

**KARAMAN'IN SU KAYNAKLARINDAKİ
BAZI AĞIR METAL DERİŞİMLERİNİN
ICP METODU İLE TAYİNİ**

Hüseyin KARA

Yüksek Lisans Tezi

Kimya Anabilim Dalı

Analitik Kimya Programı

Prof. Dr. Fevzi KILIÇEL

Ağustos-2013

T.C.
KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARAMAN'IN SU KAYNAKLARINDAKİ BAZI AĞIR METAL
DERİŞİMLERİNİN ICP METODU İLE TAYİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hüseyin KARA

Anabilim Dalı : Kimya
Programı : Analitik Kimya

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fevzi KILIÇEL

KARAMAN-2013

TEZ ONAYI

Hüseyin KARA tarafından hazırlanan “**Karaman’ın su kaynaklarındaki bazı ağır metal derişimlerinin ICP metodu ile tayini**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Fevzi KILIÇEL

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Fevzi KILIÇEL
(Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Kamil Özdağ Fen Fak. Kimya Bölümü)

.....

Yrd. Doç. Dr. Aysel ÇİMEN
(Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Kamil Özdağ Fen Fak. Kimya Bölümü)

.....

Yrd. Doç. Dr. Murat YILDIZ
(Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Kamil Özdağ Fen Fak. Fizik Bölümü)

.....

Tez Savunma Tarihi: 15/08/2013

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Fevzi KILIÇEL
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Hüseyin KARA

**Bu tez, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Komisyonu tarafından 07-L-12 no'lu proje ile desteklenmiştir.**

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARAMAN'IN SU KAYNAKLARINDAKİ BAZI AĞIR METAL DERİŞİMLERİNİN ICP METODU İLE TAYİNİ

Hüseyin KARA

**Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Fevzi KILIÇEL

Ağustos, 2013, 81 sayfa

Bu çalışmada Karaman yöresinde bulunan 25 farklı noktadan alınan kaynak, gölet ve arıtma sularındaki bazı ağır metal (As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Ti, Zn) düzeyleri ICP-OES metodu ile ölçüldü.

Ölçülen bu değerler, standart değerler ile karşılaştırılarak mevsimlere ve numune merkezlerine göre ağır metal kirliliği olup olmadığı araştırıldı.

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, Kaynak suyu, Arıtma suyu, ICP-OES.

ABSTRACT

Ms. Thesis

THE ANALYSIS OF SOME HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN SOME WATER SOURCE IN KARAMAN WITH ICP METHOD

Hüseyin KARA

**Karamanoğlu Mehmetbey University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemistry**

Supervisor: Prof. Dr. Fevzi KILIÇEL

August, 2013, 81 pages

In this study, the analysis of some heavy metal levels (As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Ti, Zn) of some source water and purify water taken from 25 different points around Karaman are determined by using ICP-OES instrument.

The measured values are compared according to the standarts and investigated heavy metal contamination according to source centers and seasons.

Keywords: Heavy metals, Source water, Purify water, ICP-OES.

ÖN SÖZ

Ağır metal kirliliği sanayileşmenin de artmasıyla son zamanlarda üzerinde çokça araştırmalar yapılan konulardan biri haline gelmiştir.

Ağır metal kirliliği hava, su ve toprakta meydana gelebilmektedir. Canlı hayatında önemli bir yere sahip olan bu üç unsurun doğal dengesinde meydana gelecek olan kirlenmeler nedeniyle canlı yaşamının olumsuz etkilenmesi kaçınılmazdır. Bu amaçla canlı yaşamının en önemli kaynağı olan suyun ve suda meydana gelen Toksik ağır metal kirliliğinin araştırılması konusu çok önem kazanmıştır. Bu konuyu çalışmamı öneren, çalışmalarımın her safhasında bana yardımcı olan tez danışmanım Prof. Dr. Fevzi KILIÇEL'e ve proje desteği ile çalışmalarına katkıda bulunan Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Hüseyin KARA

Ağustos, 2013

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖN SÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Doğal Su Kaynakları	5
2.1.1. Yağmur Suları	5
2.1.2. Yüzey Suları	6
2.1.3. Deniz Suları	7
2.1.4. Yeraltı Suları	7
2.2. Moleküler Yapı	8
2.3. Suyun Fiziksel Özellikleri	10
2.3.1. Renk	10
2.3.2. Koku ve Tat	10
2.3.3. Bulanıklık	11
2.3.4. Sıcaklık	12
2.3.5. Elektriksel iletkenlik	12
2.4. Suyun Kimyasal Özellikleri	12

