyum teratojenik ve karsinojenik etkileri olan toksik bir metal olarak kabul edilir [Bebiano ve Machado, 1997]. Mineral gübrelerden özellikle fosforlu gübreler, ortalama 10 ppm Cd içermektedir [Arcak, vd., 1996].

Kadmiyum suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Kadmiyum oldukça zehirli bir metal olup, vücutta birikmekte ve 20–30 yıl sonra ortaya çıkmaktadır [Watts, 1997]. Akut zehirlenmelere, akciğer ve prostat kanseri, böbreklerde hasara,

kemik erimesi, kansızlık, diş dökülmesi ve koku duyumunun yitirilmesine sebep olmaktadır [www.osha-slc.gov]. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre kurşun 1.sınıf kansorejen grubuna girmektedir [Duffus, 1980].

Krom (Cr)

Krom içeren endüstri faaliyetleri, fosil yakıtların kullanımı, ağaç ve kâğıt ürünlerin yanması doğada altı değerlikli krom oluşmaktadır. Krom kayalardan toprağa, suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprak olmak üzere bir döngü halindedir. Yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu döngü içerisinde ayrılarak denize, akarsu ve göl tabanlarına çöker [Kahvecioğlu ve ark., 2011]. Ayrıca krom gübrelerde ve pestisitlerde kullanılır [McNeely ve ark., 1979].

İnsanlar için günlük krom alım miktarı 30–200 µg'dır. Bu oranda alınan krom miktarı toksikolojik değildir [Mertz, 1987]. Krom genel olarak; deri, sindirim sistemi ve akciğerler de tahriş edicidir ve özellikle Cr⁺⁶ kansorejendir. Kroma uzun süre maruz kalındığında sinir sistemi, kan dolaşım sistemi, böbrekler ve karaciğerde tahrip edicidir. Krom sulu ortamlarda birikme daha çok birikir bu nedenle krom seviyesinin yüksek olduğu sulardaki balıkları yemek tehlikelidir [Kahvecioğlu ve ark., 2011].

Bakır (Cu)

Bakır ısı iletkenliği, yüksek elektrik, aşınmaya ve korozyona dirençli olması, çekilebilme ve dövülebilme gibi çok farklı özelliklere sahip olması nedeni ile sanayi de önemli bir yere sahiptir [www.kimyaevi.org ; Metals handbook, 1978].

Doğal suların pH'ına bağlı olarak çözünürlük sınırındaki azalma sonucu suların dibinde çöker. Doğal yer altı tatlı suların sedimentinde 16-5000 mg/kg (kuru ağırlık) , deniz sedimentinde ise 2-740 mg/kg (kuru ağırlık) değerleri arasında bakır bulunur. Kirlenmemiş topraklarda ise bakır konsantrasyonu ortalama değeri 30 mg/kg (sınır değeri 2–250 mg/kg)'dır [www.inchem.org]. Bakır minerallerinin çözünürlükleri düşük olduğundan sulardaki bakırın çok az bir kısmı doğal kökenlidir [Hem, 1985]. Bakır içeren organik ve inorganik bileşikler tarımda, fungusit ve

pestisit olarak geniş şekilde kullanılır. İnorganik gübreler bir miktar bakır içerir. Bu yollarla bir miktar bakır sulara karışır [Dökmeci, 2005].

Bakır küçük canlılarda zehir etkisi gösterirken büyük canlılar için eksikliğinde şu problemler görülebilir; büyümede gecikme, solunum sisteminde enfeksiyon, kemik erimesi, anemi, saç ve deri de renk kaybı gibi [www.inchem.org]. Fakat büyük canlılar için temel yapı taşı olmasına karşın bakır, Dünya Sağlık Örgütü tarafından günlük alınabilen maksimum bakır değeri kadınlarda 12 mg/gün, erkeklerde 10 mg/gün, 6–10 yaş grubunda bulunan çocuklarda ise 3 mg/gün olarak belirlenmiştir. İçme sularında ise sınır değer 2 mg/L'dir [WHO, 1996; Habashi,1997]. Ayrıca yüzeysel sularda 1 mg/l'nin altındaki bakır konsantrasyonlarında dahi su bitkilerine toksik etkide bulunabilmektedir [Sawyer ve McCarty, 1978].

Kobalt (Co)

Dünyada 25 mg/ton ortalama ile nadir bulunan elementler grubundadır [www.usgs.gov]. Malzemelere manyetik özellik kazandırma, korozyondan koruma ve alaşımlarda kullanılırken, kobaltın bileşikleri petrol ve seramik endüstrisinde katalizör, boya pigment, mürekkep ve verniklerde kurutma maddesi olarak kullanılır. Pil elektrotlarında, manyetik malzemelerde ve kayıt cihazlarında da kullanılmaktadır [www.usgs.gov].

Su da çözünen kobalt bileşikleri ağız yolu alımı sonrası % 75'i vücuttan atılırken geri kalan kısım akciğer, karaciğer, böbrek, testisler ve bağırsakta toplanmaktadır [Kahvecioğlu ve ark., 2011]. Kobaltın vücuttaki normal miktarı 80–300 µg'dır. Kırmızı kan hücrelerinde, karaciğer, dalakta, böbrekte ve pankreasta toplanmaktadır [www.inchem.org].

Nikel (Ni)

Sülfat ve oksitler halinde bulunan ve yeryüzünde bulunma sıklığı 24.sırada olan nikelin ortalama konsantrasyonu % 0,008'dir [Habashi, 1997]. Nikel orta seviyede zehirli özelliği olmasının yanı sıra organik formu inorganik formuna göre daha zehirleyicidir. Ayrıca deriyi tahriş eder, kalp damar sistemi üzerinde oldukça zararlı

ve kansorejen etki gösterir. Bu nadir rastlanan bir durumdur. Nikel, yakıtların yanması, madencilik, rafinasyon ve kentsel atıkların külleştirilmesi ile atmosfere yayılır [Kahvecioğlu ve ark., 2011].

Çinko (Zn)

Basınçlı kalıp dökümünde, pirinçte alaşım elementi ve boya pigmenti olarak kullanılır. Çinko yetersizliği, gelişim bozukluklarına, cinsiyet ve iskeletin gelişmemesi, kol ve bacak gibi uvuzlarda deri iltihabı, ishal, kellik, iştah azalması ve davranışlarda değişikliklere yol açmaktadır [WHO,1996]. Ancak yüksek konsantrasyonlarla karşılaşıldığında pankreasa zarar vermektedir, damar sertliğine ve solunum rahatsızlıklarına neden olmaktadır [ww.lenntech.com].

Belirli konsantrasyonlarda çinko, sulardaki mikro faunayı olumsuz yönde etkiler. Balıklar için toksisite sınırı 0,3 mg/l, sert olamayan sularda 0,15 mg/l'dir. Bakır ve nikel, çinkonun zehir etkisini artırır [Uzunoğlu, 1999].

Arsenik (As)

Yerkürenin kabuğunda çok az bulunan ve geniş olarak yayılmış bir elementtir. Fosfat kayaları ve killer bu elementçe zengindir [Savru, 2003]. Arsenikli bileşikler, böcek ve tarım ilaçlarında, bazı kanser ilaçları, boya, duvar kağıdı ve seramik ürünlerin yapımında kullanılmaktadır. Arsenik zehirlenmesi iki yolla gerçekleşmekte olup, birincisi bir defa da yüksek alınan dozda (akut zehirlenme) diğeri ise küçük dozlarla (kronik zehirlenme) zehirlenmedir [www.wikipedia.org].

Arsenik azot ailesinden metalloid özellik gösteren bir elementtir. Arsenik başlıca idrarla atılır. İdrardaki total arsenik konsantrasyonu yakın zamanda arseniğe maruz kalındığının göstergesidir. İnorganik arseniğin insanlardaki yarı ömrü dört gündür [www.ttb.org.tr].

2.3. Tarımsal Kaynaklı Ağır Metal Kirliliği

Artan nüfus ihtiyacına karşın toprak kirliliğinin artması tarım yapılabilir alanlar azaltmaktadır. Ve artan nüfusa cevap verebilmek için toprağın verimini arttırmak amacı ile organik gübreler, sentetik gübreler ve kimyasal tarım ilaçları kullanılmaktadır. Tarımda verimi arttırmak amacı ile özellikle gübre kullanılmaktadır. Gübre üretici kuruluşlar, alınan gübrelerin cinsi ve P_2O_5 oranları Beşi özel, biri kamu sektörü olmak üzere toplam 6 gübre fabrikasından alınan 23 adet fosforlu gübre örneğinin analiz sonuçları Çizelge 2.3’de verilmiştir. Ayrıca 2.4’de de ağır metallerin başlıca kaynakları olan mineral ve organik gübrelerin metal içerikleri verilmiştir [Köleli ve ark., 2005].

Çizelge 2.3. Gübre üretici kuruluşlar, alınan gübrelerin cinsi ve P_2O_5 oranları

Kuruluş	Tesis Yeri	Ürün Cinsi	% P ₂ O ₅
Bagfaş	Bandırma	Kompoze(20:20:0)*	20
		DAP (18:46:0)	47
		Fosfat Kayası(Ürdün)	33
Toros	Ceyhan	Kompoze (20:20:0)	20
		Kompoze(15:15:15)	15
		TSP	48
		H ₃ PO ₄	54
		Fosfat Kayası (Cezayir)	33
Toros	Mersin	Fosfat Kayası(İsrail)	31
Ege	Aliağa	Kompoze(20:20:0)	20
		Kompoze(15:15:15)	15
Tügaş	Samsun	Kompoze(20:20:0)	20
		Kompoze(15:15:15)	15
		DAP	54
		H ₃ PO ₄ (Yerli)	28
		H ₃ PO ₄ (İthal)	54
		Fosfat Kayası(Tunus)	32
Gübretaş	Yarımca	Kompoze(25:5:10)(Yerli)	5
		Kompoze(10:25:20)	25
		Kompoze(10:15:25)	15
		DAP(Tunus)	54
		H ₃ PO ₄ (İthal)	55
		Fosfat Kayası(Suriye)	30
* Gübre Derecesi(N: P ₂ O ₅ :K ₂ O)			

Çizelge 2.4. Ağır metallerin başlıca kaynakları mineral ve organik gübrelerin metal içerikleri (mg/kg) [Köleli ve ark., 2005].

Elementler	Sembol	Organik Gübreler	Azotlu Gübreler	Fosforlu Gübreler	Pestisitler	Akar Sularda Sulama	Kireçleyici Maddeler
Arsenik	As	3-25	2,2-120	2-1200	22-60	2-26	0,1-24,0
Brom	Br	16-41	185-716	3-5	20-85	20-165	-
Kadmiyum	Cd	0,3-0,8	0,05-8,5	0,1-170	-	20-1500	0,04-0,1
Sezyum	Cs	-	-	20	-	20	12
Kobalt	Co	0,3-24	5,4-12	1-1,2	-	2-260	0,4-3,0
Krom	Cr	5,2-55	3,2-19	66-245	-	20-40600	10-15
Bakır	Cu	2-60	1-15	1-300	12-50	50-3300	2-125
Flor	F	7	-	8500-38000	18-45	2-740	300
Civa	Hg	0,09-0,2	0,3-2,9	0,01-1,2	0,8-42	0,1-55	0,05
Magnezyum	Mg	30-550	-	40-2000	-	60-3100	40-1200
Molibden	Mo	0,05-3	1-7	0,1-60	60	1-40	0,1-15
Nikel	Ni	7,8-30	7-34	7-38	-	16-5300	10-20
Kurşun	Pb	6,6-15	2-27	7-225	60	50-3000	20-1250
Kalay	Sn	3,8	1,4-1,6	3-19	-	40-700	0,5-4
Stronsiyum	Sr	80	-	25-500	-	40-360	610
Tellur	Te	0,2	-	20-23	-	-	-
Uranyum	U	-	-	30-300	-	-	-
Çinko	Zn	15-250	1-42	50-1450	1,3-25	70-49000	10-450
Vanadin	V	-	-	2-1600	45	20-400	20
Baryum	Ba	270	-	200	-	150-4000	120-250
Bor	B	0,3-0,6	-	6-115	-	15-100	10

Kirlenmiş toprak ekosistemlerinde kütle alış-verişi mekanizması bozulur. Sözgelimi, toprak çözeltisi ile katı fazı arasında madde (iyon, anyon, katyon) alış-verişi, toprak çözeltisinde madde taşınımı ve bunun gibi diğer önemli işlemler engellenir. Ürün

cinsine göre gübrelerde mevcut olan ağır metallerin maksimum ve minimum değerleri Çizelge 2.5’de verilmiştir.

Çizelge 2.5. Ürün cinsine maksimum ve minimum Cd, Pb, Ni ve As konsantrasyonu mg/kg [Köleli ve ark., 2005].

ÜRÜN CİNSİ	N	CD	PB	Nİ	AS
Fosfat Kayası	5	32-358	14-335	185-386	58-531
Fosforik Asit*	4	95-128	<BL*-25	55-403	21-123
DAP	3	23-171	<BL-11	59-116	43-83
		(5,4-40)***	(<BL-2,6)	(14-27)	(10-20)
TSP	1	134	13	309	82
		(35)	(3,4)	(82)	(22)
20:20:00	4	30-179	<BL-75	109-1931	60-360
		(7,5-44)	(<BL-19)	(27-180)	(15-89)
15:15:15	3	58-134	34-2052	211-1036	49-317
		(14-33)	(8,5-510)	(52-257)	(12-79)
25:05:10	1	87	124	183	92
		(22)	(31)	(46)	(23)
10:15:25	1	58	206	107	244
		(14)	(51)	(27)	(61)
Sınır Değer, **** mg/kg gübre		8	100	-	50

* mg/L, **BL:belirleme limiti, ***mg/kg gübre değeri, **** Çin ve Japonya’da yürürlükte olan gübre metal standart değerleri

Ağır metaller bitkilerin büyümesi için gerekli ise de belirli bir konsantrasyondan sonra hem bitkiler hem de mikroorganizmalar için zehirli olmaktadır. Tarım topraklarındaki toksik metallerin en önemli kaynağı fosforlu gübrelerdir. Fosforlu gübrelerdeki bu metallerin varlığı ve miktarı ham kaya fosfatının metal içeriğine bağlıdır. Fosfat kayası olarak bilinen ham kaya fosfatı, fosforlu gübrelerin ana

maddesidir [Sezen, 2000]. Tarım topraklarında verimi artırmak amacıyla kullanılan fosforlu gübreler diamonyum fosfat (DAP), triple süper fosfat (TSP) ve kompoze gübrelerdir.

Toprak, genel olarak organik madde ve kayaların çeşitli ayrışma ürünlerinden oluşan ve içerisinde hava, su ve pek çok canlılar âlemini de barındıran bir maddedir [Ergene, 1993]. İnsanların tarım amaçlı gübre ve kimyasalları bilinçsiz kullanımı sonucu topraktaki canlılar olumsuz etkilenmektedir. Binlerce yıldır organik artıkların parçalanmasını sağlayan bakteriler ile toprak verimliliği yükseltilirken, kimyasal gübrelerin ve pestisitlerin kullanılması ile toprakların verimsizleşmesine, bakterilerin yeteneklerinin kaybolmasına, bitki besin elementlerinin doğal üretilmemesine ve atıkların parçalanamamasına sebep olmuşlardır [Fiedler, 1990; Syed, 2005]. Gerek tarım topraklarındaki P miktarının az olması (%0,04–0,30) gerekse suda çözünürlüğünün düşük olması nedeniyle, toprağa uygulanan fosforlu gübrelerin ancak %5-25'inden bitkiler yararlanabilmektedir. Bu nedenle her yıl toprağa aşırı ve bilinçsiz bir şekilde fosforlu gübre uygulanmaktadır. Fosforlu gübrenin toprağa uygulanması, toprağın özellikle üst kısmındaki toksik metal konsantrasyonunu artırmaktadır [Camelo ve ark., 1997].

Sulama, kurak ve yarı kurak bölgelerde yüksek tarımsal verim ve kalite açısından oldukça büyük öneme sahiptir. Ancak yanlış ve aşırı sulamalar; taban suyu yükselmesi, tuzluluk, gübre ve kimyasal ilaç kalıntılarının derinlere inmesi, iz elementlerin su kaynaklarında birikmesi, toprak erozyonu, bu sulardan ve kalıntı içeren topraktan yararlanan canlılar üzerinde hastalık ve zararların oluşması gibi ciddi boyutlara ulaşan çevresel sorunların meydana getirmektedir. Aynı zamanda ülkemizde coğrafi koşullara yönelik uygun tarımın yapılmaması bölgede bulunan su kaynaklarının bilinçsizce kullanılması aynı zamanda toprak verimin düşmesine neden olmaktadır. Ve tarım alanları genişlemezken, gübre ve kimyasal ilaç kullanımı giderek artmaktadır. Fakat tarım yapılırken ve uygulamalarında (gübre kullanımı gibi) toprağı tanımak, özelliklerini bilmek, toprağın ihtiyaç duyduğu düzeyde gübreyi uygun zamanda ve metotla toprağa uygulamak gibi etkenlere dikkat edilmediğinde

su kaynakları, tarım ürünleri, toprak ve atmosferin kirlenmesi gibi önemli çevre sorunları ortaya çıkmaktadır.

Sadece toprağı verimsizleştirmemiş olup, yağmur suları ve sulama suları sayesinde yeraltı sularını ve yerüstü suların kirlenmesine de sebep olmuştur. Kısacası tabiata uygun yapılmayan tarımsal mücadele, toprağın ve suyun kirlenmesine yol açmaktadır. Gübrenin içinde yer alan Zn, Cu, Pb, Cd ve Ni gibi ağır metaller özellikle suyun kirlenmesinde etkili rol oynarlar. Önemli kirleticilerden sayılan ağır metaller tarım sektöründe tarımsal mücadelede ağır metal içeren kimyasal ilaçların [Fungusitler v.b.] ve gübre kullanımı sonucu çeşitli yollarla sulara karışarak su kirliliğine sebep olurlar [Karadede ve ark., 1997; Aydın ve ark., 2006]. Gübrelemenin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileri en çok azotlu, fosforlu ve kısmen de potasyumlu gübrelerin bilinçsiz kullanımından kaynaklanmaktadır. Yeraltı sularında fosfattan kaynaklanan kirlenmeler geçmişte yapılan birçok araştırmada görülmüştür. Fosfat kirlenmelerinin önemli kaynağı kimyasal gübrelerdir [Rao ve Prasad, 1979]. Günümüzde yer altı sularının içme ve kullanma suyu olarak kullanıldığı düşünülürse gelecekte temiz içme ve kullanma suyu bulmak güçleşebilir. Gübrelerin sularda oluşturduğu bir diğer çevre sorunu ise ötrifikasyondur. Alıcı su ortamlarında yüksek besin maddeleri birikimi sonucu alg büyümesi gerçekleşmekte ve oksijen hızla azalmaktadır. Oksijen düzeyinin azalması sucul canlıların ölümüne neden olmaktadır. Özellikle durgun su kaynaklarına yakın tarımsal alanlarda bu risk oldukça yüksektir. Su kaynakların sürdürülebilirliği ve ekolojik dengenin devamını sağlanması için kirlilik yaratmayan ve canlılarda toksik birikime neden olmayan tarımsal ürünler üretmeli ve uygun tarım teknikleri kullanılmalıdır.

Ham ve ara madde yönünden tamamen dışa bağımlı olan ülkemizde kullanılan fosforlu gübrelerin toksik metal içerikleri yönünden herhangi bir yasal düzenleme mevcut değildir. Bu metallerin tarım ürünleri tarafından alınmasıyla besin zincirine girmesi ya da topraktan yıkanarak su ortamına ulaşma olasılığı, büyük bir çevresel tehlike yaratmaktadır [Alloway 1995, Alloway ve Steinnes 1999]. Ayrıca bu tip metaller toprakta mevcut doğal organik asitler ile bileşik oluştururlar. Bu da metallerin topraktan aşağı taşınışını hızlandırarak yeraltı suyuna karışmalarını ve

dolayısıyla içme ve sulama sularının kirlenmesine neden olmaktadır [Fukushima ve ark. 2001, Kantar, 2001].

Su yapılarının tabanında yer alan değişik karakterli maddelerin birikimi ile oluşan tabaka dip sedimente olarak adlandırılır. Sedimentler erozyonla taşınan kaya parçaları, kanalizasyon deşarjları, tarımsal uygulamalar, bina ve yol inşaatları gibi insan faaliyetlerinden veya mikroorganizmalar (fitoplankton, zooplankton ve bakteri), makrofitler ve diğer büyük boyutlu organizma ve atıklarından meydana gelmektedirler [Golterman ve ark. 1983]. “Sediment” genel olarak su ortamındaki birikinti materyalini belirtir ve dip çamuru olarak da adlandırılır. Bütün doğal sular değişen miktarlarda sediment içerirler. Sucul sistemlerde değişik karakterli maddeleri içine alan sedimentler coğrafi ve doğal sebeplerden oluşan erozyonla, su içindeki ölü alglerin organik ve inorganik partiküllerin dibe çökerek birikmesiyle meydana gelmektedir [Haktanır, 1983].

Sediment içindeki ağır metaller ve metal bileşikleri gibi inorganik maddeler aşırı miktarda bulundukları zaman potansiyel kirleticiler olarak göz önünde tutulmalıdırlar. Sediment tabakaları su kalitesini belirgin olarak belirler. Aynı zamanda çevresel sedimantoloji çalışmaları su kalitesi analizlerinden ayrı düşünülmez ve beraber yapılması gerekir. Çünkü sediment tabakasının bünyesinde biriken kirleticiler için (organik madde, fosfat, azot bileşikleri, çeşitli metaller, Fe, Hg gibi) belli doygunluk seviyesi vardır ve bu doygunluk seviyesine erişen sediment tabakası bir süre sonra bünyesinde tuttuğu bu kirleticileri tekrar suya bırakır. Böylece sadece su kirliliği problemi çözölen bir su kütleğinde tekrar çevre kirliliği problemi yaşanabilir [Lijklema, 1993].

Suyun pH’sı ve redoks potansiyeli azaldıkça, tuzluluğu da arttıkça sedimentten su kolonuna geöen metal miktarı artar [Karakaş, 2003]. Sediment tabakası kirleticiler için bir rezervuardır. Dayanıklılık gösteren inorganik ve organik kirleticiler sedimentda birikebilir ve uzun yıllar birikim sonucu, akuatik organizmalar ve insan sağığı için toksik etkiye sahip olabilir. Sediment kalitesinin korunması, akuatik yaşam, insan yaşamı ve ekolojik dengenin korunması ile birlikte, ulusal sınırdaki su kütlelerinin biyolojik olarak korunması ve tekrar iyileştirilmesi içinde önemlidir.

Sediment kirleticileri ya direk etkilerle veya sürdürülebilir popülasyonların ihtiyacı olan besin zincirlerini etkileyerek rekreasyonel, genel veya ekolojik önemi olan türleri elimine edebilir veya azaltır. Daha ötesinde, bazı sediment kirleticileri, fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin bir sonucu olarak besin zinciri boyunca biyoakümüle olabilir veya serbest kalarak sediment üzerindeki su tabakasına geçiş yapabilir [USEPA, 2001].

Sediment tabakasının çevresel tehlike boyutunun belirlenmesi ve sediment kalitesi için standart veya kalite kriterlerinin oluşturulması, sedimentte bulunan türlerle, maddelerin bu türler üzerindeki toksisitesi ve kimyasal analizlerde, kirleticilerin konsantrasyonlarının belirlenerek, karşılaştırma yapılmasıyla anlaşılabilir [Pedersen ve Bjomested, 1998].

Sedimentte biriken ağır metallerin konsantrasyonu dipte bulunan sediment parçacıklarının oranına, parçacıkların boyutuna ve sedimentte organik maddelerin bulunup bulunmamasına göre değişiklik gösterir. Sediment ağır metaller için önemli bir birikim yeridir ve bu nedenle sucul ortamların metal kirliliğinin belirlenmesinde kullanılır [Salomans ve diğ., 1987].

Sulardaki çoğu ağır metalin karakteristik özelliği HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- ve NO_3^- gibi inorganik iyonlarla birleşerek kompleks iyonlar oluşturmaya olan eğilimleridir [Bebek, 2001] ve bu metaller su tabanına çökerek bu bölgede yoğunlaşırlar. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir [Kahvecioğlu vd., 2011].

Pb, Cu, Zn gibi ağır metaller suda çok az miktarlarda bulunurlar. Bunların hepsi su hayvanları için toksiktir ve çoğu 1 ppm sınırında öldürücüdür. Ağır metallerin toksisitesi, pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, metalin bileşik ya da iyon halde bulunuşu, çözeltinin yenilenme frekansı, çözeltideki diğer maddeler ve sinerjistik etki gibi faktörlere bağlıdır [Mutluay ve Demirak, 1996]. Organik kalıntılar içeren şeyler, mangan yönünden zengin göl ve bataklık sedimentleri, fosfat yatakları önemli miktarda kadmiyum ve çinko içerirler [Haktanır, 1983]. Kirletici maddeler az bulunduğu zaman ekosistemde çeşitli çevre etmenleriyle dağılarak kısmen etkisi

azaltılabilir. Ancak, dolanımı zayıf olan veya hiç olmayan durgun sularda ekosistemin fizikokimyasal ve biyolojik dengesi bozulur ve yaşam için gerekli olan oksijen ve besin maddesi sağlanamaz. Bir sucul ortamda kirlenmenin kritik düzeye ulaşması ortamın fauna ve florasını etkiler ve besin zinciri yoluyla bu etkisini zincirin en üst düzeyinde bulunan insana kadar taşıyabilir. Deniz ve tatlı su hayvanlarında çoğu (midye, balık, istiridye gibi) insanlar için zararlı ağır metalleri bünyelerinde biriktirebilirler [Girgin ve Kazancı, 1994].

2.3.1. Gübrelerin ağır metal içerikleri

Ağır metaller gibi kirlilik unsuru taşıyan gübrelerin sürekli kullanımı, topraktan yıkanması zor olan zehir yüklerinin birikmesine neden olmaktadır. Toprak kirliliğinin diğer önemli bir yönü sekonder olup özellikle su kirliliği açısından büyük önem taşımaktadır. Topraktaki kirleticiler sızarak yeraltı sularını, yüzey akışları ve erozyonla da yüzey su kaynaklarına taşınarak önemli ciddi sorunlara neden olmaktadır [İmre, 1988].

Kadmiyum ve çinko, jeolojik açıdan genellikle beraber bulunurlar. Bu iki element arasında metalürjik açıdan bir ilişki mevcuttur. Fabrikasyon esnasındaki bulaşmalar neticesinde, kadmiyum fosforlu gübrelerin yapısına girebilir. Trikalسيومfosfatta kadmiyum miktarı 1-2 ppm iken, süper fosfat 50-170 ppm kadar kadmiyum ihtiva edebilir. Topraktaki kadmiyum miktarı 1 ppm'den fazla olduğu takdirde, toprak kadmiyum yönünden kirli olarak kabul edilir [Tok, 1997].

Tarımda kullanılan kimyasal gübrelerle önemli miktarda toksik element toprağa bırakılmaktadır. Bu elementler özellikle fosfatlı gübrelerden kaynaklanan Cd, Zn, Cr, Pb, Ni, U'dur. Geleneksel gübreleme yöntemleri istenmeyen ağır metal artışlarına neden olabilmektedir. Yapılan çalışmalarda fosfatlı gübrelerin 0,1–170 mg/kg arasında kadmiyum içerdiği ve topraktaki kadmiyum kirliliğinin büyük oranda fosfatlı gübrelerden kaynaklandığı tespit edilmiştir [Ceran, 2002]. Fosfatlı gübrelerde Pb düzeyinin 7–225 mg/kg, nitratlı gübrelerde 2–27 mg/kg olduğu ve yine fosfatlı gübrelerde Cu düzeyinin 1–300 mg/kg civarında olduğu ve topraktaki kirlilik için

fosfatlı gübrelerin diğer etkenlerle kaynak oluşturduğu belirtilmektedir [Savru, 2003]. Arsenik ihtiva eden pestisitlerin arsenik derişimi birkaç yüz misli artmaktadır. Selenyum ise süper fosfat gübresinde 5 mg/kg olduğu bildirilmektedir [Gegers, 1967].

Fosfat kayasından elde edilen gübreler fosforlu gübreler eser element ve diğer ağır metallerin çevreye yayılmasında kaynak oluşturmaktadırlar. Yiyeceklerdeki birikimlerinden dolayı bir grup ağır metal toksik olarak adlandırılır. Bunlar Hg, Pb, Cd, As, Cu, V, Sn, Sb, Mo, Co ve Ni'dir. Bunların içinde en toksik olan ise Hg, Cd, Pb ve As'dir [Savru, 2003]. Mineral gübrelerin ağır metal içeriklerini şu şekilde belirlemişlerdir. Potasyum Sülfat gübresinde Pb: 40 mg/kg, Cd: 0,5 mg/kg, Cr: 4 mg/kg, Cu: 7 mg/kg, Ni: 3 mg/kg, Zn: 70 mg/kg; triple süper fosfat gübresinde Pb: 2 mg/kg, Cd: 30 mg/kg, Cr: 250 mg/kg, Cu: 25 mg/kg, Ni: 35 mg/kg, Zn: 500 mg/kg [Savru, 2003]. Çizelge 2.6'de ham fosfat, TSP ve amonyum nitrat gübrelerinin ağır metal içerikleri [Mortvedt, 1996] ve Çizelge 2.7 değişik firmalardan alınan gübre örneklerinde ağır metal içerikleri [Raven, 1997].

Çizelge 2.6. Ham Fosfat, TSP ve Amonyum Nitrat gübrelerinin ağır metal içerikleri mg/kg [Mortvedt, 1996].

Ağır Metal (mg/kg)	Ham Fosfat	TSP	Amonyum Nitrat
Arsenik	16,5-20,5	15,3-16,2	< 0,4
Kadmiyum	1,3-48,8	5-6,2	< 0,2
Krom	33,2-140	88,9	-
Bakır	9,6	3,2-3,5	< 0,6
Kurşun	4,6-29,2	11,1-13,2	< 0,4
Civa	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Molibden	-	-	-
Nikel	16,8-50,4	15,6-25,2	< 0,2
Selenyum	< 1,4-2,17	< 1,2	-
Çinko	78,8-382	61,3	-

Çizelge 2.7. Değişik firmalardan alınan gübre örneklerinde ağır metal içerikleri mg/kg [Raven, 1997].

