

**ÇUBUK-II BARAJI DİP ÇAMURU ÖRNEKLERİNDE AĞIR
METAL DAĞILIMININ İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF HEAVY METAL DISTRIBUTION IN
THE SAMPLES OF BOTTOM SEDIMENT IN
CUBUK-II DAM**

YASEMİN AŞKİNER KAYA

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2007

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI** 'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan :.....
(Prof. Dr. Bekir SALİH)

Üye (Danışman) :.....
(Dr. Işık BİLDACI)

Üye :.....
(Prof. Dr. Cemal SAYDAM)

Üye :.....
(Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ)

Üye :.....
(Dr. Türkay ONACAK)

ONAY

Bu tez/...../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Erdem YAZGAN
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÇUBUK-II BARAJ GÖLÜ DİP ÇAMURU ÖRNEKLERİNDE AĞIR METAL DAĞILIMININ İNCELENMESİ

Yasemin Aşkİner Kaya

ÖZ

Bu tez çalışmasında, Çubuk-II Baraj Gölü'nün sediman ve su örneklerinde, çevre kirliliği parametrelerinin tayini ile su ve sediman kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çubuk-II Baraj Gölü'nün deşarjında yüzey sediman (dip çamur) araştırmasında, 7 değişik noktadan sediman ve 1 noktadan da su örneği alınmıştır.

AUGER sediman örnekleycisi ile toplanan sediman örneklerinde pH, su ve sediman örneklerinde kuru analiz olarak ise ağır metal (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn) ölçümleri yapılmıştır. Çubuk-II Baraj Gölü sediman yüzeyinde, pH değeri 7,3 olarak bulunmuştur.

Katmanlardan alınan sediman örneklerinde yapılan metal analizlerinde, birikim periyoduna bağlı olarak kirliliğin izlenmesinin mümkün olduğu tespit edilmiş; ancak ciddi bir kirlilik gözlenmemiştir.

Sonuç olarak, Çubuk-II Baraj Gölü suları, Çevre Mevzuatı-Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği-Kıta İçi Su Kalite Sınıflandırması'na göre genel olarak temiz su özellikleri taşıırken, sediman tabakası da temiz sediman kalite sınıfına girmektedir.

Anahtar Sözcükler: Çubuk-II Baraj Gölü, sediman, ağır metal, su.

INVESTIGATION OF HEAVY METAL DISTRIBUTION IN THE SAMPLES OF BOTTOM SEDIMENT IN CUBUK-II DAM LAKE

Yasemin Aşkİner Kaya

ABSTRACT

The aim of this paper is the determination of the pollution parameters and water and sediments quality of the water and sediment samples taken from the Çubuk-II Dam Lake. In the investigation of surface sediment in the discharge of Çubuk-II Dam Lake, water and sediment samples has been taken from 7 different points.

Sediment samples collected by AUGER sediment sampler, Ph as wet analysis; heavy metal (Ag,Cd,Co,Cr,Cu,Fe,Hg,Pb,Ni,Zn) as dry analysis have been made. The pH value was found 7,3 on the surface sediment of Çubuk-II Dam Lake.

In metal analyses of the sediment samples taken from the layers, it is determined that monitoring of pollution is possible; however, a serious pollution could not be observed.

As a result, according to in-continent water quality classification of Environmental Legislation - Water Pollution Control Regulation, the water in Çubuk-II Dam Lake has a characteristic of clean water in general. Also the sediment layer is in the category of clean sediment quality.

Key Words: CUBUK-2 Dam Lake, Sediment, Heavy Metal , Water.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmam süresince her zaman yakın ilgi ve desteğini gördüğüm değerli Hocam Dr. Işık Bildacı'ya en derin teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında bana laboratuvarlarını açan Fen Fakültesi Kimya Bölümü'nden Sayın Prof. Dr. Bekir Salih Hocam'a, bölümün araştırma görevlilerine ve diğer çalışanlarına yardımlarından dolayı teşekkürü borç bilirim.

Her zaman olduğu gibi, Yüksek Lisans çalışmam süresince de maddi ve manevi desteğini gördüğüm aileme ve eşime sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
GRAFİKLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
EKLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Çevre Sedimentalojisi ve Önemi	3
2.2. Sedimanın Yapısı ve Özellikleri.....	6
2.3. Sediman Kalite Parametreleri.....	8
2.3.1. Fiziksel Sediman Kalite Parametreleri	8
2.3.2. Kimyasal Sediman Kalite Parametreleri	11
3. MATERYAL ve METOD.....	28
3.1. Çalışma Alanı	30
3.2.1. Çubuk-II Barajı Su ve Sediman Çalışmaları	31
3.2.1.1. Su ve Sediman Arazi Çalışmaları	34
3.2.1.2. Su ve Sediman Laboratuar Çalışmaları	36
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	37
4.1 Çubuk-II Baraj Gölü'nde sudaki metallerle ilgili bulgular	37
4.2. Çubuk-II Baraj Gölü'nde sedimandaki metallerle ilgili bulgular	40
4.2.1 Örneklemeye yerlerinde metallere göre analiz sonuçları	44
4.2.2 Metallerin örneklemeye yerlerine göre analiz sonuçları	61
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Sediman Tabakaları ve Sediman Transfer Proseslerinin Şematik Gösterimi	7
Şekil 3.1. Çubuk-II Baraj Gölü,baraj benti ve su alış yerini gösteren harita.....	32
Şekil 3.2. Sediman ve su örneklerinin alındığı örnekleme noktalarının konumlarını gösteren harita.....	33
Şekil 3.3. AUGER Sediman Örnekleycisi.....	34
Şekil 3.4.a. AUGER Sediman Örnekleycisi.....	35
Şekil 3.4.b. AUGER Sediman Örnekleycisi.....	35

GRAFİKLER DİZİNİ

	Sayfa
Grafik 4.1.Çubuk-II Baraj Gölü su örneği metal yoğunlukları	38
Grafik 4.2. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Ag yoğunlukları	45
Grafik 4.3. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Cd yoğunlukları.....	46
Grafik 4.4. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Co yoğunlukları	48
Grafik 4.5. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Cr yoğunlukları	50
Grafik 4.6. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Cu yoğunlukları	52
Grafik 4.7. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Fe yoğunlukları.....	53
Grafik 4.8. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Hg yoğunlukları	55
Grafik 4.9. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Ni yoğunlukları	57
Grafik 4.10. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Pb yoğunlukları	59
Grafik 4.11. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Zn yoğunlukları.....	61
Grafik 4.12. 1 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları	62
Grafik 4.13. 2 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları	63
Grafik 4.14. 3 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları	64
Grafik 4.15. 4 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları	66
Grafik 4.16. 5 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları	67
Grafik 4.17. 6 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları	68
Grafik 4.18. 7 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Partikül Boyutu Sınıflandırılması.....	10
Çizelge 3.1. ICP-MS Ölçüm Koşulları.....	29
Çizelge 4.1. Alınan su örneğinden elde edilen ağır metal değerleri.....	37
Çizelge 4.2. Beyşehir Gölü su örneklerinden elde edilen ağır metal değerleri (Altındağ ve Yiğit, 2005).....	38
Çizelge 4.3. Dünya'nın değişik yerlerindeki göllerin sularında ağır metal değerleri, Pertsemli ve Voutsas (2007).....	39
Çizelge 4.4. Su örneğinden elde edilen ağır metal değerlerinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kıtaiçi Su Kaynakları Kalite Kriterleri ile karşılaştırılması.....	40
Çizelge 4.5. Sediman örneklerinde ağır metal (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn) analiz sonuçları	41
Çizelge 4.6. Derinliğin, Örnekleme Noktası yerlerinin ve Ağır Metallerin, sedimanda ölçülen ağır metal değerlerine etkisini gösteren ANOVA tablosu.....	42
Çizelge 4.7. Sedimanda ağır metal analizlerinin korelasyon katsayıları.....	43
Çizelge 4.8. Beyşehir Gölü sediman örneklerinden elde edilen ağır metal değerleri (Altındağ ve Yiğit, 2005).....	44
Çizelge 4.9. Dünya'nın değişik yerlerindeki göllerin sedimanında ağır metal değerleri, Pertsemli ve Voutsas (2007).....	44
Çizelge 4.10. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Ag yoğunlukları.....	44
Çizelge 4.11. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Cd yoğunlukları	46
Çizelge 4.12. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Co yoğunlukları	47
Çizelge 4.13. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Cr yoğunlukları	48
Çizelge 4.14. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Cu yoğunlukları	50
Çizelge 4.15. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Fe yoğunlukları	52
Çizelge 4.16. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Hg yoğunlukları	54
Çizelge 4.17. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Ni yoğunlukları.....	55
Çizelge 4.18. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Pb yoğunlukları.....	57
Çizelge 4.19. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Zn yoğunlukları	59
Çizelge 4.20. 1 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri.....	61
Çizelge 4.21. 2 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri.....	63
Çizelge 4.22. 3 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri.....	64

Çizelge 4.23. 4 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri.....	65
Çizelge 4.24. 5 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri.....	66
Çizelge 4.25. 6 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri.....	67
Çizelge 4.26. 7 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri.....	69

EKLER DİZİNİ

EK 1. Sediman Örnekleme Programları İçin Uygun Örnekleme Periyotları

EK 2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri

EK 3. US EPA'nın Sedimanda Ağır Metal Kirlilik Kriterleri

SİMGELER VE KISALTMALAR

µm	:Mikrometre
µg	:Mikrogram
AAS	:Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi
Ag	:Gümüş
Bkz.	:Bakınız
°C	:Santigrat
CCME	:Kanada Çevre Bakanları Konseyi
Cd	:Kadmiyum
cm	:Santimetre
Co	:Kobalt
Cr	:Krom
Cu	:Bakır
Fe	:Demir
g	:Gram
Hg	:Civa
ICP-MS	:İndüksiyon yapan çift plazma kütle spektrometrisi
kg	:Kilogram
km	:Kilometre
L	:Litre
m	:Metre
mg	:Miligram
min	:Dakika
mL	:Mililitre
ng	:Nanogram
NWRI	:Kanada Ulusal Su Araştırma Enstitüsü
Ni	:Nikel
Pb	:Kurşun
Pg	:Piktogram
ppm	:Milyonda bir
US EPA	:Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
vb	:Ve buna benzer
W	:Watt
WQC	:Su Kalite Kriterleri
Zn	:Çinko

1. GİRİŞ

Çevre kirliliği problemlerinin önemli üç ana boyutu hava, su ve toprak olarak bilinmektedir. Ancak, günümüzde Dünya’da ve Türkiye’de yeni yeni önem kazanan bir çevre boyutu da, su yapılarının tabanında yer alan ve değişik karakterli maddelerin birikimi ile oluşan “sediman” tabakasıdır.

Bir sistemin sediman tabakası; sistemdeki birikim süresince, drenaj havzasındaki arazi kullanım uygulamalarını ve o sistemin çevresel durumunu yansıtır. Brewer ve Pfander (1979), restorasyon programlarında ve çevresel yönetim ile ilgili diğer pek çok aktivitede, sedimanların merkezi bir role sahip olduğunu belirtmişlerdir. Sedimanların rolünü açıklamada çoğu kez kirlilikle olan ilişkisi ön plandadır.

Son yıllarda, hem besin üretimi, hem de insan sağlığı için su kalitesinin öneminin farkına varılmıştır. Bununla birlikte Sylvester ve arkadaşları (1994), su kalitesine sedimanların ve sedimanlara su kalitesinin etkileri ile sedimanların “çevresel indikatörler” olarak kullanımının öneminin yeterince anlaşılmadığını belirtmişlerdir. Fakat; sediman verilerinin kullanımı, bazı çevresel araştırmalarda ve su kalitesi çalışmalarında yapılmıştır.

Sediman içinde bulunan besin elementleri, ağır metaller ve metal bileşikleri gibi organik ve inorganik maddeler, aşırı miktarlarda buldukları zaman potansiyel kirleticiler olarak göz önünde tutulmalıdırlar. Bu potansiyel kirleticiler, insanın ve sucul organizmaların, su ortamındaki canlıların sağlıklarını tehdit edebilirler. Toksik iz metaller çökeleklerde, mineral kaya parçalarında ve başka inorganik materyalde partiküler formda bulunabilirler. (Golterman ve ark.,1983)

Ayrıca, sediman tabakası, sürekli su kütlesiyle temas halinde olduğundan su içinde ayrıışan çeşitli çevre kirleticilerin birikimine ve reaksiyonuna neden olur. Bu yüzden sediman tabakaları su kalitesini belirgin olarak etkiler. Sedimanlar sayesinde, su kütlesi kirliliği hakkında bir sonuca varılabilir, bu kirliliğin tarihi

gelişimi belirlenebilir, hangi kirletici maddelerden ne kadar biriktiği öğrenilebilir. Aynı zamanda, çevresel sedimentoloji çalışmaları, su kalitesi analizlerinden ayrı düşünülemez ve beraber yapılması gerekir. Çünkü sediman tabakasının bünyesinde biriken kirleticiler için (organik madde, fosfat, azot bileşikleri, çeşitli metaller, Fe, Hg, gibi) belli bir doygunluk seviyesi vardır ve bu doygunluk seviyesine erişen sediman tabakası bir süre sonra bünyesinde tuttuğu bu kirleticileri tekrar suya bırakır. Böylece, sadece su kirliliği problemi çözülen bir su kütlesinde tekrar çevre kirliliği problemi yaşanabilir. (Lijklema, 1993)

Ağır metal atıkları zehirlilikleri ve sucul ekosistemde birikebilir olması nedeniyle önemlidir.Çevre kirliliğine yol açan maddeler içinde ağır metaller önemli ekolojik sonuçlara sahiptir. Kara ve sucul ekosistemlerde bazı kirliliğe yol açan maddeler önemli bir toksik potansiyele sahiptir. Sucul ekosistemlerin ağır metaller tarafından kirlenmesi son yıllarda sağlıkla ilgili önemli bir endişe kaynağıdır. (Mendil ve Uluözlü, 2006)

Dolayısıyla bu mekanizmayı belirleyen dünya araştırmacıları, artık su kalite belirleme çalışmaları yaparken hava-su-sediman ve toprak çerçevesinde araştırmalarını sürdürmektedir. (Förstner ve ark., 1993)

Türkiye’de de bu konuda çalışmalar yapılmıştır. Hazar Gölü, Beyşehir Gölü, Palas Gölü, Atatürk Baraj Gölü gibi belli su kütlelerinde sediman çalışmaları yapılmıştır. (Soylak ve Yılmaz, 2006;Özmen ve ark., 2004; Kakarade ve Ünlü, 2000). Ayrıca; Sapanca Gölü, Eymir Gölü, İzmir Havzası, Göksu Nehri gibi belli su kütlelerinde de sediman çalışmaları yapılmıştır. (Bakan,1995; Bakan, 1995; Bakan, 1992; Ergin ve diğerleri, 1990; Ergin ve diğerleri 1991)

Çubuk-II Baraj Gölü, Ankara ili ve Çubuk ilçesinin içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Amacımız içme suyunun kalitesi ve içeriği ağır metal içerisinden incelenerek içme suyuna uygunluğu; dışardan kirlilik alıp almadığını anlamaya çalışmaktır. Bu çalışmada; su ve sediman birlikte çalışılarak daha tutarlı bir sonuç alınmaya çalışılmıştır. Bu tez çalışmasında güncelliği ve önemi belirtilen sediman çalışmaları, Çubuk-II Baraj Gölü ‘nde su analizleri ile beraber yapılmıştır. Belli koşullarda alınıp laboratuara getirilen yaş sediman örneklerinde pH, kuru sediman

örneklerinde ise ağır metal (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn) su analizlerine paralel olarak ölçülmüştür.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Çevre Sedimentolojisi ve Önemi

“Sediman”, genel olarak, su ortamlarındaki birikinti materyalini belirtir ve “dip çamuru” olarak da adlandırılabilir. Bütün doğal sular değişen miktarlarda sediman içerirler. Sucul sistemlerde değişik karakterli maddeleri içine alan sedimanlar, coğrafi ve doğal sebeplerden oluşan erozyonla, su içindeki ölü alglerin, organik ve inorganik partiküllerin dibe çökerek birikmesi sonucu meydana gelebilmektedirler. (Hakanson ve Jansson, 1983)

Akuatik dip sedimanlarının oluşumu için doğal proseslerin insan aktiviteleriyle değiştiği iyi bilinmektedir. Bu oluşum, toprak erozyonu, doğal bitki örtüsünün taşınması, zirai uygulamalar, bina inşaatı ve yol yapımlarıyla hızlandırılmaktadır. Pek çok antropojenik bileşik, kompleks kimyasal bileşimlerle birlikte, atmosfere, arazi üzerine veya direkt suya deşarj yoluyla nehir, göl veya okyanuslara ulaşır. Su bünyelerine giren hidrofobik organik kirleticilerin büyük bir kısmı, metal bileşikler ve besin maddeleri, partikül haldeki maddelerle birleşir ve daha sonra çökerek dip sedimanlarında birikir. Dip sedimanlarında biriken kirleticiler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin bir sonucu olarak besin zincirinde birikebilir veya serbest kalarak sediman üzerindeki su tabakasına geçebilirler. Sediman birikimi bir yandan da aktif su hacmini azaltarak su kaynaklarının kullanımını etkilemektedir. (Bakan, 1995a)

Sonuç olarak Förstner ve arkadaşları (1993) tarafından tespit edildiği gibi, dip sedimanları, bir su sisteminde, kirleticilerin “batakhane” olduğu gibi aynı zamanda “kaynağını” da oluşturur. Bu nedenle dip çamur içinde bulunan mevcut potansiyel kirleticiler eğer ortamdan uzaklaştırılmazlarsa, bu kirleticiler zamanla suya geçerek etkilerini sürdürebilirler. Suyun, membadan gelen bu tür kaynak maddelerce kirlenmesi durdurulsa bile sedimana geçen kısmı zamanla etkinlik kazanacaktır. Bunu önlemenin en etkin yolu kirlenmiş sedimanın ortamdan uzaklaştırılmasıdır. (Golterman ve ark., 1988)

Golterman ve arkadaşlarının (1983) çalışması göstermiştir ki; "Çevresel Sedimentoloji" dalı, pek çok "temel" ve "uygulamalı" görüş noktaları açısından, bilimsel çalışmaların önemli bir alanıdır. Akuatik sedimanlar, bir çevresel "takometre" gibi, çevresel bilginin bir bankası olarak sayılabilirler. Sediman örnekleri, bölgelerin kirliliğini ve kirlenmemişliğini, tarihi gelişimini, kirliliğin ne kadar olduğunu gözler önüne serer.

Su ortamındaki değişikliklerin ilk gözlemleri, stratigrafik sediman kayıtlarında değişimler izlenerek Zürich Gölü üzerinde, Nipkow (1920) tarafından yapılmıştır. Züllig (1956) ve Hutchinson ve onun grubu (1943) ilk göl sedimanı çalışmalarında, geniş bir jeokimyasal araştırma uygulamasına dikkat çekmiştir. Buna göre, sedimanlar, bir sucül sistem durumunun yanıtı gibi görülebildiği için tatlı su sedimanlarının incelenmesi, genellikle göl ve nehirlerde meydana gelen kompleks hidrokimyasal etkileşimlerin araştırılmasında bir anahtar rolü oynayabilir.

Ayrıca Förstner ve Witmann (1979)'da yaklaşık 20 yıl önce ekonomik bakımdan değerli mineral tortularda jeokimyasal araştırmalara ilave olarak tatlı su sediman çalışmalarının başlatıldığını belirtmişlerdir.

Geçen 20 yıl süresince sediman analizleri, iç ve kıyı sularda antropojenik kirlilikler için bir araç gibi kullanılarak yeni bir boyut kazanmıştır. Sediman araştırma projelerinin büyük bir bölümü, 1970 yılı başlarından beri Kuzey Amerika ve Avrupa'da uygulanmaktadır. Bu incelemeler metal kirliliğinin yoğunluğu ve zamanla değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır (Bakan, 1995a).

Ayrıca Goldberg (1993) kirlletici transferindeki rolü nedeniyle sedimanın, su ekosistemlerinde iyileştirici önlemleri, önemli derecede sınırlandırabileceğini tespit etmiştir.

Abdel-Baky ve ark. (1998), Mısır'ın Manzala Gölü'nde yaptıkları çalışmada su ve sediman örneklerinde ağır metal seviyelerini ve bazı kimyasal parametreleri incelemişlerdir. Sedimandaki ağır metal içeriğinin sudakinden daha yoğun olduğunu tespit etmişlerdir. Su ve sedimanda ağır metal yoğunlaşma düzeyini

sırasıyla Zn>Pb>Cd>Cu ve Zn>Pb>Cu>Cd şeklinde sıralanmışlardır.

Karap Re (1998), Gediz Nehri sedimanında bazı ağır metalleri tayin etmiş ve metal derişimlerinin Gediz havzasının sanayi bölgelerinde yüksek olduğunu saptamıştır. Tarımsal ve endüstriyel aktivitelerin yer aldığı yoğun yerleşim alanlarında kurşun (Pb), krom (Cr) ve bakır (Cu) derişimlerinin önemli boyut kazandığını bildirmiştir.

Cheng (2003), ağır metallerin akuatik ortamlarda her geçen gün arttığını ve insan sağlığını ciddi bir şekilde tehdit ettiğini bildirmiştir. Ağır metallerin sucul ortamlara ulaşmasında en büyük etkenin insan aktiviteleri, endüstriyel ve katı atıklar olduğunu bildirmiştir.

Sediman kirleticilerinin elde edilebilirliği ve sediman-su arayüzeyinde bunların serbest kalmasını etkileyen proseslerin miktarına dair bilgi çok azdır. Sedimandaki kirleticilerin karakteri ve kirliliğin miktarı belirlenmelidir. Ayrıca sediman kalitesi için standart veya kalite kriterlerinin, kirlenmiş sedimanların araştırılması amacıyla tespit edilmesi gerekir.

Sediman kalitesi için standart ve kriter çalışmaları, gelişmiş bazı ülkelerde halen devam etmektedir. Bu konuda ağırlıklı olarak çalışan kurumlardan biri US EPA' dır. Birleşmiş Devletler Çevre Koruma Ajansı (U.S. EPA), kirleticilerin su içindeki konsantrasyonlarının uygun limitlerini kullanarak Su Kalite Kriterleri (Water Quality Criteria, WQC) geliştirmiştir. Her ne kadar bu kriterler ulusal suların çevresel kalitesinin korunmasında ve ıslahında kullanılsa bile, öncelikle sedimana bağlı kirleticilerden su kalitesinin korunması için su kalite kriterlerine sediman bazında kriterlerin ilavesi gerekmiştir. Bu ihtiyaca karşılık EPA, sediman kalite kriterlerinin gelişimi için farklı yaklaşımları değerlendirmiştir. (Shea, 1988)

EPA'nın sediman kalite kriterlerinin gelişimi için incelediği konulardan birisi de sedimanda ağır metallerdir. EPA'nın geliştirmekte olduğu ve henüz kılavuz kriter aşamasındaki sedimanda ağır metal kirlilik kriterleri Ek 3.'de verilmiştir.

U.S. EPA ağır metaller haricinde sediman toksisitesi, iyonik organikler, kimyasal kirleticilerin sucul toksikolojisi ve bentik organizmalara etkileri gibi kimyasal ve biyolojik spesifik sediman kılavuz kalite kriterlerinin gelişimi üzerinde halen

çalışmalarını sürdürmektedir. (Lee ve Jones Lee, 1993)

Sediman kalite kriterleri ve standartların gelişimi konusunda çalışmalarını sürdüren diğer bir ülke ise Kanada'dır. Resmi bir protokol olan Kanada Çevre Bakanlığı Meclisi'nin desteği ile sucul hayatın korunması için Kanada, Sediman Kalite Kriterleri geliştirmektedir. (CCME, 1994)

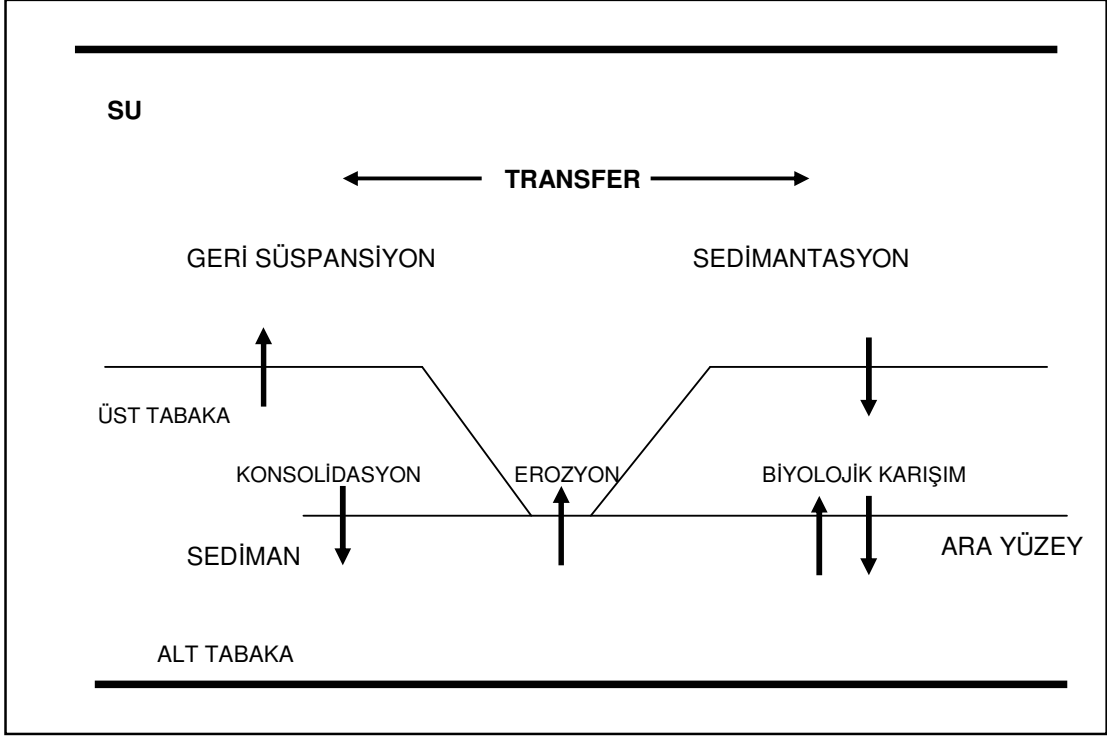
Son 25 yıl boyunca Kanada Ulusal Su Araştırma Enstitüsü (National Water Research Institute, NWRI) sediman çalışmaları, sediman kirleticilerinin akıbeti ve hareketi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmaların çoğu, Kanada'da belirli bölgelerde 1900 yılından itibaren ağır metal gibi inorganik kirleticiler yükünün arttığını göstermiştir.