2.4.1. pH	12
2.4.2. Asitlik	14
2.5. Sularda Kirlenme	14
2.5.1. Tarımsal Kökenli Kirlenme	14
2.5.2. Sanayi Kökenli Kirlenme	14
2.5.3. Evsel Atıklardan ileri gelen Kirlenmeler	15
2.6. Ağır Metaller ve Toksik Etkileri	16
2.7. Metal Kirlenmeleri ve Sonuçları	17
2.8. Canlı İçin Gerekli Olan Elementler	19
2.9. Eser Elementlerin Biyolojik Sistemlerdeki Rolü	20
2.10. Bazı Toksik Metallerin Bitkilerle İlişkisi	22
2.11. İçme Suyu Standartları	31
2.12. Atomik Absorpsiyon Spektrometresi	36
2.12.1. Işın kaynağı	36
2.12.2. Numune Kabı	37
2.12.3. Monokromatör ve Dedektör	37
2.12.4. AAS aleti ve çalışma ilkeleri	37
2.12.5. Girişimler	38
2.13. ICP-OES İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi	38
2.14. ICP-MS İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometri	41
3. MATERYAL VE METOT	42
3.1. Materyal.....	42
3.2. Ölçme Metodu	42
3.3. Ölçmelerle İlgili Deneysel Parametreler	43
3.4. Ölçmelerde Kullanılan Alet, Malzeme ve Kimyasal Maddeler	43

3.5. Cihazlar	44
3.6. Numune Toplama ve Hazırlama	44
3.6.1. Su Numunelerinin Alındığı Merkezler	45
3.7. Standart Çözeltilerin Hazırlanması	46
4. BULGULAR	47
4.1. Numunelerin Analizleri.....	47
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	76
6. KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1: Bazı toksik ağır metal parametreleri (su kirliliği kontrol yönetmeliği)	3
Çizelge 2.1: Yağmur ve kar sularının tipik kimyasal analizi	6
Çizelge 2.2: Bazı deniz sularının tuzluluk dereceleri	7
Çizelge 2.3: Yüzeysel ve yeraltı sularının karakteristik özellikleri	8
Çizelge 2.4: Suyun bazı fiziksel özellikleri	9
Çizelge 2.5: Suyun iyonlar çarpımının sıcaklık ile değişimi	13
Çizelge 2.6: Karbonik asit türevlerinin pH değerine bağlı olarak değişimi.....	13
Çizelge 2.7: İnsanlar tarafından besin, su ve hava ile alınan metaller	18
Çizelge 2.7: İnsanlar tarafından besin, su ve hava ile alınan metaller (devam).....	19
Çizelge 2.8: Canlı için gerekli elementler	20
Çizelge 2.9: İçme ve kullanma sularının fizikokimyasal özellikleri	32
Çizelge 2.10: Suda fazla miktarda bulunması istenilmeyen maddeler	32
Çizelge 2.10: Suda fazla miktarda bulunması istenilmeyen maddeler (devam)	33
Çizelge 2.11: İçme ve kullanma suları için toksik madde limitleri	33
Çizelge 2.12: Avrupa Birliği İçme Suları Standartları (80/778/EEC)	34
Çizelge 2.12: Avrupa Birliği İçme Suları Standartları (80/778/EEC) (devam)	35
Çizelge 2.13: Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO), A.B.D. ve Hollanda İçme Suyu Standartları	35
Çizelge 3.1: Kalibrasyon grafiği için hazırlanan standart karışım Konsantrasyonları (ppm) 2M HNO ₃ ortamında	46
Çizelge 4.1: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Arsenik (As) Derişimi (ppb)	48
Çizelge 4.2: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Kalsiyum (Ca) Derişimi (ppb).....	49

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.3: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Kadmiyum (Cd) Derişimi (ppb).....	50
Çizelge 4.4: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Kobalt (Co) Derişimi (ppb)	51
Çizelge 4.5: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Krom (Cr) Derişimi (ppb)	52
Çizelge 4.6: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Bakır (Cu) Derişimi (ppb)	53
Çizelge 4.7: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Civa (Hg) Derişimi (ppb)	54
Çizelge 4.8: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Magnezyum(Mg) Derişimi (ppb)	55
Çizelge 4.9: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Mangan (Mn) Derişimi (ppb)	56
Çizelge 4.10: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Molibden (Mo) Derişimi (ppb)	57
Çizelge 4.11: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Nikel (Ni) Derişimi (ppb)	58
Çizelge 4.12: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Kurşun (Pb) Derişimi (ppb)	59
Çizelge 4.13: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Selenyum (Se) Derişimi(ppb)	60
Çizelge 4.14: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Stronsiyum (Sr) Derişimi (ppb) ...	61
Çizelge 4.15: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Titan (Ti) Derişimi (ppb)	62
Çizelge 4.16: Karaman ve Çevresindeki 25 Farklı Noktadan Alınan Kaynak ve Arıtma Sularındaki Çinko (Zn) Derişimi (ppb)	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. İndüktif Eşleşmiş Plazma.....	40
Şekil 4.1. Arsenik elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	64
Şekil 4.2. Kalsiyum elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	64
Şekil 4.3. Kadmiyum elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	65
Şekil 4.4. Kobalt elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	65
Şekil 4.5. Krom elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	66
Şekil 4.6. Bakır elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	66
Şekil 4.7. Cıva elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	67
Şekil 4.8. Magnezyum elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	67
Şekil 4.9. Mangan elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	68
Şekil 4.10. Molibden elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	68
Şekil 4.11. Nikel elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	69
Şekil 4.12. Kurşun elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	69
Şekil 4.13. Selenyum elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	70
Şekil 4.14. Stronsiyum elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	70
Şekil 4.15. Titanyum elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi.....	71