Ağır Metaller (mg/kg)	15.15.15 Kompoze	18-46 DAP	% 21 Sülfat	% 46 Üre	% 33 A.Nitrat	% 43-44 TSP
Kadmiyum	2,1	5,4-94	0,1-1,2	0,1	0,1	5-47
Kurşun	2,1	4,5-12	0,2-15	0,2	0,2	4,5-16
Arsenik	4,9	6,8-15,6	0,2-1,5	0,2	0,2	2,7-16,2
Krom	42,5	456-16	0,7-2,14	-	-	63-548
Civa	0	-	0,2-0,4	0,2	0,2	0,2
Nikel	11	11-127	0,1-2,5	0,5	0,1	15-40
Bakır	7,2	0,75-3,2	0,3-0,5	0,3	0,3	2,1-12
Çinko	0,55	59-2193	17	-	-	75-696

Savru (2003), yaptığı bir çalışma ile ülkemizde gübre fabrikalarının üretilen gübrelerin ağır metal içeriklerini araştırmak amacıyla alınan örneklerde As, Cd, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Hb, Sb, S, Sn, Tı, V olmak üzere 10 ağır metal ve Fe, Cu, Zn, Mn olmak üzere 4 adet iz elementi ICP cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Bu çalışma sonunda bulunan Amonyum Nitrat (% 33), Amonyum Sülfat (% 21), Üre (% 46) ve TSP (% 43-44) gübrelerin element çizelge 2.8’de verilmiştir [Savru, 2003].

Çizelge 2.8’de gübre örneklerinin analiz sonuçlarına bakıldığında, TSP gübrelerin Amonyum Nitrat, Amonyum Sülfat ve Üre gübre örneklerine göre Cr, Cu, Fe, Ni, V, Zn konsantrasyonlarının çok yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.8. Amonyum nitrat(%33), amonyum sülfat (%21), üre (%46) ve TSP (%43–44) gübrelerin element içerikleri mg/kg [Savru, 2003].

Element mg/kg	Amonyum Nitrat (%33)	Amonyum Sülfat (% 21)	Üre (% 46)	TSP (%43–44)
As	< 6,5	< 6,5	< 6,6	6,8
Cd	< 0,21	< 0,21	< 0,21	16,1
Co	< 0,34	< 0,34	< 0,34	< 0,54
Cr	-	-	-	228
Cu	30,5	21,3	21,4	50,4
Fe	42,9	46,9	46,3	1711
Hg	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 3,8
Mn	1,8	0,84	0,68	16,7
Mo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	10,3
Ni	23,6	26,7	23,5	57,8
Pb	3,0	2,6	< 2,6	2,4
Sb	-	-	-	< 1,1
S	< 4,2	< 5,0	< 4,2	< 14,9
Sn	7,8	8,1	< 6,2	39,2
TI	-	-	-	< 4,0
V	< 1,0	< 1,0	< 1,0	131
Zn	115	129	123	517

Gübrelerin mineralliği, genellikle organik ve inorganik gübrelerin çeşitli elementlerinin, aşınma (parçalanma) ürünlerinin ve mikroorganizmaların çözünmüş halde bulunması durumunda daha da artmaktadır. Çizelge 2.9’da inorganik gübrelerdeki ağır metal seviyeleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.9. Ağır metallerin inorganik gübrelerdeki miktarı (mg/kg) [Mikayilov ve Acar, 1998].

Gübreler	Fe	Mn	Cu	Ni	Gr	Pb	Zn	Cd
Apatit	710	49,5	11,3	3,5	1,75	89,8	7,5	0
Nitrofosfat	360	67,5	11,3	6	3,3	14,8	9	0,03
Süper fosfat (Basit)	643	113,5	32	6	3,3	15,3	17,5	0,25
Süper fosfat (Çift)	1467	455	1	15	6,8	31,8	17,3	0,48
Fosforit tozu	865	172,5	2,5	20,8	6,5	14,5	42,8	0,23
Nitroammofor	272	181	2,5	0,8	8,8	9,8	0,38	20

Çizelge 2.9'daki inorganik gübrelerin analiz sonuçlarına göre, Fe ve Mn konsantrasyonu Süper Fosfatta (Çift), Cu konsantrasyonu Süper Fosfatta (basit), Ni ve Zn konsantrasyonu Fosforit tozunda, Pb konsantrasyonu Apatitte, Cd konsantrasyonu ise Nitroammoforda yüksek çıkmıştır.

Aşırı miktarda uygulanan azotlu gübrelerin meydana getirdiği olumsuz sonuçları şu şekilde özetlemek mümkündür.

1. Özellikle fosforlu ve potasyumlu gübrelerin kıt olduğu alanlarda, nitratlar, toprak ve tahıl ürünlerinin; azot dioksit ise atmosferin kirlenmesine sebep olurlar. Nitratlar, fitopatojen mantarların ve bakterilerin gelişmesine yardımcı olduklarından bitkilerde kök enfeksiyonları meydana gelir.

2. Nitratlar oldukça aktif olduklarından, yeraltı ve yerüstü sularının kirlenme risklerini artırır. Kirlilik miktarı, gübre dozu, taban suyu seviyesi, yağış ve sulama işletmeciliğine bağlı olarak değişir. Yapılan inceleme ve araştırmalar gösteriyor ki, kullanılan gübre dozu ile yeraltı ve yerüstü sularının kirlenme düzeyi arasında doğrudan bir ilişki vardır (%90'dan fazla). Bu da, doğal suların ekolojik dengesinin bozulduğuna açık bir delil teşkil etmektedir. Bu olumsuz etki, mikro floranın ve su

yosunlarının gelişimi için mutlak gerekli olan oksijen miktarının göllerde hızlı bir şekilde azalmasına sebep olmaktadır. Bir başka ifadeyle, bütün bunlar yüzey sularının kaynağını teşkil eden barajlarda, çaylarda, göllerde ve hatta körfez kıyılarında ötrofikasyonun ortaya çıkmasına sebep olurlar.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

3.1. Sulakalanlarda Ağır Metal Kirliliğine Yönelik Araştırmalar

Peltier vd. (2003); Chicago'daki sulak alanda su, bitki ve sediment örneklerinde Pb ve Zn miktarlarını incelemişler ve oksijensiz sularda sülfid varlığında bu iki elementin çözünmüş konsantrasyonunun düştüğünü belirtmişlerdir. *Phragmites* bitkisinde ağır metal miktarlarının artışı belirlemek amacıyla öncelikle bitki kökü incelenmiş ve sucul bitkilerdeki birikimin potansiyel riskinin olduğu kaydedilmiştir.

Tok vd. (2004); çeltik tarımının yoğun olarak yapıldığı Trakya Bölgesi'nin Edirne iline bağlı Meriç ve Uzunköprü ilçelerini temsil edecek şekilde 50 farklı çeltik tarlasından, Temmuz 2001-Eylül 2001 tarihleri arasında 15 gün arayla, bitkinin vejetasyon süresi boyunca alınan su, yaprak, kök, dane ve kavuz örneklerinde, Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Ni, Pb içeriklerini saptamışlardır. Araştırmada Fe ve Mn'ın tüm bitki aksamında toksik düzeylerde, Zn, Pb ve Ni'in köklerde toksite değerlerinin üzerindeki konsantrasyonlarda olduğu saptanmıştır. Ergene Nehri kirliliğinden kaynaklanan ağır metallerin, çeltik bitkisinde kök>yaprak>dane>kavuz yönünde artış gösterdiği, Ergene Nehri suyuyla sulanan çeltik tarlalarındaki ağır metal kirliliğinin özellikle köklerde birikim gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca çeltik tarlalarındaki sulama sularındaki ağır metal konsantrasyonunun artışının bitkiye doğrudan yansıdığı ve ağır metal kirliliğinin daneye kadar ulaştığı da kaydedilmiştir.

Bebek (2001); Uluabat Gölü ve gölü besleyen su kaynaklarında belirlenen 15 noktada As, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe konsantrasyonlarını belirlemiştir. Göldeki demir miktarının yağışlı ve yağışsız dönemlerde farklılıklar gösterdiğini; bölgede bulunan tarım alanlarında kullanılan kurşun içerikli tarım ilaçlarının da gölün kurşun konsantrasyonunu arttırdığı; kadmiyumun, endüstriyel kaynaklı kirlilikten, çöp deponi alanlarından ve küçük sanayi sitesinden kaynaklandığı kaydedilmiştir.

Ellis (1989); Akarsulara göre akış kısıtlaması olan göllerdeki kirliliğin boyutları daha farklıdır. Başlıca kirleticiler organik ve inorganik maddeler, tuzlar,

mikroorganizmalar, deterjenler, pestisitler, ağır metaller, askıda katı maddeler, radyoaktivite, yağlar, petrol ürünleri, atık ısı vb'dir.

Çakmak ve Demir (1997); dışarı akışı olmayan göllerde ağır metaller, zor parçalanın pestisitler gibi bozunmayan kirleticilerin giderek kirlilik potansiyelini arttırmaları, yüzeysel sular arasında kirlenmeye karşı en hassas su grubunu oluşturan göllerin korunmasında ne denli hassas olunması gerektiği belirtilmektedir.

Ünlü ve ark. (2008); Hazar Gölü su kalitesinin zamanla değişimi yapılan çalışmada sıcaklığın mevsimlere ve derinliklere göre büyük değişimler gösterdiği yaz aylarında tabakalaşmanın 10-15 m derinlikleri arasında olduğu belirtilmektedir. Çözünmüş oksijen değerleri 8.4-10.4 mg/l aralığındadır. Buna göre I. sınıf su kalitesindedir. Klorür değerlerine (354-418 mg Cl/L) göre III. sınıf su, sulama suyu açısından ise IV. Sınıf su kalitesinde olduğundan sulama suyuna elverişsiz olduğu tespit edilmiştir.

Uzunoğlu (1999); Gediz Nehri'nden alınan su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal (Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) konsantrasyonları belirlemiş ve konsantrasyonların, istasyonlara ve mevsimlere göre değişimler gösterdiğini kaydetmiştir. Nehir suyunun krom ve kurşun bakımından kirli olduğunu, ağır metallerin çökmesinden dolayı sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonunun yüksek olduğunu belirtmiş ve Gediz Nehri'nden sulama suyu kullanılan tarım alanlarında ürün verimindeki düşüşün en önemli nedenlerinden biri olarak nehrin kirliliğinin gösterildiğini kaydetmiştir.

Okeye (1991), Lagos Lagünü'nde su, kabuklu ve bazı balık türlerinde Ni, Pb, Zn, Fe, Mn, Cd, Co ve Cr düzeylerini incelemiş, sedimentte ölçülen değerler suda ölçülen değerlere göre 3-5 kat daha fazla bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Seng ve ark. (1995), Penang Nehri'nde Zn, Cu, Pb ve Ni konsantrasyonlarını ve akarsuya dökülen su kaynaklarında incelemişlerdir. Nehrin dar kesimlerine gidildikçe sedimentteki ağır metal seviyelerinde önemli artışlar olduğunu

kaydetmişlerdir. Nehirde bulunan ve nehre giden su kaynaklarındaki kirliliğin antropojenik faaliyetlerden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Abdel-Baky ve ark. (1998), Manzallah Gölü'nün 5 farklı istasyonlarından aldıkları su, sediment ve balık örneklerinde ağır metal ve bazı kimyasal parametreleri belirlemeye çalışmışlardır. Sedimentteki ağır metal içeriğinin sudakinden daha yoğun olduğunu tespit etmişlerdir. Su ve sediment de ağır metal konsantrasyon düzeyini sıra ile $Zn > Pb > Cd > Cu$ ve $Zn > Pb > Cu > Cd$ şeklinde sıralamışlardır.

Karadede ve Ünlü (2000), Atatürk Baraj Gölü'nden aldıkları su sediment ve bazı balık (*Achanhobrama marmid*, *Chalcalburnus mossulensis*, *Chondrostoma regium*, *Carasorbarbus luteus*, *Capoette trutta* ve *Cyprinus carpio*) örneklerinde ağır metal konsantrasyon (Cu, Cd, Fe, Hg, Pb) düzeylerini incelemişlerdir. Göl suyunda, Cu 0,025-0,22, Fe 0,062, Mn 0,0039-0,0041, Zn 0,064-0,197 mg l⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Araştırdıkları ağır metallerin suda yoğun olarak bulunmadığını, ancak sediment ile balık doku ve organlarından düşük oranlarda olduğunu belirlemişlerdir.

Akçay ve ark. (2003), yaptıkları bir çalışmada Büyük Menderes Nehri sularında ağır metal konsantrasyonlarını; yaz-kış aylarında, Fe 0,58-0,65 (%), Co 0,005-0,010, Cr 0,011-0,013, Cu 0,020-0,012, Mn 0,090-0,098, Ni 0,009-0,010, Pb 0,020-0,022, Zn 0,053-0,056 mg l⁻¹ olarak ölçmüşlerdir.

Turgut (2008), yaptığı bir çalışmada Küçük Menderes Nehri suyunda aylara göre ağır metal konsantrasyonlarını; Cd 0,0033(Mayıs)-0,811 (Ocak), Pb 1,36 (Mayıs)-2,84 (Kasım), Cr 0,093 (Ocak)-2,19 (Mart), Ni 2,27 (Ocak)-8,98 (Mart), Cu 0,88 (Mart)-14,11 (Kasım), Zn 249,17 (Ocak)-258,08 (Kasım) mg l⁻¹ olarak tespit etmişler, bazı metallerin ilkbahar-yaz, bazılarının ise sonbahar-kış aylarında daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir.

Dirican (2008); Kılıçkaya Baraj Gölü'nde tüm istasyonlarda elde edilen orto-fosfat fosforu değerleri hem yüzeyde hem de diğer derinliklerde 0,009-0,015 mg/l⁻¹ arasında

olduğu, doğal sularda toplam fosfor yoğunluğu; havzanın morfometrisine, bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriğine, suya karışan organik madde olup olmadığına ve sudaki organik metabolizmaya bağlıdır. Fosforun tatlı sulardaki miktarı ise sınırlıdır. Fosfor miktarını etkileyen en önemli kaynaklar atık sular ve gübrelerdir. Sulardaki orto-fosfat fosforunun normal değerleri 0.05-0.3 mg/l⁻ arasındadır. Bu değerlere göre Kılıçkaya Baraj ölü sularındaki orto-fosfat fsfor değerlerinin normal seviyede olduğu belirlenmiştir.

Nurcan Köleli ve ark. (2005), ham fosfat kayasının maksimum Cd, Pb, Ni ve As konsantrasyonu sırasıyla 358, 335, 386 ve 531 mg/kg P olarak belirlenmiştir. Diğer gübrelerle kıyasla fosfat kayası en yüksek Cd (358 mg/kg P) ve As (531 mg/kg P) konsantrasyonuna sahip bulunmuştur. Son yıllarda fosforlu gübre üretiminde ham kaya fosfatının yerini alan fosforik asitin maksimum Cd, Pb, Ni ve As konsantrasyonu ise 114, 11, 201 ve 81 mg/L P'tır. Elde edilen bulgular, maksimum toksik metal konsantrasyonu yüksek olan fabrikalarda üretilen fosforlu gübrelerin toksik ağır metal konsantrasyonlarının (Ni hariç), hammadde olarak kullanılan materyalin içerdiği toksik metal konsantrasyonuna bağlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Okur ve ark. (2001), Sulama suyu kalitesi yönünden kritik düzeyde kirlenmiş olan İznik göl suları ile sulanan tarım topraklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde bazı değişikliklerin ortaya çıkması olasıdır. Toprağın mikrobiyolojik aktivitesinde değişikliklere neden olabilecek faktörler; sulama suları ile toprağa gelerek toksik konsantrasyonlarda birikebilen ağır metaller ile sulama suyunun yüksek pH'ıdır. Ağır metal konsantrasyonları düşük fakat organik madde içeriği yüksek atık sular ile sulanan arazilerde ise tam tersi toprağın mikrobiyolojik aktivitesi yükselebilmektedir.

Gala Gölü çevresinden alınan toprak numunelerinde krom, kobalt ve nikel (özellikle gölü besleyen kaynakların kenarından alınan numunelerde yüksek çıkmıştır. Gala Gölü içi ve gölü besleyen kaynaklardan alınan su ve sediment numuneleri çoğunda Cd, Pb, Mn, Kobalt ve Bakır sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır. Bu çalışma sonucunda özellikle çeltik ekimi yapılan aylarda, Meriç nehrinden dolayı yollarla

gelen yıkama sularının Gala Gölü ve çevresindeki alanın kalitesinde bozulmalara neden olduğunu söyleyebiliriz. Büyük bir kısmı İpsala Ovası ve Telmata Ovası'ndan gelen kirlilik tüm gölü etkilemektedir.

Ciminli (2005), Hatay bölgesinde bulunan Gölbaşı Gölü'ndeki çalışmasında aynı bölgeye ait midye türlerinin dokularındaki ağır metal kontaminasyonlarının ve su örneklerindeki birikim düzeylerinin EPA' ya göre müsaade edilebilir seviyede olduğu fakat gölün etrafında tarımsal faaliyetlerinin yoğun olduğu göz önüne alınarak özellikle canlı bünyesinde birikim yapan ağır metallerin kontrolü için çalışmaların devam ettirilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Bayrak (2004), Sulamada kullanılan kirli su, çeltik alanlarında kullanılan pestisit ve gübrelerin de içeriğinde bulunan ağır metallerle kirlenmektedir. Kullanılan bu su, tarlalardan yine kanallar aracılığı ile Gala Gölü'ne, sulak alana ve Ege Denizi'ne ulaşmaktadır. Böylece dolaylı olarak, Trakya Bölgesi'nin tüm kirleticilerini taşıyan ve kaynağı dışındaki tüm noktalarda IV. sınıf su kalitesinde olan Ergene Nehri'nin ve Meriç Nehri'nin önemli oranda Gala Gölü ve çevresindeki sulak alanı kirlettiği görülmektedir. Mayıs ayında görülen Cd konsantrasyonundaki artışın, Nisan-Mayıs aylarında çeltik ekiminden sonra tarlalara uygulanan ve önemli miktarda Cd içeren fosforlu gübrelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı şekilde, su kalitesinde düşüş olmamasına rağmen, Mayıs ayında çinko konsantrasyonunda artış görülmüştür. Çeltik alanlarında kullanılan gübrelerin, çinko yoğunlukları artışında önemli katkısı olabileceği söylenebilir. Çeltik alanlarında kullanılan sulama suyundaki ağır metallerin belirli bir süre su altında kalan topraklarda birikebileceği, su ve topraktaki konsantrasyon artışının çeltikte birikime neden olabileceği; bununla beraber, su ürünleri ve pirinç tüketiminin insanlarda da ağır metal birikimine ve ağır metallerin etkilerinin görülmesine neden olabileceği söylenebilir.

Yıldız ve Yener (2010), Van Gölü'nde nükleer tekniklerin kullanılarak yapılan çalışmada insan ve tarımsal aktivitelerin yoğun olduğu kesimlerinde ve akarsu ağızlarında sediment birikim hızı yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kır ve ark. (2007), Kovada Gölü'nde yapılan çalışmada göl suyunda Fe, Zn, ve Mn tespit edilmiş olup, en yüksek metal birikiminin yaz mevsiminde olduğu gözlenmiştir. Sediment için yapılan çalışmada ise tüm metallerin sedimentte farklı miktarlarda biriktiği belirlenmiştir. Suda tespit edilemeyen Cd, Cr, Cu, Pb'e sedimentte tespit edilmiştir. Bunun sebebinin, sediment partiküllerinin suda bulunan metalleri bünyesine alma ve moleköl ağırlığı yüksek olan metallerin dibe çökmesinden kaynaklanabileceği belirtilmektedir.

Harding ve Whitton (1978), çalışmalarında göl sedimentinin suda bulunan ağır metalleri bünyesine alarak biriktirdiği belirtmişlerdir. Sedimentte en fazla biriken metalin Al olduğu tespit edilmiş olup, yer kürenin kabuğunda % 8,2'sini Al oluşturduğu için olabileceği belirtilmektedir.

Kayhan (2006), su ürünleri üzerinde yaptığı çalışmada su ve sedimentte biriken kadmiyumun planktonlarda yoğunlaşarak besin yoluyla diğer canlılara ulaştığı belirtilmektedir.

Suzhou, (1985). Taihu gölünde, yapılan çalışmada, 1980'de toprak analizleri uygun olarak incelenmiş ve çeltik toprağında Zn içeriği 87,8 mg/kg bulunmuş. Bununla birlikte Zn içeriği hasat ekimine bağlı olarak azaldığını tespit etmişlerdir.

Gey ve Mordoğan (1988); İzmir Körfezi'ndeki bazı deniz organizmalarında ve iç körfezin sahil kenarı sedimentlerinde çeşitli ağır metal derişimleri üzerine yaptıkları çalışmada, seçilen deniz organizmalarda olduğu gibi, sahil kenarı sedimentlerinde de ağır metal derişimlerinin mevsimlere ve istasyonlara göre değışimler gösterdiğini, ancak, sedimentlerde ağır metal derişimlerinin incelenen biyolojik türlerden çok daha yüksek düzeylerde olduğunu saptamışlardır.

Peltier vd. (2003); Chicago'daki sulak alanda su, bitki ve sediment örneklerinde Pb ve Zn miktarlarını incelemişler ve oksijensiz sularda sülfid varlığında bu iki elementin çözünmüş konsantrasyonunun düştüğünü belirtmişlerdir. *Phragmites* bitkisinde ağır metal miktarlarının artışı belirlemek amacıyla öncelikle bitki kökü incelenmiş ve sucul bitkilerdeki birikiminin potansiyel risk olduğu kaydedilmiştir.

Yaramaz (1983), İzmir Körfezi'nde kurşun ve kadmiyum elementlerinin dağılımını ve kaynaklarını araştırmıştır. Yüzey sularındaki kurşun ve kadmiyumun aylık dağılımlarında farklı derişimler bulmuş ve kirlenme kaynağının yağmur suları, sel suları ve havadan geldiği sonucuna varmıştır.

Aksu vd., (1999), İzmir Körfezinde deniz kirliliğinin boyutları yüzey sedimentlerinde inorganik ve organik jeokimyasal verilerle değerlendirilmiştir. 84 örnek üzerinde belirlenen 42 elementin yoğunlukları İzmir Körfezi yüzey sedimentlerinin toplam organik karbon ve sülfür ile bağlantılı olarak gelişen Ag, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, P, Pb, Sb, Sn, V, ve Zn gibi ağır metallerce belirgin bir zenginleşme gösterdiğini saptamıştır.

Atıcı ve ark., (2010), Beyşehir Gölü ve Mogan Gölü'ndeki çalışmalarında mevsimsel olarak su ve plankton örneklerinde Hg, Cr, Cd ve Pb ağır metallerini incelemiştir. Beyşehir Gölü su analiz sonuçlarına göre yaz mevsiminde Pb>Cd>Cr>Hg, kışın ise Pb>Cr>Cd>Hg tespit edilirken gölden alınan plankton örneklerinin analiz sonuçlarında ise suya göre Hg, Cr, Cd ve Pb değerlerinin daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu gözlenmiştir. Mogan gölü su analiz sonuçlarında ise yaz mevsiminde sırası ile Pb>Cd>Cr>Hg, kışın ise Pb>Cd>Cr>Hg tespit edilmiş olup, plankton örneklerinde Beyşehir Gölü'ndeki gibi suya göre daha yüksek konsantrasyonlarda ağır metal birikimi tespit edilmiştir.

3.2. Seyfe Gölü ile İlgili Yapılan Çalışmalar

1970 yıllarında Seyfe Gölü 'nde açılan drenaj kanalları, alanı besleyen kaynakların içme ve sulama suyu nedeniyle kullanılması, sulama amaçlı 1650 adedin üzerindeki kuyuların açılması gölün kurumaya başlamasındaki en önemli etkenlerdir.

1979 yılında DSİ tarafından yapılan çalışmada ovada yılda ortalama 11 hm³ yer altı suyu rezervi tespit edilmiş ve bu rezervin 2,5 hm³'ü kullanımlara tahsis edilerek geriye kalan 8,5 hm³'ün kaynaklarla ovaya boşaltıldığı tespit edilmiştir [DSİ, 1979].

1980 yıllarında tarımda kullanılan ilaç ve gübrenin drenaj kanalları aracılığı ile gölü kirlettiği ve göl sınırlarının değiştiği için ovanın yamaçlarında birçok drenaj kanalının açılması ve oldukça yüksek seviyede olduğu söylenen taban suyunun düşürülme çalışmaları hız kazanmıştır [Hayata Artı Vakfı, 2009].

DSİ 1987 yılında 23.226 ha alanı kapsayan Seyfe Mucur Havzası Islahı Planlama raporunu hazırlamıştır. Proje kapsamında Seyfe Gölü'nün geçici göl alanının (göldeki biyolojik çeşitliliği destekleyen alan burasıdır) tamamen kurutulması için önerilen AB, B8,B-5-1 ve B5 kanalları vasıtasıyla 23168 ha alanın tarıma açılması planlanmıştır. Ancak duruma Çevre Müsteşarlığı müdahale etmiştir. Yapılan müdahale ile önerilen kanallardan AB, B5 ve B-5-1 kanallarının ekolojik dengeyi bozacağı belirtilerek sadece yağışın fazla olduğu dönemlerde fazla suyu tahliye edecek B8 ve AB kanalının devamı niteliğindeki kısmına onay verilmiştir. Revize projede AB kanalının alternatifi niteliğindeki daha kuzeydeki CD kanalının yapılması sağlanmıştır. Bunun sonucunda DSİ Seyfe Projesi'ni "Mucur-Seyfe Havzası Ekolojik Koruma Projesi" haline getirmiş ve AB kanalını daha kuzeye çekerek uygulamaya başlamıştır. CD kanalının alandaki suyu tahliye edemeyecek şekilde kuzeye çekilmesine ve kanal üzerinde iki kapak yapılarak kurak dönemlerde gölde su tutulmasını sağlayacak bir hidrolojik yapının oluşturulmasına karar verilmiştir. Kanallara kapak yapılması konusu DSİ proje raporunda da taahhüt edilmiştir [DSİ, 1990].

DSİ, "Ekoloji Koruma Projesi" olarak revize ettiği projesinde yer alan kapakları geç yapması ve alandaki mevcut suyun tamamen drene edilmesini sağlamıştır. Alanı besleyen kaynaklar içme suyu amacıyla yerleşim yerleri için kullanılmaya başlandı [DSİ, 1990].

Seyfe Gölü bugün, yaz aylarında tamamen kuruyor ve yüzeyinde yaklaşık 20 cm kalınlığında tuz tabakası oluşmaktadır. Gölün yüzeye çıkan tuz göl çevresindeki tarım alanlarına saçılıyor, her yıl milyonlarca liralık maddi hasara yol açarken, insan sağlığını da tehdit etmektedir. Kuraklık nedeniyle tarımda verimlilik düştü. Sazlıkların yok olmasıyla sazcılık bitti. Gölün kurumasıyla alanda daha fazla don olayı görülmeye başlanmış, elma tarımı durma noktasına gelmiştir. 100 bine yakın

göçmen kuş gölü terk etmiştir. Bu durum geçmişte var olan ekolojik dengenin ciddi hasarlar aldığının da en önemli kanıtlarından biri oldu. Göl, Ramsar Statü'sünü kaybetme eşiğindedir [Hayata Artı Vakfı, 2009].

Ayrıca Kuru tarımdan sulu tarıma geçen çiftçi daha çok ürün daha çok kazanç için çok ilaç ve bunun yanında aşırı su kullandı. Kullanılan zirai ilaç ve kimyasal gübrelere, ürün sulama suyunun tabandan göl suyuna karışmasıyla, gölde yaşayan ve su kuşlarının ana besin kaynağı olan organizmaların ölümüne neden oldu. Çevredeki kuş ölümlerini yiyen veya hastalıklı kuşları avlayan tilki, sansar, kurt, kartal, şahin gibi etçil hayvanların birer birer telef oldu. Kısacası gölün doğal ortamı bozulmuştur [Hayata Artı Vakfı, 2009].

1979 yılında DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yapılan “ Kırşehir-Seyfe Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu” konulu araştırmada alanın jeomorfolojik ve hidrolojik özellikleri belirlenmiştir. Seyfe Gölü'nü besleyen yer üstü ve yeraltı kaynakları belirlenmiştir. Seyfe Gölü ve kaynakları için su kalitesi çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada sediment ve suda ağır metal değerlerine bakılmamıştır [DSİ, 1979].

1983 yılında Eyioğlu, Malya Tarım İşletmesi topraklarında tuzlulaşmanın durdurulması ve mevcut tuzlu-sodyumlu toprakların ıslah edilebilmesi olanaklarını belirlemek amacıyla yaptığı araştırmada; yağış koşulları altında mekanik ıslah yöntemleri uygulanarak kapillaritenin kırılması için, normal sürüm, derin sürüm ve dip kazanlı sürüm yapılarak; 20-25 yıl gibi uzun vadede ıslahın gerçekleşebileceğini saptamıştır [Eyioğlu, 1983].

1987 yılında 23.226 ha alanı kapsayan Seyfe Mucur Havzası Islah Planlama raporunu hazırlanmıştır. Proje kapsamında Seyfe Gölü'nün geçici göl alanının tamamen kurutulması için önerilen AB, B8, B-5-1 kanalları vasıtasıyla 23168 ha alanın tarıma açılması planlanmıştır. Ancak duruma çeşitli kurumlarca müdahale edilmiş ve önerilen kanallardan AB, B5 ve B-5-1 kanallarının ekolojik dengeyi bozacağı belirtilerek sadece yağışın fazla olduğu dönemlerde fazla suyu tahliye edecek B8 ve AB kanalının devamı niteliğindeki kısma onay verilmiştir [DSİ, 1990].

1988 yılında TÜSTAŞ tarafından, Seyfe Gölü'nün kısmen kurutularak tarıma kazandırılması amacıyla DSİ'nin başlattığı proje çevresel etki değerlendirmesi çalışması; toprak kaynaklarının iyileştirilerek tarımın geliştirilmesi hedefinin kendi içinde tutarlı olmasına karşın havzadaki diğer doğal değerler açısından ele alındığında, belirlenen hedeflere ulaşmanın bedelinin yüksek olacağını göstermiştir. Çalışmada, var olan bir gölün kurumasından sonra yeniden kazanılmasının zor olduğu ve daha fazla çevre sorununu beraberinde getireceği belirtilmiştir [TÜSTAŞ, 1988].

Revize projede AB kanalının devamı niteliğindeki daha kuzeydeki CD kanalının yapılması sağlanmıştır. 1991 yılında bir araştırma, revize haliyle bile “Mucur- Seyfe Havzası Ekoloji Koruma Projesi” alandaki ekolojik dengeyi bozacağı, gerçekte projenin eski halinin modifiye edilmiş şekli olduğu ortaya konulmuştur [Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008]. Alan çeşitli koruma alanı statülerini kazandıktan sonra, 1997 yılında yapılan bir toplantıda B kanalının yeniden değerlendirilmesine, CD kanalının alandaki suyu tahliye edemeyecek şekilde kuzeye çekilmesine ve kanal üzerinde iki kapak yapılarak kurak dönemlerde gölde su tutulmasını sağlayacak bir hidrolojik yapının oluşturulmasına karar verilmiştir.