NWRI'de son yıllardaki araştırma konuları ise sediman kirleticilerinin tayini ile bu kirleticilerin serbest kalmasına neden olan fizikokimyasal ve biyolojik prosesler, sediman kirleticilerine bentik organizmaların tepkisi, sediman kalite değerlendirmesi için değişik yaklaşım metotları ve kirlenmiş sedimanların arıtımı ve bertarafı için teknik çalışmalar üzerine odaklanmıştır. (Mudroch ve ark, 1993)

2.2. Sedimanın Yapısı ve Özellikleri

Sediman, genel olarak hem askıda hem de birikinti materyalini belirtir. Tüm doğal sular, değişen miktarlarda sediman içerirler. Sedimanlardaki organik ve inorganik bileşikler ya dış kaynaklardan gelmekte ya da göl veya nehir ortamı içerisinde oluşmaktadır. Organik madde, bilindiği gibi, mikroorganizmalardan (fitoplankton, zooplankton ve bakteri), makrofitler ve diğer büyük boyutlu organizma atıklarından, çürümüş materyalden çıkan moloz gibi birikimlerden oluşmaktadır. İnorganik madde ise, erozyonla taşınan kayaç parçalarından ve $Fe(OH)_3$, SiO_2 ve $CaCO_3$ gibi bileşiklerden oluşur. Bunların yanında kanalizasyon deşarjları, tarımsal uygulamalar, bina ve yol inşaatları gibi bir çok insan faaliyetleri sonucunda da organik ve inorganik maddeler su yapısı içine girerler ve çökerek, dip sedimanında birikirler (Golterman ve ark., 1983).

Kemp (1971), sediman havzalarının belirgin iki tabakası olduğunu ortaya çıkarmıştır: Bu iki tabaka Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Sediman Tabakaları ve Sediman Transfer Proseslerinin Şematik Gösterimi (Slom ve ark, 1993).

1) Birinci tabaka, sedimanın ilk 5–15 cm 'lik, suyla yakın temastaki tabakasıdır ve bazen sediman-su ara yüzeyinin sediman kısmı olarak bilinir. Su ve sediman arasında, materyallerin değişiminin kolayca meydana geldiği yer bu tabakadır. Bu tabaka, sık sık bentik organizmalar tarafından yoğun bir şekilde dolar. Bunların bir kısmı sedimanı altüst ederler. Yüzey su kalitesi ile ilişkili önemli reaksiyonlar bu tabakada meydana gelir. Bazı metaller, direkt olarak bu tabakadan yüzey sularına serbest bırakılır. Bu bir dinamik alandır ve bu tabakada, organik maddedeki değişimler, organizmaların aktivitesi ve hemen üzerindeki suyun hidrodinamik koşullarından dolayı hızlı olabilir (Salamons, W, ve ark., 1987)

2) İkinci tabaka ise 5–15 cm 'nin altındaki sedimanlardır. Bu tabaka, bakteriler haricindeki organizmaların aktivitelerine karşı nispeten etkisizdir. Bu kararlı bir bölgedir ve bu tabakada organik madde değişimi yavaştır.

Bir sistemin sediman tabakası, yüzey sedimanlarında gerekli jeokimyasal ölçümler yapılırsa ve daha sonra bu ölçümler belirli metotlarla değerlendirilirse, o sistemin çevresel durumunu yansıtır. Gerçekte, sediman-su etkileşimleri çok karışık olup,

yorumlanması oldukça güçtür. Sediman tabakasındaki ve sediman-su arayüzeyindeki çeşitli redoksa bağlı süreçler nedeniyle ayrıntılı olarak açıklanamamaktadır (Bakan ve Balkaş, 1997).

Bununla birlikte, sediman ve onun yüzeyini kaplayan su arasında meydana gelen materyal değişimi (Şekil 1), su kalite yönetim çalışmalarında ve özellikle besin maddesi akımlarının hesaplanmasında önemlidir. Sediman-su etkileşimleri; fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin kompleks bir sonucudur (Lijklema,1993)

Fiziksel İşlemler: Sızıntı ve konsolidasyon nedeniyle adveksiyon boşluk suyu difüzyonu, geri süspansiyon hareketi nedeniyle katıların karışımı ve transferi, sedimentasyon ve biyolojik karışım olarak sıralanabilir.

Kimyasal İşlemler: Absorbsiyon, adsorbsiyon ve desorbsiyon, çözünme ve ortak çökelme proseslerini kapsar.

Biyolojik İşlemler: Değişik mikroorganizmalar tarafından organik bileşiklerin mineralizasyonu olarak tanımlanır.

2.3. Sediman Kalite Parametreleri

2.3.1. Fiziksel Sediman Kalite Parametreleri

- **Renk**

Sediman örneklerinin renkleri ilk izlenim olarak sedimanların kimyasal durumu hakkında bilgi veren bir gözlemdir (Golterman, 1983). Kırmızımsı kahverengi olan renkler, demir oksidasyonunun göstergesidir. Açık gri renkler sedimanların biraz indirgendiğini, siyah renkler ise sedimanların, sülfid/yüksek organik içerik ile birleştiğini gösterir.

- **pH**

pH değerlerinin düşüşü, karbonat ve hidroksit minerallerinin çözünmesinden kaynaklanır. Böylece, pH'ın düşüşüyle Fe ve Ca komplekslerinden fosfatlar serbest kalabilir. Ayrıca düşük pH değerleri, metal katyonlarının desorbsiyonunda bir artışa neden olur. Endüstriyel etkilerin bir sonucu olan pH

değişimleri, metallerin çoğunun çözünmelerine de neden olabilir (Golterman ve ark., 1983).

- **Sıcaklık**

Sistemde sıcaklığın artması, bakteri aktivitelerindeki artıştan dolayı ortamdaki O₂ tüketiminin artması ve redoks potansiyelinin azalması gibi etkiler gösterir. (Hakanson ve Jansson, 1983).

- **Sediman Partiküllerinin Büyüklüğü**

Tatlı su sistemlerinde, sediman yığnında aşınmış materyalin toplam miktarı, su ile taşınmış materyalin çözünmüş ve partikül halindeki fraksiyonlarının miktarına eşit olmalıdır. Partiküllerin büyüklüğü oldukça değişkendir. İri kayaç parçaları (çakıl, kum, tomruklar) içeren kaba materyaller, silt, kil ve çökmeyen kolloid içeren ince materyaller. (Kemp ve ark., 1974).

Genellikle, nehir veya göl sedimanları; “mineral ve kayaç parçaları>kil>organikler>çökelen tortular” kompozisyonuyla temsil edilir. Sınırlı sediman transferi ve yüksek buharlaşma olan yerlerde sediman kompozisyonu; “çökelen tortular>kil>mineral ve kayaç parçaları>organikler” şeklinde olabilir.(Golterman ve ark., 1983).

Kaba çakıl ve kumlar, genellikle dere ve nehirlerin yatak yükünü oluşturur ve göl sistemlerinin sığ kıyı çevrelerindeki dip sedimanlarında bulunur. Bu çevrelerdeki güçlü akıntı veya dalga hareketi, yatak üzerindeki kaba materyali harekete geçirebilecek türbülansı oluşturur. Böylece, bu materyal süspanse hale geçer. ince silt ve killer (çamurlu materyal), durgun su şartları altında nehir veya göl yatağına sürekli olarak çökmez ve genellikle süspanse halde kalırlar (Golterman ve ark., 1983).

Partikül boyutu sınıflandırması için birçok farklı sistem ve sınıflandırma vardır. Hakanson ve Jansson (1983) çalışmalarında, Çizelge 2.1.'deki sınıflandırmayı kullanmışlardır.

Çizelge 2.1. Partikül Boyutu Sınıflandırılması (Hakanson ve Jansson, 1983)

<i>Partikül Tipi</i>	<i>Partikül Büyüklüğü</i>
Kum	>50 µm
Kaba Silt	50–20 µm
Orta ve İnce Silt	20–2 µm
Kaba Kil	2-0,2 µm
Orta ve ince Kil	<0,2 µm

Partikül büyüklüğü sadece fiziksel karakteristikleri değil, aynı zamanda adsorbsiyon kapasitesi gibi kimyasal özellikleri de belirlediği için önemlidir. Ayrıca, sediman örneklerinin su içeriği ile sedimanların partikül büyüklüğü arasındaki ilişki, sediman yatağına partiküllerin taşınımı ve sedimantasyonunu açıklar. Golterman ve ark. (1983) belirttiği gibi, partikül büyüklüğünün yorumlanması ve tayininin, hidroloji, jeomorfoloji ve sedimantolojide temel bir rolü vardır. Bu yüzden, sedimanların partikül büyüklüğü tayini için elek analizi, sedimantasyon pipet metodu, hidrometre metodu ve sedimantasyon kolonları gibi çok çeşitli analitiksel metotlar mevcuttur (Bakan, 1995a)

- **Su içeriği**

Su içeriği sedimantolojide önemli parametrelerden biridir. Su içeriğinin sedimanlardaki dağılımı tipiktir. İrmak ağızları ve sığ sular gibi, kaba materyalin baskın olduğu yerlerde sediman su içeriği düşük değerlerdedir. Yüksek su içeriğine, özellikle göllerin derin bölgelerinde rastlanır (Hakanson ve Jansson,1983)

Su içeriğindeki değişim, sedimantasyonun hızı, sedimanın kalitesi ve karakteri, sediman yoğunluk derecesi ve biyolojik karışımın ve onun zaman içindeki değişiminin derecesi gibi faktörlere bağlıdır (Hakanson ve Jansson, 1983).

- **Organik İçerik**

Sedimanın organik içeriği, su içeriği ile önemli derecede ilişkilidir. Sediman derinliği arttıkça sedimanın organik ve su içeriği azalır. Sedimanlarda organik madde içeriğindeki artış ise, organik materyalce zengin antropojenik deşarjlar,

su sisteminde yüksek birincil üretim ve sedimanlarda organik materyalin parçalanmasını güçleştirici indirgenme şartları gibi faktörlere bağlıdır.

Organik karbon içeriği ile organik içerik arasında bir korelasyon vardır. Bu yaklaşık, "Organik İçerik=2. Organik Karbon" olarak ifade edilir (Hakanson ve Jansson, 1983)

2.3.2. Kimyasal Sediman Kalite Parametreleri

Su sistemlerinin çoğu, besin elementleri, ağır metaller ve metal bileşikleri gibi, aşırı miktarda bulduklarında potansiyel kirleticiler olarak görülen maddeler içerirler. Bu potansiyel kirleticiler, su ortamında yaşayan organizmaların ve insanların sağlığını tehlikeye atabilir. Bunlar genellikle çözülmüş halde bulunurlar. Ayrıca bunların büyük miktarları, dip sedimanları veya askıda maddeler üzerine bağlanmış da olabilir. (Golterman ve ark, 1983).

Su ekosistemleri; karbon, azot, fosfor ve silisyum içeren oldukça önemli besin elementlerinin çözülmüş formlarıyla beslenir. Askıda materyal, bu besin elementlerinin döngüsünde önemli bir bileşim maddesidir. (Ergun ve ark., 1986)

Metabolik prosesler için besin maddelerinin varlığı ve zehirli maddelerin toksisite derecesi, bunların çözülmüş ve partikül haldeki kimyasal türlerine yakından bağlıdır. Materyallerin kaynağı, onların katı ve sıvı fazlar arasında dağılımlarını önemli derecede etkileyebilir. Besin maddeleri ve zehirli materyallerin önemli bir miktarı, çözülmüş olarak bulunabilir. Bu çözülmüş formun artışı veya azalışı sedimanları büyük oranda etkiler. Sedimanlarda karbon, azot, fosfor ve silisyum çeşitli formlarda bulunur. (Golterman ve ark., 1983) Sedimanda partikül halde karbon, organik madde veya mineral karbonat olarak, partiküler azot ve biyositler ise kil mineralleri ve organik madde ile birleşmiş halde bulunabilir. Fosfor, organik materyalde, mineral formda ve Fe ve Al ile sorbsiyon reaksiyonunun bir sonucu olarak floklaşır. Sedimanlarda silisyum, mineral formda (genellikle, kumda kuvars taneleri olarak ve ince silt veya kil büyüklüğünde materyallerde kil mineralleriyle birlikte) ve organik yıkıntılarda bulunur. Toksik iz metaller ise çökeleklerde, mineral kayaç

parçalarında ve başka inorganik materyalde partiküler formda bulunabilirler (Golterman ve ark., 1983).

- **Ağır Metaller:**

Ağır metaller yerkabuğunda doğal olarak bulunan bileşiklerdir. Bozulmaz ve yok edilemezler. Küçük bir miktara kadar vücudumuza gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile girerler. İz elementler gibi bazı ağır metaller (örneğin bakır, selenyum, çinko) insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için elzemdirler. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilirler. Ağır metal zehirlenmesi oluşabilmektedir. Örneğin kontamine olmuş içme suyundan (kurşun borular nedeniyle), emisyon kaynaklarına yakın ortam hava konsantrasyonunun yüksek olmasından veya gıda zinciri yoluyla gerçekleşebilir.

Ağır metaller, suda yaşayan organizmalarda yoğunlaşmaya eğilimli olduğundan su çevresini kirleten önemli etken olarak kabul edilmektedir. Çevreye salınan pek çok ağır metal doğrudan, atmosferik depolanma ve yağmur kaynaklı erozyon neticesinde kendini su fazlı çevrede göstermektedir. Bu yüzden sucul hayvanlar gittikçe yükselen oranlarda ağır metalin etkisi altında kalmaktadırlar. Ağır metaller organizmaları ya direk olarak vücutlarında depolayarak ya da dolaylı olarak besin zincirinde diğer bir halka olarak transfer şeklinde etkilemektedirler. Sucul ekosistemlerin ağır metaller tarafından kirlenmesi suda, sedimanda veya organizmalarda meydana gelmektedir. Ağır metallerin bu bileşenlerde yüksek seviyede depolanması ciddi ekolojik değişimlerle sonuçlanabilir. Bu sonuçlardan en önemlilerinden bir tanesi besin zincirindeki metalin biyolojik amplifikasyonudur. Metallerin sucul besin zincirinden doğrudan balıklara, insanlara ve diğer balıkçıl hayvanlara geçmesi çevre ve insan sağlığını etkileyen önemli bir etkidir. (Altındağ ve Yiğit, 2005)

Halen daha, ağır metallerden kaynaklanan gıda zehirlenmeleri çok nadirdir ve çoğu durum sadece çevresel kirlenmeden sonra meydana gelir. Böyle bir çevresel kirlenmenin en bilinen örneği 1932–1955 yılları arasında Japonya’da meydana gelenidir.

1932'den itibaren, Japonya'da Chisso's kimyasalları tarafından civa içeren lağım Minimata sahiline serbest bırakılmıştır. Civa deniz ürünlerinde birikmiş, daha sonra nüfusta civa zehirlenmeleri gözlemlenmiştir. 1952'de, civa zehirlenmesinin ilk kanıtı Japonya'da Minimata nüfusunda ortaya çıkmış ve bunun nedeninin civa ile kirlenmiş balıkların tüketimi olduğu sonucuna varılmıştır. 1950'lerde toplam 500 ölüm vakası kaydedilmiştir. Bu olaydan sonra Japonya, çok katı çevresel kanunlar çıkarmış ve hastalık da Minimata sendromu olarak adlandırılmıştır.

(<http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>, 2007)

Dünyanın mineral ihtiyacı sebebiyle doğal kaynakların kullanımı artmıştır. Madencilik ve öğütme işlemleri ardından oluşan atık sular, göllere veya baraj göllerine deşarj edilmektedir. Kullanılmayan barajlardaki atık sular çok büyük derişimlerde toksik metal konsantrasyonlarına sahip olabilirler. Nehirlere karışarak çözünen partiküllerin çoğu askıdaki partiküller tarafından tutulular. Ayrıca yüksek alkalinite ve pH değerlerinde, özellikle kadmiyum ve kurşun gibi metaller metal toksisitesini dramatik olarak etkileyen karmaşık ürünler oluşturarak çökelerler. Böylece alkalın sulardaki metal konsantrasyonları, metallerin batmasını sağlayan sedimentasyon sürecinde, baraj girişindeki konsantrasyonlarından daha fazla olabilirler. (Aardt and Erdmann,2004)

Genel olarak aquatik sistemlerdeki ağır metallerin %90'nından fazlası askıda madde ve sedimanlar üzerine bağlıdır. Nehir, göl ve denizlerdeki doğal partiküller; kil mineralleri, demir ve mangan hidroksitleri, karbonatlar, organik bileşikler(hümik asitler gibi) ve biyolojik materyallerdir (alg ve bakteri gibi). Bu partikül ve bileşiklerin üzerine bağlanan ağır metallerin kimyasal formu, türü ve kararlılığı, ağır metallerin ekosistemdeki potansiyel hareketini ve biyolojik olarak kullanılabilirliğini etkileyen faktörlerdir. Örneğin, çözünmüş ve zayıf derecede adsorblanmış ağır metaller, aquatik organizma ve bitkilerce kolaylıkla kullanılabilir ve böylece biyolojik zincire katılabilirler (Calmano ve ark., 1993).

Metallerin önemli bir kısmı reaktif sediman bileşikleri üzerine bağlanır ve bunlar sadece belirli şartlar altında serbestlik kazanarak hareket edebilirler

Ağır metallerin sedimanlardan hareketini etkileyen en önemli faktörler, pH ve redoks potansiyelidir. Bu parametreler, ağır metallerin partiküllerin üzerine bağlanmasını ve değişen şartlarda ağır metallerin transferini kontrol eder. Aerobik sedimanlarda redoks potansiyelinin yüksek olması, ağır metalle bağlı formların yükseltgenmesine ve bu formlardan metallerin serbest kalmasına neden olacaktır (Calmano ve ark., 1993).

pH, redoks potansiyeli gibi çevresel şartlarda değişimler nedeniyle ağır metallerin devamlı olarak değişmesinden dolayı sedimanlar, kirliliğin olası kaynakları ve taşıyıcıları olarak görev görürler. Bu nedenle, sedimanlarda ağır metallerin araştırılması, su analizlerinde gözden kaçabilen kirliliğin ortaya çıkmasına yardım eder. Aynı zamanda, araştırılan su sistemlerinin kritik alanları hakkında bilgi edinilmesini sağlar (Bakan, 1995a).

Sedimanlarda ağır metaller iki yönden önemlidir; ilk olarak, civa, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metaller, çoğu organik kirleticilere zıt olarak, doğal prosesler tarafından su ekosistemlerinden genellikle uzaklaştırılmazlar. İkinci olarak, birçok ağır metal humik ve mineral maddelerde birikirler. Civa, kadmiyum, arsenik, bakır gibi ağır metaller ve diğer birçok türleri dip sedimanlarında birikmeye yüz tutar. Bununla birlikte, sedimanda biriken ağır metaller geri hareketin (remobilization) değişik prosesleri ile serbest bırakılabilir ve form değiştirerek biyolojik zincire katılabilirler (Jonson ve Nicholls, 1988).

Sedimanlarda ağır metal birikiminin, adsorbsiyon, absorbsiyon ve ortak çökeltme gibi sorbsiyon prosesleri ile sulu metal oksitleri, killer ve organik madde gibi çeşitli jeokimyasal fazlar tarafından etkilendiği kabul edilir (Vaithyanathan ve ark., 1993).

Fe-Mn oksitleri, ağır metalleri ortamdan temizleyerek kendine çeken bir mıknatıs gibi düşünülür. Sedimanların ağır metal dağılımında, Fe-Mn oksit fazının baskın olarak rol oynadığı birçok çalışmada ispatlanmıştır. (Vaithyanathan ve ark., 1993).

Gümüş (Ag) :

Gümüş, elementlerin periyodik tablosunda beyaz, parlak, kıymetli bir metaldir. Atom numarası 47' dir. Saf gümüş kolay paslanmaz. Elektrik ve ısıyı çok iyi iletir. Fakat, çok yumuşak olup, mekanik kuvvete karşı direnci azdır. Ayrıca atmosferde parlaklığını kaybederek donuklaşır. Bu sebepten daha sert diğer metallerle alaşımları halinde kullanılır. Gümüşün kadmiyum ve çinko ile yaptığı alaşımlar, parlaklığını çok daha yavaş kaybeder. Buna antimon ve kalay ilave edilirse, bu parlaklık ve dayanıklılık daha da artar. Gümüşün diğer metallerle yapmış olduğu daha birçok alaşımları vardır. Bunlar endüstride saf gümüşten çok daha fazla kullanılır, çok pahalı olması alaşımların tercih edilmesinin en büyük nedenlerindedir.

Gümüş elektriği çok iyi ilettiğinden ve kolayca tel haline geldiğinden, elektrik teli olarak kullanılmaktaydı. Fakat nadir bulunması ve kıymeti dolayısıyla, artık bu amaçla kullanılmamaktadır. Bugün daha ziyade süs eşyası üretiminde, ayna yapımında, fotoğrafçılıkta, bazı ilaçlar ve alaşımların hazırlanmasında kullanılır. Bazı gümüş paralar, %90 gümüş, %10 bakır alaşımından yapılmıştır. Gümüş eşyada som gümüş (%92,5 gümüş + %07,5 bakır) kullanılır. Saf gümüş, aynı zamanda asetik asit, boyalar ve fotoğraf maddeleri elde etmede de kullanılır. Keza toz halinde gümüş, cam ve ahşabı elektrik iletkeni yapmak için yeni seramik tipi kaplama işlerinde kullanılmaktadır. Gümüş zeolitler, acil durumlarda, deniz suyundan içilebilir su elde etmek için kullanılabilir.

Metalik gümüş zararsız olduğu gibi reaksiyona istekli olmayan bir maddedir. Aynı zamanda gıdalarda renklendirici olarak da kullanılır. Çözünebilen gümüş tuzlarının, özellikle $AgNO_3$, yaklaşık olarak 2 gram kullanılması yetişkinlerde öldürücü etkiye sahiptir. Gümüş bileşikleri dokular tarafından yavaşça emilir ve bunun sonunda deri mavimsi veya siyahımsı bir renk alır. Derinin gümüşle sürekli teması sonucu alerjik deri iltihabı oluşur. Yüksek miktarda gümüş buharına maruz kalmak baş dönmesi, nefes alma zorluğu, baş ağrısı ya da sinirliliğe sebep olabilir. Çok yüksek miktarlar alındığında uyuşukluk, sendeleme, şaşkınlık, bilinç kaybı, koma ve ölüme sebep olabilir. Gümüşün sıvı ya da buhar formu cildi, gözleri, boğazı ya da ciğerleri tahriş edebilir. Gümüşün, konsantre edilmesi ve solunması

gibi yanlış kullanımı zararlı ya da ölümcül olabilir. Mide rahatsızlığı, bulantı, kusma, ishal ve bayılmaya neden olabilir. Gümüş akciğerler tarafından bulunduğu öldürücü olabilen kimyasal zehirre sebep olabilir. Gıdalardan kaynaklanan gümüşe dayalı toksite vakasına rastlanmamıştır, zira konsantrasyonları çok düşüktür. (<http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm>,2007)

Kadmiyum (Cd):

Kadmiyum en çok yer kabuğunda bulunur. Her zaman çinko ile kombinasyon halinde bulunur. Atom numarası 48'dir. Kadmiyum ayrıca endüstrilerde çinko, kurşun ve bakır ekstraksiyonunun kaçınılmaz yan ürünüdür. Daha sonra doğaya başlıca toprak yolu ile girmektedir çünkü kadmiyum gübre ve pestisitlerde bulunmaktadır.

Kadmiyum genellikle bakır, çinko ve kurşun depozitlerinde bulunur. Kaplamada, pillerde, alaşımlarda ve plastik dengeleyicilerde kullanılır. Çevreye birkaç antropojenik kaynaktan salınır. Bunlar, maden cevheri eritme ve rafine etme, elektro kaplama, suni gübreleme, maden drenajı ve insinerasyon ve depolamayı da kapsayan atık atımıdır. (Heiskary,1996)

Kadmiyumun insanlar tarafından yüksek alımı başlıca gıdalar yoluyla olmaktadır. Kadmiyum bakımından zengin gıdalar insan vücudunda kadmiyum konsantrasyonunu oldukça arttırabilir. Karaciğer, mantar, kabuklu deniz ürünleri, midye, kakao tozu ve deniz yosunu bu gıdalara bazı örneklerdendir. İnsanlar sigara içtiklerinde, yüksek miktarda kadmiyuma maruz kalırlar. Tütün dumanı kadmiyumu akciğerlere taşır. Kan da vücudun diğer kısımlarına taşır. Vücudun bu kısımlarında toksik etkiye neden olabilir. Diğer yüksek miktarlarda maruz kalmalar tehlikeli atık bölgelerine veya kadmiyumu hava ile serbest bırakan fabrikalara yakın yerlerde yaşayan insanlarda ve metal rafinasyon endüstrisinde çalışan insanlarda görülmektedir. İnsanlar kadmiyumu soluduklarında, ciddi olarak akciğerlere zarar verebilir. Hatta bu ölüme bile neden olabilir. Kadmiyum ilk olarak karaciğere kan yolu ile taşınır. Orada, kompleks oluşturmak için proteinlerle birleşerek, böbreklere taşınır. Kadmiyum böbreklerde birikir ve burada filtreleme mekanizmasına zarar verir. Bu da, elzem proteinlerin ve şekerin vücuttan

atılmasına ve sonuçta da böbrek rahatsızlığına neden olur. Kadmiyumun böbreklerde birikmesinden önce insan vücudundan atılması çok uzun bir süre almaktadır.