Şekil 4.16. Çinko elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre
derişimi..... 71

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
Ar	Argon
As	Arsenik
Bi	Bizmut
Br	Brom
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
Co	Kobalt
CoSO ₄	Kobalt(II)Sülfat
CO ₂	Karbondioksit
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
CO ₃ ²⁻	Karbonat İyonu
Cr	Krom
Cu	Bakır
CuFeS ₂	Kalkoprit
Cu ₂ S	Bakır(I)Sülfür
Cu ₂ (OH) ₂ CO ₃	Bakır Hidroksi Karbonat
Fe	Demir
H	Hidrojen
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat
Hg	Civa
HNO ₃	Nitrik Asit
H ₂ O	Su
H ₂ S	Hidrojen Sülfür
H ₂ Se	Hidrojen Selenyum
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
MnSO ₄	Mangan(II)Sülfat
Mo	Molibden
N ₂	Azot
Na	Sodyum
NH ₄ ⁺	Amonyum
Ni	Nikel
NaOH	Sodyum Hidroksit
NO ₃ ⁻	Nitrat
NO ₂ ⁻	Nitrit
O	Oksijen
Pb	Kurşun
Sb	Antimon

Simgeler

Se
SiO₂
Sr
Ti
Zn
Zn⁺²
Zn(OH)₂

Açıklama

Selenyum
Silisyum Dioksit
Stronsiyum
Titanyum
Çinko
Çinko İyonu
Çinko Hidroksit

Kısaltmalar

AAS
AB
C
°C
cm
cm³
cP
DNA
DWA
EEC
FAAS
g
GFAAS
GL
HDL
ICP-MS
ICP-OES
Kg
kPa
K_{su}
kg
kW
L
M
m
m
mA
MAC
mg
MHz
ml
mm
mm Hg

Açıklama

Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
Avrupa Birliği
Konsantrasyon
Santigrad derece
Santimetre
Santimetreküp
Viskozite
Deoksiribonükleik Asit
Desert Water Agency
European Economic Community
Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
Gram
Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
Önerilen Değer
High Density Lipoprotein
İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometri
İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometri
Kilogram
Kilopaskal
Suyun iyonlar çarpımı
Kilogram
Kilowatt
Litre
Molar
Metre
İyon kütlesi
Mili Amper
Maksimum değer
Miligram
Megahertz
Mililitre
Milimetre
Milimetre Civa

Kısaltmalar

N
ND
nm
NWWA
PCB
ppb
pH
pOH
ppm
RNA
s
SD
SDWA
STD
TSE
TS
USPHS
vs.
WHO
µg
µl
z

Açıklama

Normal
Ölçülemedi
Nanometre
North Wales Water Authority
Printed Circuit Board
µg/L (Mikrogram/Litre)
Asitlik derecesi
Bazlık derecesi
µg/g (Mikrogram/Gram)
Ribonükleik Asit
Saniye
Standart Sapma
Safe Drinking Water Act
Standart
Türk Standartları Enstitüsü
Türk Standardı
United States Public Health Service
Vesaire
Dünya Sağlık Örgütü
Mikrogram
Mikrolitre
İyon yükü

1. GİRİŞ

Su canlılığın temelini oluşturan ve yaşamsal işlevlerin gerçekleştirilmesinde en çok gereksinim duyulan doğal kaynaktır. İnsan yaşamı için vazgeçilmez bir madde olan su, aynı zamanda uygarlığın da temel maddesidir. Tarih boyunca, tüm uygarlıklar suya dayanmaktadırlar. Kurulan uygarlıkların yerleşme merkezlerinin daha çok su kenarlarında kurulmuş olmasının nedeni de budur. Eski Roma, Bizans ve Osmanlılardan kalma su tesisleri, kuyular, sarnıçlar suyun önemini vurgulayan önemli eserlerdir.

Canlılardaki hemen tüm metabolik olaylarda su çok önemli rol oynamaktadır. Bunun yanı sıra biyolojik sistemlerde değişik görevleri olan elementler suda çözülmüş olarak bulunmaktadır. Bu elementler canlılara başlıca besin maddeleriyle veya suda çözülmüş olarak taşınırlar. Bu özellik, su ve suda çözülmüş olarak bulunan element düzeylerinin önemini ortaya koymaktadır. Saf su iki hidrojen ve bir oksijen atomundan meydana gelmiş, kimyasal formülü H_2O olan bir bileşiktir. Sıkıştırılmayan, rengi ve kokusu olmayan, katı, sıvı ve gaz halde bulunabilen bir maddedir. Deniz seviyesinde ve $+4^{\circ}C$ ' de özkütlesi $1g/cm^3$ ' tür.

Susuz hayatın devamı mümkün değildir. Yetişkin bir insanın vücudunun ortalama %59'u sudur. Su vücudun her bölümünde dağılmış haldedir. Bazı dokuların yapısında fazla miktarda su bulunurken (kan) bazılarında (kemik) daha az miktarda bulunur. Vücuttaki bütün fizyolojik olayların yürütülmesinde su ya doğrudan ya da dolaylı olarak metabolik işlemlere katılır. Bütün yaşamsal olaylar için gerekli olan suyun insanlara hijyenik olarak (içerisinde zararlı kimyasal maddeleri ve patojen mikroorganizmaları içermeyecek özellikte) sağlanması gerekmektedir.