1990 yılında Ünver tarafından hazırlanan “ Seyfe havzası ekolojisinin korunması ve ıslahı konusunda alternatif çözüm önerisi raporu “ konulu araştırmada Seyfe Gölü havzasında tuzlu ve sodyumlu toprakların yıldan yıla artışın sebebinin ilk planda korunan değil, bozulan bir denge olduğunun tesbit edilmesi şeklindedir. Yöredeki doğal görkemi ve kuşların çevreyle oluşturduğu bütünlüğün bir servet olduğu düşünülmüştür. Araştırmacı önerdiği kapalı ve açık iki ayrı havza uygulaması ile, süresiz korunabilir hidrolojik ve çevre dengesi yanında kazınılacak arazide yer alan toprakların, ıslah edildiklerinde son derece yüksek verim gücüne kavuşacaklarını rapor etmiştir [Ünver, 1990].

Altındağ (1990), Seyfe Gölü' nde yaptığı çalışmada, 3 türden toplam 15 cins zooplanktonik organizma saptamıştır. Seyfe Gölü zooplanktonik cinsleri bakımından fakir olmakla birlikte toplam biyokütle açısından zengin özellik göstermektedir [Altındağ, 1990].

Omar (1991-1992), “Seyfe Gölü’nün doğal su kalitesinin değişimi” adlı çalışmasında alınan su örnekleri sonucunda eş tuzluluk ve eş derinlik haritaları oluşturmuştur. Göl suyu sodyum ve klorür iyonlarının hakim olduğu tuzlu bir göl özelliğini taşımaktadır. Yine bu çalışma içerisinde Seyfe Havzası’nda yoğun pestisit kullanımının mevcut olduğu; pestisitlerin yüzey suları veya taban suları ile göle ulaşması göldeki canlılar için zehirli olabileceğini belirtmiştir. Yine bu çalışma içerisinde sadece su kalitesi çalışması olup ağır metal ölçümlerine ve sediment kalitesine yer verilmemiştir [Omar, 1997].

Reis ve Yılmaz (2007), ekolojik öneme sahip olan Seyfe Gölü’ndeki su miktarının 26 yıllık dönemdeki değişimi uzaktan algılama tekniği ile incelenmiştir. 1975, 1987 ve 2001 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri meteorolojik verilerle birlikte değerlendirilmiştir. 26 yıllık dönemde Seyfe Gölü’nün su yüzeyi alanında ve dolayısıyla su rezervinde bir azalmanın olduğu belirtilmiştir. Mayıs 2001 yılı göl su yüzeyi miktarının neredeyse gölün yaz su yüzeyi alanına indiği ve azalmanın nedenlerinden birinin iklimsel değişimlerin yanında göl etrafında yapılan dış müdahalelerin (açılan bent ve kuyular, tahliye kanalları, sulama ve içme suyu kullanımı) etkili olduğu belirtilmektedir [Reis, S., Yılmaz, H.M., 2007].

2008 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yapılan Kırşehir- Nevşehir- Niğde- Aksaray planlama bölgesi çevre düzeni planı; 2025 yılını hedef alarak planlama bölgesinde sürdürülebilir kalkınma ilkesi çerçevesinde, yaşanabilir bir çevre yaratılması hedeflendiğini belirtilmesine rağmen, Seyfe Gölü ile ilgili bilimsel çalışmalardan bahsedilmemiştir. Sadece “Seyfe Gölünün sulak alan olması nedeniyle her türlü biyotik etkiden arındırılarak korunacaktır” ifadesi kullanılmıştır [Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008].

Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 2008 yılında başlatılan Seyfe Gölü Yönetim Planı Alt Projesi I.Aşama, Etüt-proje olarak planlanan projenin bütçesi 65 milyar ve süresi, 2 yıldır. Proje kapsamında Seyfe Gölü Ramsar Alanı çalışılacaktır. Malya Devlet Üretme Çiftliğinin atık suları ile tarımdan dönen sular gölün kuzeyinde yer alan drenaj kanalı ile göle taşınmaktadır. Seyfe Pınarlarının göle ulaştığı yerde oluşan delta tarım alanı kazanmak amacıyla kurutulmuş ve tarıma açılmıştır. İçme

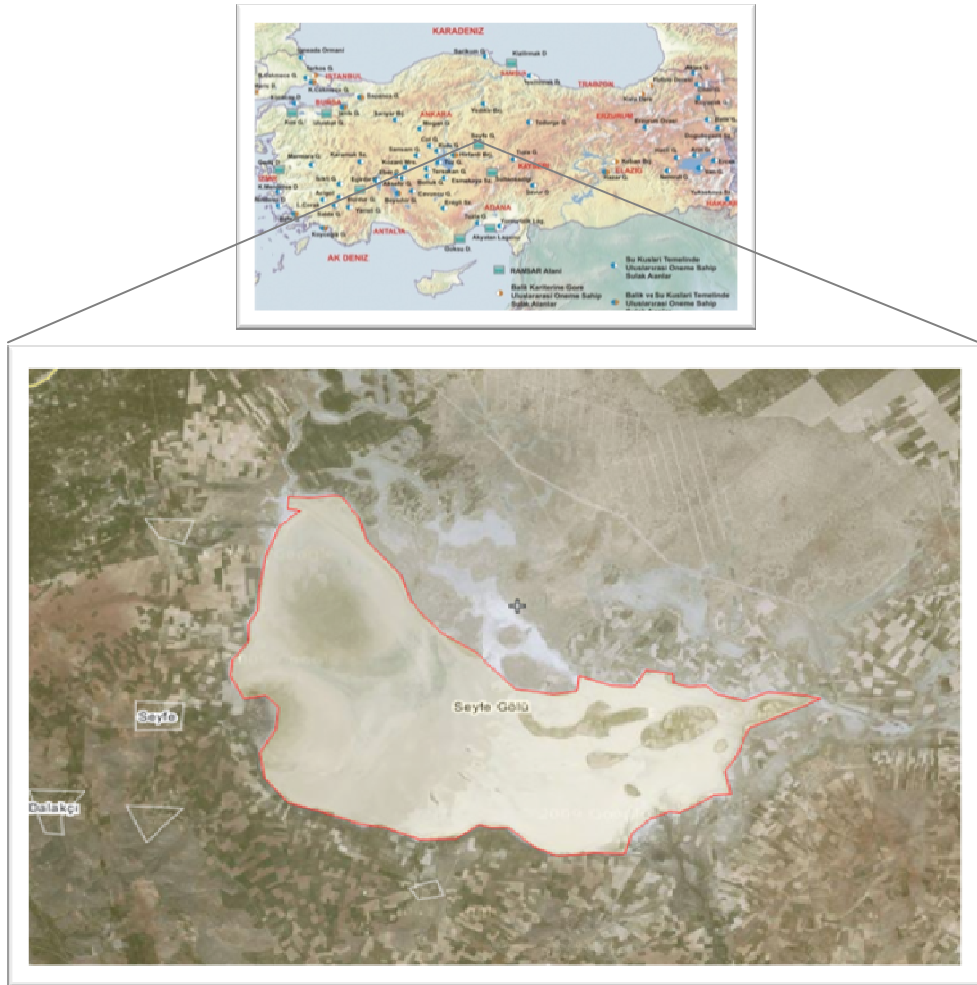
ve sulama amacıyla Seyfe pınarlarının suyu kullanılmakta bu durum gölün su rejimini ve kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

2009 yılında hazırlanan “Seyfe Kurak Alanı Göl Oluyor” projesi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Coğrafya Bölümü öğrencilerinin UNDP ve Coca Cola’nın oluşturduğu Hayat Artı programından destek alarak Seyfe Gölü’nün geçmişten günümüze gelen süre içerisinde göldeki değişimleri araştıran, Seyfe Gölü’nü ve sorunlarını hatırlatmayı amaç edinen bir projedir. Bu proje içerisinde su kalitesi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda pH, Çözünmüş oksijen (mg/lt), Toplam azot (mg/lt), Toplam fosfor (mg/lt) ve Askıda Katı Madde değerleri ölçülmüştür. Sediment kalitesi ve ağır metaller ile ilgili ayrıntılı bir çalışmaya rastlanmamıştır [Hayata Artı Vakfı, 2009].

4. MATERİYAL VE METHOD

4.1. Çalışma Alanı

Seyfe Gölü İç Anadolu Bölgesi'nde Kırşehir İli'nin kuzeydoğusundaki tektonik kökenli çukurlukta yer almaktadır. Gölün coğrafi koordinatları: N 39° 12' 26.30", E: 34° 23' 21.82'' ve deniz seviyesinden yüksekliği 1111 m'dir. Seyfe Gölü, 152,200 ha'lık Seyfe kapalı havzasının güney ucunda yer alır. Göl alanı su seviyesine bağlı olarak 1500 ha ile 7000 ha arasında değişmektedir. Ortalama alanı 3400 ha'dır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Seyfe Gölü Uydu Görüntüsü

Yüzey suyu bakımından kapalı havza özelliği gösteren Seyfe Havzası'nın, küçük bir bölümü (Güneyi ve Doğusu) Nevşehir İli sınırları içerisinde yer almakta olup, büyük bir bölümü Kırşehir İli sınırları içinde kalmaktadır. Ova alanı 1264 km², drenaj alanı (havza alanı) 1430 km² ve akifer alanı 150 km²'dir. Havza sınırı, kuzeyde Boztepe İlçesine bağlı Yukarıhamurlu Köyü'ne kadar uzanmakta, batı sınırı Kırşehir-Nevşehir Karayoluna paralel bir şekilde devam ederek güneyde Nevşehir İli Hacıbektaş İlçesi sınırlarına kadar uzanmaktadır. Havzanın güney sınırının en uç noktasında Hacıbektaş İlçesine bağlı Belbarak Köyü yer almaktadır. Havzanın doğu sınırı ise, güneyden kuzeye doğru Nevşehir İline Bağlı Kayaaltı, Kalecik, Bazlamaç, Kuşaklı, Özce, Çamalak, Yalnızagaç, Pöhrenk ve Çevirme yerleşimlerini takiben kuzeyde Yukarıhamurlu Köyü'yle birleşerek oluşmaktadır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008).

4.1.1. Seyfe Gölü alanının genel özellikleri

Seyfe Gölü ve Havzası Orta Kızılırmak ile Delice Havzaları arasında kuş göç yollarının üzerinde yer alan önemli sulak alanlardan birisidir. Ayrıca Göl Türkiye'de sayıları 12 adet olan özellikle su kuşları için uluslar arası öneme sahip Ramsar Alanından biridir.

İl sınırları içerisinde doğal göl yok denecek kadar azdır. Yalnız Mucur ilçesinin kuzeyinde yer alan Seyfe Gölü tek doğal göldür. Bu gölün deniz yüzeyine yükseltisi 1110 metre'dir. Suyun en yüksek olduğu dönemde göl alanı 15 km² dir. Suyu tuzlu olup derinliği en fazla 170 cm'dir [Kırşehir İl Çevre Durum Raporu, 2008].

Seyfe Gölü ve çevresinde ki 23.585 ha'lık alan 17.08.1989 tarihinde "I. Derece Doğal Sit Alanı" ilan edilmiştir. Yine Göl ve çevresini kaplayan 10.700 ha'lık alan 26.08.1990 tarihinde "Tabiatı Koruma Alanı ilan edilmiştir. Göl alanı aynı zaman "Ramsar Alanı" dır. Sürekli ve geçici göl alanını da kapsayan 10.700 ha'lık alan 17.05.1994 tarihinde Ramsar Sözleşmesi listesine dahil edilerek alanın doğal yapısının ve ekolojik karakterinin korunması uluslararası düzeyde de taahhüt

edilmiştir. Bu doğal değerlerin yanında arkeolojik sit olarak tescil edilmiş 20 adet höyük ve tümülüs bulunmaktadır [Erdem, 1995].

Gölün beslenişi batı ve kuzeybatısındaki pınarlar, dip kaynakları, drenaj alanındaki yüzeysel akış ve göl alanına düşen yağışlarla olmaktadır. Gölü besleyen önemli pınarlar Seyfe, Horla ve Yeni doğanlı pınarlarıdır (Çizelge 4.1). Kapalı bir havzada yer aldığı için boşalımı buharlaşma ile gerçekleşmektedir. Topoğrafik olarak düşük meyilde olması nedeniyle yağışlara ve mevsimlere bağlı olarak göl alanı, büyük değişiklikler göstermektedir. Yüksek su seviyesindeki göl alanı 7800 ha'a ulaşmaktadır. Yaz mevsiminde yörenin yağış almayışı, derelerin kuruması, pınarların sularının tamamına yakınının sulamada kullanılması ve aşırı buharlaşma nedeniyle gölün su seviyesi 60–70 cm'ye kadar düşmektedir. Oldukça sığ olan gölün maksimum su seviyesindeki derinliği 165 cm'dir. Göl suyu tuzlu ve sodyumludur. Sadece tatlı suların göle karıştığı yerlerde tatlı su ekosistemi oluşmuştur [Çevre Bakanlığı Çevre Koruma Genel Müdürlüğü, 1998].

Çizelge 4.1. Akarsular ve Kaynakların Debileri L/s [Kırşehir İl Çevre Durum Raporu, 2008]

Akarsular	Debi (L/s)	Kaynaklar	Debi (L/s)
Karaova Özü	90	Seyfe	209
Velioğlu Özü	76	Horla(Eskidoğanlı)	60
Akpınar	72	Yenidoğanlı	22
Kepir Dere	22	Alapınar	3

Göl batısında bulunan Seyfe ve kuzeyinde yer alan Badılı köylerinden çıkan pınarlar, dip kaynakları, drenaj alanı ye yüzeysel akışın ve göl alanına düşen yağışlarla beslenmektedir. Boşalımı ise buharlaşma ile gerçekleşmektedir. Yörenin çok az yağış alması gölü besleyen derelerin yazın büyük ölçüde kurumasıdır. Yüksek buharlaşmanın da etkisiyle su seviyesi yazın oldukça düşer ve büyük bir kesimi tuzlu bataklığa dönüşür [Kırşehir İl Çevre Durum Raporu, 2008].

Seyfe Havzası, İç Anadolu İklim bölgesinde yer almaktadır. İklim, yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı, ilkbahar yağmurlu ve sonbahar az yağmurludur. Gece ile gündüz, yaz ile kış arasında sıcaklık farkı fazladır. Mucur'da yıllık ortalama sıcaklık 10,7 °C dir. Ortalama sıcaklıklar kışın 0,5 °C ve 0,6 °C arasında değişir. Yazında 22,4 °C ye kadar yükselir. Ortalama sıcaklıklarda en düşük değer Ocak ayında, en yüksek değere de Temmuz ayında ulaşılmaktadır (Anonim 15, 2011).

Yıllık ortalama yağış 32,58 kg/m²'dir. Bu verilere göre ekim, kasım, aralık, ocak, mart, nisan ve mayıs aylarında ortalama yağış miktarından fazla yağış düştüğü görülmektedir. Havzanın yağış alanı 152.200 ha'dır. Drenaj alanında devamlı akan su yoktur [DSİ, 2006].

Seyfe Gölünün doğu ve güneydoğusunda yağışlı dönemlerde düşen suyun süzilememesinden dolayı oluşan bataklıklar mevcuttur. Bu geçici olan bataklıkların yüzey alanı 6300 hektardır. Hafif tuzlu ve tatlı su bataklık özelliği gösteren bu alanlar, göl ve çevresinde üreyen ve kışlayan su kuşları için son derece önemli yaşam alanlarıdır. Ayrıca kaynak sularının göle karıştığı alanlarda devamlı bataklıklar mevcuttur.

Seyfe Havzasında kuzey ve doğu alanlarında yüzey akışı sağlayan doğal dere bulunmamaktadır. Mevsimlik olan dereler bulunmaktadır. Bunlar; güney-güneybatı yönünde Ayrıdağ, Bozdağ, Kervansaray tepelerinin yamaç kısımlarında oluşmakta ve buradan göle giriş yapmaktadır [Omar, 1997]. Alandaki kaynaklar; kalkerlerden çıkan Seyfe Kaynağı, Horla, Yenidoğanlı ve Alapınar, Neojen çökellerden çıkan Yazıkınık ve Harabeler kaynaklarıdır (Resim 4.1).



Resim 4.1. Seyfe ve Horla kaynağı.

İleri derecede tuzlu ve alkali topraklardır. Seyfe Ovasında görülen çorak toprak alanında, yüzeyde tuz kabuğu ve beyazlıklar görülür. Çorak toprak alanı ovanın en alçak kesimidir. Kurak yaz döneminde bile yüksek taban suyu vardır. Bitki örtüsü öbekler halinde çayır ve çoraklı otlardır. Yüzeyin büyük kısmı çıplaktır [Kırşehir İl Çevre Durum Raporu, 2008].

Seyfe Havzasında en önemli geçim kaynağı tarla tarımıdır. Tarla tarımında nadaslı kuru tarım en yaygın olanıdır. Havzada sırasıyla; buğday, şeker pancarı, arpa, mercimek, nohut, fasulye, yulaf, ayçiçeği, meyve ve bağ tarımı yapılmaktadır [Omar, 1997]. Havzada mera alanlarının geniş yer tutması, mera hayvancılığını ön plana çıkarmıştır [Seyfe I. Gelişme Raporu, 2008].

Seyfe Gölünün de içinde yer aldığı Kırşehir ilinde arazilerin % 69'u ekilebilir niteliktedir. Mucur İlçesinde toplam tarım alanı 267375 ha olup bu alanın 195184 ha'lık kısmı sulanabilir alandır [Kırşehir Tarım İl Master Planı, 2004].

1960'lı yıllarda Malya Devlet Üretim Çiftliği drenaj hendekleri ile çoraklaşan tarım arazilerindeki yüksek taban suyunu düşürmek için çalışmalar yapmışlardır. Ayrıca DSİ arazi taşkınlarını önlemek için taşkın kanalları açmıştır. 1975 yılından sonra ise Toprak Su teşkilatı kaynak suyunun sulamada kullanılmasını sağlamak amacıyla beton kanallar inşa etmiştir.

1990 yılında DSİ tarafından yağışlı yıllarda havzaya gelen fazla suyun engellenmesi, bu suyun tarım arazilerine zarar vermesini, ilaçlı ve gübreli suların göle gelmesinin engellenmesi amacıyla “Kırşehir-Mucur Seyfe Havzası Ekoloji Koruma Projesi” geliştirilmiştir. Resim 4.2’de DSİ’nin açmış olduğu ve halen kullanılmakta olan kanal ve tahliye kapağının resimleri bulunmaktadır.



Resim 4.2. DSİ’nin Açmış Olduğu Taşkın Önleme Kanalı ve Tahliye Kapağı

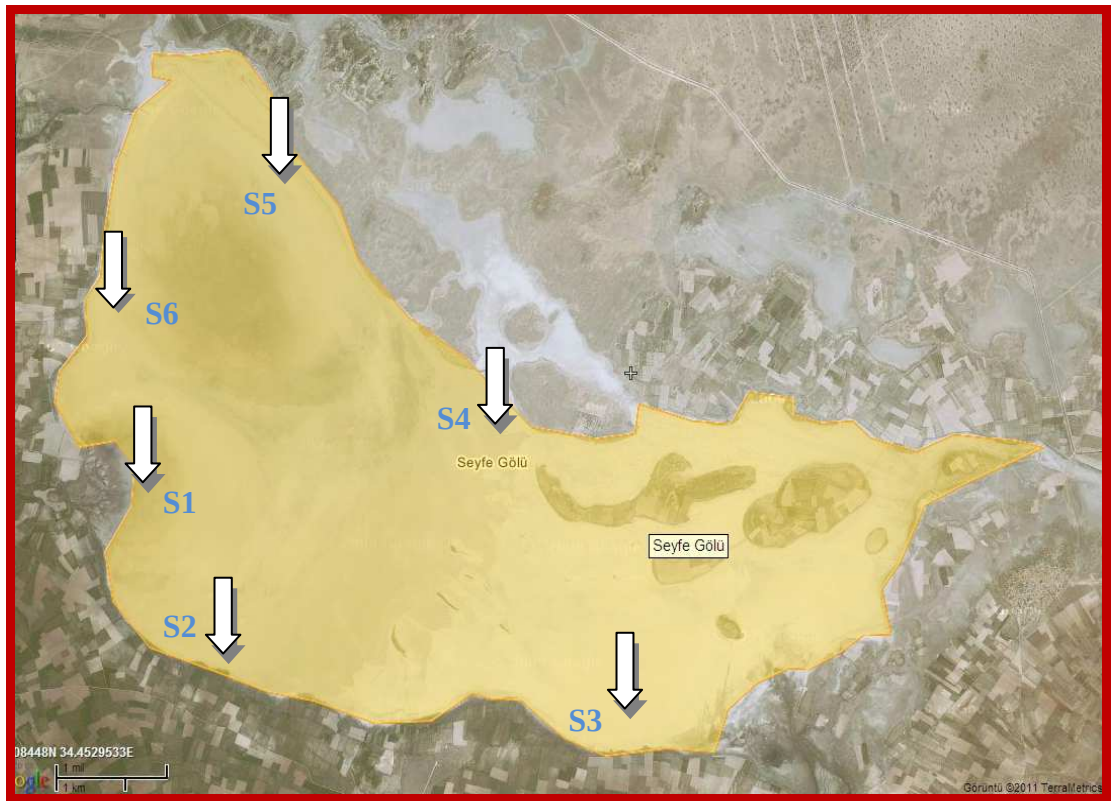
Seyfe Ovası içerisinde DSİ tarafından yeraltı suyu durumunu tespit etmek amacıyla 1959–2002 yılları arasında değişik lokasyonlarda olmak üzere, 29 adet araştırma kuyusu, 19 adet işletme kuyusu, 3 adet içme ve 1 adet limnigrafli kuyu olmak üzere toplam 52 adet sondaj kuyusu açılmıştır [Seyfe Gölü Geliştirme Raporu-I, 2008].

4.2. Numune İstasyonları

Seyfe Gölü mevsimsel yağışlar ve oluşan yağışın miktarına göre yaz aylarında tamamen kuruyan bir özellik göstermektedir. Gölün genelde 3 mevsim boyunca su bulunan kısmı iç göl diye adlandırılan gölün kuzey bölümüdür. Bu alanda da su derinliği 10 m’yi geçmemektedir.

Arazi çalışmaları sırasında numune istasyonları belirlenirken gölün bu durumu da göz önüne alınmıştır. Gölde sentetik gübre kullanımına bağlı olarak ağır metal birikiminin izlenmeye çalışıldığı bu araştırmada, özellikle ağır metal birikiminin

gerçekleşebileceği sediment örnekleri toplanmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda, göldeki su miktarına göre su numuneleri de alınmıştır. Gölü besleyen ve yüzeyde birikim oluşturan Seyfe Köyü Kaynak suyunun bulunduğu alanda 2 adet istasyon (S1 ve S2), Göl kıyısının ortalama 2 m açığında 3 istasyon (S3, S5, S6) ve göl yatağının ortası olarak kabul edilebilecek bir noktada da 1 numune istasyonu (S4) seçilmiştir. İstasyonların seçiminde, tarım alanlarının bulunduğu bölgelere yakınlık, yüzey eğimi ve istasyonlara ulaşım kolaylığı faktörleri göz önünde tutulmuştur. İstasyon yerlerinin tespit edilmesinde CPS cihazı kullanılmıştır. Proje kapsamında belirlenen çalışma alanı ve göldeki analiz istasyonlarının yerleri uydu görüntüsü üzerinde Şekil 4.2’de verilmiştir. İstasyonların koordinatları Çizelge 4.2’de verilmektedir.



Şekil 4.2. Seyfe Gölü çalışma alanı ve numune istasyonları.

Çizelge 4.2. Göl Yüzeyindeki Çalışma İstasyonlarının Koordinatları.

İstasyon Adları	Koordinatlar	Deniz Seviyesinden Yükseklik (m)
S1	39° 11' 13N; 34° 19' 28E	1138
S2	39° 10' 34N; 34° 20' 17E	1140
S3	39° 10' 43N; 34° 21' 58E	1114
S4	39° 11' 07N; 34° 22' 43E	1112
S5	34° 14' 11N; 34° 24' 58E	1114
S6	39° 11' 53N; 34° 26' 18E	1119

4.2. Örnek Alma

Arazi çalışmaları 1 yıllık periyotta (2010-2011) mevsimsel dönemler halinde (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış) gerçekleştirilmiştir. Belirlenen 6 istasyondan su ve sediment örnekleri alınarak metal analizleri laboratuvar şartlarında yapılmıştır. Sediment örnekleri 4 mevsim boyunca 6 istasyondan da alınmıştır. Su numuneleri ilkbahar, kış ve sonbahar döneminde 6 istasyondan da alınmış, ancak yaz döneminde göl yüzeyinin kuruması nedeniyle sadece S1 ve S2 istasyonlarından su numunesi alınabilmiştir.

Anlık (In-Situ) Ölçümler

Gölün sediment kalitesini belirlemek için yapılan örnekleme sırasında, suyu kalitesini de izleyebilmek için anlık ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çamur numunelerin alımı sırasında suyun pH, ÇO (çözünmüş oksijen), TÇK (Toplam Çözünmüş katı madde), sıcaklık, EC (elektriksel iletkenlik), derinlik ve tuzluluk ölçümleri anlık olarak YSI Multible Probe yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.3.).

Çamur (Sediment) Numuneleri

Çamur örneklerinin alımında Beckhman Kepçesi kullanılmıştır. Numune kaplarına alınan örnekler Standart Yöntemlere uygun olarak saklama kapları ile uygun koruma

şartlarına göre (soğutucu taşıma kapları, asitlendirme vb.) laboratuvar ortamlarına getirilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. YSI Multiple Probe ve numune kapları.

Sentetik Gübre Numuneleri

Göl çevresindeki halkın temel uğraşısı tarla tarımı ve hayvancılıktır. Havzanın % 91.7'sinde kuru tarım, % 8.3'ünde ise sulu tarım yapılmaktadır. Tarım yapılan başlıca ürünler buğday, arpa ve şeker pancarıdır. Az da olsa meyve ve bağ tarımı da yapılmaktadır. Çalışma kapsamında Seyfe Gölü kapalı havzasındaki tarım arazilerinde kullanılan sentetik gübre numuneleri İl Tarım Müdürlüğü'ne bağlı Tarım Kooperatiflerinden temin edilmiştir. İl genelinde 2008 yılından beri yaygın olarak kullanılan sentetik gübrelerin cins ve miktarları Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kırşehir İlinde tarımsal amaçlı kullanılan gübrelerin cins ve miktarları.

Gübrenin Cinsi	Ortalama Miktarı (ton/yıl)
Amonyum sülfat %21 N	435,8
Amonyum Nitrat %33 N	9045
Amonyum Nitrat %26 N	6207
Üre %46 N	4429,5
DAP	6,410,85
Kompoze 12-30-12	2731
Kompoze 20-20-0	2920,1
Kompoze 20-20-0 + Zn Katkılı	6665,9
Kompoze 15-15-0	31
Kompoze 15-15-0 + Zn	5
TSP	16,85

Seyfe gölü etrafındaki köylerdeki çiftçilerle görüşülerek son yıllarda yaygın olarak kullandıkları 5 farklı gübre çeşidi (amonyum sülfat, amonyum nitrat, potasyum C, potasyum sülfat, kompoze 20-20-20+Zn) seçilerek ağır metal analizleri gerçekleştirilmiştir.

4.4. Deneysel Çalışmalar

Araştırma kapsamında yapılan deneysel çalışmalar 2 basamakta gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmaların bir bölümü arazide anında (in situ) bir bölümü de laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiştir. Analizlerin yapımı sırasında uluslararası standart (EPA, APHA) metodlar kullanılmıştır. Proje kapsamında yapılan analizler Çizelge 4.4’de, yapılan analizlerde izlenen metodlar ve kullanılan cihazlar Çizelge 4.5’de verilmektedir.

Arazide anlık olarak yapılan ölçümlerin dışındaki diğer analizlerden ağır metaller Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’ne bağlı laboratuvarlarda, su analizleri ise Gazi Üniversitesi Çevre Bilimleri Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır.

Çizelge 4.4. Araştırma kapsamında yapılan analizler.

Anlık Ölçümler	pH, sıcaklık (°C), elektriksel iletkenlik (EC, mS/cm), toplam çözünmüş katılar (TÇK, g/l), çözünmüş oksijen (ÇO, mg/l), tuzluluk
Sedimentte Ağır Metaller	Kadmiyum(Cd), Kurşun (Pb), Krom (Cr), Kobalt (Co), Nikel Ni, Çinko (Zn), Bakır (Cu), Arsenik (As)
Sentetik Gübrede Ağır Metaller	
Suda Ağır Metaller	

Çizelge 4.5. Analizler için kullanılan metodlar

<i>Analiz</i>	<i>Metod</i>	<i>Analog Standart</i>	<i>Yöntem</i>
Ağır Metaller (mg/l)	Micro dalga digestion Asid digestion	EPA 200.8 CAL 1-1 EPA 200.8 CAL 1-2 EPA 200.8 CAL 1-3	ICP-MS
pH	Anlık	DIN 38404-5 EPA 150.1	YSI-Multiple Probe
ÇO (Çözülmüş Oksijen, mg/l)	Anlık		YSI-Multiple Probe
Tuzluluk (ppt)	Anlık		YSI-Multiple Probe
Sıcaklık (°C)	Anlık		YSI-Multiple Probe
TÇK (Toplam Çözülmüş Katı Madde, g/l)	Anlık		YSI-Multiple Probe
EC (Elektriksel İletkenlik, mS/cm)	Anlık	DIN EN 27888 EPA 120.1	YSI-Multiple Probe

Arazi çalışmalarında alınan sediment (dip çamuru) örneklerinden 1'er g alınarak her biri mikrodalga çözünürleştirme tüplerine yerleştirilmiştir. Her bir tüpün üzerine de 5 ml HNO₃ ve 1 ml H₂O₂ ilave edilerek mikrodalga fırında (Milestone Ethos Plus 2000) çözünürleştirme işlemi yapılmıştır. Bu işlemden sonra fırından çıkarılan tüpler oda sıcaklığında soğutulmuş ve tüplerdeki çözelti 25 ml'lik polipropilen balonjojelere aktarılmıştır. Balon jojelerdeki çözelti miktarı saf su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Örneklerin metal analizi Perkin Elmer marka 5300 DV model ICP-OES cihazında yapılmıştır. Su örneklerinin metal analizleri ise doğrudan ICP cihazında ölçülmüştür.