Kadmiyumun neden olduğu diğer sağlık sorunları, ishal, karın ağrıları ve ciddi kusma, kemik kırılması, üreme bozuklukları ve hatta kısırlık ihtimali, merkezi sinir sistemine hasar, bağışıklık sistemine hasar, psikolojik bozukluklar, DNA hasarı veya kanser gelişimi ihtimali olarak sıralanabilir. (<http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm>, 2007)

Gıdalardan gelen kadmiyum toksisitesi nadirdir ve sadece çevresel kirlenmeden sonra veya kadmiyum miktarı yüksek gıdaların kronik alımından sonra meydana gelmektedir. (<http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>, 2007)

Kobalt (Co):

Kobalt, atom numarası 27 olan bir elementtir. Yeryüzünde 25 mg/ton ortalama ile kobalt en az sıklıkla bulunan elementler grubundadır. Okyanus diplerinde bulunan mangan yumruları (% 0,25 Co) dışında, tahmini rezerv $5,7 \times 10^6$ ton olarak tahmin edilmektedir.

Kobalt stratejik ve endüstriyel uygulamalarda ve askeri alanda önemli kullanım alanlarına sahiptir. Kobalt, en çok süper alaşım olarak jet motor türbinlerinde kullanılırken, malzemelere manyetiklik özelliği kazandırma, korozyondan korunma ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla alaşımlarda, yüksek hız çeliklerinde, takım çeliklerinde, elmas takımlarında ve kesici uçlarda alaşım elementi olarak da kullanılır. Bileşikleri ise petrol ve seramik endüstrisinde katalizör ve boyalarda pigment, mürekkep ve verniklerde kurutma maddesi olarak kullanılır. Ayrıca pil elektrotlarında, her tip manyetik malzemelerde ve kayıt cihazlarında kullanılmaktadır. (Tezcan ve Tezcan, 2007)

Havada bulunan toz halindeki kobaltın solunması ve kobalt tuzlarına deri teması neticesinde kobalt zehirlenmesi gerçekleşir. Toz halinde alınan element kobalt akciğerlerde çözünerek kana ve idrara karışır. Hayvanlarda yapılan deneylerde ince partiküllerin (20 nm) yarım saatte, kaba partiküllerin (11 µm) 3 – 4 günde yarı

yarıya çözüldüğü ortaya konulmuştur. Suda çözünürlüğü olmayan kobaltoksit (Co_3O_4) solunum yolu ile alındığında vücut tarafından çok iyi emilmekte ve hücrelerde bir kaç günde çözünerek kana karışmaktadır. Suda çözünür kobalt bileşikleri ağız yolu ile alındığında % 75' i tekrar atılırken geriye kalan kobalt kan, karaciğer, akciğer, böbrek, testisler ve bağırsaklarda toplanmaktadır. Uzun süre kobalt tozuna maruz kalındığında, alerjik tepkilere ve kronik bronşite neden olmasına rağmen kobalt kaynaklı deri tahrişi ve hastalıklar çok nadir gözlenir ve etki iki ayrı gruba ayrılabilir. Birinci grup; vücudun bazı bölgelerinde meydana gelen kızarıklıklar (eritem) şeklinde; özellikle sıcak havalarda, ellerde kobalt temasından kısa süre sonra oluşur. İkinci grup; uzun yıllar kobalt bileşikleriyle temas sonucunda ortaya çıkan egzamadır. Kobalt ve kobalt bileşiklerinin insanlar üzerinde kansere neden olduğuna dair henüz kesin bulgular olmamasına rağmen, kobalt bileşikleri risk teşkil etmektedirler ve kanserojen madde gibi muamele görürler. Kobalt içeren implant takılan bölgelerde tümör oluşumuna da rastlanmış ve hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde, kobalt metalinin, suda çözünür kobalt bileşiklerinin kansere yol açtığı kanıtlanmıştır.

Günlük besin ihtiyacımızda çok küçük bir yer teşkil eden kobalt, kırmızı kan hücrelerini üretiminin ve sinir düzenlenmesinde kullanılan B12 vitamininin bileşenidir. Kobaltın vücuttaki, normal miktarı 80–300 μg 'dır ve kırmızı kan hücrelerinde, karaciğerde, dalakta, böbrekte, pankreasta depolanır. Et, karaciğer, böbrek, midye, istiridye, süt, balık ve deniz yosunları ve daha düşük miktarda olmakla beraber kara sebzeleri (bakla tohumu, ıspanak, lahana, salata, pancar, incir) de kobalt içerir. (<http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>, 2007)

Krom (Cr):

Krom, metalik bir element olup, atom numarası 24' tür. Doğada bileşiklerinde yaygın şekilde bulunur. Krom çok sert oluşu, erime noktasının 1857 °C oluşu nedeniyle, metallere sertlik sağlamakta ve zırlı araç yapımında kullanılır. $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$ gibi şapları dericilikte ve tekstil sanayide, kromaj adı verilen kaplamacılıkta Cr_2O_3 gibi az çözünen kromatları boya endüstrisinde pigment olarak, paslanmaz çelik üretiminde korozyonu engellemek amacıyla ve kaplamacılıkta, katalizör olarak, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ bileşiği yükseltgen ajan olarak ve birçok

nicel analizde ateşe dayanıklı tuğla üretiminde kullanılmaktadır. Göllere noktasal kaynaklı deşarjın olmadığı durumlarda, su sınırında oluşan erozyon krom kaynağı olabilir. (Heiskary,1996)

İnsanlar kroma, soluma yoluyla, yeme, içme, krom veya krom bileşikleri ile deri teması ile maruz kalmaktadırlar. Krom miktarı hava ve suda genellikle düşüktür. İçme suyunda, krom miktarı genellikle düşüktür fakat kontamine kuyu suları tehlikeli olan krom(IV); hekzavalent kromu içerebilirler. Çoğu insan için krom(III) içeren gıdayı yemek kromu yüksek miktarda alma yoludur, ayrıca krom(III) birçok sebze, meyvede, ette, mayada ve tahılda doğal olarak bulunmaktadır. Gıda hazırlama ve depolamanın çeşitli yolları gıdanın krom içeriklerini değiştirebilir. Eğer gıda çelik tank veya kutularda depolanıyorsa, krom konsantrasyonu artabilir.

Krom(III) insanlar için elzem bir besin ögesidir ve eksikliğinde kalp sorunları, metabolizma aksaklıkları ve diyabete sebep olabilir. Fakat çok fazla krom(III) alımı deri döküntüleri gibi sağlık sorunlarına sebep olabilir. Krom(IV) özellikle çelik ve tekstil endüstrisinde çalışan insanların sağlığı için bir tehlikedir. (Tezcan ve Tezcan, 2007)

Krom(IV)'ün çeşitli sağlık etkilerine neden olduğu bilinmektedir. Deri ürünlerinde bulunan bir bileşense, deri dökülmesi gibi alerjik reaksiyonlara neden olabilir. Eğer krom(IV) solunursa, burun tahrişlerine ve burun kanamalarına neden olabilir. Krom(IV)'ün neden olduğu diğer sağlık problemleri deri dökülmeleri, mide sorunları ve ülser, solunum problemleri, zayıflamış bağışıklık sistemi, böbrek ve karaciğer hasarları, genetik materyalde değişiklik, akciğer kanseri olarak sıralanabilir. Kroma maruz kalma ile ilgili sağlık problemleri kromun oksidasyon durumuna bağlıdır. Metal formu (bu üründe var olan krom) düşük toksisitelidir. Hekzavalent formu toksiktir. Derideki hekzavalent formunun ters etkileri ülserleşmeyi, deri iltihaplanmasını ve alerjik reaksiyonlarını içermektedir. Hekzavalent krom bileşiklerinin solunması ülserleşme ve nasal septumdaki mukoz membranların perforasyonu, yutak ve gırtlakta tahriş, astmatik bronşit, bronşların spazm şeklinde kasılması ve ödem gibi sorunlara neden olabilir. Solunumla ilgili belirtiler arasında öksürme ve hırıltı, nefesin çabuk kesilmesi, burun kaşıntısı yer almaktadır. (<http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm> ,2007)

Bakır (Cu):

Bakır, atom numarası 29 olan bir elementtir. Simgesi Cu' dur. Doğada 200'den fazla bakır minerali bulunmakla beraber sadece 20 tanesi bakır cevheri olarak endüstriyel öneme sahiptir. Yıllık üretim miktarı, 14 milyon ton (2001 yılı) civarındadır. Endüstride bakırın önemli rol oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılmasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özelliklerinin arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyona direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir. Ayrıca alaşımları çok çeşitli olup endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik vd.) değişik amaçlı kullanılmaktadır. Bakır genel kimyasal özelliklerinden dolayı doğaya yayılımı açısından "Atmofil" (hava sever) grupta yer almasına rağmen, havada bulunan bakır konsantrasyonu üretim yapan sanayi birimine uzaklığına bağlıdır. Bakır "Lithofil" (kaya sever) elementler gibi suda çözünerek geniş bir alana dağılılabir bu nedenle de çevresel açıdan iki grubun arasında değerlendirilir. Atmosfere yayılan bakırın ancak % 1' i biyolojik kullanılabilir iyon halinde kalırken diğer kısım sedimente olarak çökerir. (Tezcan ve Tezcan, 2007)

Tarımsal kesimlerde havadaki ortalama bakır konsantrasyonu 5 to 50 ng/m³ iken endüstriyel, kirletilmemiş bölgelerdeki deniz suyundaki bakır konsantrasyonu 0.15 µg/L ve tatlı suda ise 1–20 µg/L'dir. Doğal suların pH değerine bağlı olarak çözünürlük sınırındaki azalma sonucu suların dibinde çökerir ve doğal yeraltı tatlı suların çökeleklerinde yaklaşık 16 – 5000 mg/kg (kuru ağırlık) arasında ve deniz dibinde ortalama 2 – 740 mg/kg (kuru ağırlık) bakır bulunur. Kirletilmemiş toprakta bakır konsantrasyonu ortalama 30 mg/kg (sınır değeri 2–250 mg/kg) seviyelerindedir.

Bakır, küçük ve basit yapıları canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır.

Bakır tuzları (örneğin CuSO_4) alg ve diğer biyolojik büyümelerin kontrolünde su kaynaklarında ve göllerde kullanılır. Bu nedenle, endüstriyel atık su deşarjları, madenler, toprak erozyonu ve bakır tuzlarının doğrudan kullanımı bakırın göllerde bulunuşunun olası kaynaklarını oluşturur. (Heiskary,1996)

Bakır vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. Erişkin insanlarda ortama 50 – 120 mg bulunan bakır, amino asitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının vazgeçilmez ögesidir. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunan bakır, demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir. Bakır eksikliğinde hayvanlarda anormallikler, kansızlık, kemik hataları ve sinir sisteminde bozukluklar tespit edilmiştir. Akut bakır zehirlenmesi seyrek olarak gözlenir. Kazayla bakır kaplarındaki yiyecek ve içeceklerin alınmasıyla veya kasten bakır tuzlarının yutulması sonucu zehirlenme gerçekleşir ve bakır çalığı olarak bilinir. Bu nedenle kalay kaplanarak kullanılır. (<http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm> ,2007)

Demir (Fe):

Demir, atom numarası 26 olan bir elementtir. Demir, yerkabuğunda en çok bulunan metaldir. Yerkürenin merkezindeki sıvı çekirdeğinde tek bir demir kristali olduğu tahmin edilmekle birlikte, demir nikel alaşımı olma ihtimali daha yüksektir. Dünyanın merkezindeki bu kadar yüksek miktardaki yoğun demir kütesinin dünyanın manyetik alanına etki ettiği düşünülmektedir. Demir metali, demir cevherlerinden elde edilir ve doğada nadiren elementel halde bulunur. Metalik demir elde etmek için, cevherdeki safsızlıkların kimyasal redüksiyon yoluyla uzaklaştırılmaları gerekir. Demir, aslında büyük ölçüde karbonlu bir alaşım olarak kabul edilebilecek olan çelik yapımında kullanılır. (Tezcan ve Tezcan, 2007)

Demir, tüm metaller içinde en çok kullanılanıdır ve tüm dünyada üretilen metallerin ağırlıkça %95'ini oluşturur. Düşük fiyatı ve yüksek mukavemet özellikleri demiri, otomotiv, gemi gövdesi yapımı ve binaların yapısal bileşeni olarak kullanımında vazgeçilmez kılar. Çelik, en çok bilinen demir alaşımıdır.

Demirin fazlası insanlar için zehirleyicidir, çünkü aşırı miktarda alınan iki değerli demir (ferros demir) vücuttaki peroksitlerle reaksiyona girerek serbest radikaller yapar. İnsan vücudu demirin emilimini çok sıkı kontrol eden bir mekanizmaya sahipse de vücuttan atılmasına ilişkin fizyolojik bir yetisi yoktur. Dolayısıyla, alınan aşırı miktardaki demir, sindirim sisteminin tüm bölgelerindeki hücrelere zarar verebilir ve kan dolaşım sistemine girebilir. Kan dolaşımına giren demir, kalp, karaciğer ve diğer organların hücrelerine de zarar vermeye başlar ve bu da, uzun süreli organ hasarları veya aşırı dozdan ölümlere kadar gidebilir. İnsanlarda demir zehirlenmesinin başlangıç değeri vücut ağırlığının kilogramı başına alınacak 20 miligram demirdir. Kilogram başına 60 miligram demir, öldürücü dozdur. Altı yaşından küçük çocuklarda en çok görülen zehirlenme yoluyla ölüm nedeni, ferros sülfat tabletlerinin aşırı tüketimidir. Vücudun dayanabileceği günlük demir üst sınırı yetişkinlerde 45 miligram, 14 yaş altı çocuklarda ise 40 miligramdır. (<http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>, 2007)

Civa (Hg):

Civa, periyodik sistemde atom numarası 80 olan metaldir. Ağır, gümüş renkli bir geçiş metali olan civa, oda sıcaklığı ya da ona yakın sıcaklıklarda sıvı durumda bulunan tek metaldir. Doğal ortamda çok az bulunur. Sanayi etkinliklerinden doğan civa gerek bazı sanayi ürünleri (pil, ölçü aygıtı, boya, fongisit, bakterist vb.) gerek üretim sürecinin çeşitli yan ürünleri (klor, sudkostik, plastik maddeler) ya da petrol, gaz ve kömürün yanma atıkları halinde çevreye yayılır.

Termometre (sıcaklık ölçer) ve barometre (basınçölçer) gibi bilimsel aygıtlarda kullanılan civa, zehirli bir madde oluşuna bağlı olarak göz önünde bulundurulmuş sağlık ve güvenlik konuları nedeniyle, tıbbi ve bilimsel ortamlardaki yerini alkol kullanan, sayısal ya da termistör (ısıya duyarlı direnç) temelli aygıtlara sıklıkla bırakılmaktadır. Dünya civa üretimi 8000 ton dolayındadır. Kanserojendir. Pahalı bir elementtir. İnhibitör olduğu için çok tehlikelidir. Civanın eldesi, sıklıkla, doğal civa sülfat mineralinden indirgenme ile olur. (Tezcan ve Tezcan, 2007)

Civa ile ilgili endüstri kollarında, civa içeren atıkların bulunduğu sahalarda, termik santrallerde çalışanlar ve bu tür tesislerin yakınlarında oturanlar ile civa

konsantrasyonu yüksek sularda yaşayan deniz canlılarını sıklıkla tüketen (Deniz canlılarının vücudundaki civa konsantrasyonu 1 ppm' den yüksek ise yenmesi sakıncalıdır.) kişilerin bünyesindeki civa miktarları tehlikeli sınırlar üzerine çıkabilir. Bunların dışında bireysel olaylar ile vücuda civa alımına evde kırılan termometre-barometre türü aletlerden yayılan civanın gerek soluma yolu ve gerekse vücutta bulunan açık yaralar ya da oral yollarla alınması ile diş tedavisi için yaptırılan amalgam dolgular (Hastalar hassasiyet sınırlarına gelmemişler ise amalgam dolguların kullanılmasında sağlık açısından bir tehlike bulunmamaktadır.) neden olabilir.

Sinir sisteminin civa bileşiklerine karşı çok yüksek hassasiyeti vardır. Bunun yanında vücuda alınan civanın beyin ve böbrekler üzerinde de ağır tahribatlar yarattığı yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir. Farklı civa bileşiklerinin sinir sistemi, böbrekler ve beyin üzerinde farklı etkileri vardır ki bunların nedeni vücuda alınan civanın metalik, organik veya inorganik bileşik olmasına göre vücut içerisinde izleyeceği yol farklılık göstermektedir. Metalik ve metil civa vücuda alındığında kana karışarak beyine kadar gider ve beyinde akümüle olur.

Buna karşın inorganik civa bileşiklerinin alınması durumunda bu bileşikler beyine gidemezler ancak bunlarda böbreklerde akümüle olarak böbreklerin çalışmasını engellerler. Kısa süre yüksek dozlarda maruz kalınması durumunda civanın ciğerler, ağız ve boğaz ile solunum yollarında hasar yarattığı tespit edilmiştir. Bunun yanında civa konsantrasyonunun vücutta yükselmesi, tansiyon yükselmesine, kalp krizine, derilerde kızarıklık ve yaraların oluşması ile gözlerin zarar görmesine neden olabilir. (<http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>, 2007)

Metalik ve organik civa bileşiklerinin buharının 1–1.5 mg/kg miktarında 3–4 ay solunması durumunda etkinin ani kalp durması, kalp krizi ve kan basıncının ani yükselmesine bağlı ölümlerle sonuçlandığı tespit edilmiştir. Hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde genellikle kısa sürelerde hayvanların ölümü ile sonuçlanmıştır. Kaza sonucu ortama yayılan 30–40 mg/m³ gibi yüksek konsantrasyonların yarım günlük çalışma süresinde solunması durumunda göğüs ağrısı, nefes almada güçlük, solunum yollarında kasılma gibi etkiler ortaya çıkar. Keza civa buharının solunması insanların kas yapılarında, sindirim sisteminde, böbreklerde, deride

ağrıların ve hastalıkların ortaya çıkmasını tetikler. Oral yolla civa alınması durumunda (civa, civaklorür ve metilciva) 10–60 mg/kg oranlar insanlar için ölümcül olmaktadır. Civa kontaminasyonu yüksek yiyeceklerin aşırı tüketimi durumunda tansiyon problemleri, kalp krizi ve taşikardi gibi kalp ile ilgili rahatsızlıklara rastlanmaktadır. Civa içeren ilaçların ya da insanlar üzerinde olumlu etkisi olduğu düşünülen civa içeren kimyasalların deriye sürekli sürülmesi durumunda birkaç ay içerisinde ölümlerle sonuçlanacak etkiler ortaya çıkabilir. Elbetteki deriden civa alınması durumunda ağır deri ve cilt hastalıkları da meydana gelebilmektedir. (<http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm>,2007)

Nikel (Ni):

Nikel, çevrede çok düşük seviyede bulunan bir elementtir. Atom numarası 28'dir. Birçok farklı uygulamalar için kullanılır. Nikelin, en yaygın uygulaması, paslanmaz çelik ve diğer metal malzemelerin içeriği olarak kullanılmasıdır. Nikel, mücevherat gibi metal ürünlerde genelde bulunur. (<http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm>,2007)

Gıda maddeleri, doğal olarak küçük miktarlarda nikel içerir. Çikolata ve katı yağların, yüksek oranda nikel içerdiği bilinir. Kirli topraklardan elde edilen sebzelerin yüksek miktarda tüketilmesiyle nikel alımı artacaktır. Bitkilerin nikeli topladığı bilinir ve dolayısıyla sebzelerden nikel alımı yüksektir. Sigara içenler, ciğerlerine yüksek oranda nikel alırlar. Nikel deterjanlarda da bulunabilir.

İnsanlar nikel solunum yoluyla, içme suyuyla, gıdaların tüketimiyle veya sigara içilmesiyle maruz kalabilir. Nikelle kirlenen toprak veya su deriyle temas ettiğinde de nikel maruz kalınabilir. Aslında nikelin az miktarda alınması vücut için gereklidir; fakat aşırı dozda alınırsa insan sağlığı için tehlikeli olabilir.

Nikelin fazla miktarda alınması aşağıda belirtilen bozukluklara neden olabilir. Akciğer, burun, prostat ve gırtlak kanseri riskini artırır. Akciğerlerde tıkanmaya, solunum yetersizliğine, doğum kusurlarına, astım ve kronik bronşite, mücevherlerden kaynaklanan deri isiliği gibi alerjik reaksiyonlara, kalp rahatsızlıklarına, nikel gazına maruz kalındığında, halsizlik ve baş dönmesine

sebeup olabilir. Nikel ve belirli nikel bileşenleri ciddi anlamda kanserojen olarak kabul edilen malzemeler listesinde bulunmaktadır.

(<http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>, 2007)

Kurşun (Pb):

Yumuşak, ağır, zehirleyici, kolay dövülebilen bir metaldir. Atom numarası 82 ve simgesi Pb'dir. İnşaat sektöründe ve ayrıca çeşitli pil, mermi, lehim, ve diğer alaşımların yapımında kullanılır. Kararlı elementler içinde en yüksek atom numarasına sahip olandır. Elektrik iletkenliği düşüktür. Korozyona dayanıklı olmasından dolayı aşındırıcı sıvıların (örneğin, sülfürik asit vb.) depolanmasında kullanılır. Az miktarda antimon veya diğer metallerle alaşımlandırılarak sertlik değeri yükseltilebilir. Sanayinin vazgeçemediği metallerden birisi olan kurşun piyasada; ham kurşun, rafine kurşun ve antimonlu kurşun olmak üzere üç değişik bazda işlem görür.

Blais ve Kalff (1995) kurşunu jeokimyasal iz olarak kullanmışlardır çünkü kurşunun hemen hemen tamamı antropojenik kaynaklardan türemektedir. Atmosferik çökeltme, madenler, noktasal kaynaklar, jeolojik kaya yatakları ve yağmur suları göllerdeki kurşunun olası kaynaklarıdır. (Heiskary,1996)

Kurşun ve ürünleri, otomotiv ve makine imalat sanayiinde akümülatör ve otomobil, çeşitli makine ve cihaz üretiminde, inşaatta kaplama, kurşun boru, tesisat malzemesi, kurşun yünü yapımında, savunma sanayiinde mermi çekirdeği ve muhtelif silah ve araç gereç imalatı için alaşım olarak, ambalaj sanayiinde paket mühürü kurşunu, muhtelif ambalaj malzemesi imalatında, matbaacılıkta matbaa harfleri imalatı ve kalıp yapımında, kimya sanayiinde kurşun oksit, kurşun kromat, bazik kromat, üstübeç, toz kurşun gresi, kurşun borosilikat üretiminde, aside dayanıklı depo içi kaplamalarında, titreşim önleyici bloklarda, X-ışınlarından korunma amaçlı araç gereçler, lehim olarak, anot olarak, av saçması yapımında kullanılır.

Kurşun, hava, su ve toprak yoluyla, solunumla ve besinlere karışarak biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliklere sahip bir metaldir. Yüz binlerce

ton kurşun, kurşunlu petrolden elde edilen ve kurşun tetraetil ((CH₃CH₂)₄Pb) eklenerek oktan sayısı artırılan yakıtlarla çalışan içten yanmalı motorlardan çıkan gazlarla dünya atmosferine boşaltılmaktadır. Atmosferden kurşun (büyük oranda metal oksitleri ve tuzları şeklinde) yağmurla tekrar yeryüzüne inerek çevremize her geçen gün daha fazla yayılmaktadır. Kurşun madenleri ve metal endüstrileri, akü ve pil fabrikaları, petrol rafinerileri, boya endüstrisi ve patlayıcı sanayii atık sularında da istenmeyen konsantrasyonlarda kurşun kirliliğine rastlanır. (Tezcan ve Tezcan, 2007)

Çinko (Zn):

Çinko, atom numarası 30 olan bir elementtir. Çinko demir konstrüksiyon malzemelerinkine kıyasla daha elektronegatif olduğundan çinko kaplamalar çelik yapılar için çok iyi korozyondan korunma sağlarlar ve bu özellik en önemli kullanım alanını oluşturur. Diğer taraftan düşük ergime sıcaklığına sahip olduğundan kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve pirinçte alaşım elementi olarak kullanılmaktadır. Çinko beyazı veya Çin beyazı olarak bilinen çinko oksit (ZnO), boya pigmenti olarak kullanılır.

Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallere karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Çinko tuzlarının toksikliği çinkodan daha fazla, yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmının toksikliğine bağlıdır. Örneğin; çinko kromatın (ZnCrO₄) yüksek zehirleyici ve kanserojen özelliği Zn²⁺ yüzünden değil anyonik CrO₄²⁻ bileşeni sebebiyledir.

Çinko ve çinko tuzlarından zehirlenme nadir görülmektedir. Besin kaplarından çinkonun çözünmesiyle kirlenen besinin tüketilmesi veya mesleki koşullar altında çinko ya da çinko oksit tozunun solunumuyla zehirlenme ortaya çıkabilmektedir. (Tezcan ve Tezcan, 2007)

Uzun süre ZnO buharı soluyanlarda (MAK sınırı 5 mg/m³) "Çinko-Ateşi" olarak adlandırılan rahatsızlıklar ortaya çıkar ve semptomlar herhangi bir yan etki bırakmadan bir kaç gün içinde kendiliğinden kaybolur. Akut zehirlenme semptomları sindirimde sıkıntı, ishal, mide bulantısı ve karın ağrısı şeklinde ortaya

çıkar. Aşırı dozda elementel çinko alındığında, uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik (zayıflık) ve yazmada zorluk çekme gibi semptomlar gözlenir. Diğer taraftan, çinko insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir (günlük doz 10 – 20 mg). Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbohidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi ya da degradasyon gibi çeşitli metabolik prosesler için gereklidir. Alkol dehidrojenazı, karbonik anhidraz ve karboksipeptidaz gibi 70' den fazla metaloenzim fonksiyonu için ko-enzim bileşeni olarak gereklidir. Fizyolojik miktarlardaki çinko Cd, Hg, Pb ve Sn gibi diğer ağır metal iyonlarının zehirleyici etkilerini azaltmaktadır. Çinko yetersizliği, gelişim bozuklukları, cinsiyet ve iskeletin gelişmemesi, kol ve bacak gibi uzuvlarda ve açık yerlerde deri iltihabı, ishal, kellik, iştah azalması ve davranışlarda değişikliklere yol açmaktadır. Yaşamsal gerekli bir metal olan çinko, sindirim prosesinde, besin çinko halinde düzenlenir ve ince bağırsağın alt kısmında emilir ve geniş bir oranda proteinlere bağlanır. Boşaltım büyük oranda bağırsaklarda olmakla birlikte bir kısmı da üre ve ter ile atılır.