Suyun doğal yapısında pek çok çözülmüş madde, parçacık ve organizma bulunabilir. Bu bileşenlerin eksikliği veya fazlalığı içme ve kullanma sularının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliğini etkilemektedir. Suyun bulunduğu arazi yapısı ve çevredeki kirleticilerin bu yönde etkisi oldukça önemlidir.

Yirminci yüzyılın özellikle ikinci yarısından sonra teknolojik gelişimin giderek artan ivmesi, beraberinde çevre kirliliği gibi insan yaşamını ve doğayı tehdit eden büyük bir tehlikenin de ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bunun sonucu, zehirli endüstriyel atıkların sürekli olarak denizlere, nehirlere ve göllere karışması suların önemli ölçüde kirlenmesine yol açmaktadır (Mutluay ve Demirak, 1996).

Su kirlenmesi, değişmeye uğrayan özelliklerine göre organik kirlenme, anorganik kirlenme, bakteriyolojik kirlenme ve termal kirlenme şeklinde sınıflandırılabilir. Burada anorganik kirlenme üzerinde kısaca durulacaktır.

Sulardaki anorganik kirlenmenin en önemli kaynağını metaller oluşturmaktadır. Sulardaki ağır metal miktarları, suyun kullanma alanının yaygın ve değişik olmasına bağlı olarak önem taşır. Alıcı su ortamındaki metaller, su ürünleri, bitkiler ve hayvanlar tarafından depo edilirler. Besin zincirinin en önemli halkası olan insana kadar ulaşan Hg, Cd, Pb, As gibi metallerle birçok toplu akut ve kronik zehirlenme olaylarına rastlanmaktadır. Diğer yandan, alıcı sulardaki anorganik kirlilik arttığı zaman su ürünleri, bitkiler, balıklar için ve sulama suyu olarak kullanıldıklarında da çevre, bitki ve hayvanlar için zararlı olmaktadır.

Suya kirlilik veren metallerin bir kısmının başlıca kaynağını toprak oluştururken (Na, K, Ca, Mg, Bi, Sb, Fe gibi), toksik olan birçok metaller ise (Pb, Cd, Ni, Cu, Hg, Se, As, Co, Mn, Zn gibi), yakıtlar, endüstri atıkları ve evsel atıklar yolu ile suları kirletmektedirler.

Hava, toprak ve su arasında kurulmuş doğal bir denge bulunur. Herhangi birinde görülen kirlilik, diğerlerini de etkiler ve doğal dengenin tamamen bozulmasına sebep olur. Hava ve suda kirlilik olması toprakta da kirlilik olmasını gerektirir. Bu kirliliğin boyutunun ne olduğu, kirliliğin hangi kaynaklardan geldiği, kirliliğin nasıl önlenebileceği ile ilgili olarak çok sayıda araştırmalar yapılmaktadır (Kor, 1974).

Canlıların yaşaması için bu kadar önemli olan su içerisinde bulunan her madde canlı sağlığını doğrudan etkilemektedir. Su içerisinde bulunan ve canlı organizmasında zararlı etki oluşturabilecek maddelerin arasında ağır metaller önemli yer tutmaktadır. Ağır metallerin birçoğu (arsenik, kadmiyum, selenyum, kurşun) son derece zehirli olmalarının yanında, bazıları (arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, cıva, nikel, selenyum vs.) karsinojenik; bazıları ise mutajenik ve teratojenik etkilere sahiptir.

Metallerin canlı organizmalarındaki etkilerinin belirlenmesiyle, bu elementlerin analizlerinin önemi de artmıştır. Günümüzde içme sularında metal düzeylerinin belirlenmesi halk sağlığı açısından önemli ve zorunlu hale gelmiştir.

Yukarıda öneminden kısaca bahsedilen çevre kirliliği ile ilgili bu çalışmada, Karaman çevresindeki farklı merkezlerden ve kaynaklardan alınan su numunelerinin bazı toksik, ağır metal düzeylerini araştırmak amacı ile bu numunelerdeki on altı ağır

metalin (As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Ti, Zn) konsantrasyonları ICP-OES cihazıyla tayin edilmiştir. Bulunan sonuçlar mevsimsel değişime göre karşılaştırılmıştır.

