

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MUNZUR
ÜNİVERSİTESİ
2008

**MUNZUR VE PÜLÜMÜR NEHİRLERİ İLE UZUNÇAYIR BARAJ GÖLÜNDEKİ
BAZI AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Pınar AKCAN

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

DANIŞMAN
Doç. Dr. Nuran ÇIKCIKOĞLU YILDIRIM

TUNCELİ – 2018

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MUNZUR VE PÜLÜMÜR NEHİRLERİ İLE UZUNÇAYIR BARAJ GÖLÜNDEKİ
BAZI AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pınar AKCAN

(102102102)

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

DANIŞMAN

Doç. Dr. Nuran ÇIKCIKOĞLU YILDIRIM

TUNCELİ – 2018

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MUNZUR VE PÜLÜMÜR NEHİRLERİ İLE UZUNÇAYIR BARAJ GÖLÜNDEKİ
BAZI AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Pınar AKCAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 02/07/2018 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği/oyçokluğu** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....

İmza:.....

İmza:.....

Doç. Dr. Nuran
CIKCIKOĞLU YILDIRIM
(Munzur Üniversitesi)

Doç.Dr.E.Işıl ARSLAN
TOPAL

Dr.Öğr.Üyesi. Şule TATAR

DANIŞMAN

ÜYE

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Numan YILDIRIM
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: ÇAYDAG-110Y118

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Bu çalışma, Tunceli ilinde sıvı atıklarca kirletilen Munzur ve Pülümür Nehirleri üzerinde kurulan Uzunçayır Barajı'nın faaliyete geçmesiyle beraber baraj gölüne dökülen kirleticilerin (evsel atık, sıvı atık, kentin düzensiz katı atık sahasından gelen sızıntı suyu, kayalardan yıkanan elementler vs.) oluşturduğu ağır metal kirlilik potansiyelinin ortaya çıkarılması amacıyla ortaya konulmuştur.

Munzur ve Pülümür Nehirlerinin evsel sıvı atıkların deşarjı öncesi ve sonrası noktalardan, baraj gölünün değişik nokta ve derinliklerinden, baraj bent yerinin hemen çıkışından ve Keban Baraj Gölü'ne döküldüğü noktadan alınan su örnekleri üzerinde yapılan analizler ile nehir ve göl suyundaki ağır metal kirliliğinin boyutları ortaya konulmuştur. Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Baraj Gölü'nde belirlenen; baraj öncesi, baraj gölü ve baraj sonrası alanlar da dikkate alınarak 10 araştırma istasyonu tespit edilmiş olup her istasyonda örnekleme yapılan alanın koordinatları GPS ile belirlenmiştir.

Bu maksatla çalışmamızda Munzur ve Pülümür Nehirleri ile Uzunçayır Baraj Gölü su sistemi içinde belirlenen istasyonlardan alınan su örneklerinin Zn, Cr, Cu, Cd, Mn, Pb ve Fe ağır metal düzeyi analitik olarak Atomik Absorpsiyon Spektroskopi cihazı ile elde edilmiş, su kalite sınıfı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ağır Metal Kirliliği, Su Kalitesi, Uzunçayır Baraj Gölü

Determination of Some Heavy metals in Munzur and Pülümür River with Uzunçayır Dam Lake

ABSTRACT

Uzunçayır Dam, established on Munzur and Pülümür Rivers polluted by liquid wastes in Tunceli province, has been active. This study was aimed to reveal the pollution potential of the pollutants (domestic wastes, liquid waste, leachate from the irregular solid waste site of the city, elements washed from the rocks, etc.), discharged to the dam lake.

Analyzes of water samples from Munzur and Pülümür Rivers before and after the discharge point of household liquid wastes, from various points and depths of the dam reservoir, from the exit of dam bend site and from Keban Dam reservoir reveals the dimensions of heavy metal pollution in river and lake water. 10 research stations have been determined considering pre-dam, dam reservoir and after-dam areas of Munzur and Pülümür Rivers and Uzunçayır Dam Lake and the coordinates of the sampled area of each station have been determined by GPS.

For determination of water quality class of Munzur and Pülümür Rivers and Uzunçayır dam, the heavy metal levels (Zn, Cr, Cu, Cd, Mn, Pb and Fe) of taken samples from determined station were obtained analytically using Atomic Absorption Spectroscopy.

Keywords: Heavy Metal Pollution, Water Quality, Uzunçayır Dam Lake.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın planlanması, hayata geçirilmesi, tezimin yazımı ve deneysel aşaması ve diğer bütün aşamalarında her daim yanımda olan maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen engin bilgi, deneyim ve tecrübesinden faydalandığım Saygıdeğer Danışmanım Sayın Doç. Dr. Nuran CIKCIKOĞLU YILDIRIM'a değerli katkısından dolayı teşekkür ederim. Tez çalışmamda desteğini benden esirgemeyen Çevre Mühendisliği öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Numan YILDIRIM'a gönülden teşekkür ederim.

Bu tez Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK), Çevre Atmosfer Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu (ÇAYDAG) tarafından 1001 programı kapsamında ÇAYDAG-110Y118 nolu proje olarak desteklenmiş olup sağlanan maddi destek için, TÜBİTAK-ÇAYDAG'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Proje ekibimiz arasında bulunan çok değerli hocalarım başta proje yürütücüsü Sayın, Doç. Dr. Durali DANABAŞ olmak üzere, proje danışmanımız sayın Prof. Dr. Erhan ÜNLÜ, projede araştırmacı olarak görev yapan sayın Doç. Dr. Gülşad USLU ve Sayın Prof. Dr. Ayten ÖZTÜFEKÇİ ÖNAL'a teşekkür ederim. Yüksek Lisans çalışmam süresince maddi, manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme ve her daim yanımda olan engin bilgi ve desteğinden faydalandığım arkadaşlarım Araz NOROUZ DİZAJİ ve Bilgisayar Mühendisi Uğurcan KUTLU'ya sonsuz teşekkür ederim.

Pınar AKCAN
TUNCELİ-2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜRLER.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	viii
RESİMLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Su Kirliliği	2
1.1.1. Su Kirliliği Kaynakları	3
a-) Nokta Kaynak Kirliliği.....	3
b-) Nokta Dışı Kaynak Kirliliği.....	3
c-) Yeraltı Sularından Kaynaklanan Su Kirliliği	3
d-) Kentsel Fırtına Su Akışı.....	4
e-) Tarımsal Kirleticiler	4
f-) Atmosferik Kirleticiler	4
1.1.2. Su Kirleticileri	5
A-) Organik Kirleticiler	5
B-) İnorganik Kirleticiler.....	6
a-) Zn (Çinko).....	7
b-) Cr (Krom)	8
c-) Cu (Bakır).....	10
d-) Cd (Kadmiyum)	11
e-) Mn (Manganez).....	12

f-) Pb (Kurşun)	13
g-) Fe (Demir).....	14
C-) Katı Madde Kirleticisi.....	15
D-) Termal (Isıl) Kirleticisi	16
E-) Radyoaktif Kirleticisi	16
2. MATERYAL VE METOD	18
2.1 İstasyonların Belirlenmesi	18
2.2 Belirlenen İstasyonların Özellikleri.....	18
2.2.1 Nolu İstasyon.....	19
2.2.2 Nolu İstasyon.....	20
2.2.3 Nolu İstasyon.....	22
2.2.4 Nolu İstasyon.....	22
2.2.5 Nolu İstasyon.....	23
2.2.6 Nolu İstasyon.....	24
2.2.7 Nolu İstasyon.....	24
2.2.8 Nolu İstasyon.....	25
2.2.9 Nolu İstasyon.....	25
2.2.10 Nolu İstasyon.....	26
2.2 Su Numunelerinin Alınması	27
2.3 Su numunelerinin Analizi.....	28
3. BULGULAR	29
3.1 Zn (Çinko)	29
3.2. Cd (Kadmiyum).....	30
3.3. Cr (Krom)	31
3.4. Cu (Bakır).....	32
3.5. Fe (Demir)	33
3.6. Mn (Mengen).....	34
3.7. Pb (Kurşun)	36

4. TARTIŞMA.....	37
5. SONUÇLAR.....	41
6. ÖNERİLER.....	45
7. KAYNAKÇA.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	52



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

- Şekil 3. 1. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Zn değişimleri.....30
- Şekil 3. 2. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Cd değişimleri.....31
- Şekil 3. 3. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Cu değişimleri....33
- Şekil 3. 4. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Cu değişimleri.....34
- Şekil 3. 5. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Mn değişimleri.... 35

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Zn değerleri(ppb)...29	
Tablo 3.2. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine ait istasyonlara ait Cd değerleri (ppb).....31	
Tablo 3.3. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Cr. değerleri(ppb)...32	
Tablo 3.4. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Cu değerleri (ppb)..32	
Tablo 3.5. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Fe değerleri (ppb)...34	
Tablo 3.6. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Mn değerleri (ppb).35	
Tablo 3.7. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Pb değerleri (ppb)..36	
Tablo 4.1. Tez kapsamında tespit edilmiş ağır metal değerlerinin Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa Birliği Su Kalite endeksi ile karşılaştırılması.....40	

RESİMLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Resim 2. 1. Çalışma Sahası ve İstasyonları Gösterir Harita	19
Resim 2. 2. 1 Nolu İstasyondan Görüntüler	20
Resim 2. 1. 2 Nolu İstasyondan Görüntüler; A: İstasyonun Genel Görüntüsü, B; Deşarj Noktalarından Görüntüler.....	21
Resim 2. 4. 3 Nolu İstasyondan Görüntüler	22
Resim 2. 5. 4 Nolu İstasyondan Görüntüler.....	23
Resim 2. 6. 5 Nolu İstasyondan Görüntüler.....	23
Resim 2. 7. 6 Nolu İstasyondan Görüntüler.....	24
Resim 2. 8. 7 Nolu İstasyondan Görüntüler.....	24
Resim 2. 9. 8 Nolu İstasyondan Görüntüler.....	25
Resim 2. 10. 9 Nolu İstasyondan Görüntüler.....	26
Resim 2. 11. 10 Nolu İstasyondan Görüntüler.....	27
Resim 2. 12. Örneklemelemlerden Sonra Laboratuara İntikal Ettirilmiş Olan Su Numuneleri	28

KISALTMALAR

µg	: Mikrogram
A.B.D.	: Amerika Birleşik Devletleri
Av.B.	: Avrupa Birliği
Cd	: Kadmiyum
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
E	: East (Güney)
Fe	: Demir
H₂O	: Su
İ.B.T.A.M.	: İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Araştırma Merkezi
K	: Kuzey
L	: Litre
M	: Metre
Mg	: Miligram
Mn	: Mengen
Pb	: Kurşun
Ppb	: Parts per billion
S.K.K.Y	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
T.L.A.	: Tespit Edilebilir Limitin Altında
UTM	: Universal Transverse Mercator
W.H.O.	: World Health Organization
Zn	: Çinko

1. GİRİŞ

Çevre mühendisliği, çevre sorunlarına bir çözüm geliştirmek amacıyla mühendislik, toprak bilimi, biyoloji ve kimya bilimlerini kullanan bir bilim olarak bilinmektedir (Corbitt, 1990). Çevre mühendisliğinin karşı karşıya olduğu sorunların en önemlisi ise çevre kirliliğidir. Çevre kirliliği, kirleticilerin olumsuz bir şekilde doğaya sokulmasından kaynaklanan bir çevre sorunu olarak bilinmektedir (Oke, 2004). Bu bilim, çevrede meydana gelen kirliliklerin bertarafı üzerinde odaklanması ve çevre kirliliğine neden olan risklerin tanınması ve önlenmesidir. Kirlilik, gürültü, ışık ve ısı gibi enerji formunda olabileceği gibi, biyolojik ve kimyasal maddelerden de ortaya çıkabilmektedir (Schell ve Denham, 2003). Çevre kirliliği geniş kapsamlı bir sorun olmak üzere bir çok sınıfa ayrılmaktadır. Çevre kirliliği hava, su, toprak kirliliği olmak üzere ses, ışık, ısı, çöp, radyoaktif maddeler ve hatta görüntü kirleticiler tarafından ortaya çıkabilmektedir. Genel olarak kirleticilerin çevreye verdiği zarar, kimyasal yapısı, konsantrasyonu ve kalıcılık özellikleri olmak üzere üç faktör tarafından belirlenmektedir (Alloway ve Ayres, 1997).

Su, bütün canlıların biyolojik metabolizmasını sürdürebilmesini sağlayan en önemli moleküllerdendir. Tüm canlıların biyolojik aktivitelerinin bu hayati kaynağa bağlı olması gerçeği, bu kaynağın kirlenmesiyle doğrudan sağlık ve ekolojik sorunlara yol açabilmektedir. Su kaynaklarında meydana gelen en ufak değişiklikler, ekolojik dengesizliğe yol açarak, insan yaşamını da doğrudan etkileyebilmektedir (Heath, 1995).

Gezeganimizde su, deniz, göl, nehir ve barajlarda bulunan yeryüzü suları olmak üzere büyük bir kısmı da yeraltı sularına ayrılmaktadır. Yeraltı sularının yeryüzünde olan su kaynakları ile bir su alışveriş dengesi oluşturması nedeniyle, bunların her birinde ortaya çıkan kirlilikler doğrudan diğer su kaynaklarında etkileyebilmektedir. Endüstri ve madencilikten ortaya çıkan kirlilikler akar sular ile göl, baraj ve nehirlerin kirliliğinden sorumlu ise, tarım endüstrisinde kullanılan pestisitler (böcek öldürücüleri) ve gübreler ise yeraltı su kaynaklarının kirliliğine yol açmaktadır (Puckett, 1995). Şehirciliğin gelişmesi ile birlikte üretilmiş olan ev, ofis ve belediye atıklarından oluşan antropojenik atıklar ise günümüzde su kaynaklarının kirlenme riskinin artmasında büyük bir rol üstlenmiştir. Su kaynaklarının antropojenik kirliliği deterjan, dezenfekte malzemeleri, gıda işleme

malzemeleri, organik maddeler, ağır metal, petrol ve katı maddelerden kaynaklı bilmektedir (Goel, 2006).

Su kirliliği analizi fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Devlet kuruluşları ve bir çok araştırma grupları tarafından su kaynaklarının pH'sı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, nitrat ve fosfat gibi besinler, petrol, toplam petrol hidrokarbonları, pestisitler ve ağır metallerin tesbiti yaygın olarak analitik kimya yöntemlerini ile belirlenmektedir.

