



GİRESUN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİRESUN SAHİL YOLUNDAN ALINAN YAĞMUR SUYU ÖRNEKLERİNDEKİ  
AĞIR METAL KİRLİLİĞİ

ALEV KARA

ŞUBAT 2013

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün onayı.

...../...../.....

Doç. Dr. Kültiğın ÇAVUŞOĞLU

\_\_\_\_\_  
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak KİMYA Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Murat TAŞ

\_\_\_\_\_  
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.

Yrd. Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN

\_\_\_\_\_  
Danışman

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN

Yrd. Doç. Dr. Cengiz MUTLU

Yrd. Doç. Dr. Hakan BEKTAŞ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ÖZET

### GİRESUN SAHİL YOLUNDAN ALINAN YAĞMUR SUYU ÖRNEKLERİNDEKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİ

KARA, Alev

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN

Şubat 2013, 61 sayfa

Giresun sahil yolu boyunca alınan yağmur suyu örneklerinde ağır metal miktarlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmaya Şubat 2012 tarihinde başlanılmıştır. Çalışma 12 ay boyunca yürütülmüş olup, tespit edilen 8 istasyondan su örnekleri mevsimsel olarak toplanmıştır. Toplanan yağmur suyu örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları (ppm) Cu, Cr, Pb, Zn, Co, Cd, Mn, Fe, Ni, As tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada, istasyon ve mevsim farkı gözetmeksizin yağmur suyundaki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cr:0,0220, Mn:0,4149, Fe:2,3793, Co:0,0074, Ni:0,0177, Cu:0,0502, Zn:0,7131, As:0,0094, Cd:0,0046, Pb:0,0361 olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada istasyonlar açısından istatistik olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Mevsimler açısından ise, istatistik olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

**Anahtar Kelimeler:** Giresun, Yağmur Suyu, Hava Kirliliği, Ağır Metaller

## ABSTRACT

### HEAVY METAL POLLUTION IN RAIN WATER SAMPLES ALONG THE COASTAL ROAD OF GİRESUN.

KARA, Alev

University of Giresun

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry, Master Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Aysun TÜRKMEN

FEBRUARY 2013, 61 pages

The research was started on February 2012 to determine the amount of heavy metals in Giresun rain water samples along the coastal road. This research was pursued over 12 months, as seasonal water samples were collected from identified eight stations. Heavy metals concentrations (ppm) Cu, Cr, Pb, Zn, Co, Cd, Mn, Fe, Ni and As; were determine in rainwater samples which was collected. In the present study, irrespective of the station and the seasonal difference average of heavy metal concentrations was determined in rain water, Cr: 0.0220, Mn: 0.4149, Fe: 2.3793, Co: 0.0074, Ni: 0.0177, Cu: 0.0502 Zn: 0.7131, as: 0.0094, Cd: 0.0046, Pb: 0.0361 In this research, a statistically significant difference wasn't found in terms of the stations ( $p > 0.05$ ). In terms of seasons, a statistically significant difference was found. ( $p < 0.05$ ).

**Key Words:** Giresun, Rain Water, Air Pollution, Heavy Metals

## TEŞEKKÜR

Tez alıŐmalarım sırasında kıymetli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösterici olan değerli hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN'e teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübeleri ile yardımlarını Kimya bölümündeki tüm hocalarıma teşekkür ederim.

ÇalıŐmalarım esnasında bilgilerinden yararlandığım Yrd. Doç. Dr. Öznur ÖLMEZ, ArŐ. Gör. Tayfun ARSLAN'a çok teşekkür ederim.

ÇalıŐmalarımda yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Gülnar DURMAZ, Rumeysa DELİCE, Erhan ŐENGÜN, Seçkin SEFER ve Lokman SIBI'a teŐekkürü bir borç bilirim.

ÇalıŐmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme ve tüm dostlarıma çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER .....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLOLAR DİZİNİ .....	VIII
SİMGELER DİZİNİ.....	X
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XI
1.GİRİŞ .....	1
1.1. Hava Kirliliği .....	2
1.2. Hava Kirlleticilerinin Taşınması ve Birikimi.....	3
1.2.1. Hava Kirleticilerinin Taşınımı .....	3
1.2.2. Hava Kirleticilerinin Birikimi .....	4
1.3. Hava Kirliliğine Sebep Olan Kaynaklar .....	5
1.3.1. Partiküler Madde .....	6
1.3.1.1. Partiküllerin Bileşimi .....	8
1.3.2. Kükürt Dioksit (SO <sub>2</sub> ) .....	9
1.3.3. Organik Maddeler .....	11

1.3.4. Azot Oksitler (NO <sub>x</sub> ) .....	11
1.3.5. Karbon Monoksit(CO) .....	13
1.3.6. Halojenler .....	16
1.3.7. Diğer Hava Kirleticileri.....	16
1.3.8. Ağır Metaller .....	17
1.3.8.1. Ağır Metal Kaynakları .....	17
1.3.8.2. Ağır Metallerin Organizmaya Alımı ve Taşınımı.....	18
1.4. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri.....	22
1.4.1. Kurşun (Pb) .....	22
1.4.2. Arsenik (As) .....	23
1.4.3. Krom (Cr).....	24
1.4.4. Çinko (Zn).....	24
1.4.5. Nikel (Ni) .....	25
1.4.6. Bakır (Cu) .....	25
1.4.7. Kadmiyum (Cd) .....	26
1.4.8. Kobalt (Co) .....	27
1.4.9. Mangan (Mn) .....	27
1.4.10. Demir (Fe).....	28
1.5. Giresun İklimi ve Meteorolojisi .....	28
2. MATERYAL VE METOT .....	30
2.1. Araştırma Yeri.....	30
2.2. Numune Toplanması ve Analize Hazırlanması .....	31

2.3. Kullanılan Cihazlar .....	32
2.3.1. ICP-MS .....	32
2.3.2. pH-metre .....	35
2.4. İstatistik Hesaplamalar .....	35
3. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	36
3.1. Yağmur Suyunda Krom (Cr).....	37
3.2. Yağmur Suyunda Mangan (Mn) .....	38
3.3. Yağmur Suyunda Demir (Fe).....	40
3.4. Yağmur Suyunda Kobalt (Co) .....	41
3.5. Yağmur Suyunda Nikel (Ni).....	42
3.6. Yağmur Suyunda Bakır (Cu) .....	43
3.7. Yağmur Suyunda Çinko (Zn).....	45
3.8. Yağmur suyunda Arsenik (As) .....	46
3.9. Yağmur Suyunda Kadmiyum (Cd) .....	47
3.10. Yağmur Suyunda Kurşun (Pb).....	48
4. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	50
KAYNAKLAR .....	54
ÖZGEÇMİŞ .....	61



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### ŞEKİL

1.1. Kimyasal Transformasyon .....	4
1.2. Sera Etkisinin Oluşum Şeması .....	16
1.3. Tetraklorodibenzo-p-dioksin ve Tetraklorodibenzo-p-furanın Yapısı.....	17
1.4. Ağır Metallein Sucul Ortama Geçişi.....	18
1.5. Ağır Metallerin Doğaya Yayılması.....	20
2.1. Giresun'da Yağmur Suyu Numunelerinin Alındığı İstasyonlar.....	31
2.2. ICP-MS'in Kullanım Alanları.....	33

## TABLÖLAR DİZİNİ

### TABLO

1.1. Temiz Havanın Bileşenleri.....	2
1.2. Hava Kirliliğine Sebep Olan Kaynaklar .....	5
1.3. Doğal ve Antropojenik Kaynaklardan Atmosfere Karışan Partikül Miktarı .....	7
1.4. Kömür Yakan Fırınlara Baca Tozlarının Bileşimi.....	8
1.5. SO <sub>2</sub> 'nin İnsanlar Üzerine Etkisi.....	10
1.6. Her Yıl Atmosfere Verilen CO Kaynaklarına Göre Değerleri.....	13
1.7. CO'nun İnsan Sağlığına Etkileri .....	15
1.8. Temel Endüstrilerden Çevreye Yayılan Metal Türleri.....	19
1.9. Ağır Metallerin Kaynakları ve İnsanlara Olan Etkisi .....	21
1.10. Havada Ağır Metallerin İzin Verilen Üst Sınır Değerleri.....	22
1.11. Ortalama Rüzgâr Hızı, Sıcaklık, Nem ve Toplam Yağış Miktarı .....	29
2.1. Standart Referans Materyal.....	32
2.2. ICP-MS Analiz Parametreleri .....	34
3.1. İstasyonlara Göre Ortalama Ağır Metal Konsantrasyonları .....	36
3.2. Mevsimlere Göre Ortalama Ağır Metal Konsantrasyonları.....	37
3.3. Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Cr	

Konsantrasyonları .....	38
<b>3.4. Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Mn</b>	
Konsantrasyonları .....	39
<b>3.5. Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Fe</b>	
Konsantrasyonları .....	40
<b>3.6. Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Co</b>	
Konsantrasyonları .....	42
<b>3.7. Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Ni</b>	
Konsantrasyonları .....	43
<b>3.8. Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Cu</b>	
Konsantrasyonları .....	44
<b>3.9. Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Zn</b>	
Konsantrasyonları .....	45
<b>3.10. Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama As</b>	
Konsantrasyonları .....	47
<b>3.11. Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Cd</b>	
Konsantrasyonları .....	48
<b>3.12. Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Pb</b>	
Konsantrasyonları .....	49

## SİMGELER DİZİNİ

<b>N</b>	:Örnek Sayısı
<b>Cd</b>	:Kadmiyum
<b>Co</b>	:Kobalt
<b>Cr</b>	:Krom
<b>Mn</b>	:Mangan
<b>Fe</b>	:Demir
<b>Zn</b>	:Çinko
<b>Pb</b>	:Kurşun
<b>Ni</b>	:Nikel
<b>As</b>	:Arsenik
<b>Cu</b>	:Bakır
<b>mg/l</b>	: miligram/litre
<b>CO</b>	:Karbon monoksit
<b>HC</b>	:Hidrokarbon
<b>NO<sub>x</sub></b>	:Azot Oksit
<b>SO<sub>2</sub></b>	:Kükürt dioksit
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	:Sülfirik asit
<b>HNO<sub>3</sub></b>	:Nitrik asit
<b>H<sub>2</sub>S</b>	:Hidrojen sülfür
<b>NH<sub>3</sub></b>	:Amonyak
<b>CH<sub>4</sub></b>	:Metan

**CO<sub>2</sub>** :Karbon dioksit

## **KISALTMALAR DİZİNİ**

**SH** :Standart Hata

**PAH** :Poliaromatik hidrokarbon

**TCDD** :Tetraklorodibenzo dioksin

**TCDF** : Tetraklorodibenzo furan

**EPA** :Çevre Koruma Ajansı

**WHO** :Dünya Sağlık Örgütü

**ICP-MS**:İndüktif eşleşmeli plazma-kütle spektrometresi

**CFC** :Kloroflorokarbon

**PAN** :Peroksi asetil nitrat

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda sanayileşmenin ve insan aktivitelerinin artması ile çevrede çeşitli kirlenmeler oluşmakta ve atmosfere birçok zararlı madde girmektedir. Isınma amaçlı kullanılan yakıtlardan ve motorlu taşıtlardan çıkan zehirli gazlar ve diğer kirlenici unsurlar atmosfere ulaşarak yağmurlarla beraber yeryüzüne inmektedirler.

Okyanusları, denizleri, gölleri, akarsuları, kar örtülerini, buzulları ve bataklıkları meydana getiren suların bir bölümü de buharlaşarak su buharı şeklinde atmosfere karışır ve belirli koşullarda yoğunlaşarak, yağış (yağmur, kar, dolu) olarak yeryüzüne döner. Yağmur şeklinde yeryüzüne inen yağışın bir kısmı ile kar örtüsü ve buzulların erimeleri ile meydana gelen su, karalar üzerindeki çukur yerlerde birikir ya da topoğrafya yüzeyinin eğimi boyunca akarak yüzey sularını oluşturur (akarsu, göl veya akıntı). Bu suların geri kalan kısmı ise, uygun koşullar altında yeraltına sızar ve yer altı sularını oluşturur (Sönmez ve ark., 2008). Suların bu şekilde döngüsüyle atmosferdeki kirlenici unsurlar toprağa, bitkiye, suya geçerek canlı yaşamını tehdit etmektedir.

Sulardaki anorganik kirlenmenin en önemli kaynağını ağır metaller oluşturur. Ağır metaller erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarın taşıdığı tozlarla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanmasıyla ve bitki örtüsüyle sulara taşınmaktadır. Önemli kirleniciler arasında bulunan bu ağır metaller organizmalarda birikerek zararlı seviyelere ulaşmakta ve canlı yaşamını tehdit etmektedir (Tümen ve ark. 1992).

Giresun İli; Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alır ve nüfusu 419.498 dir. Halkın geçim kaynağı fındıktır. Yerleşim, ilin coğrafi konumu gereği sahil kesiminde yoğunlaşmıştır. Endüstriyel faaliyetler sonucu açığa çıkan gazlar ve yöre halkının ısınma gereksinimini karşılamak amacıyla kullandıkları yakıtlarla (kömür, odun) havaya karışan gazlar, şehrin havasında gözle görülür şekilde kirliliğe sebep olmaktadır. Bununla birlikte Giresun sahil yolunun çevre iller tarafından kullanılmasından dolayı yoğun trafiğe maruz kalmakta dolayısıyla egzoz gazları da kirlenici unsurlar arasında yer almaktadır.

Giresun'da endüstriyel faaliyetler hava kirliliğine olumsuz etki etmektedir. Büyük ölçekli sanayi kuruluşlarının bulunmadığı şehir merkezinde irili ufaklı birçok fabrika (fındık fabrikası, tuğla fabrikası, kum çakıl ocakları, tekstil fabrikası gibi) faaliyetleri sonucunda bu olumsuz etkiler görülmektedir. Giresun İli'nde denize paralel seyreden dağların birden yükseliş göstermesinden dolayı kirli hava şehrin üzerinde kalmakta ve yağışlarla birlikte yeryüzüne inmektedir. Bu sebeple şehri kirleten etkenler arasında yer almaktadır.

Bu çalışmanın amacı bahsedildiği gibi birçok kirletici unsurlarla karşı karşıya olan Giresun İli'nin, aynı zamanda Türkiye'nin en fazla yağış alan ikinci bölgesi olmasından dolayı yağışlarla gelebilecek ağır metal kirliliğinin tespit edilmesidir.

### 1.1. Hava Kirliliği

Hava, yerküremizin etrafının saran gaz tabakasıdır. Temiz havanın açık bir tarifi olmamakla birlikte, temiz ve kuru havanın bileşimi Tablo 1.1'de olduğu gibi kabul edilmektedir.

**Tablo 1.1** Temiz Havanın Bileşenleri (Anonim, 1993)

Bileşenler	Konsantrasyon (ppm)	Oran (%)
Azot (N <sub>2</sub> )	780900	78.09
Oksijen (O <sub>2</sub> )	209400	20.94
Argon (Ar)	9300	0.93
Karbondioksit (CO <sub>2</sub> )	315	0.0315
Neon (Ne)	18	0.0018
Helyum (He)	5.2	0.00052
Metan (CH <sub>4</sub> )	1-1.2	0.0001-0.00012
Kripton (Kr)	1	0.0001
Hidrojen (H)	0.5	0.00005

**Tablo 1.1** (devam)

Ksenon (Xe)	0.08	0.000008
Azotdioksit (NO <sub>2</sub> )	0.02	0.000002
Ozon (O <sub>3</sub> )	0.01-0.04	0.000001-0.000004

Temiz hava içerisinde %78 azot, %21 oksijen, %1-3 su buharı ve %1 oranında da diğer gaz, toz gibi maddeler bulunmaktadır. Bu bileşenlere havanın doğal bileşenleri de denilmektedir (Kalkan, 2001). Havanın doğal bileşiminde bulunan ana maddelerin değişmesi ya da yabancı maddelerin girmesine hava kirliliği denilmektedir. Böylece insan sağlığının bozulmasına, hayvan, bitki yapılarının zarar görmesine neden olmaktadır. Hava kirliliğinin oluşmasında, rüzgar, ısı, nem gibi meteorolojik değişkenler, topoğrafik-jeomorfolojik özellikler, sanayileşme, hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin de payı büyüktür. Özellikle, son yıllarda ülkemizde yaşanan yoğun kentleşmeye bağlı sağlıksız yapılaşma, kent içi ulaşımda sayıları hızla artan motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları gibi etkenler de hava kirliliğini artırmaktadır. Bunun yanı sıra birçok kimyasal maddenin üretimi, ayrışması, buharlaşması ve benzeri işlemler sonucunda, başta kükürt dioksit gibi zehirli maddeler olmak üzere birçok kirlenici unsurla (toz, partikül, duman vb.) taşınan eser haldeki kanserojen maddeler atmosfere geçerek hava kirliliğine sebebiyet vermektedir (Anonim,1995).