Bazı ağır metal konsantrasyonları belirli seviyeye çıktığında toksik etki yapmakta ve canlı vücudunda zehirlenmeler baş göstermektedir. Bazı toprak eser elementlerinin kabul edilebilir sınırları ve deniz suyunda bulunabilme oranları Çizelge 1.1'de verilmektedir (TSE ve WHO standart değerleri)

Çizelge 1.1. Bazı toksik ağır metal parametreleri (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 2004)

Su Kalite Parametreleri	WHO* (ppb)	Su kalite Sınıfları (TSE) (ppb)				Deniz suyunun genel kriterleri (TSE) (ppb)
		I	II	III	IV	
İnorganik Kirlenme						
1. Çinko (Zn)	5	200	500	2000	>2000	100
2. Kurşun (Pb)	50	10	20	50	<50	100
3. Kadmiyum (Cd)	5	3	5	10	<10	10
4. Krom (Cr)	-	20	50	200	<200	100
5. Nikel (Ni)	-	20	50	200	<200	100
6. Bakır (Cu)	1	20	50	200	<200	10
7. Kobalt (Co)	-	10	20	200	<200	-
8. Mangan (Mn)	100	100	500	3000	<3000	-

* World Health Organisation (Dünya Sağlık Örgütü)

Bazı elementlerin çok az konsantrasyonları bile canlı organizmalarda toksik veya kanserojen etki göstermektedir. Bu elementlere örnek olarak arsenik, selenyum, kadmiyum ve kurşun sayılabilir. Selenyumun, kobalt ile beraber alındığında toksik etkisinin daha da arttığı tespit edilmiştir (Ure ve Mitchell, 1976).

Elementlerin analizleri için değişik ölçme metotları geliştirilmiştir. Her metodun kendine has belirli özellikleri vardır. Her bir metotta numunenin analize hazırlanması ve metodun o elemente duyarlılığı farklıdır. Analiz tekniği açısından, bir ortamda elementin ppm ($\mu\text{g/g}$) mertebesine eser miktar denilir. Bu eser elementlerin, analizleri numune matriksinin anorganik veya organik oluşuna göre farklı şekillerde ele alınır. Bu iki numune arasındaki en önemli fark, numune maddesinin analize hazırlanması aşamasındadır.

Analitik kimyada eser element tayini yapılırken klasik ve aletli metotlar kullanılır. Genellikle kalitatif analiz klasik metotlarla, kantitatif analiz ise aletli metotlarla yapılmaktadır. Aletli metotlarla element analizi, elementin çeşitli özelliklerinin ölçülmesi esasına dayanır. (Cresser ve ark., 1986; Baucells ve Kelipo, 1985).

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Doğal Su Kaynakları

Doğada bulunan su kaynakları genel olarak dört grupta toplanabilir.

1. Yağmur suları
2. Yüzey suları (göl suları, nehir suları)
3. Deniz suları
4. Yeraltı suları (kaynak suları, kuyu suları)

Bu kaynakların tümü, gerek şehir içme suyu olarak ve gerekse endüstriyel amaçlarla kullanılabilir. Amaca uygun arıtma işlemi uygulanarak sanayide yaygın olarak kullanılan doğal su kaynakları, yüzey ve yeraltı sularıdır. Genel olarak deniz suyu bugün için yalnızca soğutma suyu olarak kullanılmakta, yağmur suları ise hemen hemen hiç kullanılmamaktadır. Ancak istenilen koşullara tam olarak uyan suyun ekonomik olarak sağlanması her zaman mümkün olmayabilir. Suların karakteristik özellikleri büyük ölçüde içinde buldukları jeolojik yapıya ve mineralojik bileşime bağlıdır. Buna rağmen kalın bir zemin tabakasından süzülerek geçen yeraltı sularının, yüzeysel sulara göre daha temiz, buna karşılık çözünmüş tuz içeriklerinin de daha fazla olması beklenebilir (Yalçın ve Gürü, 2002).

2.1.1. Yağmur Suları

Bütün doğal sular değişik cins ve miktarlarda safsızlıklar içerir. Suyun bulunuşu ve kaynağına göre içerdiği maddeler değişir. Suyun özellikleri ve davranışı da saf sudan farklı olur. Doğal sulardan saf suya en yakın özelliği yağmur ve kar suları gösterir. Ancak günümüzde doğal kirlenmelere ek olarak, hava kirlenmesi sonucu yağmur ve kar sularının özelliği de atmosferdeki geçtiği yerlere göre çözmüş olduğu maddelerin etkisiyle saf sudan uzaklaşır. Yalnız kutup bölgelerine yakın yerlerdeki yağmur ve kar suları en az safsızlık içerir. Bu sular bile havadaki karbon dioksit, oksijen ve azotu çözer. Yağmur ve kar sularının içerdiği bileşenler, coğrafi bölgelere ve topoğrafik yapıya göre değişir. Endüstriyel bölgelerde havanın taşımış olduğu kirlilik de yağmur ve kar sularının bileşimi üzerine etki yapar. Çizelge 2.1'de tipik yağmur ve kar suyu kimyasal bileşimleri görülmektedir.

Çizelge 2.1. Yağmur ve kar sularının tipik kimyasal analizi

Bileşenler	Yağmur suyu (ppm)	Kar suyu (ppm)
Toplam sertlik, CaCO ₃	43	18
Kalsiyum sertliği, CaCO ₃	42	14
Magnezyum sertliği, CaCO ₃	1	4
Sodyum	5	5
Klorür	7	12
Sülfat	26	21
Nitrat	1	1
Demir	0,9	1,2
Silisyum dioksit	0,15	3

Yağmur suları, denizden olan uzaklığa bağlı olarak bulutların taşımış olduğu bazı tuzları ve havada askıda bulunan tozlardan ileri gelen tuzları içerir. Sodyum ve klorür iyonları denizden, nitrat iyonları genellikle şimşek çakması sonucu oluşan azot oksitlerden, diğerleri ise havada bulunan safsızlıklardan kaynaklanır.