1.1. Su Kirliliği

Günümüzde su kirliliği konusu küresel bir sorun haline gelmiştir. Bu sorunu çözmek için su kaynakları politikasının sürekli olarak değerlendirilmesi gereken bir gündem vardır. Su kirliliği nedeniyle dünya çapında ölümler (her gün yaklaşık 14 bin kişi) ve hastalıkların meydana gelmesi, bu sorunun sağlık ve politika açısından en tartışılır konularından biri yapmıştır (Larry, 2006; Pink, 2006). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler su kirliliği sorunları ile karşı karşıyadır. Su kalitesi; yağış, iklim, toprak tipi, bitki örtüsü, jeolojik faaliyetler, akış koşulları, yeraltı suyu ve insan faaliyetleri gibi birçok faktörden etkilenebilmektedir. Su kalitesine yönelik en büyük tehdit ise, sektörlerin faaliyetleri tarafından ortaya konulmaktadır. Madencilik, kentsel gelişim ve tarım gibi faaliyetlerin de su kalitesini etkilediği bilinmektedir (Florescu ve ark., 2010; Chaudhry ve Malik, 2017). Yetişkin bir insanın ortalama günlük su ihtiyacının yaklaşık üç litre olması ve diğer taraftan tüketilen gıdaların da su ile doğrudan bağlantılı olması nedeniyle, belki de hiç bir sorunun su kirliliği ile kıyaslanamayacak kadar önemli olmadığını düşündürmektedir. Su kirliliği doğal ve/veya yapay olarak meydana gelmektedir (Ergin, 2012). Kirletici maddeler diğer bir sınıflandırmaya göre biyobozunur veya biyobozunmaz maddelerden oluşmaktadır. Biyobozunur maddeler zamanla suda bulunan mikroorganizmaların enzimatik faaliyetleri ile birlikte zararsız maddelere parçalanabilmektedir. Bu çeşit kirleticilere örnek vermek gerekirse, proteinler, aminoasitler, lipitler ve karbohidratlar gibi biyomoleküller (biyopolimerler) sayılabilmektedir. Biyobozunur olmayan maddeler ise suda birikim yaparak, zaman içinde ciddi sorunlara yol açabilen su kirletici türlerinden biridir. Bu maddeler bazen toksik etki gösterip sorunlar yaşatarak, kimi zaman

emme özelliği göstererek su kaynaklarında şişme yaparak çevreye ve ekosisteme büyük çapta hasar verebilmektedir (Tietenberg ve Lewis, 2016).

1.1.1. Su Kirliliği Kaynakları

a-) Nokta Kaynak Kirliliği

Su kirliliğinin kaynağı biliniyorsa ya da suya giren kirleticiler hendek, boru sanayi, yağmur suyu tahliyesi ve kanalizasyon arıtma tesisleri gibi tanımlanabilir kaynaklardan geliyorsa kirlilik nokta kaynağı kirliliği olarak bilinmektedir (Copeland, 2006).

b-) Nokta Dışı Kaynak Kirliliği

Kirliliğin kaynağı bilinmediğinde ya da kirlilik tek bir kaynaktan kaynaklanmadığında nokta dışı kaynak kirlilik sınıfında yer almaktadır (Moss, 2008). Kontrol edilmesi zor olan bu tür kirlilikler, pestisitler, gübre sanayi atıkları vb. gibi farklı kaynaklardan meydana gelmektedir. Nokta dışı kaynak kirliliği, su kirliliğinin en önde yer alan başlıca nedeni olarak bilinmektedir (Chaudhry ve Malik, 2017).

c-) Yeraltı Sularından Kaynaklanan Su Kirliliği

Yeryüzünde bulunan kirleticiler toprak altındaki su kütlelerine bulaştığında, yeraltı suyu kirliliğine neden olmaktadır. Patojen içeren fekal su yeryüzüne ulaştığında, yeryüzü sularının kirlenmesine yol açmaktadır. Patojen ile kirlenmiş toprak suları, virüs, protozoa, bakteriler ve nadir durumlarda ise helmint yumurtaları içerebilmektedir. Bu tür suların tüketimi, ishal ve kolera gibi hastalıklara neden olmaktadır (Wolf ve ark., 2015). Benzer şekilde nitrat ve florür tarafından oluşan yeraltı ve dolayısı ile yeryüzü su kirlilikleri, mavi bebek sendromu denilen çocuk hastalığına, diş ve iskelet problemlerine de neden olmaktadır (Lennon ve ark., 2004; Rosen ve Horgan, 2005).

d-) Kentsel Fırtına Su Akışı

Yoğun nüfuslu şehirlerde ev ve ofislerden kaynaklanan kirlilik nedeniyle ortaya çıkan bir kirlilik türüdür. Banliyö ve kentsel alanlarda kaldırım ve binalar kara yüzeyinin çoğunu kaplamaktadır. Bu sebeple kar ve yağmur yağışlarından kaynaklanan su, toprağa batmaz hale gelmektedir. Bu durum fırtına suyunun, kir, yağ, çim gübreleri ve kimyasallar gibi birçok kirletici maddeleri nehirlere, akarsulara taşınmasına ve doğrudan su kirliliğine neden olmasına yol açar (Chaudhry ve Malik, 2017). Doğal durumlarda bu tür kirliliklerin toprak içine batarak filtrelenmesi sağlanır. Bu sınıfta yer alan su kirliliği şehrin gelişmesiyle meydana gelen en ciddi kirliliklerden biridir.

e-) Tarımsal Kirleticiler

Tarımda kullanılan gübreler, böcek ilaçları ve aşınmış topraklardan oluşan kirleticiler, yağmurla oluşan sular ile taşınarak su kütlelerine karışabilmektedir. Tarımsal akışla su kaynaklarına karışan kirlilik, ötrofikasyona neden olan en büyük etkenlerden biridir. Ötrofikasyonu etkileyen temel bileşiklerden biri ise fosfat'tır. Bu olayın ardından sudaki oksijen seviyesi azalır, bu da zehirli toksinlerin sentezinden sorumlu olan siyanobakterinin aşırı şekilde çoğalmasına neden olabilmektedir (Werner, 2009; Schmidt ve ark., 2013). Bu zararlı toksinler zaman içinde gıda zincirine dahil olarak, sağlık açısından büyük sorunlara neden olabilmektedir. Azot bakımından zengin gübre bileşikleri ise, okyanus faunası üzerinde yıkıcı etkileri olan nehir, göl ve kıyı bölgelerinde çözünmüş oksijen eksikliğine neden olmaktadır. Azotlu gübreler akan sularda yüksek oranda çözünme kapasitesine sahip olduğundan, su kaynaklarının tarım kökenli baş kirleticisi olarak bilinmektedir (Rosen ve Horgan, 2005).

f-) Atmosferik Kirleticiler

Yağmur ve kar yağışlarından su kütlelerine ulaşan ve havada bulunan küçük parçacıklardan kaynaklanan su kirleticisi olarak bilinmektedir. Fosil yakıtların

yakılmasıyla oluşan karbondioksit, yağmurda bulunan su molekülleriyle birleşerek sülfürik asidi oluşturmaktadır. Diğer taraftan volkanlar ve endüstrilerden (kömür ve petrol ürünlerinin yanması) üretilen kükürt ve dioksit ise benzer şekilde sülfürik asit oluşturabilmektedir. Nitrojen dioksit ise su ile birleşerek su kirleticisi olan nitrik asite dönüşmektedir. Böylece hava kirliliği, doğrudan su kirliliğine neden olmaktadır (Moss, 2008).

1.1.2. Su Kirleticileri

Toprak, hava, şehircilik, tarım ve endüstri faaliyetlerinden su kaynaklarına bulaşan organik ve inorganik zararlı maddelere su kirleticileri adı verilmektedir. Su kirleticileri aşağıda sıralanan gruplara ayrılmaktadır.

A-) Organik Kirleticiler

Organik kirleticiler aşağıdaki kategorilere ayrılabilir.

a) Oksijeni Seven Organik Maddeler: Evsel ve belediye kanalizasyonları, gıda işleme endüstrilerinden gelen atıksular, konserve endüstrileri, kesimhaneler, kağıt ve kağıt fabrikaları, bira fabrikaları, distilatlar gibi atıksular, koloidal veya çözülmüş formda su kaynaklarına karışabilmektedir. Bu organik kirleticiler biyolojik olarak bakterinin enzimatik aktivitesi ile bozulma ve ayrışmaya uğrarmaktadır. Bakteriler tarafından bozunma reaksiyonları moleküler oksijenin varlığında gerçekleştirilmektedir. Suda çözülmüş olan bu oksijen, bakterilerin hücre içine difüze olarak, enzimatik parçalanma reaksiyonlarını mümkün kılmaktadır. Dolayısı ile suda çözülmüş olan oksijen miktarında azalma ortaya çıkmaktadır. Oksijen konsantrasyonunun 4,0 mg/L'in altına düşmesi, su bulanıklığına, güneş ışığının absorpsiyonunun azalmasına ve fotosentez azalmasına yol açmaktadır (Inamori ve Fujimoto, 2010).

b) Sentetik Organik Maddeler: Bu bileşikler üretim veya nakil esnasında dökülme ve bunların farklı uygulamalarda kullanımları gibi çeşitli insan yapımı faaliyetler yoluyla ekosisteme girebilmektedirler. Bunların arasında sentetik böcek ilaçları (pestisitler),

sentetik deterjanlar, gıda katkı maddeleri, farmasötikler, yabancı ot öldürücü ilaçlar (herbisitler), boyalar, sentetik elyaflar, plastikler, çözücüler ve uçucu maddeler bulunur (Chaudhry ve Malik, 2017). Bu bileşiklerin çoğu, toksik ve biyo-itici organikler olmak üzere, mikrobiyal degradasyona dirençlidirler. Bu maddeler genelde yağda çözünebilir özellikte olup çevre, doku veya hücreler içinden kolayca geçerek, yüksek derecede sorunlar oluşturabilmektedir. Çevre suyuna karışan bu maddeler son derece kalıcıdır ve kimyasal reaksiyonlara neden olan stabilitelelerinin de yüksek olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla bu tür maddeler ile kirlenmiş olan suların arıtılması mümkün olsa bile, mali açıdan masraflı olduğundan devletler için sorun teşkil etmektedir (Rios ve ark., 2007).

c) Petrol: Petrol, deniz koşulları altında, milyonlarca yıl boyunca fosilleşmiş bitki ve hayvan kalıntılarında kaynaklanan doğal bir üründür. Hidrokarbonların kompleks bir karışımıdır ve bakteriler tarafından parçalanabilir bir maddedir (Hazen ve ark., 2010). Biyo bozunma oranı petrol yan ürünleri için farklıdır. Bunların arasında en yavaş bozunabilen bileşim ise katrandır. Bu tür su kirliliği yer tektonik tabakalarından petrol sızıntılarıyla, petrol boruları ve rafinerilerden sızıntı ve atıksuyun suya karışmasıyla ortaya çıkmaktadır. Petrol ve petrol yan ürünleri sudan daha hafif olması nedeniyle suyun yüzeyine yayılır. Böylece suyun temasını hava ile ayırarak, suyun oksijen seviyesinin azalmasına neden olabilmektedir. Bu kirlenici, kıyı bitkilerinin yüzeyinin kaplanmasına neden olarak, ekosistemde büyük sorunlara yol açmaktadır. Aynı zamanda su yüzeyini kaplaması nedeniyle sudaki ışık geçirgenliğini azaltarak sucul bitkilerin fotosentez aktivitelerini azaltabilmektedir. Diğer taraftan petrolün polisiklik aromatik hidrokarbonları (PAH) içermesi ve bu bileşimin karsinogen etkilere sahip olduğunda bilinmektedir (Fujisawa ve ark., 2002).

B-) İnorganik Kirleniciler

Kıyıların taş ve toprak gibi cansız yapısında bulunan ve karbon dışında periyodik tabloda olan hemen hemen bütün elementler inorganik sınıfta yer almaktadır. Tektonik tabakalarda zamanla oluşan erozyon ve madencilik faaliyetleri sırasında minerallerden ayrılan bu elementler su kirliliğinde büyük rol almaktadır. İnorganik elementler sınıfında bulunan ağır metaller ise çevre ve su kirliliği üzerinde yüksek etkiler bırakmaktadır.

a-) Zn (Çinko)

İngiltere'deki son ulusal değerlendirmeler, yüzey sularındaki jeokimyasal faaliyetlerden dolayı, çinkonun İngiltere'deki metal madenciliği bölgelerinin yüzey sularında en çok karşılaşılan kirletici metal olduğunu vurgulamıştır. Maden suyu kirliliğinin değerlendirilmesinde ve yönetiminde geleneksel yaklaşımlar, terk edilmiş maden shaftları ve eklerinden farklı nokta kaynaklı deşarjların bir sonucu olarak ortaya çıkan çevresel etkileri ölçmek ve düzeltmek olmuştur (Younger ve ark., 2002).

Çinko doğada bulunan çok yaygın bir elementtir. Hava, su ve toprağın doğal bir maddesi olan çinko, insan aktiviteleri sonucunda bazı zaman sorun yaratabilecek miktarda artış gösterebilmektedir. Birçok gıda maddesi belirli konsantrasyonlarda çinko içermektedir. Ayrıca içme suyu, metal tanklarda depolandığında, bu madde zaman içinde depolanan suya girebilmektedir. Diğer taraftan endüstriyel kaynaklarda kullanılmış olan çinko, içme suyuna karışması sırasında suda bulunması gerekenden daha fazla seviyelere çıkabilmektedir.

Bu madde daha çok madencilik, kömür ve atık yakma ve metalojik faaliyetleri sırasında (örneğin: çelik yapımı) yapılan çelik işlemleri esnasında doğayı kirletmektedir. Bu faaliyetler sırasında çevrede bulunan Zn, yağmur suyu ve rüzgar ile içme suyuna girmektedir. Bu sular ise yeryüzünde olan su kaynaklarına karıştığında, Zn ağır metal kirlenmesine neden olabilmektedir.

Geçmiş zamanlarda tarımda yaygın olarak kullanılan birkaç pestisit (böcek öldürücü) önemli miktarda (%10) Zn içermiştir. Günümüzde bu tür ilaçlar kullanılmaya bile, geçmişte aşırı miktarlarda kullanılmış olan bu ilaçlar ile toprakta kalan çinko, yeraltı ve dolayısı ise yeryüzündeki su kaynaklarına karışabilmektedir (Jones ve Jarvis, 1981). Hayvancılık endüstrisinde, büyüme destekleyici etkiye sahip olan çinkonun arasına kullanıldığı görülmektedir. Hayvanlara verilmiş olan bu element, daha sonra dışkı ile birlikte toprağa girerek, daha sonra su kaynaklarına ulaşabilmektedir (Wuana ve Okieimen, 2011).

Fizyolojik olarak Zn iyonlarının ökaryotik hücrelerde kabul edilebilir konsantrasyonu 10 ng/L olarak bilinmektedir. Ağır metal kategorisinde yer alan Zn elementi, canlıların fizyolojik ve metabolik faaliyetleri için vazgeçilmez bir role sahip

olmasına rağmen, optimal seviyenin üzerine yükseldiğinde organlarda zehirlenmelere neden olarak, hasarlara neden olabilmektedir. Örneğin, beyinde bulunan sinir hücrelerinde Zn miktarı 600-800 ng/L olarak dar bir konsantrasyon aralığı dışında dalgalanmalarında, bu hücrelerde metabolik bozukluklara neden olmaktadır. Yüksek dozlarda toksik etki göstermesine rağmen, diğer ağır metal zehirlenmelerine kıyasla daha düşük toksik etkiler gösterdiği literatürde rapor edilmiştir. Yine de çevre kirliliği açısından bu elementin suda tespitinin analitik açıdan önemli olduğu not edilmektedir.