## **1.2. Hava Kirlenitçilerinin Taşınması ve Birikimi**

### **1.2.1. Hava Kirlenitçilerinin Taşınması**

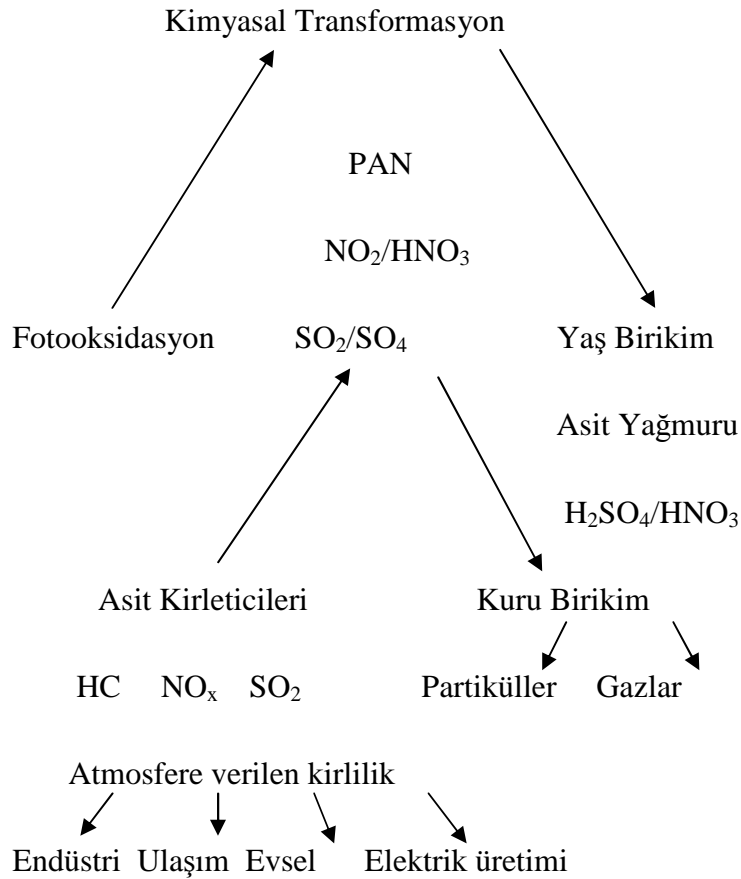
Hava kirlenitçileri, yoğunluklarının çok az olması nedeniyle çok hızlı hareket edebilme özelliğine sahiptirler. Buna bağlı olarak uygun meteorolojik koşullar altında bir kaynaktan dış ortama verilen kirlenitci gaz ve tozlar hava akımları vasıtasıyla dağılarak kirlenitçilerin seyrelmesi sonucunda kaynaktan çıkan kirlenitçiler ve çevresindeki hava temizlenir. Kaynaklardan çıkan kirlenitçiler atmosferik hava hareketleri ile kentsel alana birkaç saat, bir kentten diğerine birkaç gün, bir ülkeden



bir ülkeye birkaç yıl, dünya çapında ise on yıl gibi bir zamanda dağılarak etkileşim gösterirler (Refik Saydam, 2001).

### 1.2.2. Hava Kirleticilerinin Birikimi

Kirleticiler atmosferde bir süre taşındıktan sonra; çökelme, seyrelme, kimyasal reaksiyonlara girme gibi değişik proseslerle atmosferden uzaklaşarak yeryüzünde toplanırlar. Bu durum 'birikim' olarak tanımlanırken, bu durumun transformasyon içinde olduğu düşünülebilir. Birikim, yaş ve kuru birikim olarak sınıflandırılır. Transformasyon, kimyasal (yaş birikim)-fiziksel (kuru birikim) ya da kimyasal-biyolojik değişim aşamalarının birlikte gerçekleşmesiyle mümkündür (Şekil 1.1). Örneğin, kirleticiler partikül yüzeyine tutunarak kuru birikime, kar, yağmur, dolu, çığ gibi hidro meteorlarla yaş birikime uğrayarak yeryüzünde birikirler (Refik Saydam, 2001).



Şekil 1.1 Kimyasal Transformasyon

### 1.3. Hava Kirliliğine Sebep Olan Kaynaklar

Hava kirliliğine sebep olan kaynaklar; doğal olaylar ve sosyal faaliyetler olup, Tablo 1.2’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.2** Hava Kirliliğine Sebep Olan Kaynaklar (Kınacı, 1993)

DOĞAL OLAYLAR	SOSYAL FAALİYETLER
Volkanlar	Ulaşım
Orman ve tarım alanlarındaki yangınlar	Apartman bacaları
Toz fırtınaları	Endüstriyel bacalar
Çürüyen bataklıklardan çıkan gazlar (CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> )	Enerji santrallerindeki yanma (termik santraller)
Ağaç ve bitkilerden kaynaklanan hidrokarbonlar	Katı yakıtların yakılması (özellikle çöpler (pvc))

Hava kirliliğinin birincil kaynağı yanma reaksiyonları olup, başlıca kaynakları fabrikalar, motorlu araçlar, ısınma, enerji üretimidir. Teorik olarak yanma gerçekleştiğinde yakıt içindeki hidrojen ve karbon havanın oksijeni ile birleşerek ısı, ışık, karbondioksit ve su buharı açığa çıkar. Bununla beraber yakıttaki safsızlıklar, uygun olmayan hava/yakıt oranı ve ya çok yüksek ya da çok düşük yanma sıcaklıkları karbon monoksit, kükürt oksitleri, azot oksitleri, uçucu kül ve yanmayan hidrokarbonlar gibi hepsi hava kirleticileri olan maddelerin açığa çıkmasına sebep olabilir (Özdemir, 2008).

Hava kirleticiler genel olarak şu şekilde sınıflandırılırlar:

1. Partikül maddeler (tozlar)
2. Kükürtlü maddeler
3. Organik maddeler
4. Azotlu maddeler
5. Karbon monoksit
6. Halojenler

7. Diğer başlıca hava kirleticileri

8. Ağır metaller

### **1.3.1. Partiküler Madde (PM)**

Atmosferde bulunan (saf su damlacıkları hariç) çok küçük katı parçacıklarına partikül; bir katı veya sıvının bir gaz içinde çok küçük parçacıklar halinde dağılmış şekline aerosol denilmektedir. Partiküller ve aerosoller de gazlar gibi atmosfer kirletici maddelerdir. Partiküller, gaz moleküllerinden binlerce defa daha büyük olduklarından er veya geç yeryüzüne dönerler ve zaman zaman çok ciddi problemler meydana getirirler. Başlıca partiküler maddeler şunlardır:

1. Sis veya pus
2. Duman veya tütsü
3. Toz
4. İis

Sis ya da pus, havadaki çok küçük su kütleleri olup, bunlardan bazıları havadaki su buharının yoğunlaşmasıyla, bazıları da deniz suyunun sıçramasıyla meydana gelir. Duman, inorganik ve organik buharların havada yoğunlaşması sonucu meydana gelen parçacıklardır. Toz, büyük katı maddelerin ufalanmaları sonucu meydana gelen parçacıklardır. İis ise, yanma sonucu meydana gelen siyah parçacıklardır.

Atmosferin partiküllerle kirlenmesi çok zararlıdır. Bu zararlar başlıca şöyledir:

1. Sinerjistik etkileri nedeniyle bir cins partikül, öteki partikülün zararlı etkisini artırır.
2. Atmosferin bulanıklığını arttırarak görüş alanını azaltır.
3. Solunum sisteminin derinliklerine kadar (akciğerlere) inip oraya yerleşirler. Uzun süre kalımı durumunda akciğerlerin tahriş olmasına neden olurlar.
4. Absorbladıkları zehirli gazları ve sıvıları akciğerlere kadar taşırlar.

Atmosfere orman yangınlarından, volkanik hareketlerden ve antropojenik kaynaklardan da çok büyük miktarda partikül girer. Bu şekilde atmosfere giren partiküllere primer partiküller denir.

Çeşitli kaynaklardan atmosfere giren  $SO_x$ ,  $H_2S$ ,  $NO_x$ ,  $NH_3$  gibi gazlar su buharı toplayarak partiküller (aerosoller) meydana getirirler. Bu şekilde meydana gelen partiküllere sekonder partiküller denir (Gündüz, 2004). Çeşitli kaynaklardan yılda atmosfere karışan partikül miktarları Tablo 1.3’de verilmiştir.

**Tablo 1.3** Doğal Kaynaklardan ve Antropojenik Kaynaklardan Yılda Atmosfere Karışan Partikül Miktarı (Gündüz, 2004)

<b>Kaynak</b>	<b>Yılda (Milyon Ton)</b>
<b>Antropojenik</b>	
Bacalar, taş ocaklarından	92
Çeşitli reaksiyonlar sonucu meydana gelen $NO_x$ ’lerden	30
Çeşitli reaksiyonlar sonucu meydana gelen $SO_x$ ’lerden	147
Atmosfere karışan hidrokarbonlardan	27
<b>Doğal</b>	<b>Yılda (Milyon Ton)</b>
Her türlü tozlardan	200
$NO_x$ ’den	430
$H_2S$ ’den	204
$NH_3$ ’den	270
Volkanlardan	4
Orman yangınlarından	3

### 1.3.1.1. Partiküllerin Bileşimi

Partiküllerin bileşimi farklılıklar göstermektedir. Bazıları sadece organik ya da inorganik iken, bazıları hem organik, hem de inorganiktir. İnorganik maddeler, genellikle toprakta çok bulunan K, Ca, Mg, Al, Si gibi metallerdir. Ayrıca partiküllerin içinde mikro büyüklükte bazı maddeler de bulunur. Bunlar şöyledir:

Odun talaşı	Nitrik asit damlacığı
Kömür parçası	Bitkisel parçacıklar
Yağ damlacığı	Pestisitler
Sülfirik asit damlacığı	Hayvansal parçacıklardır.

Antropojenik kaynaklar içinde partiküller, en çok kömürün yakılması sonucu meydana gelir. Kömür partikülleri içinde hem organik, hem de inorganik maddeler bulunur. Kömürdeki inorganik maddelerin büyük bir kısmı cüruf (başlıca alüminyum silikattır) halindedir. Ancak, son zamanlarda geliştirilen toz kömür yakma ocaklarında yakılan kömürlerdeki inorganik maddelerin yaklaşık %80'i baca tozu olarak atmosfere verilir. Kömür yakan fırın bacalarından alınan tozların bileşimi büyük değişiklikler gösterir. Bu değişiklikler Tablo 1.4'de gösterilmiştir. Ayrıca tozlarda tabloda görülmeyen eser elementler de bulunur. Bu eser elementler tozlarla birlikte atmosfere ulaşırlar ve daha sonra çeşitli şekillerde (yağmur,dolu,kar) şeklinde tekrar yeryüzüne inerler. Bu eser elementlerin çoğunluğu toksik olduğundan canlılar için büyük tehlike oluştururlar (Gündüz, 2004).

**Tablo 1.4** Kömür Yakan Fırınlardan Baca Tozlarının Bileşimleri (Gündüz, 2004).

Bileşen	Tozdaki Yüzdesi
Karbon	0.37-36.2
Demir (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ve Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )	2-26.8
Magnezyum (MgO)	0.06-4.77
Kalsiyum (CaO)	0.12-14.73
Alüminyum (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	9.81-58.4

**Tablo 1.4** (devam)

Kükürt (SO <sub>2</sub> )	0.12-24.33
Titan (TiO <sub>2</sub> )	0-2.8
Karbonat (CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> )	0-2.6
Silisyum (SiO <sub>2</sub> )	17.3-63.6
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.07-47.2
Potasyum (K <sub>2</sub> O)	2.8-3
Sodyum (Na <sub>2</sub> O)	0.2-0.9
Tayin edilemeyenler	0.08-18.9

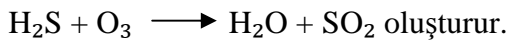
Büyük partiküller, insan vücudunun doğal savunma mekanizması tarafından uzaklaştırılırken; 0.1-0.5 µm arasında boyuta sahip küçük partiküller akciğerlerin derinliklerine ulaşarak tahriş ve tıkaçıcı etkilere sebep olabilirler (Ertürk, 2008). Dizel dumanı gibi bazı küçük partiküller kanserojen olabilir.

Partiküler madde konsantrasyonları, kaynakların büyüklükleri ve türlerindeki çeşitlilik de göz önünde bulundurulduğunda şehirden şehire ve hatta aynı şehir içersinde de değişkenlik gösterirler.

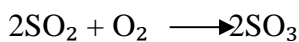
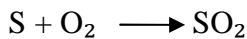
### 1.3.2. Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>)

Atmosferde kirlenici etkisi olan başlıca kükürtlü maddeler; SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>3</sub>'dir. Doğal kaynaklardan karışan kükürt oksitleri, atmosfere doğrudan kükürt oksitleri olarak değil H<sub>2</sub>S olarak karışır.

H<sub>2</sub>S atmosferde O<sub>3</sub> ile yükseltgenerek,



Kükürt içeren maddelerin yakılması sonucu SO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub> oluşur.



Kükürt trioksit yüksek sıcaklıkta bozunarak kükürt dioksit oluşturur.



Atmosferdeki SO<sub>2</sub>'in büyük kısmı SO<sub>3</sub> haline yükseltgenir.

SO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'e dönüşür, bu da asit yağmurlarına sebep olur.

Kükürt dioksit, renksiz, boğucu ve asidik bir gazdır. Atmosferik SO<sub>2</sub>'nin yaklaşık yarısı doğal emisyonlardan kaynaklanmaktadır (UNEP,1994). İnsanlar tarafından oluşturulan SO<sub>2</sub>; kömür ve fuel-oil'in doğal olarak yapısında bulunan kükürt bileşiklerinin yanması ile açığa çıkmaktadır. Mevcut temel kükürt dioksit üretici faaliyetler, endüstriyel prosesler, ısınma amaçlı kullanılan evsel yakıtlar, termik santraller ve belli bir miktar da dizel yakıtlı taşıtların kullanımındır. Özellikle ısınma amacıyla kömür kullanımının yaygın olduğu şehirlerde SO<sub>2</sub>'nin atmosferdeki konsantrasyonu oldukça yüksektir. Zaman içerisinde gelişen teknoloji ve daha az kirlilik oluşturan farklı enerji kaynaklarının kullanılması ile konsantrasyonlarda bir azalma eğilimi gözlenmektedir. SO<sub>2</sub>'nin dış ortam konsantrasyonları, genellikle şehir merkezinde ve endüstriyel faaliyetlerin yapıldığı alanlarda yüksektir (Gündüz, 2004). SO<sub>2</sub>'nin insanlar üzerine etkisi Tablo 1.5'de verilmiştir.

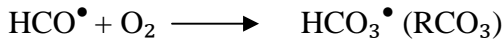
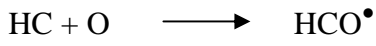
**Tablo 1.5** SO<sub>2</sub>'nin İnsanlar Üzerine Etkisi (Gündüz, 2004).

<b>Konsantrasyon (ppm)</b>	<b>Etki</b>
0.2	Eşik değer insanı rahatsız etmeye başlar.
0.3	Tat eşik değeri
0.5	Koku eşik değeri
1.6	Boğaz yanması eşik değeri
8	Boğaz tahrişi meydana gelir.
10	Göz tahrişi
20	Öksürmeler olur.

### 1.3.3. Organik Maddeler

Gaz halindeki organik kirleticiler direkt olarak değil de atmosferde fotokimyasal reaksiyon sonucu oluşturdukları ürünler oldukça önem taşır.

Atmosferdeki fotokimyasal reaksiyonlar:

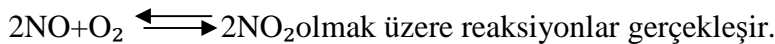


Atmosferde bulunan hidrokarbonlar, ozon, NO<sub>x</sub> ve UV ile fotokimyasal oksidasyona uğrayarak göz yaşartıcı, bitki örtüsünü tahrip eden ve kanserojen olduğu tahmin edilen peroksiasetil nitrat (PAN) ve peroksibenzoil nitrat (PBzN) bileşiklerini oluştururlar (Gündüz, 2004).