2.1.2. Yüzeysel Suları

Akarsular ve göllerin kimyasal bileşimleri mevsimlere göre büyük değişim gösterir. Göller ve baraj rezervuarları nehirler ile beslendiği için, yağışlı mevsimlerde su düzeyinde yükselme olur. Suyun bulanıklığı bazı mevsimlerde anormal derecede artar. Göl sularının sıcaklığı, pH değeri, çözülmüş oksijen ve karbon dioksit konsantrasyonları ve özellikle askıdaki katı maddeler zamanla değişir. Yağışların ve iklim koşullarının etkisi ile yüzeysel sularda geçici sertlikte zamanla önemli ölçüde değişme gözlenir. Kış mevsiminde göl suyunun yüzeyinde sıcaklık düşmesi olur. Sıcaklık düşmesi ile yoğunluğu artan sular dibe doğru hareket eder. Dipte +4 °C 'de su bulunur. Sıcak mevsimlerde olay ters yönlü olarak cereyan eder. İlk 10 m'lik bölümde mevsimsel değişimler görülür. Bu olaylar göl suyu içinde termal bir hareketin doğmasına neden olur. 60 m derinlikten sonra göl suları artık mevsim değişimlerinden etkilenmez. Yüzeysel suları çevresel atıklar sonucu daha kolay kirlenir. Özellikle evsel atıkların sulara karışmasıyla azot ve fosforun meydana getirdiği kirlenme büyük önem taşır. Akarsu ve göllere karışan bu bileşenler ötrofikasyon olayına neden olur. Suyu aşırı miktarda fosfor ve azot karışması halinde, bazı yosun ve bitkiler anormal

ölçülerde gelişmekte ve bunun sonucunda suda bulunan çözünmüş oksijeni kısa sürede tüketmektedirler. Ötrofikasyon denilen bu olay su içindeki canlı yaşamın tamamen yok olması sonucunu doğurmaktadır.

2.1.3. Deniz Suları

Deniz sularının, özellikle okyanusların kimyasal bileşimi sabittir. Ancak nehirlerin denize karıştığı bölgelerde yerel tuzluluk farkları görülebilir Diğer taraftan okyanusların yüzeyinde ve tabanında da, başta pH, çözünmüş oksijen ve toplam çözünmüş tuz konsantrasyonu olmak üzere bazı özellikleri önemli ölçülerde değişebilir. Değişik denizlerde tuzluluk dereceleri birbirinden farklıdır. Çizelge 2.2' de bazı denizlerin tuzluluk dereceleri görülmektedir.

Çizelge 2.2. Bazı deniz sularının tuzluluk dereceleri

Deniz	Tuzluluk derecesi, g/kg
Kuzey atlantik	35,1-36,2
Güney atlantik	34,3-35,6
Akdeniz	35,3-36,4
Hint okyanusu	34,5-35,4
Kuzey pasifik	34,0-34,6
Güney pasifik	34,3-35,1

2.1.4. Yeraltı suları

Yağış sularının yaklaşık üçte biri yeraltına sızar. Bu sular yeraltında kayaların çatlakları ve boşluklarını doldurarak bir su tabakası (akifer) oluşturur. Yeraltı suları kaynaklardan veya kuyulardan alınarak kullanılabilir.

Yeraltı suları, yüzeysel sulara göre daha temiz ve berraktır. Yeraltı sularının diğer bir karakteristik özelliği de sıcaklığının sürekli aynı kalmasıdır. Genel olarak yeraltı sularının yüzeysel sulara göre aşağıdaki avantajları vardır:

- 1- Bütün yeraltı suları berrak ve renksizdir.
- 2- Yeraltı sularının organik madde ve mikroorganizma içeriği daha azdır.
- 3- Yeraltı sularının kimyasal bileşimi ve sıcaklığı zamanla değişmez.

Buna karşılık yeraltı sularının şu dezavantajları vardır:

- 1-Çok miktarda yeraltı suyu bulmak zordur.

2-Yeraltı sularında toplam çözünmüş tuzlar, özellikle klorür ve sülfat tuzları daha yüksektir.

3-Yeraltı sularında demir, mangan ve sertlik yapıcı bileşenler daha fazla bulunur.

4- Yeraltı sularını depolara pompalamak için gerekli enerji daha fazladır

Yüzeysel ve yeraltı sularının karakteristik özellikleri Çizelge 2.3’de verilmektedir.