Zn elementi doğal olarak su kaynaklarında iyonik tuzlar formunda bulunmaktadır. Literatürde, Zn elementi tarafından ortaya çıkan zehirlenmeler nedeniyle yaşanabilecek rahatsızlıklar aşağıda sıralanmıştır (Nriagu, 2007).

- Kardiyovasküler sorunlar
- Hemotoksisite etkileri
- Solunum sistemi yetmezliği
- Hepatotoksik etkileri
- Nefro toksisite
- Nerotoksisite
- Kanser

Amerikan milli tıp kütüphanesi raporuna göre, Zn elementinin LD₅₀ miktarının 1 kilogram vücut ağırlığına düşen minimum toksik miktarı, 3 mg olarak kabul edilmektedir. Bu miktar su ve gıdadan alınabilecek günlük maksimum miktardır (Plum ve ark., 2010).

b-) Cr (Krom)

Kromun ana salımları kimyasal üretim, fosil yakıtların yakılması, atık yakma, demir-çelik üretiminde ve cam üretimi sırasında gerçekleşmektedir. Madencilik faaliyetleri sırasında yeryüzünde kalan bu elementin, su kaynaklarına girme potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir (DeVolder ve ark., 2003). Krom, mineral kromit FeCr₂O₄ formunda bir birincil cevher ürünü olarak çıkarılmaktadır. Bu kromitten saf Cr elde edilmesi için bir çeşit kimyasal prosesler kullanılmaktadır. Bu işlem sırasında bir miktar krom atık şeklinde

doğaya girebilmektedir (Smith, 1995). Başlıca Cr-kirlenme kaynakları, elektro kaplama proseslerinden salınımlar ve Cr içeren atıkların bertaraf edilmesini içerir. Yerküre kabuğunda daha küçük miktarlarda doğal olarak bulunan bu element, yağmur suyu ile birlikte yeraltı sularına karışabilmektedir. Eski böcek öldürücülerin yapısında bulunan bu madde, tarım sırasında kullanıldığında, çevre kirlenmesine yol açmaktadır. Bununla birlikte toprağa sayısız biyosolidin (Örn., çiftlik hayvanı gübreleri, kompostlar ve belediye arıtma çamuru) uygulanması, yanlışlıkla toprakta Cr ve benzeri ağır metallerin birikmesine yol açmaktadır.

Krom, doğada genel olarak heksavalent (VI) ve trivalent (III) formlarında bulunmaktadır. WHO raporuna göre, içme suyunda kabul edilebilir maksimum miktar 0.05 mg olarak belirlenmektedir. Literatüre göre ise ortanca ölümcül doz 50-150 mg/kg olarak tesbit edilmiştir (Suikkala ve ark., 2008). Bu element boya, çimento gibi malzemelerin yapısında bulunmaktadır. Fabrika atıklarından çevre su kaynaklarına karışabilen bu ağır metal, hayvan ve insanlar için bazı rahatsızlıklara neden olabilmektedir.

Bu element fizyolojik ve metabolik süreçlerde önemli bir role sahip olmasına rağmen, fazla miktarlarda insan ve hayvanlar tarafından alındığında, aşağıda adı geçen bazı rahatsızlıklara yol açmaktadır.

- Solunum rahatsızlıkları
- Kas-iskelet sorunları
- Hepatik sorunlar
- Böbrek yetmezliği
- Endokrin sorunlar
- Mide-bağırsak sorunları
- Cilt rahatsızlıkları
- Göz rahatsızlıkları
- İmmünolojik sorunlar
- Nörolojik sorunlar
- Kanser

c-) Cu (Bakır)

Bakır dünyada en çok kullanılan üçüncü metaldir (Wuana ve Okieimen, 2011). Bakır, elektrik ve elektronik uygulamalarında, ısı eşanjörlerinde, motorlarda, sıhhi tesisat armatürlerinde, inşaat ve çatı yapımında, kimya ve denizcilik ekipmanlarında, mutfak aletlerinde, ahşap koruyucularda, boyalarda anti-fouling ajanları ve hayvan yemleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Tüm bu alanlardan üretilen atıkların çevreye girmesi, sonucunda su kirlenmesine yol açmaktadır. Tarım sanayisinde kullanılan pestisitlerin yapısında bulunan bu ağır metal, toprak kirlenmesine yol açmaktadır. Yağmur ile birlikte toprağa bulaşan bu ağır metal, yeraltı su kaynaklarına bulaşabilmektedir (McLaughlin ve ark., 2000). Hayvanlardan tarım destekleyici biyokatı (gübreler) üretim veriminin artırılması için diğer ağır metaller ile birlikte Cu'de kullanılmaktadır. Hayvanlara verilen bu metal, hayvanlar tarafından üretilen gübrelere girmektedir. Tarım için kullanılan bu gübreler, zamanla toprakta birikim haline gelmektedir. Böylece çevrenin Cu ağır metal kirlenmesine yol açarak, su kaynaklarının da kirlenmesine neden olmaktadır (Sumner, 2000).

Koperiedus adıyla tanımlanan bakır toksisitesi, vücutta fazla miktarda bulunan bakırın yol açtığı ağır metal zehirlenmesidir. Yemek sırasında ortaya çıkan zehirlenmeler ile birlikte, içme suyundan meydana gelen zehirlenmeler insan ve hayvanlarda büyük sorunlara yol açmaktadır. Birleşik Devletler Çevreyi Koruma Ajansı raporuna göre, içme suyunda kabul edilir maksimum bakır miktarı 1.3 mg/L olarak bilinmektedir (Klaassen ve Amdur, 1996). Bu miktar WHO tarafından ise 50µg olarak rapor edilmiştir (Tchounwou ve ark., 2012). Bakır zehirlenmesinin bazı septomları kusma, tansiyon düşmesi, hematomez (kan kusması), sarılık, sindirim sistemi rahatsızlıkları, koma ve ciddi durumlarda ise ölümden ibarettir.

Doğada, bakır IV, V ve VI iyonik formlarda bulunmaktadır. VI bakır iyonik formu az miktarda toksik özellik gösterse de, fazla miktarda su veya gıdadan alındığı zaman, vücut hücrelerinde bulunan H₂O₂, glutamin reduktaz ve askorbik asite maruz kaldığında yüksek toksisiteye sahip olan bakır IV ve V formlarına indirgenebilmektedir. Bakırın bu aktif versiyonları hücrelerde olan DNA zincirlerine saldırarak bu moleküllerde tahriplere neden olabilmektedir. DNA'da oluşan bu tahriplerin neticesinde çıkabilecek mutasyonlar, çeşitli kanser vakalarına neden olabilmektedir (Klaassen ve Amdur, 1996).

d-) Cd (Kadmiyum)

Kadmiyumun en önemli kullanımını şarj edilebilir veya ikincil güç kaynakları olan Ni/Cd bataryalarıdır. Kadmiyum kaplamalar, özellikle deniz ve havacılık gibi yüksek stresli ortamlarda, gemilere ve diğer araçlara iyi bir korozyon direnci kaplama sağlar. Kadmiyumun diğer kullanım alanları ise pigmentler, polivinil klorür stabilizatörü, alaşımlar ve elektronik bileşiklerdir. Kadmiyum ayrıca fosfat gübreleri, deterjanlar ve rafine edilmiş petrol ürünleri de dahil olmak üzere birçok üründe de bulunmaktadır (Campbell, 2007). Bu kadar geniş bir kullanım alanına sahip olan bu metal, doğal olarak yüksek bir çevre kirletici potansiyeline sahiptir. Tarım sanayisinde kullanılan pestisit ve gübrelerde bulunan bu ağır metal, toprağın ve dolayısı ile kaynak suların kirlenmesinde büyük bir role sahiptir (Wegglar ve ark., 2004).

Kadmiyum; Uluslararası Kanser Araştırmaları, Çevresel Koruma ve Avrupa Kimyasal acentaları raporlarına göre yüksek seviye toksisiteye sahip olan, çevre su kirletici sınıfında yer alan bir ağır metal çeşidi olarak bilinmektedir. Bu element tarafından ortaya çıkan ateş ve kas ağrısı gibi rahatsızlıklar “kadmiyum blues” septomları olarak tanımlanmaktadır. Yüksek seviyede toksisiteye sahip olan bu ağır metalin, solunum sistemi, böbrek ve karaciğer yetmezliği, osteomalasiya (kemik yumuşaklığı), osteoporesis (kemiklerde mineral kaybı) ve ileri derecede kanser gibi hastalıklardan sorumlu olduğu literatürde rapor edilmiştir (Godt ve ark., 2006; Faroon ve ark., 2012).

Yeryüzünde var olan suların ortalama kadmiyum konsantrasyonu $<1\mu\text{g/L}$ olarak tespit edilmiştir. Bu değer kontamine olmuş su kaynaklarında $<1-77\mu\text{g/L}$ olarak artış gösterebilmektedir. Sağlık acentalarının raporlarına göre alınabilecek maksimum kadmiyum miktarının, günlük olarak 10mg/kg 'ın altında olması gerekmektedir. Literatürde var olan bazı kaynaklara göre ise bu miktarın altında olan Cd bile bazı hastalıkların riskini arttırabilmektedir (Rahimzadeh ve ark., 2017). Dolayısı ile çevre sularında bu elementin net bir şekilde tayini sağlık açısından büyük bir öneme sahiptir.

e-) Mn (Manganez)

Manganez alaşımların hazırlanması için birçok metal eklenebilmektedir. Bunun nedeni ise güç ve manyetizma gibi önemli özellikleri getirebilmesidir. Manganez bileşikleri çeşitli kullanımlara sahiptir: Potasyum permanganat antiseptik ve koruyucusunda, manganez klorür kuru hücreli pil üretiminde, manganez dioksit kibrit ve havai fişek yapımında ve gübrelerin üretimi için ise manganez sülfat olarak kullanılmaktadır. Manganez (Manganez klorür gibi) bileşikleri de hayvan beslenmesine önemli bir besin olarak eklenmektedir. Manganez'in çevreye verdiği en önemli salınımı, metal işleme tesislerinden kaynaklanmaktadır. Bu ağır metalın çevreye ayrıca Mn bileşikleri üreten veya kullanan diğer endüstriyel tesislerden de yayılabilmektedir. Diğer eser elementlere kıyasla, manganez bileşikleri, doğal olarak, yer kabuğunun önemli bir bölümünü oluştururlar ve topraklarda, kayalarda ve sulara nispeten yüksek seviyelerde bulunmaktadır. Madencilik faaliyetlerinden geriye kalan atıklar, yağmur suyu ile kaynak sularına ulaşınca, su kirliliğine yol açabilmektedir. Tarım sanayisinde pestisitlerin üretimi için kullanılan bu ağır metal, zirai topraklarında birikebilmektedir. Böylece tarım sulamalarında veya yağışlar neticesinde, toprakta birikmiş olan Mn, yeraltı su kaynaklarına bulaşabilmektedir (Jones ve Jarvis, 1981). Bütün bunlarla birlikte, çevre kirliliği kapsamında fazla risk taşıyan bir ağır metal olmadığı da bilinmektedir.

Biyolojik sistemlerin metabolik olayları için zaruri bir elementtir. Buna rağmen vücutta fazla miktarlarda bulunması bazı metabolik bozukluklara yol açtığı bilinmektedir. Vücut serumunda gerekli olan miktar 0.05-0.12 µg/dl aralığındadır. Bu aralığın altında olan miktarlarda enzimlerin fonksiyonel yetmezliğine neden olmasıyla birlikte, bu aralığın üstünde olan konsantrasyonlarda toksik etkiler göstermektedir. Bu elementin iyon ve tuz şeklinde kolayca beyin-kan bariyerinden difüze olması nedeniyle, içme suyu veya gıdadan alınan fazla miktarlar, beyinde kümeleşmesine yol açarak ve nörolojik rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Literatürde bu elemente bağılı olan birçok rahatsızlıklar rapor edilmiştir (Crossgrove ve Zheng, 2004).

- Kardiyovasküler bozukluklar
- Karaciğer yetmezliği
- Alzaymer

Sağlık ve tıp acentaları raporlarına göre içme suyunda kabul edilebilir Mn'nin maksimum miktarı 50 µg/ml olarak belirlenmiştir (O'Neal ve Zheng, 2015).

f-) Pb (Kurşun)

Bu ağır metal, kurşun asitli akülerde çatı kaplama, elektrikli ekipmanlarda ve radyasyon kalkanında yoğun miktarlarda kullanılmaktadır. İnsan faaliyetlerinden çevreye yapılan Pb salımlarının diğer kaynakları ise metal üretimi ve işlenmesi, kömür yakıtlı elektrikli santraller ve kimya endüstrisidir. Bunlarla birlikte Pb, yerküre kabuğundan, volkanlardan, orman yangınlarından ve deniz tuzu spreyinden de az miktarda doğal olarak çevreye ve su kaynaklarına salınabilmektedir. Kurşun, metallerin endüstriyel üretiminde Fe, Cu, Al ve Zn'nin ardında beşinci sırada yer almaktadır. ABD' de kullanılan Pb'nin yaklaşık yarısı, Pb depolama pillerinin üretimine yöneliktir. Diğer kullanımlar arasında, satıcılar, rulmanlar, kablo kılıfları, mühimmat ve sıhhi tesisat'ta bulunmaktadır (Manahan, 2002). Geniş bir kullanım alanına sahip olan bu ağır metal, bu alanlardan geriye kalan atıklardan veya endüstriyel sızıntılar sırasında çevre kirliliğinde büyük bir rol üstlenmektedir. İnorganik kurşun bileşiklerine ek olarak, tetraetil kurşunu gibi bir dizi organo-kurşun bileşikleri ise çevre kirliliğinde büyük bir katkıda bulunmaktadır. Geçmişte, benzin ve dizelde bir anti-vuruntu katkı maddesi olarak kullanılan tetraetilli kurşun ciddi şekilde hava kirliliği ve bununla birlikte su kirliliğine yol açmıştır.

Çevre kirliliği kapsamında hiç bir ağır metal kurşun kadar tehlikeye yol açmamaktadır. İnsan ve hayvan için yüksek bir zehirlenme kapasitesine sahip olan bu ağır metal, ölümlü sonuçlanabilen sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Besser ve ark., 2005). Sağlık açısından içme suyunda, gıda ve solunan havadan alınan bu ağır metalin miktarının sıfır olması gerekliliği birçok bilim adamı tarafından tartışılmaktadır. Fakat endüstrinin aşırı bir şekilde ilerlemiş olduğu günümüzde bunun pek mümkün olamayacağı tartışılmaz bir gerçektir. Dünyanın birçok sağlık acentası tarafından içme suyunda kabul edilebilir Pb'nin maksimum miktarı 5 µg/ml olarak belirlenmiştir (Tiwari ve ark., 2013).