### 1.3.4. Azot Oksitler (NO<sub>x</sub>)

Azot oksitleri doğal kaynaklardan ve insan aktiviteleri sonucunda hemen hemen eşit oranda atmosfere atılırlar. Doğal kaynaklar dünya çapında eşit olarak dağılmasına rağmen insan aktiviteleri sonucu oluşan kaynaklar, nüfusun yoğun olduğu alanlarda yoğunlaşmıştır (USEPA, 1991). Kentsel atmosferdeki en önemli azot oksitleri, azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO<sub>2</sub>)'dir. NO<sub>2</sub>'nin NO'ya göre daha anlamlı sağlık ve ekosistem etkileri bulunmaktadır.

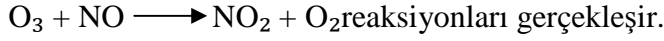
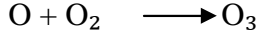
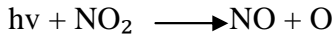
NO<sub>2</sub> kaynağı, NO'dur.



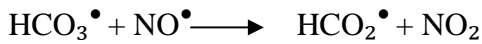
NO gazının havadaki konsantrasyonu CO konsantrasyonuna göre çok düşüktür. Ancak NO gazı, CO gazından 23 kat daha toksiktir. NO konsantrasyonunun artması çok tehlikelidir. NO bir radikaldir, kan zehiridir.



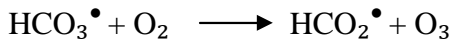
Atmosferdeki NO<sub>2</sub> konsantrasyonu genel olarak NO konsantrasyonundan daha büyüktür ve bu iki gaz arasında bir çevrim vardır. Bu şöyle özetlenebilir.



Çevrim bu şekilde olursa, atmosferdeki ozon konsantrasyonu artmaz. Ancak, atmosferde bulunan hidrokarbonlar (HC) bu çevrimi bozar ve ozon konsantrasyonu artar. Şöyle ki, NO gazı ozon yerine atmosferdeki hidrokarbon radikalleriyle reaksiyona girer ve ozon atmosferde kalır. Bunun sonucunda atmosferdeki konsantrasyonu artar.



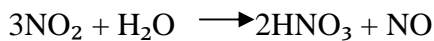
Radikaller atmosferdeki fotokimyasal reaksiyonlar sonucu meydana gelir. Atmosferdeki ozon konsantrasyonunu ayrıca hidrokarbon radikalleriyle oksijen arasındaki reaksiyonda artırır.



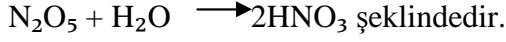
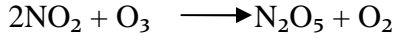
Bu reaksiyonlardan da anlaşılacağı gibi otomobil egzoz gazları, atmosferdeki ozon artmasının başlıca nedenidir. Çünkü bu gazlarda hem bol miktarda hidrokarbonlar, hem de azot gazları bulunur ve her ikisi de yeryüzündeki ozon konsantrasyonunu artırır.

Canlılar için zararlı olan NO<sub>2</sub> gazının atmosferden uzaklaşması ancak nitrik aside dönüşme ve yağışlarla yeryüzüne dönmesiyle olur. Yağmur sularında nitrik asidin meydana geliş mekanizması üzerinde iki görüş ileri sürülmektedir.

Görüş;



Görüş;



Azot dioksidin ozonla yükseltgenmesi çok hızlı bir reaksiyondur. Bundan dolayı ikinci görüş üzerinde daha çok durulmaktadır. Kentsel alanlardaki  $\text{NO}_2$ 'nin ana kaynağı, motorlu taşıtlarda yakıtların yanması, elektrik üretimi, fabrikaların ısıtılması ve endüstriyel proseslerdir. Atmosferdeki  $\text{NO}_2$ 'nin çoğu azot monoksit ( $\text{NO}$ ) emisyonlarının oksidasyonu ile oluşur. Azot dioksit, solunum yollarında tahriş edici bir etkiye sahip olup, yüksek konsantrasyonlarda toksiktir. Fotokimyasal duman, asit yağmurları, ikincil formdaki partiküllerin oluşumunda önemli rolü bulunmaktadır.  $\text{SO}_2$  ve ozon ile birlikte, ekinler ve bitki örtüsü üzerinde zararlı etkileri vardır. Kentsel alanlardaki konsantrasyonlar, trafik emisyonlarından kaynaklanıp şehir merkezinde ve ana yollara yakın yerlerde en yüksek konsantrasyonlarda bulunur (Gündüz, 2004).

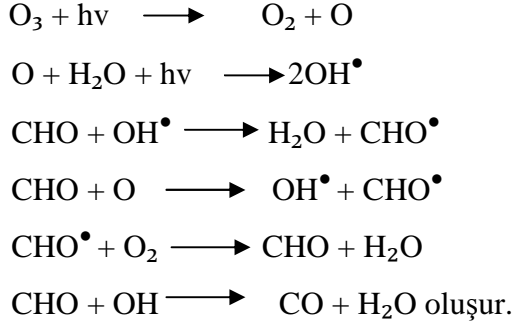
### 1.3.5. Karbon Monoksit (CO)

Karbon monoksit, fosil yakıt veya organik maddelerin eksik yanması sonucu oluşur. Ana kaynağı motorlu taşıt trafiğidir. Her yıl atmosfere verilen CO kaynaklarına göre değerleri Tablo 1.6'da verilmiştir.

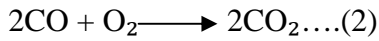
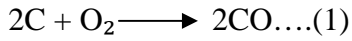
**Tablo 1.6** Her Yıl Atmosfere Verilen CO Kaynaklarına Göre Değerleri  
(Gündüz, 2004)

Kaynak	Miktar (Milyon ton/yıl)
Metan yükseltgenmesi	3300
Okyanulardan (Anaerobik parçalanma)	165
Bitki ve ormanlardan	110
Antropojenik kaynaklar	400
Doğal kaynaklar	275

Atmosferdeki metanın kaynağı, bataklıklara gömülmüş organik maddeler, ziraat atıkları ve ormandaki çürümelerdir. Metan, atmosferde bir takım fotokimyasal reaksiyonlar sonucunda oksitlenir ve karbon monoksit verir.



Karbon monoksit, yakıtların tam yanmaması sonucu oluşur. Birinci reaksiyonda CO<sub>2</sub> yerine CO meydana gelmesinin nedeni, 1. reaksiyonun hızının 2. reaksiyonun hızından 10 kat daha büyük olmasıdır. Bu nedenle yanmada önce CO, onun yanmasıyla da CO<sub>2</sub> oluşur. Buna göre 2. reaksiyon için gerekli O<sub>2</sub> bulunmazsa, yanma tam olmaz ve CO olduğu gibi kalır ve atmosfere karışır. Böylece atmosferde CO konsantrasyonu artar.



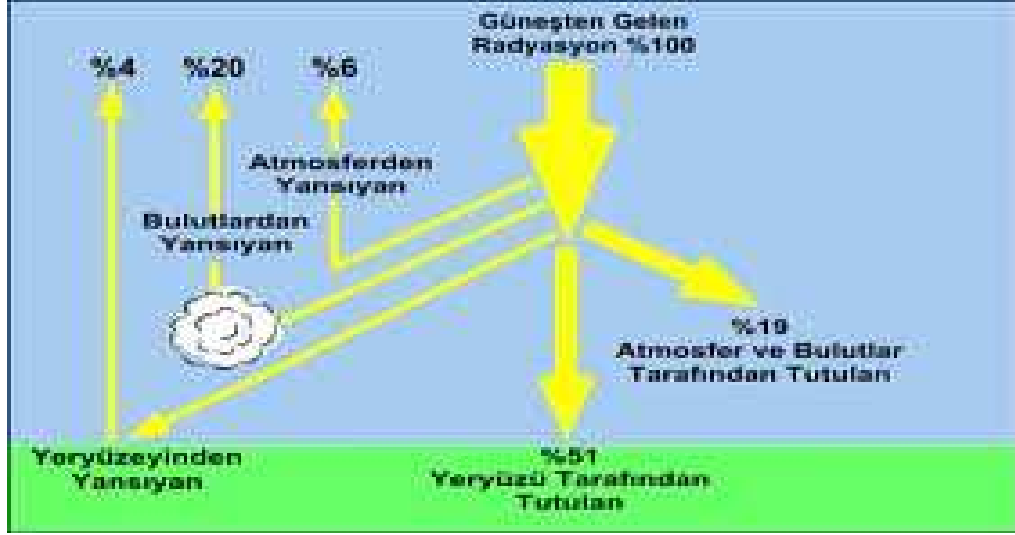
Kandaki oksijen taşıyan hemoglobin üzerinde kuvvetli etkisi vardır. Kandaki oksijen, karbon monoksit ile yer değiştirdiğinde oksijen açlığına neden olarak aşırı durumlarda ölümlere yol açabilir.

Kentsel alanlardaki karbon monoksitin mekânsal dağılımı trafiğe bağlıdır. Konsantrasyonlar yol kıyısında en yüksek düzeyde olup yoldan uzaklaştıkça hızla azalır (Karpuzcu, 2010). CO'nun insan sağlığına etkileri Tablo 1.7'de verilmiştir.

**Tablo 1.7** CO'nun İnsan Sağlığına Etkileri (Karpuzcu, 2010)

CO konsantrasyonu (ppm)	Tesirleri
50	Fiziksel tesirlerin seçilememesi
100	Kalp ve akciğer fonksiyonlarında azalma
250	Şuurun kaybolması
750	Ölüm

Atmosferde hava kirliliği sonucu artan hava kirleticiler sera etkisine sebep olurlar. Kömür, doğalgaz ve fuel-oil gibi fosil yakıtlar, yüksek basınç altında oluşmuş ve karbondioksit içeriği bakımından çok zengin organik maddelerdir. Bu yakıtların kullanımı sonucunda açığa çıkan CO<sub>2</sub> gazı, atmosfere karışır. Normalde karbon döngüsünün bir parçası olan bu olay, fosil yakıtların kullanımının artması ile atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarının normalden yüksek seviyelere çıkmasına neden olur. Havanın başlıca iki bileşeni olan oksijen ve azot gazları, güneşin gözle görülebilen dalga boylu ışınlarını yansıtır ve morötesi ışınların bir kısmını da absorblar. Dünya yüzeyine ulaşabilen güneş ışınları, yeryüzü tarafından soğurularak ısıya dönüştürülür. Bu ısı, yeryüzündeki atomların titreşimine ve kızılötesi ışımaya yapmalarına neden olur. Bu kızılötesi ışınlar, oksijen veya azot gazı tarafından soğurulmaz. Ancak havada bulunan CO<sub>2</sub> ve CFC (kloroflorokarbon) gazları, kızılötesi ışınların bir kısmını soğurarak, atmosferden dışarı çıkmalarını engeller. Bu soğurma olayı, atmosferin ısınmasına yol açar. Bunun sonucunda dünya, güneşin altına park edilmiş bir arabanın içi gibi ısınır. İşte bu etkiye, "sera etkisi" adı verilir. Sera etkisi dünya yüzeyinin ortalama sıcaklığını değiştireceğinden, ileriki yıllarda iklimlerde değişiklikler, buzulların erimesi, mevsimlerin kayması ve tarım alanlarının verimsizleşmesi gibi çok ciddi sorunlara neden olabilir (Bağ, 2009). Sera etkisinin oluşum şeması Şekil 1.2'de verilmiştir.



Şekil 1.2 Sera Etkisinin Oluşum Şeması

### 1.3.6. Halojenler

Havadaki halojenlerin en zararlı olanları florlu gazlar olup, bitki ve hayvanlarda zehir etkisi yaparlar (Müezzinoğlu, 1987). Sprey ve buzdolaplarından atmosfere verilen klorlu ve florlu hidrokarbonlar filtre görevi gören O<sub>3</sub> ile tepkimeye girerek bu tabakada seyrelmelere yol açmaktadır.

### 1.3.7. Diğer Hava Kirleticileri

Hava toksikleri, motorlu taşıtlar, kok üretimi, kömür yakılması, katı atık (evsel, tehlikeli ve tıbbi atıklar) yakılması sonucu oluşan poliaromatik hidrokarbonlar (PAH) ve petrol yanmasından birincil olarak oluşan benzen gibi uçucu organik bileşikler, dioksin (TCDD) ve furanlar (TCDF)'dir. Asitli havanın ana bileşenleri, nitrik ve sülfürik asittir. (HNO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub>'den oluşmaktadır). Tetraklorodibenzo-p-dioksin ve furanın yapısı Şekil 1.3'de verilmiştir.



**Şekil 1.3** Tetraklorodibenzo-p-dioksin ve furanın Yapısı

### 1.3.8. Ağır Metaller

Antik çağlarda metal cevherleri işlenmeye başlandığından bu yana metaller insan faaliyetleri sonucu çevremize yayılmaya başlamışlardır. Yüzyıllar boyunca insanlar, ağır metalleri, etkilerini bilmeden takı, silah, su borusu vb. eşyalar yapmak için kullanmışlardır. Sanayileşme ile birlikte ağır metal içeren kömürlerin yakılmaya başlanması ile endüstri bölgelerindeki ağır metal kirliliği aşırı boyutlara ulaşmış ve ağır metal kirliliğinden kaynaklanan ilk tanımlanan zehirlenmeler Japonya’da ortaya çıkmıştır (Sarıyüboğlu, 1980). Ağır metaller, yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösteren metallere denilmektedir. Fiziksel özellik açısından ise, yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$ ’ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60’tan fazla metal dahildir (Tosyalı, 2006).

#### 1.3.8.1. Ağır Metal Kaynakları

Metaller ve bileşikleri yerkabuğunda değişik konsantrasyonlarda bulunurlar. Kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva, çinko gibi elementler doğaları gereği yeryüzünde genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde bulunurlar. Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Ağır metallerin sucul ortama geçişi Şekil 1.4’de verilmiştir.



**Şekil 1.4** Ağır Metallerin Sucul Ortama Geçişi

Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşikler oluşturarak su tabanına çökerler ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan, suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir ve kirliliğe sebep olur (Tosyalı,2006). Kirlenme, ekosistem için zararlı maddelerin o ortam tarafından yok edilemeyecek düzeye ulaşmasıyla ortaya çıkmaktadır (Çiçek, 2001).

#### **1.3.8.2. Ağır Metallerin Organizmaya Alımı ve Taşınımı**

Metaller canlılar tarafından belirli bir konsantrasyonun üzerinde alındığında hücrenin metabolizmasına ve gelişimine zarar vererek toksik etki yapmaktadırlar. Pb, Hg, Cd, As gibi ağır metallerin çok düşük miktarları bile zehirli ve hatta öldürücü olabilirken, Zn, Fe, Cu gibi ağır metaller ise uygun konsantrasyonlarda canlı yaşamı için gereklidir ve organizma tarafından yeterince alınmadıklarında çeşitli bozukluklarla ortaya çıkmaktadırlar. Canlı bünyesi için yaşamsal fonksiyonları olan ağır metallerin gereğinden fazla birikimi dokularda tahribata sebep olmakta ve organ ve dokuların görevini yapamamasına neden olmaktadır. Sucul ortamlarda normal şartlarda belli derişimlerde denge halinde bulunan ağır metaller, kentsel ve endüstriyel bölgelerde daha yoğun olmak üzere ya sedimentte birikirler (Köse, 2007).