Çizelge 2.3. Yüzeysel ve yeraltı sularının karakteristik özellikleri

Karakteristikler	Yüzeysel sular	Yeraltı suları
Sıcaklık	Mevsimplere göre değişir	Yaklaşık olarak sabit kalır
Bulanıklık	Zamanla değişir, bazen çok yükselir	Çok az veya yok
Çözülmüş tuzlar	Yağışlara ve sellere göre değişebilir	Yüzey sularından daha yüksektir
Demir ve mangan	Göllerin dibi hariç genellikle yoktur	Daima bir miktar bulunur
Serbest karbon dioksit	Genellikle yoktur	Birçok yeraltı suyu büyük ölçüde içerir
Çözülmüş oksijen	Oksijen ile doymun haldedir	Genellikle az
Amonyak	Kirlenmiş sularda bulunur	Yüzeysel olarak kirlenmeyi gösterir
Hydrojen sülfür	Bulunmaz	Bazı sıcak sularda rastlanır
Silikat	Az miktarda bulunur	Yüzey sularından daha yüksektir
Nitrat	Genellikle çok az	Bazı sularda rastlanır
Mikroorganizma	Patojenik bakteriler ve virüsler bulunabilir	Sıklıkla demir bakterileri bulunur

2.2. Moleküler Yapı

Su, hidrojenin oksijen ile birleşmesi sonucu meydana gelen ekzotermik bir reaksiyon ile oluşur. Tek proton taşıyan hidrojen atomları ile, büyük bir elektron affinitesi olan oksijen atomunun birleşmesinden oluşan su molekülü düz bir H-O-H bağı biçiminde olmayıp, hidrojen atomları 105° lik bir açı yapar. Bu durum su molekülüne polar bir özellik kazandırır (Yalçın ve Gürü, 2002).

Yüksek elektronegatiflik gösteren oksijen atomu, hidrojen atomlarının kovalent olarak bağladığı bağ elektronlarını kendine doğru çeker. Böylece elektronsuz kalan protonlar,

komşu su molekülünde oksijenin ortaklanmamış bir elektron çiftini çeker. Bu durum bir su molekülünü diğer üç su molekülü ile bir düzgün dört yüzlü oluşturmaya neden olur. Böyle bir bağ yapısında bir hidrojen atomu moleküller arasında gider gelir, yani su molekülleri serbest halde olmayıp birbirine yakın ve bağlı halde bulunur. Bu özel moleküler yapı suyun bütün fiziksel ve kimyasal özelliklerinde kendini gösterir. Suyun başta oluşum entalpisi, buharlaşma entalpisi ve kaynama noktası olmak üzere birçok özelliği aynı gruptaki diğer bileşiklerden (H_2S , H_2Se , vb.) oldukça farklıdır. Örneğin diğer bileşikler normal koşullarda gaz halinde olduğu halde su sıvı haldedir. Suyun bazı fiziksel özelliklerinin sıcaklık ile değişimi Çizelge 2.4’de görülmektedir.

Çizelge 2.4. Suyun bazı fiziksel özellikleri

Sıcaklık, °C	Yoğunluk g/cm ³	Viskozite cP	Buhar basıncı	
			mm Hg	kPa
0	0,99987	1,7921	4,58	0,61
2	0,99997	1,6740	5,29	0,71
4	1,00000	1,5676	6,10	0,82
6	0,99997	1,4726	7,01	0,94
8	0,99988	1,3872	8,05	1,09
10	0,99973	1,3097	9,21	1,23
12	0,99952	1,2390	10,5	1,42
14	0,99927	1,1748	12,0	1,61
16	0,99897	1,1156	13,6	1,81
18	0,99862	1,0603	15,5	2,02
20	0,99823	1,0087	17,5	2,33
22	0,99780	0,9608	19,8	2,66
24	0,99733	0,9161	22,4	3,02
26	0,99681	0,8746	25,2	3,38
28	0,99626	0,8363	28,4	3,71
30	0,99568	0,8004	31,5	4,24

Su molekülünün polar yapısı en büyük etkisini suyun hidratasyonu özelliğinde kendini gösterir. Su molekülü, negatif ve pozitif yüklü iyonlardan oluşan tuz kristallerini şiddetle çözme özelliğine sahiptir. Su molekülü, kristal yapının negatif yüklü bölümüne pozitif ucu ile, pozitif yüklü bölümüne de negatif ucu ile yapışır. Böylece su molekülleri ile çevrilmiş olan iyonlar kristal kafesini terk ederek çözeltiliye geçer.

Çözünen iyonlar, çözelti içinde de su molekülü ile çevrilmiş halde bulunur. Su içinde çözülmüş halde bulunan iyonlar hidratlaşmış haldedir. Bu nedenle çözelti içindeki iyon hareketlerinde de iyonlar tek başlarına olmayıp, merkezde iyonun kendisi, çevresinde su molekülleri ile sarılmış bir bulut şeklinde bulunmaktadır.

Su moleküllerinde, yüksek elektronegatif özellikte olan oksijen atomu, hidrojenin elektronunu kuvvetle kendisine bağladığı için, hidrojen atomları komşu su molekülünde bulunan oksijen atomları ile hidrojen bağı köprüsü kurar. Böylece her su molekülü, diğer dört su molekülü ile bir düzgün dörtyüzlü oluşturur. Kar kristallerinin hegzagonal biçimde oluşunun nedeni bu karakteristik yapıdır.

2.3. Suyun Fiziksel Özellikleri

Doğal sular içinde bulunan safsızlıklar, suların kaynağına göre farklı fiziksel özellikler kazanmasına neden olur. Kullanım amaçlarına uygun olmaması halinde suların artırılarak özelliklerinin iyileştirilmesi gerekir.