Bu metalin yol açtığı hastalıkların bir listesi aşağıda sıralanmıştır (Valentine ve ark., 2009).

- Merkezi ve periferik sinir sistemi sorunları
- Hematopoetik sorunlar (hemolitik ve frank anemileri)
- Renal hastalıklar (göz)
- Kardiyovasküler sorunlar
- Kemik ile ilgili rahatsızlıklar
- Böbrek yetmezliği
- Sindirim sistemi rahatsızlıkları (karın ağrısı, ishal ve kilo kaybı)

g-) Fe (Demir)

Yeryüzünde yer alan metallerin %5'i demir ağır metali, dünyanın en bol bulunan ikinci metali olarak bilinmektedir. Demir endüstrisi, küresel çevre üzerinde önemli etkiye sahiptir. Üretilen Fe, büyük miktarlarda enerji kullanımının yanı sıra, madencilik ve atık arıtım alanlarının kullanılmasını gerektirir. Sonuç olarak, demir üretimi önemli miktarlarda hava kirleticileri, katı yan ürünler ve artıkların yanı sıra atık su çamuru oluşturur (Barnes ve Clarke, 1964). Demir kirliliği birçok şekilde olabilir ve etkiler sadece yerel bir alanda meydana gelmez, ancak atmosfer kirliliği de dahil olmak üzere bölgesel veya küresel ölçekte yayılabilir. Demirin önemli kullanım alanlarından olan çelik üretimi ise çevre, atmosfer ve su kirlenme potansiyeline sahiptir.

Demir, vücutta en çok miktarda bulunan element olarak çoğu biyolojik sistemlerde metabolizma olaylarının en önemli parçasıdır. Doğada ve biyolojik sistemlerde demir II ve demir III formlarında bulunmaktadır. Kırmızı kan hücrelerinin hemoglobin yapısında bu elementin %70'i kadar yer almaktadır. Demir vücut için her ne kadar öneme sahip olsa da, aşırı miktarlarda vücutta bulunması toksik etkiler gösterebilmektedir. Özellikle en hassas yaş grubu olan çocuklarda ciddi sorunlara neden olabilmektedir (Albretsen, 2006).

Su ve gıda yoluyla alınan demir miktarı 60 mg/kg (vücut ağırlığı)'dan fazla miktarlarda, klinik rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Fakat bu miktar 100-200 mg/kg'a kadar çıktığında, ölüme neden olabilecek sorunlara yol açabilmektedir (Albretsen, 2006). WHO'nun raporuna göre, içme suyunda bulunan demirin kabul edilebilir maksimum miktarı 0.3-0.6 mg/L olarak tahmin edilmiştir (Organization, 1996). Alınan fazla demir miktarlarında ortaya çıkan toksik etkiler zamanla artış göstermektedir. Vücutta aşırı demir

miktarı ile birlikte ortaya çıkan semptomlar ve rahatsızlıklar aşağıda verilmiştir (Albretsen, 2006).

- Sindirim sistemi kanaması
- İshal
- Metabolik asidoz
- Şok
- Hipotansyon
- Taşikardi
- Kardiyovasküler sorunlar
- Kan pıhtılaşması
- Karaciğer nekrozu
- Ölüm

C-) Katı Madde Kirletici

Katı atık üretimi, insan yaşamının doğal bir sonucudur. Bu atıkların kaldırılması, iyileştirilmiş yaşam kalitesi ile tutarlıdır. Şehircilik ile bağlantılı bir şekilde gelişen bu kirlilik, çevresel sorunlara neden olmaktadır. Su kaynaklarına karışabilen bu kirlilik ise insan ve sucul hayvanlar için büyük sorunlara yol açmıştır. Bu tür kirliliğin çevreye ulaştığı kaynaklar ayrıntılı olarak Tablo 1.1’de verilmiştir (Shekdar, 2009). Bu tür kirleticiler suda yüzerek yüzücü maddeleri ve suda asılı durumda kalarak, askıda katı maddeleri oluşturulabilmektedir (Ergin, 2012).

D-) Termal (Isıl) Kirletici

Su ortamında sıcaklık değişimleri endüstriyel kirlilik sendromu haline gelmiştir. Bu sendroma termal veya ısı kirliliği adı verilmektedir (Davidson ve Bradshaw, 1967). Normal ekolojik akış şartlar, insan tarafından ortaya çıkardığı termal deşarjlar nedeni ile bozulabilmektedir. Nükleer reaktörler, denizcilik ve şehircilikten kaynaklanan iklim değişikleri su ekolojisini değiştirerek, suyun ısı kirliliğine neden olmaktadır. Su sıcaklığının değişmesi sudaki bazı gazların doygunluk seviyesini değiştirerek, karbon dioksit gibi gazların daha fazla suda çözünmesi gibi etkiler yaratabilmektedir. Bu molekülün suda fazla miktarlarda bulunması, suyun PH'ını değiştirerek, sucul canlıları etkileyebilmektedir. Diğer taraftan moleküler oksijenin çözülme oranı sıcaklığın artmasıyla azalma göstermektedir. Sudaki canlıların oksijen tüketim ihtiyaçları sıcaklık ile doğrudan orantılı olması nedeniyle, su sıcaklığının artması, sucul canlılarda negatif etki yaratabilmektedir (Verones ve ark., 2010). Diğer taraftan suda yaşayan hayvanların birçoğunun poikiloterm (suyun sıcaklığına bağlı bir şekilde vücut sıcaklıklarını değiştiren canlılar) olduğu ve bu canlıların sıcaklık değişikliklerine dar bir tolerans gösterebileceği nedeni ile ölümcül tehlikeler yaratabilmektedir (Walkuska ve Wilczek, 2010).

E-) Radyoaktif Kirletici

Canlılarda karsinogen etkiye sahip olan radyoizotoplar, çevre ve su kirliliği için fazlasıyla ciddiye alınması gereken konulardan biridir. Normal koşullarda nükleer reaktörlerden çevre suyuna karışan radyoaktif maddeler tehdit edilebilir limitin altında olarak bilinmektedir (Guthrie, 1962). Fakat reaktörlerde ortaya çıkabilen sızıntı, çöküm ve patlamalar her ne kadar nadir bir durum olsa da çevre sularını kirleterek, insan sağlığını etkileyebilmektedir. Geçmişten günümüze kadar birçok nükleer bomba deneyi yapılmıştır. Patlamalar sırasında üretilen radyoaktif yan ürünlerin uzun yarı ömre sahip olmaları, su kirliliğinde büyük bir etki yaratmıştır.

Su kirliliğini etkilemiş olan bazı radyoaktif elementlerin Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından insanlar için olması gereken maksimum miktarı aşağıda verilmiştir (Canu ve ark., 2011).

- ^{228}Ra : 0.1 Bq/L (Becquerel/litre= radyoaktifitenin SI birimi)
- $^{223-226}\text{Ra}$, ^{234}U ve ^{235}U : 1 Bq/L
- ^{238}U : 10 Bq/L
- Radon-222 (^{222}Rn): 100Bq/L

Yapılmış olan bu tez çalışmasında Munzur ve Pülümür nehirleri ve Uzunçayır barajının ağır metal değerlerinin fiziko-kimyasal yöntemleri analiz edilmiştir. Bu amaç için Munzur ve Pülümür nehirleri ve Uzunçayır barajında belirlenmiş on istasyonundan temmuz, eylül ve kasım aylarında su örnekleri toplanmıştır. Alınan su örnekleri Atomik Absorbsiyon Spektroskopi cihazı ile Zn, Cr, Cu, Cd, Mn, Pb ve Fe ağır metallerin miktar ölçümü yapılmış, sonuçlar ppb (milyard'da bir) değerleri şeklinde elde edilmiştir.

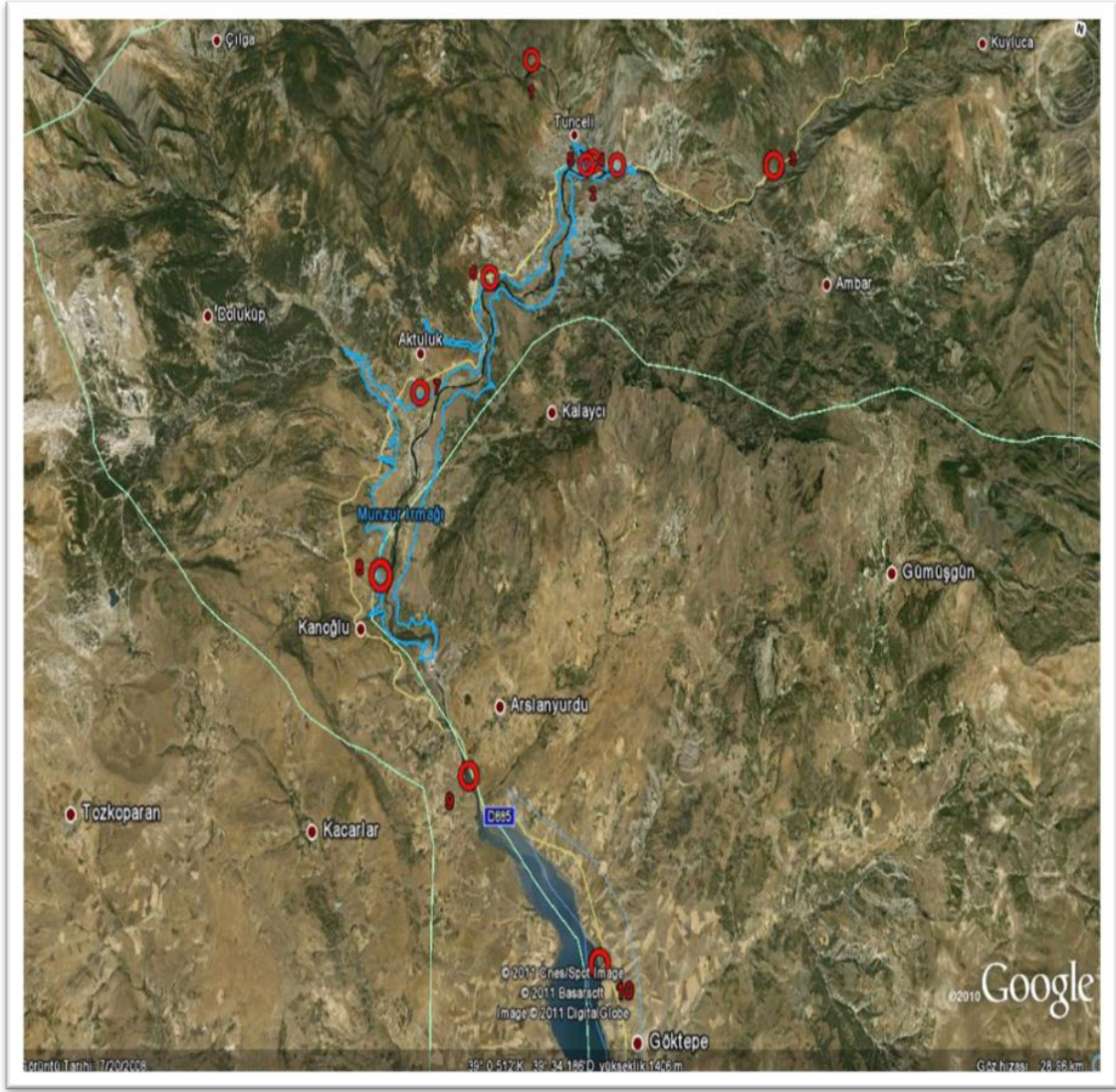
2. MATERYAL VE METOD

2.1 İstasyonların Belirlenmesi

Uzun Çayır Baraj Gölünde fiziko-kimyasal özelliklerin belirlenmesi için altı aylık süre içerisinde temmuz, eylül ve kasım aylarında toplam üç defa su örnekleri alınmıştır. Bu amaçla 10 adet istasyon belirlenmiştir. Bunlar; 1. İstasyon: Munzur Nehri üzerinde yerleşim birimi öncesi. 2. İstasyon: Munzur Nehrinin baraj gölüne dökülmeden hemen öncesi. 3. İstasyon: Pülümür Nehrinde çöp sızıntı suyunun deşarj noktasının hemen öncesi. 4. İstasyon: Pülümür Nehrinin baraja dökülmeden hemen öncesi. 5. İstasyon: Baraj alanında Pülümür Nehrinin Munzur Nehrine döküldüğü yerin hemen sonrası. 6. İstasyon: Baraj gölünün orta kısmı (I). 7. İstasyon: Baraj gölünün orta kısmı (II). 8. İstasyon: Baraj gölünün HES 'e yakın kısmı. 9. İstasyon: HES'ten hemen sonra. 10. İstasyon: Munzur Nehri'nin Keban Baraj Gölü'ne döküldüğü yerdir.

2.2 Belirlenen İstasyonların Özellikleri

Çalışmamızda belirlenen istasyonlar, "Google Earth Programı"nda baraj sahası hali hazırda görünmediğinden, maksimum kot seviyesindeki baraj sahasının sınırları, sahanın topografik özellikleri de göz önünde bulundurularak, özel bir bilgisayar programlarının yardımıyla çizilmiş ve baraj maksimum kot seviyesi ile numaralarına göre sıralanmış olarak Şekil 2.1'deki haritada gösterilmiştir. Projedeki amaçlara göre ilgili alanlarda uygun olan toplam 10 adet istasyon belirlenmiş ve bu noktaların koordinatları GPS ile tespit edilmiştir.



Resim 2. 2. Çalışma Sahası ve İstasyonları Gösterir Harita

2.2.1 Nolu İstasyon

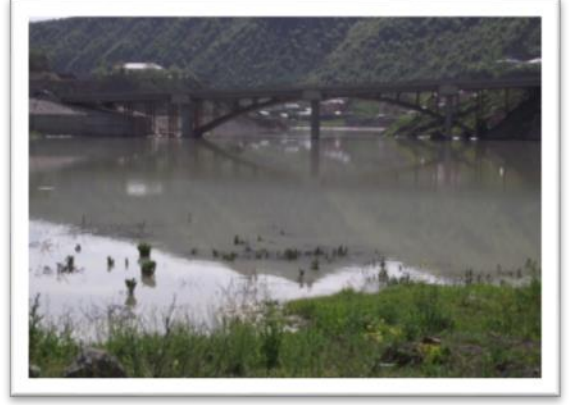
908 m yükseltide, 39°7.369' K enlem ve 39°30.997' E boylamında (37S 0544657 / UTM 4330532), Tunceli merkeze yaklaşık 6 km uzaklıkta, Munzur Nehri üzerinde yerleşim birimlerinden önce, şehrin atığını almamış olan bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.2.).