Çinko kan harici dokularda ve vücut sıvılarında rastlanan en yaygın metal iyonudur. 70 kg ağırlığında bir insanda 2,3 g çinko bulunmaktadır. Bu miktarın % 64'ü kaslarda ve % 28'i de kemiklerde bulunmaktadır. En yüksek çinko konsantrasyonları üreme organlarında, özellikle prostat bezlerinde (87 µg/g yaş ağırlık) görülmekteyken tüm vücuttaki ortalaması 33 µg/g yaş ağırlıktır. (<http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>, 2007)

3. MATERYAL ve METOD

Sediman analizlerinden elde edilen veri setlerinin karşılaştırılmasındaki zorlukların nedeni, farklı örnekleme ve analitiksel yöntemlerin kullanımınıdır. Bu nedenle test yöntemlerinin seçimi ve kullanımı, sediman analizleri için önemlidir (Förstner ve ark.,1993).

Sediman yüzeyinin pH'ı 10 g sediman alınarak, 100 mL saf suda süspansiyon haline getirildikten sonra pH metre ile ölçülmüştür.

Günümüze kadar sedimanlar, bilgi, standardizasyon ve teçhizat eksikliğinden dolayı çevresel çalışmalarda daima ihmal edilmiştir. Fakat günümüzde su kirliliği kontrol programlarının sedimanları, çevresel bilginin takometreleri olarak görülmeleri nedeniyle, sedimantolojik çalışmalar olmaksızın idare edilemeyeceğine karar verilmiştir.

Bu tez çalışmasında su ve sediman numunelerinin örnekleme Çubuk-II Baraj Gölü için uygulanmıştır. Örnekler, 2005 Ekim tarihinde alınmıştır. Ağır metal belirleme çalışmalarında Devlet Su İşleri Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Bölümü'nde bulunan ICP-MS cihazı kullanılmıştır. Referans maddesi olarak SRM 2781- Evsel çamur-111.7 soils, Sediment and Sludge (toz formunda) kullanılmıştır.

ICP-MS Cihazı: Eser element tayinlerinde geleneksel olarak atomik absorpsiyon (AAS) ve ICP-optik emisyon spektrometrisi (ICP-OES) gibi atomik spektrometrik teknikler, X-ışını floresans yöntemi (XRF), nötron aktivasyon analizi (NAA) ve elektrokimyasal yöntemler kullanılmaktadır. Bu metotlara 80'li yılların ikinci yarısından sonra ICP- kütle spektrometrisi (ICP-MS) eklenmiş ve bu teknikle yapılan çalışmalarda son yıllarda hızlı bir artış kaydedilmiştir. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sayesinde kolaylıkla otomasyona gidilmesi, ICP-MS'i sadece araştırma amaçlı olmaktan çıkarıp rutin analizlerde de kullanılabilir duruma getirmiştir.

ICP-MS direk, hızlı ve uygun kütle aralığıyla çözeltide eser element tayinine uygundur. Düşük tayin sınırı, basit spektra ve izotop oranlarına uygunluk ICP-MS'i

cazip yapan özelliklerdir. Birçok element için gözlenebilir sınır ng/L nin altındadır. Multielement tayin yapabilme özelliği sayesinde nitel analizlerde ve izotop oranlarının belirlenmesinde olduğu gibi, başta metalik elementler olmak üzere periyodik tablodaki elementlerin büyük çoğunluğunun çeşitli örneklerdeki nicel ve yarı-nitel tayinlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışma aralığı diğer metotlara oranla çok geniştir. Birçok element için pg-mg/L arasında kalibrasyon grafikleri çizilebilmektedir ve bu, farklı derişime sahip birçok elementin aynı anda tayinine olanak sağlamaktadır.

Bu tez çalışmasında Çizelge 3.1.'deki ölçüm koşulları kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. ICP-MS ölçüm koşulları

Ölçü Aleti	Agilent 7500a Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer with ASX-510 Autosampler
Plazma	Saf argon
İleri Gücü	1250 W
Yansıma Gücü	< 5 W
Soğutma Gazı Akışı	15.0 L/dak.
Yardımcı Gazı Akışı	0.90 L/dak.
Nebuliser Gazı Akışı	1.11 L/dak.
Nebuliser	V-çizgili
Peristaltic pompa	Turbo Moleküler 3
Kavrama oranı	Yaklaşık 1.0 mL/dak.
Sprey odası	Su soğutmalı (2 °C)
Örnekleme koni tipi	Ni, 1-mm ağızlı
Kevgir	Ni, VG dizayn
Edinme modu	Tarama
Edinme zamanı	50 s
Detektör modu	PC (Atım sayımı)
Kanal/amu	20
Oturma zamanı	320 μs /kanal

Tüm ayrıraçlar analitik cinstedir.

Detection Limit ($\mu\text{g/g}$)

Ag: 0.000007 Cd: 0.000002 Co: 0.00004 Cr: 0.0002 Cu: 0.0003
Fe:0.0001 Hg:0.000001 Ni:0.00009 Pb:0.000004 Zn:0.0001

Standart sapmalar ($\mu\text{g/g}$)

Ag: 0.00002 Cd: 0.00001 Co: 0.0005 Cr: 0.001 Cu: 0.015 Fe:0.2
Hg:0.000002 Ni:0.009 Pb:0.0001 Zn:0.0011

(Devlet Su İşleri Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Bölümü tarafından verilmiştir.)

Sediman örneklerinin size fraksiyonu 0,2 μm ve altıdır.

3.1. Çalışma Alanı

Bugün Ankara ilinin ve Çubuk ilçesinin su ihtiyacının karşılanmasında yararlanılan Çubuk-II Barajı; Çubuk ilçesinin yaklaşık 6 km. kuzeyinde yer almaktadır. Ankara'nın Altındağ ilçesi sınırları içerisinde yer alan Çubuk-I Barajı'nın kirlenmesi nedeniyle 1961 Yılında yapımına başlanan Çubuk-II Barajı 1964 yılında tamamlanmıştır. Çubuk Çayı üzerinde inşa edilmiş olan baraj; toprak dolgu tipinde yapılmış olup; gövde hacmi 1.100.000 metreküptür. Akarsu yatağından 61 metre yüksekliğe sahip olan Çubuk-II Barajı'nın normal su kotunda göl hacmi 24.60 hektometre küptür. Göl alanı ise 1.20 km^2 'dir. Çubuk-II Baraj Gölü'nü Mendek, Kışla, Bağırca Çayır ve Hacıkadın dereleri beslemektedir. Yıllık 38 hm^3 içme ve kullanma suyu temin edilen barajdan 2004 yılından itibaren Ankara merkeze su verilmektedir. Ankara'ya verilen su, Pursaklar beldesinde yapılan su arıtma tesislerinde arıtılmakta olup ayrıca Çubuk ilçesinin su ihtiyacı da bu barajdan sağlanmaktadır.

Çubuk-II Barajı etrafında biri çok yakınında olan Sağlık Su Fabrikası, diğeri biraz uzağında bulunan Sarp Su Fabrikası bulunmaktadır. Ayrıca çevresinde az sayıda tavuk çiftliği bulunmaktadır. Baraj gölü ilçenin kuzeyinde olduğundan ve çevresinde zararlı atık üreten fabrikalar olmadığından temiz kalmış bir baraj gölü olduğu düşünülmektedir.

3.2.1. ubuk-II Barajı Su ve Sediman alışmaları (rnekleme Yer Seçimi)

ubuk-II Barajı su ve sediman çalışmaları, arazi ve laboratuvar çalışmaları olarak iki aşamada gerçekleşmiştir.

Örnekleme noktaları 50 m. aralıklarla Şekil 3.2.'de gösterilen yerlerden seçilmiştir. Yine Şekil 3.2.'de gösterilen yerden 5, 10 ve 15 cm derinliklerinden dip çamuru örneklere alınmıştır. Golterman ve arkadaşlarının 1983 tarihli çalışması gereği sedimanda 5 yıl aralıklarla ağır metal örnekleme önerilmiştir. Bu nedenle 1 kez örnek alınabilmiştir.

Su kalitesi çalışmalarında, örnekleme teknikleri ve standart analitik yöntemler mevcut ve oturmuş olmasına rağmen, sediman çalışmaları için standartlaşma bu kadar net değildir.

Yukarıda bahsedilen konular dikkate alınarak, bu çalışmada sediman arazi ve laboratuvar çalışmaları özel bir itinayla srdrlmştir.

Suyun alış yeri ve baraj benti de Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Su, daha önce belirtildiği gibi kuzeyden gelmektedir.



Şekil 3.1.Çubuk-II Baraj Gölü,baraj benti ve su alış yerini gösteren topografik harita



Şekil 3.2. Sediman ve su örneklerinin alındığı örnekleme noktalarının konumlarını gösteren harita

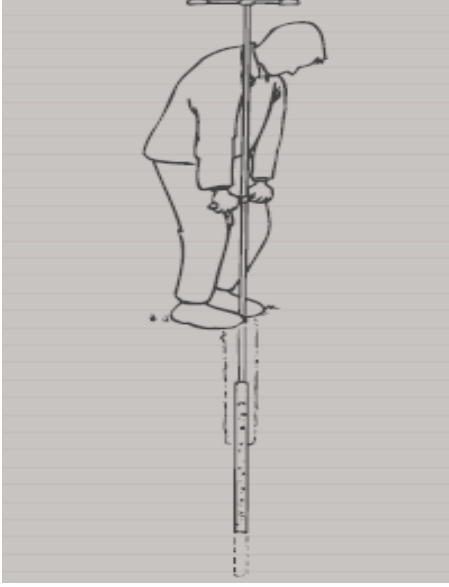
3.2.1.1.Su ve Sediman Arazi Çalışmaları:

Sediman örnekleyicisi olarak bu çalışmada sediman örnekleme aletlerinden "AUGER Örnekleyicisi" kullanılmıştır.(Bkz. Şekil 3.3.) Sediman örnekleri bu cihaz ile gölün hemen kenarından 50 m aralıklarla; 5, 10 ve 15 cm derinliklerinden alınmıştır. Su örnekleri ise hemen kenardan değil gölün daha ilerisinden alınmıştır. Su örneklerinin alındığı pet şişeler ve sediman örneklerinin alındığı poşetlerin temizlenmesinde derişik nitrik asit kullanılmıştır. Bu örnek kapları bu derişik nitrik asitte üç kez yıkandıktan sonra saf su ile iyice durulanarak vakum etüvünde kurutulmuş ve örnek alımı için hazırlanmıştır.

Sediman örnekleri kompleks bir yapıda olduğundan, çevresel analitik çalışmalarda anlamlı veriler elde etmek için sağlıklı arazi çalışmaları planlanmalıdır. Bir su kütlesindeki sediman sisteminin ve sediman kalitesinin ayrıntılı olarak anlaşılabilmesini sağlamak için su yatağında bulunan tüm sediman türlerinin yeterli sayıda örnekleme yapılmalıdır. (Golterman ve ark., 1983) Ek 1.'de uygun örnekleme periyotları gösterilmektedir.



Şekil 3.3. AUGER Sediman Örnekleyicisi



Şekil 3.4.a.



Şekil 3.4.b.

Örnekler, Şekil 3.4.a.'daki gibi Auger Örnekleyicisi ile alındıktan sonra; itme çekme kolları kullanılarak yukarı alınmıştır. Daha sonra Şekil 3.4.b.'de gösterildiği gibi spatula ile kazınarak poşetlere konulmuştur.

Şu anda standart analitik teknikler, su kalitesi çalışmalarında pek çok örnekleme ve analitik şart için kullanılabilmesine rağmen, sediman analizlerinin standartlaşmış yöntemleri üzerine henüz bir birlik yoktur. Bundan dolayı sediman verilerinden farklı sonuçlar alınabilmektedir. Her ne kadar sediman örnekleme ve analizleri farklı teçhizat ve tekniklerin kullanımını gerektirse de, bugün sediman analizleri, su kalitesi analiz yöntemlerinin uyarlanmasına veya toprak araştırmaları ya da mineral ölçümleri için geliştirilmiş metotlar üzerine dayanır. Auger örnekleyici alet ile alınan sediman örneklerinden santrifüjleme yoluyla su kısmı ayrılır. Sediman boşluk suyu olarak adlandırılan bu sıvıda, pH, iletkenlik analizi yapılabilir. Sediman örnekleri öncelikli olarak yaş ve kuru sediman analizleri için ayrılır. Yaş

sedimanlarda, % su miktarı, % organik madde miktarı, % porozite, pH, mekaniksel ve minerolojik analizler yapılabilir. Kurutulmuş sediman örneklerinde ise ağır metal gibi çeşitli kimyasal analizler yapılabilir. (Goldberg,1993)

Denenen sedimanlar 50 şer metre aralıklarla 5, 10, 15 cm aralıklarla alınmıştır.

3.2.1.2. Su ve Sediman Laboratuvar Çalışmaları:

Örneklerin metal analizine hazırlanması için sırası ile aşağıdaki işlemler yapıldı.

- **Su**

Çubuk-II Baraj Gölü'nden 1 L su örneği, kıyının 3 metre kadar ilerisinden plastik şişe, suya 1 cm daldırılarak alınmıştır. Daha sonra analiz için 4 °C'de buzdolabında korunmuştur. Bu su örneği, katı materyalin uzaklaştırılması amacıyla filtrelenmiş ve analize hazır duruma getirilmiştir.

- **Sediman**

Sediman örnekleri; Çubuk-II Baraj Gölü'nün 7 değişik yerinden ve üç farklı derinlikten alınmıştır. Örnekler, kurutulması için 110 °C'de, 24 saat etüvde bekletilmiştir. Örneklerin organik içeriklerinin uzaklaştırılması için 650 °C'de bir gece kül fırınında bekletilmiştir. Kalan örneklerin boyutu 0,2 µm ve altı olacak şekilde elekten geçirilmiştir. Örneklerden 1'er gram tartılmış ve 8 mL kral suyu (1 kısım derişik HNO₃ + 3 kısım derişik HCl) ilave edilerek ısıtıcı plaka üzerinde 90 °C'de 6 saat süre ile uçurulmuştur. Üzerine 3 mL perklorik asit (HClO₄) eklenip; sıcak şekilde süzölmüştür. Örnekler 25 mL'ye deionize su ile tamamlandıktan sonra ICP-MS cihazında analiz edilmiştir. (NIST, 100 Bureau Drive, Stop 2300, Gaithersburg, MD 20899-2300, USA)

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Su kalitesine sedimanların ve sedimanlara su kalitesinin etkileri ile sedimanların "çevresel indikatörler" olarak kullanımının yeterince anlaşılmasına ve çevresel sedimantoloji çalışmalarındaki sediman örnekleme ve ölçüm tekniklerinde standardizasyonun sağlanamamasına rağmen sediman verilerinin sınırlı kullanımı, çevresel araştırmalarda ve su kalitesi çalışmalarında yapılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında da Çubuk-II Baraj Gölü 'nden alınan su ve sediman örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre su ve sedimanda toplam ağır metal dağılımı belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun yanı sıra; Çubuk-II Baraj Gölü sediman yüzeyinde pH değeri 7,3 değerinde bulunmuştur.

4.1 Çubuk-II Baraj Gölü'nde sudaki metallerle ilgili bulgular

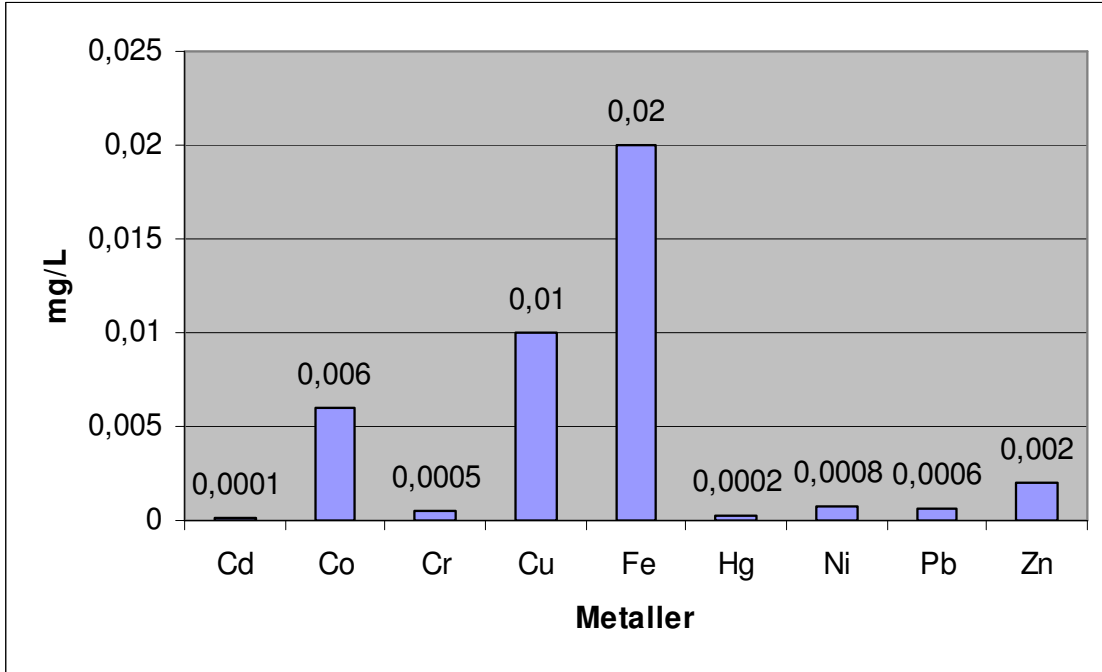
Materyal ve Metod bölümünde belirtilen şekilde yapılan çalışma sonunda elde edilen bulgular Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Alınan su örneğinden elde edilen ağır metal değerleri

Metaller	Ag	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
mg/L	—	0,0001± 0,000002	0,006± 0,00004	0,0005± 0,000007	0,01± 0,0001	0,02± 0,0003	0,0002± 0,000006	0,0008± 0,000003	0,0006± 0,000001	0,002± 0,000082

Su örneğinde metallerin büyüklük sıralaması Fe>Cu>Co>Zn>Ni>Pb>Cr>Hg>Cd şeklindedir. Su örneğinde Fe 0,02 mg/L ile en büyük yoğunluğa sahiptir. En düşük yoğunluk ise 0,0001 mg/L ile Cd'a aittir. Ag ise saptanabilirlik sınırının altında bulunmuştur. Bu değerler Grafik 4.1.'de şematik olarak gösterilmiştir.

Altındağ ve Yiğit'in(2005) Beyşehir Gölü'nde yapmış oldukları Çizelge 4.2. 'deki çalışmaya ve Çizelge 4.1.'deki sudan bulunan Cd, Pb, Hg ve Cr bulgularına göre, Çubuk-II Baraj Gölü'nden elde edilen Cd, Cr, Hg ve Pb değerleri Beyşehir Gölü'ndeki Cd, Cr, Hg ve Pb değerlerinden oldukça düşüktür.



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.1. Çubuk-II Baraj Gölü su örneği metal yoğunlukları (mg/L)

Çizelge 4.2. Beyşehir Gölü su örneklerinden elde edilen ağır metal değerleri (Altındağ ve Yiğit, 2005)

Metaller	Cd	Cr	Hg	Pb
mg/L	0,11	0,028	0,00207	0,086

Çubuk-II Baraj Gölü Cu değerleri, Çizelge 4.3.'deki Hazar Gölü ve Atatürk Baraj Gölü Cu değerlerine benzerdir. Hazar Gölü'nden elde edilen Fe değeri ise Çubuk-II Baraj Gölü'nden elde edilen Fe değerinden daha yüksektir. Ni değerleri incelendiğinde; Atatürk Baraj Gölü'nden elde edilen değerlerin diğer çalışmalarda bulunan değerlere göre oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir. Çubuk-II Baraj Gölü Ni değerleri ise, her iki gölden elde edilen değerlerle karşılaştırıldığında düşük kalmaktadır. Aynı şekilde Zn değerleri de Çubuk-II Baraj Gölü'nde diğer göllere göre daha düşüktür.

Çizelge 4.3. Dünya'nın değişik yerlerindeki göllerin sularında ağır metal değerleri, Pertsemli ve Voutsas (2007)

Lake, Country	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Lake Doirani, Greece [10]	0.1-0.4	1-17	1-13	29-690	14-160	1-6	1-6	6-66
Lake Volvi, Greece [10]	0.1-0.4	1-22	1-9	20-582	9-90	1-4	0.3-5	4-99
Lake Koronia, Greece [10]	0.1-0.6	1-27	1-18	20-1311	8-384	1-9	1-5	2-126
Lake Megali Prespa, Greece [10]	0.1-0.2	1-19	2-5	16-103	1-14	1-22	1-12	2-12
Lake Mikri Prespa, Greece [10]	0.1-0.2	1-15	2-7	24-238	9-46	1-10	2-8	5-20
Hazar Lake, Turkey [24]			dl-18	120-430	4-25	dl-12		38-71
Ataturk dam lake, Turkey [25]			10-40			500-900		40-140
Lake Texoma, USA [26]	2-249	2-8	11-104	35-430	1-152	1-12	15	12-246
Lakes, USA [27]	dl-0.11						dl-1.04	dl-14
Lake Balaton, Hungary [13]	$1-5 \times 10^{-3}$		0.22-0.59			0.33-0.71	0.04-0.33	0.22-1.9
Freshwater quality criteria [11]								
CMC, acute	2.0	570/16 ^a	13			470	65	120
CCC, chronic	0.25	74/11 ^a	9			52	2.5	120

dl: Detection limit; CMC: criterion maximum concentration; CCC: criterion continuous concentration.

^a Cr(III)/Cr(VI).

Dünyada yapılan çalışmalardan elde edilen değerler Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.9'da gösterilmiştir. Cd değerlerinin Teksoma Gölü hariç, diğer Çizelge 4.3'de gösterilen göllerle benzerlik gösterdiği görülmektedir. Çubuk-II Baraj Gölü'nün Cr, Ni ve Pb değerleri diğer göllerden elde edilen bulgulara göre oldukça düşük iken, Cu değeri diğer göllerden daha yüksektir. Çubuk-II Baraj Gölü'nün Fe değeri ise, diğer göllerden elde edilen değerlerin minimum değerlerine benzerlik göstermektedir. Çubuk-II Baraj Gölü Zn değerleri Yunanistan'ın Koronia Gölü ve Megali Prespa Gölü Zn değerlerinin minimum değerlerine yakın değerdedir. Teksoma Gölü ise Çubuk-II Baraj Gölü su örneği Zn değerine göre oldukça yüksek değerdedir.

Ankara ve Çubuk'ta yaşayan toplumun içme ve kullanma suyu olarak kullanılan Çubuk-II Baraj Gölü suyu kalitesi açısından da değerlendirilmelidir. Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kıtaiçi Su Kaynakları Kalite Kriterleri bu tez çalışmasının Ek 2. kısmında verilmiştir. Bu kriterlere göre su örneklerinde elde edilen ağır metal yoğunluklarının karşılaştırılması Çizelge 4.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Su örneğinden elde edilen ağır metal değerlerinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kıtaiçi Su Kaynakları Kalite Kriterleri ile karşılaştırılması

Ağır Metal	Elde edilen değer (mg/L)		1. Sınıf sınır değeri (mg/L)		2.Sınıf sınır değeri (mg/L)
Ag	Ölçülemeyecek kadar küçük	<			
Cd	0,0001	<	0,003		
Co	0,006	<	0,010		
Cr	0,0005	<	0,020		
Cu	0,01	<	0,020		
Fe	0,02	<	0,30		
Hg	0,0002	>	0,0001	<	0,0005
Ni	0,0008	<	0,020		
Pb	0,0006	<	0,010		
Zn	0,002	<	0,20		

Çizelge 4.4. 'de görülebileceği gibi Çubuk-II Baraj Gölü suyu Hg (0,0002 mg/L) hariç tüm diğer metaller açısından 1. sınıf su kalitesindedir. Hg yoğunluğu ile de 2.sınıf kalitede olduğu görülmektedir.

4.2. Çubuk-II Baraj Gölü'nde sedimandaki metallere ilgili bulgular

Materyal ve Metod bölümünde belirtilen şekilde yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 4.5.'de verilmiştir.

Bilindiği gibi, ekosistemde sedimanlar bir göl veya nehir ortamında meydana gelen değişimleri içinde barındırırlar. Sedimanlar sayesinde, göllerin kirliliği hakkında bir sonuca varılabilir, bu kirliliğin tarihi gelişimi belirlenebilir, hangi kontamine maddelerden ne kadar olduğu öğrenilebilir. Bu bilgiler, fiziksel, minerolojik ve kimyasal analizi içeren ayrıntılı bir sedimantoloji çalışması ile sağlanabilir.

Sedimanın pH'sı, sediman tabakasının yüzeyindeki kimyasal durum hakkında genel bir bilgi vermektedir. Buna göre, Çubuk-II Baraj Gölü sediman yüzeyi pH değeri 7,3'tür.