Sulardaki inorganik kirlenmenin en önemli kaynağını ağır metaller oluşturur. Ağır metaller suda kolayca çözünebildikleri için su organizmaları tarafından çok kolay bir şekilde alınabilmekte ve canlıların proteinlerine çok kuvvetli bir şekilde bağlanabilmektedirler (Kalay, 2004). Ağır metallerin çevreye yayınımlında etken olan

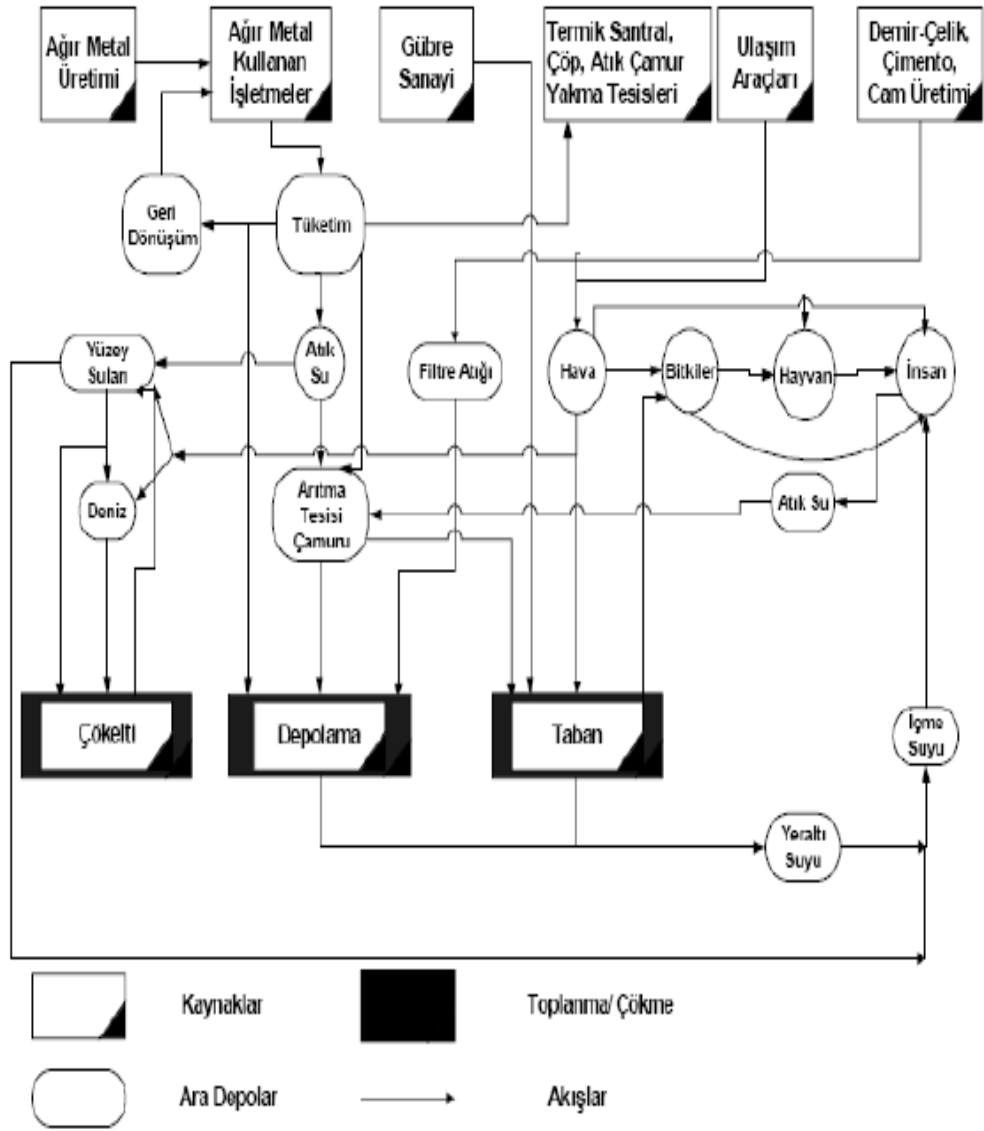
en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Tablo 1.8’de temel endüstrilerden atılan metal türleri genel olarak gösterilmiştir.

**Tablo 1.8** Temel Endüstrilerden Çevreye Yayılan Metal Türleri (Alexander, 2002)

<b>Endüstri</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	-
Petrokimya	+	+	-	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+
Demir-Çelik Sanayi	+	+	+	+
Enerji Üretim (Termik)	+	+	+	+

Atmosfere salınan ağır metaller, yağış ve rüzgarın etkisiyle karaya ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvanlara ve insanlara ulaşırlar ve aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan aerosol olarak ya da toz halinde solunurlar. Ağır metaller, endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin tozlaşması yoluyla da hayvan ve insanlar üzerinde etkin olurlar (Tosyalı, 2006). Cd, Hg, Pb ve Cr gibi toksik ağır metaller, belli sınır konsantrasyonlarının aşılması halinde toksik etki yaparlar. Bahsedilen bu ağır metallerin doğaya yayılımı Şekil 1.5’de verilmiştir.





**Şekil 1.5** Ağır Metallerin Doğaya Yayılması (Kahvecioğlu ve ark., 2009).

Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre esansiyel ve esansiyel olmayan olarak sınıflandırılırlar.

Esansiyel olan ağır metallerin, organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunması gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin; demir hayvanlarda ve insanlarda kanda oksijen taşıyan kırmızı kan hücrelerinde bulunur. Çeşitli enzimlerin üretimi için gereklidir.

Esansiyel olmayan ağır metaller, çok düşük konsantrasyonda bile sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Örneğin; kükürtlü enzimlere bağlanan civadır. Bazı sistemlerde ağır metallerin etki mekanizması konsantrasyona bağlı olarak değişir. Ağır metaller konsantrasyon sınırını aştıkları zaman toksik olarak etki gösterirler.

Bir ağır metalin esansiyel olup olmadığı dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Örneğin; nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz elementi olarak bulunması gerekir. Ağır metaller canlı bünyelerde sadece konsantrasyonlarına bağlı olarak etki göstermezler. Canlı türüne ve metal iyonunun yapısına bağlıdır (çözünürlük değeri, kimyasal yapısı, redoks ve kompleks oluşturma yeteneği vb). Ağır metallerin belirli bir zaman aralığında canlı organizmalarda birikiminin fazla olması sağlık açısından olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Tosyalı, 2006). Ağır metallerin kaynakları ve insanlara olan etkileri Tablo 1.9’da, havadaki ağır metallerin izin verilen üst sınır değerleri Tablo 1.10’da verilmiştir.

**Tablo 1.9** Ağır Metallerin Kaynakları ve İnsanlara Olan Etkileri (Önal, 2002)

<b>Kirletici</b>	<b>Kaynağı</b>	<b>Etkisi</b>
Kurşun	Endüstri, yakıtlar, altın madenciliği	Anemi, beyin hasarı, duyu ve motor sinirlerde hasar
Kadmiyum	Endüstri, altın madenciliği	Böbrek harabiyeti, akciğer kanseri
Nikel	Endüstri, madencilik, kaynak işleri	Solunum sistemi hastalıkları, alerjik reaksiyonlar, gırtlak kanseri
Çinko	Kaynak işleri, bronz işçiliği	Solunum yollarına etki eder.
Bakır	Pestisitler, altın madenciliği	Solunum yollarına etki eder.
Arsenik	Madencilik, pestisitler	Cilt kanseri, kas güçsüzlüğü
Uranyum	Radyoaktif atıklar	Kanser
Krom	Endüstri, kaynak işleri	Cilt kanseri, solunum sistemi hastalıkları, alerjik reaksiyonlar

**Tablo 1.10** Havada Ağır Metallerin İzin Verilen Üst Sınır Değerleri  
(Müezzinoğlu, 1987)

<b>Metal</b>	<b>Açık Havada İzin Verilen Sınır Değeri (ppm)</b>
Pb	0.002
Zn	0.025
Cd	0.00125
As	0.00125
Fe	0.025
Ni	0.0025
Hg	0.00125
Cr	0.0125

#### **1.4. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri**

##### **1.4.1. Kurşun (Pb)**

Kurşun, hava, su ve toprak yoluyla solunumla ve besinlere karışarak biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliğe sahip bir metaldir. Havada kurşun partiküllerinin ömürleri 7-30 gündür. Bu süre zarfında partiküller rüzgar etkisiyle yüzlerce kilometre taşınmaktadır (Şişman, 1999). Atmosferden kurşun, büyük oranda metal oksitleri ve tuzları şeklinde yağmurla tekrar yeryüzüne inerek çevremize her geçen gün önemli miktarlarda yayılmaktadır. Kurşun madenleri ve metal endüstriler, akü ve pil fabrikaları, petrol rafinerileri, boya endüstrisi ve patlayıcı sanayii atık sularında da istenmeyen derişimlerde kurşun kirliliğine rastlanır. Pil fabrikası atık sularında 5.66 mg/lt, asidik maden drenajlarında 0.02-2.5 mg/lt, tetra etil kurşun üreten fabrika atık sularında 125-150 mg/lt organik, 66-85 mg/lt inorganik kurşun kirliliğine rastlanır (Kahvecioğlu ve diğ., 2009, Önal, 2002, Dökmeci, 2005, Sienko,1983, Klaassen, 1983, DPT, 2000).

Biyolojik olarak parçalanamayan kurşun toksik olmayan forma çevrilemez ve akciğerlerde birikerek insan sağlığını olumsuz etkiler. EPA'ya göre içme sularında izin verilen güvenlik sınırı 15µg/l'dir. Günlük yiyeceklerle 1-4 µg alındığı varsayılır.

İşyeri havasında metreküpte 50 µg üst sınır olup; zımparalama, kaynak gibi işlemler sırasında metreküpte 2500 µg düzeylerine ulaşılabilir. Düzey 100 mg ise ani yaşamsal tehlike oluşturur (Türkmen, 2003). WHO'nun sınıflandırmasına göre kurşun 1.sınıf kanserojendir (John ve Howard, 1996).

#### **1.4.2. Arsenik (As)**

Kanserojen bir etkiye sahip olan arsenik, ahşap koruma, pestisitler, sigara ve yakıtların kullanılması ile maruziyet gelişmektedir. Toksikitesi, arseniğin bulunduğu forma bağlı olarak değişmektedir. İnorganik arsenik organik arsenikten daha toksiktir. Arseniğin yetişkinler tarafından alınmasının temel yolu mide bağırsak sistemi yolu ile olmaktadır. Bu maruziyetin ise büyük bölümü su ürünleri vasıtası ile olduğu gösterilmiştir. Alındıktan sonra arsenik karaciğer, dalak, böbrek, akciğere yerleşir. Arsenik özellikle saç ve tırnakta birikir ve deri, akciğer, mesane kanserine neden olabilir. Bazı formları ise fosfatlar ile olan benzerliğinde dolayı ATP gibi yüksek enerjili fosfat bağları bulduran bileşiklerin yıkılmasına neden olur. Böbrek ve karaciğer hasarı, deri pigmentinde artma, görme bozukluğu, kas felçleri de meydana gelmektedir. Hem akut hem kronik zehirlenme mide yoluyla olursa kesin olarak ölüme yol açar. EPA standartlarına göre içme suyunda maksimum izin verilebilir arsenik içeriği 0.01 ppm'dir (Güven ve ark., 2009, Sarkar, 2002, EPA, 2002, Dökmeci, 2005, Klaassen, 2009). Arseniğin bilinen öldürücü dozu akut alımda 100-200 mg arasında olarak bildirilmektedir. Kronik zehirlenmelerde ise belirtilerin başlangıcı 2-8 hafta içinde başlar. Arsenik düzeylerinin izin verilen sınırların altında bulunması durumunda sağlık riski oluşturması olasılığının düşük olduğu düşünülmektedir (Wagner ve ark., 2005).

### 1.4.3. Krom (Cr)

Krom, kayalar, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, çevrede birkaç formu olabilir. Bunlardan en yaygını; Cr, Cr<sup>+3</sup> ve Cr<sup>+4</sup>'tür. Kromitler ve krom oksit topraklarda bu metalin esas kaynağını oluşturur. Çelik üretiminde, alaşım yapımında, metal endüstrisinde, krom kaplamada ve paslanmayı kontrol edici madde olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda, boya, tuğla ve deri endüstrisi ile gıda koruyucu madde olarak kullanılmaktadır. Kromun farklı tipleri organizmalarda farklı toksik etkilere sahiptir. Cr<sup>+3</sup> doğal olarak pek çok taze meyve, sebze, et, bira mayası ve hububat tohumlarında bulunabilir. Farklı işleme, depolama ve hazırlama metotları gıdanın krom içeriğini değiştirebilir. Paslanmaz çelik kutular ve pişirme kaplarında depolanan asitli gıdalar paslanmaz çelik kaplardan dolayı yüksek miktarda krom içerebilir. Dünya Sağlık Örgütü, nefes yoluyla yüksek dozlarda kromun akciğer kanseri riskini artırdığını, su ve gıdayla alımların ise, mide ülserleri, böbrek ve karaciğer hastalıkları ve hatta ölümlere sebep olduğunu bildirmektedir. Krom, hava, su ve toprağa genellikle Cr<sup>+3</sup> ve Cr<sup>+4</sup> formlarında girer. Havada ince toz parçacıkları halinde bulunan krom bileşikleri doğal olarak toprak ve suya düşer (ATSDR, 2003). EPA'ya göre içme sularında 100 µg/l'den fazla olmaması önerilir.

### 1.4.4. Çinko (Zn)

Çinko, mavimsi açık gri renkte, kırılğan bir metaldir. Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Metal kaplama, boyama ve lastik endüstrilerinde yoğun miktarlarda kullanılır. Belirli konsantrasyonların üzerinde toksik etki yapmakta ve klorür formunda öldürücü etkilere neden olmaktadır. Çinko tuzlarının toksikliği çinkodan daha fazla, yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmının toksikliğine bağlıdır. Örneğin; çinko kromatın (ZnCrO<sub>4</sub>) yüksek zehirleyici ve kanserojen özelliği Zn<sup>2+</sup> yüzünden değil anyonik CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> bileşeni sebebiyledir (Habashi, 1997). Çinkoya kronik maruziyet durumunda deri ve akciğer hastalıkları görülür.

#### **1.4.5. Nikel (Ni)**

Oksijen ve sülfürle bileşik oluşturabilen bir element olup, doğada bol miktarda bulunur. Volkanlardan kaynaklanır ve bütün topraklarda bulunur. Saf nikel, sert, gümüş renkli bir metal olup, alaşımları oluşturmak üzere diğer metallerle birleşir. Demir, bakır, krom ve çinko ile alaşım oluşturabilirler. Madeni para ve mücevher yapımında kullanılmaktadır. Nikel bileşikleri aynı zamanda, nikel kaplama, seramik renklendirme ve bazı pillerin yapımında kullanılır (ATSDR, 2003). Genellikle toprak ve sedimentteki demir ve mangan içeren parçacıklara bağlı olarak bulunur. Havada çok düşük miktarda bulunup, bitki ve hayvanlarda pek bulunmaz. Atmosferdeki nikel oluşum kaynaklarının başlıcasını fuel-oil ve bunun kalıntılarının yakılması, madencilik ve rafinasyon işlemleri, kentsel atıkların külleştirilmesi, kömürün yakılması sonucunda meydana gelen nikel sülfat emisyonu havadaki nikel sülfat emisyonunun %20-80'ini oluşturur (Boğa, 2007). Ayrıca lağım çamuru karışmış toprakta ve sigarada (0-51 µg/sigara) bulunmaktadır. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. EPA'ya göre içme sularında 0.04 ppm'den az olmalıdır (ATSDR, 2003, Özdilek, 2002).

#### **1.4.6. Bakır (Cu)**

İnsanoğlunun kullandığı en eski metallere birisi olup, yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu yaklaşık 55 mg/kg, topraklarda ise 20-30 mg/kg olarak bildirilmiştir (Kesler, 1994). Çevredeki bakır kontaminasyonu kaynaklarının; soğutma suyu deşarjları, bakır içeren pestisitler, su dağıtım boruları, otomobil, kamyon, otobüs ve tır gibi vasıtaların fren balataları, metal kaplama ve işleme endüstrisi, rafineriler, dam, çatı malzemeleri ve maden eritme işlemleri olduğu bildirilmektedir (Fialkowski ve Newman, 1998). Bakır birçok gıdada, içme suyunda ve havada bulunabilir. Bakır insanlar ve diğer bütün canlılar için, esansiyel bir elementtir, ancak yüksek konsantrasyonlarda alınımı önemli sağlık problemlerine yol açabilir. EPA'ya göre içme sularında 1.3 mg/l'den fazla olmaması önerilir.

#### 1.4.7. Kadmiyum(Cd)

Endüstride son derece yaygın olarak kullanılan bir iz element olan kadmiyumun, yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu genellikle 0.1-0.5 mg/kg'dır. Çinko ve kurşun üretiminde oluşan bir yan ürün olduğundan, eğer ortamda çinko ve kurşundan kaynaklanan ağır metal kontaminasyonu varsa, kadmiyumun da bulunması beklenen bir sonuçtur. Diğer önemli kaynakları, fosil yakıtlar ve atık ürünlerin yanmasıdır (Cook ve Morrow, 1995).