Resim 2. 3. 1 Nolu İstasyondan Görüntüler

2.2.2 Nolu İstasyon

894 m yükseltide, 39°6.123' K enlem ve 39°33.003' E boylamında (37S 0547561 / UTM 4328246), Munzur Nehri ile Uzunçayır Baraj Gölü'nün birleşim bölgesinde ve şehrin atığının deşarj edildiği bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.3.).



A



B

Resim 2. 4. 2 Nolu İstasyondan Görüntüler; A: İstasyonun Genel Görüntüsü, B; Deşarj Noktalarından Görüntüler.

2.2.3 3 Nolu İstasyon

876 m yükseltide, 39°6.882' K enlem ve 39°37.266' E boylamında (37S 0553695 / UTM 4329693), Tunceli merkeze yaklaşık 8 km uzaklıkta, Pülümür Nehri üzerinde yerleşim birimlerinden önce ve şehrin çöp depolama alanının sızıntı suyunun deşarj noktasından yukarıda kalan bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.4.).



Resim 2. 5. 3 Nolu İstasyondan Görüntüler

2.2.4 4 Nolu İstasyon

883 m yükseltide, 39°6.106' K enlem ve 39°33.607' E boylamında (37S 0548432 / UTM 4328219), Pülümür Nehri ile Uzunçayır Baraj Gölü'nün birleşim bölgesinde ve çöp depolama alanının deşarj suyunun drenaj noktasından sonra ve yerleşim yerlerinin atıklarını alan bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.5.).



Resim 2. 6. 4 Nolu İstasyondan Görüntüler.

2.2.5 5 Nolu İstasyon

893 m yükseltide, 39°5.987' K enlem ve 39°32.883' E boylamında (37S 0547390 / UTM 4327993), Uzunçayır Baraj Gölü alanı içerisinde Pülümür Nehri'nin Munzur Nehri'ne döküldüğü yerin hemen sonrasında bulunan bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.6.).



Resim 2. 7. 5 Nolu İstasyondan Görüntüler.

2.2.6 6 Nolu İstasyon

888 m yükseltide, 39°3.875' K enlem ve 39°31.265' E boylamında (37S 0545080 / UTM 4324072), Uzunçayır Baraj Gölü alanı içerisinde ve baraj etrafındaki yerleşim yerlerinden olan Atatürk mahallesinden sonraki bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.7.).



Resim 2. 8. 6 Nolu İstasyondan Görüntüler

2.2.7 7 Nolu İstasyon

888 m yükseltide, 39°1.995' K enlem ve 39°30.362' E boylamında (37S 0543798 / UTM 4320588), Uzunçayır Baraj Gölü alanı ortasında ve baraj etrafındaki yerleşim yerlerinden olan Aktuluk Beldesinden sonraki bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.8.).



Resim 2. 9. 7 Nolu İstasyondan Görüntüler.

2.2.8 8 Nolu İstasyon

899 m yükseltide, 38°59.550' K enlem ve 39°30.550' E boylamında (37S 0544093 / UTM 4316067), Uzunçayır Baraj Gölü alanı içerisinde, baraj kapaklarına ve Hidro Elektrik Santraline yakın bölgede ve baraj etrafındaki yerleşim yerlerinden biri olan Kanoğlu Köyü'nden sonraki bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.9.).



Resim 2. 10. 8 Nolu İstasyondan Görüntüler

2.2.9 9 Nolu İstasyon

839 m yükseltide, 38°57.761' K enlem ve 39°33.206' E boylamında (37S 0547948 / UTM 4312780), Uzunçayır Baraj Gölü bendinden ve Hidro Elektrik Santralinden hemen sonraki bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.10.).



Resim 2. 11. 9 Nolu İstasyondan Görüntüler.

2.2.10 10 Nolu İstasyon

841 m yükseltide, 38°56.415' K enlem ve 39°36.324' E boylamında (37S 0552466 / UTM 4310320), Munzur Nehri'nin Uzunçayır Baraj Gölü'nden sonraki baraj gölü olan Keban Baraj Gölü'ne döküldüğü bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.11.).



Resim 2. 12. 10 Nolu İstasyondan Görüntüler

2.2 Su Numunelerinin Alınması

Belirlenmiş olan 10 adet istasyonda her 2 ayda bir olmak üzere toplamda 3 dönem (6 ay) süresince 2012 yılında saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Su örneklemeleri, örnekleme sahasının iklimsel, sosyal ve güvenlik özellikleri göz önünde bulundurularak ilgili dönem içerisinde alınmak kaydı ile, 6 ay boyunca temmuz, eylül ve kasım aylarında yapılmıştır. Örneklemeler, daha önceden kullanılmamış ve üzeri hangi istasyon ve döneme ait olduğunu gösterir şekilde etiketlenmiş, 1 lt'lik, koyu renkli, ağzı rodajlı polypropylene materyalinden yapılmış su numune şişeleri ile yapılmıştır. Çalışmada tüm su örnekleri gün içerisinde sabah saat 10.00-11.00 arasında alınmıştır. Numuneler, istasyonun özelliğine bağlı olarak göl veya akarsu kıyısından 1-2 m açıktaki alınılmıştır. Su numuneleri, şişenin numunenin alınacağı su ile en az 3 defa çalkalanmasından sonra, kapağı açık olarak baş aşağı konumda suya 30 cm kadar daldırılıp, su içerisinde ters çevrilerek doldurulması ve

kapağının yine su içerisinde kapatılmasıyla alınmıştır. Alınan numuneler ilgili analizlerin yapılması için ivedilikle laboratuvara intikal ettirilmiştir (şekil 2.12).



Resim 2. 13. rneklemelerden Sonra Laboratuara İntikal Ettirilmiş Olan Su Numuneleri.

2.3 Su Numunelerinin Analizi

Zn, Cr, Cu, Cd, Mn, Pb ve Fe elementleri İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi (IBTAM)'nde hizmet alımı yoluyla gerçekleştirilmiştir. Analizler, Grafit Fırınlı Atomik Absorbsiyon Spektroskopisinde yapılmıştır.

3. BULGULAR

Temmuz, eylül ve kasım aylarında Uzunçayır Baraj Gölü'nde belirlenen on istasyondan alınan su örneklerinin ağır metal analizleri fiziko-kimyasal tekniği kullanarak Atomik Absorpsiyon Spektroskopi cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Örnek suların ağır metal analizinden elde edilen sonuçlar aşağıdaki bölümlerde detaylı olarak verilmiştir.

3.1 Zn (Çinko)

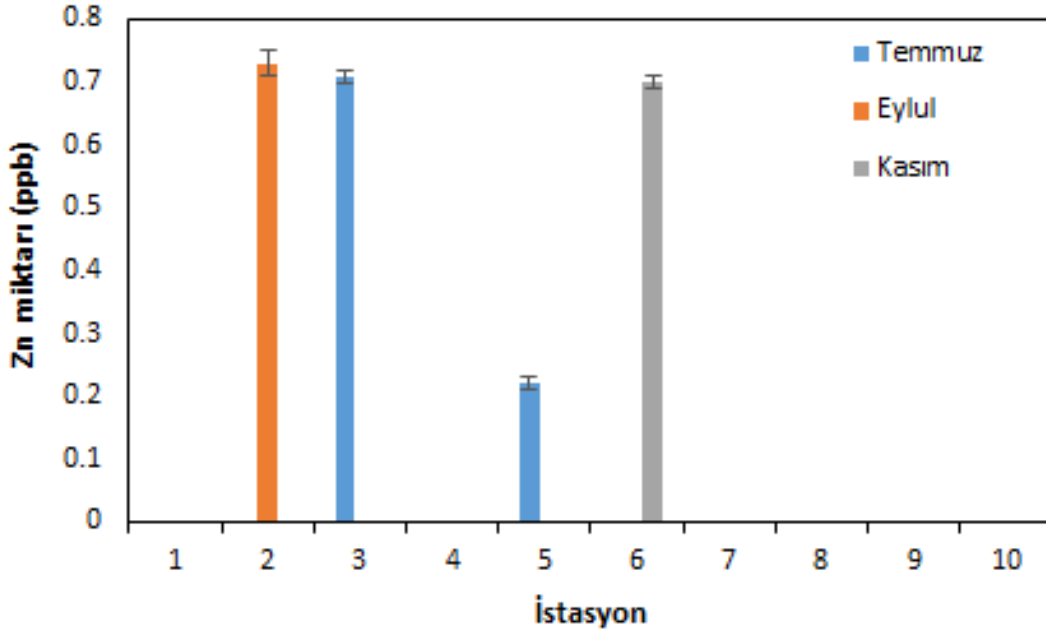
On farklı istasyondan temmuz, eylül ve kasım dönemlerine ait alınan Zn değerleri Tablo 3.1'de ve bu değerlerin grafiği Şekil 3.1'de verilmiştir. Alınan sonuçlara göre tespit edilebilen en düşük Zn değeri 0,22 ppb olarak temmuz ayında 5. istasyondan ve en yüksek değer ise 2. istasyondan eylül ayında 0,73 ppb olarak elde edilmiştir. Eylül ve kasım dönemlerine ait 9 istasyondan alınan sonuçlar tespit edilebilir limitin altında (T.L.A.) olarak elde edilmiştir. İstasyonlardan temmuz, eylül ve kasım aylarından alınan çinko değerleri gösterdiği farklardan dolayı istatistiksel olarak önemli olduğu not edilmektedir ($P<0,05$).

Tablo 3. 1. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Zn değerleri (ppb).

Dönem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*10
Temmuz	**T.L.A.	T.L.A.	0,71±0,01	T.L.A.	0,22±0,01	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.
Eylül	T.L.A.	0,73±0,02	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.
Kasım	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	0,70±0,01	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.

*İstasyon numarası.

** Tespit edilebilir Limitin Altında



Şekil 3.1. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Zn değişimleri. (T.L.A. (Tespit edilebilir Limitin Altında) değerler sıfır olarak grafiğe yansıtılmıştır).

3.2. Cd (Kadmiyum)

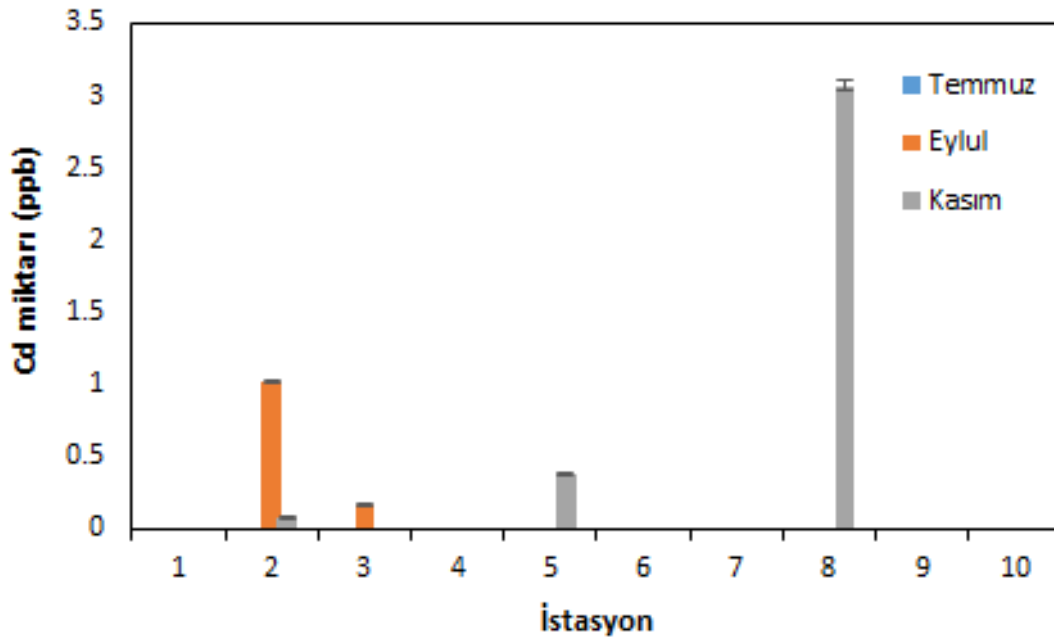
Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine ait istasyonlardan elde edilen Cd değerleri Tablo 3.2’de ve bu değerlerden oluşturulmuş grafik ise Şekil 3.2’de verilmiştir. Alınan sonuçlara göre tespit edilebilen en düşük ve en yüksek Cd değerleri kasım ayının 2. ve 8. istasyonundan sırayla 0,08 ve 3,07 ppb olarak elde edilmiştir. Temmuz ayında tüm istasyonlardan alınan değerlerin tespit edilebilir limitin altında olduğu tespit edilmiştir. Eylül dönemine ait verilerin sekizi ve kasım ayına ait değerlerin yedisi ise tespit edilebilir limitin altında olarak elde edilmiştir. İstasyonlardan Temmuz, eylül ve kasım aylarından alınan kadmiyum değerleri gösterdiği farklardan dolayı istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0,05$).

Tablo 3. 2. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine ait istasyonlara ait Cd değerleri (ppb).

Dönem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*10
Temmuz	**T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.
Eylül	T.L.A.	1,02±0,01	0,17±0,01	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.
Kasım	T.L.A.	0,08±0,01	T.L.A.	T.L.A.	0,38±0,01	T.L.A.	T.L.A.	3,07±0,04	T.L.A.	T.L.A.

*İstasyon numarası.

** Tespit edilebilir Limitin Altında



Şekil 3. 2. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Cd değişimleri. (T.L.A. (Tespit edilebilir limitin altında) değerler sıfır olarak grafiğe yansıtılmıştır).

3.3. Cr (Krom)

Temmuz, eylül ve kasım dönemlerinde istasyonlardan alınan kurşun değerleri Tablo 3.3'te verilmiştir. Sonuçlara göre, bu üç döneme ait Cr değerleri tüm istasyonlarda tespit edilebilir limitin altında olarak elde edilmiştir. Tüm istasyonlardan elde edilen Cr değerleri, bu dönemler arasında istatistiksel anlam göstermemektedir.

Tablo 3.3. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Cr değerleri (ppb).

Dönem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*10
Temmuz	**T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.
Eylül	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.
Kasım	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.

*İstasyon numarası.