Sediman örneklerinde ağır metal (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn) analizi yapılmıştır ve bulgular Çizelge 4.5.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Sediman örneklerinde ağır metal (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn) analiz sonuçları (µg/g)

Örnekleme yeri	Derinlik(cm)	Metaller									
		Ag	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
1.Örnekleme Yeri	5	0,36	0,056	10	12	10	3900	0,0062	47	2,3	7,4
	10	0,21	0,016	3,4	35	17	4700	0,0057	110	0,97	5,2
	15	0,0066	0,2	0,72	2	15,4	420	0,0076	3,6	8,6	6,4
2.Örnekleme Yeri	5	0,18	0,057	5,2	13	8,1	3300	0,0046	14	2,6	4,8
	10	0,22	0,015	3,6	34	9,2	5200	0,0021	100	0,44	4,4
	15	0,0164	0,28	13	3,8	30	840	0,0148	18,2	15,8	10,2
3.Örnekleme Yeri	5	0,18	0,089	6,4	18	7,6	2100	0,007	18	2,9	4,2
	10	0,22	0,09	7,6	21	11	2200	0,01	25	3,1	7,4
	15	0,0164	0,1	8,9	32	12	2300	0,015	28	3,3	8
4.Örnekleme Yeri	5	0,16	0,08	6	11	5,3	1800	0,002	8	3,4	2,5
	10	0,19	0,09	8	12	6,5	2100	0,002	12	1,6	1,9
	15	0,4	0,3	12	15	8,7	3200	0,003	17	1,7	2,9
5.Örnekleme Yeri	5	0,09	0,03	2	8	3	1700	0,02	11	1,1	2
	10	0,1	0,06	3	12	2	2100	0,02	6	1,2	17
	15	0,4	0,08	4	8	4	2300	0,03	8	1,1	21
6.Örnekleme Yeri	5	0,08	0,02	2	0,1	3	1200	0,001	11	1,2	1
	10	0,08	0,05	3	0,2	3	1250	0,002	17	1,3	2
	15	0,07	0,06	7	0,5	5	1320	0,006	21	1,5	4
7.Örnekleme Yeri	5	0,6	0,09	7	19	12	4100	0,002	23	1,2	96
	10	0,2	0,03	5	21	15	4500	0,0003	12	0,09	56
	15	0,3	0,01	7	16	12	5600	0,002	10	0,2	87

Çizelge 4.6.,7 örnekleme noktasından ve 3 ayrı derinlikten alınan numunelere, 10 değişik ağır metal değerleri için Statgraphics Plus programı kullanılarak uygulanan ANOVA testi sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 4.6. Derinliğin, Örnekleme Noktası yerlerinin ve Ağır Metallerin, sedimanda ölçülen ağır metal değerlerine etkisini gösteren ANOVA tablosu

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Derinlik	284081,0	2	142041,0	0,65	0,5210
B:Metal	1,3421E8	9	1,49122E7	68,68	0,0000
C:ON*	2,32995E6	6	388326,0	1,79	0,1034
RESIDUAL	4,16902E7	192	217136,0		
TOTAL (CORRECTED)	1,78514E8	209			

* Örnekleme Noktası

Elde edilen değerlerin normal dağılım gösterdiği varsayımı ile gerçekleştirilen ANOVA analizinde P değerleri; derinlik, ağır metal ve örnekleme noktası faktörlerinin değerler üzerindeki istatistiksel önemini test etmektedir. Buna göre, %95 güven aralığında, örnekleme noktası yerinin ve derinliğin P değerleri, 0.05'ten büyük olduğu için elde edilen değerler üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkileri yoktur.

Çizelge 4.7.'de ağır metallere elde edilen veriler arasındaki korelasyon matrisi görülmektedir. Elde edilen tüm veriler değerlendirildiğinde, Ag ile Fe arasında ters ve Zn ile Ni arasında doğru orta dereceli bir korelasyon ilişkisi varken; Cu ile Pb arasında ters yönlü kuvvetli bir korelasyon ilişkisi olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.7. Sedimanda ağır metal analizlerinin korelasyon katsayıları

	Ag	Cd	Co	Cr
Ag	1,0000	-0,1442	-0,0899	0,0487
Cd	-0,1442	1,0000	-0,4567	-0,0657
Co	-0,0899	-0,4567	1,0000	-0,0711
Cr	0,0487	-0,0657	-0,0711	1,0000
Cu	0,2003	-0,0521	-0,0629	-0,3386
Fe	-0,6371	0,0576	-0,3133	-0,2063
Hg	-0,3962	0,0185	0,0754	-0,3048
Ni	0,0890	0,1972	0,2438	-0,2642
Pb	-0,3127	-0,1906	-0,0443	0,3416
Zn	0,1631	0,1246	0,1788	0,1741
	Cu	Fe	Hg	Ni
Ag	0,2003	-0,6371	-0,3962	0,0890
Cd	-0,0521	0,0576	0,0185	0,1972
Co	-0,0629	-0,3133	0,0754	0,2438
Cr	-0,3386	-0,2063	-0,3048	-0,2642
Cu	1,0000	-0,2674	0,2496	-0,3008
Fe	-0,2674	1,0000	0,0816	-0,4164
Hg	0,2496	0,0816	1,0000	0,0529
Ni	-0,3008	-0,4164	0,0529	1,0000
Pb	-0,8782	0,4528	-0,2643	0,0628
Zn	-0,4640	-0,5006	-0,0963	0,6767
	Pb	Zn		
Ag	-0,3127	0,1631		
Cd	-0,1906	0,1246		
Co	-0,0443	0,1788		
Cr	0,3416	0,1741		
Cu	-0,8782	-0,4640		
Fe	0,4528	-0,5006		
Hg	-0,2643	-0,0963		
Ni	0,0628	0,6767		
Pb	1,0000	0,2529		
Zn	0,2529	1,0000		

Çizelge 4.8. Beyşehir Gölü sediman örneklerinden elde edilen ağır metal değerleri (Altındağ ve Yiğit, 2005)

Metaller	Cd	Cr	Hg	Pb
µg/g	13,05	10,63	0,24	32,65

Çizelge 4.9. Dünya'nın değişik yerlerindeki göllerin sedimanında ağır metal değerleri, Pertsemli ve Voutsas (2007)

Lake, Country	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Lake Volvi, Greece [28]	0.74-1.0	20-25	12-16	2.9-3.8	84-157		10.5-14.4	48-75
Lake Koronia, Greece [28]	0.97-1.0	27-37	15-19	5.2-5.7	581-682		16.3-24.5	72-100
Lake Lochnagar, UK [29]	0.4-6						30-400	50-250
Hazar Lake, Turkey [24]		17-79	10-64	3.7-30 ^a	85-625	38-130		46-210
Ataturk dam lake, Turkey [25]			15-23			44-140	1	59-61
Lake Palas, Turkey [30]	2.8-4.8	22-58	dl-51	0.2-1 ^a	98-863			10-47
Lake Texoma, USA [26]	1-3	12-51	9-136	8-32 ^a	145-643	6-31	5-15	33-242
Lake Balaton, Hungary [13]	0.1-0.7	5.7-66	0.7-36		160-760	4.4-55	2.4-160	13-150
Kolleru Lake, India [21]	dl-0.27	44-66	270-572			0.2-2.2	2.5-5.1	356-622
Lake Macquarie, Australia [31]	<0.1-0.2	7-45	6-17			11-57	5.5-17	12-68
Sediment quality guidelines [16]								
PEL	3.5	90	197			35.9	91.3	315
TEL	0.60	37.3	35.7			18	35	123

dl: Detection limit; PEL: probable effect level; TEL: threshold effect level.

^a g/kg.

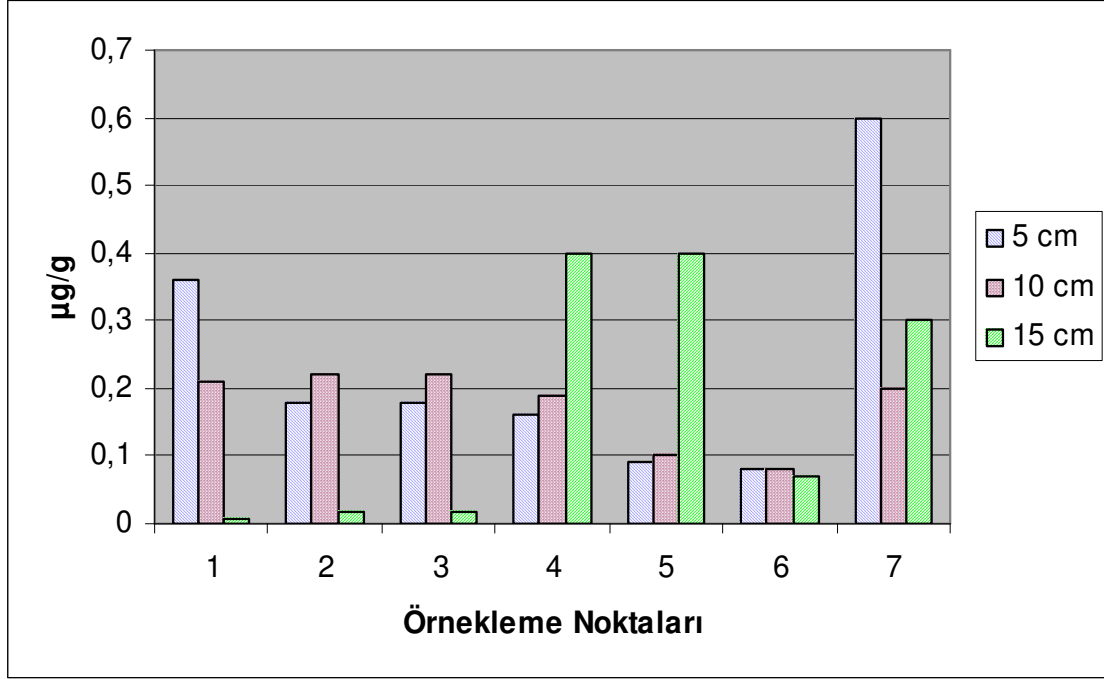
4.2.1 Örnekleme yerlerinde metallere göre analiz sonuçları

- Çizelge 4.10. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Ag yoğunlukları µg/g:

Ör. Yeri (cm)	1	2	3	4	5	6	7
5	0,36	0,18	0,22	0,16	0,09	0,08	0,6
10	0,21	0,22	0,23	0,19	0,1	0,08	0,2
15	0,0066	0,0164	0,27	0,4	0,4	0,07	0,3

5 cm derinliklerinden alınan sediman örneklerinde, Grafik 4.2. 'de görüldüğü üzere 7. örnekleme noktasında farklılık belirlenmiştir. 5 cm derinlikteki değer aralığı 0,08 ile 0,6 µg/g'dır. 10 cm derinliklerinden alınan örnekler 0,08 µg/g ile 0,22 µg/g değerleri arasında değişmekte, en düşük değer olan 0,08 µg/g değeri dışında benzer sonuçlar göstermektedir. 15 cm derinliklerinde 4., 5. ve 7. örnekleme

noktalarından elde edilen bulgular, diğer örnekleme noktalarından elde edilen bulgularla büyük farklar göstermektedir. 15 cm derinlikte değer aralığı 0,0066 ile 0,4 µg/g'dır. Bu farklılıklar, doğal ya da antropojenik Ag içeriği yüksek bir kaynak girdisine bağlanabilir.



* Standart sapma % 5'in altındadır.

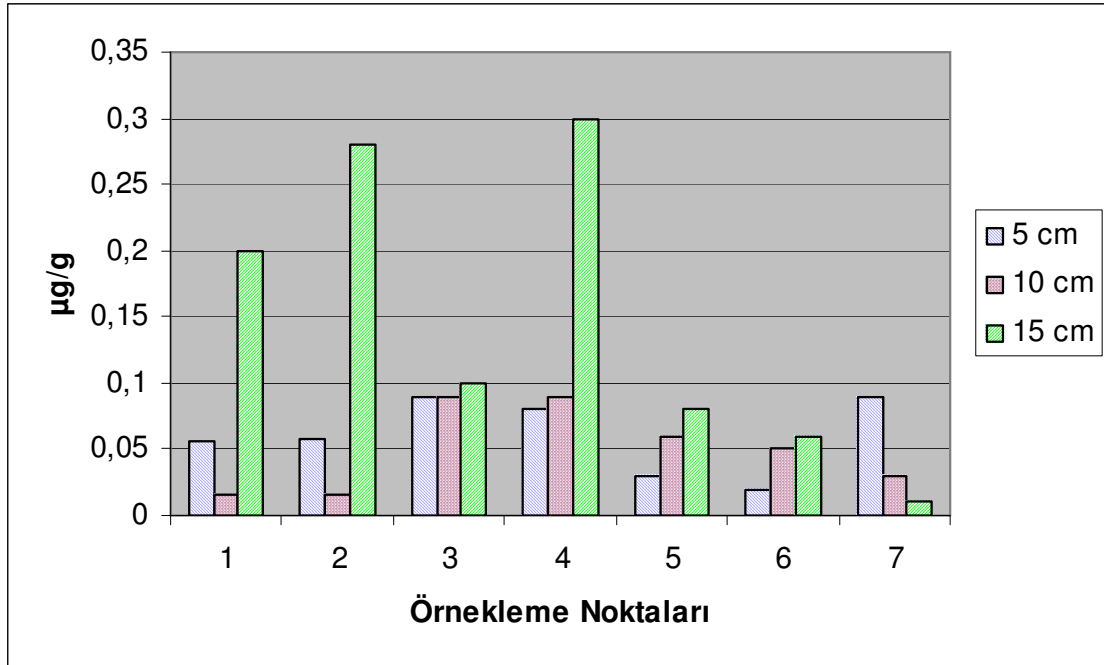
Grafik 4.2. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Ag yoğunlukları (µg/g)

Çubuk-II Baraj Gölü Ag değerleri ortalaması ise 0,21 µg/g'dır. Roach'un (2004), Avustralya'daki Macquarie Gölü'nde 23 değişik noktadan aldığı örneklerin analizi ile elde etmiş olduğu Ag değerlerinin ortalaması 0,12 µg/g'dır. Görüldüğü üzere elde edilen Ag değeri, Macquarie Gölü Ag değerinden daha yüksektir. Wenchuan ve ark. (2001), Çin'in en büyük tatlı su göllerinden biri olan Taihu Gölü'nden 13 farklı noktadan sediman örnekleri almış ve yüzey sedimanında yapmış oldukları analizde ortalama Ag değerini 1,9 µg/g olarak bulmuşlardır. Bu yüksek değerlerin sebebini yüksek olasılıkla artılmamış veya kısmen artırılmış endüstriyel atıksuları ihtiva eden nehirlerin göle olan bağlantıları olarak gösterilmiştir. Çubuk-II Baraj Gölü'ne atıksu boşalımı olmaması dolayısıyla Ag düşük konsantrasyonda saptanmıştır. Bazı noktasal yükseklikler Ag içeriği yüksek bir kaynak girdisine bağlanabilir.

- Çizelge 4.11. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Cd yoğunlukları $\mu\text{g/g}$:

Ör. Yeri (cm)	1	2	3	4	5	6	7
5	0,056	0,057	0,089	0,08	0,03	0,02	0,09
10	0,016	0,015	0,09	0,09	0,06	0,05	0,03
15	0,2	0,28	0,1	0,3	0,08	0,06	0,01

5 ve 10 cm derinliklerinden alınan sediman örneklerinden elde edilen bulgular, Grafik 4.3.'de görülebileceği üzere ortalamanın dışında büyük farklar göstermektedir. 5 cm derinliğindeki değer aralığı 0,02–0,09 $\mu\text{g/g}$ 'dır. 10 cm derinliğindeki değer aralığı ise 0,015–0,09 $\mu\text{g/g}$ 'dır. Ancak, 15 cm derinliğinden 1, 2 ve 4 no'lu örnekleme noktalarından alınan sediman örneklerindeki Cd değerleri, diğer örnekleme noktalarından elde edilen verilere göre oldukça farklıdır. 15 cm derinlikte değer aralığı 0,01 ile 0,3 $\mu\text{g/g}$ 'dır. Bu farklılıklar, Cd içeriği yüksek bir su girdisine, doğal ya da antropojenik bir kaynak girdisine bağlanabilir.



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.3. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Cd yoğunlukları ($\mu\text{g/g}$)

Altındağ ve Yiğit'in(2005) Beyşehir Gölü'nde yapmış oldukları Çizelge 4.8. 'deki çalışmaya göre , Cd değeri 13,05 µg/g olarak bulunmuş olup; Çubuk-II Barajı'ndaki bütün değerlerden daha yüksektir. Soylak ve Yılmaz (2006),Çizelge 4.9.'da ise Palas Gölü'nde yapmış oldukları çalışmada en düşük Cd değerini 2,8 µg/g, en yüksek Cd değerini ise 4,8 µg/g olarak bulmuşlardır. Palas Gölü'ndeki bu değerler de Çubuk-II Barajı'ndaki bütün değerlerden daha yüksektir.

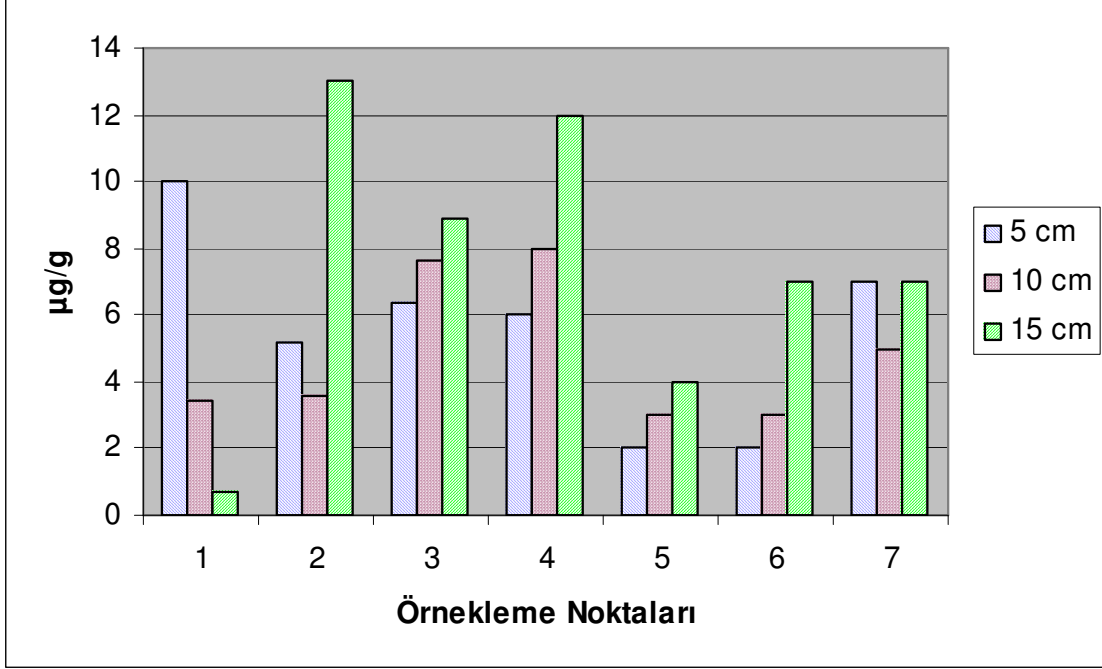
Çizelge 4.9.'da Dünya'da yapılmış değişik araştırmalarda Fytianos ve Lourantau'nun (2004) Volvi ve Koronia Gölü'nde (Yunanistan) bulunduğu Cd değerleri sırası ile 0,74–1,0 µg/g ve 0,97–1,0 µg/g 'dir. Bu değerler birbirine benzerlik göstermekle beraber, Çubuk-II Baraj Gölü'ndeki tüm bulgulardan daha yüksektir. An ve Kampel'in (2003) Teksoma Gölü (USA) sedimanında saptadıkları Cd değeri ise yine Çubuk-II Baraj Gölü'nden elde edilen değerlerden daha yüksek olmakla birlikte, bu değer 1-3 µg/g aralığında değişmektedir.

Çubuk-II Baraj Gölü'nden alınan sediman örnekleri incelendiğinde; EPA'nın geliştirmekte olduğu ve henüz kılavuz kriter aşamasındaki sedimanda ağır metal kirlilik kriterlerine göre kirlenmemiş sınıfındadır. (Bkz. Ek 3.)

- Çizelge 4.12. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Co yoğunlukları µg/g:

Ör.yeri (cm)	1	2	3	4	5	6	7
5	10	5,2	6,4	6	2	2	7
10	3,4	3,6	7,6	8	3	3	5
15	0,72	13	8,9	12	4	7	7

Grafik 4.4.'de görülebileceği gibi tüm örnekleme noktalarından alınan sediman örneklerinde elde edilen Co bulguları her derinlik için farklı değerlerde saptanmıştır. Ortalamadaki en az değişiklik 10 cm derinliğinde olup, değer aralığı 3 ile 8 µg/g olarak belirlenmiştir. Bu değer aralığı 5 cm derinliğinde 2 ile 10 µg/g, 15 cm derinliğinde 0,72 ile 13 µg/g'dır. Bu farklılıkların sediman örnekleme noktasının konumuyla ilgili olduğu düşünülebilir.



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.4. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Co yoğunlukları (µg/g)

Wenchuan ve ark. (2001), Çin'in en büyük tatlı su göllerinden biri olan Taihu Gölü'nden 13 farklı noktadan sediman örnekleri almış ve yüzey sedimanında yapmış oldukları analizde ortalama Co değerini 12,8 µg/g olarak bulmuşlardır. Bu göl, artılmamış veya kısmen arıtılmış endüstriyel atıksuları ihtiva eden nehirlerle bağlantısı olan bir göldür. Çubuk-II Baraj Gölü sadece 2 no'lu örnekleme noktasından ve 15 cm derinlikten alınan sediman örneğindeki Co değeri, Taihu Gölü ortalama Co değerine yakın bir değerdedir. Diğerleri daha düşüktür.

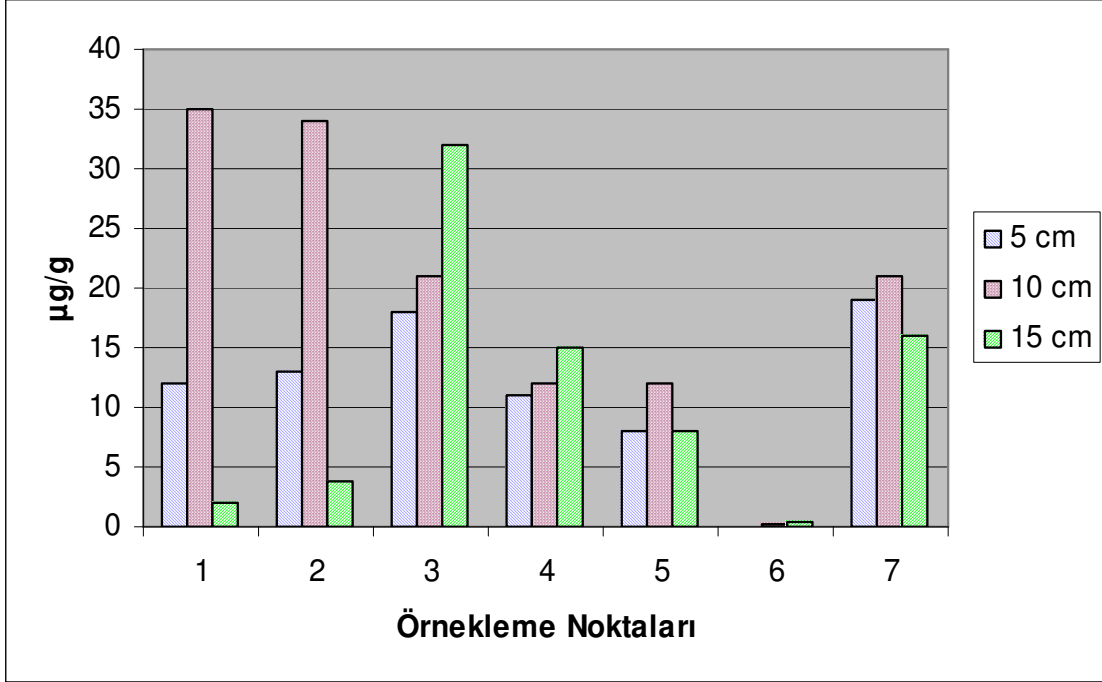
- Çizelge 4.13. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Cr yoğunlukları µg/g:

Ör. Yeri (cm)	1	2	3	4	5	6	7
5	12	13	18	11	8	0,1	19
10	35	34	21	12	12	0,2	21
15	2	3,8	32	15	8	0,5	16

Grafik 4.5. ' de görülebileceği gibi 10 cm'den alınan sediman örnekleri 1 ve 2 no'lu örnekleme noktalarında en yüksek değerlere sahiptir. 6 no'lu örnekleme noktasında ise tüm derinlikler için en düşük değerler elde edilmiştir. 5 cm derinliğinde değer aralığı 0,1–19 µg/g, 10 cm derinliğinde 0,2–35 µg/g, 15 cm derinliğinde ise 0,5–32 µg/g'dır. 10 cm derinlikten alınan örnekler ortalamaya yakınken, 15 cm'den alınanlar bazı yerlerde düşük bazı noktalarda yüksektir. Bunun nedeni olarak farklı zamanlarda farklı içerikli su ile gölün beslendiği düşünülebilir. 3 no'lu örnekleme noktasında dalgalanma olduğu gözlenmiştir. Bu farklılık, Cr içeriği yüksek bir su girdisine, doğal ya da antropojenik bir kaynak girdisine bağlanabilir.

Altındağ ve Yiğit'in (2005) Beyşehir Gölü'nde yapmış oldukları Çizelge 4.8.'deki çalışmaya göre, ortalama Cr değeri 0,24 µg/g olarak bulunmuş olup; bu değer Çubuk II Baraj Gölü'nden elde edilen Cr değerlerinden 5 cm için 1. ve 4. , 10 cm için 4. ve 5. örnekleme noktalarındaki değerlere yakındır. Mendil ve Uluözlü'nün(2006) Tokat göllerinde (Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy, Akın) yapmış oldukları çalışmaya göre ise, en yüksek Cr değeri 10,7 µg/g olarak bulunmuştur. En düşük değer olan 0,4 µg/g değeri ise hemen hemen bütün göllerde benzer değerlerdedir. Çubuk-II Baraj Gölü'nde elde edilen bulgulardan 10 cm için 1. ve 2. , 15 cm için 3. örnekleme noktalarındaki Cr değerleri bu göllerdeki değerlerden oldukça yüksektir. Özmen ve ark. (2004) Çizelge 4.9.'da Hazar Gölü'nde yapmış oldukları çalışmada Cr değerlerini 17-79 µg/g olarak bulurken; Soylak ve Yılmaz (2006) Palas Gölü'nde Cr değerlerini 22-58 µg/g arasında bulmuşlardır. Çubuk-II Baraj Gölü Cr değerleri bu bulguların maksimum değerlerinin tümünden daha düşüktür.