Metal kaplama ve alaşım, boyalar, piller ve elektronik endüstrisi gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir. Pek çok organizma için toksik olan Cd, sudan, havadan ve besin yoluyla alınarak organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Bütün gıdalarda çok az da olsa bulunur. Özellikle mantarlar başta olmak üzere, kabuklular, karaciğer ve böbrek etleri kadmiyumca zengindir (ATSDR, 2003). Nefes yoluyla insanlarda alımı akciğer hastalığı, yüksek kan basıncı, su ve gıdalarla alımı karaciğer, böbrek, beyin, sinir hastalıkları, kemiklerde hassasiyet ve demir eksikliği gibi pek çok hasarlara yola açar ve çoğu ölümcül olabilir. Kadmiyumun vücuda alınma yollarından biri de içme sularıdır (Vural, 1993, Concon, 1988). Uzun süreli kadmiyuma maruz kalındığında en fazla etkilenecek organ böbreklerdir. Yapılan araştırmalarda; böbrekte biriken kadmiyum konsantrasyonunun (yaş ağırlık üzerinden) 200 mg/kg'a ulaşması durumunda, böbrek fonksiyonlarında bozulma olduğu tespit edilmiştir. İnsanlarda kadmiyumun önemli bir kaynağı, sigara tüketimidir. Vücudu son derece yavaş bir şekilde terk ettiğinden, insanlarda 20 yıldan daha fazla bir yarılanma süresine sahip olup, kanserojen olabilir. EPA'ya göre içme sularında 5 ppb'den fazla olmaması önerilir (ATSDR, 2003).

#### **1.4.8. Kobalt (Co)**

Kaya, toprak, su, bitki ve hayvanlarda doğal olarak bulunan bir elementtir. Radyoaktif olmayan formları, manyetik ve paslanmaz çelik eldesinde, jet türbinlerinde ve gaz türbin jeneratörlerinde kullanılan alaşımların üretiminde kullanılır. Kobalt, çevreye doğal kaynaklardan ve kömür, petrol ya da kobalt alaşımı ürünlerin yanmasıyla girer. Havada parçacık halinde bulunup, birkaç günde su veya toprağa düşerek, parçacıklara bağlanır. Bazı kobalt bileşikleri suda çözülebilir, çevrede yok olmaz ancak form değiştirir. Çevredeki radyoaktif kobalt miktarının artmasının tek sebebi radyoaktif bozulmadır. Solunum, gıda ve içme suyuyla düşük miktarda kobalt alımı söz konusudur. İnsan sağlığına hem zararlı ve hem de faydalı olabilir (ATSDR, 2003). Vitamin B12'nin bir parçası olduğundan insanlara faydalıdır. En fazla karaciğerde birikip, yüksek düzeylerde alımı, insanlarda ve hayvanlarda akciğer, kalp, karaciğer, böbrek ve deri hastalıklarına sebep olabilir. Gıda ve su yoluyla yüksek düzeyde radyoaktif olmayan kobalt alımının insan ve hayvanlarda kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Fakat, yapılan hayvansal deneylerde, direk solunum yoluyla verildiğinde ya da kas ve deri altına uygulandığında kansere sebep olduğu görülmüş ve buna dayanarak, insanlarda da kanserojen olabileceği bildirilmiştir (ATSDR, 2003, Özdilek, 2002).

#### **1.4.9. Mangan (Mn)**

Kayaların çoğunda doğal olarak bulunur. Oksijen, sülfür, klorin gibi maddelerle bileşik halinde bulunur. Demir-çelik fabrikaları, yakma fırınları, maden yataklarının tozlarından havaya karışabilir. Suya ve toprağa karışımı doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla atmosferik taşınım olur. Genellikle karaciğer, böbrek ve pankreasta birikir. Su, hava ve gıda yoluyla, düşük miktarlarına maruz kalabileceği gibi, ilgili işyerleri ve madenlerde çalışanlar çok yüksek düzeylerde etkilenebilir. Bilinçsizce pestisit kullanımı da yine aşırı dozlarda alımına sebep olur. Etkilenen kişilerde zihinsel ve duyuşal rahatsızlıklar ile yavaş ve hantal vücut hareketleri görülüp, bu belirtilerin kombinasyonu "magnetism" olarak adlandırılan bir hastalıktır. Ayrıca solunum problemlerine sebep olan manganezin insanlarda



kanserojen olmadığı bildirilmiştir (ATSDR, 2003). EPA'ya göre içme sularında 0.05 mg/l'den fazla olmaması önerilir.

#### **1.4.10. Demir (Fe)**

Son derece yaygın bir metal olup, canlılarda birçok enzimin yapısına katılır. İnsanlar, bitkiler ve hayvanlar tarafından düşük miktarına dahi ihtiyaç duyulan bir elementtir. Doğal olarak toprakta bulunan demir, yağışlarla birlikte akarsular, nehirler ile deniz ve göllere taşınmaktadır. Ayrıca endüstriyel atıklarda kirletici kaynakları oluşturmaktadır. Normal olarak çözölemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak gerçekleşen pek çok reaksiyonla, demirin çözölebilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri suyu kirletirler. Bu yüzden aşırı demir, yer altı sularında genel bir problemdir (Gray, 1996). En fazla kemik iliği, kırmızı kan hücreleri, karaciğer, akciğer ve dalakta birikir. Esansiyel bir element olan demirin sulardaki yüksek konsantrasyonları sağlığı tehdit eder. Demir Fe<sup>+2</sup> formda çözölebilir haldedir ve havanın varlığında çözölemeyen Fe<sup>+3</sup> formuna oksitlenir (ATSDR, 2003, Özdilek, 2002).

#### **1.5. Giresun İklimi ve Meteorolojisi**

Giresun İli dağlarının kıyıya paralel olarak uzanışı nedeniyle, il toprakları üzerinde iki farklı iklim bölgesi oluşmasına neden olmuştur. Karadeniz kıyılarında ılık ve yağışlı iklim sürer. Uzun süreli gözlemlerin ortalamasına göre, merkezde yıllık sıcaklık ortalaması 14.2°C derecedir. En soğuk ay (Şubat) ortalama sıcaklığı 6.9°C derecedir. En sıcak ay Ağustos ortalaması ise, 22.3°C derecedir. Şimdiye kadar Giresun'da kaydedilen en düşük sıcaklık -9.8°C derece olarak, en yüksek sıcaklık ise, 4 Ekim 1952'de 37.3°C derece olarak ölçölmüştür. En çok yağış Ekim ve Kasım, en az yağış ise Mayıs ve Haziran aylarında görülür. Yağışın en fazla düştüğü aylarda aylık ortalama yağış 140 mm'yi aşarken, en az düştüğü aylarda 60 mm'nin altına inmez. Yağışlı günler ortalama sayısı 184, kar yağışlı günler 6, karla örtölü günler sayısı 11'dir. Kıyıdan içe doğru gidildikçe iklim değişmektedir. Giresun Dağları'nın denize bakan yamaçları daha da yağışlıdır. Kışlar daha sert geçer, kar örtüsü daha

uzun süre kalır ve yazları da serin geçmektedir. Kelkit vadisinde ise, kışlar sert, yağışlar azdır.

En çok yağış da kıyı kesiminin tersine ilkbahar'da düşer. Ortalama deniz suyu sıcaklığı 16.9°C derecedir. Deniz en yüksek sıcaklık değerine Temmuz ve Ağustos aylarında ulaşır (www.cavuslu.org). Şubat 2012-Ocak 2013 dört mevsim boyunca ortalama rüzgar hızı, sıcaklık, nem ve toplam yağış miktarı Tablo 1.11'deki gibidir.

**Tablo 1.11** Ortalama Rüzgar Hızı, Sıcaklık, Nem ve Toplam Yağış Miktarı (Giresun Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, 2012; 2013).

	<b>Ort. rüzgar hızı (m/s)</b>	<b>Ort. sıcaklık (°C)</b>	<b>Ort. nem (%)</b>	<b>Toplam yağış (kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Ocak</b>	1.3	7.3	13	114.7
<b>Şubat</b>	1.4	7.1	12	103.4
<b>Mart</b>	1.3	8.3	9	116.5
<b>Nisan</b>	1.2	11.5	15	35.4
<b>Mayıs</b>	1.1	15.5	24	64.9
<b>Haziran</b>	1.2	20.2	31	128.3
<b>Temmuz</b>	1.2	23	37	113.1
<b>Ağustos</b>	1.2	23.3	38	61.1
<b>Eylül</b>	1.2	20.2	37	55.4
<b>Ekim</b>	1.2	16.4	20	103.8
<b>Kasım</b>	1.2	12.3	7	245.7
<b>Aralık</b>	1.2	9.3	15	176.4

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Araştırma Yeri

Giresun ili, doğusunda Trabzon ve Gümüşhane batısında Ordu güneyinde Sivas ve Erzincan güneybatısında yine Sivas illeriyle komşu olup kuzeyi Karadeniz ile kuşatılmıştır. Araştırma, Şubat 2012 ile Şubat 2013 tarihleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilmiş olup, Giresun sahil şeridi boyunca toplanan yağmur sularındaki ağır metal (Mn, Fe, Ni, Pb, Zn, Cd, Cr, Cu, As, Co) miktarının tespiti için 8 istasyon belirlenmiştir. Bunlardan 4'ü alt bölgedir. Tespit edilen istasyonlardan bir tanesi Aksu sahil yolu olup,  $40^{\circ}54'42''\text{K}$  ve  $38^{\circ}26'12''\text{D}$  koordinatlarında bulunmaktadır. Bu sahanın seçilme nedeni, sahile yakın olup yoğun trafiğe maruz kalması ve Aksu'da çöplüğün bulunmasıdır. Tespit edilen istasyondan diğeri Sanayi sahil yolu olup,  $40^{\circ}54'38''\text{K}$  ve  $38^{\circ}25'35''$  koordinatlarında bulunmaktadır. Büyük sanayi kuruluşları yoktur; ancak irili ufaklı birçok sanayi kuruluşunun olması, yoğun trafiğin olmasından dolayı bu istasyon seçilmiştir. Tespit edilen diğeri bir istasyon Kumyalı sahil yolu olup,  $40^{\circ}54'46''\text{K}$  ve  $38^{\circ}22'32''\text{D}$  koordinatlarında bulunmaktadır. Şehir merkezinde olup yoğun trafiğe maruz kalması bu istasyon seçilmiştir. Tespit edilen bir diğeri istasyon ise, Güre sahil yolu olup,  $40^{\circ}53'3''\text{K}$  ve  $38^{\circ}14'38''\text{D}$  koordinatlarında bulunmaktadır. Şehir merkezinden uzakta olup yeni yerleşim alanlarının yoğunlaştığı bölge olması sebebiyle istasyon olarak seçilmiştir. İstasyonların diğeri 4 tanesi, sahil kesiminden 5-10 km yukarıda bulunan üst bölgelerdir. Bu istasyonları seçmekteki amacımız, sanayi kuruluşlarının olmaması ve fındık tarımının yapılmasıdır. Bölgeden seçilen istasyonlardan biri Aksu üst bölgedir. Rakımı 78 m. olup,  $40^{\circ}53'23''$  ve  $38^{\circ}25'54''$  koordinatlarında bulunmaktadır. Diğeri istasyon Sanayi üst bölgedir. Rakımı 75 m. olup  $40^{\circ}53'32''$  ve  $38^{\circ}24'47''$  koordinatlarında bulunmaktadır. Seçilen diğeri bir istasyon ise, Güre üst bölgedir. Rakımı 102 m. olup,  $40^{\circ}54'12''$  ve  $38^{\circ}20'6''$  koordinatlarında bulunmaktadır. Son istasyon Kayadibi üst bölgedir. Rakımı 405 m. olup,  $40^{\circ}53'24''$  ve  $38^{\circ}23'19''$  koordinatlarında bulunmaktadır. Suların toplandığı istasyonlar harita üzerinde Şekil 2.1'de görülmektedir.



**Şekil 2.1** Giresun’da Yağmur Suyu Numunelerinin Alındığı İstasyonlar

## **2.2. Numune Toplanması ve Analize Hazırlanması**

Giresun’da yağın yağmurun mevsimsel olarak ağır metal ölçümlerini yapmak amacıyla yağmur örnekleri her bir istasyondan 3 tekrerr olmak üzere polietilenden üretilmiş kaplarda toplandı. Numune kovaları sırasıyla musluk suyu, deterjan, nitrik asit ve son olarak da saf su ile temizlendi. Hem polietilen şişeler hem de numune toplama kovaları ortam suyuyla en az üç defa çalkalandı. Yağmurun kesilmesinin ardından toplanan yağmur sularının sıcaklığı ve pH ölçümü numune toplama noktasında anında yapıldı. Örnekler yağışın bitmesinden sonra, kapların kapakları kapatılarak araştırma laboratuvarına getirildi. Laboratuvara getirilen yağmur suyu örneklerine %65’lik derişik  $\text{HNO}_3$  ilave edildi ve ilave edilecek asidin miktarı, örneğin pH’sı 1-2 arasında kalacak şekilde ayarlandı. Daha sonra 0.45  $\mu\text{m}$ ’lik membran filtre kağıdından (selüloz asetat) süzülerek 50 ml’lik falcon tüplerine aktarıldı. Hazırlanan örnekler ICP-MS’deki analizlere kadar  $+4^\circ\text{C}$  sıcaklıkta, buzdolabında saklandı. Standart referans materyal olarak (Certified Reference Materials EnviroMAT™ EU-H-1 Waste water) kullanıldı (Tablo 2.1). Bu çalışmada analiz edilen konsantrasyonlar mg/l olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 2.1** Standart Referans Materyal (Certified Reference Materials EnviroMAT™  
EU-H-1 Waste water)

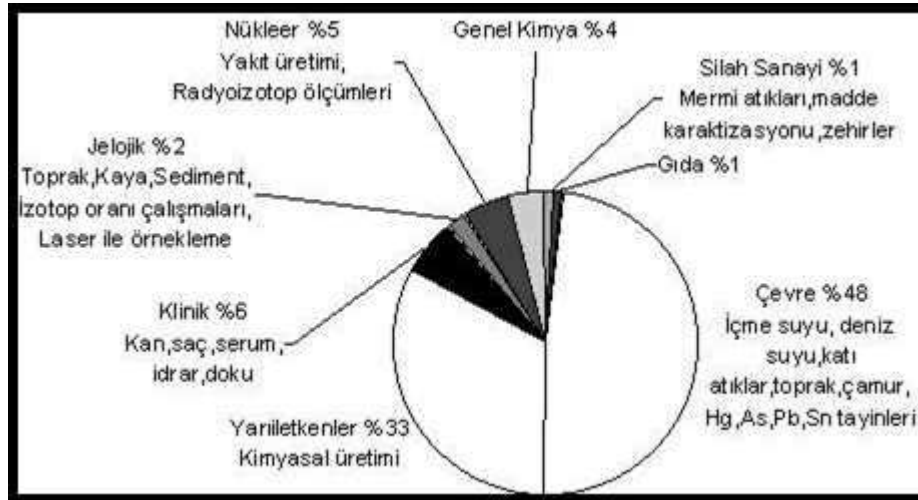
EnviroMAT™ EU-H-1 Waste water		
Ağır Metal	Sertifika Edilen	Analiz Edilen (n:24)
Krom (Cr)	0.45-0.47	0.47
Mangan (Mn)	0.51-0.53	0.51
Demir (Fe)	0.62-0.68	0.62
Kobalt (Co)	0.72-0.76	0.70
Nikel (Ni)	0.86-0.90	0.88
Bakır (Cu)	0.91-0.95	0.94
Çinko (Zn)	0.97-1.03	0.99
Arsenik (As)	0.81-0.91	0.90
Kadmiyum (Cd)	0.30-0.32	0.31
Kurşun (Pb)	0.72-0.74	0.73

### 2.3. Kullanılan Cihazlar

#### 2.3.1. İndüktif eşleşmeli Plazma- Kütle Spektrometresi (ICP-MS)

Ağır Metal Analizi için Bruker 820-MS marka ICP-MS (Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometer) cihazı ve reaktif olarak derişik HNO<sub>3</sub> (Suprapur, Merck) kullanılmıştır. İndüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi, örneklerin yüksek sıcaklıktaki bir plazmaya, genellikle argon, gönderilerek moleküler bağların kırıldığı ve atomların iyonlaştırıldığı bir analitik tekniktir. İyonlar örnekleme ve ikinci aşama süzme konileri ara yüzeyinden geçerek vakuma alınır ve burada birleştirilmiş mercekleme sistemi iyonları kuadrupol kütle spektrometresine odaklar. Burada iyonlar kütlelerine ayrılıp taramalı elektron çoğaltıcısı ile analizi yapılır. Örnek, genel olarak bir solüsyon halinde ve sisleştirici aracılığıyla cihaza gönderilir. Genel olarak ICP-MS

ile içme suları, atık sular, jeolojik, jeokimya, petrokimya, gıda, hidrojeoloji alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2** ICP-MS'in Kullanım Alanları

([http://icpmslab.mersin.edu.tr/icp\\_ms\\_nedir.php](http://icpmslab.mersin.edu.tr/icp_ms_nedir.php))