** Tespit edilebilir Limitin Altında

3.4. Cu (Bakır)

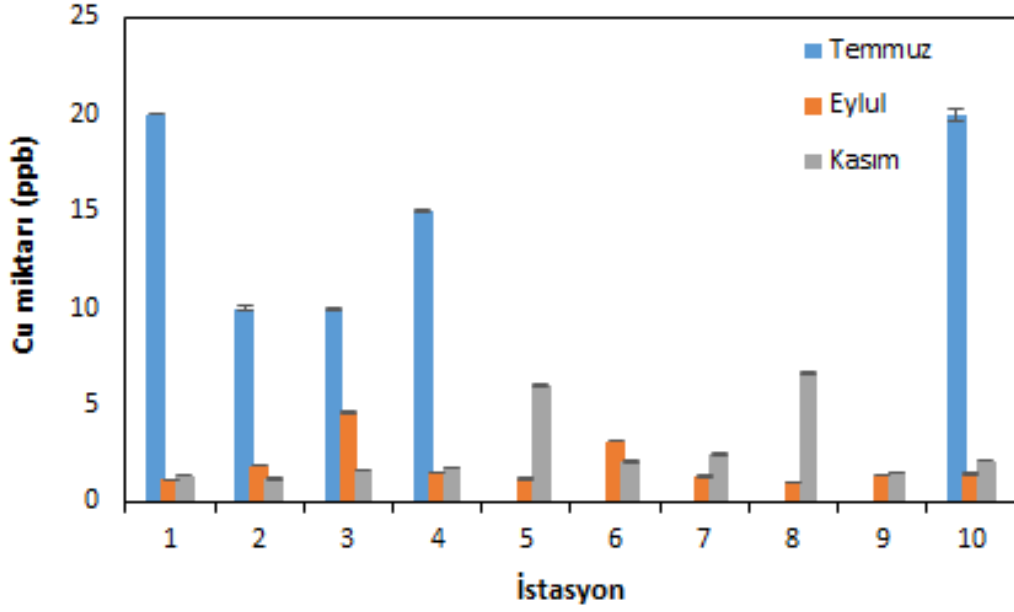
Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlardan elde edilen Cu değerleri Tablo 3.4'te ve bu değerlerin grafiği ise Şekil 3.3'te verilmiştir. Alınan sonuçlara göre tespit edilebilen en düşük Cu değerleri eylül döneminin 8. istasyonuna aitken 1,01ppb ve en yüksek değerler ise temmuz döneminde 1 ve 10. istasyondan 20,00 ppb olarak ölçülmüştür. Temmuz ayının 5-9. aylarından alınan değerler, tespit edilebilir limitin altında olduğu görülmüştür. İstasyonlardan Temmuz, eylül ve kasım aylarından alınan bakır değerleri gösterdiği farklardan dolayı istatistiksel olarak önemli olduğu not edilmektedir ($P<0,05$).

Tablo 3. 4. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Cu değerleri (ppb).

Dönem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*10
Temmuz	20,00±0,01	10,00±0,12	10,00±0,06	15,00±0,03	**T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	20,00±0,29
Eylül	1,17±0,01	1,84±0,02	4,59±0,03	1,55±0,01	1,20±0,02	3,13±0,02	1,30±0,02	1,01±0,01	1,35±0,03	1,41±0,06
Kasım	1,34±0,01	1,19±0,01	1,59±0,01	1,78±0,02	5,98±0,05	2,10±0,05	2,44±0,02	6,70±0,06	1,50±0,01	2,13±0,02

*İstasyon numarası.

** Tespit edilebilir Limitin Altında



Şekil 3. 3. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Cu değişimleri. (T.L.A. (Tespit edilebilir Limitin Altında) değerler sıfır olarak grafiğe yansıtılmıştır).

3.5. Fe (Demir)

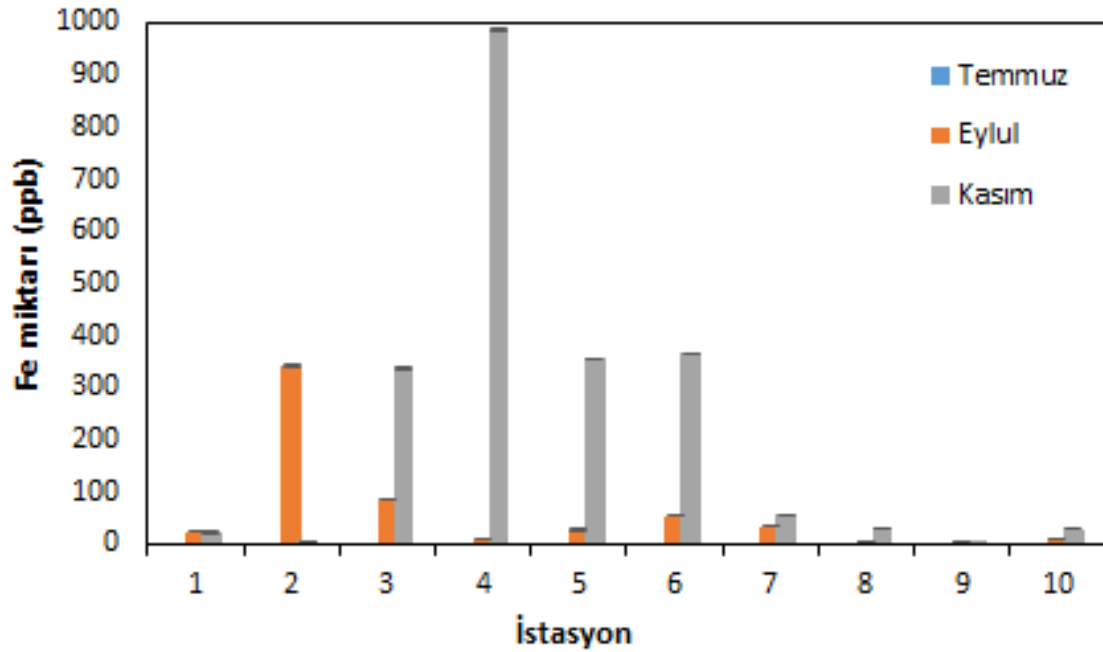
Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlardan alınan Fe değerleri Tablo 3.5'te ve bu değerlerin grafiği ise Şekil 3.4'te verilmiştir. Alınan sonuçlara göre tespit edilebilen en düşük Fe değeri kasım ayının 9. İstasyonunda 1.21ppb iken, en yüksek Fe değerleri ise aynı ayın 4. istasyonunda 987,70 ppb olarak elde edilmiştir. Temmuz ayına ait tüm istasyonlardan alınan değerler tespit edilebilir limitin altında olduğu görülmüştür. Temmuz dönemine ait veriler ise tüm istasyonlarda tespit edilebilir limitin altında elde edilmiştir. İstasyonlardan eylül ve kasım aylarından alınan Fe değerleri gösterdiği farklardan dolayı istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0,05$).

Tablo 3. 5. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Fe değerleri (ppb).

Dönem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*10
Temmuz	**T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.
Eylül	22,32±0,02	342,80±1,61	83,95±0,03	7,53±0,02	26,94±0,54	53,03±0,02	33,66±0,03	4,16±0,01	5,62±0,07	10,29±0,11
Kasım	22,54±0,05	5,60±0,11	335,80±1,62	987,70±0,75	355,60±0,35	365,57±0,83	56,44±0,75	29,69±0,23	1,21±0,01	27,37±0,21

*İstasyon numarası.

** Tespit edilebilir Limitin Altında



Şekil 3.4. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Cu değerleri. (T.L.A. (tespit edilebilir limitin altında) değerler sıfır olarak grafiğe yansıtılmıştır).

3.6. Mn (Mangan)

Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlardan elde edilen Mn değerleri Tablo 3.6'da ve bu değerlerin grafiği ise Şekil 3.5'te verilmiştir. Alınan sonuçlara göre tespit edilebilen en düşük Mn değerleri eylül ayının 3. istasyonuna ait iken 0,014 ppb olarak elde edilmiştir. En yüksek Mn değerleri ise kasım ayına ait 1. istasyondan 0,87 ppb olarak ölçülmüştür. Temmuz ayına ait tüm istasyonlardan alınan değerler tespit edilebilir

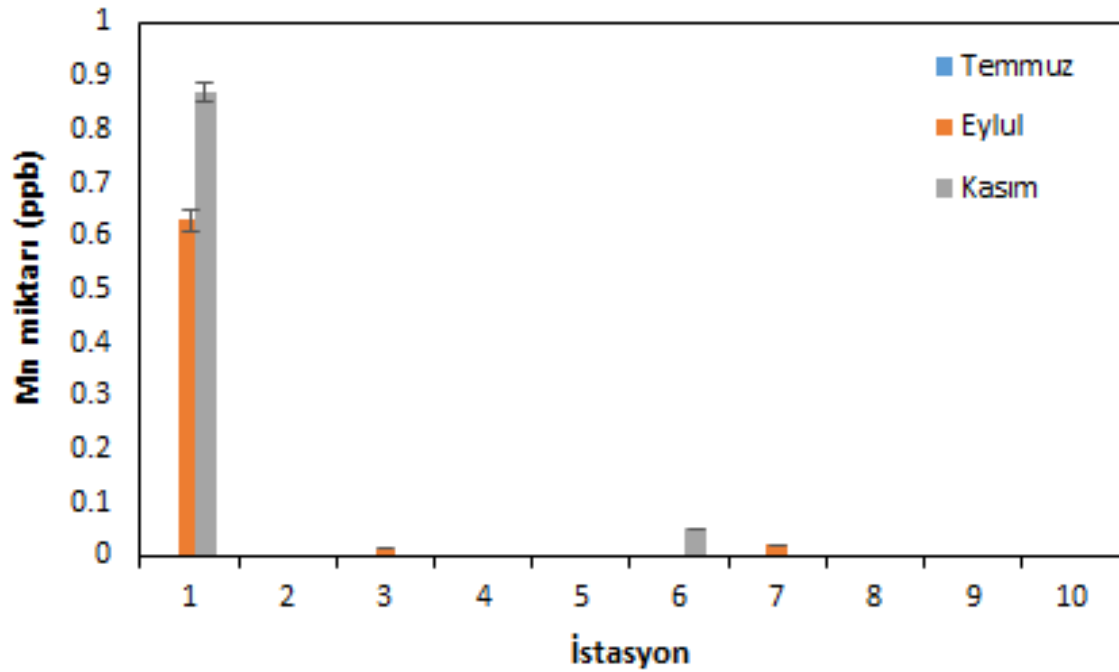
limitin altında olarak elde edilmiştir. Eylül ve kasım aylarına ait istasyonlardan sırasıyla yedi ve sekiz tanesinde ise tespit edilebilir limitin altında olduğu görülmüştür. İstasyonlardan temmuz ayına ait değerlerin istatistiksel anlam taşımadığı, eylül ve kasım aylarından alınan Mn değerleri ise gösterdiği farklardan dolayı istatistiksel olarak önemli olduğu söylenebilmektedir ($P < 0,05$).

Tablo 3. 6. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Mn değerleri (ppb).

Dönem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*10
Temmuz	**T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.
Eylül	0,63±0,02	T.L.A.	0,014±0,00	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	0,02±0,00	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.
Kasım	0,87±0,02	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	0,05±0,00	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.

*İstasyon numarası.

** Tespit edilebilir Limitin Altında



Şekil 3.5. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Mn değişimleri. (T.L.A. (Tespit edilebilir limitin altında) değerler sıfır olarak grafiğe yansıtılmıştır).

3.7. Pb (Kurşun)

Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlardan alınan kurşun değerleri Tablo 3.7’de verilmiştir. Sonuçlara göre, bu üç döneme ait Pb değerleri tüm istasyonlarda tespit edilebilir limitin altında olarak elde edilmiştir. Tüm istasyonlarda ise elde edilen Pb değerlerinin temmuz, eylül ve kasım dönemleri arasında istatistiksel anlama sahip olmadığı görülmektedir.

Tablo 3. 7. Temmuz, eylül ve kasım dönemlerine göre istasyonlara ait Pb değerleri (ppb).

Dönem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*10
Temmuz	**T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.
Eylül	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.
Kasım	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.	T.L.A.

*İstasyon numarası.

** Tespit edilebilir Limitin Altında

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada Tunceli bölgesinde olan Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın ağır metal değerleri analitik olarak Atomik Absorpsiyon Spektroskopi cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Ağtaş ve ark., (2007) yılında yapılan benzer çalışmada, Yıldız Nehri'nin Cu ve Fe değerleri incelenmiştir. Farklı dönemlerde bu nehirden alınan su örneklerinin fiziko-kimyasal teknikleri ile miktar ölçümü yapılmıştır. Bu grup tarafından alınan sonuçlara göre, Yıldız Nehri'nin Cu ve Fe değerleri tarafımızca Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'ndan alınan değerlerden daha düşük miktarlarda elde edilmiştir (Ağtaş ve ark., 2007). Sonuç olarak ise Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın Cu ve Fe ağır metal kirliliği açısından Yıldız Nehri'nden daha düşük kaliteye sahip olduğu görülmektedir.

Hacettepe Üniversitesinde Akbulut ve Tuncer tarafından yapılmış çalışmada, Kızılırmak Nehri'nden toplanan su örneklerinin ağır metal değerleri analiz edilmiştir. Bu grubun elde ettiği sonuçları tarafımızca alınan sonuçlar ile kıyasladığımızda, Kızılırmak Nehri'nde olan Mn değerinin Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'ndan daha yüksek miktarlarda olduğu görülmüştür. Bu değer Fe için Kızılırmak Nehri'nde daha düşük değere sahiptir. Cd değerinin ise minimum miktarının tarafımızca alınan değerinin altında olduğu, maksimum değerinin ise aldığımız değer üzerinde olduğu belirlenmiştir (Akbulut ve Tuncer, 2011).

Elmacı ve ark., (2007) yılında yaptığı benzer bir çalışmada, Ulubat Gölü'nün Cu, Cr, Cd ve Pb değerleri analiz edilmiştir. Bu grup tarafından alınan sonuçlara göre temmuz, eylül ve kasım aylarında alınan su örneklerinde Cu değerlerinin aynı dönemlerde Munzur ve Pülümür nehirleri ve Uzunçayır Barajı'ndan alınan su örneklerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu değerler Cd, Cr ve Pb için daha yüksek olarak elde edilmiştir. Tarafımızca alınan sonuçların, Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın Ulubat Gölü'ne kıyasla ağır metal içeriği açısından daha yüksek su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir (Elmacı ve ark., 2007).

Türkiye'de benzer çalışma Akçay ve ark., tarafından Büyük Menderes ve Gediz Nehirlerinin ağır metal değerinin analizi için yürütülmüştür. Bu grup tarafından yaz ve kış

dönemlerinde alınan su örneklerinin Cr, Cu, Fe, Mn ve Pb ağır metal değerleri fiziko-kimyasal teknikleri ile analizi yapılmıştır. Bu grup tarafından elde edilen sonuçlara göre, Büyük Menderes Nehri'nde olan Cr, Fe, Mn ve Pb değerleri Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'ndan daha az miktarlardayken, Cu değerinin daha yüksek miktarda olduğu görülmüştür. Gediz Nehri'nden alınan sonuçlara göre, Fe dahil olmak üzere tüm ağır metallerin miktarı daha yüksek olarak saptanmıştır. Sonuç olarak ise Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın ağır metal kirliliği açısından Büyük Menderes ve Gediz Nehirlerinden daha kaliteli olduğu belirlenmiştir (Akçay ve ark., 2003).