4.5. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel hesaplamaların yapılmasında Statistica for Windows Ver. 4.5 ve SPSS for Windows Ver. 15 programları kullanılmıştır. Elde edilen verilerin normal dağılıp dağılmadığını tespit etmek amacıyla Kolmogorof-Smirnov sınaması yapılmıştır [Sheskin, 2004]. Mevsimsel dönemler ve istasyonlara göre ağır metal dağılımlerinin belirlenmesinde betimsel istatistiksel tanımlamalar yapılmıştır. Sedimentteki ağır metal miktarlarının değişiminde hem istasyon noktalarının hemde mevsimsel

periyodun beraber bir etkisinin olup olmadığını belirlemek için İki Faktörlü Varyans Analizi [Neter ve ark., 1996] yapıldı. Hangi istasyonlar ve hangi dönemler arasında farklılık olduğunu görmek amacıyla Tukey Post Hoc testi yapılmıştır [Neter ve ark., 1996; Keppel ve Wickens, 2004]. Normal dağılım göstermeyen (parametrik olmayan) metallerin analiz dönemlerine ve istasyonlara göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemede ise Kruskal-Wallis H Testi [Conover, 1999] kullanılmıştır.

5. DENEYSEL BULGULAR ve TARTIŞMA

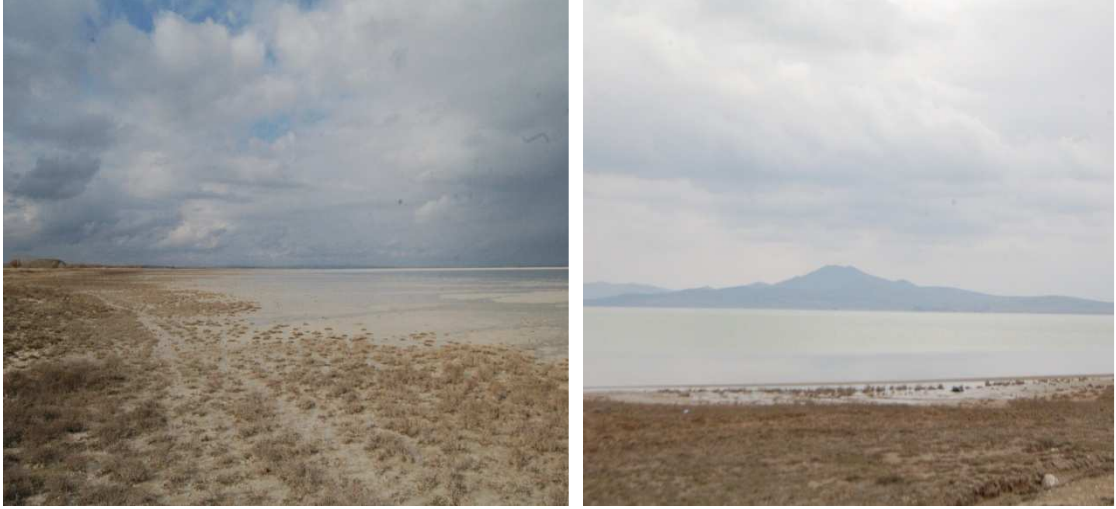
5.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma kapsamında mevsimlik dönemlerde gerçekleştirilen arazi çalışmalarında belirlenen 6 istasyondan sediment örnekleri alınmıştır. Gölün su tutma havzasında mevsimsel değişimlere bağlı olarak özellikle temmuz ve Ağustos aylarında su miktarı sıfıra düşmektedir. Bu nedenle su kalitesini belirlemede mevsimsel su miktarının azalması da göz önüne alınmış ve istasyon seçiminde gölü besleyen kaynak sularının göle ulaştığı noktalarda örneklem istasyonları arasında yer almıştır (Resim 5.1). Böylece Seyfe Gölü'nün hem iç göl diye tarif edilen bölümüyle, yaz aylarında kuruyan dış göl bölümü su kalitesi izleme çalışmaları yaz aylarında da devam etmiştir. Gerek su gerekse sediment örnekleri belirlenen aynı istasyonlardan mevsimlik olarak alınmıştır.

Arazi çalışmalarının yapıldığı 1 yıllık periyot boyunca gölde ilkbahar, sonbahar ve kış aylarında belli seviyelerde su bulunurken, göl su tutma alanı yaz ayı boyunca kuru kalmıştır (Resim 5.2.).

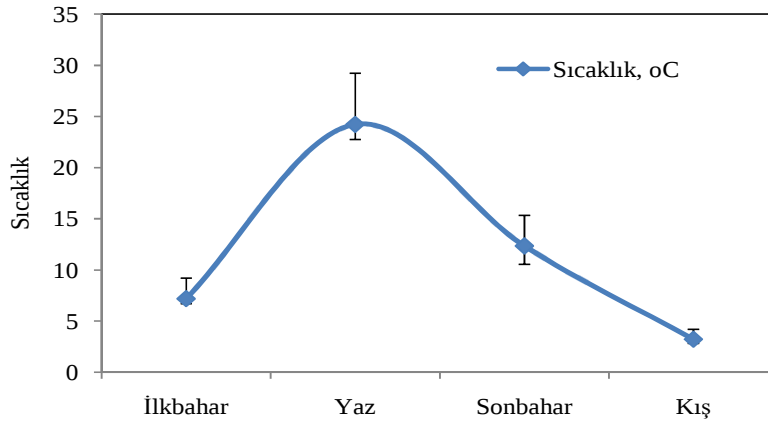


Resim 5.1. Seyfe Gölünü besleyen Horla Kaynağı ve DSİ sulama kanallarının görünümü.



Resim 5.2. Seyfe Gölü yaz ve sonbahar dönemi görüntüleri.

Gölde sediment ve su kalitesinin izlendiği bir yıl boyunca, su sıcaklığı 3,21-24,23 °C arasında değişim göstermiştir (Şekil 5.1.). Gölün su derinliği ortalama 1 m'yi aşmamaktadır. Bu nedenle mevsimsel dönemlerde su sıcaklığında önemli miktarda farklılıklar oluşmaktadır.

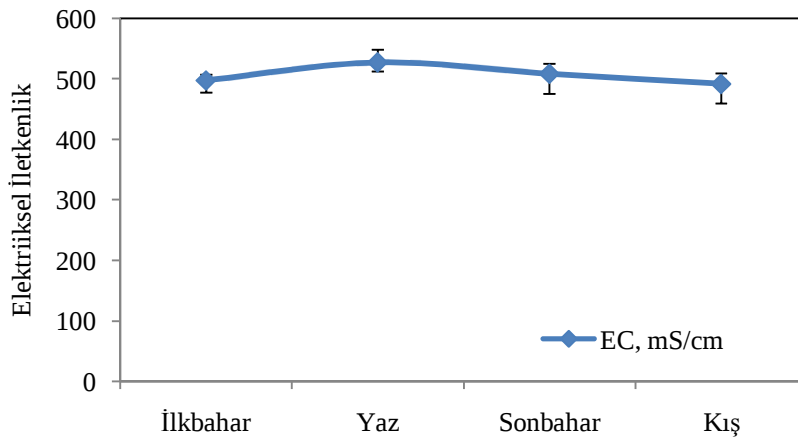


Şekil 5.1. Seyfe Gölü su sıcaklığının 1 yıllık periyottaki mevsimsel değişimi.

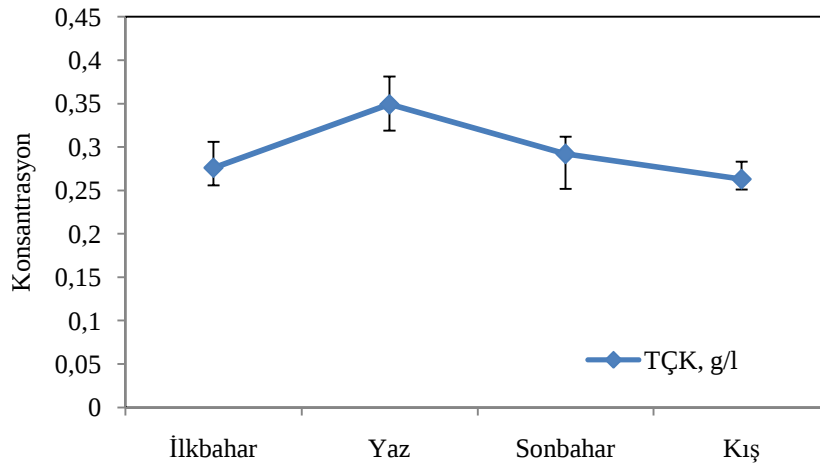
Seyfe Gölü gerek üzerinde bulunduğu jeolojik formasyon gerekse diğer çevresel etkilere maruz kalması nedeniyle tuzlu su özelliği göstermektedir. Yörenin az yağış alması, gölü besleyen derelerin mevsimsel olarak kuruması ve yüksek buharlaşmanın etkisiyle büyük bir bölümü tuzlu bataklık özelliğini taşımaktadır. Seyfe Gölü'nün

beslenimi, gölün batı ve kuzeybatısındaki pınarlar, dip kaynakları, drenaj alanındaki yüzeysel akış ve göl alanına düşen yağışlarla olmaktadır. Kapalı bir havzada yer aldığı için boşalımı sadece buharlaşma ile gerçekleşmektedir.

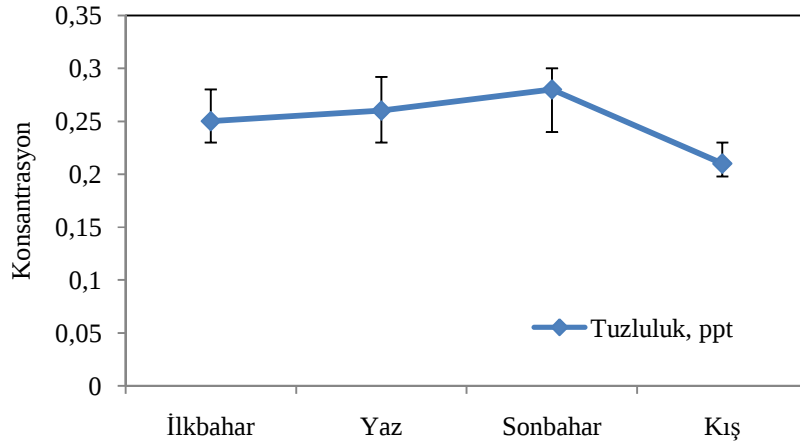
Gölde yapılan çalışma kapsamında göl suyunun elektriksel iletkenlik değerleri 528-492 mS/cm aralığında değişim göstermiştir (Şekil 5.2). İletkenlik değerleri yaz aylarında diğer mevsimlere göre daha yüksek değerlerde ölçülmüştür. Özellikle yaz aylarında suda çözünen katı madde miktarının (TÇK; 0,349 g/l) artması ve buharlaşmanın da fazla olması nedeniyle EC değerleri artış göstermiştir. Bir yıllık periyotda TÇK değerleri 0,263-0,349 g/l aralığında değişim göstermiştir (Şekil 5.3). Gölün bir yıllık ortalama tuzluluk değeri ise 0,19 ppt olarak ölçülmüştür (Şekil 5.4).



Şekil 5.2. Seyfe Gölü 1 yıllık periyottaki EC değerinin mevsimsel değişimi.

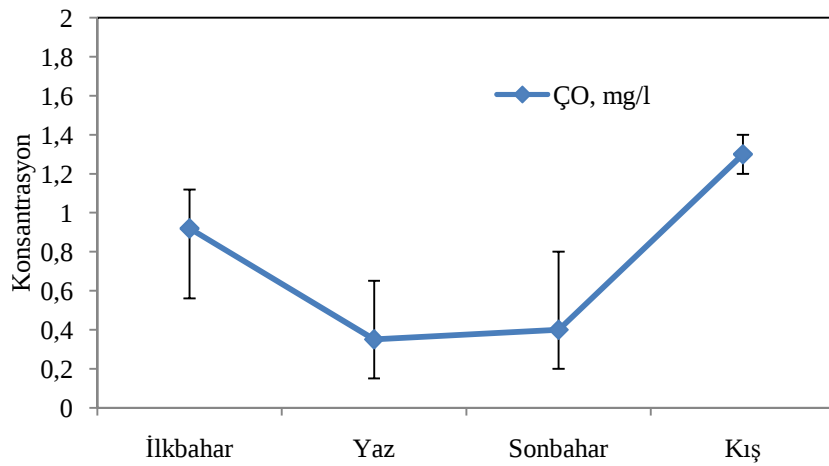


Şekil 5.3. Seyfe Gölü 1 yıllık periyottaki TÇK değerinin mevsimsel değişimi.



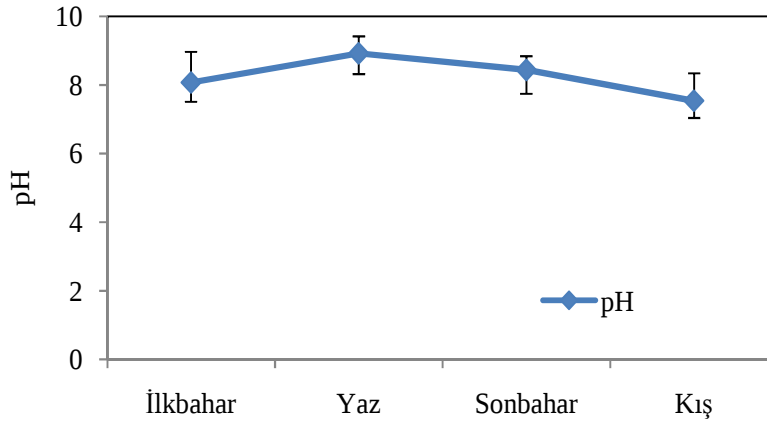
Şekil 5.4. Seyfe Gölü 1 yıllık periyottaki tuzluluk değerinin mevsimsel değişimi.

Seyfe gölü su seviyesi yıllık ortalama 1 m'yi geçmediği için göldeki çözünmüş oksijen seviyeleri derinlik boyunca bir değişim göstermemiştir. Göl suyunun çözünmüş oksijen miktarı mevsimsel olarak farklılık göstermiş ve yıllık olarak 1,3-0,35 mg/l değerlerine ulaşmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Seyfe Gölü 1 yıllık periyottaki ÇO değerinin mevsimsel değişimi.

Göl suyu hafif bazik değerlerde bir pH değerine sahiptir. Gözlem periyodu boyunca suyun pH değeri 7,54-8,92 aralığın da değişim göstermiştir. Mevsimsel olarak pH değerinin büyük bir değişim göstermemesi gölün biyokimyasal açıdan düşük bir kalitede olduğunu göstermektedir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Seyfe Gölü 1 yıllık periyottaki pH değerinin mevsimsel değişimi.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Tablo.1 Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine göre çözünmüş oksijen (mg/lt) konsantrasyonu 3 mg/lt'nin altındaki sular IV. Sınıf sular diğer bir deyiş ile çok kirlenmiş sudur. Yine SKKY'ne göre Tablo.2 göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerine göre çözünmüş oksijen doğal koruma alanı ve rekreasyon alanları için 7.5 mg/lt olması gerekmektedir. Seyfe Gölü'nün çözünmüş oksijen konsantrasyonuna göre dört mevsimde de her iki tablo değerlerin altında bulunmaktadır.

Çözünmüş oksijen mikro canlıların dahi yaşamlarını sürdürebilmeleri için en önemli yaşam kaynağıdır. Aynı zamanda gölün yaşam kalitesini ifade etmektedir. Yerli vd., (2004), Seyfe Gölü'ndeki seki derinliği, su kalitesi parametreleri ve plankton çalışmaları ile gölün ötrofik/hiperötrofik göl olarak belirlenmiştir. Bolat (2006), çalışmasında gölün Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri tablosunda doğal koruma alanı ve rekreasyon alanları için toplam fosfor sınırı olarak verilen 0,005 değerinin oldukça üstünde olduğunu ve gölde fosfor kirliliği olduğunu belirtmektedir. Azotlu ve fosforlu gübrelerin suya karışması suyun kirlenerek ötrofik göl olmasına neden olur. Seyfe gölü, yaptığımız ve önceki çalışmalarda dikkate alındığında ciddi bir kirlilik tehdidi altında olduğu açıkça görülmektedir.

Seyfe Gölü su analiz sonuçlarında pH 7,54-8,92 arasında değişmekte olup SKKY'ne göre 6.50-8,50 arasında ise II. Sınıf su olarak değerlendirilmektedir. Gölü'n pH değeri sınır değere çok yakın olsada pH'ı II. Sınıf sudur. SKKY'deki Tablo.2'ye göre doğal koruma alanı ve rekreasyon alanları için verilen pH 8,5 sınır değerini yaz mevsiminde aştığı, diğer mevsimlerde sınır değerlerde kaldığı görülmektedir.

Bolat (2006), çalışmasında gölü besleyen kaynaklardan alınan su örneklerinin analiz sonuçlarına göre pH 8,03-8,88 arasında değiştiği, göl içinden alınan su numunelerinin analiz sonuçlarına göre pH 8,34-8,57 arasında değiştiğini tespit etmiştir.

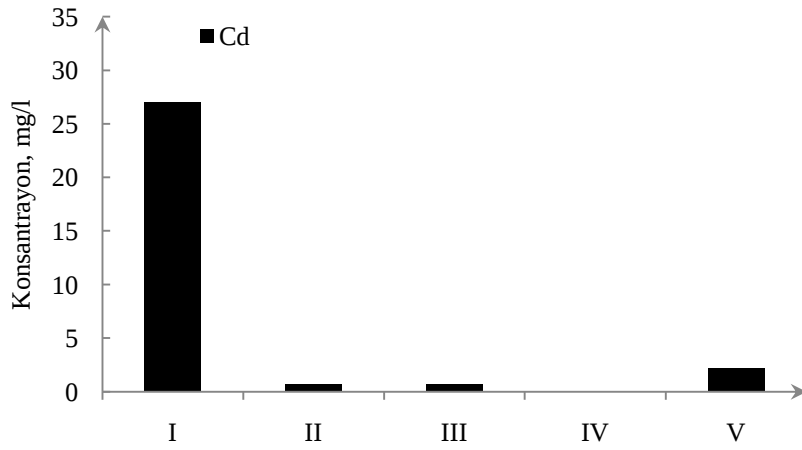
5.2. Gübre Analizleri

Çalışma kapsamında Seyfe Gölü kapalı havzasındaki tarım arazilerinde kullanılan sentetik gübre numuneleri İl Tarım Müdürlüğü'ne bağlı Tarım Kooperatiflerinden temin edilmiştir. Her bir gübrenin kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), krom (Cr), kobalt (Co), nikel (Ni), çinko (Zn), bakır (Cu) ve arsenik (As) miktarları deneysel olarak ölçülmüştür. Farklı 5 gübre örneği için elde edilen metal analizi sonuçları Çizelge 5.1'de verilmiştir.

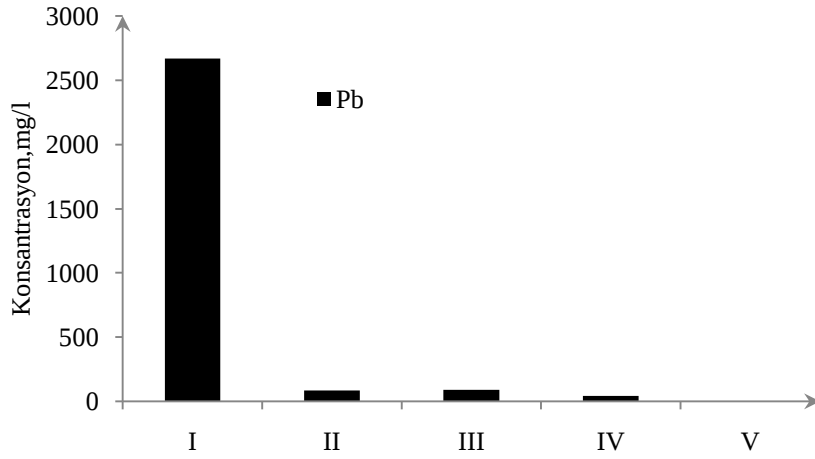
Çizelge 5.1. Sentetik Gübrelerin Metal Analizi Sonuçları.

<i>Konsantras yon (mg/l)</i>	<i>Potasyum C</i>	<i>Potasyum Sülfat</i>	<i>Amonyum Nitrat</i>	<i>Amonyum Sülfat</i>	<i>Kompoze 20-20-0+Zn</i>
Kadmiyum, Cd	27,02	0,65	0,71	0,04	2,16
Kurşun, Pb	2668,32	85,04	89,66	42,68	<0,122
Krom, Cr	60,31	9,19	11,97	8,21	240,36
Kobalt, Co	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0219
Nikel, Ni	11,64	3,46	8,41	2,15	10,53
Çinko, Zn	6352,29	274,11	247,84	137,57	169,36
Bakır, Cu	332,73	19,58	15,75	4,46	41,82
Arsenik, As	5,21	1,78	4,47	3,34	26,59

Analizleri yapılan sentetik gübrelerden Cd oranı en yüksek olan gübre Potasyum C olarak belirlenmiştir (Şekil 5.7). Potasyum C gübresi, özellikle kadmiyum, kurşun, çinko ve bakır değerleri bakımından diğer gübrelere göre daha yüksek metal konsantrasyonları içermektedir (Şekil 5.8, 11, 12, 13).

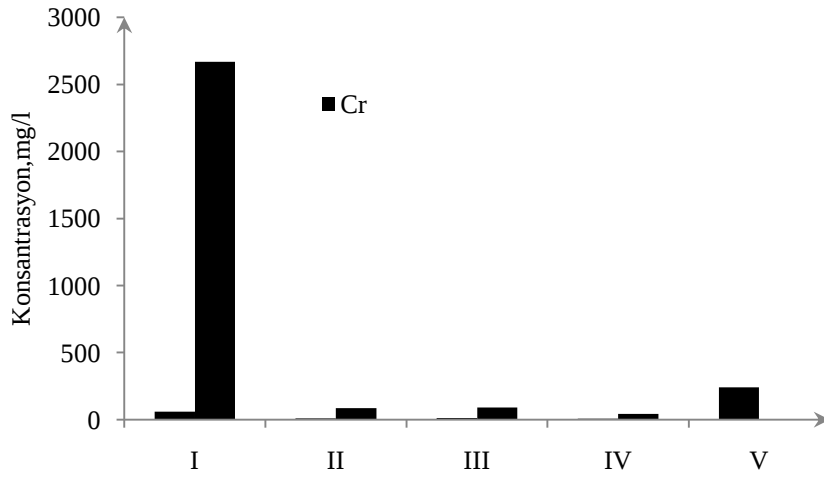


Şekil 5.7. Sentetik gübrelerdeki kadmiyum (Cd) oranlarının değişimi.



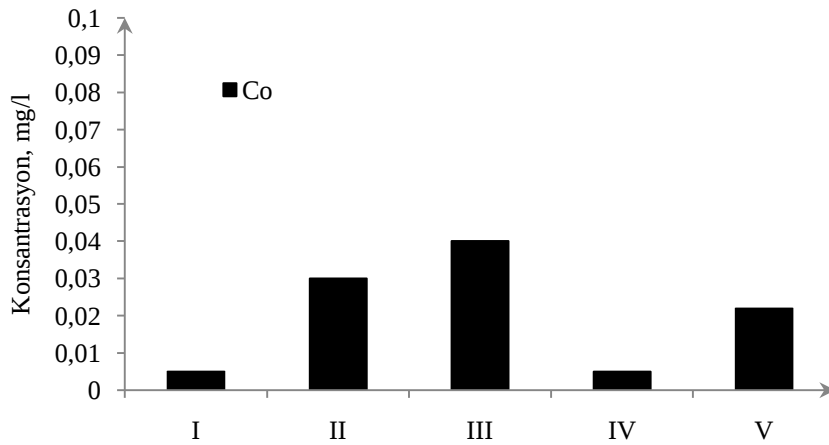
Şekil 5.8. Sentetik gübrelerdeki kurşun (Pb) oranlarının değişimi.

Çinko katkılı kompoze gübrede çinko miktarına ek olarak, yüksek miktarda krom (240,36 mg/l) değerleri gözlenmiştir (Şekil 5.9). Kompoze gübrede en dikkat çeken metal arseniktir. Oldukça toksik bir etkiye sahip olan bu arsenik kompoze gübrede yüksek değerlerde (26,59 mg/l) bulunmaktadır (Şekil 5.14).

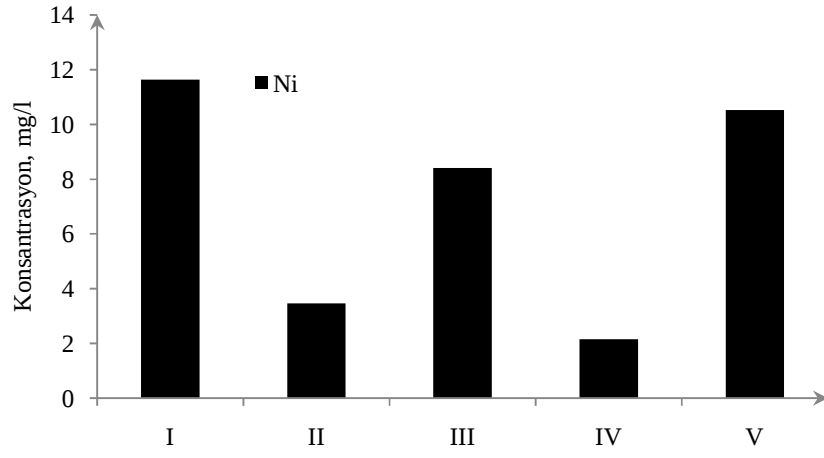


Şekil 5.9. Sentetik gübrelerdeki krom (Cr) oranlarının değişimi.

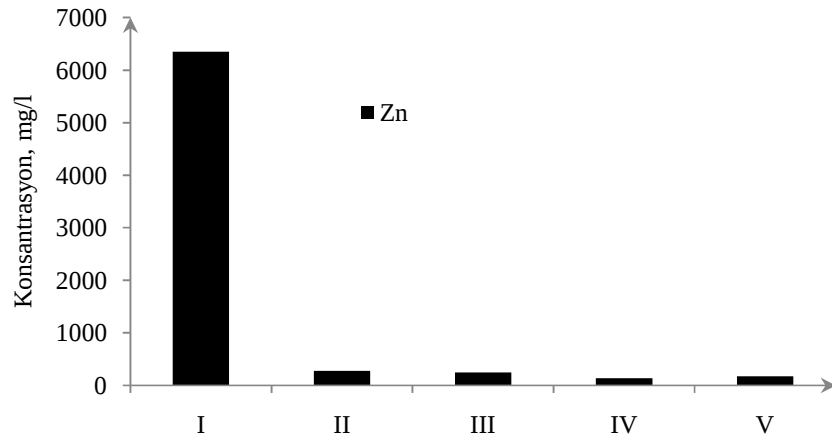
Analizleri yapılan gübrelerin kobalt miktarları oldukça düşük değerlerde ölçülmüştür. Her bir gübre örneğinde kobalt konsantrasyonu 0,005 mg/l'nin altında tespit edilmiştir (Şekil 5.10). Yine her bir gübre örneğindeki nikel miktarları 11 mg/l'den küçük olarak ölçülmüştür. Nikel içeriği en fazla olan gübreler potasyum C> kompoze> amonyum nitrat gübresidir (Şekil 5.11).



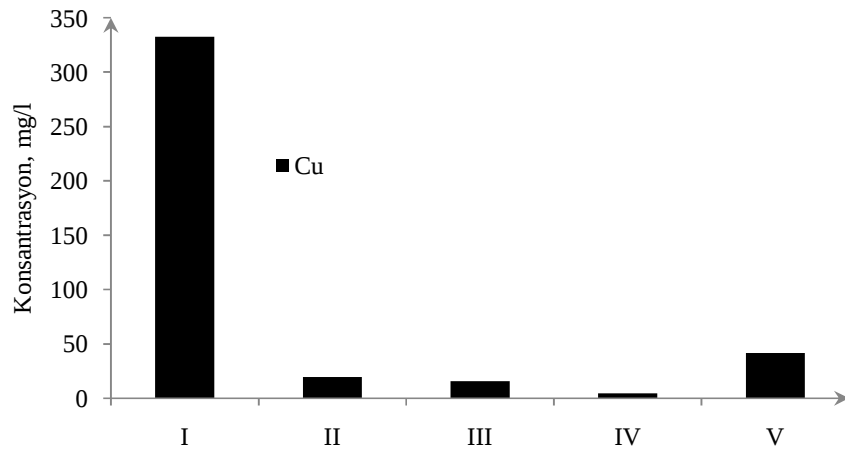
Şekil 5.10. Sentetik gübrelerdeki kobalt (Co) oranlarının değişimi.



Şekil 5.11. Sentetik gübrelerdeki nikel (Ni) oranlarının değişimi.

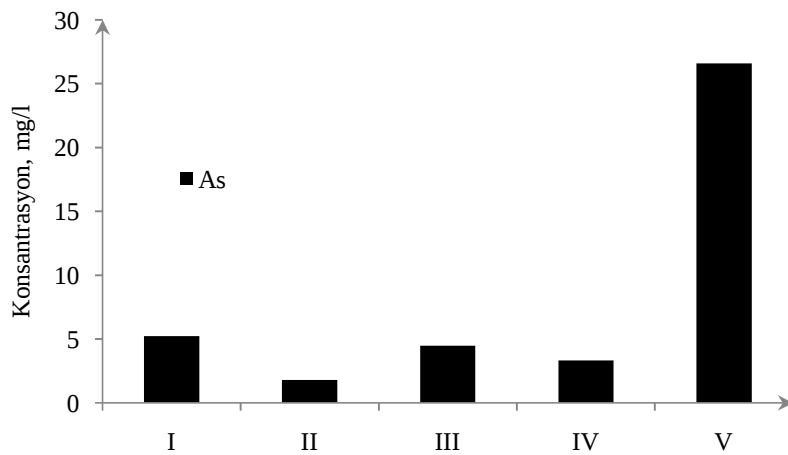


Şekil 5.12. Sentetik gübrelerdeki çinko (Zn) oranlarının değişimi.



Şekil 5.13. Sentetik gübrelerdeki bakır (Cu) oranlarının değişimi.

Metal analizlerinin sonuçlarına göre, en ilgi çekici nokta her bir gübre örneğinde de arsenik değerlerinin yüksek olmasıdır. Arsenik miktarlarına göre kompoze> potasyum C>amonyum nitrat>amonyum sülfat>potasyum sülfat şeklinde sıralanmaktadır.



Şekil 5.14. Sentetik gübrelerdeki arsenik (As) oranlarının değişimi.