Dünya'da yapılmış değişik araştırmalarda Çizelge 4.9.'dan görüleceği gibi Fytianos ve Lourantau'nun (2004) Volvi ve Koronia Gölü'nde (Yunanistan) bulunduğu Cr değerleri sırası ile 20–25 µg/g ve 27-37 µg/g olarak bulunmuştur. Bu değerler birbirine benzerlik göstermekle beraber, Çubuk-II Baraj Gölü'nden elde edilen maksimum değerlere yakındır. An ve Kampel'in (2003) Teksoma Gölü (USA) sedimanında saptadıkları Cr değeri ise 12-51 µg/g değerleri arasında olup; Çubuk-II Baraj Gölü maksimum Cr değeri olan 35 µg/g değerinden oldukça yüksektir.



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.5. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Cr yoğunlukları (µg/g)

Çubuk-II Baraj Gölü Cr örnekleri incelendiğinde; EPA'nın geliştirmekte olduğu ve henüz kılavuz kriter aşamasındaki sedimanda ağır metal kirlilik kriterlerine göre 1. ve 2. örnekleme noktaları için 10 cm derinliğinde, 3. örnekleme noktası için 15 cm'de kirlilik orta derecededir. Diğer nokta ve derinliklerde kirlilik yoktur. (Bkz. Ek 3.)

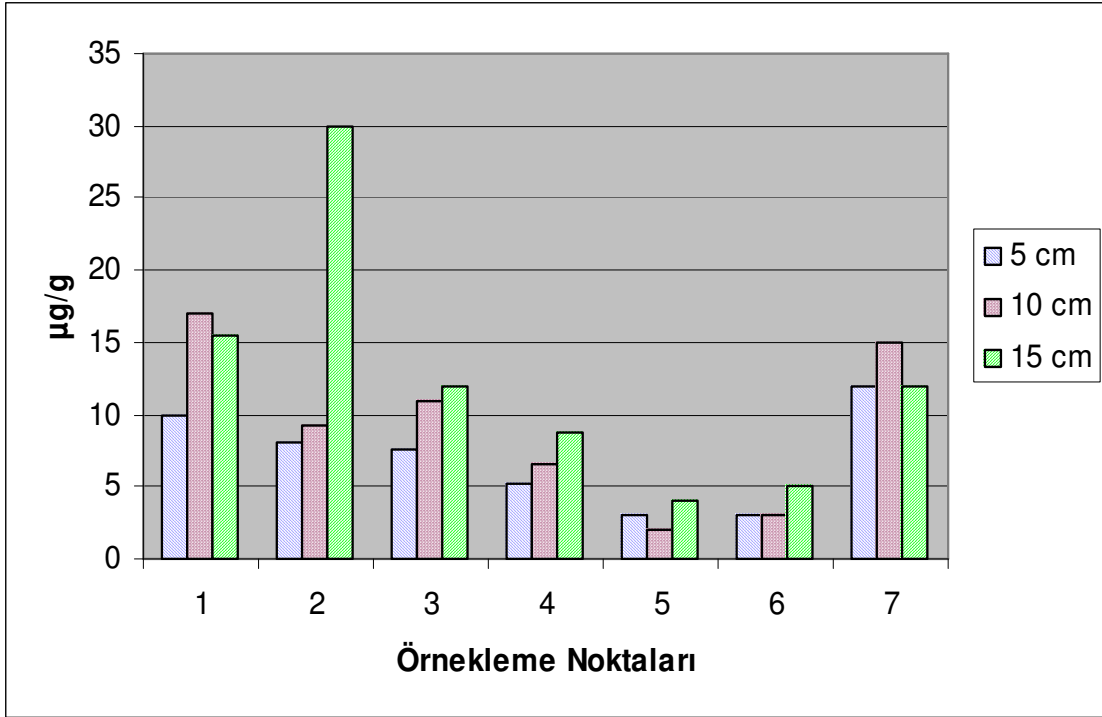
- Çizelge 4.14. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Cu yoğunlukları µg/g:

Ör.yeri (cm)	1	2	3	4	5	6	7
5	10	8,1	7,6	5,3	3	3	12
10	17	9,2	11	6,5	2	3	15
15	15,4	30	12	8,7	4	5	12

Alınan örneklerde Grafik 4.6. 'da görüldüğü üzere 5,10 ve 15 cm derinlikten alınan sedimanda bulunan bakır miktarları 2. örnekleme noktası dışında benzer dağılım göstermektedir. 2. örnekleme noktasındaysa 5 ve 10 cm'den alınan örnekte diğerlerine benzer olmakla beraber 15 cm'den alınan örnekte Cu miktarı yaklaşık 2 katına çıkmaktadır. 5 cm derinliğinde değer aralığı 3–12 µg/g, 10 cm derinliğinde 2–17 µg/g, 15 cm derinliğinde ise 4–30 µg/g'dır. Cu yoğunluklarının 5, 10, 15 cm derinliklerine göre incelendiğinde, çoğunda yoğunlukların 5<10<15 şeklinde olduğu gözlenebilir. Bu Cu birikiminin giderek daha azaldığını düşündürür.

Mendil ve Uluözlü'nün(2006) Tokat göllerinde (Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy, Akın) yapmış oldukları çalışmaya göre, en yüksek Cu değeri 8,2 µg/g olarak bulunmuştur. En düşük değer olan 0,3 µg/g değeri ise hemen hemen bütün göllerde benzer değerlerdedir. Çubuk-II Baraj Gölü'nde elde edilen bulguların ortalama değeri 9,5 µg/g iken; 5 cm için 2. , 15 cm için 4. örnekleme noktalarındaki Cu değerleri bu göllerdeki maksimum değere yakındır. Özmen ve ark. (2004) ,Çizelge 4.9.'da Hazar Gölü'nde yapmış oldukları çalışmada Cu değerlerini 15-23 µg/g olarak bulurken; Soylak ve Yılmaz (2006) Palas Gölü'nde Cu değerlerini 0-51 µg/g arasında bulmuş, Kakarade ve Ünlü (2000) Atatürk Baraj Gölü'nde Çizelge 4.9.'da yaptıkları çalışmada ise Cu değerlerini 15-23 µg/g olarak tayin etmişlerdir. Çubuk-II Baraj Gölü'nden elde edilen Cu bulgularının ortalama değeri olan 9,5 µg/g; Palas, Hazar ve Atatürk Baraj Göllerinin en düşük Cu değerlerine yakın olmakla beraber,daha düşük olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.9.'da görüleceği gibi, Dünya'da yapılmış değişik araştırmalarda Fytianos ve Lourantau'nun (2004) Volvi ve Koronia Gölü'nde (Yunanistan) bulduğu Cu değerleri sırası ile 12-16 µg/g ve 15-19 µg/g olarak bulunmuştur. Bu değerler birbirine benzerlik göstermekle beraber, Çubuk-II Baraj Gölü'nden elde edilen ortalama Cu değerinden yüksektir. An ve Kampel'in (2003) Teksoma Gölü (USA) sedimanında saptadıkları Cu değeri ise 9-136 µg/g değerleri arasında olup; bu geniş ölçekteki minimum Cu değeri Çubuk-II Baraj Gölü ortalama Cu değeri olan 9,5 µg/g değerine oldukça yakındır.



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.6. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Cu yoğunlukları (µg/g)

Çubuk-II Baraj Gölü'nden alınan sediman örnekleri incelendiğinde; EPA'nın geliştirmekte olduğu ve henüz kılavuz kriter aşamasındaki sedimanda ağır metal kirlilik kriterlerine göre kirlenmemiş sınıfındadır. (Bkz. Ek 3.)

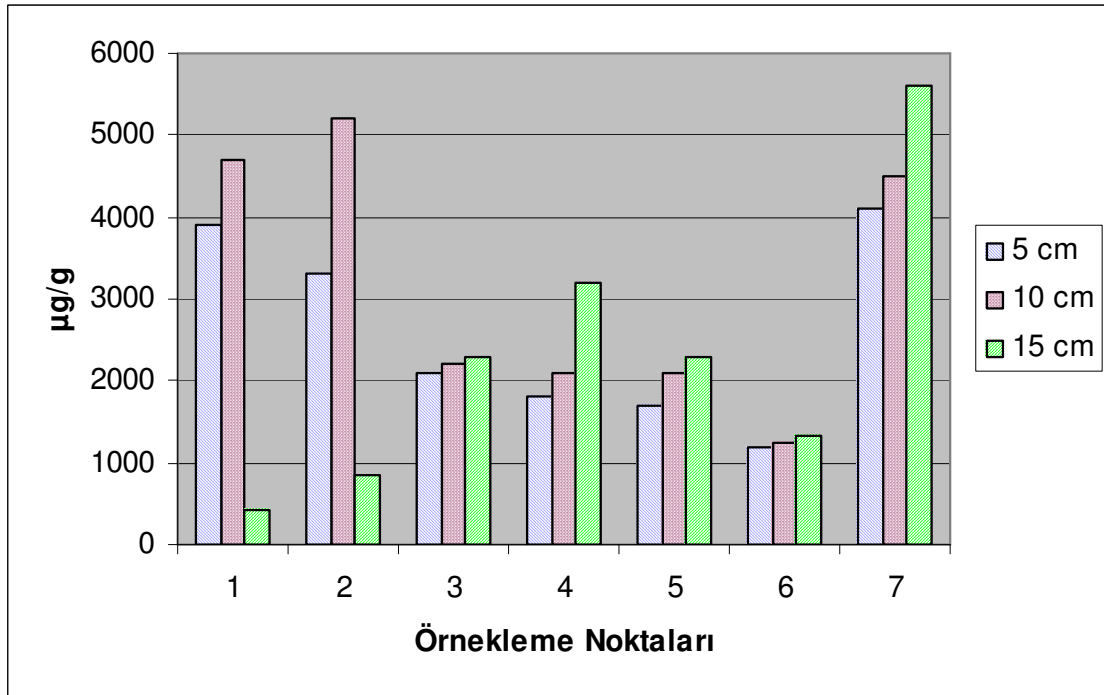
- Çizelge 4.15. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Fe yoğunlukları µg/g:

Ör. Yeri (cm)	1	2	3	4	5	6	7
5	3900	3300	2100	1800	1700	1200	4100
10	4700	5200	2200	2100	2100	1250	4500
15	420	840	2300	3200	2300	1320	5600

Çubuk-II Barajı'nda elde edilen ağır metal yoğunlukları incelendiğinde, Fe değerlerinin her örnekleme noktasında ve her derinlikte diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında ise en yüksek yoğunlukta olduğu bulunmuştur. Grafik

4.7.'de 15 cm derinlik için 1 no'lu örnekleme noktası ile 7 no'lu örnekleme noktasında Fe yoğunlukları en yüksektir. 5 cm derinliğinde değer aralığı 1200-4100 µg/g, 10 cm derinliğinde 1250-5200 µg/g, 15 cm derinliğinde ise 420–5600 µg/g'dır. Çubuk-II barajı su örneklerinde de aynı şekilde demir yoğunluğu, sedimanla uyumlu şekilde, diğer metallerden yüksek bulunmuştur (0,02mg/L). Fe yoğunlukları Grafik 4.7.'de incelendiğinde, 5,10 ve 15 cm'de çok farklı değerlerdedir. Arazinin konumu bu birikim farkına neden olabilir.

Sedimanda bulunan Fe miktarı Mendil ve Uluözlü'nün(2006) Tokat göllerinde Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy, Akın, örneklerinin tamamından yüksek olup aynı şekilde Çizelge 4.9.'da Soylak ve Yılmaz'ın(2006) Palas Gölü sediman Fe değerlerinden de yüksektir. Yine Çizelge 4.9.'dan Hazar Gölü'nde saptanan maksimum değer ise Çubuk-II sedimanında saptanan maksimum değerden daha yüksektir.(2004)



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.7. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Fe yoğunlukları (µg/g)

Çubuk-II Baraj Gölü sedimanındaki Fe miktarı ile Çizelge 4.9.'daki Dünya'da yapılmış değişik araştırmaları karşılaştırdığımızda; Fytianos ve Lourantau'nun (2004) Volvi Gölü'nde (Yunanistan) bulunduğu Fe 'den daha yüksek olmakla beraber

Koronia Gölü değerlerine benzerlik göstermektedir. An ve Kampel'in(2003)Teksoma Gölü (USA) sedimanında saptadıkları Fe değeri ise Çubuk-II Fe'i maksimum değerinden çok yüksektir.

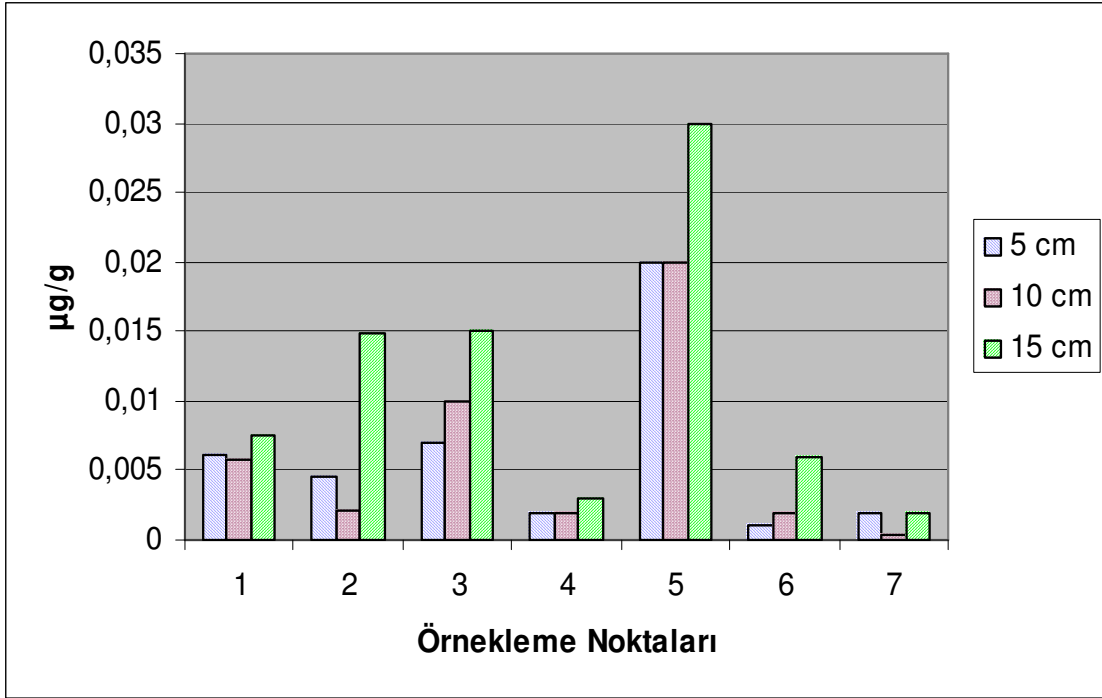
Çubuk-II Baraj Gölü Fe örnekleri incelendiğinde; EPA'nın geliştirmekte olduğu ve henüz kılavuz kriter aşamasındaki sedimanda ağır metal kirlilik kriterlerine göre kirlilik yoktur. (Bkz. Ek 3.)

- Çizelge 4.16. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Hg yoğunlukları $\mu\text{g/g}$:

Ör.yeri (cm)	1	2	3	4	5	6	7
5	0,0062	0,0046	0,007	0,002	0,02	0,001	0,002
10	0,0057	0,0021	0,01	0,002	0,02	0,002	0,0003
15	0,0076	0,0148	0,015	0,003	0,03	0,006	0,002

Grafik 4.8.'de de görülebileceği gibi 5. örnekleme noktasından alınan sediman örneklerindeki Hg miktarları diğer derinliklerden elde edilen bulgulara göre daha yüksek değerlere sahiptir. 5 ve 10 cm'den alınan örneklerdeki tüm bulgular yaklaşık miktarlarda olup, değer aralığı 0,0003 ve 0,01 $\mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir.15 cm'den alınan örnekte ise 2,3 ve 5. nokta örnekleri Hg miktarları aynı noktadan 5 ve 10 cm'den alınan örneklere göre oldukça farklıdır. 15 cm derinliklerinden alınan örneklerdeki Hg miktarları 0,002–0,015 $\mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir. 15 cm'deki Hg yoğunluğu daha yüksektir. Bu farklılık, Hg içeriği yüksek bir su girdisine, doğal ya da antropojenik bir kaynak girdisine bağlanabilir.

Altındağ ve Yiğit'in (2005) Çizelge 4.8.'de Beyşehir Gölü'nde yapmış oldukları çalışmaya göre ortalama Hg değeri 0,24 $\mu\text{g/g}$ olup; Çubuk-II Baraj Gölü Hg değerlerinin tümüne göre oldukça yüksektir.



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.8. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Hg yoğunlukları (µg/g)

Roach'un (2004), Avustralya'daki Macquarie Gölü'nde 23 değişik noktadan aldığı örneklerin analizi ile elde etmiş olduğu Hg değerlerinin ortalaması 0,47 µg/g'dır. Bu değer, Çubuk-II Baraj Gölü Hg değerlerinin tümünden yüksektir. Wenchuan ve ark. (2001), Çin'in en büyük tatlı su göllerinden biri olan Taihu Gölü'nden 13 farklı noktadan sediman örnekleri almış ve yüzey sedimanında yapmış oldukları analizde ortalama Hg değerini 0,09 µg/g olarak bulmuşlardır. Bu yüksek değerlerin sebebini yüksek olasılıkla artılmamış veya kısmen artırılmış endüstriyel atıksuları ihtiva eden nehirlerin göle olan bağlantıları olarak göstermişlerdir.

- Çizelge 4.17. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Ni yoğunlukları µg/g:

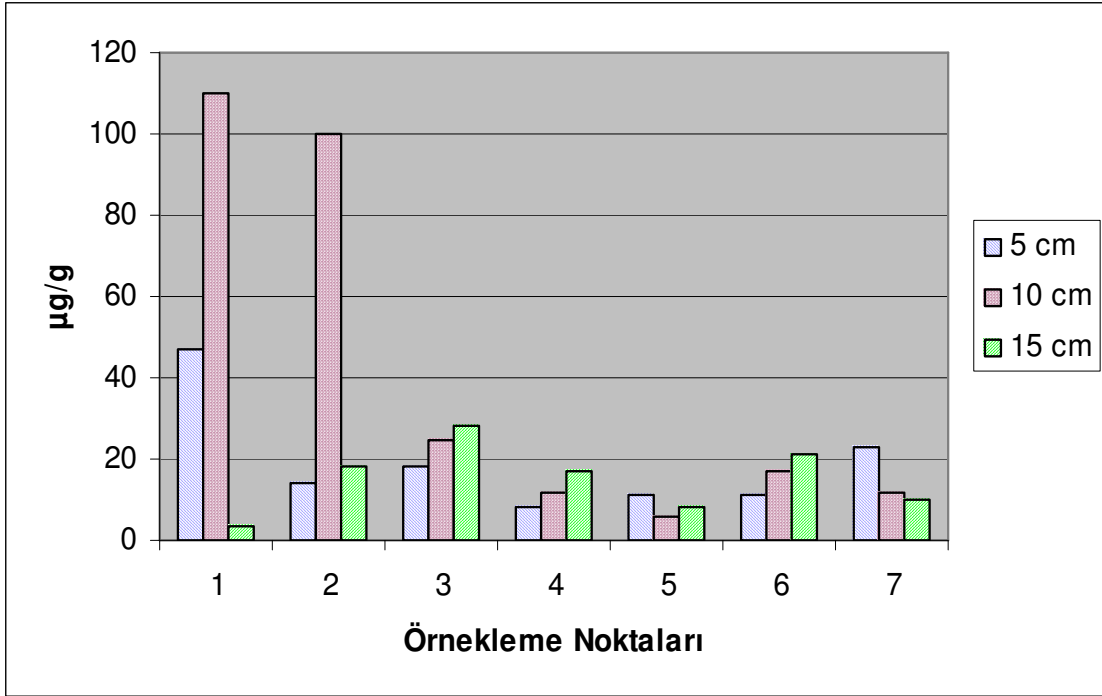
Ör. Yeri (cm)	1	2	3	4	5	6	7
5	47	14	18	8	11	11	23
10	110	100	25	12	6	17	12
15	3,6	18,2	28	17	8	21	10

5 ve 15 cm derinliklerinden alınan sediman örneklerindeki bulguların, Grafik 4.9.'dan da görülebileceği üzere, benzer dağılım gösterdiği söylenebilir. 5 cm için değer aralığı 11-47 µg/g, 15 cm için ise 3,6-28 µg/g'dır. Ancak 10 cm derinlik için 1 ve 2 no'lu örnekleme noktalarındaki değerler diğer örnekleme noktalarındaki değerlere göre büyük farklılık göstermiştir. 10 cm için değer aralığı 6 µg/g ile 110 µg/g arasında değişmektedir. Ni değerleri, 10 cm'de daha yoğun olup; diğer derinliklere göre farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar örnekleme noktasının konumuyla veya Ni içeriği yüksek bir su girdisiyle ilgili olabilir.

Mendil ve Uluözlü'nün(2006) Tokat göllerinde (Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy, Akın) yapmış oldukları çalışmaya göre, en yüksek Ni değeri 55,4 µg/g olarak bulunmuş olup; en düşük değer ise 1,9 µg/g'dir. Çubuk-II Baraj Gölü maksimum Ni değeri, bu göllerde elde edilen maksimum Ni değerinden daha yüksektir. Bu göllerin minimum Ni değeri ise daha düşüktür. Özmen ve ark. (2004) Çizelge 4.9.'da Hazar Gölü'nde yapmış oldukları çalışmada Ni değerlerini 38–130 µg/g olarak bulurken; Kakarade ve Ünlü (2000) Atatürk Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada ise Ni değerlerini 44–140 µg/g olarak tayin etmişlerdir. Çubuk-II Baraj Gölü 10 cm'den alınan 1. ve 2. no'lu örnekleme noktalarından elde edilen Ni değerleri Hazar Gölü ve Atatürk Baraj Gölü maksimum Ni değerlerine yakındır.

An ve Kempel'in (2003) ,Çizelge 4.9.'da Teksoma Gölü (USA) sedimanında saptadıkları Ni değeri 6–31 µg/g değerleri arasında olup; Çubuk-II Baraj Gölü ortalama Ni değeri 24,75 µg/g olup, bu değer Teksoma Gölü Ni değer aralığı içerisinde yer almaktadır.

Çubuk-II Baraj Gölü Cr örnekleri incelendiğinde; EPA'nın geliştirmekte olduğu ve henüz kılavuz kriter aşamasındaki sedimanda ağır metal kirlilik kriterlerine göre 1. örnekleme noktası için 5 cm'de, 3. örnekleme noktasında 10 ve 15 cm'de, 6. örnekleme noktasında 15 cm'de ve 7. örnekleme noktasında 5 cm'de orta derecede kirlilik; 1. ve 2. örnekleme noktasında ise 10 cm'de aşırı kirlilik vardır. Bu iki noktadaki kirlilik, örnekleme noktalarının konumuna bağlı olabilir. Diğer nokta ve derinliklerde kirlilik yoktur. (Bkz. Ek 3.)



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.9. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Ni yoğunlukları (µg/g)

- Çizelge 4.18. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Pb yoğunlukları µg/g:

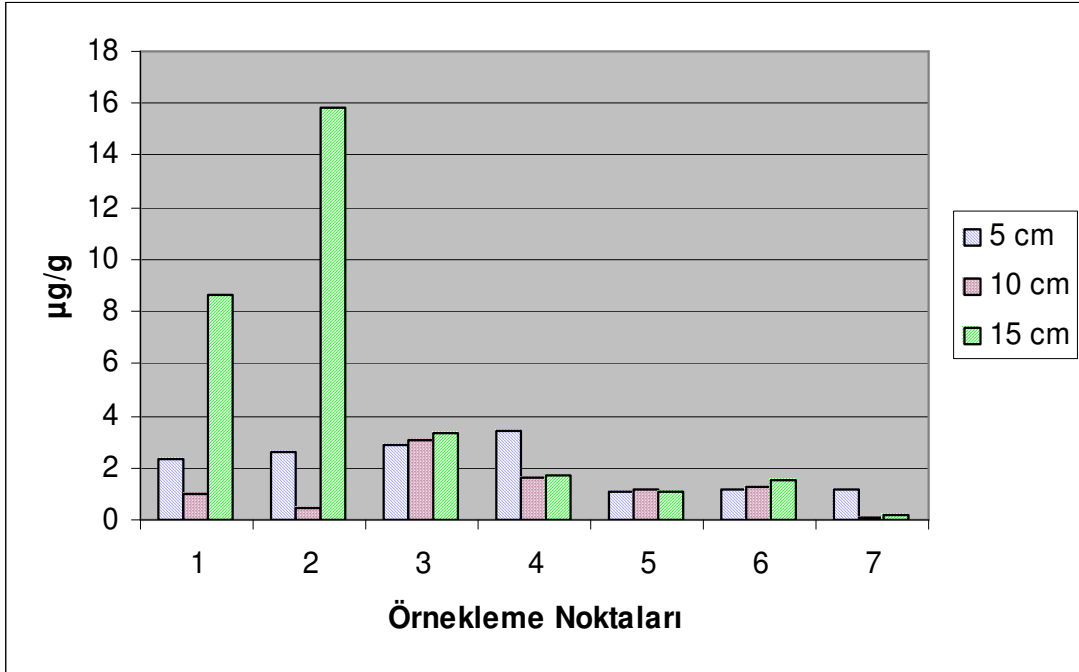
Ör.yeri (cm)	1	2	3	4	5	6	7
5	2,30	2,6	2,9	3,4	1,1	1,2	1,2
10	0,97	0,44	3,1	1,6	1,2	1,3	0,09
15	8,6	15,8	3,3	1,7	1,1	1,5	0,2

Grafik 4.10.'a göre Pb verileri 5 cm ve 10 cm için tüm örnekleme noktalarında benzer dağılım göstermektedir. 5 cm için değer aralığı 1,1–3,4 µg/g'dır. 10 cm için ise değer aralığı 0,09–3,1 µg/g'dır. Ancak 15 cm derinlik için 1 ve 2 no'lu örnekleme noktalarındaki değerler diğer örnekleme noktalarındaki değerlere göre farklılık göstermiştir. 15 cm derinlik için değer aralığı 0,2–15,8 µg/g olarak bulunmuştur. Bazı noktalarda 15 cm'de daha yoğun Pb değerleri gözükmemektedir, ancak genelde dengeli bir dağılım gözlenmektedir.