Diğer bir çalışma ise Manisa bölgesinde olan Avşar barajının ağır metal değerleri Öztürk ve ark., (2009) yılında yapmıştır. Bu grup tarafından alınan sonuçlara göre, Avşar Barajı'nın Cd ve Cu değerlerinin Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'ndan elde edilen miktarlardan daha düşük olduğu görülmüştür (7×10^{-4} ve 0,01mg/l). Cr ve Pb için daha yüksek değerler elde edilmiştir (sırasıyla 0,005 ve 0,01mg/l). Bu değer Fe için eşit miktar olarak 0,9 birim civarında elde edilmiştir (Öztürk ve ark., 2009). Tarafımızca alınan sonuçlara göre, Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın Avşar Barajı'na yakın su kalitesine sahip olduğu görülmüştür.

Cengiz ve ark., tarafından (2017) yılında yapılan çalışmada ise Antalya bölgesinde olan Boğaçayı Nehri'nin ağır metal değerleri belirlenmiştir. Bu grup tarafından yapılan çalışmada Cr, Mn, Co, Cu, Cd ve Pb değerleri analitik teknikleri ile elde edilmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer Cr'a aitken, en az miktar ise Cd ağır metalı için elde edilmiştir (sırasıyla 3,20 ve 0,23 µg/l). Bu grup tarafından elde edilmiş sonuçlardan, Boğaçayı Nehri'nin Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'na kıyasla daha fazla miktarlarda Cr, Pb, Mn ve Cu barındırdığı söylenebilir (Cengiz ve ark., 2017).

2005 yılında Aydınalp ve ark., tarafından yürütülmüş olan çalışmada, Bursa bölgesinde olan Nilüfer Nehri ve Ayvalı kanalının ağır metal değerleri belirlenmiştir. Bu grup tarafından sonbahar ve kış dönemlerinde toplanan su örneklerinde bulunan Zn, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn ve Pb ağır metal değerleri, Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'na kıyasla çok daha fazla miktarlarda elde edilmiştir (Aydınalp ve ark., 2005).

Amerika Birleşik Devletinde Garbarino ve ark., tarafından (2016) yılında yürütülen benzer çalışmada Mississippi Nehri'nin Cd, Cr, Cu ve Pb ağır metallerin analitik değerleri elde edilmiştir. Bu grup tarafından alınan sonuçlara göre Mississippi Nehri'nin Munzur ve

Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'na göre kıyasla, daha yüksek miktarlarda Cd, Cr ve Pb barındırmaktadır. Bu değerler Cu için eşit olarak 0.2 ppm elde etmiştir (Garbarino ve ark., 1995). Tarafımızca alınan sonuçların, Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın ağır metal miktarı açısından Amerikada olan Mississippi Nehri'nden daha yüksek kaliteye sahip olduğu görülmektedir.

Rowland ve ark., tarafından İngilterede yapılmış benzer bir çalışmada Ribble ve Wyre Nehirlerinde yüksek toksisiteye sahip olan Cd ve Pb ağır metallerin değerleri elde edilmiştir. Bu grup tarafından alınan sonuçlara göre, bu nehirlerin Munzur ve Pülümür nehirleri ve Uzunçayır barajına kıyasla daha düşük miktarda Cd değerine sahip olduğu, ancak daha yüksek miktarlarda Pb'ye sahip olduğu söylenebilir (Rowland ve ark., 2011).

Mir Mohammad ve ark., tarafından (2016) yılında yapılan benzer çalışmada, Bangladeş ülkesinde olan Karnaphuli Nehri'nin Cr, Pb ve Cd değerleri elde edilmiştir. Bu grup tarafından yaz ve kış dönemlerinde toplanan su örneklerinden alınan analiz sonuçlarına göre, Karnaphuli Nehri Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'na kıyasla daha fazla miktarlarda Cr, Pb ve Cd ağır metal içermektedir (Ali ve ark., 2016). Bu tez kapsamında elde edilen sonuçlara göre, Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın Bangladeş ülkesinde olan Karnaphuli Nehri'ne göre ağır metal kirliliği açısından daha yüksek kaliteye sahip olduğu görülmüştür.

Tez kapsamında alınan sonuçların minimum ve maksimum değerleri, Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa Birliği içme su kalitesi değerleri ile karşılaştırılmış şekilde Tablo 4.1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'ndan temmuz, eylül ve kasım aylarında alınan örneklerin Zn, Cd, Cr, Cu, Mn ve Pb değerlerinin Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa Birliği su endeksinin kabul edilebilir maksimum değerlerinden çok daha düşük olduğunu göstermiştir. Bu istasyonlardan alınan su örneklerinin Fe değeri ise Dünya Sağlık Örgütü'nün kabul edilir limitinin üzerinde elde edilmişken, Avrupa Birliği su endeksinin değeri ile eşit miktarda elde edilmiştir. Sonuç olarak ise Munzur ve Pülümür nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın ağır metal açısından kalitesinin Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa Birliği'nin insan kullanımı için belirttiği kalitede olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar SKKY (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği) ile karşılaştırıldığında, Zn, Cd, Cr, Mn ve Pb değerlerinin I. sınıf su kalitesi seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Analiz etmiş olduğumuz suyun Fe ve Cu miktarları açısından II. ve III. sınıf su kalite kategorisinde yer aldığı görülmüştür.

Tablo 4.1. Tez kapsamında tespit edilmiş ağır metal değerlerinin Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa Birliği Su Kalite endeksi ile karşılaştırılması.

Ağır Metal	Su Kalitesi Endeksleri			Ölçüm Değerler (Mg/l)		SKKY'e göre Su Kalite Sınıfı
	Dünya Sağlık Örgütü mg/l	Av.B Su Kalite Endeksi mg/l	*SKKY (I. Sınıf)	Min	Mak	
Zn	3,00	5,00	0,20	$2,2 \times 10^{-4}$	$7,3 \times 10^{-4}$	I
Cd	0,005	0,2	0,003	8×10^{-5}	$3,07 \times 10^{-3}$	I
Cr	0,05	0.5	0,02	**T.L.A.	T.L.A.	I
Cu	1,00	3,00	0,02	$1,01 \times 10^{-3}$	0,20	III
Fe	0,30	1,00	1,00	$1,21 \times 10^{-3}$	0,9877	II
Mn	0,10	0,05	0,10	$1,4 \times 10^{-5}$	$8,7 \times 10^{-4}$	I
Pb	0,01	0.5	0,01	T.L.A.	T.L.A.	I

*Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

**Tespit edilebilir Limitin Altında

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında; Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın ağır metal su kalitesinin belirlenmesi için on farklı istasyondan temmuz, eylül ve kasım aylarında alınan su örnekleri, Atomik Absorbsiyon Spektroskopi cihazı ile analizlenmiştir. Bu tezde alınmış olan ağır metal değerleri WHO, TSE ve EPA'nın içme suyu standart endeksleri ile karşılaştırılıp, Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın su kalite sınıfı belirlenmiştir (URL-1, 2004, URL-2, 2005).

Temmuz, eylül ve kasım aylarında on istasyondan toplanan su örneklerinin Zn değerleri elde edilmiştir. Alınan sonuçlara göre Zn için en düşük değer temmuz ayında beşinci istasyon için 0,22 ppm olarak elde edilmişken, en yüksek değer ise 0,73 ppb olarak eylül ayında ikinci istasyondan elde edilmiştir. Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nda tespit edilmiş olan Zn değerleri, WHO ve Av.B su kalite endeks değerlerinin altında elde edilmiştir. SKKY'a göre ise Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın Zn miktarı açısından I. sınıf su kalitesine sahiptir.

Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın Cd ağır metal değeri temmuz, eylül ve kasım aylarında on istasyondan alınan su örnekleri analizi ile belirlenmiştir. Sonuçlara göre tespit edilmiş en düşük değer ikinci istasyondan kasım ayında 0,08 olarak elde edilmiştir. En yüksek değer ise aynı dönemin sekizinci istasyondan 3,07 ppb olarak elde edilmiştir. Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nda tespit edilmiş olan Cd değerleri, WHO ve Av.B su kalite endeks değerlerinin altında elde edilmiştir. SKKY'a göre ise Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın Cd miktarı açısından I. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Temmuz, eylül ve kasım aylarında Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'ndan su örnekleri belirlenmiş olan on farklı istasyondan toplanmış, Cr ve Pb değerleri analitik yöntemler ile tespit edilmiştir. Bu ağır metaller için elde edilen değerlerin hepsi tüm istasyon ve aylar için tespit edilebilir limitin altında olarak görülmüştür. Dolayısı ile Cr ve Pb değerleri WHO ve Av. B tarafından belirlenmiş kabul edilebilir maksimum değerlerin altındadır. SKKY su kalite sınıflandırılmasına göre ise Munzur ve Pülümür nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın suyunun Cr ve Pb içeriği açısından I. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'ndan temmuz, eylül ve kasım dönemlerinde on istasyondan alınan su örneklerinin Cu ağır metal değeri tayin edilmiştir. Sonuçlara göre, tespit edilebilen en düşük Cu değerleri eylül döneminin 8. istasyonuna ait iken (1,01 ppb), en yüksek değerler ise temmuz döneminde 1 ve 10. istasyondan elde edilmiştir (20,00 ppb). Cu için tespit edilen değerler, WHO ve Av. B'nin kabul edilebilir maksimum değerlerin altında olarak elde edilmiştir. SKKY su kalite sınıfına göre ise Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı kurak dönemde III. sınıf su kalitesine sahipken, diğer dönemlerde su kalitesinin I. sınıfa yükseldiği görülmüştür. Cu konsantrasyonlarının yüksek bulunuşu, kaynağının daha çok doğal ortam olduğunu düşündürmektedir. Bu durum, su sisteminin beslenme alanı içerisinde Cu zenginleşmelerinin bulunduğunu akla getirmektedir.

Temmuz, eylül ve kasım dönemlerinde Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'nın belirlenmiş on istasyondan toplanan su örneklerinin Fe ağır metal değerleri analiz edilmiştir. Çalışma süresince en yüksek Fe konsantrasyonları 4. istasyonda (987 µg/l) kurak dönem sonrası ve izleyen değer üçüncü istasyonda (335 µg/l) yağışlı dönemde elde edilmiştir. Hem yağışlı hem de kurak periyotlarda en yüksek konsantrasyonu veren istasyonun her ikisi de Pülümür Nehri mansabında bulunmaktadır. Nehrin membasının yerleşim yerlerinden uzak ve Fe'ce zenginleşmenin de bulunmadığı doğal alanda, suda ölçülen en yüksek Fe değeri (987,7 µg/l) neredeyse 100 kat fazlalaşmıştır (Tablo 4.1). Memba kısmı SKKY (2008)'e göre I. sınıf su iken mansap kısmında konsantrasyonun hızla artışı ve istasyon noktasının konumu göz önüne alındığında bu artışın nedeninin doğal ortamdan ziyade muhtemelen Pülümür Nehri dere yatağında aktif olan kum ocağı tesisi ve çalışma istasyonu yakınındaki mineralli suların katkısı vs. ile antropojenik kaynaklı olduğu düşüncesi oluşmuştur. Munzur Nehri'nde Fe açısından bir kirlilik gözlenmezken, Pülümür Nehri'nin memba kısmında görülen kirlilik göl alanı içerisinde seyrelmekte ve tekrar I. kalite su sınıfına kategorize edilmiştir. Temmuz ayına ait tüm istasyonlardan alınan değerler tespit edilebilir limitin altında elde edilmektedir. Elde edilen Fe değerleri WHO'nun kabul ettiği maksimum miktarın üstünde elde edilmişken, Av. B'nin kabul ettiği sınıra çok yakın miktarda elde edilmiştir.

Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Barajı'ndan toplanan su örneklerinin Mn değerleri elde edilmiştir. Alınan sonuçlara göre tespit edilmiş en düşük ve en yüksek Mn değerleri, eylül ayının üçüncü istasyonu ve kasım ayının birinci istasyonundan sırasıyla

0,014 ve 0,87 ppb olarak elde edilmiştir. Kurak dönem sonunda bir ve üçüncü istasyonlarda Mn konsantrasyonları diğer periyotlarda ve diğer istasyonlara göre yüksek olsada, Mn değerleri açısından bir kirlilik söz konusu olmayıp, SKKY (2008)'e göre I. kalite tatlı suların sınır değerlerinden 10 kat daha az konsantrasyona sahip oldukları gözlenmiştir. Temmuz ayına ait tüm istasyonlardan alınan değerler ise tespit edilebilir limitin altında olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, WHO ve Av. B tarafından kabul edilebilir maksimum değerlerinin altında olarak elde edilmiştir.

Tarımsal alanlarının az bulunduğu, endüstrileşmenin olmadığı, işsizlik oranının çok yüksek olduğu Tunceli ilinin en önemli potansiyeli doğal su kaynaklarının varlığıdır. Bu nedenle ildeki mevcut su potansiyelinin kirlilikten korunması, çevre ve yöre ekonomisi için son derece önemlidir. Mevcut su kaynaklarının ve ekosistemin korunması ve yörenin ekonomisi ile halk sağlığı adına böyle çalışmaların yapılması oldukça önemlidir.

Yapılan bu çalışma Tunceli ili su kaynaklarının mevcut kirlilik potansiyelinin ortaya konulması ve korunması amacıyla gerçekleştirilen ilk kapsamlı çalışmadır. Yapılan bu çalışma ile, Tunceli ili doğal su sistemindeki kirlenme oranının 6 ay boyunca her iki ayda bir izlenerek su ekosistemindeki ağır metal konsantrasyonları ortaya konulmuştur. Böylece doğal ekosistemin korunması için alınacak önlemler için lokomotif güç sağlanmıştır ve elde edilen veriler ile bugüne kadar yaratılan kirliliğin ortadan kaldırılması (kirlenmiş çevrenin iyileştirilmesi) amaçlı girişimler için de ilgili paydaşlarımızı harekete geçireceğimiz kanaatindeyiz. Sonuçta; yörede hem halk sağlığının, hem de doğal çevrenin korunması, bölge ekosisteminin sürdürülebilirliğini sağlayacaktır. Elde edilen veriler gelecekte yapılacak olan insan faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından da bir zemin oluşturmuştur.

“Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine” göre araştırma istasyonlarındaki su kalitesinin incelenen tüm parametrelerce çoğunlukla **I.** sınıf su kalitesine sahip olmakla beraber, diğer bazı istasyon ve dönemlerde ise **II.** sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Yaz mevsimine tekabül eden ölçüm dönemlerinde özellikle akarsu yatağına oranla daha sığ ve geniş bir yapıya sahip, akıntının en az düzeyde olduğu göl sahası içerisinde kalan istasyonlarda **II.** sınıf su karakteri gösterdiği veya yaklaştığı gözlenmiştir

Belirlenen ağır metal düzeylerine göre, Munzur ve Pülümür Nehirleri ile Uzunçayır Baraj Gölündeki 1. ve 3. istasyonlardaki su kalitesinin diğer istasyonlara göre

nispeten daha temiz olduğunu göstermiştir. Bu nedenle bu istasyonlar referans istasyon olarak seçilmiş ve bulgular bu istasyonlara göre değerlendirilmiştir.