Genel olarak bakıldığında incelenen gübrelerin metal içerikleri Zn> Pb> Cu> Cr> Cd> As> Ni> Co şeklinde değişim göstermiştir.

Mortvedt (1996), amonyum nitrat gübresindeki ağır metal içeriklerini mg/kg olarak As <0,4, Cd<0,2, Cu <0,6, Pb<0,4, Ni<0,2 bulurken Cr, Zn bulunmadığını tespit etmiştir. Kırşehir İl Tarım Müdürlüğüne bağlı tarım kredi kooperatifinden alınan Amonyum Nitrat Pb ve Zn değerleri yurt dışındaki gübre çalışmasına göre daha yüksek çıkmıştır.

Raven ve ark. (1997), değişik firmalardan aldığı gübre örneklerinden % 21 A. Sülfat ve % 33 A. Nitrat gübrelerinin analiz sonuçlarına göre; mg/kg cinsinden A. Sülfat'ta Cd: 0,1-1,2 , Pb:0,2-15 , As: 0,2-1,5 , Cr: 0,7-2,14 , Ni: 0,1-2,5 , Cu: 0,3-0,5 ve Zn: 17 olduğu A. Nitrat'ta ise Cd: 0,1 , Pb: 0,2 , As: 0,2 , Ni: 0,1 , Cu: 0,3 ve Zn ile Cr bulunmadığını tespit etmiştir. Yine Kırşehir ilindeki tarım kooperatifinden alınan %

21 amonyum sülfat gübresinde Zn ve Pb değerleri bu çalışmasındaki değerlere göre yüksek çıkmıştır.

Savru (2003), Türkiye’de gübre fabrikalarından alınan gübre örneklerinin analiz sonuçlarına göre % 33 Amonyum Nitratta Pb 3 mg/kg, Zn 115 mg/kg ve % 21 Amonyum Sülfatta Pb 2,6 mg/kg, Zn 129 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Bölgede kullanılan gübre örneklerinin analiz sonucu ile karşılaştırdığımızda her iki gübre çeşidi için Pb miktarları yüksek bulunmuştur.

Köleli ve ark. (2005), çalışmalarında gübre örnek analiz sonuçlarını Çin ve Japonya ülkelerinde yürürlükte olan gübre metal standart değerleri ile karşılaştırmıştır. Çin ve Japonya’da kullanılan gübre metal standartlarında Cd 8 mg/kg, Pb 100 mg/kg, As 50 mg/kg olarak belirlenmiştir. Tez çalışmasında incelenen 5 farklı gübre örneğinin analiz sonucuna göre, Potasyum C gübresinde ölçülen Cd ve Pb değerleri Çin ve Japonya’daki standart değerleri aşmaktadır. Aynı zamanda, diğer 4 gübre örneğinde belirlenen Cd, As ve Pb değerleri bu standartın altında kalmaktadır.

Mikayilov (1998), inorganik gübrelerle ilgili yaptığı çalışmasında Apatit gübrede Cu 11,3 mg/kg, Ni 3,5 mg/kg, Pb 89,8 mg/kg, Zn 7,50 mg/kg, Cd 0 mg/kg, Nitrofoska gübrelerinde ise Cu 11,3 mg/kg, Ni 6 mg/kg, Pb 14,8 mg/kg, Zn 9 mg/kg, Cd 0,03 mg/kg ve Nitroammofor gübrede ise Cu 8,5 mg/kg, Ni 0,8 mg/kg, Pb 9,8 mg/kg, Zn 0,38 mg/kg, Cd 20 mg/kg değerlerini tespit etmiştir. Özellikle azotlu gübrelerdeki ağır metal miktarları ile çalışmada incelediğimiz gübreler karşılaştırıldığında, Cu, Ni ve Cd miktarlarının benzer oranlarda olduğu görülmüştür. Ancak, Zn ve Pb miktarları Mikayilov’un çalışma sonuçlarından farklı olarak oldukça yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir.

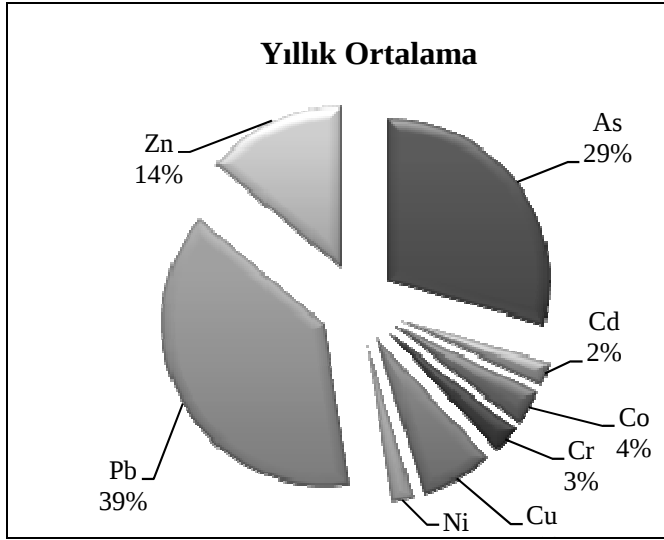
Köleli ve Kantar (2005), fosforlu gübreler ve gübrelerin hammaddelerinden kaynaklı ağır metal kirliliği olduğu, özellikle yurt dışından ithal edilen fosfat kayasının ağır metal içeriklerinin yüksek olduğu, As ve Cd değerlerinin yüksek konsantrasyona sahip olduğunu saptamıştır. Avrupa Birliği ülkelerinde fosfatlı gübrelerdeki Cd değerini 2010’a kadar 40 mg/kg, 2015’de 20 mg/kg indirilmesi gerektiği

belirtilmiştir [Köleli vd., 2006]. Maalesef ülkemizde ise organik kökenli gübrelerdeki ağır metal sınır değerleri ile ilgili yönetmelik bulunurken, kimyasal gübreler ve hammaddelerindeki ağır metallerle ilgili herhangi bir sınır değeri bulunmamaktadır. Bu durumda özellikle kapalı olan ve çevresinde tarım yapılan göller için önemli bir sorundur. Bu tip göllerde ağır metaller giderek birikme yapmakta, gölün su ve sediment kalitesini olumsuz etkilemektedir. Tarımda kullanılan kimyasal gübrelerin (azotlu, kompoze, fosfatlı ve potasyumlu gibi) en önemli ağır metal kaynağı hammaddeleri olan fosfat kayası, kainit ve potasyum tuzu gibi kullanılan doğal kayaçların ağır metal içermeleridir.

Savru (2003), Türkiye’de gübre fabrikalarından alınan gübre örneklerinin analiz sonuçlarına göre % 33 Amonyum Nitratta Pb 3 mg/kg, Zn 115 mg/kg ve % 21 Amonyum Sülfatta Pb 2,6 mg/kg, Zn 129 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Tez çalışmasında incelenen gübre örneklerinin analiz sonucu ile karşılaştırdığımızda her iki gübre çeşidi için Pb miktarları yüksek çıkmıştır.

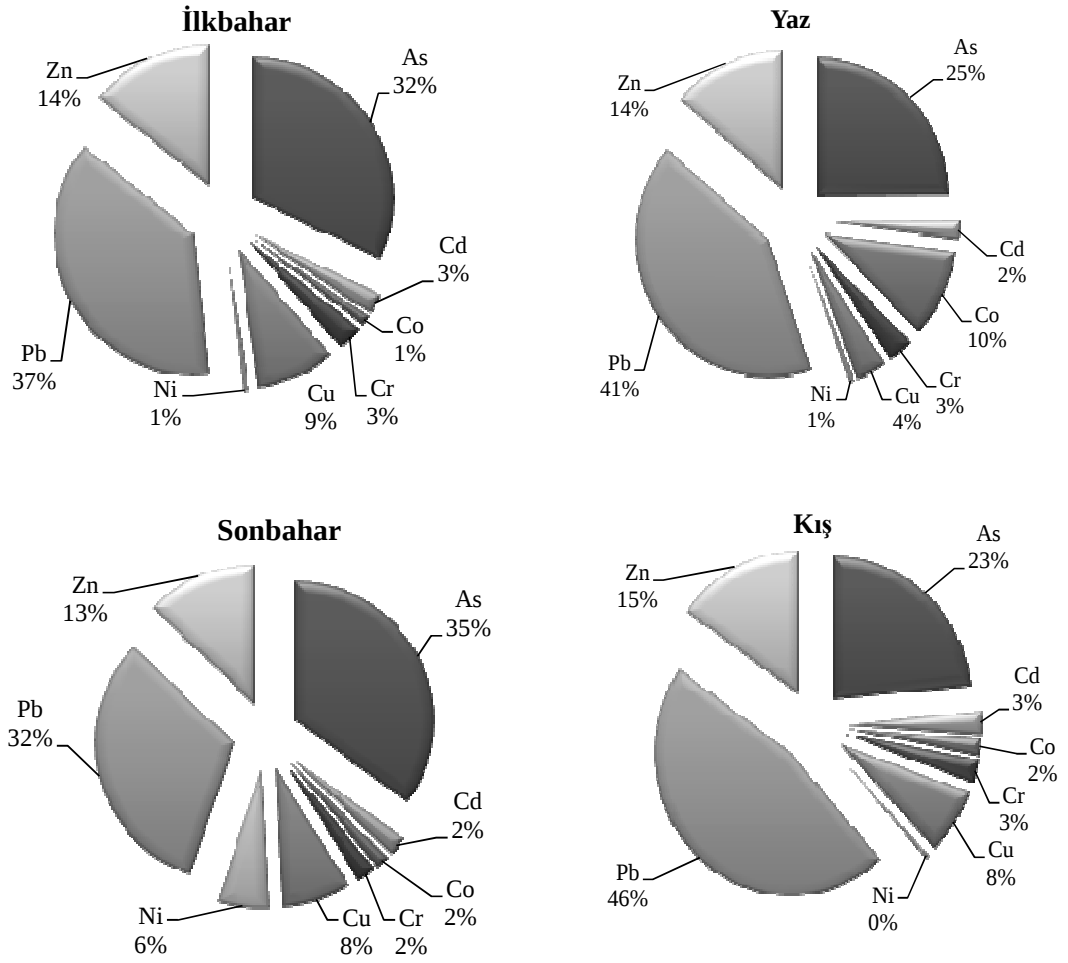
5.3. Su Analiz Sonuçları

Araştırma kapsamında 1 yıllık periyotta dönemsel olarak 6 istasyondan alınan su örneklerindeki metal miktarlarının yıllık ortalama miktarları Şekil 5.15’de gösterilmiştir. Göl suyunda oransal olarak Pb>As>Zn miktarları tespit edilmiştir. Kurşun konsantrasyonu yıllık ortalama olarak 0,185 mg/l olarak belirlenirken, arsenik ve çinko değerleri ise 0,141 mg/l ve 0,066 mg/l olarak ölçülmüştür. Diğer metaller ise > 0,02 mg/l’nin altında değişim göstermiştir. Su analiz sonuçlarına göre Pb, As ve Cd değeri SKKY (2008), Tablo.1’e göre (Kıta İçi Su Kaynakları Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri, Ek-3) IV. Sınıf su kalitesine girmektedir. Cu, Co ve Cr II. Sınıf su kalitesi, Ni ve Zn ise I.sınıf su kalitesine sahip özellik göstermektedir.



Şekil 5.15. Seyfe Gölü su örneklerinde metallerin yıllık ortalama miktarları.

Su örneklerinde metal miktarları arasında mevsimsel dönemlere göre azda olsa farklılıklar gözlenmiştir (Şekil 5.16). Kurşun miktarı dört mevsim boyunca 0,18-0,19 mg/l aralığında değişim göstermiştir. Aynı zamanda kurşun sudaki en yüksek metal konsantrasyonu olarak ölçülmüştür. Çinko değerleri 0,059-0,073 mg/l, arsenik konsantrasyonu da 0,091-0,196 mg/l aralığında tespit edilmiştir. Kış mevsiminde metal miktarları Pb>Zn>As>Cu>Cd>Cr>Co sıralamasında değişim gösterirken, yaz döneminde ise Pb>As>Zn>Co>Cu>Cr>Cd>Ni değerleri belirlenmiştir. Sudaki metal miktarlarından özellikle arsenik miktarları ilkbahar ve yaz aylarında artış göstermektedir.



Şekil 5.16. Seyfe Gölü su örneklerinde metallerin mevsimsel dönemlere göre değişimi.

Suda ağır metallerin mevsimsel dönemlere göre değişimine bakıldığında Pb değerinin yaz ve kış aylarında artmış olduğu gözlenmiştir. Doğal sulardaki kurşun miktarı nadir olarak yüksek değerlere ulaşır ve kirlenmemiş akarsu ve gölde 0,001-0,010 mg/l arasında değişir [Bebek, 2001]. Göl suyundaki analizlerde ise Pb değeri 0,18-0,19 mg/l arasında değişim göstermiştir. Bu değerler ise doğal sulara göre göl suyunun yüksek miktarlarda Pb içerdiğini göstermektedir.

Bölgede tarım arazilerinde yoğun kullanılan Potasyum C gübresinde Pb miktarlarının yüksek olması nedeniyle bu artışın olması beklenebilecek bir sonuçtur. Özellikle yaz aylarındaki artış, bölgedeki gübreleme dönemlerine denk gelmesi bakımından ilgi

çekicidir. Kışın fosil yakıtların yakılması ile havaya karışan kurşun yağış ile birlikte sulara, toprağa karışabilir ve bu nedenle su örneklerinde Pb miktarı artışı söz konusu olabilir. Bebek (2001), Ulubat Gölü ve gölü besleyen kaynaklarda yapmış oldukları çalışmada kurşun düzeylerini ölçmüşlerdir. Bu çalışma sonucunda bölgedeki tarım alanlarında kullanılan kimyasal ilaçlar ve gübrelerden kaynaklı Pb konsantrasyonunun arttığını belirlemişlerdir. Çalışma sonuçları Seyfe Gölü suyundaki Pb miktarlarının yüksek konsantrasyonlarını açıklayabilecek etkenler bakımından benzerlik göstermektedir.

Sedimentler ağır metallerin önemli birikim yerleridir ve bu nedenle sucul ortamların metal kirliliğinin belirlenmesinde izlenmesi gereken bir alan özelliğini taşırlar [Salamons vd., 1987]. Suda tespit edilemeyen metaller sedimentte tespit edilirken yine su örneklerinde düşük seviyelerde bulunabilecek metaller sedimentte yüksek konsantrasyonlar da çıkabilmektedir. Buda metallerin kimyasal ve fiziksel reaksiyonlarla sedimentte birikimi ile açıklanabilir. .

Bolat (2006), Seyfe Gölü'nde yaptığı çalışmada 10 istasyondan alınan su örneklerinde ağır metaller miktarlarını incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda ağır metal miktarlarını oransal olarak $As > Zn > Ni > Cr > Cu > Pb > Co > Cd$ olarak belirlemiştir. Tez çalışmamızın sonuçlarına göre ağır metal miktarları $Pb > As > Zn > Cu > Co > Cd > Cr > Ni$ olarak belirlenmiştir. Bolat'ın çalışmasındaki değerler ile karşılaştırdığımızda Pb seviyesinin arttığı Ni ise azaldığı görülmektedir.

Çizelge 5.2'de Seyfe Gölü'nden alınan su numunelerinde yıllık ortalama değerlerine göre metal konsantrasyonlarının SKKY (2004), EPA (2005) ve WHO (2006) içme suyu standartlarına göre karşılaştırma sonuçları verilmiştir. Göldeki As, Cd ve Pb miktarları bu standart değerleri aşmaktadır.

Çizelge 5.2. Seyfe Gölü su örnekleri ağır metal miktarlarının ulusal ve uluslar arası içmesuyu standartlarıyla karşılaştırılması.

Metaller	Ortalama ($\mu\text{ L}^{-1}$)	Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri ($\mu\text{ L}^{-1}$)				EPA Max. ($\mu\text{ L}^{-1}$)	WHO ($\mu\text{ L}^{-1}$)
		I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf		
As	141	20	50	100	>100	-----	10
Cd	11	3	5	10	>10	-----	3
Co	17	10	20	200	>200	-----	-----
Cr	13	-	20	50	>50	100	50
Cu	34	20	50	200	>200	1300	2000
Ni	10	20	50	200	>200	-----	20
Pb	185	10	20	50	>50	15	10
Zn	67	200	500	2000	>2000	5000	3000

5.4. Sediment Analiz Sonuçları

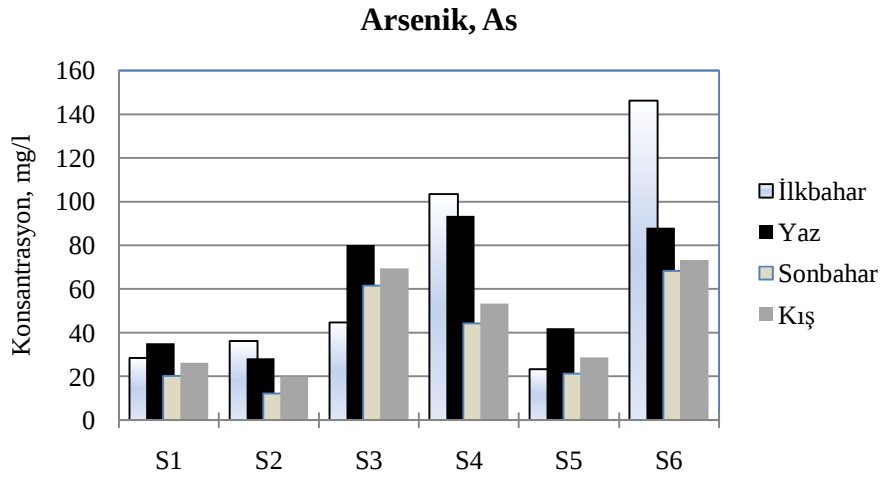
5.4.1. Deneysel sonuçlar

Gölde mevsimsel dönemlere göre farklı 6 istasyondan alınan sediment örneklerinde arsenik, kadmiyum, kobalt, krom, bakır, nikel, kurşun ve çinko değerleri ölçülmüştür. Mevsimsel dönemlere göre istasyonlarda yapılan analizlerin sonuçları Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Mevsimlere göre istasyonlardan yapılan ölçüm sonuçları

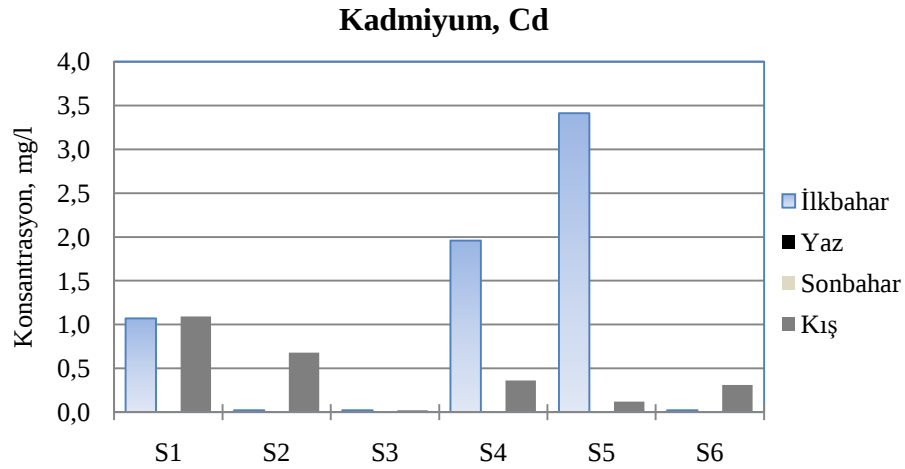
İstasyon No	(İlkbahar Dönemi)							
	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
S1	28,370	1,070	0,580	96,790	82,170	102,130	193,260	262,170
S2	36,120	0,022	0,670	57,210	46,750	48,170	138,120	286,110
S3	44,670	0,022	0,130	38,240	31,090	51,130	73,160	273,120
S4	103,410	1,960	1,090	68,240	23,190	36,150	23,180	291,690
S5	23,320	3,410	3,540	22,900	25,520	26,780	5,386	320,870
S6	146,220	0,022	0,110	90,480	56,550	84,360	148,820	199,920
OR T.	63,685	1,084	1,020	62,310	44,212	58,120	96,988	272,313
İstasyon No	(Yaz Dönemi)							
	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
S1	35,060	<0,022	1,770	92,660	51,620	84,020	155,800	241,590
S2	28,290	<0,022	1,000	75,670	33,150	56,410	94,530	235,420
S3	80,160	<0,022	1,340	49,830	24,790	41,980	58,410	255,860
S4	93,550	<0,022	0,260	55,210	25,750	46,080	52,380	324,540
S5	42,030	<0,022	0,110	18,340	0,111	13,600	3,350	291,740
S6	88,150	<0,022	1,140	57,370	30,230	54,260	63,770	522,450
OR T.	61,207	0,022	0,937	58,180	27,609	49,392	71,373	311,933
İstasyon No	(Sonbahar Dönemi)							
	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
S1	20,170	<0,022	0,110	72,160	46,320	74,320	112,380	217,610
S2	12,180	<0,022	0,600	38,410	21,120	52,130	82,130	196,120
S3	61,540	<0,022	0,110	54,170	30,120	30,480	46,340	182,340
S4	44,170	<0,022	0,240	32,080	12,060	27,160	34,090	243,680
S5	21,190	<0,022	1,020	11,370	0,110	10,340	12,370	218,720
S6	68,170	<0,022	10,110	42,180	28,120	61,320	71,540	297,390
OR T.	37,903	0,022	2,032	41,728	22,975	42,625	59,808	225,977
İstasyon No	(Kış Dönemi)							
	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
S1	26,190	1,090	0,310	68,170	40,680	63,790	98,660	201,340
S2	19,840	0,680	0,170	40,360	11,960	38,720	101,940	179,600
S3	69,360	0,021	0,130	36,690	23,390	28,160	51,380	166,330
S4	53,240	0,360	0,690	21,170	16,640	17,940	21,370	117,930
S5	28,670	0,120	0,860	18,370	3,960	12,360	18,490	215,520
S6	73,160	0,310	0,110	24,390	21,380	38,470	82,150	195,630
OR T.	45,077	0,430	0,378	34,858	19,668	33,240	62,332	179,392

Gölde ilkbahar ve yaz aylarında S3, S4 ve S6 istasyonlarında yüksek arsenik değerleri gözlenmiştir. Bir yıllık periyotta arsenik konsantrasyonu ortalama 37,90-63,69 mg/l aralığında değişim göstermiştir (Şekil 5.17). Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne (TKKY, 2005) göre, topraktaki ağır metal sınır değerleri tablosunda arsenik ve kobalt için herhangi bir sınır değer bulunmamaktadır. Ancak, aynı yönetmeliğin kirlenmiş toprakta arıtma sonucu uyulması gereken sınır değerler kapsamındaki tabloda arsenik ve kobalt için sınır değer 20 mg/l olarak verilmiştir. Seyfe Gölü sediment çalışması sonuçlarına göre, arsenik konsantrasyonu yıllık ortalama değerleri bu limitlerin çok üstünde miktarlara sahiptir. Kobalt ise sınır değerleri aşmamaktadır.



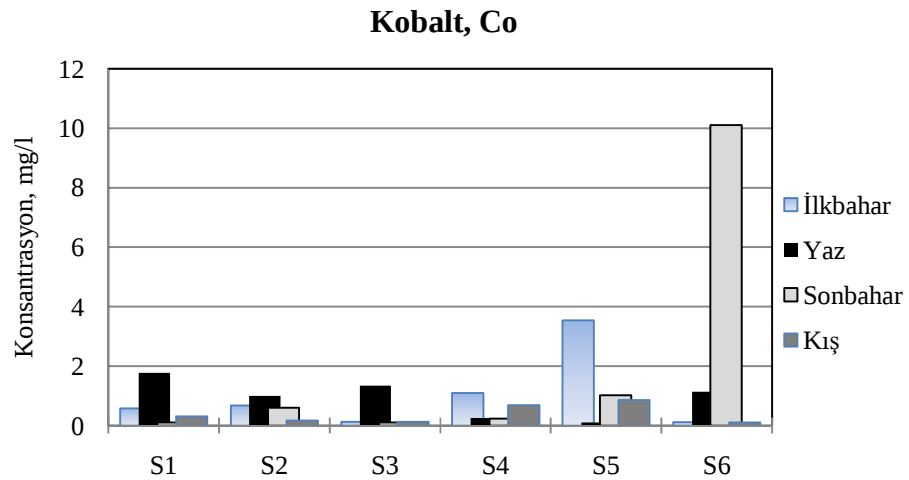
Şekil 5.17. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki arsenik miktarının mevsimsel değişimi.

İstasyonlara göre kadmiyum miktarları S1, S4 ve S5 istasyonlarında yüksek değerlerde gözlenmiştir (Şekil 5.18). Özellikle ilkbahar mevsiminde S5 istasyonunda 3,41 mg/l Cd değeri ölçülmüştür. Kadmiyum yıllık olarak tüm istasyonlarda ortalama 0,022-1,084 mg/l konsantrasyon aralığında değişim göstermiştir. Kadmiyum konsantrasyonu Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre (TKKY, 2005), 3 mg/kg'dır. Sediment ölçümlerindeki miktarlar bu değerin altında kalmaktadır. Cd miktarı ilkbahar döneminde S5 noktasında en yüksek değere ulaşmıştır. Yönetmeliğe göre kadmiyumun sadece ilkbaharda S5'de sınır değeri aştığı, diğer mevsimlerde ise sınır değerin altında kaldığı belirlenmiştir.



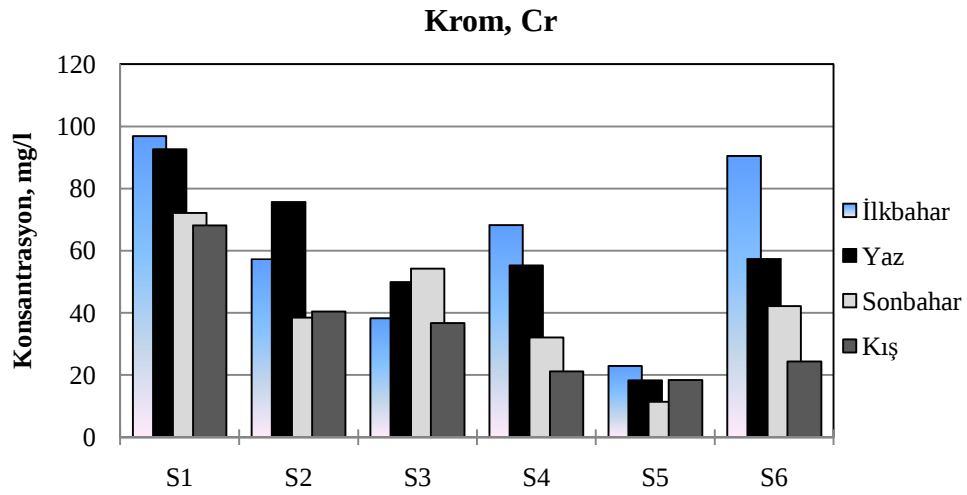
Şekil 5.18. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki kadmiyum miktarının mevsimsel değişimi.

Sediment örneklerindeki kobalt miktarları da, kadmiyum gibi düşük konsantrasyonlarda ölçülmüştür (Şekil 5.19). Yıllık ortalama olarak kobalt değerleri 0,378-2,032 mg/l aralığında belirlenmiştir. Özellikle sonbahar ayında S6 istasyonunda yüksek kobalt konsantrasyonu (10,110 mg/l) tespit edilmiştir. Ancak, bu istasyonda diğer mevsimsel dönemlerde Co değeri 1,14 mg/l'nin üzerine çıkmamıştır.



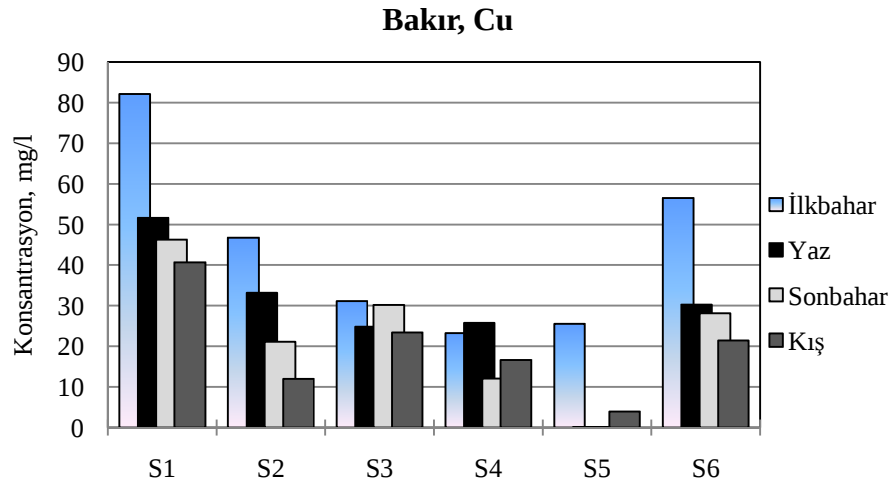
Şekil 5.19. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki kobalt miktarının mevsimsel değişimi.

Mevsimsel dönemlere göre istasyonlardan alınan sediment örneklerinde krom, bakır, nikel ve kurşun miktarları yüksek konsantrasyonlarda gözlenmiştir. Özellikle S1 ve S6 istasyonlarında ilkbahar ve yaz aylarında bu metallerin konsantrasyon miktarlarının arttığı görülmüştür (Şekil 5. 20-21-22-23). Krom yıllık periyot boyunca 34,85-62,31 mg/l, bakır 19,67-44,21 mg/l, nikel 33,24-58,12 mg/l ve kurşun 59,81-96,99 mg/l aralığında değişim göstermiştir. Özellikle her 4 metalinde ilkbahar ve yaz aylarında yüksek konsantrasyonlar da görülmesi bölgedeki gübreleme çalışmalarının bu dönemlerde olması bakımından çarpıcıdır.