Çubuk-II Baraj Gölü Pb değerlerinin tümü; Altındağ ve Yiğit'in (2005) Çizelge 4.8.'de Beyşehir Gölü'nde yapmış oldukları çalışmaya göre ortalama Pb değeri olan 32,65 µg/g' den oldukça düşüktür. Mendil ve Uluözlü'nün(2006) Tokat göllerinde (Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy, Akın) yapmış oldukları çalışmaya göre ise, en yüksek Pb değeri 7,0 µg/g olarak bulunmuştur. En düşük değer olan 0,2 µg/g değeri ise hemen hemen bütün göllerde benzer değerlerdedir. Çubuk-II Baraj Gölü'nden elde edilen bulgulardan 15 cm için 1. örnekleme noktasındaki Pb değeri bu göllerden elde edilen maksimum değere benzerlik göstermektedir. Yine 15 cm için 7. örnekleme noktasındaki Pb değeri ise minimum değerle örtüşmektedir. Kakarade ve Ünlü (2000) Çizelge 4.9.'da Atatürk Barajı'nda yaptıkları çalışmada Pb değerini 1,0 µg/g olarak elde etmişlerdir. Bu değer Çubuk-II Baraj Gölü ortalama Pb değeri olan 2,6 µg/g değerinden daha düşüktür.

Dünya'da yapılmış değişik araştırmalarda ,Çizelge 4.9.'dan de görüleceği üzere, Fytianos ve Lourantau'nun (2004) Volvi ve Koronia Gölü'nde (Yunanistan) bulunduğu Pb değerleri sırası ile 10,5-14,4 µg/g ve 16,3-24,5 µg/g olarak bulunmuştur. Bu değerler Çubuk-II Baraj Gölü'nden elde edilen tüm değerlerden daha yüksektir. An ve Kampel'in (2003) Teksoma Gölü (USA) sedimanında saptadıkları Pb değeri ise 5-15 µg/g değerleri arasında olup; Çubuk-II Baraj Gölü Pb değerlerinin 15 cm için 2. örnekleme noktasındaki 15,8 µg/g değerinden daha düşüktür. Yine 15 cm için 1. örnekleme noktasındaki 8,6 µg/g değeri ise, Teksoma Gölü minimum değerinden daha yüksektir.

Çubuk-II Baraj Gölü'nden alınan sediman örnekleri incelendiğinde; EPA'nın geliştirmekte olduğu ve henüz kılavuz kriter aşamasındaki sedimanda ağır metal kirlilik kriterlerine göre kirlenmemiş sınıfındadır. (Bkz. Ek 3.)



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.10. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Pb yoğunlukları (µg/g)

- Çizelge 4.19. Farklı derinliklerden alınan örneklerdeki Zn yoğunlukları µg/g:

Ör.yeri (cm)	1	2	3	4	5	6	7
5	7,4	4,8	4,2	2,5	2	1	96
10	5,2	4,4	7,4	1,9	17	2	56
15	6,4	10,2	8	2,9	21	4	87

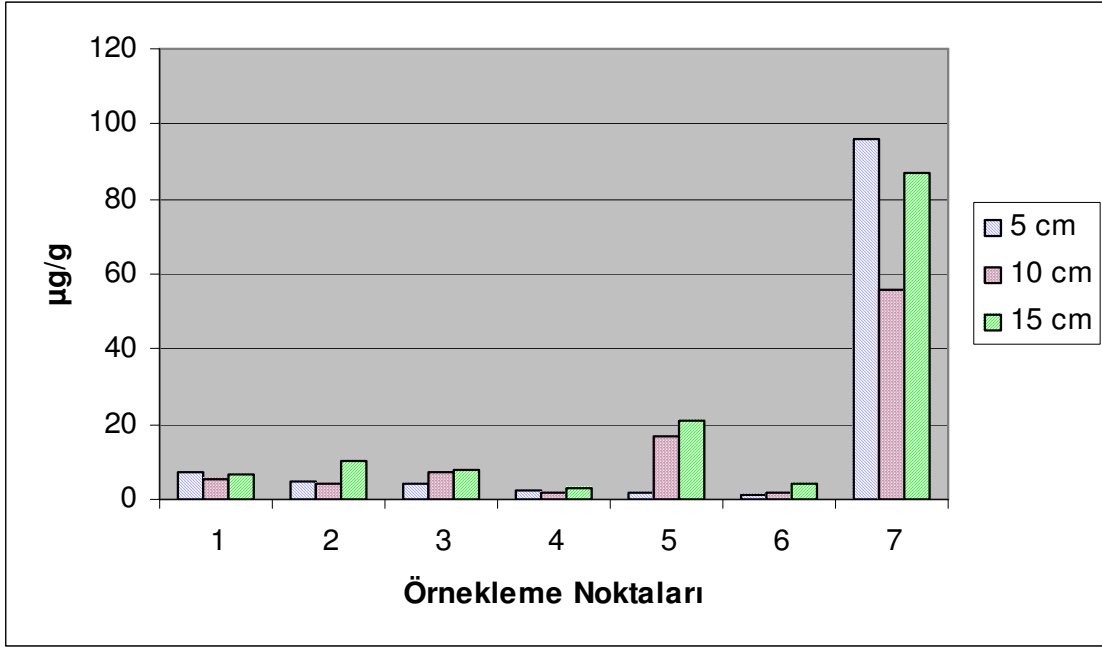
7 no'lu örnekleme noktasından alınan sediman örneklerinden elde edilen Zn değerleri tüm derinlikler ve tüm diğer örnekleme noktalarına göre büyük farklılık göstermiştir. 7 no'lu örnekleme noktasından elde edilen değerler dışında kalan diğer değerlerin, benzer dağılımlar gösterdiği Grafik 4.11.'den gözlenebilir. Yani, 7 no'lu örnekleme noktası dışında Zn yoğunlukları birbirine yakın değerdedir. 5 cm için değer aralığı 1-96 µg/g, 10 cm için değer aralığı 1,9-56 µg/g ve 15 cm için değer aralığı 2,9-87 µg/g'dır. Mendil ve Uluözlü'nün(2006) Tokat göllerinde (Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy, Akın) yapmış oldukları çalışmaya göre, en yüksek Zn değeri 38,9 µg/g olarak bulunmuş olup; en düşük değer ise

1,9 µg/g'dir. Özmen ve ark. (2004) Hazar Gölü'nde Çizelge 4.9.'da yapmış oldukları çalışmada Zn değerlerini 46-210 µg/g olarak bulurken; Soylak ve Yılmaz (2006) Palas Gölü'nde Zn değerlerini 10-47 µg/g arasında bulmuş, Kakarade ve Ünlü (2000) Atatürk Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada ise Zn değerlerini 59-61 µg/g olarak tayin etmişlerdir. Çubuk-II Baraj Gölü ortalama değeri 16,73 µg/g'dir. Daha önceki çalışmalarda elde edilen veriler Çubuk-II Baraj Gölü'nde elde edilen bulgulardan, 7. örnekleme noktasındaki değerler dışında oldukça yüksektir.

Çizelge 4.9.'da, Dünya'da yapılmış değişik araştırmalarda Fytianos ve Lourantau'nun (2004) Volvi ve Koronia Gölü'nde (Yunanistan) bulduğu Zn değerleri sırası ile 48–75 µg/g ve 72–100 µg/g 'dır. An ve Kampel'in (2003) Teksoma Gölü (USA) sedimanında saptadıkları Zn değeri ise 33–242 µg/g değerleri arasındadır. Bu değerler Çubuk-II Baraj Gölü'nden elde edilen tüm değerlerden, 7.örnekleme noktası hariç oldukça yüksektir. Ancak; Teksoma Gölü Zn maksimum değeri de, Çubuk-II Baraj Gölü 7. örnekleme noktası Zn değerlerinden çok yüksektir.

Çubuk-II Baraj Gölü Zn örnekleri incelendiğinde; EPA'nın geliştirmekte olduğu ve henüz kılavuz kriter aşamasındaki sedimanda ağır metal kirlilik kriterlerine göre 7. örnekleme noktası için 5 cm'de orta derecede kirlilik vardır. Ayrıca; 7. örnekleme noktası için 15 cm'de orta derecede kirliliğe yakın bir değer gözlenmektedir. Diğer nokta ve derinliklerde kirlilik yoktur. (Bkz. Ek 3.)

7. Örnekleme noktasının Zn değerinin daha yüksek çıkması,doğal ya da antropojenik bir kaynak girdisine bağlanabilir.



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.11. Değişik örnekleme noktalarına göre bulunan Zn yoğunlukları (µg/g)

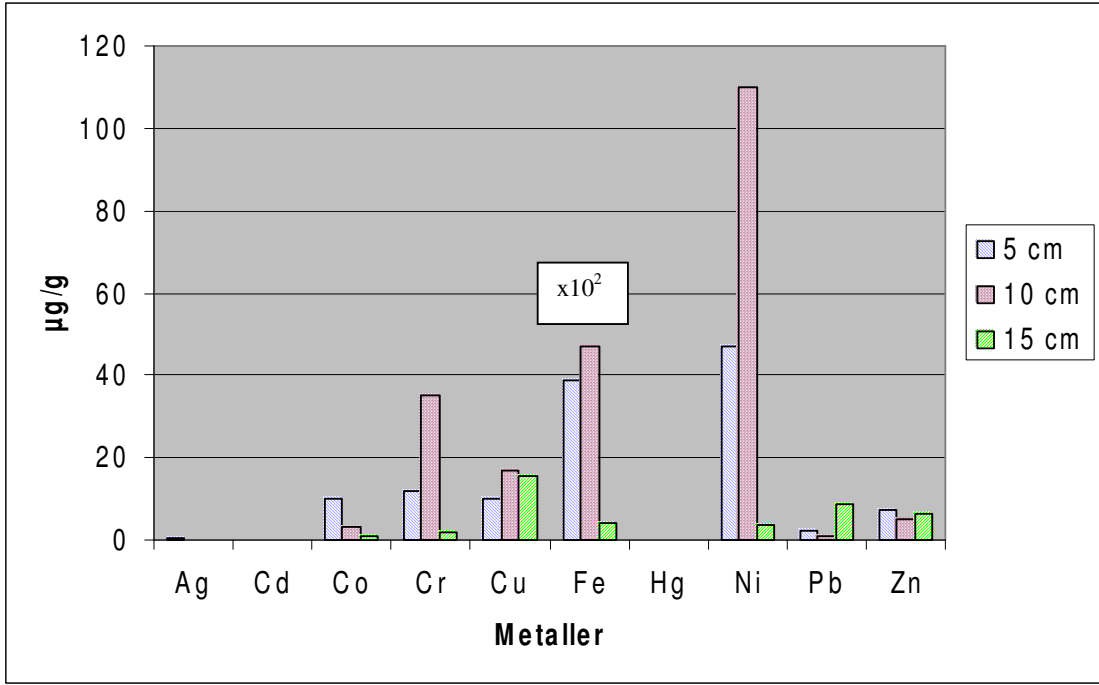
4.2.2 Metallerin örnekleme yerlerine göre analiz sonuçları

1. Örnekleme Yeri:

Çizelge 4.20. 1 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri (µg/g)

Ör.yeri(cm)	Ag	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
5	0,36	0,056	10	12	10	3900	0,0062	47	2,3	7,4
10	0,21	0,016	3,4	35	17	4700	0,0057	110	0,97	5,2
15	0,0066	0,2	0,72	2	15,4	420	0,0076	3,6	8,6	6,4

Grafik 4.12.'ye göre; 15 cm derinlikte ağır metal yoğunluğunun diğer derinliklerden daha az olduğu gözlenmektedir. 10 cm derinlikte ise metal yoğunluğu diğer derinliklere göre daha fazladır. Bu sonuç; yıllar önce gerçekleşmiş doğal ya da antropojenik kaynaklı metal içeriği yüksek bir su girdisine bağlanabilir.



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.12. 1 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları (µg/g)

Alınan sediman örneklerinden 1. örnekleme noktasında metallerin büyüklük sıralaması Grafik 4.12.'de görüldüğü gibi;

5 cm'e de:

Fe > Ni > Cr > Co = Cu > Zn > Pb > Ag > Cd > Hg

10 cm'e de:

Fe > Ni > Cr > Cu > Zn > Co > Pb > Ag > Cd > Hg

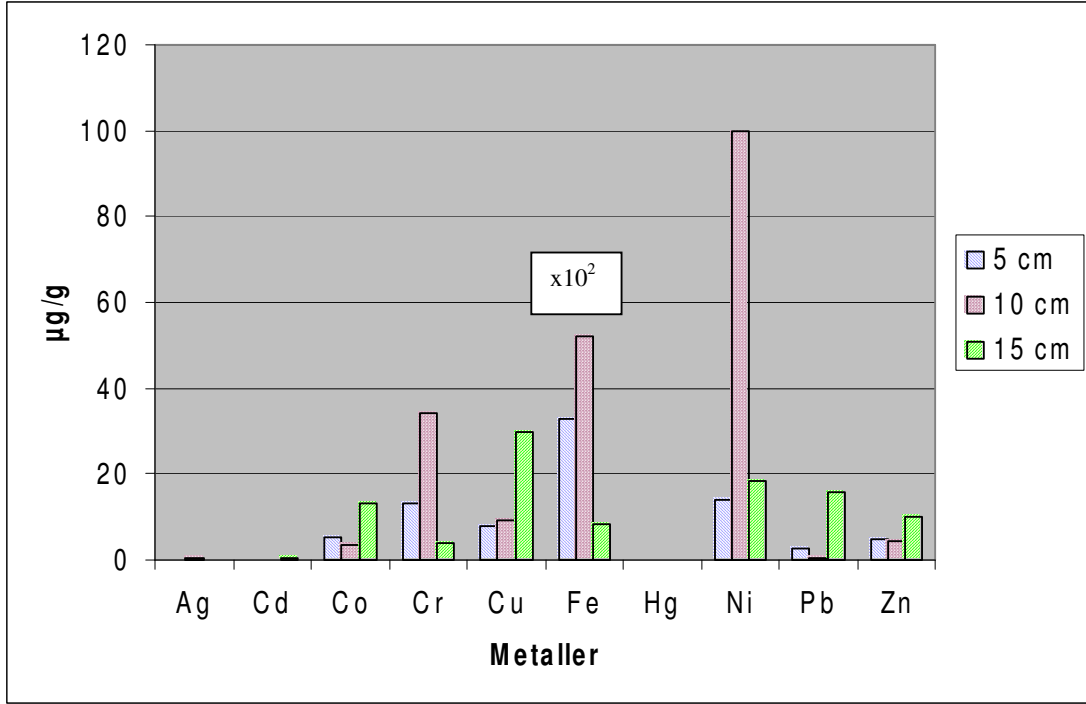
15 cm'e de:

Fe > Cu > Pb > Zn > Ni > Cr > Co > Cd > Hg > Ag şeklinde olup Fe her üç derinlikte de en büyük yoğunluktur. Hg, Ag ve Cd ise 1.örnekleme noktasında en düşük üç değeri oluşturmaktadır.

2. Örnekleme Yeri:

Çizelge 4.21. 2 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Ör.yeri(cm)	Ag	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
5	0,18	0,057	5,2	13	8,1	3300	0,0046	14	2,6	4,8
10	0,22	0,015	3,6	34	9,2	5200	0,0021	100	0,44	4,4
15	0,0164	0,28	13	3,8	30	840	0,0148	18,2	15,8	10,2



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.13. 2 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları ($\mu\text{g/g}$)

Alınan sediman örneklerinden 2. örnekleme noktasında metallerin büyüklük sıralaması Grafik 4.13. 'de görüldüğü gibi;

5 cm'e göre:

Fe > Ni > Cr > Cu > Co > Zn > Pb > Ag > Cd > Hg

10 cm'e göre:

Fe > Ni > Cr > Cu > Zn > Co > Pb > Ag > Cd > Hg

15 cm'e göre:

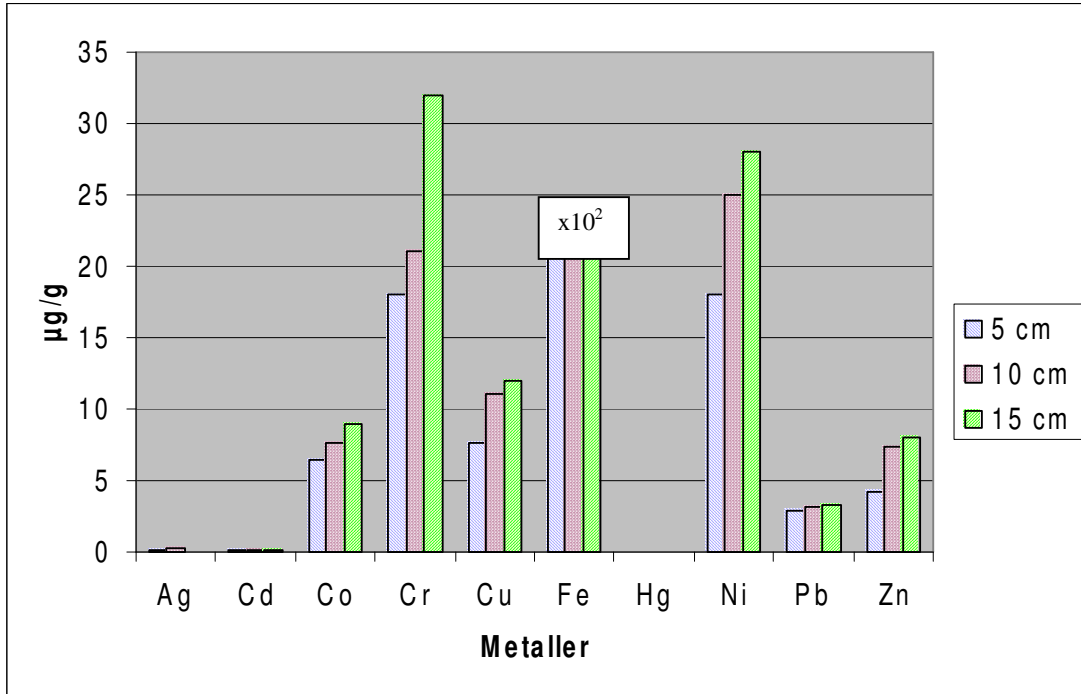
Fe > Cu > Ni > Pb > Co > Zn > Cr > Cd > Hg > Ag

Grafik 4.13.'e göre; her üç derinlikte de en yüksek yoğunluklar demire aittir. 2 no'lu örnekleme noktasında 10 cm'de Ni diğer derinliklerden oldukça yüksek bir değerdedir. Genel 15 cm'de metallerin daha yoğun olduğu söylenebilir. Bu durumu 5 cm'deki sedimanın tam çökelmemiş olmasına bağlayabiliriz.

3. Örnekleme Yeri:

Çizelge 4.22. 3 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Ör.yeri(cm)	Ag	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
5	0,18	0,089	6,4	18	7,6	2100	0,007	18	2,9	4,2
10	0,22	0,09	7,6	21	11	2200	0,01	25	3,1	7,4
15	0,0164	0,1	8,9	32	12	2300	0,015	28	3,3	8



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.14. 3 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları ($\mu\text{g/g}$)

Alınan sediman örneklerinden 3. örnekleme noktasında metallerin büyüklük sıralaması Grafik 4.14.'de görüldüğü gibi;

5 cm'e göre:

Fe > Ni = Cr > Cu > Co > Zn > Pb > Ag > Cd > Hg

10 cm'e göre:

Fe > Ni > Cr > Cu > Co > Zn > Pb > Ag > Cd > Hg

15 cm'e göre:

Fe > Cr > Ni > Cu > Co > Zn > Pb > Cd > Ag > Hg

Grafik 4.14.'e göre; 3 no'lu örnekleme noktasında; 5,10 ve 15 cm'de Fe yüksek değerdedir. 15 cm'de tüm metaller daha yoğun olmasına rağmen, genel olarak tüm derinliklerde birbirlerine yakın değerler gözlenmektedir.

4. Örnekleme Yeri:

Çizelge 4.23. 4No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Ör.yeri(cm)	Ag	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
5	0,16	0,08	6	11	5,3	1800	0,002	8	3,4	2,5
10	0,19	0,09	8	12	6,5	2100	0,002	12	1,6	1,9
15	0,4	0,3	12	15	8,7	3200	0,003	17	1,7	2,9

Alınan sediman örneklerinden 4. örnekleme noktasında metallerin büyüklük sıralaması Grafik 4.15. 'de görüldüğü gibi;

5 cm'e göre:

Fe > Cr > Ni > Co > Cu > Pb > Zn > Ag > Cd > Hg

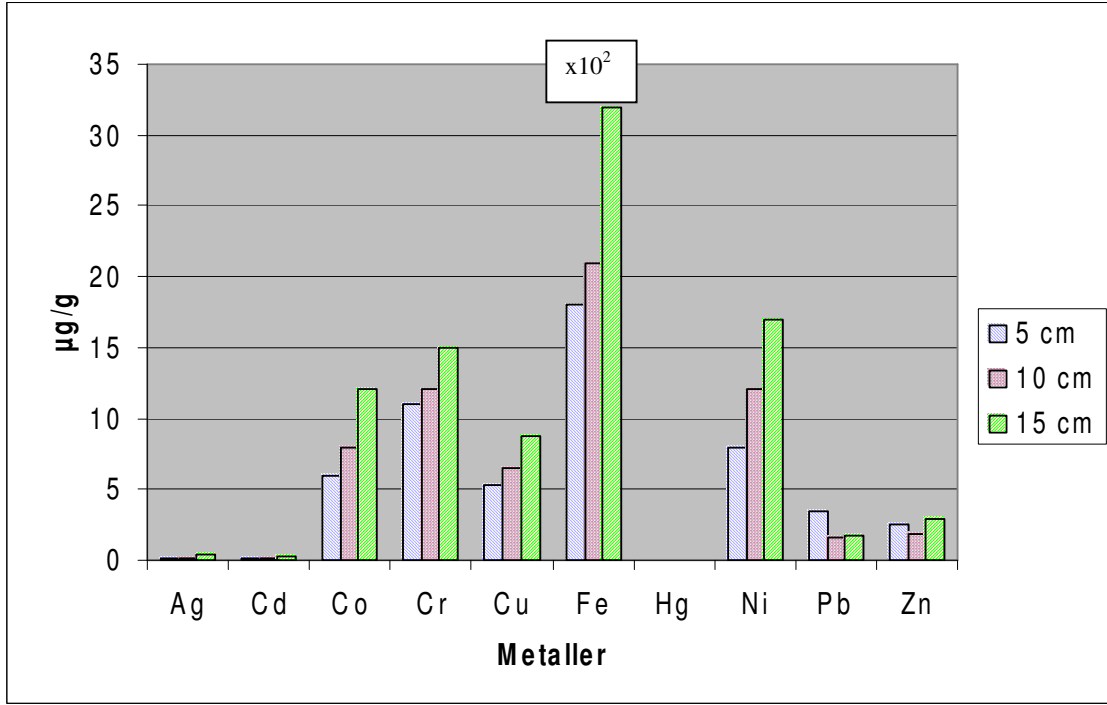
10 cm'e göre:

Fe > Ni = Cr > Co > Cu > Zn > Pb > Ag > Cd > Hg

15 cm'e göre:

Fe > Ni > Cr > Co > Cu > Zn > Pb > Ag > Cd > Hg

Grafik 4.15.'e göre; Fe tamamında yüksek değerdedir. 5 cm'de metaller sediman-su dengesinden suya karışımıyla, daha azdır. Genel olarak baktığımızda tüm metallerde en fazla yoğunluk 15 > 10 > 5 cm şeklindedir. Bu, 5 ve 10 cm'deki sedimanın tam çökelmemiş olmasına bağlanabilir.



* Standart sapma % 5'in altındadır.

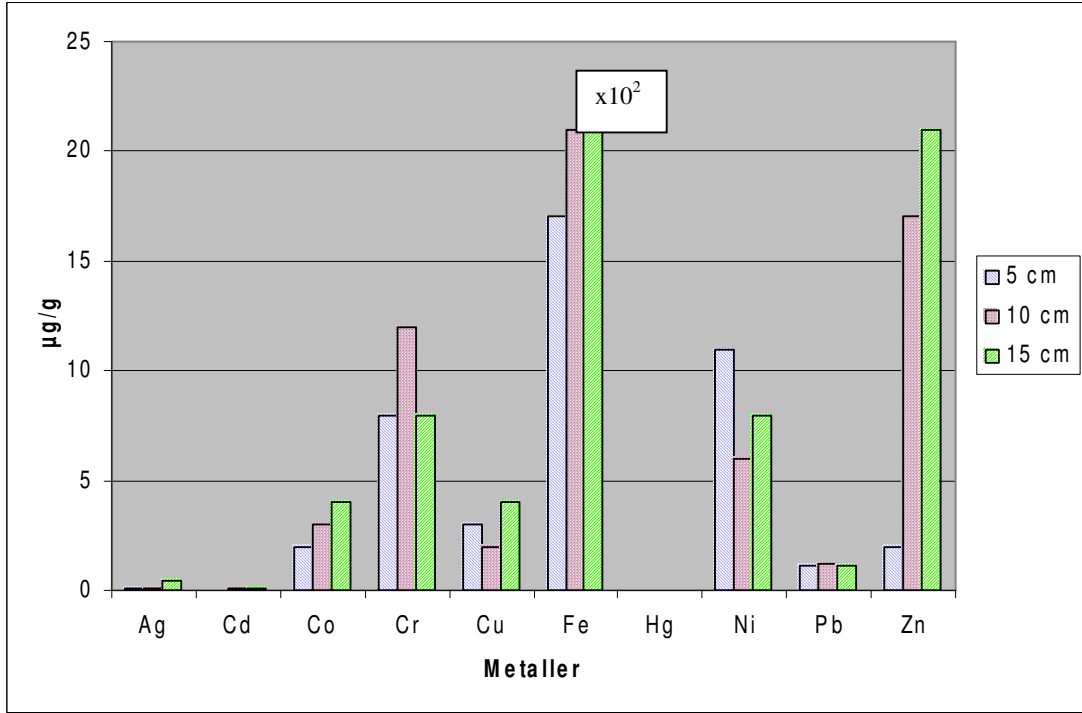
Grafik 4.15. 4 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları (µg/g)

5. Örnekleme Yeri:

Çizelge 4.24. 5 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri (µg/g)

Ör.yeri(cm)	Ag	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
5	0,09	0,03	2	8	3	1700	0,02	11	1,1	2
10	0,1	0,06	3	12	2	2100	0,02	6	1,2	17
15	0,4	0,08	4	8	4	2300	0,03	8	1,1	21

Grafik 4.16'ya göre; 5 no'lu örnekleme noktasında; 5,10 ve 15 cm'den alınan metal örnekleri düzenlilik göstermektedir. Bu sonuç, su içeriğinden kaynaklanan metal yoğunluğu olduğunu düşündürür.