ICP-MS oldukça, hızlı ve uygun kütle aralığıyla çözültide eser element tayinine uygundur. Birçok element için gözlenebilme sınırı ng/L'nin altındadır. Multi element 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 (Montaser ve ark., 1992). Geniş çalışma aralığından dolayı diğer tekniklere oranla çok geniştir. Birçok element için pg-mg/L arasında kalibrasyon grafikleri çizilebilmektedir ve bu, farklı derişime sahip birçok elementin aynı anda tayinine olanak sağlar. Değişik örnek göndericilerle eşleştirildiğinde ICP-MS, sıvı örnekler dışında katı örneklerin analizinde de sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Diğer atomik spektrometrik tekniklerle de eşleştirilebilen örnek gönderme sistemleri (elektrotermal ısıtma, hidrür oluşturma, lazerle parçalanma, akışa enjeksiyon sistemi, çeşitli sisleştiriciler vb.) aynı şekilde ICP-MS ile de kullanılabilir. Tekniğin önemli özeliğinden biriside elementlerin kütle spektrumlarının oldukça basit ve elementel özel nitelik taşımasıdır. ICP-MS analiz parametreleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

**Tablo 2.2** ICP-MS Analiz Parametreleri (820 MS, Bruker)

	<b>Parametreler</b>	<b>Ayarlar</b>
<b>Gaz Akışı (L/dk)</b>	Plazma akışı	16.5
	Auxiliary akışı	1.65
	Nebulizer akışı	0.9
	Kaplama akışı	0.2
<b>CRI Gazlar (ml/dk)</b>	Soğutucu (He ile)	160
	Soğutucu (H <sub>2</sub> ile)	100
<b>RF</b>	RF Güç (kW)	1.28
<b>Numune Bilgisi</b>	Numune derinliği(mm)	6.5
	Pompalama oranı (rpm)	5
	Stabilizasyon süresi(s)	-60
	Sprey çember (°C)	3
<b>İyon Optikler (Volt)</b>	1.ekstraksiyon lensi	-1
	2.ekstraksiyon lensi	-85
	3.ekstraksiyon lensi	-175
	Köşe lensleri	-197
	Sol ayna lensi	25
	Sağ ayna lensi	22
	Alt ayna lensi	25
	Giriş lensi	0
	Giriş levhası	-10
	Işık dalgalarının kenar sapması	-1
	Uç sapma	0
	<b>Kuadrapol Tarama</b>	Tarama modu
Bekletme süresi (ms)		20
Pik başına düşen noktalar		1
Taramalar/tekrarlar		50
Taramalar/numune		3

### 2.3.2. pH-metre

Toplanan yağmur suyu örnekleri için  $\pm 0.01$  pH birimi duyarlılıkla, pH metreyle yapıldı. pH metre ölçüm öncesi pH'sı 4.01, 7.01 ve 10.01 olan tampon çözeltilere karşı kalibre edildi. pH ölçümü sırasında cam beherdeki örneğe daldırılan elektrot hafif bir şekilde kesintisiz karıştırılmış ve elektrot tamamen kararlı bir hale ulaştıktan sonra okunan değer kaydedildi.

### 2.4. İstatistik Hesaplamalar

Yağmur suyunun analizinden elde edilen veriler mevsimlere ve istasyonlara göre gruplandırılıp, Excel ortamına aktarılarak, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmıştır. Normal dağılıma uygunluğu ve varyansların homojenliğini sağlamak için veriler logaritmaya dönüştürülmüştür. Sudaki ağır metal konsantrasyonlarının mevsimlere ve istasyonlara göre farklılıkları tek yönlü varyans analiziyle (ANOVA) incelenmiş olup, farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu durumlarda Post-Hoc testi (Tukey) uygulanmıştır (Şenocak, M., 1998, Özdamar, K., 1999). Bütün istatistiksel analizler SPSS ve STATISTICA paket programlar yardımıyla yapılmıştır.



### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Giresun İli'nde Şubat 2012-Şubat 2013 arasında gerçekleştirilen bu çalışmada istasyonların ortalama değerleri Tablo 3.1'de, mevsimlerin ortalama değerleri ise, Tablo 3.2.'de verilmiştir.

**Tablo 3.1** İstasyonlara Göre Ortalama Ağır Metal Konsantrasyonları

	Cr	Mn	Fe	Co	Cu	Ni	Zn	As	Cd	Pb
<b>Aksu sahil yolu</b>	0.0038	1.6790	0.8254	0.0058	0.0299	0.0072	0.0918	0.0025	-*	0.0136
<b>Aksu üst bölge</b>	0.0218	0.1927	9.4507	0.0124	0.0552	0.0262	4.7831	0.0199	0.0172	0.0286
<b>Sanayi sahil yolu</b>	0.0710	0.0789	0.4340	0.0044	0.0322	0.0124	0.0622	0.0052	-*	0.0121
<b>Sanayi üst bölge</b>	0.0092	0.1183	0.9369	0.0069	0.0332	0.0105	0.1264	0.0082	0.0031	0.0241
<b>Kumyalı sahil yolu</b>	0.0344	0.3227	1.3626	0.0050	0.1235	0.0299	0.2370	0.0079	0.0021	0.0450
<b>Güre sahil yolu</b>	0.0122	0.3635	3.5500	0.0068	0.0528	0.0144	0.2364	0.0092	0.0009	0.0573
<b>Kayadibi üst bölge</b>	0.0095	0.1564	2.2156	0.0091	0.0441	0.0193	0.0822	0.0117	0.0050	0.0161
<b>Güre üst bölge</b>	0.0138	0.4075	0.2606	0.0089	0.0313	0.0221	0.0858	0.0103	0.0005	0.0920

-\*: Ölçüm yapılamamıştır.

Yukarıdaki tabloya göre; Aksu, Mn>Fe>Zn>Cu>Pb>Ni>Co>Cr>As

Aksu üst bölge; Fe>Zn>Mn>Cu>Pb>Ni>Cr>As>Cd>Co

Sanayi sahil yolu; Fe>Mn>Cr>Zn>Cu>Ni>Pb>As>Co

Sanayi üst bölge; Fe>Zn>Mn>Cu>Pb>Ni>Cr>As>Co>Cd

Kumyalı sahil yolu; Fe>Mn>Zn>Cu>Pb>Cr>Ni>As>Co>Cd

Güre sahil yolu; Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Ni>Cr>As>Co>Cd

Güre üst bölge; Mn>Fe>Pb>Zn>Cu>Ni>Cr>As>Co>Cd

Kayadibi üst bölge; Fe>Mn>Zn>Cu>Ni>As>Pb>Cr>Co>Cd olarak sıralanmaktadır.

**Tablo 3.2** Mevsimlere Göre Ortalama Ağır Metal Konsantrasyonları

	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
<b>Cr</b>	0.0048	0.0011	-*	0.0600
<b>Mn</b>	0.3858	0.0315	0.0218	0.2846
<b>Fe</b>	0.3614	0.0431	0.0124	9.1005
<b>Co</b>	0.0072	0.0083	-*	0.0064
<b>Cu</b>	0.0186	0.0031	-*	0.1221
<b>Ni</b>	0.0061	0.0094	-*	0.0322
<b>Zn</b>	0.1265	0.0077	-*	2.0051
<b>As</b>	0.0002	0.0005	-*	0.0154
<b>Cd</b>	-*	-*	-*	0.0048
<b>Pb</b>	0.0362	0.0177	-*	0.0559

-\*: Ölçüm yapılamamıştır.

Yukarıdaki tabloya göre;

İlkbahar; Mn>Fe>Zn>Pb>Cu>Co>Ni>Cr>As

Yaz; Fe>Mn>Pb>Ni>Co>Zn>Cu>Cr>As

Sonbahar; Mn>Fe

Kış; Fe>Zn>Mn>Cu>Cr>Pb>Ni>As>Co>Cd olarak sıralanmıştır.

### 3.1. Yağmur Suyunda Krom (Cr)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Cr konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.3’de sunulmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında, ortalama Cr maksimum 0.05996 ppm ile kış, minimum Cr ise 0.00109 ppm ile yaz mevsiminde gerçekleşmiştir. Mevsim ortalamaları arasındaki sıralama; yaz<ilkbahar<kış şeklinde olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). İlkbahar-kış ve yaz-kış mevsimleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında ortalama Cr konsantrasyonlarının 0.07095 ppm ile Sanayi sahil yolunda maksimum iken, 0.00376 ppm ile Aksu sahil yolunda minimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; aksu sahil yolu<sanayi üst bölge<kayadibi üst bölge<güre

sahil yolu<güre üst bölge<aksu üst bölge<kumyalı sahil yolu<sanayi sahil yolu şeklinde gerçekleşmiş olup, istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

**Tablo 3.3** Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Krom (Cr) Konsantrasyonları (ppm)

Cr	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ort. ±SH N=24
Aksu sahil yolu	0.00170	0.00101	.*	0.00861	<b>0.00376<sup>a</sup></b> 0.00419
Aksu üst bölge	0.00046	0.00068	.*	0.06430	0.02184 <sup>a</sup> 0.03683
Sanayi sahil yolu	0.00695	0.00099	.*	0.20494	<b>0.07095<sup>a</sup></b> 0.11601
Sanayi üst bölge	0.00709	0.00139	.*	0.01897	0.00915 <sup>a</sup> 0.00897
Kumyalı sahil yolu	0.00774	0.00149	.*	0.09407	0.03444 <sup>a</sup> 0.05183
Güre sahil yolu	0.00431	0.00116	.*	0.03116	0.01221 <sup>a</sup> 0.01651
Kayadibi üst bölge	0.00181	0.00052	.*	0.02626	0.00953 <sup>a</sup> 0.01456
Güre üst bölge	0.00871	0.00149	.*	0.03132	0.01384 <sup>a</sup> 0.01562
Ort. ±SH N=12	0.00484 <sup>a</sup> 0.00319	<b>0.00109<sup>a</sup></b> 0.000366	.*	<b>0.05996<sup>b</sup></b> 0.0647	0.02196 0.03304 N=96

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir,  $p<0.05$ .

.\* : Ölçüm yapılamamıştır.

### 3.2. Yağmur Suyunda Mangan (Mn)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Mn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.4’de sunulmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında, ortalama Mn maksimum 0.38583 ppm ile ilkbahar, minimum Mn ise 0.02184 ppm ile sonbahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Mevsim ortalamaları arasındaki sıralama; sonbahar<yaz<kış<ilkbahar şeklinde olup, mevsimler arasındaki

farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). İlkbahar-yaz mevsimleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında ortalama Mn konsantrasyonlarının 1.67893 ppm ile Aksu sahil yolunda maksimum iken, 0.00789 ppm ile Sanayi sahil yolunda minimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Sanayi sahil yolu<Sanayi üst bölge<Kayadibi üst bölge<Aksu üst bölge<Kumyalı sahil yolu<Güre sahil yolu<Güre üst bölge<Aksu sahil yolu şeklinde gerçekleşmiş olup, istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

**Tablo 3.4** Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Mangan (Mn) Konsantrasyonları (ppm)

Mn	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ort. ±SH N=24
Aksu sahil yolu	0.38585	0.01931	-*	0.00985	<b>1.67893<sup>a</sup></b> 0.19287
Aksu üst bölge	0.11712	0.01053	-*	0.45051	0.19272 <sup>a</sup> 0.22953
Sanayi sahil yolu	0.15268	0.03080	0.00027	0.13195	<b>0.07893<sup>a</sup></b> 0.07473
Sanayi üst bölge	0.03399	0.03115	-*	0.28969	0.11828 <sup>a</sup> 0.14845
Kumyalı sahil yolu	0.56905	0.03290	-*	0.36611	0.32269 <sup>a</sup> 0.27061
Güre sahil yolu	0.67711	0.03056	-*	0.38293	0.36353 <sup>a</sup> 0.32371
Kayadibi üst bölge	0.10229	0.06416	0.04340	0.41577	0.15641 <sup>a</sup> 0.17462
Güre üst bölge	1.04856	0.03290	-*	0.14102	0.40749 <sup>a</sup> 0.55781
Ort. ±SH N=12	<b>0.38583<sup>a</sup></b> 0.35624	0.03154 <sup>b</sup> 0.01540	<b>0.02184<sup>ab</sup></b> 0.03052	0.28456 <sup>ab</sup> 0.14123	0.41487 0.24654 N=96

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir,  $p<0.05$ .

-\* : Ölçüm yapılamamıştır.

### 3.3. Yağmur Suyunda Demir (Fe)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Fe konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.5’de sunulmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında, ortalama Fe maksimum 9.10047 ppm ile kış, minimum Fe ise 0.01236 ppm ile sonbahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Mevsim ortalamaları arasındaki sıralama; sonbahar<yaz<ilkbahar<kış şeklinde olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). İlkbahar-kış, yaz-kış ve sonbahar-kış mevsimleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında ortalama Fe konsantrasyonlarının 9.45066 ppm ile Aksu üst bölge’de maksimum iken, 0.26063 ppm ile Güre üst bölge’de minimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Güre üst bölge<Sanayi sahil yolu<Aksu sahil yolu<Sanayi üst bölge<Kumyalı sahil yolu<Kayadibi üst bölge<Güre sahil yolu<Aksu üst bölge şeklinde gerçekleşmiş olup, istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

**Tablo 3.5** Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Demir (Fe) Konsantrasyonları (ppm)

Fe	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ort. ±SH N=24
<b>Aksu sahil yolu</b>	0.22674	0.02216	0.01148	3.04121	0.82540 <sup>a</sup> 1.48052
<b>Aksu üst bölge</b>	0.14222	0.03341	0.01531	37.61174	<b>9.45066<sup>a</sup></b> 18.7741
<b>Sanayi sahil yolu</b>	0.08593	0.01715	0.01016	1.61864	0.43297 <sup>a</sup> 0.79119
<b>Sanayi üst bölge</b>	0.07890	0.01663	0.00599	3.64605	0.93689 <sup>a</sup> 1.80639
<b>Kumyalı sahil yolu</b>	0.54001	0.06793	0.01890	4.82353	1.36259 <sup>a</sup> 2.31922

**Tablo 3.5** (devam)

<b>Güre sahil yolu</b>	1.20386	0.02512	0.01182	12.95936	3.55002 <sup>a</sup> 6.29769
<b>Kayadibi üst bölge</b>	0.14759	0.14665	0.01684	8.55132	2.21560 <sup>a</sup> 4.22426
<b>Güre üst bölge</b>	0.46613	0.01604	0.00836	0.55201	<b>0.26063<sup>a</sup></b> 0.28902
<b>Ort. ±SH N=12</b>	0.36142 <sup>a</sup> 0.38176	0.04314 <sup>a</sup> 0.04520	<b>0.01236<sup>a</sup></b> 0.00437	<b>9.10046<sup>b</sup></b> 12.20013	2.37934 4.49779 N=96

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir,  $p < 0.05$ .

### 3.4. Yağmur Suyunda Kobalt (Co)

Mevsimplere ve istasyonlara göre Co konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.6'da sunulmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Co konsantrasyonu minimum 0.00642 ppm ile kış mevsiminde, maksimum 0.00831 ppm ile yaz mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralaması ise; kış<ilkbahar<yaz şeklinde gerçekleşmiş olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Co konsantrasyonlarının 0.00445 ppm ile Sanayi sahil yolunda minimum iken, 0.01242 ppm ile Aksu üst bölge'de maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Sanayi sahil yolu<Kumyalı sahil yolu<Aksu sahil yolu<Güre sahil yolu<Sanayi üst bölge <Güre üst bölge <Kayadibi üst bölge<Aksu üst bölge şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

**Tablo 3.6** Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Co Konsantrasyonları (ppm)

Co	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ort. ±SH N=24
Aksu sahil yolu	-*	0.01028	-*	0.00133	0.00581 <sup>a</sup> 0.00633
Aksu üst bölge	-*	0.00775	-*	0.01708	<b>0.01242<sup>a</sup></b> 0.00659
Sanayi sahil yolu	-*	0.00803	-*	0.00087	<b>0.00445<sup>a</sup></b> 0.00506
Sanayi üst bölge	-*	0.00739	-*	0.00632	0.00686 <sup>a</sup> 0.00076
Kumyalı sahil yolu	0.00068	0.00837	-*	0.00608	0.00504 <sup>a</sup> 0.00395
Güre sahil yolu	0.00586	0.00799	-*	0.00646	0.00677 <sup>a</sup> 0.00110
Kayadibi üst bölge	-*	0.00856	-*	0.00955	0.00906 <sup>a</sup> 0.00070
Güre üst bölge	0.01495	0.00813	-*	0.00367	0.00892 <sup>a</sup> 0.00568
<b>Ort. ±SH N=12</b>	0.00716 <sup>a</sup> 0.00722	<b>0.00831<sup>a</sup></b> 0.00087	-*	<b>0.00642<sup>a</sup></b> 0.00518	0.00741 0.00377 N=96

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir,  $p < 0.05$ .