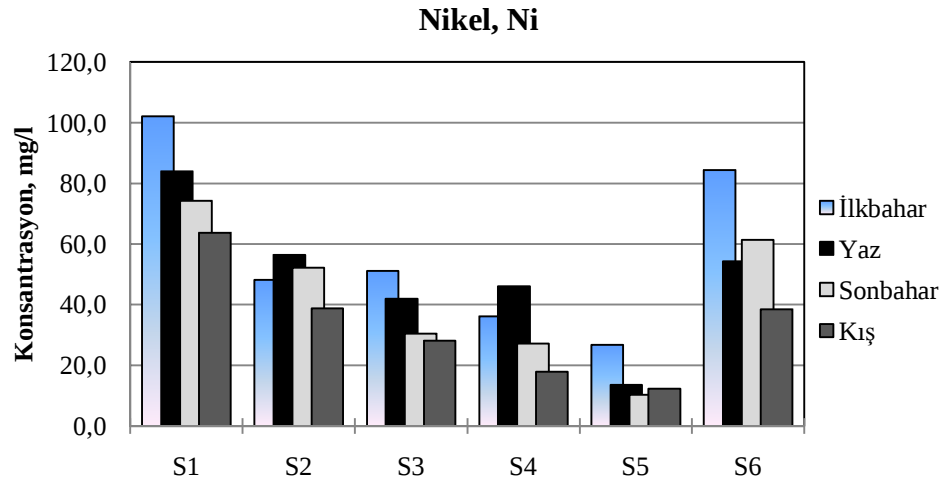


Şekil 5.20. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki krom miktarının mevsimsel değişimi.

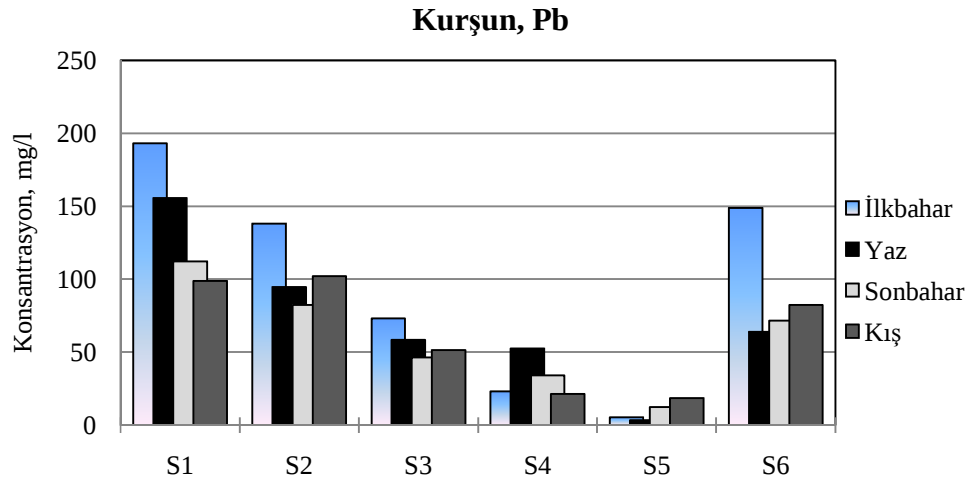
Cr için Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki sınır değer 100 mg/kg olup, bulunan sonuçlara göre sediment örneklerindeki miktar sınır değerinin altında kalmaktadır. Cu için yönetmelik sınır değeri 140 mg/kg'dır ve sediment analiz sonuçlarındaki Cu miktarları sınır değerleri sağlamaktadır. Yine aynı yönetmeliğe göre Nikel için belirlenen sınır değer 75 mg/kg'dır. Sedimentteki nikel miktarları ilkbahar döneminde S1 ve S6, yaz döneminde ise S1 istasyonunda yönetmelik sınır değerinin üzerinde (84,02-102,13 mg/l) ölçülmüştür. Kurşun için sınır değeri ilgili yönetmelikte 300 mg/kg olarak belirlenmiştir. Sediment analiz sonuçlarına göre kurşun limitin altında kalmaktadır.



Şekil 5.21. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki bakır miktarının mevsimsel değişimi.

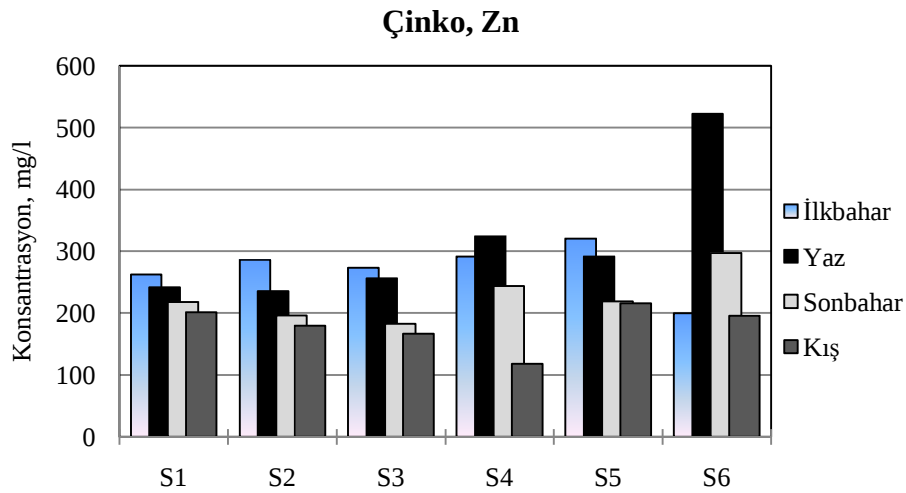


Şekil 5.22. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki nikel miktarının mevsimsel değişimi.



Şekil 5.23. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki kurşun miktarının mevsimsel değişimi.

Seyfe gölü sediment örneklerinde 1 yıllık gözlem periyodunda izlenen en yüksek metal konsantrasyonu çinko olarak belirlenmiştir (Şekil 5.24). Bütün istasyonlarda mevsimsel dönemlerde 179,39-311,93 mg/l aralığında çinko değerleri ölçülmüştür. Özellikle S6 istasyonunda yaz ayında 522,45 mg/l değerinde çinko sedimentte tespit edilmiştir.



Şekil 5.24. İstasyonlara göre sediment örneklerindeki çinko miktarının mevsimsel değişimi.

Zn için yönetmelik sınır değeri 300 mg/kg'dır. İlkbahar döneminde S5 istasyonunda, yaz döneminde ise S4 ve S6 istasyonlarında Zn miktarı sınır değerin üstünde

ölçülmüştür. Sonbahar ve kış dönemlerinde ise ölçülen Zn miktarları sınır değerin altında kalmaktadır.

Genel olarak Seyfe Gölü'nde mevsimsel dönemlerde değişkenlik göstermesine rağmen ağır metal birikimden sözedilebilir. Özellikle arsenik yıllık ortalama değerleri yönetmelik sınır değerlerinin oldukça üstünde kalmaktadır ve buda tabanda ciddi bir arsenik birikimini göstermektedir. Yine çinko bakımından özellikle tarım arazilerinin yoğun olduğu alanlarda (S6, S6) sedimentte birikim olduğu ve çinkonun yönetmelik sınır değerlerini aştığı tesbit edilmiştir. Aynı zamanda ilkbahar döneminde Cd miktarları belirli istasyonlarda (S5) yönetmelik değerlerini aşmaktadır.

Ülkemizde yapılan benzer çalışmalarda da, göl ve akarsuların sedimentlerinde ciddi oranlarda ağır metal birikimlerinin olduğu tespit edilmiştir. Ağır metal birikimi Van Gölü (Türkoğlu, 2008), Karacaören II Baraj Göl (Tumantozlu, 2010), Kovada Gölü (Kır ve ark., 2007), Ulubat Gölü (Bebek, 2001), Gala Gölü (Bayrak, 2004), Atatürk Baraj Gölü (Karadede, 1997), Gediz nehri (Aksoy, 2005) sedimentlerinde yapılan çalışmalarda da tespit edilmiştir. Özellikle mevsimsel dönemlerde metal miktarları arasında farklılıklar gözlenmiştir. Kovada Gölü için yapılan çalışmada, İlkbahar aylarında Zn ve Ni miktarları diğer aylara göre daha yüksek olarak ölçülmüştür (Kır ve ark, 2007).Yine bu çalışma sonuçlarına göre metal birikimin yaz mevsiminde en yüksek düzeye ulaştığı gözlenmiştir.

Sedimentle ilgili çalışmalarda, sedimentteki birikimin suya göre daha fazla olduğunu göstermektedir. Sediment kaliteleri ile ilgili yapılan bütün çalışmalar, özellikle su kaynağının bulunduğu havzadaki tarımsal ve endüstriyel faaliyetlere bağlı olarak metal tip ve konsantrasyonlarının değişkenlik gösterdiğini belirtmişlerdir. Aynı zamanda, sudaki ağır metal konsantrasyonları ile karşılaştırıldığında, sediment miktarlarının fazla olması metallerin birikim özelliğinde olduğunu ortaya koymaktadır.

5.4.2. İstatistiksel Analizler

Deneysel sonuçların yorumlanmasında istatistiksel analizlerde kullanılmıştır. Elde edilen verilerin normal dağılıp dağılmadığını tespit etmek amacıyla Kolmogorov-Smirnov sınaması yapılmıştır (Çizelge 5.4). Örneklem sayısı az olduğu için bu metod tercih edilmiştir.

Çizelge 5.4. Sediment analiz sonuçları için yapılan normallik testi sonuçları.

	Kolmogorov-Smirnov		
	İstatistik	Sd	p
As	,171	24	,068
Cd	,343	24	,000
Co	,327	24	,000
Cr	,112	24	,200*
Cu	,156	24	,135
Ni	,081	24	,200*
Pb	,092	24	,200*
Zn	,136	24	,200*

Elde edilen sonuçlar Cd ve Co elementleri dışındaki elementlere ait verilerin normal dağıldığını göstermektedir. Bu nedenle Cd ve Co elementleri ile ilgili analizlerde parametrik olmayan testler, diğer elementler için ise parametrik testler kullanılmıştır.

Mevsimlere göre elementlerin miktarlarına ait betimleyici istatistiksel değerler Çizelge 5.5’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi, As içeriği ilkbahar ($\bar{X}$ =63,685) ve yaz ($\bar{X}$ = 61,206) dönemlerinde daha yüksek sonbahar ($\bar{X}$ ==37,903) ve kış ($\bar{X}$ =45,076) dönemlerinde ise daha düşük bulunmuştur. Cd ve Co değerleri mevsimsel olarak çok farklı değerlerde gözlenmezken, Co en yüksek ($\bar{X}$ = 2,032) sonbahar ayında ölçülmüştür. Mevsimsel dönemlere göre ilkbaharda Zn>Pb>As>Cr>Ni>Cu>Cd>Co; yaz döneminde Zn>Pb>As>Cr>Ni>Cu>Co>Cd; sonbahar döneminde Zn>Pb>Ni>Cr>As>Cu>Co>Cd ve kış döneminde ise Zn>Pb>As>Co>Ni>Cu>Cd>Co sıralamaları şeklinde metal konsantrasyonlarının değişimi hesaplanmıştır (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Mevsimlere göre metal miktarlarına ait betimleyici istatistikler.

Analiz dönemi = Ilkbahar

Betimleyici istatistikler					
	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
As	6	23,320	146,220	63,68500	49,775463
Cd	6	,0220	3,4100	1,084333	1,3828506
Co	6	,110	3,540	1,02000	1,287758
Cr	6	22,900	96,790	62,31000	28,900198
Cu	6	23,190	82,170	44,21167	22,640582
Ni	6	26,780	102,130	58,12000	29,114109
Pb	6	5,386	193,260	96,98767	74,903960
Zn	6	199,920	320,870	272,31333	40,664200
Valid N	6				
(listwise)					

Analiz dönemi = Yaz

Betimleyici istatistikler					
	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
As	6	28,290	93,550	61,20667	29,210145
Cd	6	,0210	,0210	,021000	,0000000
Co	6	,110	1,770	,93667	,639333
Cr	6	18,340	92,660	58,18000	25,144366
Cu	6	,111	51,620	27,60850	16,623135
Ni	6	13,600	84,020	49,39167	22,886776
Pb	6	3,350	155,800	71,37333	50,750118
Zn	6	235,420	522,450	311,9333	108,471802
Valid N (listwise)	6				

Çizelge 5.5. (Devam) Mevsimlere göre metal miktarlarına ait betimleyici istatistikler.

Analiz dönemi = Sonbahar

Betimleyici istatistikler					
	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
As	6	12,180	68,170	37,90333	23,535211
Cd	6	,0210	,0210	,021000	,0000000
Co	6	,110	10,110	2,03167	3,973117
Cr	6	11,370	72,160	41,72833	20,527131
Cu	6	,110	46,320	22,97500	15,924180
Ni	6	10,340	74,320	42,62500	23,972524
Pb	6	12,370	112,380	59,80833	36,035796
Zn	6	182,340	297,390	225,97667	40,820367
Valid N (listwise)	6				

Analiz dönemi = Kış

Betimleyici istatistikler					
	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
As	6	19,840	73,160	45,07667	23,271305
Cd	6	,0210	1,0900	,430167	,3951660
Co	6	,110	,860	,37833	,319651
Cr	6	18,370	68,170	34,85833	18,504659
Cu	6	3,960	40,680	19,66833	12,438743
Ni	6	12,360	63,790	33,24000	18,366037
Pb	6	18,490	101,940	62,33167	37,419843
Zn	6	117,930	215,520	179,39167	34,637714
Valid N (listwise)	6				

Metal miktarlarının göldeki bir yıllık gözlem periyodu boyunca ki değişiminin betimsel istatistikleri Çizelge 5.6'da verilmiştir. Yıllık ortalama göl sediment örneklerinde en fazla Zn (247,403 mg/l) gözlenirken, Cd değeri en az olan metal olarak belirlenmiştir. Göl genelinde çinko, kurşun ve arsenik ortalamaları, 247,403; 72, 625 ve 51, 967 mg/l olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.6. Metal miktarlarına ait betimsel istatistikler (1 yıllık periyot).

	N	Min	Max	Ortalama	Standart Sapma
As	24	12,180	146,220	51,96792	32,928859
Cd	24	,0210	3,4100	,389125	,8042914
Co	24	,110	10,110	1,09167	2,067388
Cr	24	11,370	96,790	49,26917	24,882547
Cu	24	,110	82,170	28,61588	18,792761
Ni	24	10,340	102,130	45,84417	24,148273
Pb	24	3,350	193,260	72,62525	50,912098
Zn	24	117,930	522,450	247,40375	78,198415

Seyfe Gölü sedimentinde bir yıllık periyottaki metal miktarlarının istasyonlara ait betimleyici istatistiksel değerleri Çizelge 5.7’de verilmiştir. İstasyonlara göre metal konsantrasyonlarının mevsimsel miktarları S6 ve S1 istasyonlarında yüksek değerlerde değişirken, en düşük metal konsantrasyonları S5 istasyonunda gözlenmiştir. Yıllık ortalama Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb konsantrasyonlarının en yüksek olduğu istasyon S1 olurken, As, Co ve Zn konsantrasyonlarının ise en yüksek olduğu istasyon S6 olmuştur. S1 istasyonu Seyfe Kaynağı’na, S6 istasyonu ise Malya çiftliğine yakın alanlardadır. Özellikle bu istasyonların tarım arazilerine yakın olması dikkat çekicidir.

Çizelge 5.7. İstasyonlara göre metal miktarlarına ait betimleyici istatistikler.

S1 İstasyonu					
Descriptive Statistics ^a					
	<u>N</u>	<u>Min</u>	<u>Max</u>	<u>Ortalama</u>	<u>Standart Sapma</u>
As	4	20,170	35,060	27,44750	6,146665
Cd	4	,0210	1,0900	,550500	,6114685
Co	4	,110	1,770	,69250	,743701
Cr	4	68,170	96,790	82,44500	14,372220
Cu	4	40,680	82,170	55,19750	18,528195
Ni	4	63,790	102,130	81,06500	16,293014
Pb	4	98,660	193,260	140,02500	43,043099
Zn	4	201,340	262,170	230,67750	26,722704

Çizelge 5.7. (Devam) İstasyonlara göre metal miktarlarına ait betimleyici istatistikler.

S2 İstasyonu					
Descriptive Statistics ^a					
	<u>N</u>	<u>Min</u>	<u>Max</u>	<u>Ortalama</u>	<u>Standart Sapma</u>
As	4	12,180	36,120	24,10750	10,364527
Cd	4	,0210	,6800	,186000	,3293337
Co	4	,170	1,000	,61000	,341272
Cr	4	38,410	75,670	52,91250	17,361452
Cu	4	11,960	46,750	28,24500	15,082671
Ni	4	38,720	56,410	48,85750	7,549637
Pb	4	82,130	138,120	104,18000	24,057336
Zn	4	179,600	286,110	224,31250	47,386117

S3 İstasyonu					
Descriptive Statistics ^a					
	<u>N</u>	<u>Min</u>	<u>Max</u>	<u>Ortalama</u>	<u>Standart Sapma</u>
As	4	44,670	80,160	63,93250	14,939405
Cd	4	,0210	,0220	,021250	,0005000
Co	4	,110	1,340	,42750	,608406
Cr	4	36,690	54,170	44,73250	8,600102
Cu	4	23,390	31,090	27,34750	3,825166
Ni	4	28,160	51,130	37,93750	10,670796
Pb	4	46,340	73,160	57,32250	11,661013
Zn	4	166,330	273,120	219,41250	52,930892

S4 İstasyonu					
Descriptive Statistics ^a					
	<u>N</u>	<u>Min</u>	<u>Max</u>	<u>Ortalama</u>	<u>Standart Sapma</u>
As	4	44,170	103,410	73,59250	29,253449
Cd	4	,0210	1,9600	,590500	,9268803
Co	4	,240	1,090	,57000	,404063
Cr	4	21,170	68,240	44,17500	21,419730
Cu	4	12,060	25,750	19,41000	6,223059
Ni	4	17,940	46,080	31,83250	12,061867
Pb	4	21,370	52,380	32,75500	14,238700
Zn	4	117,930	324,540	244,46000	90,653054

Çizelge 5.7. (Devam) İstasyonlara göre metal miktarlarına ait betimleyici istatistikler.

S5 İstasyonu					
Descriptive Statistics ^a					
	<u>N</u>	<u>Min</u>	<u>Max</u>	<u>Ortalama</u>	<u>Standart Sapma</u>
As	4	21,190	42,030	28,80250	9,362910
Cd	4	,0210	3,4100	,893000	1,6786489
Co	4	,110	3,540	1,38250	1,492032
Cr	4	11,370	22,900	17,74500	4,759527
Cu	4	,110	25,520	7,42525	12,198894
Ni	4	10,340	26,780	15,77000	7,461948
Pb	4	3,350	18,490	9,89900	6,908152
Zn	4	215,520	320,870	261,71250	52,862598

S6 İstasyonu					
Descriptive Statistics ^a					
	<u>N</u>	<u>Min</u>	<u>Max</u>	<u>Ortalama</u>	<u>Standart Sapma</u>
As	4	68,170	146,220	93,92500	35,882321
Cd	4	,0210	,3100	,093500	,1443341
Co	4	,110	10,110	2,86750	4,852686
Cr	4	24,390	90,480	53,60500	28,035618
Cu	4	21,380	56,550	34,07000	15,454607
Ni	4	38,470	84,360	59,60250	19,070120
Pb	4	63,770	148,820	91,57000	38,903041
Zn	4	195,630	522,450	303,84750	153,123811

Sedimentdeki ağır metal miktarlarının değişiminde hem istasyon noktalarının hemde mevsimsel periyodun beraber bir etkisinin olup olmadığını belirlemek için iki faktörlü varyans analizi yapılmıştır. Sabit etki modeline göre yapılan iki faktörlü varyans analizi sonuçları aşağıda verilmiştir.

İki Faktörlü Varyans Analizi ve Tukey Post Hoc Testi Sonuçları

Arsenik miktarlarının mevsimsel dönemler ve istasyonlara göre farklılıklarını ortaya koymak için yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 5.8’de verilmiştir. Analiz sonuçları istasyonlar arasında As miktarının farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur ($F(5-24) = 10,304$ $p < .05$). Başka bir deyişle As miktarı istasyonlara göre anlamlı bir

şekilde farklılık göstermektedir. Hangi istasyonlar arasında farklılık olduğunu görmek amacıyla Tukey Post Hoc testi yapılmıştır (Ek-1; Çizelge A). Bu test sonuçlarına göre, S1 ve S2 istasyonlarının S4 ve S6 istasyonlarına göre daha az As içerdiği söylenebilir. S4 ve S6 lehine olan bu farklılık istatistiksel olarak önemlidir. S4 istasyonu S5 istasyonundan daha az As içermektedir. S5 istasyonu ise S6 istasyonundan daha az As içermektedir. S4 ve S6 en fazla As içeren istasyonlardır. Diğer taraftan As içeriğinin analiz dönemlerine göre (mevsimlere göre) değişiklik göstermediği tespit edilmiştir ($F(3-24) = 2,813 = p > .05$).

Çizelge 5.8. Arsenik için iki faktörlü varyans analiz sonuçları.

<i>Bağımlı değişken :As</i>					
Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler ortalaması	F	p.
Sabit terim	64815,945	1	64815,945	194,822	,000
İstasyon_no	17141,044	5	3428,209	10,304	,000
Dönem	2807,678	3	935,893	2,813	,075
Error	4990,402	15	332,693		
Total	89755,069	24			

a. R Squared = ,800 (Adjusted R Squared = ,693)

Bakır miktarlarının mevsimsel dönemler ve istasyonlara göre farklılıklarını ortaya koymak için yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 5.9’da verilmiştir. Analiz sonuçları istasyonlar arasında ve mevsimlere göre Cu miktarının farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur ($p < .05$). Hangi istasyonlar ve hangi mevsimsel dönemler arasında farklılık olduğunu görmek amacıyla Tukey Post Hoc testi yapılmıştır (Ek-1; Çizelge B). Bu test sonuçlarına göre, S3, S2 ve S6 Cu içeriği açısından aynı düzeyde ve S1 istasyonuna göre daha az Cu içermektedir. Mevsimsel dönemlere göre kış, sonbahar ve yaz aylarında Cu miktarları ilkbahar ayına göre daha düşük ve aynı düzeyde bulunmaktadır.

Çizelge 5.9. Bakır için iki faktörlü varyans analiz sonuçları.

<i>Bağımlı değişken: Cu</i>					
Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p.
Corrected Model	7224,198 ^a	8	903,025	15,073	,000
Intercept	19652,839	1	19652,839	328,035	,000
Istasyon_no	5087,469	5	1017,494	16,983	,000
Dönem	2136,729	3	712,243	11,888	,000
Error	898,663	15	59,911		
Total	27775,700	24			
Corrected	8122,861	23			

a.R Squared = ,889 (Adjusted R Squared = ,830)

Ni miktarlarının mevsimsel dönemler ve istasyonlara göre farklılıklarını ortaya koymak için yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir. Analiz sonuçları istasyonlar arasında ve mevsimlere göre Ni miktarının farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur ($p < .05$). Hangi istasyonlar ve hangi mevsimsel dönemler arasında farklılık olduğunu görmek amacıyla Tukey Post Hoc testi yapılmıştır (Ek-1; Çizelge C). İstasyonlara göre Ni miktarı $S1 > S6 > S2 > S3 > S4 > S5$ olarak sıralanmaktadır. Yani en yüksek nikel miktarı S1'de, en düşük ise S5 istasyonunda bulunmaktadır. Mevsimsel dönemlere göre de Ni miktarının en fazla olduğu dönem ilkbahar ayı iken, en düşük olduğu dönem de kış olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.10. Nikel için iki faktörlü varyans analiz sonuçları.

<i>Bağımlı değişken: Ni</i>					
Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p.
Corrected Model	12403,760 ^a	8	1550,470	23,062	,000
Intercept	50440,503	1	50440,503	750,276	,000
Istasyon_no	10408,707	5	2081,741	30,965	,000
Dönem	1995,053	3	665,018	9,892	,001
Error	1008,439	15	67,229		
Total	63852,702	24			
Corrected Total	13412,199	23			

a. R Squared = ,925 (Adjusted R Squared = ,885)

Kurşun miktarlarının mevsimsel dönemler ve istasyonlara göre farklılıklarını ortaya koymak için yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 5.11’de verilmiştir. Analiz sonuçları istasyonlar arasında ve mevsimlere göre Pb miktarının farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur ($p < .05$). Hangi istasyonlar ve hangi mevsimsel dönemler arasında farklılık olduğunu görmek amacıyla Tukey Post Hoc testi yapılmıştır (Ek-1; Çizelge D). Kurşun miktarları S4 ve S5 istasyonlarında aynı düzeyde olup, diğer istasyonlara göre en düşük miktarları içermektedir. Kurşun miktarının diğer istasyonlara göre en yüksek miktarlarda olduğu istasyon S1 istasyonudur. Kurşun miktarları dört mevsim boyunca da aynı düzeyde dağılım göstermiştir.

Çizelge 5.11. Kurşun için iki faktörlü varyans analiz sonuçları.

<i>Bağımlı değişken: Pb</i>					
Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p.
Corrected Model	51814,857 ^a	8	6476,857	12,452	,000
Intercept	126586,247	1	126586,247	243,369	,000
Istasyon_no	46622,902	5	9324,580	17,927	,000
Dönem	5191,955	3	1730,652	3,327	,048
Error	7802,103	15	520,140		
Total	186203,207	24			
Corrected Total	59616,960	23			

a. R Squared = ,869 (Adjusted R Squared = ,799)

Çinko miktarlarının mevsimsel dönemler ve istasyonlara göre farklılıklarını ortaya koymak için yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 5.12’de verilmiştir. Analiz sonuçları istasyonlar arasında Zn miktarının farklılık göstermediğini ortaya koymuştur ($p > .05$). Ancak dönemsel olarak farklılık olduğunu ortaya koymuştur ($p < .05$). Hangi mevsimsel dönemler arasında farklılık olduğunu görmek amacıyla Tukey Post Hoc testi yapılmıştır (Ek-1; Çizelge E). İlkbahar ve sonbahar aylarında çinko düzeylerindeki farklılık aynı düzeydedir. Yaz aylarında çinko miktarlarındaki farklılık en yüksek olurken, aradaki farklılığın en az olduğu dönem kış ayı olmuştur.

Çizelge 5.12. Çinko için iki faktörlü varyans analiz sonuçları.

<i>Bağımlı değişken: Zn</i>					
Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p.
Corrected Model	79199,052 ^a	8	9899,882	2,417	,067
Intercept	1469006,772	1	1469006,772	358,611	,000
Istasyon_no	19983,145	5	3996,629	,976	,464
Dönem	59215,907	3	19738,636	4,819	,015
Error	61445,768	15	4096,385		
Total	1609651,592	24			
Corrected Total	140644,820	23			

a. R Squared = ,563 (Adjusted R Squared = ,330)

Kruskal-Wallis H Testi Sonuçları

Yapılan normallik testi sonucunda Cd ve Co elementlerine ait dağılımın normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir. Bu nedenle Cd ve Co içeriğinin analiz dönemlerine ve istasyonlara göre farklılık gösterip göstermediği Kruskal-Wallis H Testi ile analiz edilmiştir. Kruskal-Wallis H testi, bir değişkene ilişkin iki ya da daha fazla grubun karşılaştırılması amacı ile kullanılan parametrik olmayan bir testtir.

Kruskal-wallis testi sonuçları Cd içeriğinin mevsimlere göre istatistiksel olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur ($X^2 = 17,484$; $p < 0.05$). İlkbahar dönemi için sıra ortalaması 18,83, kış dönemi için 17,17 yaz ve sonbahar dönemi için ise sıra ortalaması 7,00 olarak bulunmuştur. Grupların sıra ortalamaları dikkate alındığında, ilkbahar ve kış aylarında Cd içeriğinin en yüksek; yaz ve sonbahar aylarında ise Cd içeriğinin en düşük düzeyde olduğu görülmektedir (EK-2: Çizelge A). Kruskal-wallis testi sonuçlarına göre Co içeriği mevsimlere göre değişim göstermemektedir. Bir diğer deyişle Co içeriğinde mevsimsel olarak gözlemlenene değişimler istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık değildir ($X^2 = 2,003$; $p > 0.05$).

Cd ve Co içeriğinin istasyonlara göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan Kruskal-Wallis H Testi sonuçları Cd ve Co içeriğinin istasyonlara

göre istatistiksel olarak farklılık göstermediğini ortaya koymuştur ($X_{Cd}^2 = 1,881$; $p > 0.05$; $X_{Co}^2 = 1,443$; $p > 0.05$). Grupların sıra ortalamaları dikkate alındığında, Cd en yüksek sıra ortalaması S1 istasyonunda (14,25); en düşük Cd içeriği ise S3 istasyonunda gözlenmiştir. İstasyonlar arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli değildir. Aynı şekilde en düşük Co içeriği S3 istasyonunda (9,25) en yüksek Co içeriği ise S5 istasyonunda (15) gözlenmekle birlikte istasyonlar arasında Co içeriği bakımından istatistiksel olarak önemli, bir farklılık bulunmamıştır (EK-2: Çizelge B).

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Seyfe Gölü'nde 1 yıllık periyotta dönemsel (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış) olarak yapılan bu çalışma kapsamında göl suyu ve sedimentinin ağır metal miktarları tespit edilmeye çalışılmıştır. Yine bu çalışma kapsamında, göl havzası içinde yoğun olarak yapılan tarımsal faaliyetlerde kullanılan sentetik gübre ağır metal miktarlarının su ve sediment kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmaya çalışılmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları şeklinde sürdürülen bu araştırmanın sonuçları genel olarak aşağıda maddeler halinde özetlenmeye çalışılmıştır:

1. Gölde sediment ve su kalitesinin izlendiği bir yıl boyunca, su sıcaklığı 3,21-24,23 °C arasında değişim göstermiştir.
2. Gölde yapılan çalışma kapsamında göl suyunun elektriksel iletkenlik değerleri 528-492 mS/cm aralığında değişim göstermiştir
3. Seyfe gölü su seviyesi yıllık ortalama 1 m'yi geçmediği için göldeki çözünmüş oksijen seviyeleri derinlik boyunca bir değişim göstermemiştir. Göl suyunun çözünmüş oksijen miktarı mevsimsel olarak farklılık göstermiş ve yıllık olarak 1,3-0,35 mg/l değerlerine ulaşmıştır
4. Göl suyu hafif bazik değerde bir pH değerine sahiptir. Gözlem periyodu boyunca suyun pH değeri 7,54-8,92 aralığının da değişim göstermiştir. Mevsimsel olarak pH değerinin büyük bir değişim göstermemesi gölün biyokimyasal açıdan düşük bir kalitede olduğunu göstermektedir
5. Seyfe Gölü su analiz sonuçlarında pH 7,54-8,92 arasında değişmekte olup SKKY'ne göre 6.50-8,50 arasında ise II. Sınıf su olarak değerlendirilmektedir. Gölü'n pH değeri sınır değere çok yakın olsada pH'ı II. Sınıf sudur. SKKY'deki Tablo.2'ye göre doğal koruma alanı ve

rekreasyon alanları için verilen pH 8,5 sınır değerini yaz mevsiminde aştığı, diğer mevsimlerde sınır değerlerde kaldığı görülmektedir.