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.16. 5 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları (µg/g)

Alınan sediman örneklerinden 5. örnekleme noktasında metallerin büyüklük sıralaması Grafik 4.16.'da görüldüğü gibi;

5 cm'e göre:

Fe > Ni > Cr > Cu > Co = Zn > Pb > Ag > Cd > Hg

10 cm'e göre:

Fe > Zn > Cr > Ni > Co > Cu > Pb > Ag > Cd > Hg

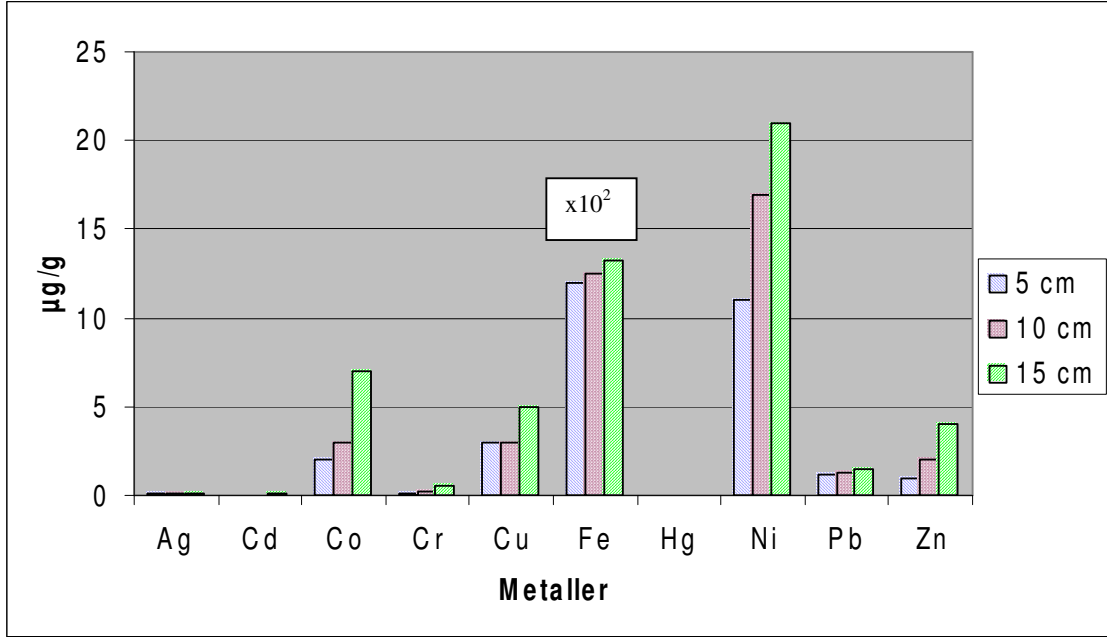
15 cm'e göre:

Fe > Zn > Ni = Cr > Co = Cu > Pb > Ag > Cd > Hg

6. Örnekleme Yeri:

Çizelge 4.25. 6 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri (µg/g)

Ör.yeri(cm)	Ag	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
5	0,08	0,02	2	0,1	3	1200	0,001	11	1,2	1
10	0,08	0,05	3	0,2	3	1250	0,002	17	1,3	2
15	0,07	0,06	7	0,5	5	1320	0,006	21	1,5	4



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.17. 6 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları (µg/g)

Alınan sediman örneklerinden 6. örnekleme noktasında metallerin büyüklük sıralaması Grafik 4.17.'de görüldüğü gibi;

5 cm'e göre:

Fe > Ni > Cu > Co > Pb > Zn > Cr > Ag > Cd > Hg

10 cm'e göre:

Fe > Ni > Co = Cu > Zn > Pb > Cr > Ag > Cd > Hg

15 cm'e göre:

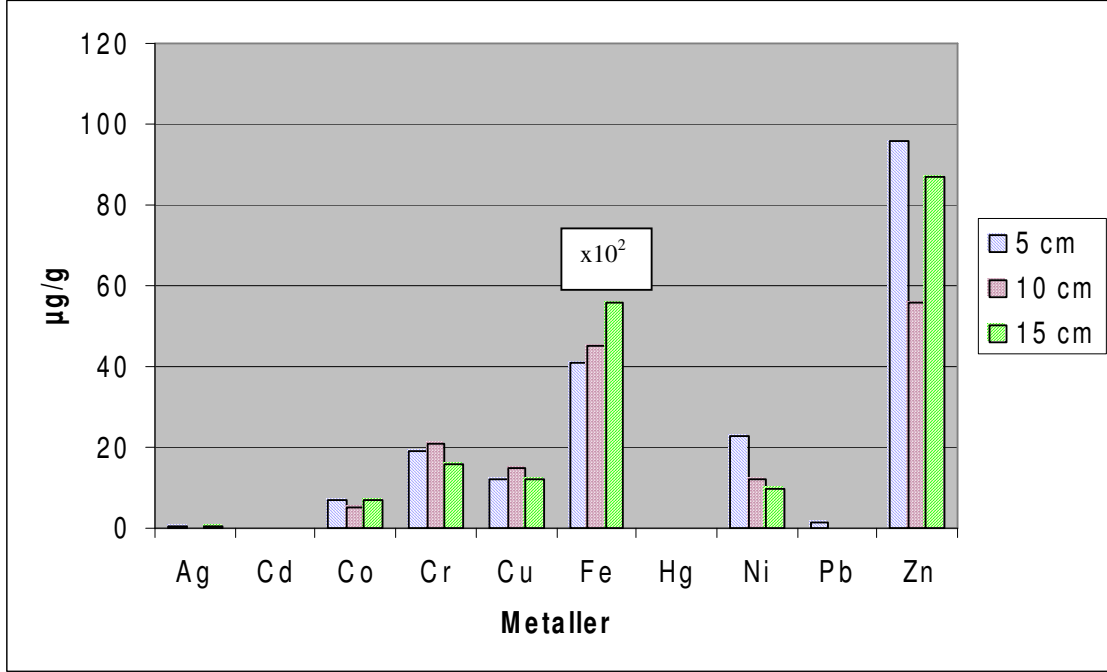
Fe > Ni > Co > Cu > Zn > Pb > Cr > Ag > Cd > Hg

Grafik 4.17.'ye göre; 15 cm derinlikte ağır metal yoğunluğunun diğer derinliklerden daha yoğun olduğu gözlenmektedir. Buna rağmen tüm derinliklerdeki metal yoğunlukları birbirlerine benzer değerlerdedir.

7. Örnekleme Yeri:

Çizelge 4.26. 7 No'lu örnekleme yerine ait ağır metal değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Ör.yeri(cm)	Ag	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
5	0,6	0,09	7	19	12	4100	0,002	23	1,2	96
10	0,2	0,03	5	21	15	4500	0,0003	12	0,09	56
15	0,3	0,01	7	16	12	5600	0,002	10	0,2	87



* Standart sapma % 5'in altındadır.

Grafik 4.18. 7 No'lu örnekleme noktasındaki sedimanda bulunan metal yoğunlukları ($\mu\text{g/g}$)

Alınan sediman örneklerinden 7. örnekleme noktasında metallerin büyüklük sıralaması Grafik 4.18.'de görüldüğü gibi;

5 cm'e göre:

Fe > Zn > Ni > Cr > Cu > Co > Pb > Ag > Cd > Hg

10 cm'e göre:

Fe > Zn > Cr > Cu > Ni > Co > Ag > Pb > Cd > Hg

15 cm'e göre:

Fe > Zn > Cr > Cu > Ni > Co > Ag > Pb > Cd > Hg

Grafik 4.18.'e göre; 7 no'lu örnekleme noktasında derinliklere göre metaller farklı yoğunluktadırlar. Örneğin, Ni için 5 cm'deki değerler en yüksek iken; Cr için 10 cm'deki değerler daha yüksektir. Bu sonuç, metal içeriği yüksek bir su girdisine, doğal ya da antropojenik kaynaklara bağlanabilir. Buna rağmen tüm derinliklerdeki metal değerleri birbirlerine benzerlik göstermektedir.

Genel olarak EPA'nın kriterlerine göre Çubuk-II Baraj Gölü sedimanında önemli bir kirlilik yoktur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilindiği gibi sedimanlar, su sistemlerinde ağır metallerin asıl lokasyonudur ve bunlar su sistemine girdikten sonra çözünmezler ve sedimanlarda kil, silt gibi ince partiküller üzerine bağlanarak birikirler. Ayrıca ağır metaller, sedimandan belirli şartlar altında serbest hale geçebilirler ve böylece sedimanlar, kirliliğin kaynağı veya taşıyıcısı olarak görülürler.

Çubuk-II Barajı Çubuk ilçesinin yaklaşık 6 km. kuzeyinde yer almaktadır. Akarsu yatağından 61 metre yüksekliğe sahip olan Çubuk-II Barajı'nın normal su kotunda göl hacmi 24.60 hektometre küptür. Göl alanı ise 1.20 km²'dir. Çubuk-II Baraj Gölü'nü Mendek, Kışla, Bağırca, Çayır ve Hacıkadın dereleri beslemektedir. Yıllık 38 hm³ içme ve kullanma suyu temin edilen barajdan 2004 yılından itibaren Ankara merkeze su verilmektedir.

Çubuk-II Barajı su ve sediman çalışmaları, arazi ve laboratuvar çalışmaları olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. 7 ayrı noktadan 50 m aralıklarla 5,10 ve 15 cm derinliklerinden alınan sediman örnekleri ile göl kıyısının 3 m ilerisinden alınan su örneği üzerinde ağır metal (Ag, Cd, Cr, ,Co, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn) analizleri yapılmıştır.

Sediman örnekleme aletlerinden "AUGER Örnekleme aleti" kullanılmıştır. Su ve sediman örnekleri ICP-MS

cihazında analiz edilmiştir. Ayrıca; Çubuk-II Barajı sediman yüzeyinde, pH değeri 7,3 olarak bulunmuştur.

"Çubuk-II Barajı Su ve Sediman Kalite Belirleme Çalışmaları" konulu bu tez çalışması, 2007 yılında bir kez örnekleme ve analiz çalışması yapılarak tamamlanmıştır. Sediman çalışmalarına paralel olarak yürütülen su kirliliği çalışmalarında da tespit edilmiştir ki Çubuk-II Barajı'nda önemli bir kirlilik yoktur ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre 1. Kalite Kriterleri'ne uygundur.

Bilindiği üzere sedimanlar, sucul sistemlerdeki eser metaller için önemli bir yatak görevi görür, ayrıca sedimandaki metal konsantrasyonu üzerini örten sudan daha değişken sıralı büyüklüklerde olabilir. Sedimanla ilgili metaller bentik organizmaların döküntülü ve çökelti-beslenmesi konusunda direk bir risk sunar. Ayrıca daha yüksek seviyelerde zehirlenmenin uzun süreli kaynağı olabilirler. Bu nedenlerden ötürü, sucul ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından ve ağır metallerin organizmadaki biyobirikim özelliklerinden dolayı bu tür çalışmalar ülke çapında geniş kapsamlı bir şekilde kesintisiz devam etmelidir.

Hg ölçüm değeri daha özel bir teknikle çalışılabilirdi.Çubuk-II Barajı'nda laboratuvar çalışması kısmında sedimanda organik madde ve su miktarına bakılabilirdi.

KAYNAKLAR

- A.E. Eroglu, 1998, 1. Ege Analitik Kimya Günleri 18–20 Kasım.
- Altındağ, A., Yiğit, S., 2005, Assesment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beyşehir, Chemosphere 60, Turkey.
- Amaraneni, S.R., 2005, Distribution of pesticides, PAHs and heavy metals in prawn ponds near Kolleru lake wetland, 294-302 ,İndia.
- A.Montaser, 1992, G.W. Golightly (Eds) 2nd ed,VCH, 1-2 ,New York.
- Anthemidis, A.,Zachariadis, G.,Voutsas, D.,Kouras, A., Samara, C., 2002, Variation of heavy metals and other toxic element concentrations in surface water of Macedonia, pp. 104–109, Greece.
- An, Y.J., Kampbell, D.H.,2003, Total, dissolved, and bioavailable metals at Lake Texoma marinas, Environ. Pollut. 122, 253–259, U.S.A.
- AP HA, AWWA, WPCF, 1985, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16.Baskı, Washington OC., USA.
- ATSDR, 1992, Toxicological Profile for Thallium, Haziran 1992
- ATSDR, 1992, Toxicological Profile for Antimony and Compounds, Eylül 1992
- ATSDR, 1999, Toxicological Profiles for Mercury, Mart 1999,
- ATSDR, 2000, Toxicological Profile for Arsenic, Eylül 2000
- ATSDR, 2002, Toxicological Profile for Beryllium, Eylül, 2002
- ATSDR, 2003, Toxicological Profile for Selenium, Eylül 2003
- Bakan, G., 1995a, The Study of the Sapanca Lake Ekosystem: Sediment Characterization and Water Quality Modelling, Yüksek Mühendislik Tezi, ODTÜ, Ankara.
- Bakan, G., Göğüş, M., Altınbilek, D., Soyupak, S., 1995b, Eymir Gölü Sedimantolojisi, inşaat Mühendisliğinde Gelişmeler, 2. Teknik Kongre, Boğaziçi Üniversitesi, Eylül, İstanbul.
- Bakan, G., Balkaş, T., 1997, Sapanca Gölünün Ötrolik Durumu ve Sediman (Dip çamur) Karakterinin Belirlenmesi, Katı Atık ve Çevre, Ekim, s. 1-25

- Baldwin DR, Marshall WJ., 1999, Heavy Metal Poisoning and Its Laboratory Investigation(Review Article), *Annals of Clinical Biochemistry*, 36: 267-300
- Bingham, Eula; Cohrssen, Barbara.; Powell, Charles H., 2001, *Patty's Toxicology Toxicological Issues Related to Metals: Neurotoxicology and Radiation Metals and Metal Compounds*, 5th Edition, Vol II, ISBN: 0-471-31943-0, John Wiley & Sons,
- Blom, G., and Toet, C., 1993, Modelling Sediment Transport and Sediment Quality in a Shallow Dutch Lake (Lake Ketel) , *Water Science and Technology*, Vol.28, No. 8-9, pp.79-90.
- Brewer, W.S .. and Pfander, F.K., 1979, The Distribution of Selected Organic Molecules in Freshwater Sediment, *Water Research*, Vol.13, pp 237-240.
- Calmano, W., Hong, J., Förstner, U., 1993, Binding and Mobilization of Heavy Metals, in *Contaminated Sediments Affected by pH and redox Potential* , First International Specialized Conference on Contaminated Aquatic Sediments: Historical Records, Environmental Impact and Remediation, Milwaukee, Wisconsin USA, June 14-16, IAWQ
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 1994, Protocol for the Derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, Ottawa, Ontario.
- Chemical Safety Information from Intergovernmental Organizations, <http://www.inchem.org/> , 2007.
- Douglas, A., 1985, *Principles of Instrumental Analysis*, Third Edition.
- D.J.Douglas, R.S. Houk, 1985, ICP-MS, *Prog analyt.atom. Spectrsc.*, 8, 1-18.
- Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/> ,2007
- Environmental Science Division of Argonne National Laboratory, <http://www.ead.anl.gov/index.cfm> ,2007.
- EPA, 1998 ,*Toxicological Review of Beryllium and Compounds*.
- EPA Chronic Toxicity Summary, 2001, *Beryllium and Beryllium Compounds*.
- Ergin, M., Saydam, C., Baştürk, Ö., Erdem, E., Yörük, R., 1991, Heavy Metal Concentrations in Surface Sediments from the Two Coastal Inlets (Golden Horn Estuary and izmit Bay) of the Northeastern Sea of Marmara, *Chemical Geology*, 269-285.
- Ergun, O.N., Çakır, O., ÖZ, N., Alkan, U., 1986 Samsun Mert ırmağı Kirlilik Araştırması. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, Çevre Dergisi,

Sayı:1233-46.

- Fathi Habashi, 1997, Handbook of Extractive Metallurgy, Volume II, WILEY-VCH, Germany,
- Fergusson, E., J., 1989, The Heavy Elements Chemistry, Environmental Impact and Health Effects, Chemistry Department, University of Canterbury, NewZealand.
- Förstner, U., Witmann, L.,1979, Metal Pollution in the Aquatic Environment, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- Förstner, U., Ahlf, W., and Calmano, W., 1993, Sediment Quality Objectives and Criteria Development in Germany , Water Science and Technology, 28, No. 8-9, 307.
- Fytianos, K., Lourantou, A., 2004, Speciation of elements in sediment samples collected at lakes Volvi and Koronia, Environ. Int. 30, 11–17.s , N. Greece.
- German, M., Rüdiger, F., 1998, Pollution of the River E/be Past, Present and Future, WQI, January/February.
- Golterman, H.L., Sly, P.G., and Thomas, R.L.,1983, Study of The Relationship Between Water Quality and Sediment Transport, UNESCO, Technical Papers in Hydrology 26. France.
- Gündüz, T., 1993, Enstrümental Analiz, 3. Baskı, Ankara.
- ICP-MS Fundamentals VG. Issue 3, Page 3
- Hakanson, L., and Jansson,M.,1983, Principles of Lake Sedimentology, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. Newyork.
- J.D.Ingle Jr, S.R. Crouch , 1988, Spectrochemical analysis, Prentice- Hall International Inc.
- Johnson, M.G., and Nicholls, K.H., 1988, Temporal and Spatia/ Trends in Metal Loads to Sediments of Lake Simcoe, Ontario, Water. Air & Soil Pollution, Vo1.39, NO.3/4, pp.337-354.
- Kakarade, H., Ünlü, E., 2000, Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from Ataturk Dam Lake (Euphrates), Chemosphere 41, 1371–1376, Turkey.
- Kemp, A.L.W., Anderson, W., Thomas, R.L., and Mudrochova, A.,1974, Sedimentation Rates and Recent Sediment History of Lakes Ontario,. Erie and Huron, J. Of Sedimentary Petrology, VolA4, pp.207.
- King, A.D., Wallace, G.F., 1984, Determination of Hazardous Waste Metal Leachates by ICP Emission Spectroscopy Using RCRA Recommended

Procedures, Atomic Spec., Vol.5, NO.6, pp. 228-229.

Lee, G.F., Jones-Lee, A., 1993, Problems in Use of Chemical Concentration-Based Sediment Quality Criteria for Regulating Contaminated Sediment, First International Specialized Conference on Contaminated Aquatic Sediments Historical Records, Environmental Impacts and Remediation, Milwaukee, Wisconsin USA, June 14-16, IAWO.

Lenntech Laboratory , <http://www.lenntech.com/heavy-metals.htm> ,<http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm> ,2007.

Lijklema, L., 1993, Considerations in Modelling the Sediment-Water Exchange of Phosphorus, Hydro.biologia, Vo1.253, pp.219-231.

Mendil, D., Uluözülü, Ö.D., 2006, Food Chemistry , Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes in Tokat,175-179, Turkey.

Mineral Resources Program , <http://minerals.er.usgs.gov/> , 2007.

M.S. I. Nemcova, J. Zyka, 1999, ICP-MS, Analytical Letters, 32(13) , 2531-43 .

Moore, P.A., Reddy, K.R, and Graetz, D.A., 1992, Nutrient Transformations in Sediments as Influenced by Oxygen Supply, Published in Journal of Environmental Quality, pp.387.-393.

Mudroch, A., and Zarull, M.A., 1993, Sediment Research at the National Water Research Institute, Canada, First International Specialized Conference on Contaminated Aquatic Sediments : Historical Records, Environmental Impacts and Remediation, Milwaukee, Wisconsin USA, June 14-16, IAWQ.

NIST, 100 Bureau Drive, Stop 2300, Gaithersburg, MD 20899-2300, USA

Özmen, H., Külahci, F., Çukurovali, A., Doğru, M.,2004, Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar Lake, Chemosphere 55, 401–408, Turkey.

Perin, G., Bonardi, M., fabris, R, Simoncini, B., Manente, S., Tosi, L., Scotto, S., 1997, Heavy Metal Pollution in Central Venice Lagoon Bottom Sediments: Evaluation of the Metal Bioavailability by Geochemical Speciation Procedure, Environmental Technology, Vo1.18, pp. 593-604.

Pertsemli, E., Voutsas, D., 2007, Journal of Hazardous Materials, Distribution of heavy metals in Lakes Doirani and Kerkini, N. Greece.

Physical & Theoretical Chemistry Laboratory , <http://physchem.ox.ac.uk/> ,2007.

- Roach, A.C., 2004, Marine Environmental Research , Assesments of metals in sediments from Lake Macquarie, New South Wales, Australia, using normalisation models and sediment quality guidelines, Australia.
- S.E. Long, Ö.S. Ertaş , ICP-MS, Certification of iodine in SRM 2670a.
- Salamons, W., N.M. de Rooij, Kerdijk, H.,and Bril, J.,1987, Sediments as a Source for Contaminants, Hydrobiologia, Vo1.253, pp.219-231.
- Shea, D., 1988, Developing National Sediment Quality Criteria, Environmental Science and Technology, V01.22, No 11, pp.1256-1261.
- Soylak, M., Yilmaz, S., 2006, Heavy metals in sediments samples from Lake Palas, Fresenius Environ. Bull. 15, 340–344, Turkey.
- Syers, J.K., Harris, RF., and Armstrong, D.E., 1973, Phosphate Chemistry in Lake Sediments, Journal of Environmental Quality, Vo1.2, pp.1-14.
- Sylvester, B.A., Garton, L.S., and Autenrieth, RL., 1994, Aquatic Sediments, Water Environment Reseach, Vol. 66, No4, ppA96.
- Tezcan, R., Tezcan, H., 2007, Metaller Kimyası, Nobel Yayın-Dağıtım, Ankara
- Türk Çevre Mevzuatı, 1992, Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği Türk Çevre Vakfı Yayını, Ankara.
- Vaithiyanathan, P., Ramanathan, Al., and Subramanian, V., 1993, Transport and Distribution of Heavy Metals in Cauvery River, Water, Air and Soil Pollution, Vol.171, pp.13-28.
- Web Elements Periodic Table, <http://www.webelements.com/>,2007.
- Wenchuan, Q., Dickman, M., Sumin, W., 2001, Multivariate analysis of heavy metal and nutrient concentrations in sediments of Taihu Lake, Hydrobiologia, Vol. 450, Numbers 1-3, China
- World Health Organization, 1996, Trace Elements in Human Nutrition and Health, Geneva,
- Wyer, M.D., 1988, Nitrification in Ontario Stream Sediments, Water Research, Vo122, No.3, pp.287-292

.....

EK 1. Sediman Örnekleme Programları İçin Uygun Örnekleme Periyotları
(Golterman ve ark., 1983)

	Örnekleme Periyodu	Ölçümlerde Olası Hata
<i>Göller (Yüzey Materyali)</i>		
Toplam Askıda Materyal (genellikle kil ve silt)	1 yıl veya daha az	10-20
Ana Elementler (Ca,Mg,N,K, Cl,SO ₄ ,HCO ₃)	1 yıl veya daha az	<5
Minör Elementler(N,Si,P)	1 yıl veya daha az	<5
Ağır Metaller	1 yıl veya daha az**	<5
Pestisit ve Herbisitler	1 yıl veya daha az***	<5
<i>Göller (Yatak Materyali)</i>		
Göl Yatak Sedimanları (Yapısal Kompozisyon)	5 yıl****	<5
Ana Elementler (Ca,Mg,N,K, Cl,SO ₄ ,HCO ₃)	10 yıl****	<5
Minör Elementler(N,Si,P)	5 yıl****	<5
Ağır Metaller	5 yıl****	<5
Pestisit ve Herbisitler	5 yıl****	yaklaşık 10

*Taşkın su durumlarında daha sık örnekleme yapılabilir. **Minimum 3 aylık aralıklarla örnekleme uygundur. ***Minimum 1 yıllık aralıklarla örnekleme uygundur. ****Özel amaçlı örneklemler için daha sık örnekleme yapılabilir.

EK 2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	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)	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 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) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD ₅) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg C/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBA) (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
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr ⁺⁶ /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
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) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform (EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya uygunluk 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 $0.02 \text{ mg NH}_3^-/\text{L}$ 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.

EK 3. US EPA'nın Sedimanda Ağır Metal Kirlilik Kriterleri (Perin ve ark., 1997).

Kirleticiler (ppm)	Kirlenmemiş	Orta Derecede Kirli	Aşırı Kirli
Çinko	<90	90-200	>200
Mangan	<300	300-500	>500
Demir	<17000	17000-25000	>25000
Krom	<25	25-75	>75
Bakır	<25	25-75	>50
Nikel	<20	20-50	>50
Kurşun	<40	40-50	>60
Kadmiyum	-	-	>5
Uçucu Katılar	<%5	%5-%8	>%8

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yasemin Aşkıner Kaya

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Yılı : 1978

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durumu: O.D.T.Ü. Çevre Mühendisliği

Ortaokul (Konya Kız Ortaokulu) 1989-1992

Lise (Konya Meram Fen Lisesi) 1992–1995

Lisans 1995–2002

Yabancı Dil: İngilizce

İş Tecrübesi:

1998 yazı ► Bilgisayar Şirketi Bilgisayar İşletmeni olarak

2003 ► Ostim'de Makro Çevre Ltd.'de Çevre Müh. olarak

2003 - ? ► T.C. Maliye Bakanlığı Bilgisayar Programcılığı