-\* : Ölçüm yapılamamıştır.

### 3.5. Yağmur Suyunda Nikel (Ni)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Ni konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.7’de sunulmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Ni konsantrasyonu minimum 0.00613 ppm ile ilkbahar, maksimum ise 0.03218 ppm ile kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Mevsim ortalamaları arasındaki sıralama; ilkbahar<yaz<kış şeklinde gerçekleşmiş olup farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Yaz-kış mevsimleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Ni konsantrasyonlarının 0.00718 ppm ile Aksu sahil yolunda minimum, 0.02988 ppm ile Kumyalı sahil yolunda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyonlar arasındaki sıralama ise; Aksu sahil yolu<Sanayi üst bölge<Sanayi sahil yolu<Güre sahil yolu<Kayadibi üst bölge<Güre üst bölge<Aksu üst bölge<Kumyalı sahil yolu şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

**Tablo 3.7** Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Ni Konsantrasyonları (ppm)

Ni	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ort. ±SH N=24
<b>Aksu sahil yolu</b>	0.00247	0.00902	-*	0.01006	<b>0.00718<sup>a</sup></b> 0.00412
<b>Aksu üst bölge</b>	-*	0.00777	-*	0.04460	0.02618 <sup>a</sup> 0.02604
<b>Sanayi sahil yolu</b>	-*	0.00716	-*	0.01754	0.01235 <sup>a</sup> 0.00734
<b>Sanayi üst bölge</b>	-*	0.00587	-*	0.01512	0.01050 <sup>a</sup> 0.00654
<b>Kumyalı sahil yolu</b>	0.00892	0.01514	-*	0.06559	<b>0.02988<sup>a</sup></b> 0.03108
<b>Güre sahil yolu</b>	0.00606	0.00792	-*	0.02933	0.01444 <sup>a</sup> 0.01293
<b>Kayadibi üst bölge</b>	-*	0.00649	-*	0.03203	0.01926 <sup>a</sup> 0.01806
<b>Güre üst bölge</b>	0.00705	0.01601	-*	0.04315	0.02207 <sup>a</sup> 0.01880
<b>Ort. ±SH N=12</b>	<b>0.00613<sup>a</sup></b> 0.00271	0.00942 <sup>a</sup> 0.00271	-*	<b>0.03218<sup>b</sup></b> 0.01849	0.01773 0.01561 N=96

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir,  $p<0.05$ .

-\* : Ölçüm yapılamamıştır.

### 3.6 Yağmur Suyunda Bakır (Cu)

Mevsimler ve istasyonlara göre Cu konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.8’de sunulmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Cu konsantrasyonlarının minimum 0.00310 ppm ile yaz, maksimum 0.12214 ppm ile kış mevsiminde olduğu görülmektedir. Mevsim ortalamaları sıralaması ise;



yaz<ilkbahar<kış şeklinde olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). İlkbahar-kış ve yaz-kış mevsimleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cu konsantrasyonlarının 0.02991 ppm ile Aksu sahil yolunda minimum, 0.12347 ppm ile Kumyalı sahil yolunda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Aksu sahil yolu<Güre üst bölge<Sanayi sahil yolu<Sanayi üst bölge<Kayadibi üst bölge<Güre sahil yolu<Aksu üst bölge<Kumyalı sahil yolu şeklinde olup, istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05).

**Tablo 3.8** Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Bakır (Cu) Konsantrasyonları (ppm)

Cu	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ort. ±SH N=24
<b>Aksu sahil yolu</b>	0.00903	0.00250	-*	0.07821	<b>0.02991<sup>a</sup></b> 0.04195
<b>Aksu üst bölge</b>	0.00248	0.00071	-*	0.16233	0.05518 <sup>a</sup> 0.09281
<b>Sanayi sahil yolu</b>	0.00530	0.00388	-*	0.08736	0.03218 <sup>a</sup> 0.04779
<b>Sanayi üst bölge</b>	-*	0.00062	-*	0.06573	0.03318 <sup>a</sup> 0.04604
<b>Kumyalı sahil yolu</b>	0.04133	0.00420	-*	0.32489	<b>0.12347<sup>a</sup></b> 0.17542
<b>Güre sahil yolu</b>	0.04737	0.00224	-*	0.10882	0.05281 <sup>a</sup> 0.05350
<b>Kayadibi üst bölge</b>	0.00275	-*	-*	0.08544	0.04409 <sup>a</sup> 0.05847
<b>Güre üst bölge</b>	0.02196	0.00757	-*	0.06436	0.03130 <sup>a</sup> 0.02953
<b>Ort. ±SH N=12</b>	0.01860 <sup>a</sup> 0.01886	<b>0.00310<sup>a</sup></b> 0.00241	-*	<b>0.12214<sup>b</sup></b> 0.08776	0.05026 <sup>a</sup> 0.06818 N=96

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0.05.

-\* : Ölçüm yapılamamıştır.

### 3.7. Yağmur Suyunda Çinko (Zn)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Zn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.9’da sunulmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Zn konsantrasyonu minimum 0.00769 ppm ile yaz maksimum, 2,00513 ppm ile kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; yaz<ilkbahar<kış şeklinde gerçekleşmiş olup, mevsimsel arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Yaz-kış mevsimleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Zn konsantrasyonlarının 0.06219 ppm ile Sanayi sahil yolunda minimum, 4.78308 ppm ile Aksu üst bölge’de maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Sanayi sahil yolu<Kayadibi üst bölge<Güre üst bölge<Aksu sahil yolu<Sanayi üst bölge<Güre sahil yolu<Kumyalı sahil yolu<Aksu üst bölge şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

**Tablo 3.9** Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Çinko (Zn) Konsantrasyonları (ppm)

Zn	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ort. ±SH N=24
Aksu sahil yolu	0.12075	0.00810	-*	0.14647	0.09177 <sup>a</sup> 0.07360
Aksu üst bölge	0.00736	0.00577	-*	14.3361	<b>4.78308<sup>a</sup></b> 8.27317
Sanayi sahil yolu	0.03156	0.00942	-*	0.14558	<b>0.06219<sup>a</sup></b> 0.07306
Sanayi üst bölge	-*	0.00099	-*	0.25188	0.12644 <sup>a</sup> 0.17740
Kumyalı sahil yolu	0.32572	0.01961	-*	0.36569	0.23701 <sup>a</sup> 0.18933

**Tablo 3.9** (devam)

<b>Güre sahil yolu</b>	0.27321	0.00827	-*	0.42769	0.23639 <sup>a</sup> 0.21212
<b>Kayadibi üst bölge</b>	0.00951	0.00093	-*	0.23626	0.08223 <sup>a</sup> 0.13346
<b>Güre üst bölge</b>	0.11749	0.00844	-*	0.13133	0.08575 <sup>a</sup> 0.06731
<b>Ort. ±SH N=12</b>	0.12651 <sup>ab</sup> 0.12795	<b>0.00769<sup>a</sup></b> 0.00586	-*	<b>2.00513<sup>b</sup></b> 4.98363	0.71311 <sup>a</sup> 1.14993 N=96

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir,  $p < 0.05$ .

-\*: Ölçüm yapılamamıştır.

### 3.8 Yağmur Suyunda Arsenik (As)

Mevsimplere ve istasyonlara göre As konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.10'da sunulmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında minimum As konsantrasyonu 0.00023 ppm ile ilkbahar, maksimum 0.01535 ppm ile kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; ilkbahar < yaz < kış şeklinde gerçekleşmiş olup, mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). İlkbahar-kış ve yaz-kış mevsimleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında As konsantrasyonlarının 0.00248 ppm ile Aksu sahil yolunda minimumken, 0.01988 ppm ile Aksu üst bölge'de maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamalarının arasındaki sıralama ise; Aksu sahil yolu < Sanayi sahil yolu < Kumyalı sahil yolu < Sanayi üst bölge < Güre sahil yolu < Güre üst bölge < Kayadibi üst bölge < Aksu üst bölge şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

**Tablo 3.10** Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Arsenik (As) Konsantrasyonları (ppm)

As	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ort. ±SH N=24
<b>Aksu sahil yolu</b>	_*	0.00030	_*	0.00466	<b>0.00248<sup>a</sup></b> 0.00308
<b>Aksu üst bölge</b>	_*	_*	_*	0.01988	<b>0.01988<sup>a</sup></b> _*
<b>Sanayi sahil yolu</b>	_*	0.00039	_*	0.01011	0.00525 <sup>a</sup> 0.00687
<b>Sanayi üst bölge</b>	0.00022	0.00043	_*	0.02408	0.00825 <sup>a</sup> 0.01372
<b>Kumyalı sahil yolu</b>	0.00038	0.00078	_*	0.02262	0.00793 <sup>a</sup> 0.01272
<b>Güre sahil yolu</b>	_*	_*	_*	0.00920	0.00920 <sup>a</sup> _*
<b>Kayadibi üst bölge</b>	_*	_*	_*	0.01172	0.01172 <sup>a</sup> _*
<b>Güre üst bölge</b>	0.00007	_*	_*	0.02054	0.01031 <sup>a</sup> 0.01447
<b>Ort. ±SH N=12</b>	<b>0.00023<sup>a</sup></b> 0.00016	0.00048 <sup>a</sup> 0.00021	_*	<b>0.01535<sup>b</sup></b> 0.00726	0.00938 0.01017 N=96

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir,  $p < 0.05$ .

\_\* : Ölçüm yapılamamıştır.

### 3.9. Yağmur Suyunda Kadmiyum (Cd)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Cd konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.11’de sunulmuştur. Ancak Cd değerlerinin ölçülememesi sonucu Tukey ve Anova testleri uygulanamamıştır.

**Tablo 3.11** Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Kadmiyum (Cd) Konsantrasyonları (ppm)

Cd	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ort. ±SH N=24
Aksu sahil yolu	-*	-*	-*	-*	-* -*
Aksu üst bölge	-*	-*	-*	0.01715	<b>0.01715</b> -*
Sanayi sahil yolu	-*	-*	-*	-*	-* -*
Sanayi üst bölge	-*	-*	-*	0.00313	0.00313 -*
Kumyalı sahil yolu	-*	-*	-*	0.00209	0.00209 -*
Güre sahil yolu	-*	-*	-*	0.00090	0.00090 -*
Kayadibi üst bölge	-*	-*	-*	0.00410	0.00410 -*
Güre üst bölge	-*	-*	-*	0.00047	<b>0.00047</b> -*
Ort. ±SH N=12	-* -*	-* -*	-* -*	0.00471 0.00627	0.00464 -* N=96

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir,  $p < 0.05$ .

-\* : Ölçüm yapılamamıştır.

### 3.10. Yağmur Suyunda Kurşun (Pb)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Pb konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları Tablo 3.12’de sunulmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece mevsimler bazında Pb konsantrasyonu minimum 0,01766 ppm ile yaz, maksimum 0,05593ppm ile kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Sıralama ise; yaz<ilkbahar<kış şeklinde olup, mevsimler arası farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Pb konsantrasyonlarının 0,01214 ppm ile Sanayi sahil yolunda minimum, 0,09203 ppm ile Güre üst bölge’de maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; Sanayi sahil yolu<Aksu sahil yolu<Kayadibi üst bölge<Sanayi üst bölge<Aksu üst bölge<Kumyalı sahil yolu<Güre sahil yolu<Güre üst bölge şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

**Tablo 3.12** Yağmur Suyunda Seçilen İstasyonlarda Mevsimlere Göre Ortalama Kurşun (Pb) Konsantrasyonları (ppm)

Pb	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ort. ±SH N=24
Aksu sahil yolu	0.00183	0.01584	-*	0.02318	0.01362 <sup>a</sup> 0.01084
Aksu üst bölge	0.00862	0.01316	-*	0.06408	0.02862 <sup>a</sup> 0.03079
Sanayi sahil yolu	0.00655	0.01534	-*	0.01455	<b>0.01214<sup>a</sup></b> 0.00486
Sanayi üst bölge	-*	0.01117	-*	0.03694	0.02405 <sup>a</sup> 0.01822
Kumyalı sahil yolu	0.00223	0.04222	-*	0.09042	0.04495 <sup>a</sup> 0.04416
Güre sahil yolu	0.10613	0.01672	-*	0.04896	0.05727 <sup>a</sup> 0.04528
Kayadibi üst bölge	0.00061	0.01038	-*	0.03742	0.01614 <sup>a</sup> 0.01906
Güre üst bölge	0.12772	0.01646	-*	0.13190	<b>0.09203<sup>a</sup></b> 0.06547
<b>Ort. ±SH N=12</b>	0.03624 <sup>a</sup> 0.05554	<b>0.01766<sup>a</sup></b> 0.01021	-*	<b>0.05593<sup>a</sup></b> 0.03885	0.03610 0.02983 N=96

Tukey, farklı harflerle gösterilen mevsimsel veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir,  $p < 0.05$ .

-\*: Ölçüm yapılamamıştır.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Mevcut çalışmada mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin yağmur suyundaki ortalama ağır metal konsantrasyonları (ppm) Cr:0.0220, Mn:0.4149, Fe:2.3793, Co:0.0074, Ni:0.0177, Cu:0.0502, Zn:0.7131, As:0.0094, Cd:0.0046, Pb:0.0361ppm olarak bulunmuştur.

Yapılan çalışmalarda, Muhammad ve ark., (2011) Pakistan'ın Kohistan Bölgesi'nde Jijal-Dubair istasyonunda yaptıkları çalışmada yüzey sularında ortalama ağır metal konsantrasyonları (ppb) Cd:0.61, Co:0.94, Cr:7.07, Cu:115.76, Mn:13.03, Ni:4.62, Pb:3.64, Zn:40.47 olarak tespit etmişlerdir. Aynı çalışmanın Besham istasyonunda; Cd:0.84, Co:0.35, Cr:0.90, Cu:73.83, Mn:5.24, Ni:4.70, Pb:2.54, Zn:651.50 olarak; Alpuri istasyonunda ise, Cd:0.13, Co:0.28, Cr:2.85, Cu:45.39, Mn:10.27, Ni:5.94, Pb:3.43, Zn:21.27 olarak bulunmuştur.

Andras ve ark., (2012) Slovakya'nın L'ubietova Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, yaz mevsiminde Podlipa istasyonunda yüzey sularında ağır metal konsantrasyonlarını (ppb) Mn:<1, Zn:<10, Cd:0.04, Co:1.1, Cu:2.2, Fe:26, Ni:4.1, Pb:4.2, As:<1 olarak; kış mevsiminde Reiner istasyonunda yaptıkları çalışmada ise, Mn:11, Zn:<10, Cd:<0.05, Co:<1, Cu:5.1, Fe:94, Ni:1.2, Pb:<1, As:<1 olarak bulmuşlardır.

Ning ve ark., (2011) Çin'in Zhaoyuan şehrinde, altın madenciliğinin yapıldığı Linglong istasyonunda yapmış oldukları çalışmada yüzey sularında ağır metal konsantrasyonlarını (ppb) Pb:69.63, Zn:1011.33, Cu:1641.98, Cr:11.33, As:14.55, Cd:30.01 olarak bulmuşlardır.

Turgut (2003), İzmir'de 2000 yılının Mayıs ayında yapmış olduğu çalışmada yüzey sularında ağır metal konsantrasyonlarını (ppb) Cd:0.0033, Pb:1.36, Ni:4.11, Cu:13.68 olarak bulmuştur. Zn ve Cr değerlerini ölçmemiştir. 2001 Yılı'nın Mart Ayında ise, Cd:0.013, Pb:ND, Cr:2.19, Ni:8.98, Cu:0.88 olarak bulmuştur. Zn

değerini ölçmemiştir. 2002 Yılı'nın Ocak Ayında Cd:0.81, Pb:0.59, Cr:0.093, Ni:2.27, Cu:13.1, Zn:249.17 olarak bulmuştur.

Kar ve ark., (2008) Hindistan'da yaptıkları çalışmada Berhampore istasyonunda ağır metal konsantrasyonlarını (ppm) Fe:0.586 ,Mn:0.420, Zn:0.075, Cu:0.005, Cd:0.001, Ni:0.054, Pb:0.014, Cr:0.016 Palta istasyonunda Fe:1.485, Mn:0.260, Zn:0.085, Cu:0.006, Cd:0.001, Ni:0.041, Pb:0.009, Cr:0.017 Dakshineswar'da Fe:1.110, Mn:0.023, Zn:0.055, Cu:0.006, Cd:0.002, Cr:0.018, Ni:0.034, Pb:0.008 Uluberia'da ise, Fe:1.030, Mn:0.150, Zn:0.071, Cu:0.004, Cd:0.002, Cr:0.018, Ni:0.049, Pb:0.024 olarak tespit etmişlerdir.