Uzunçayır Baraj Gölü su sistemindeki metal kontaminasyonunun antropojenik kaynaklı olduğu düşüncesi oluşmuştur. Çalışılan bu su sisteminin çoğunlukla **I.** sınıf kalite suya sahip olmasından dolayı, özellikle akuakültür faaliyetleri ve su sporları gibi rekreasyonel faaliyetler için elverişli olduğu belirlenmiştir. Bu durum aynı zamanda bölgenin ekonomik getirisi için bir fırsattır. Araştırma bulguları, Munzur ve Pülümür Nehirleri ile Uzunçayır Baraj Gölü sisteminin kirliliğinin takip edilebilmesine yönelik farklı çalışmaların düzenlenmesinde ve kirlilik kontrolüne yönelik kararlar alınmasında kaynak olabilecektir.



6. ÖNERİLER

Şehirciliğin gelişmesiyle birlikte, ev, hastane ve ofislerde üretilmiş olan evsel ve sanayi çöpleri organize bir şekilde toplanıp, çevre sularından uzak tutulmalıdır. Mekanize edilmiş yöntemler ile çöplerde mevcut olan ağır metallerin ayrışması gerçekleşerek, çevre sularının bu tür kirliliklere maruz kalması önlenecektir.

Tarım endüstrisinde zirai amaçla üretilen pestisitler (böcek öldürücüler) ve gübrelerin üretiminde çevre ve çevre sularını en az etkileyen yeni formüller geliştirilmelidir. Böylece bu ilaçların hazırlanması için Cd, Mn, Cr ve Cu gibi ağır metallerin kullanılmaması, çevrenin ve dolayısı ile su kaynaklarının ağır metaller ile kirlenmesi önlenecektir.

Madencilikte metallerin saflaştırılması ve yoğunlaştırılmasında kullanılan metaloji tekniklerinde kullanılan kimyasallar ve maddeler çevre ve çevre sularını en az etkileyen türden seçilmelidir. Bunun yanı sıra metaloji fabrikalarının doğru yerde inşa edilmesi ve atık uzaklaştırılması açısından en çok geliştirilmiş teknikler kullanılmalıdır. Bu tür fabrikalar çevre su kaynaklarından uzak olmalıdır.

Şehirlerde belediye tarafından toplanan atık suların çevre kaynak sularından temassız bir biçimde tutulması ve atıksu arıtımı için en gelişmiş teknikler kullanılmalıdır. Bu durumda evsel ve ofislerde üretilmiş ağır metal kirlilikleri su kaynaklarına karışmadan yüksek verimli ve daha düşük bir maliyet ile arıtılması gerçekleştirilecektir.

Benzin'de kullanılan kurşun (Pb) hava kirliliğine neden olmaktadır. Havada olan kirlilik ise yağışlar sırasında yağmur ve kara absorbe olarak çevre sularına karışabilme potansiyeline sahiptir. Buna çözüm olarak ise kurşunsuz benzin kullanılması ve çevre dostu enerji kullanımlı motorlu araçların geliştirilmesi için daha çok özen gösterilmelidir.

7. KAYNAKÇA

- Ağtaş, S., Gey, H., Gül, S.,** 2007. Concentrations of heavy metals in water and chub, *Leuciscus cephalus* (Linn.) from the river Yıldız, Turkey, *Journal of environmental biology*, 28: 845.
- Akbulut, N. E., Tuncer, A. M.,** 2011. Accumulation of heavy metals with water quality parameters in Kızılırmak River Basin (Delice River) in Turkey, *Environmental monitoring and assessment*, 173: 387-95.
- Akçay, H., Oğuz, A., Karapire, C.,** 2003. Study of heavy metal pollution and speciation in Buyak Menderes and Gediz river sediments, *Water research*, 37: 813-22.
- Albretsen, J.,** 2006. The toxicity of iron, an essential element, *VETERINARY MEDICINE-BONNER SPRINGS THEN EDWARDSVILLE-*, 101: 82.
- Ali, M. M., Ali, M. L., Islam, M. S., Rahman, M. Z.,** 2016. Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh, *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 5: 27-35.
- Alloway, B., Ayres, D. C.** 1997. *Chemical principles of environmental pollution* (CRC press).
- Aydinalp, C., FitzPatrick, E. A., Cresser, M. S.,** 2005. Heavy metal pollution in some soil and water resources of Bursa Province, Turkey, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 1691-716.
- Barnes, I., Clarke, F. E.** 1964. *Geochemistry of ground water in mine drainage problems* (US Government Printing Office).
- Besser, J. M., Brumbaugh, W. G., Brunson, E. L., Ingersoll, C. G.,** 2005. Acute and chronic toxicity of lead in water and diet to the amphipod *Hyalella azteca*, *Environmental toxicology and chemistry*, 24: 1807-15.
- Campbell, P. G.,** 2007. Cadmium—a priority pollutant, *Environmental Chemistry*, 3: 387-88.

- Canu, I. G., Laurent, O., Pires, N., Laurier, D., Dublineau, I.,** 2011. Health effects of naturally radioactive water ingestion: the need for enhanced studies, *Environmental health perspectives*, 119: 1676.
- Cengiz, M. F., Kilic, S., Yalcin, F., Kilic, M., Yalcin, M. G.,** 2017. Evaluation of heavy metal risk potential in Bogacayi River water (Antalya, Turkey), *Environmental monitoring and assessment*, 189: 248.
- Chaudhry, F., Malik, M.,** 2017. Factors affecting water pollution: a review, *J Ecosyst Ecography*, 7.
- Copeland, C.,** 2006. Clean Water Act: a summary of the law.
- Corbitt, R. A.,** 1990. Standard handbook of environmental engineering.
- Crossgrove, J., Zheng, W.,** 2004. Manganese toxicity upon overexposure, *NMR in Biomedicine*, 17: 544-53.
- Davidson, B., Bradshaw, R. W.,** 1967. Thermal pollution of water systems, *Environmental science & technology*, 1: 618-30.
- DeVolder, P. S., Brown, S. L., Hesterberg, D., Pandya, K.,** 2003. Metal bioavailability and speciation in a wetland tailings repository amended with biosolids compost, wood ash, and sulfate, *Journal of environmental quality*, 32: 851-64.
- Elmaci, A., Teksoy, A., Topac, F. O., Özençin, N.,** 2007. Assessment of heavy metals in Lake Uluabat, Turkey, *African Journal of Biotechnology*, 6.
- Ergin, C.,** 2012. Uzunçayır Baraj Gölü Su Kalitesinin Biyokimyasal İndikatörler Kullanılarak Belirlenmesi. Tunceli Tunceli, City.
- Faroon, O., Ashizawa, A., Wright, S., Tucker, P., Jenkins, K., Ingerman, L., Rudisill, C.,** 2012. RELEVANCE TO PUBLIC HEALTH.
- Florescu, D., Ionete, R., Sandru, C., Iordache, A., Culea, M.,** 2010. The influence of pollution monitoring parameters in characterizing the surface water quality from Romania southern area, *Rom. Journ. Phys*, 56: 1001-10.

- Fujisawa, S., Atsumi, T., Kadoma, Y., Sakagami, H.,** 2002. Antioxidant and prooxidant action of eugenol-related compounds and their cytotoxicity, *Toxicology*, 177: 39-54.
- Garbarino, J., Hayes, H., Roth, D., Antweider, R., Brinton, T., Taylor, H.,** 1995. Contaminants in the Mississippi river, US geological survey circular, 1133.
- Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C., Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A., Groneberg, D. A.,** 2006. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health, *Journal of occupational medicine and toxicology*, 1: 22.
- Goel, P.** 2006. *Water pollution: causes, effects and control* (New Age International).
- Guthrie, J.,** 1962. Radioactive factors in water pollution, *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 40: 273-76.
- Hazen, T. C., Dubinsky, E. A., DeSantis, T. Z., Andersen, G. L., Piceno, Y. M., Singh, N., Jansson, J. K., Probst, A., Borglin, S. E., Fortney, J. L.,** 2010. Deep-sea oil plume enriches indigenous oil-degrading bacteria, *Science*, 330: 204-08.
- Heath, A. G.** 1995. *Water pollution and fish physiology* (CRC press).
- Inamori, Y., Fujimoto, N.,** 2010. Pollution Sources, Water Quality and Standards, *Encyclopedia of Life Support Systems* 2009: 50-70.
- Jones, L., Jarvis, S.** 1981. *The fate of heavy metals*. John Wiley & Sons, New York.
- Klaassen, C. D., Amdur, M. O.,** 1996. *Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons*.
- Larry, W.,** 2006. World water day: A billion people worldwide lack safe drinking water, About. com.
- Lennon, M., Whelton, H., O'Mullane, D., Ekstrand, J.,** 2004. Rolling Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, World Health.
- Manahan, S.** 2002. *Toxicological chemistry and biochemistry* (CRC Press).

- McLaughlin, M. J., Hamon, R., McLaren, R., Speir, T., Rogers, S.,** 2000. A bioavailability-based rationale for controlling metal and metalloid contamination of agricultural land in Australia and New Zealand, *Soil Research*, 38: 1037-86.
- Moss, B.,** 2008. Water pollution by agriculture, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363: 659-66.
- Nriagu, J.,** 2007. Zinc toxicity in humans, School of Public Health, University of Michigan.
- O'Neal, S. L., Zheng, W.,** 2015. Manganese toxicity upon overexposure: a decade in review, *Current environmental health reports*, 2: 315-28.
- Oke, S. A.,** 2004. On the environmental pollution problem: a review, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 12: 108-13.
- Organization, W. H.,** 1996. Guidelines for drinking-water quality. Vol. 2, Health criteria and other supporting information.
- Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E.,** 2009. Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar Dam Lake in Turkey, *Iranian Journal of Environmental Health, Science and Engineering*, 6: 73-80.
- Pink, D. H.,** 2006. Investing in Tomorrow's Liquid Gold, *Asian J. Exp. Sci*, 23: 61-66.
- Plum, L. M., Rink, L., Haase, H.,** 2010. The essential toxin: impact of zinc on human health, *International journal of environmental research and public health*, 7: 1342-65.
- Puckett, L. J.,** 1995. Identifying the major sources of nutrient water pollution, *Environmental science & technology*, 29: 408A-14A.
- Rahimzadeh, M. R., Rahimzadeh, M. R., Kazemi, S., Moghadamnia, A.-a.,** 2017. Cadmium toxicity and treatment: An update, *Caspian journal of internal medicine*, 8: 135.

- Rios, L. M., Moore, C., Jones, P. R.,** 2007. Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment, *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1230-37.
- Rosen, C. J., Horgan, B.,** 2005. Preventing pollution problems from lawn and garden fertilizers.
- Rowland, P., Neal, C., Sleep, D., Vincent, C., Scholefield, P.,** 2011. Chemical Quality Status of Rivers for the Water Framework Directive: A Case Study of Toxic Metals in North West England, *Water*, 3: 649-66.
- Schell, L. M., Denham, M.,** 2003. Environmental pollution in urban environments and human biology, *Annual Review of Anthropology*, 32: 111-34.
- Schmidt, J. R., Shaskus, M., Estenik, J. F., Oesch, C., Khidekel, R., Boyer, G. L.,** 2013. Variations in the microcystin content of different fish species collected from a eutrophic lake, *Toxins*, 5: 992-1009.
- Shekdar, A. V.,** 2009. Sustainable solid waste management: an integrated approach for Asian countries, *Waste management*, 29: 1438-48.
- Smith, L. A.** 1995. Remedial options for metals-contaminated sites (Lewis Publ.).
- Suikkala, A., Leino-Kilpi, H., Katajisto, J.,** 2008. Factors related to the nursing student–patient relationship: The students’ perspective, *Nurse Education Today*, 28: 539-49.
- Sumner, M. E.,** 2000. Beneficial use of effluents, wastes, and biosolids, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31: 1701-15.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., Sutton, D. J.** 2012. Heavy metal toxicity and the environment. *Molecular, clinical and environmental toxicology* (Springer).
- Tietenberg, T. H., Lewis, L.** 2016. Environmental and natural resource economics (Routledge).
- Tiwari, S., Tripathi, I., Tiwari, H.,** 2013. Effects of Lead on Environment, *Int J Emerg Res Manage Technol*, 2: 1-5.

- URL-1**, [www.resmigazete.gov.tr/eskiler /2004/ 12/Su %20 Kirlili % C4 %9 Fi %20 ekleri.htm](http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/12/Su%20Kirlili%20C4%9Fi%20ekleri.htm), su kirliliği kontrolü yönetmeliği tabloları, 2004.
- URL-2**, intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx, TSE 266. Sular – İnsani Tüketim Amaçlı Sular, Türk Standardları Enstitüsü, 2005.
- Valentine, K., Mastropietro, C., Sarnaik, A. P.**, 2009. Infantile iron poisoning: Challenges in diagnosis and management, *Pediatric Critical Care Medicine*, 10: e31-e33.
- Verones, F., Hanafiah, M. M., Pfister, S., Huijbregts, M. A., Pelletier, G. J., Koehler, A.**, 2010. Characterization factors for thermal pollution in freshwater aquatic environments, *Environmental science & technology*, 44: 9364-69.
- Walkuska, G., Wilczek, A.**, 2010. Influence of Discharged Heated Water on Aquatic Ecosystem Fauna, *Polish Journal of Environmental Studies*, 19.
- Wegler, K., McLaughlin, M. J., Graham, R. D.**, 2004. Effect of chloride in soil solution on the plant availability of biosolid-borne cadmium, *Journal of environmental quality*, 33: 496-504.
- Werner, W.**, 2009. Fertilizers, 6. Environmental Aspects, *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*.
- Wolf, L., Nick, A., Cronin, A.** 2015. How to keep your groundwater drinkable: Safer siting of sanitation systems, Working Group.
- Wuana, R. A., Okieimen, F. E.**, 2011. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation, *Isrn Ecology*, 2011.
- Younger, P. L., Banwart, S. A., Hedin, R. S.** 2002. Mine water: hydrology, pollution, remediation (Springer Science & Business Media).

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Diyarbakır'da doğdu. Malatya Yahya Kemal Beyatlı İlköğretim Okulunda ilköğretimini tamamladıktan sonra Atatürk Ortaokulu ve Malatya Lisesinde ortaöğrenimini tamamladı. İnönü Üniversitesi Biyoloji Bölümünü bir yıl okuduktan sonra, İnönü Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği ve Ahmet Yesevi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği lisans bölümünü tamamladı. Munzur Üniversitesi Çevre Mühendisliği Yüksek Lisans eğitimi devam etmektedir. Şuanda Diyarbakır Kayapınar Kaymakamlığı'nda Yazı İşleri biriminde çalışmaktadır.