6. Çalışma kapsamında Seyfe Gölü kapalı havzasındaki tarım arazilerinde kullanılan 5 farklı tipdeki sentetik gübrede Cd, Pb, Cr, Co, Ni, Zn, Cu ve As miktarları deneysel olarak ölçülmüştür. Analizleri yapılan sentetik gübrelerden Cd oranı en yüksek olan gübre Potasyum C olarak belirlenmiştir. Çinko katkılı kompoze gübrede çinko miktarına ek olarak, yüksek miktarda krom (240,36 mg/l) değerleri gözlenmiştir. Her bir gübre örneğinde kobalt konsantrasyonu 0,005 mg/l'nin altında tespit edilmiştir. Yine her bir gübre örneğindeki nikel miktarları 11 mg/l'den küçük olarak ölçülmüştür. Nikel içeriği en fazla olan gübreler potasyum C> kompoze> amonyum nitrat gübresidir. Metal analizlerinin sonuçlarına göre, en ilgi çekici nokta her bir gübre örneğinde de arsenik değerlerinin yüksek olmasıdır. Arsenik miktarlarına göre kompoze> potasyum C>amonyum nitrat>amonyum sülfat>potasyum sülfat şeklinde sıralanmaktadır. Genel olarak bakıldığında incelenen gübrelerin metal içerikleri Zn> Pb> Cu> Cr> Cd> As> Ni> Co şeklinde değişim göstermiştir.
7. Göl suyunda oransal olarak Pb>As>Zn miktarları tespit edilmiştir. Kurşun konsantrasyonu yıllık ortalama olarak 0,185 mg/l olarak belirlenirken, arsenik ve çinko değerleri ise 0,141 mg/l ve 0,066 mg/l olarak ölçülmüştür. Diğer metaller ise >0,02 mg/l'nin altında değişim göstermiştir. Su analiz sonuçlarına göre Pb, As ve Cd değeri SKKY (2008), Tablo.1'e göre (Kıta İçi Su Kaynakları Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri, Ek-3) IV. Sınıf su kalitesine girmektedir. Cu, Co ve Cr II. Sınıf su kalitesi, Ni ve Zn ise I.sınıf su kalitesine sahip özellik göstermektedir.
8. Su örneklerinde metal miktarları arasında mevsimsel dönemlere göre azda olsa farklılıklar gözlenmiştir. Kış mevsiminde metal miktarları Pb>Zn>As>Cu>Cd>Cr>Co sıralamasında değişim gösterirken, yaz döneminde ise Pb>As>Zn>Co>Cu>Cr>Cd>Ni değerleri belirlenmiştir.

Sudaki metal miktarlarından özellikle arsenik miktarları ilkbahar ve yaz aylarında artış göstermektedir.

9. Seyfe Gölü'nden alınan su numunelerinde yıllık ortalama değerlere göre metal konsantrasyonlarının SKKY (2004), EPA (2005) ve WHO (2006) içme suyu standartlarına göre karşılaştırma sonuçları göldeki As, Cd ve Pb miktarlarının bu standart değerleri aştığını ortaya koymuştur.
10. Mevsimsel dönemlere göre yapılan istatistikler analiz sonuçlarına göre ilkbaharda $Zn > Pb > As > Cr > Ni > Cu > Cd > Co$; yaz döneminde $Zn > Pb > As > Cr > Ni > Cu > Co > Cd$; sonbahar döneminde $Zn > Pb > Ni > Cr > As > Cu > Co > Cd$ ve kış döneminde ise $Zn > Pb > As > Cr > Ni > Cu > Cd > Co$ sıralamaları şeklinde metal konsantrasyonlarının değişimi hesaplanmıştır.
11. Göl sedimentinde ilkbahar ve yaz aylarında S3, S4 ve S5 istasyonlarında yüksek arsenik değerleri gözlenmiştir. Bir yıllık periyotta arsenik konsantrasyonu ortalama 37,09-63,69 mg/l aralığında değişim göstermiştir.
12. İstasyonlara göre sedimentte kadmiyum miktarları S1, S4 ve S5 istasyonlarında yüksek değerlerde gözlenmiştir. Özellikle ilkbahar mevsiminde S5 istasyonunda 3,41 mg/l Cd değeri ölçülmüştür. Kadmiyum yıllık olarak tüm istasyonlarda ortalama 0,022-1,084 mg/l konsantrasyon aralığında değişim göstermiştir.
13. Sediment örneklerindeki kobalt miktarları da, kadmiyum gibi düşük konsantrasyonlarda ölçülmüştür. Yıllık ortalama olarak kobalt değerleri 0,378-2,032 mg/l aralığında belirlenmiştir.
14. Mevsimsel dönemlere göre istasyonlardan alınan sediment örneklerinde krom, bakır, nikel ve kurşun miktarları yüksek konsantrasyonlarda gözlenmiştir. Özellikle S1 ve S6 istasyonlarında ilkbahar ve yaz aylarında bu metallerin konsantrasyon miktarlarının arttığı görülmüştür.

15. Krom yıllık periyot boyunca 34,85-62,31 mg/l, bakır 19,67-44,21 mg/l, nikel 33,24-58,12 mg/l ve kurşun 59,81-96,99 mg/l aralığında değişim göstermiştir. Özellikle her 4 metalinde ilkbahar ve yaz aylarında yüksek konsantrasyonlarda görülmesi bölgedeki gübreleme çalışmalarının bu dönemlerde olması bakımından çarpıcıdır.
16. Cr için Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki sınır değer 100 mg/kg olup, bulunan sonuçlara göre sediment örneklerindeki miktar sınır değerinin altında kalmaktadır. Sedimentteki nikel miktarları ilkbahar döneminde S1 ve S6, yaz döneminde ise S1 istasyonunda yönetmelik sınır değerinin üzerinde (84,02-102,13 mg/l) ölçülmüştür. Sediment analiz sonuçlarına göre kurşun limitin altında kalmaktadır. Cd miktarı ilkbahar döneminde S5 noktasında en yüksek değere ulaşmıştır. Yönetmeliğe göre kadmiyumun sadece ilkbaharda S5'de sınır değeri aştığı, diğer mevsimlerde ise sınır değerinin altında kaldığı belirlenmiştir.
17. Seyfe gölü sediment örneklerinde 1 yıllık gözlem periyodunda izlenen en yüksek metal konsantrasyonu çinko olarak belirlenmiştir. Bütün istasyonlarda mevsimsel dönemlerde 179,39-311,93 mg/l aralığında çinko değerleri ölçülmüştür. Özellikle S6 istasyonunda yaz ayında 522,45 mg/l değerinde çinko sedimentte tespit edilmiştir. İlkbahar döneminde S5 istasyonunda, yaz döneminde ise S4 ve S6 istasyonlarında Zn miktarı sınır değerinin üstünde ölçülmüştür. Sonbahar ve kış dönemlerinde ise ölçülen Zn miktarları sınır değerinin altında kalmaktadır. Bu sonuçlar istatistiksel hesaplamalarla da uyumluluk göstermektedir.
18. Genel olarak Seyfe Gölü'nde mevsimsel dönemlerde değişkenlik göstermesine rağmen ağır metal birikiminden sözedilebilir. Özellikle arsenik yıllık ortalama değerleri yönetmelik sınır değerlerinin oldukça üstünde kalmaktadır ve buda tabanda ciddi bir arsenik birikimini göstermektedir. Yine çinko bakımından özellikle tarım arazilerinin yoğun olduğu alanlarda (S5, S6) sedimentte birikim olduğu ve çinkonun yönetmelik sınır değerlerini aştığı

tesbit edilmiştir. Aynı zamanda ilkbahar döneminde Cd miktarları belirli istasyonlarda (S5) yönetmelik değerlerini aşmaktadır.

Seyfe Gölü su ve sediment kalitesinin ağır metaller bakımından incelendiği bu çalışmada, gölün metal kirliliği ile karşı karşıya olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Göl havzasının bulunduğu alanda özellikle endüstriyel kaynaklı bir kirletici kaynağın bulunmaması ve bölgede yoğun olarak tarımsal faaliyetlerin yapılması, tarımsal kaynaklı bir ağır metal kirliliği probleminin olduğunu düşündürmektedir. Bölgedeki tarım arazilerinde kullanılan sentetik gübre kompozisyonlarındaki yüksek metal miktarları da bu teoriyi desteklemektedir. Seyfe Gölü'nün Ramsar kapsamında olması, bölgenin sahip olduğu doğal varlıklar nedeniyle Doğal Sit Alanı özelliği taşıması bu alanda yapılacak faaliyetlerin çok daha detaylı değerlendirilmesini gerektirmektedir. Son yıllarda bölgede plansız taban suyu kullanımına bağlı olarak göl baseninin kuruması bilinen bir gerçektir ve gerekli tedbirlerin hızlıca planlanması zorunluluk arz etmektedir. Yine daha önceki yıllarda görülen kuş ölümleri ve kuş göçleri kirletici faktörler bakımından detaylı olarak incelenmelidir.

Bu çalışma sonuçlarının, Seyfe Gölü'nde ilk defa sediment ağır metal kalitesinin ortaya konulması bakımından oldukça önem taşımaktadır. Gölde taban suyu kullanımı ve yıllık yağış rejimlerinin değişime bağlı olarak su seviyesinin azalması önemli bir problemdir. Ancak, alandaki canlı popülasyonu, özellikle kuşlar, bakımından kirletici faktörlerin ön plana çıktığı görülmektedir. Bölge tarımsal faaliyetlere bağlı ciddi anlamda bir ağır metal kirliliği mevcuttur. Bu konuda ise bölgede herhangi bir koruma çalışması yapılmamaktadır. Ülkemizde kimyasal gübrelerle ilgili yönetmeliğin bulunmaması ve gübre kullanımı konusunda denetim ve uygulama çalışmalarının yetersiz kalması ne yazık ki bu tür kirlilik problemlerinin artmasına neden olmaktadır.

Yukarıda özetlenmeye çalışılan unsurlar göz önüne alındığına, gerek Seyfe Gölü Havzası gerekse Ülkemizdeki diğer tarım arazilerinde übre kullanımına ilişkin çalışmaların yapılarak, uygun kimyasal gübre yönetmeliğinin hızlıca oluşturulması

gerekmektedir. Seyfe Havzasının ya da bölgenin toprak özellikleri iyi belirlenmeli, toprak analizleri yapılarak toprağın ihtiyaç duyduğu gübre cinsi ve miktarı belirlenerek uygun zamanda uygulanmalıdır. Kısa vadede, bölgede bununla ilgili yerel yönetimler Seyfe Gölü'nün özelliğini dikkate alarak bazı sınırlandırmalar ve denetlemeler yapabilmelidir.

KAYNAKLAR

Abdel-Baky, T.E., Zyadah, M.A., “ Effect of Accumulation of Copper, Cadmium and Zinc on some Biologycal Parameters of some Marine Fishersfrom the Northern Region of Lake Manzalah”, *J.Egypt. Ger. Soc. Zool.*, Mısır, 27(B):1-19 (1998).

Altındağ, A., “Seyfe Gölü’ ndeki Zooplanktonik Organizmaların Cins ve miktar Olarak Mevsimsel Değişimi”, Yüksek Lisan Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (1990).

Akçay, H., Oğuz, A. And Karapire, C., “Study of Heavy Metal Pollution and Speciation in Büyük Menderes and Gediz River Sediments”, *Water Research*, 37, 813-822, (2003).

Aksoy, G., “Gediz Nehri Su, Sediment ve Planktondaki Ağır Metal Düzeylerinin Ölçülmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa (2005).

Aksu, E., Yaşar, D., Uslu, O., “Assessment of Marine Pollution in İzmir Bay: Heavy Metal an Organic Compound Concentrations in Surficial Sediments Workshop on Marine Research in the İzmir Bay”, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 22: 387-415 (1997).

Alloway BJ, “Heavy Metals in Solis”. (2nd edn.), *Blackie Academic& Professional*, London (1995).

Alloway BJ, Steinnes E, “Anthropogenic Additions of Cadmium to Soils. In: McLaughlin MJ, Singh BR (eds), Cadmium in Soils and Plants”, *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht (1999).

Anonim , 2872 sayılı ve 09.08.1983 tarihli Çevre Kanunu, *Başbakanlık Resmi Gazete*, Ankara (1983).

Arcak, S., Haktanır, K., Karaca, A., “Karayolları Yakınındaki Topraklarda Trafikten Kaynaklanan ağır metallerin Üreaz Enzim Aktivitesine Etkisi”, *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 20: 101-106 (1996).

Atıcı, T., Obalı, O., Altındağ, A., Ahıska, S., Aydın, D., “The Accumulation of Heavy Metals (Cd, Pb, Hg, Cr) and Their State in Phytoplanktonic alge and Zooplanktonic Organisms in Beyşehir Lake and Mogan Lake”, *African Journal of Biotechnology*, 9(4):475-487 (2010).

Aydın, E.M. ve Yıldız, S.,” Konya Ana Tahliye Kanalında Ağır Metal Kirliliğinin ICP-AES Tekniği ile İncelenmesi”, *I.Ulusal Çevre Kongresi*, 259-265 (2004).

Barlas, M., “Akarsu kirlenmesinin biyolojik ve kimyasal yönden değerlendirilmesi ve kriterleri”, *Doğu Anadolu Bölgesi I. ve II. Su Ürünleri Sempozyumu*, Erzurum, 465-479 (1995).

Bayrak, G., “Gala Gölü Çevresinde Ağır Metal Derişiminin Dinamiği”, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Toprak Anabilim Dalı, Edirne (2004).

Bebek, M.T., “Ulubat Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, s. 16-25, 29-36, 56, 62-65, Ankara (2001).

Bebianno, M.J., M. Machado, “Concentrations of metals and metallothioneins in *Mytilus galloprovincialis* along the South Coast of Portugal”, *Marine Pollution of Bulletin*, 34(8):666-670 (1997).

Bolat, S., “Seyfe Gölü ve Çevresindeki Suların ve Toprakların Kirlilik Derecesinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara (2006).

Camelo LGL, Miguez SR Marban L , “Heavy Metals Input with Phosphate Fertilizers used in Argentina”, *Science of The Total Environment*, 204:45-250 (1997).

Ceran, Y., “Sulakalanlarla İlgili Temel Bilgiler”, Sulakalan Yönetim Planlaması Rehberi, *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ve Kuş Araştırmaları Derneği Ortak Basım*, s. 89, Ankara (2007).

Ceran, Y., “Sulakalanlar” “Çevre ve İnsan”, *Çevre Koruma Kurumu*, Ankara, 55:40-42 (2002).

Ciminli, C.S., “Gölbaşı Gölü’nde Su ve Bazı Organizmalarda Ağır Metal Birikimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay (2005).

Clark, R.B., “Marine Pollution”, Third Edition, *Clarendon Pres*, s. 64-82 (1992).

Conover WJ, “Practical nonparametric statistics”, 3rd edition, *John Wiley & Sons*, New York (1999).

Çakmak, L. Ve Demir, T., “Su Kirliliği ve Etkileri”, *Çevre ve İnsan Dergisi*, 36: 27-29, Ankara (1997).

Çalışkan, E., “Asi Nehri’nde Su, Sediment ve Karabalıkta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay (2005).

Çomakoğlu, B.,” Atıksulardan Bakır ve Kadmiyum’un Kompost ile Adsorplanarak Uzaklaştırılması”, Doktora Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (1995).

Dirican, S., “Kılıçkaya Baraj Gölü(Sivas-Türkiye)’nün Su Kalitesinin Değerlendirilmesi”, **HR. Ü.Z.F. Dergisi**, 12(4):25-31 (2008).

Dökmeci, A.H., “Gala Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Aır Metal Kirliliğinin Aaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı (2005).

DSİ Genel Müdürlüğü, “Kırşehir-Seyfe Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu”, **Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı**, Ankara (1979).

DSİ XII. Bölge Müdürlüğü, **Mucur-Seyfe Havzası Ekolojik Koruma Projesi Fizibilite Raporu**, Kayseri (1990).

DSİ XII. Bölge Müdürlüğü, **Kırşehir-Mucur Seyfe Ekoloji Koruma Projesi**, Kayseri (2006).

DPT 9. Kalkınma Planı (2007-2013), **Çevre Özel İhtisas Komisyon Raporu**, Ankara (2007).

DPT VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005), **İçme Suyu, Kanalizasyon, Arıtma Sistemleri ve Katı Atık Denetimi**, Ankara (2001).

DPT, **Türkiye Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planı**, Düzeltilmiş 2. Baskı, Ankara (1980).

Duffus, J.H.,” Environmental Toxicology”, **Wiley**, New York (1980).

Engel, D.W., Sundu, W.G., Fowler, B.A., “ Factors Efecting Trace Metal Uptake and Toxicity to Estuarine Organism”, **Academic Pres**, London, 41, (1981).

Ellis, K.V., White, G. And Warn, A.E., “Surface Water Pollution and its Control”, **Antony Rome Ltd., Chippenham**, Wiltshire (1989).

Erdem, O., “Türkiye’nin Kuş Cennetleri”, T.C. Çevre Bakanlığı, **Çevre Yazıları-18**, Ankara (1995).

Erdem, O., “Sulakalanlarla İlgili Temel Bilgiler, Sulakalan Yönetim Planlaması Rehberi”, **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ve Kuş Araştırmaları Derneği Ortak Basım**, s. 73, Ankara (2007).

Erdoğan, S., “Sulakalanlarla İlgili Temel Bilgiler”, Sulakalan Yönetim Planlaması Rehberi, **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ve Kuş Araştırmaları Derneği Ortak Basım**, s. 53, 93, Ankara (2007).

Ergene, A., “Toprak Biliminin Esasları”, Atatürk Üniv. Yay. No:586, Zir. Fak. Yay. No:267, **Ders Kitapları Serisi**, No:42 (1993).

European Commission, “Heavy Metals İn Waste”, **DG Env. E3 Project Env.E.3/ETU/2000/0058**, Danimarka (2002).

Eyioğlu, Y., “Malya Devlet Üretme Çiftliği Tuzlu ve Alkali Topraklarının Mekanik Yöntemle Islahı” Doktora Tezi, **A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara (1983).

Fergusson, J.E., “The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects”, **Pergamon Pres**, s. 614 (1990).

Fieldler, H. J., “Bodennutzungund bodenschutz”, **Birkhauser Verlag**, Basel-Boston-Berlin, s. 268 (1990).

Freedman, B., “The Impacts of Pollution and Other Stresses on Ecosystem Structure and Function”, **Environmental Ecology**, London (1989).

Fukushima M, Tatsumi K, Wada S, “Determination of the Intrinsic Stability Constants of Toxic Divalent Metal Ions to Alginic Acid”, **Analytical Sciences**, 17, 663-666 (2001).

Gey, H., ve Mordoğan, H.,” İzmir Körfezi’ndeki Bazı Deniz Organizmalarında ve İç Körfezin Sahil Kenarı Sedimentlerinde Çeşitli Ağır Metallerin Derişimleri”, **Doğa TU Zooloji Dergisi**, 12(3), Ankara (1998).

Girgin, S. Ve Kazancı, N., “Ankara Çayı’nda Su Kalitesi’nin Fiziko-kimyasal ve Biyolojik Parametrelerinin Belirlenmesi”, **Türkiye İç Suları Araştırmalar Dizisi I**, Özyurt Matbası. s. 176. Ankara (1994).

Golterman HL, Sly PG and Thomas RL, “Study of the Relationship Between Water Quality and Sediment Transport”, **UNESCO Technical Papers in Hydrology**, No 26, France (1983).

Gregers, H.B., “Application of Radioactivation Analysis for The Determination of Selenium and Cobalt in soil and Plants”, **Environmental Health**, Washington, s. 12,31 (1967).

Guidelines for Drinking-Water Quality, 3 rd ed., **World Health Organization**, Geneva, (2006).

Gündüz, T. Çevre Sorunları, **A.Ü. Fen Fakültesi Kimya Bölümü**, Ankara (1984).

Güven, K., Duce, J.A. & De Pomerai, D.I., “Calcium Moderation of Cadmium Stress Explored Using a Stress-Inducible Transgenic Strain of *Caenorhabditis Elegans*”, **Comp. Biochem. Physiol.**, 110 C: 61-70 (1995).

Habashi, F., “Handbook of Extractive Metallurgy”, 2, **Wiley-VHC**, Germany (1997).

Haktanır, K., “Çevre Kirliliği Ders Notu”, **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi**, Teksir No. 107, s. 82-99, Ankara, (1983).

Harding, J.P., Whitton, B.A., “Zinc, Cadmium and Lead in Water Sediments and Submerged Plants of the Derwent Reservoir”, **Water Research**, Northern England. 12:307-316 (1978).

Hayata Artı Vakfı (18 Mart Üniversitesi), Seyfe Kurak Alanı Göl Oluyor Projesi, **Hayata Artı Vakfı Yayını**, Kırşehir (2009).

Hem, J.D., “Study and Interpretation of The Chemical Characteristics of Natural Water” U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, U.S. **Geological Survey**, Alexandria, VA 22304 USA, 263 (1985).

İmre, Z., “Toksikoloji”, **İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi**, İstanbul, 53: 263-289 (1988).

İnternet: “Heavy Metals”, <http://www.answers.com/topic/heavy-metals> (2010).

İnternet: “Ağır Metaller”, <http://www.kimyaevi.org> (2010).

İnternet: “Zinc”, <http://www.lenntech.com> (2010).

İnternet: “Metals”, <http://www.healthy.net> (2010).

İnternet: “Heavy Metals”, <http://www.epa.gov> (2010).

İnternet: “Cadmium”, <http://www.osha-slc.gov/SLTC> (2010).

İnternet: “Metals”, <http://www.inchem.org> (2010).

İnternet: “Heavy Metals”, <http://www.cda.org.uk> (2010)

İnternet: “Heavy Metals”, <http://www.usgs.gov> (2010).

İnternet: “Su ve Atıksu Verileri”, Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.eie.gov.tr> (2011).

İnternet: “Sulakalanlar”, Türkiye Çevre ve Orman Bakanlığı, <http://www.cevreorman.gov.tr/mevzuat/> (2011).

İnternet: “Arsenik”, <http://tr.wikipedia.org/wiki/arsenik> (2011).

İnternet: “Arsenik”, <http://www.ttb.org.tr/STED/stedozoz/arsenik.pdf> (2010).

İnternet: “ Mucur Sıcaklık Verileri”, www.dmi.gov.tr (2011).

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Tiur, S., Metallerin Çevresel Etkileri I ve II, **İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği**, İstanbul (2011).

Kantar C,” The role of Citric Acid in the Transport of U(VI) through Saturated Porous Media: The Application of Surface Chemical Models to Transport Simulations of Bench-scale Experiment. Ph.D. Dissertation”, **Environmental Science and Engineering**, Colorado School of Mines, Golden, CO (2001).

Karadede, H., Cengiz, E. ve Ünlü, E., “Atatürk Baraj Gölü’nde Su ve Balık Türlerinde Ağır Metal Araştırması”, **IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu**, Eğirdir, Isparta. 399-407 (1997).

Karadede, H., “Atatürk Baraj Gölünde Su, Sediment ve Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **T.C. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Biyoloji Anabilim Dalı, Diyarbakır, 72 (1997).

Karadede, H., and Ünlü, E.,” Concentrations of Some Heavy Metals in Water, Sediment and Fishes Species from The Atatürk Dame Lake (Euphrates) Turkey, **Chemosphere**, 41; pp. 1371-1376 (2000).

Karataş, D., “ Metallerin Toksik Etkileri”, **TÜBİTAK- Marmara Araştırma Merkezi**, Gebze (2003).

Katalay, S., H.Parlak., “The effects of cadmium on on erythrocyte structure of black goby (*Gobius niger* L.1758)”, **E.Ü. Su Ürünleri Dergisi**, 21(1-2):99-102 (2004).

Kaya, M., ve Kurtonur, C., “Gala Gölü ve Çevresinin Ornitolojik Açından Önemi ve Bazı Ekolojik Sorunları”, **XV. Ulusal Biyoloji Kongresi**, sf. 1-12, Ankara (2000).

Kayhan, F.E., “Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi”, **E.Ü. Su Ürünleri Dergisi**, 23: (1-2): 215-220 (2006).

Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M. Ve Oğuzkurt, D., “Akarsuların Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesinde ve İzlenmesinde Biyotik İndeks Yöntemi”, **İmaj Yayıncılık**, Ankara, s. 100 (1997).

Keppel, G., & Wickens, T.D. *Design and analysis: A researchers handbook* (4rd Edition), **Upper Saddle River**, NJ: Pearson (2004).

Kır, İ., Özcan, S.T., Tuncay, Y., “Kovada Gölü’nün Su ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi”, **E.Ü. Su Ürünleri Dergisi**, 24: (1-2): 155-158 (2007).

Kırsal Çevre ve Ormancılık Sorunları Araştırma Derneği, “Sulakalanlar”, **Türkiye’nin Tabiatı Koruma Alanları**, s. 143-146, Ankara (2001).

Köleli, N., Kantar, Ç., “Fosfat Kayası, Fosforik Asit ve Fosforlu Gübrelerdeki Toksik Ağır Metal (Cd, Pb, Ni, As) Konsantrasyonu”, *Ekoloji Dergisi*, 55: 1-5 (2005).

Lijklema, L., Koelmans, A.A. and Portieelje, R., “Water Quality Impacts of Sediment Pollution and the Role of Early Diagnosis”, *Water Science and Technology*, 28:1-16 (1993).

Manahan, S.E., “Fundamentals of Environmental Chemistry”, *Lewis Publishers*, P. 844 (1993).

Manahan, S.E., “Environmental Chemistry”, 6th Edition, *CRC Pres*, Inc., USA (1994).

McNeely, R.N., Neimanis, V.P., Dwyer, L., “Water Quality Sourcebook-A Guide to Water Quality parameters: Inland Water Directorate”, *Water Quality Branch*, Ottawa, Canada, 88 (1979).

Metz, W., “Trace Elements in Human and Animal”, *Academic Pres*, Nutrition-15 th Edition, Volume 1 (1987).

Mikayilov, F.D. ve Acar, B., “Toprak Ekosistemlerinde Kirleticilerin Taşınım Mekanizmasının İncelenmesi ve Modellenmesi”, *Çevre Ekoloji Dergisi*, 28:20-23 (1998).

Mortverdt, J.J., “Heavy Metals Contaminants in Inorganic and Organic Fertilizers”, *Fert. Res.*, New York, 3:55-61(1996).

Mutluay, H. Ve Demirak, A., “Su Kimyası”, s. 83-84, *Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.*, İstanbul (1996).

National Recommended Water Quality Criteria, United States Environmental Protection Agency, *Office of Science and Technology*, Washington, DC (2005).

Neter, J., Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J., and Wasserman, W., “*Applied Linear Statistical Models(4th Edition)*”, *McGraw Hill Companies*, New York, (1996).

Okeye, B.C.O., “Heavy Metals and Organisms in the Lagos Lagoon”, sect.A., 37, No. 4, *Int. J. Environ. Stud.*, s. 285-292, (1991).

Okur, N., Çengel, M., Katkat, V., Uçkan, H.S., “Kirlenme Sürecindeki İznik Göl Suyu ile Sulanan Tarım Topraklarında Mikrobiyolojik Aktivitenin Değişimi”, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38 (2-3): 119-126,(2001).

Omar, B., “Seyfe Gölü’nün Doğal Su Kalitesinin Değişimi”, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Toprak Anabilim Dalı, Ankara, (1997).

Özen, A., Beklioğlu, M., “Sulakalanlarla İlgili Temel Bilgiler”, Sulakalan Yönetim Planlaması Rehberi, **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ve Kuş Araştırmaları Derneği Ortak Basım**, s. 11, Ankara, (2007).

Pedersen, F. and Bjornestad, E.,” Characterization of Sediments from Copenhagen Harbour by use of Biotests”, **Water Science&Tech.**, 37: 6-7,233-240 (1998).

Peltier, F.E., Webb, S.M., Gaillard, J., “Zinc and Lead Sequestration in an Impacted Wetland System”, **Advances in Environmental Research**, Volume 8, Issue 1, pages 103-112, October (2003).

Rao, N.S. and Prasad, P.R., “Photospate pollution in the groundwater of lower Vamsadhara River Basin”, **Environmental Geology**, 31(31/2), India (1979).

Raven, K.P., Reynolds, J.W., Loeppert, R.H., “Communications in Soil Science and Plant Analysis”, **New York**, 28: 3-5, 237-257 (1997).

Reis, S., Yılmaz, H.M., “Seyfe Gölü’nün Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama Tekniği İle İzlenmesi”, **Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Aksaray (2007).

Salomans, W., N.M. Rooji, H. Kerdijk, and J. Bril., “ Sediments as a source for contaminants”, **Hydromiyum biologia**, 149: 13-30 (1987).

Samsunlu, A., “Çevre Mühendisliği Kimyası”, 4.Baskı, **Sam-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları**, İstanbul (1999).

Savru, H., “Türkiye’deki Fabrikalarda Üretilen Gübrelerin Ağır Metal İçeriklerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir (2003).

Sawyer C, N., ve McCarty, P, L., “Chemistry for Environmental Engineering”, Third Edition, **McGraw-Hill** (1978).

Seng, C.E., LIM, P.E., Chong, P.K. and Wong, L.M., “Heavy Metal pollution in Sediment and Waters of the Penong River Malaysia”, **Water Quality Research Journal of Canada**, 30(1):39-43 (1995).

Sezen, Y., “Gübreler ve Gübreleme”, 2. Baskı, **Atatürk Üniversitesi Yayınları**, Yayın No:679, Erzurum (1995).

Sheskin DJ, “Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures”,3rd ed. Boca Raton, **Chapman & Hall /CRC** (1996).

Syed, Ibrahim B., “Pollution. Islamic Research Foundation International”, Inc. 7102 W. **Shefford Lane Louisville**, KY 40242-6462, USA (2005).

Stoker, H.S., Seager, S.L., “Environmental Chemistry. Air and Water Pollution Scott”, *Foresman and Company*, s. 231 (1976).

Suzhou Soil Survey Group, Soil of Suzhou, *Jiangsu Province* (1985).

Tanyolaç, J., “Limnoloji (Tatlısu Bilimi)”, *Hatiboğlu Basım ve Yayın San. Tic. Ltd. Şti., Baskı*, Ankara, s. 237 (2006).