Hava kirliliği üzerine yapılan diğer çalışmalar ise; Al Khaiat ve ark., (2006) Ürdün'ün Aqaba şehrinde palmye yapraklarındaki ağır metal konsantrasyonlarını (ppm) incelemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada, şehir içinde Pb:115, Cu:18.6, Zn:38, Ni:26, Cr:2.89, Fe:200 olarak; şehir dışında Pb:67.3, Cu:15.87, Zn:25, Ni:18, Cr:2.11, Fe:185 olarak; anayolda Pb:177, Cu:39, Zn:46, Ni:40, Cr:3.15, Fe:230 olarak; sanayi bölgesinde Pb:120, Cu:26, Zn:56, Ni:35, Cr:3.97, Fe:265 olarak; kırsal kesimde ise Pb:76, Cu:11, Zn:19, Ni:14, Cr:2.05, Fe:92 olarak tespit edilmiştir.

Yongming ve ark., (2006) Çin'de Xi' an'da yapmış oldukları çalışmada, şehir merkezinden yol kenarından tozlar olarak ağır metal konsantrasyonlarını (mg/kg) incelemişlerdir. Pb:230.52, Zn:421.46, Mn:687, Cu:94.98, Cr:167.28, As:10.62 olarak tespit etmiştir.

Faruque ve Ishiga, (2006) Bangladeş Dhaka şehrinde cadde kenarlarındaki tozların ağır metal konsantrasyonlarını (ppm) incelemişlerdir. Sanayi bölgesinde As:7, Pb:54, Zn:169, Cu:105, Ni:35, Cr:136 olarak; şehir merkezinden As:5, Pb:35, Zn:97, Cu:22, Ni:23, Cr:99 olarak; şehir merkezinin dışından As:4, Pb:25, Zn:65, Cu:14, Ni:24, Cr:77 olarak tespit etmişlerdir.

Tosyalı, (2006) İstanbul'da yapmış olduğu çalışmada yol tozlarındaki ağır metaller konsantrasyonunu ( $\mu\text{g/g}$ ) Pendik'te Pb:165.2, Mn:1745.2, Zn:335, Ni:21, Cd:0.2, Cu:152.4 olarak; Maltepe'de Pb:181.4, Mn:603.1, Zn:325.9, Ni:20.8, Cd:0.3,



Cu:136.9 olarak; Bostancı'da Pb:187.1, Mn:552.7, Zn:463.1, Ni:24.4, Cd:0.3, Cu:197.5 olarak; Altunizade'de Pb:226.5, Mn:546.2, Zn:455.1, Ni:33.4, Cd:0.3, Cu:190.6 olarak; Boğaz Köprüsü'nden Pb:279.1, Mn:550.2, Zn:462, Ni:27.5, Cd:0.2, Cu:211.9 olarak; Levent'te ise, Pb:1170.5, Mn:489.9, Zn:546.3, Ni:35.7, Cd:0.7, Cu:257 olarak tespit etmiştir.

Yukarıdaki çalışmalardan Kar ve ark., (2008)'nin Hindistan'da yaptıkları çalışmalarda Berhampore, Palta, Dakshineswar ve Uluberia istasyonlarında da Fe ile Mn değerleri yüksek bulunmuştur. Bizim çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Aynı şekilde diğer sonuçlarla karşılaştırıldığında, incelenen bazı metaller bakımından benzerlikler olmakla birlikte farklılıkların da olduğu görülmektedir. Bu durum, endüstriden, yoğun trafikten, fındık tarımı için kullanılan gübre ve ilaçlamalardan, evsel atıklardan, bölgeler arası farklılıklar ve benzerliklerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bu araştırmada ise, Aksu sahil yolunda; maksimum konsantrasyon 1.6790 ppm ile Mn'da, minimum ise 0.0025 ppm ile As'te tespit edilmiş olup, Cd tespit edilememiştir. Aksu üst bölgede; Fe:9.4507 ppm ile maksimum, Co:0.0124 ppm ile minimum olarak bulunmuştur. Sanayi'de; Fe:0.4330 ppm ile maksimum, 0.0044 ppm ile Co minimum tespit edilmiş olup, Cd bulunamamıştır. Sanayi üst bölgede; Fe:0.9369 ppm ile maksimum, Cd:0.0031 ppm ile minimum bulunmuştur. Kumyalı sahil yolunda; Fe:1.3626 ppm ile maksimum, Cd:0.0021 ile minimum, Güre sahil yolunda; Fe:3.550 ppm ile maksimum, Cd:0.0009 ppm ile minimum bulunmuştur. Güre üst bölgede; 0.4075 ppm ile Mn maksimum, 0.0005 ppm ile Cd minimum olarak tespit edilmiştir. Kayadibi üst bölgede; Fe:2.2156 ppm ile maksimum, Cd:0.0091 ppm ile minimum olarak tespit edilmiştir.

İstasyonlar dikkate alınmadan mevsimler arasında yapılan Tukey testine göre; Cr için ilkbahar-kış ve yaz-kış mevsimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Mn; ilkbahar-yaz mevsimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Fe; ilkbahar-kış, yaz-kış, sonbahar-kış mevsimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Co, Pb ve Cd mevsimsel olarak farklılıklar anlamsız bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Ni; yaz-kış mevsimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Cu; ilkbahar-kış, yaz-kış

mevsimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Zn; yaz-kış mevsimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. As; ilkbahar-kış ve yaz-kış mevsimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). İstasyonlar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Bölgemizde tarımsal faaliyetlerde bilinçsiz olarak yapılan aşırı gübre ve ilaç uygulamaları sonucu Mn, Cd, Pb, Ni metal kirliliğine maruz kalmıştır. Ayrıca Samsun'dan Rize'ye uzanan çok işlek bir sahil yolu trafiğine sahip olması dolayısıyla araçların egzoz gazlarından çıkan Pb, Cd, Ni gibi metallere maruz kalması ve bu metallerin rüzgar ve yağışlarla taşınmasıyla canlılar üzerinde olumsuz etkiler yapabileceği düşüncesiyle böyle bir çalışma yapılmış ve kirliliğin boyutları ortaya konulmuştur. Bu araştırmadaki ağır metal kirliliğinin; trafik yoğunluğu, mevsimler ve hava sirkülasyonuna bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

Alexander, R. 2002. Doktora Tezi, Mnh Teknik Üniveritesi, Entwicklung und Charakterisierung wasserlslicher Benzoylthioharnstoffunktionalisierter Polymere zur selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwssern und Prozesslsungen”, *Doktora Tezi*, Mnh Teknik Üniversitesi, Almanya.

Al-Khlaifat, A. L. and Al-Khashman O. A. 2006. “*Atmospheric Heavy Metal Pollution in Aqaba City, Jordan Using Phoenix dactylifera L. Leaves*”, *Atmospheric Environment*.

Andras, P., Turisova, I., Krnac, J., Dirner, V., Volekova-Lalinska, B., Buccheri, G. and Jelen, S. 2012. ‘*Hazards of heavy meal contamination at L’ubietova Cu-deposit (Slovakia)*’, 14, pp: 3-21.

Anonim. 1993. Eksoz Emisyonları, T.C. evre Bak. evre Eđt.ve Yayınları D. Bşk.,Ankara, pp: 32-45.

Anonim. 1995. evre Notları, T.C. evre Bak. evre Eđt. Ve Yayınları D. Bşk., Ankara, pp: 12-28.

ATSDR. 2003. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>. Web adresinden 20 Aralık 2012 tarihinde edinilmiştir.

Bağ, H. 2009. Kimyada zel Konular, Pegem Yayınevi, Ankara.

Boğa, A. 2007. Ağır Metallerin zellikleri ve Etki Yolları. pp. 16:218, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Adana.

Concon, J. M. 1988. Food Toxicology. Part B: *Contaminants and Additives*. Marcel Dekker, Inc., New York.

Cook, M. E. and Morrow, H. 1995. Anthropogenic sources of cadmium in Canada: National workshop on cadmium transport into plants. Canadian Network of Toxicology Centres, 20-21, 165-183.

Çiçek, A. ve Koparal, S. A. 2001. Porsuk Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio* ve *Barbus plebejus*'da Kurşun, Krom ve Kadmiyum Seviyeleri, Çev. Kor. Cilt: 10 Sayı: 39, 3-6 s.

Dökmeci, İ. ve Dökmeci A. H. 2005. *Toksikoloji Zehirlenmede Tanı ve Tedavi* 4. Baskı, Nobel Tıp Kitabevleri.

DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. 2000. Demirdışı Metaller Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Nadir Toprak Metalleri, Antimon, Civa, Arsenik Raporu, pp: 193-246.

EPA. 2002. National Primary Drinking Water Standards, [www.epa.gov/safewater](http://www.epa.gov/safewater).

Ertürk, F. 2002. "Hava Kirliliği ve Kontrolü Ders Notları", Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Faruque A. and Hiroaki, I. 2006. 'Trace metal concentrations in street dusts of Dhaka city, Bangladesh', Atmospheric Environment, 40, pp: 3835-3844.

Fialkowski, W., and Newman, W. A. 1998. A pilot study of heavy metal accumulations in a barnacle from the Salton Sea, Southern California. Mar. Poll. Bull., 36 (2), 138-143.

GEMS/AIR MethodologyReviews "QualityAssurance in Urban AirQualityMonitoring", Vol.1, WHO/EOS/94.1, UNEP/GEMS/94.A.2, UNEP/WHO 1994.

Giresun Meteoroloji Bölge Müdürlüğü. 2012; 2013.

Gray, N. F. 1996. Drinking Water Quality: Problems and Solutions. John Wiley & Sons Ltd., Baffins Lane, Chichester, s 315, England.

Gündüz, T. 2004. *Çevre Sorunları*. Gazi Büro Kitabevi, Ankara.

Güven A, Kahvecioğlu Ö, Kartal G ve Timur, S. 2009. Metallerin Çevresel Etkileri-3 [http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138\\_6471.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_6471.pdf). Web adresinden 12 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.

Habashi, F. 1997. Handbook of extractive metallurgy. Vol. III: Precious metals, refractory metals, scattered metals, radioactive metals, rare earth metals. Weinheim, New York, Chichester, Brisbane, Singapore, Toronto. Wiley-VCH 1471-1489.

[http://icpmslab.mersin.edu.tr/icp\\_ms\\_nedir.php](http://icpmslab.mersin.edu.tr/icp_ms_nedir.php). Web adresinden 4 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.

Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Güven A ve Timur, S. 2009. Metallerin Çevresel Etkileri-1, Metalurji, 136.Sayı.

[http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136\\_4753.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf). Web adresinden 14 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.

<http://www.cavuslu.org.tr> Web adresinden 20 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.

820 MS Bruker;

[http://www.bruker.com/fileadmin/import/daltonics/literature/literature2010/appli-tech-notes/CA-270107\\_ebook.pdf](http://www.bruker.com/fileadmin/import/daltonics/literature/literature2010/appli-tech-notes/CA-270107_ebook.pdf). Web adresinden 6 Şubat 2013 tarihinde edinilmiştir.

Kalay, M., Koyuncu, C. E., ve Dönmez, A. E. 2004. Mersin Körfezinden yakalanan *Sparusaurata* (L. 1758) ve *Mullusbarbatus* (L. 1758)'un kas ve karaciğer dokularındaki kadmiyum düzeylerinin karşılaştırılması, *Ekoloji*, 13(52), 23-27 s.

Kalkan O. 2001. 'Hava Kirliliği' Bursa Sağlık Müd. Yayın., Sayı:6, Bursa.

Kar, D., Sur, P., Mandal, S. K., Saha, T. and Kole, R. K. 2008. 'Assessment of heavy metal pollution in surface water', 5(1), pp: 119-124.

Karpuzcu, M. 2010. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. Gebze İleri teknoloji Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü,132-155.

Kesler, S. E. 1994. Mineral Resources, Economics and the Environment, New York: Macmillan College Publishing Company, Inc., s 223, USA.

Kınacı, C. 1993. Hava Kirliliği ve Kontrolü Ders Notları, İTÜ İnş. Fak. Çev. Müh. Bl., 22 s.

Klaassen C. D. 2009. (Çeviri:Kalkan Ş,Soner BC), 'Ağır Metaller ve Ağır Metal Antagonistleri', (Konu:65),Brunton LL,Lazo JS,Parker KL (Editors), (Çeviri Editörü:Süzer Ö), Tedavinin Farmakolijik Temeli,Nobel Tıp Kitabevleri.

Köse, E. 2007. Enne Barajı'nda Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması, Yüksek lisans tezi, Dumlupınar Üniversitesi Biyoloji Bölümü, 58 s.

Montaser, A. and Golightly, G.W., 1992, (Eds) 2nd ed, VCH, New York.

Muhammad, S., Shah, M. and Tand Khan, S. 2011. '*Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan*', 98, pp: 334-343.

Müezzinoğlu, A. 1987. Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları. Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir, 254 s.

Ning, L., Liyuan, Y., Jirui, D. and Xugui, P. 2011. '*Heavy Metal Pollution in Surface water of Linglong Gold Mining Area, China*', 10, pp: 914-917.

Önal, E. 2002. 'Çevre Sağlığı-Türkiye'den örnekler' İstanbul Üniversitesi İstanbul.

Özdilek, H. G. 2002. Distribution and transport of Copper and Lead in the Blackstone River, Massachusetts, Worcester Polytechnic Institute. PhD Thesis, s.242, USA.

Özdemir, F. 2008. Türkiye Genelinde SO<sub>2</sub> ve Partiküler Maddelerin Kirlilik Dağılımlarının Analizi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü. 2001.

Sarıyüpoğlu, M. ve Say, H. 1980. Elazığ şehir kanalizasyonunun Keban Baraj Gölü'ne döküldüğü bölgeden yakalanan *Barbuscapitopectoralis*'de ağır metal

birikimlerinin araştırılması, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Eğitiminin 10. Yılında Su Ürünleri Sempozyumu, İzmir, 121-130s.

Sarkar, B. 2002. *Heavy Metals in the Environment, Marcel Dekker, Inc. New York.*

Sienko, R. A. 1983. Temel Kimya (Chemistry:Principles and Properties), (Çevirenler:Gündüz N., Gündüz T., Tüzün C., Pulat E., Üneri S., Zeren A., Özgüner S.), Savaş Yayınları, Fen Bilimleri Dizisi.

Sönmez, A. Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G ve Aras, M. S. 2008. '*Sular Bilgisi*', Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Şişman, İ. 1999. '*Sapanca Bölgesinde TEM Otoyolundan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği*', Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adapazarı, Türkiye.

Tosyalı, K. 2006. '*Araç egzozlarından kaynaklanan ağır metallerin tayini*', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Turgut, C. 2003.'*The contamination with organochlorine pesticides and heavy metals in surface water in Küçük Menderes River in Turkey, 2000-2002*', 29, pp: 29-32.

Tümen, F., M. Bildik, M. Baybay, M. Cici, ve B. Solmaz. 1992. 'Pollution potential of Ergani copper smelter's rigid wastes', Doğa Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences. 16: 43-53.

Türkmen, A. 2003. 'İskenderun Körfezi'nde deniz suyu, askıdaki katı madde, sediment ve dikenli taş istiridyesinde(spondylus spinosus) oluşan ağır metal birikimi üzerine araştırma', Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi.



U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 1991f. *Guidance for the implementation of water quality-based decisions: The TMDL process*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C. EPA 440/4-91-001.

Vural, H. 1993. 'Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler', Çevre Dergisi 8:3-8.

Wagner, N. J. and Hlatshwayo, B. 2005. The Occurrence of Potentially Hazardous Trace Elements in Five Highveld Coals, South Africa *International Journal of Coal Geology*.

Yongming, H., Peixuan, D., Junji, C., Posmentier, S. E. 2006. '*Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China*' ,355, pp: 176-186.

## ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Giresun’da doğdu. İlköğrenimini Cumhuriyet İlkokulu’nda tamamladı. Orta öğrenimini Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu’nda tamamladı. Lise öğrenimini Giresun (Yabancı Dil Ağırlıklı) Lisesi’nde tamamladı.2006 yılında girdiği Giresun Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya bölümünden 2010 yılında mezun oldu. 2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde yarı dönem dil eğitimi gördü. 2011 yılında Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde yüksek lisans programına kaydoldu.