T.C. Çevre Bakanlığı, “Seyfe Gölü”, *Çevre Koruma Genel Müdürlüğü*, Ankara (1998).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi: Johannesburg 2002, Türkiye Ulusal Raporu”, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara (2002).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Türkiye Çevre Atlası”, *Eğitim ve Yayın Dairesi*, Ankara (2006).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Sulakalan Yönetim Planlanması Rehberi”, *Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü ile Kuş Araştırma Derneği*, Ankara (2007).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Kırşehir-Nevşehir-Niğde-Aksaray Planlama Bölgesi Çevre Düzeni Planı”, *ÇED Genel Müdürlüğü*, Ankara (2008).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Seyfe Gölü Bilgi Notu”, *Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü*, Ankara, (2008).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “2008 Kırşehir İl Çevre Durum Raporları”, *ÇED Genel Müdürlüğü*, Ankara (2008).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Seyfe Gölü Sulak Alanı Yönetim Planı 1. Alt Projesi”, *Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü*, Ankara (2008).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “13.11.1994 Yürürlük Tarihli Ramsar Sözleşmesi”, *Resmî Gazete*, Ankara (1994).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “17.05.2005 tarih ve 25818 sayılı Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği”, *Resmî Gazete*, Ankara (2005).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, *Resmî Gazete*, Ankara (2004).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “31.05.2005 tarih ve 25832 sayılı Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, *Resmî Gazete*, Ankara, (2005).

T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı, İl Tarım ve Kırsal Kalkınma Master Planlarının Hazırlanmasına Destek projesi, Kırşehir İl Tarım Master Planı, **Tarım ve Köyişleri Bakanlığı** (2004).

Timbrell, J.A, “Principles of Biochemical Toxicology”, Second Editon, **Taylor & Francis, London & Washington DC**, p. 369-378 (1971).

Tok, H.H., “Çevre Kirliliği”, **Anadolu Matbaa Ambalaj San. Tic. Ltd. Şti.**, sf. 266-283, İstanbul (1997).

Tok, H.H., Adiloğlu, A., Öner, N., Gönülsüz, E., Adiloğlu, S., “Heavy Metal Concentrations in Irrigation Waters and Rice Culture in the Central Trakya region, BENA International Syposium on Transboundary Pollution”, **Under The Aegis of The University of Western Macedonia**, Florina, (Basılmamıştır) (2004).

Tumantozlu, H., “Karacaören II Baraj Gölü’ndeki Su, Sediment ve Sazan (Cyprinus carpu L., 1758) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Biyoloji Anabilim Dalı (2010).

Turgut, C., “The Contamination with Organochlorine Pesticides and Heavy Metals in Surface Water in Küçük Menderes River in Turkey”, **Environment International**, s. 29, 29-32 (2003).

Türkoğlu, M., “ Van Gölünden Alınan Su, Sediment ve İnci Kefali (Chalcalburnus tarichi, PALLAS 1811) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Van (2008).

TÜSTAŞ, **DSİ Mucur-Seyfe Projesi Hakkında Çevresel Etki Değerlendirilmesi Raporu**, Ankara (1988).

USEPA, “Methods for Collection Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicology Analyses: Techincal Manual: EPA 823-B-01-002; US. **“Environmental Protection Agency Office of Water”**, Washington, D.C. (2001).

Uslu, O. Ve Türkman, A., “Su Kirliliği ve Kontrolü”, **T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1**, Ankara (1987).

Uzunoğlu, O., “Gediz Nehirlerinden Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Celal Bayar Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü**, Manisa (1999).

Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, M.S., “ Hazar Gölü Su Kalitesinin Zamanla Değişimi”, **Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları** (2008).

Ünver, İ., “Seyfe Havzası Ekolojisinin Korunması ve Islahı Konusunda Alternatif Bir Çözüm Önerisi”, **A.Ü.Z.F.**, Ankara (1990).

Vallee, B.L.,” Introduction to Metolothionein. In Methotds in Enzymelopy (edited by J.F. Riordan and B.L. Vallee)”, **Academic Press**, Inc., s. 3-7 (1991).

Yaramaz, Ö., “La Distributionet La Concentration Des Metaux Lourds (Pb et Cd) Dans la Bail d’İzmir”, **Ege Ünivesity Facuty of Science Journal**, Series B, VI(1):1-7 (1983).

Yerli, S.V., Altındağ, A., Yiğit, S., Çiçek, B.A., Canbolat, A.F., “ Seyfe Gölü’nün Trofik Durumunun Belirlenmesi”, Su Kirliliği ve Çevresel Kalite, **Ulusal Su Günleri Sempozyumu**, , İzmir (2004).

Yıldız N., Yener G., “Van Gölü’ndeki Sediment Birikim Hızı, Radyoaktif ve Ağır Metal Kirliliği Tarihlemesi”, **Ekoloji Dergisi**, 19:77, 80-87 (2010).

Watts, R, J., “Hazardous Wastes: Sources, Pathways, Receptors”, **John Wiley&Sons**, Inc., United States of America (1997).

Woodard. F.,” Industrial Waste Treatment Handbook”, **Butterworth-Heinemam**, USA (2001).

World Health Organization, “ Elements in Human Nutrition and Health”, **Geneva** (1996).

WWF, Türkiye Doğal Hayatı Koruma Vakfı, “Seyfe Gölü”, **Türkiye’deki Ramsar Alanları Değerlendirme Raporu** (2008).

EKLER

EK- 1. Post Hoc Test Sonuçları

Çizelge 1.1. Arsenik için Post Hoc Test Sonuçları

Çoklu karşılaştırma

As

Tukey HSD

(I) istasyo n no	(J) istasyo n no	Ortalamalar farkı (I-J)	Standart hata	p.	95% güven aralığı	
					Alt limit	Üst limit
S1	S2	3,34000	12,897548	1,000	-38,56372	45,24372
	S3	-36,48500	12,897548	,107	-78,38872	5,41872
	S4	-46,14500*	12,897548	,027	-88,04872	-4,24128
	S5	-1,35500	12,897548	1,000	-43,25872	40,54872
	S6	-66,47750*	12,897548	,001	-108,38122	-24,57378
S2	S1	-3,34000	12,897548	1,000	-45,24372	38,56372
	S3	-39,82500	12,897548	,067	-81,72872	2,07872
	S4	-49,48500*	12,897548	,016	-91,38872	-7,58128
	S5	-4,69500	12,897548	,999	-46,59872	37,20872
	S6	-69,81750*	12,897548	,001	-111,72122	-27,91378
S3	S1	36,48500	12,897548	,107	-5,41872	78,38872
	S2	39,82500	12,897548	,067	-2,07872	81,72872
	S4	-9,66000	12,897548	,972	-51,56372	32,24372
	S5	35,13000	12,897548	,128	-6,77372	77,03372
	S6	-29,99250	12,897548	,243	-71,89622	11,91122
S4	S1	46,14500*	12,897548	,027	4,24128	88,04872
	S2	49,48500*	12,897548	,016	7,58128	91,38872
	S3	9,66000	12,897548	,972	-32,24372	51,56372
	S5	44,79000*	12,897548	,033	2,88628	86,69372
	S6	-20,33250	12,897548	,625	-62,23622	21,57122

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Çizelge 1.1. (Devamı) Arsenik için Post Hoc Test Sonuçları

(I) İstasyon no	(J) İstasyon no	Ortalamalar farkı (I-J)	Standart hata	p.	95% güven aralığı	
					Alt limit	Üst limit
S5	S1	1,35500	12,897548	1,000	-40,54872	43,25872
	S2	4,69500	12,897548	,999	-37,20872	46,59872
	S3	-35,13000	12,897548	,128	-77,03372	6,77372
	S4	-44,79000*	12,897548	,033	-86,69372	-2,88628
	S6	-65,12250*	12,897548	,002	-107,02622	-23,21878
S6	S1	66,47750*	12,897548	,001	24,57378	108,38122
	S2	69,81750*	12,897548	,001	27,91378	111,72122
	S3	29,99250	12,897548	,243	-11,91122	71,89622
	S4	20,33250	12,897548	,625	-21,57122	62,23622
	S5	65,12250*	12,897548	,002	23,21878	107,02622

Homogeneous Subsets

As

Tukey HSD^{a,b}

İstasyon no	N	Subset	
		1	2
S2	4	24,10750	63,93250
S1	4	27,44750	
S5	4	28,80250	
S3	4	63,93250	
S4	4		
S6	4		
Sig.		,067	,243

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Çizelge 1.2. Bakır için Post Hoc Test Sonuçları

Multiple Comparisons

Cu

Tukey HSD

(I) istasyon no	(J) istasyon no	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
S1	S2	26,95250*	5,473155	,002	9,17039	44,73461
	S3	27,85000*	5,473155	,002	10,06789	45,63211
	S4	35,78750*	5,473155	,000	18,00539	53,56961
	S5	47,77225*	5,473155	,000	29,99014	65,55436
	S6	21,12750*	5,473155	,016	3,34539	38,90961
S2	S1	-26,95250*	5,473155	,002	-44,73461	-9,17039
	S3	,89750	5,473155	1,000	-16,88461	18,67961
	S4	8,83500	5,473155	,602	-8,94711	26,61711
	S5	20,81975*	5,473155	,018	3,03764	38,60186
	S6	-5,82500	5,473155	,888	-23,60711	11,95711
S3	S1	-27,85000*	5,473155	,002	-45,63211	-10,06789
	S2	-,89750	5,473155	1,000	-18,67961	16,88461
	S4	7,93750	5,473155	,698	-9,84461	25,71961
	S5	19,92225*	5,473155	,024	2,14014	37,70436
	S6	-6,72250	5,473155	,817	-24,50461	11,05961
S4	S1	-35,78750*	5,473155	,000	-53,56961	-18,00539
	S2	-8,83500	5,473155	,602	-26,61711	8,94711
	S3	-7,93750	5,473155	,698	-25,71961	9,84461
	S5	11,98475	5,473155	,298	-5,79736	29,76686
	S6	-14,66000	5,473155	,138	-32,44211	3,12211

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Çizelge 1.2. (Devamı) Bakır için Post Hoc Test Sonuçları

(I) istasyo n no	(J) istasyo n no	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
S5	S1	-47,77225*	5,473155	,000	-65,55436	-29,99014
	S2	-20,81975*	5,473155	,018	-38,60186	-3,03764
	S3	-19,92225*	5,473155	,024	-37,70436	-2,14014
	S4	-11,98475	5,473155	,298	-29,76686	5,79736
	S6	-26,64475*	5,473155	,002	-44,42686	-8,86264
S6	S1	-21,12750*	5,473155	,016	-38,90961	-3,34539
	S2	5,82500	5,473155	,888	-11,95711	23,60711
	S3	6,72250	5,473155	,817	-11,05961	24,50461
	S4	14,66000	5,473155	,138	-3,12211	32,44211
	S5	26,64475*	5,473155	,002	8,86264	44,42686

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 59,911.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Homogeneous Subsets**Cu**Tukey HSD^{a,b}

istasyo n no	N	Subset		
		1	2	3
S5	4	7,42525		
S4	4	19,41000	19,41000	
S3	4		27,34750	
S2	4		28,24500	
S6	4		34,07000	
S1	4			55,19750
Sig.		,298	,138	1,000

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 59,911.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

b. Alpha = ,05.

Multiple Comparisons

Cu

Tukey HSD

(I) Analiz dönemi	(J) Analiz dönemi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
İlkbahar	Yaz	16,60317*	4,468812	,010	3,72339	29,48295
	Sonbahar	21,23667*	4,468812	,001	8,35689	34,11645
	Kış	24,54333*	4,468812	,000	11,66355	37,42311
Yaz	İlkbahar	-16,60317*	4,468812	,010	-29,48295	-3,72339
	Sonbahar	4,63350	4,468812	,731	-8,24628	17,51328
	Kış	7,94017	4,468812	,322	-4,93961	20,81995
Sonbahar	İlkbahar	-21,23667*	4,468812	,001	-34,11645	-8,35689
	Yaz	-4,63350	4,468812	,731	-17,51328	8,24628
	Kış	3,30667	4,468812	,879	-9,57311	16,18645
Kış	İlkbahar	-24,54333*	4,468812	,000	-37,42311	-11,66355
	Yaz	-7,94017	4,468812	,322	-20,81995	4,93961
	Sonbahar	-3,30667	4,468812	,879	-16,18645	9,57311

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 59,911.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Homogeneous Subsets**Cu**Tukey HSD^{a,b}

Analiz dönemi	N	Subset	
		1	2
Kış	6	19,66833	44,21167
Sonbahar	6	22,97500	
Yaz	6	27,60850	
Ilkbahar	6		
Sig.		,322	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 59,911.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

b. Alpha = ,05.

Çizelge 1.3. Nikel için Post Hoc Test Sonuçları

Multiple Comparisons

Ni

Tukey HSD

(I) istasyon no	(J) istasyon no	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
S1	S2	32,20750 [*]	5,797812	,001	13,37059	51,04441
	S3	43,12750 [*]	5,797812	,000	24,29059	61,96441
	S4	49,23250 [*]	5,797812	,000	30,39559	68,06941
	S5	65,29500 [*]	5,797812	,000	46,45809	84,13191
	S6	21,46250 [*]	5,797812	,021	2,62559	40,29941

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Çizelge 1.3. (Devamı) Nikel için Post Hoc Test Sonuçları

(I) İstasyon no	(J) İstasyon no	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
S2	S1	-32,20750 [*]	5,797812	,001	-51,04441	-13,37059
	S3	10,92000	5,797812	,448	-7,91691	29,75691
	S4	17,02500	5,797812	,088	-1,81191	35,86191
	S5	33,08750 [*]	5,797812	,000	14,25059	51,92441
	S6	-10,74500	5,797812	,464	-29,58191	8,09191
S3	S1	-43,12750 [*]	5,797812	,000	-61,96441	-24,29059
	S2	-10,92000	5,797812	,448	-29,75691	7,91691
	S4	6,10500	5,797812	,892	-12,73191	24,94191
	S5	22,16750 [*]	5,797812	,017	3,33059	41,00441
	S6	-21,66500 [*]	5,797812	,020	-40,50191	-2,82809
S4	S1	-49,23250 [*]	5,797812	,000	-68,06941	-30,39559
	S2	-17,02500	5,797812	,088	-35,86191	1,81191
	S3	-6,10500	5,797812	,892	-24,94191	12,73191
	S5	16,06250	5,797812	,118	-2,77441	34,89941
	S6	-27,77000 [*]	5,797812	,003	-46,60691	-8,93309
S5	S1	-65,29500 [*]	5,797812	,000	-84,13191	-46,45809
	S2	-33,08750 [*]	5,797812	,000	-51,92441	-14,25059
	S3	-22,16750 [*]	5,797812	,017	-41,00441	-3,33059
	S4	-16,06250	5,797812	,118	-34,89941	2,77441
	S6	-43,83250 [*]	5,797812	,000	-62,66941	-24,99559
S6	S1	-21,46250 [*]	5,797812	,021	-40,29941	-2,62559
	S2	10,74500	5,797812	,464	-8,09191	29,58191
	S3	21,66500 [*]	5,797812	,020	2,82809	40,50191
	S4	27,77000 [*]	5,797812	,003	8,93309	46,60691
	S5	43,83250 [*]	5,797812	,000	24,99559	62,66941

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 67,229.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Homogeneous Subsets

Ni

Tukey HSD^{a,,b}

istasyo n no	N	Subset			
		1	2	3	4
S5	4	15,77000			
S4	4	31,83250	31,83250		
S3	4		37,93750		
S2	4		48,85750	48,85750	
S6	4			59,60250	
S1	4				81,06500
Sig.		,118	,088	,464	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 67,229.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

b. Alpha = ,05.

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Analiz dönemi**Multiple Comparisons**

Ni

Tukey HSD

(I) Analiz dönemi	(J) Analiz dönemi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
İlkbahar	Yaz	8,72833	4,733894	,292	-4,91545	22,37212
	Sonbahar	15,49500*	4,733894	,024	1,85122	29,13878
	Kış	24,88000*	4,733894	,001	11,23622	38,52378
Yaz	İlkbahar	-8,72833	4,733894	,292	-22,37212	4,91545
	Sonbahar	6,76667	4,733894	,501	-6,87712	20,41045
	Kış	16,15167*	4,733894	,018	2,50788	29,79545
Sonbahar	İlkbahar	-15,49500*	4,733894	,024	-29,13878	-1,85122
	Yaz	-6,76667	4,733894	,501	-20,41045	6,87712
	Kış	9,38500	4,733894	,238	-4,25878	23,02878
Kış	İlkbahar	-24,88000*	4,733894	,001	-38,52378	-11,23622
	Yaz	-16,15167*	4,733894	,018	-29,79545	-2,50788
	Sonbahar	-9,38500	4,733894	,238	-23,02878	4,25878

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 67,229.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Homogeneous Subsets**Ni**Tukey HSD^{a,b}

Analiz dönemi	N	Subset		
		1	2	3
Kış	6	33,24000		
Sonbahar	6	42,62500	42,62500	
Yaz	6		49,39167	49,39167
İlkbahar	6			58,12000
Sig.		,238	,501	,292

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 67,229.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

b. Alpha = ,05.

Çizelge 1.4. Kurşun için Post Hoc Test Sonuçları

Multiple Comparisons**Pb**

Tukey HSD

(I) İstasyon no	(J) İstasyon no	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
S1	S2	35,84500	16,126689	,284	-16,55010	88,24010
	S3	82,70250*	16,126689	,001	30,30740	135,09760
	S4	107,27000*	16,126689	,000	54,87490	159,66510
	S5	130,12600*	16,126689	,000	77,73090	182,52110
	S6	48,45500	16,126689	,078	-3,94010	100,85010

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Çizelge 1.4. Kurşun için Post Hoc Test Sonuçları

(I) İstasyon no	(J) İstasyon no	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
S2	S1	-35,84500	16,126689	,284	-88,24010	16,55010
	S3	46,85750	16,126689	,093	-5,53760	99,25260
	S4	71,42500*	16,126689	,005	19,02990	123,82010
	S5	94,28100*	16,126689	,000	41,88590	146,67610
	S6	12,61000	16,126689	,966	-39,78510	65,00510
S3	S1	-82,70250*	16,126689	,001	-135,09760	-30,30740
	S2	-46,85750	16,126689	,093	-99,25260	5,53760
	S4	24,56750	16,126689	,656	-27,82760	76,96260
	S5	47,42350	16,126689	,087	-4,97160	99,81860
	S6	-34,24750	16,126689	,327	-86,64260	18,14760
S4	S1	-107,27000*	16,126689	,000	-159,66510	-54,87490
	S2	-71,42500*	16,126689	,005	-123,82010	-19,02990
	S3	-24,56750	16,126689	,656	-76,96260	27,82760
	S5	22,85600	16,126689	,717	-29,53910	75,25110
	S6	-58,81500*	16,126689	,024	-111,21010	-6,41990
S5	S1	-130,12600*	16,126689	,000	-182,52110	-77,73090
	S2	-94,28100*	16,126689	,000	-146,67610	-41,88590
	S3	-47,42350	16,126689	,087	-99,81860	4,97160
	S4	-22,85600	16,126689	,717	-75,25110	29,53910
	S6	-81,67100*	16,126689	,002	-134,06610	-29,27590
S6	S1	-48,45500	16,126689	,078	-100,85010	3,94010
	S2	-12,61000	16,126689	,966	-65,00510	39,78510
	S3	34,24750	16,126689	,327	-18,14760	86,64260
	S4	58,81500*	16,126689	,024	6,41990	111,21010
	S5	81,67100*	16,126689	,002	29,27590	134,06610

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 520,140.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Homogeneous Subsets**Pb**Tukey HSD^{a,b}

İstasyon no	N	Subset		
		1	2	3
S5	4	9,89900		
S4	4	32,75500		
S3	4	57,32250	57,32250	
S6	4		91,57000	91,57000
S2	4		104,18000	104,18000
S1	4			140,02500
Sig.		,087	,093	,078

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 520,140.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

b. Alpha = ,05.

Analiz dönemi**Multiple Comparisons****Pb**

Tukey HSD

(I) Analiz dönemi	(J) Analiz dönemi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
İlkbahar	Yaz	25,61433	13,167387	,252	-12,33603	63,56470
	Sonbahar	37,17933	13,167387	,056	-,77103	75,12970
	Kış	34,65600	13,167387	,079	-3,29437	72,60637
Yaz	İlkbahar	-25,61433	13,167387	,252	-63,56470	12,33603
	Sonbahar	11,56500	13,167387	,816	-26,38537	49,51537
	Kış	9,04167	13,167387	,901	-28,90870	46,99203

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Pb

Tukey HSD

(I) Analiz dönemi	(J) Analiz dönemi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Sonbahar	Ilkbahar	-37,17933	13,167387	,056	-75,12970	,77103
	Yaz	-11,56500	13,167387	,816	-49,51537	26,38537
	Kış	-2,52333	13,167387	,997	-40,47370	35,42703
Kış	Ilkbahar	-34,65600	13,167387	,079	-72,60637	3,29437
	Yaz	-9,04167	13,167387	,901	-46,99203	28,90870
	Sonbahar	2,52333	13,167387	,997	-35,42703	40,47370

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 520,140.

Homogeneous Subsets**Pb**Tukey HSD^{a,b}

Analiz dönemi	N	Subset
		1
Sonbahar	6	59,80833
Kış	6	62,33167
Yaz	6	71,37333
Ilkbahar	6	96,98767
Sig.		,056

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 520,140.

a. Uses Harmonic Mean

Sample Size = 6,000.

b. Alpha = ,05.

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Cizelge 1.5. Çinko için Post Hoc Test Sonuçları**Multiple Comparisons**

Zn

Tukey HSD

(I) Analiz dönemi	(J) Analiz dönemi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
İlkbahar	Yaz	-39,62000	36,952152	,711	-146,12159	66,88159
	Sonbahar	46,33667	36,952152	,604	-60,16493	152,83826
	Kış	92,92167	36,952152	,098	-13,57993	199,42326
Yaz	İlkbahar	39,62000	36,952152	,711	-66,88159	146,12159
	Sonbahar	85,95667	36,952152	,136	-20,54493	192,45826
	Kış	132,54167*	36,952152	,013	26,04007	239,04326
Sonbahar	İlkbahar	-46,33667	36,952152	,604	-152,83826	60,16493
	Yaz	-85,95667	36,952152	,136	-192,45826	20,54493
	Kış	46,58500	36,952152	,600	-59,91659	153,08659
Kış	İlkbahar	-92,92167	36,952152	,098	-199,42326	13,57993
	Yaz	-132,54167*	36,952152	,013	-239,04326	-26,04007
	Sonbahar	-46,58500	36,952152	,600	-153,08659	59,91659

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4096,385.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

EK- 1. (Devamı) Post Hoc Test Sonuçları

Homogeneous Subsets**Zn**Tukey HSD^{a,b}

Analiz dönemi	N	Subset	
		1	2
Kış	6	179,39167	
Sonbahar	6	225,97667	225,97667
İlkbahar	6	272,31333	272,31333
Yaz	6		311,93333
Sig.		,098	,136

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4096,385.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

b. Alpha = ,05.

EK- 2. Kruskal Wallis Testi Sonuçları

Çizelge 2.1. Analiz dönemlerine göre Cd ve Co Kruskal Wallis Testi Sonuçları

	Analiz dönemi	N	Sıra ortalaması
Cd	Ilkbahar	6	18,83
	Yaz	6	7,00
	Sonbahar	6	7,00
	Kış	6	17,17
	Toplam	24	
Co	Ilkbahar	6	12,92
	Yaz	6	15,50
	Sonbahar	6	11,67
	Kış	6	9,92
	Toplam	24	

	Cd	Co
Ki-Kare	17,484	2,003
Sd	3	3
P	,001	,572

EK- 2. (Devamı) Kruskal Wallis Testi Sonuçları

Çizelge 2.2. İstasyonlara göre Cd ve Co Kruskal Wallis Testi Sonuçları

Ranks			
	istasyon no	N	Sıra ortalaması
Cd	S1	4	14,25
	S2	4	12,25
	S3	4	9,00
	S4	4	14,00
	S5	4	13,75
	S6	4	11,75
	Total	24	
Co	S1	4	12,00
	S2	4	13,00
	S3	4	9,25
	S4	4	13,25
	S5	4	15,00
	S6	4	12,50
	Total	24	

	Cd	Co
Ki-Kare	1,881	1,443
Sd	5	5
P	,865	,920

EK- 3. İlgili Yönetmelikler

Çizelge 3.1. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (31.05.2005 ve 25832 sayılı)

TOPRAK KİRLİLİK PARAMETRELERİ SINIR DEĞERLERİ

a)Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri

Ağır Metal (Toplam)	PH 5- 6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	pH>6 mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50 **	300 **
Kadmiyum	1 **	3 **
Krom	100 **	100 **
Bakır*	50 **	140 **
Nikel*	30 **	75 **
Çinko *	150 **	300 **
Civa	1 **	1,5 **

*pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

b)Kirlenmiş Toprakta Arıtma Sonucu Uyulması Gereken Sınır Değerler

Kirlilik Parametreleri	Sınır Değerler
Klorür İyonu (mg Cl ⁻ /l) (Toplam)	25
Sodyum (mg Na/l) "	125
Kobal (mg/kg Fırın Kuru Toprak)	20
Arsenik "	20
Molibden "	10

EK- 3. (Devamı) İlgili Yönetmelikler

b)Kirlenmiş Toprakta Arıtma Sonucu Uyulması Gereken Sınır Değerler

Kalay	"	20
Baryum	"	200
Florür	"	200
Serbest siyanid	"	1
Kompleks siyanid	"	5
Sülfür	"	2
Brom	"	20
Benzen	"	0,05
Bütil benzen	"	0,05
Toliol	"	0,05
Xylol	"	0,05
Fenol	"	0,05
Selenyum	"	5
Talyum	"	1
Uranyum	"	5
Polisiklik aromatik hidrokarbon bileşikleri	"	5
Organo klorlu bileşikler	"	0,5
Tarımsal Mücadele İlaçları –Bireysel	"	0,5
Tarımsal Mücadele İlaçları –Toplam	"	2
PCB Poliklorlandırılmış bifeniller	"	0,5
Hexaklor benzol	"	0,1
Pentaklor benzol	"	0,1
Ψ- HCH (lindan)	"	0,1

EK- 3. (Devamı) İlgili Yönetmelikler

Çizelge 3.2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı)

SU KİRLİLİĞİ KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ TABLOLARI				
TABLO 1: KITAİÇİ SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ				
SU KALİTE SINIFLARI				
SU KALİTE PARAMETRELERİ	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler				
1. Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2. PH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3. Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /l) ^a	8	6	3	< 3
4. Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5. Klorür iyonu (mg Cl-/l)	25	200	400 ^b	> 400
6. Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /l)	200	200	400	> 400
7. Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/l)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8. Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/l)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9. Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/l)	5	10	20	> 20
10. Toplam fosfor (mg PO ₄ ⁻³ -P/l)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11. Toplam çözünmüş madde (mg/l)	500	1500	5000	> 5000
12. Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13. Sodyum (mg Na ⁺ /l)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1. KOİ (mg/l)	25	50	70	> 70
2. BOİ (mg/l)	4	8	20	> 20
3. Organik karbon (mg/l)	5	8	12	> 12
4. Toplam Kjeldahl-azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	> 5
5. Emülsifiye yağ ve gres (mg/l)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6. Metilen mavisi aktif maddeleri (MBAS) (mg/l)	0.05	0.2	1	> 1.5
7. Fenolik maddeler (uçucu) (mg/l)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8. Mineral yağlar ve türevleri (mg/l)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9. Toplam pestisid (mg/l)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri ^d				
1. Civa (µg Hg/l)	0.1	0.5	2	> 2
2. Kadmiyum (µg Cd/l)	3	5	10	> 10

EK- 3. (Devamı) İlgili Yönetmelikler

Çizelge 3.2. (Devamı) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31.12.2004 tarih ve 25687)

3. Kurşun ($\mu\text{g Pb/l}$)	10	20	50	> 50
4. Arsenik ($\mu\text{g As/l}$)	20	50	100	> 100
5. Bakır ($\mu\text{g Cu/l}$)	20	50	200	> 200
6. Krom (toplam) ($\mu\text{g Cr/l}$)	20	50	200	> 200
7. Krom ($\mu\text{g Cr}^{+6}/\text{l}$)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8. Kobalt ($\mu\text{g Co/l}$)	10	20	200	> 200
9. Nikel ($\mu\text{g Ni/l}$)	20	50	200	> 200
10. Çinko ($\mu\text{g Zn/l}$)	200	500	2000	> 2000
11. Siyanür (toplam) ($\mu\text{g CN/l}$)	10	50	100	> 100
12. Florür ($\mu\text{g F}^{-}/\text{l}$)	1000	1500	2000	> 2000
13. Serbest klor ($\mu\text{g Cl}_2/\text{l}$)	10	10	50	> 50
14. Sülfür ($\mu\text{g S}^{=}/\text{l}$)	2	2	10	> 10
15. Demir ($\mu\text{g Fe/l}$)	300	1000	5000	> 5000
16. Mangan ($\mu\text{g Mn/l}$)	100	500	3000	> 3000
17. Bor ($\mu\text{g B/l}$)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18. Selenyum ($\mu\text{g Se/l}$)	10	10	20	> 20
19. Baryum ($\mu\text{g Ba/l}$)	1000	2000	2000	> 2000
20. Alüminyum (mg Al/l)	0.3	0.3	1	> 1
21. Radyoaktivite (pCi/l)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyojik parametreler				
1. Fekal koliform (EMS/100 ml)	10	200	2000	> 2000
2. Toplam koliform (EMS/100 ml)	100	20000	100000	> 100000

(a)- Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) - Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) - PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu $0.02 \text{ mg NH}_3^{-}\text{N/l}$ değerini geçmemelidir.

(d) - Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) - Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri $300 \mu\text{g/l}$ 'ye kadar düşürmek gerekebilir.

TABLO 2: GÖLLER, GÖLETLER, BATAKLIKLAR VE BARAJ HAZNELERİNİN

ÖTROFİKASYON KONTROLÜ SINIR DEĞERLERİ İstenen özellikler	Kullanım alanı	
	Doğal koruma alanı ve rekreasyon	Çeşitli kullanımlar için (doğal olarak tuzlu, acı ve sodalı göller dahil)
PH	6.5-8.5	6-10.5
KOİ (mg/l)	3	8
ÇO (mg/l)	7.5	5
AKM (mg/l)	5	15
Toplam koliform sayısı (EMS)/100 ml	1000	1000
Toplam azot (mg/l)	0.1	1
Toplam fosfor (mg/l)	0.005	0.1

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BÖLÜKBAŞI BAŞARAN, Vildan
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 28.09.1982, Rize
 Medeni hali : Evli
 e-mail : vildanbolukbasi@hotmail.com.

Eğitim Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Niğde Üniversitesi / Çevre Müh.	2006
Lise	Süper Fener Lisesi	2000

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010- Devam ediyor	Muğla İl Çevre ve Orman Müd.	Çevre Mühendisi
2008–2009	Aktif Eğitimciler Derneği (Manisa)	Proje Koordinatörü

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Doğa sporları, kitap okumak, sinema, tarih, bilim.