2.3.1. Renk

Su saf halde renksizdir. Su infrared ışınlarını kırmızı ışıktan daha çok absorplar. Beyaz ışıktan kırmızı ışık çekilince mavimsi bir renk oluşur. Bu nedenle derin sular mavi görünümündedir. Suları renkli gösteren asıl neden ise, içerdikleri yabancı maddelerdir. Suda çözünen ve kolloidal olarak asılı olan organik maddeler suyu renklendirirler. Demir, mangan ve krom gibi bazı metal bileşiklerinin suda bulunması da suya renk verir. Bu bileşiklerden kaynaklanan renkliliğin giderilmesi daha zor olup bu bileşiklerin kimyasal yöntemlerle uzaklaştırılmalarını gerektirir.

2.3.2. Koku ve Tat

Suyun kokusu ve tadı, su içinde çözülmüş halde bulunan gazlar, inorganik ve organik maddelerden kaynaklanır. Kullanım amacına göre pratikte büyük önem taşıyan bu özellik, bazı amaçlar için sakınca yaratmayabilir. İçme ve kullanma sularında koku istenmez. Suyun kendine özgü bir tadı olması ve içiminde, hoş bir lezzet vermesi istenir. Genellikle amonyak, sülfürler, siyanürler, fenoller, serbest klor, petrol atıkları, bitkisel ve hayvansal atıklar ve bazı mikroorganizmalar suya hoş olmayan kokular verir. Bu maddeler yanında suda bulunan sodyum klorür ve magnezyum sülfat gibi

doğal olarak bulunan kimyasal maddeler de suya tuzlu ve acımsı bir tat verir. Bunun dışında doğal sular genellikle kokusuzdur. Ancak bazı yeraltı suları geçtikleri yerlerin jeokimyasal yapısına göre koku içerebilir. Örneğin kükürtlü sular çürük yumurta kokusu verirler. Sular taşıdıkları minerallerin tadını içerirler. Karbonik asitli sular yakıcı, sodyum klorürlü sular tuzlu, sodyum ve magnezyum sülfatlı sular acı tat verirler. Yine sodyum ve magnezyumlu sular bulantı verir. Kaynatılmış suyun tadının hoş olmamasında sıcaklık artışı ile su içinde çözünmüş olan oksijen ve karbon dioksitin azalması etkilidir. İçme suyu için uygun sıcaklık 7-10 C'dir (Yalçın ve Gr, 2002).

2.3.3. Bulanıklık

Su içinde çözünmemiş olarak süspansiyon ve kolloidal halde bulunan çok küçük çaplı katı tanecikler bulanıklığı oluşturur. Organik ve inorganik maddelerden oluşan bulanıklık süzülerek ayrılabilen (süspansiyonlar) ve szlemeyen (kolloidler) olarak ayrılır. Bulanıklık, su kalitesi ve görünümü açısından istenmeyen bir özelliktir. Bütün kullanım alanlarında suyun berrak olması istenir. Bulanıklık özellikle güneş ışınlarını engellediği için su altı bitki ve organizmalarının yaşamasını güçleştirir. İçme sularında bulanıklığın 5 birimden fazla olması istenilmez. Özellikle demir ve mangan bileşiklerinden kaynaklanan bulanıklığın hiç olmaması gerekir. Gıda sanayiinde, tekstil ve kâğıt üretiminde kullanılacak olan sularda bulanıklık büyük önem taşır.

Bulanıklık l birimi olarak, mg/l SiO₂ NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ve JTU (Jackson Turbidity Unit) birimleri kullanılır. Bu iki birim yaklaşık olarak birbirine dönüştürülebilir. Bulanıklığı ölçmek üzere spektrofotometrik yöntemlere dayanan özel cihazlar geliştirilmiştir.

2.3.4. Sıcaklık

Yüzeysel suların sıcaklıkları doğal olarak iklime göre belirlenir. Genel olarak ekvator dan uzaklařtıķa ve deniz seviyesinden ykseldiķe suların sıcaklığı düşer. Yeraltı sularının sıcaklığı ise, daha çok derinliğe bağlı olup 20-40 metre derinlikte (ortalama 33 metre de) 1 C yükselir. Ancak düzenli yükselme nötr bölge denen ve yerin mineralojik yapısına göre 15-40 m derinlikten sonra görülür. Bu ara bölgede

yeraltı suyu sıcaklığını enlem, rakım, topografya, rüzgar ve yağış suyu sıcaklığı gibi faktörler belirler.

2.3.5. Elektriksel İletkenlik

Bir suyun elektriksel iletkenliği, su içinde çözülmüş olarak bulunan iyonların cinsi ve konsantrasyonuna bağlıdır. Çözülmüş tuz konsantrasyonu arttıkça elektriksel iletkenlikte de artış olur. Bu nedenle suların elektriksel iletkenliği ölçülerek su içinde çözülmüş toplam tuz miktarı hakkında fikir edinilebilir.

Bir çözeltinin özgül elektriksel direnci, 1 cm² yüzey alanı ve 1 cm uzaklıkta bulunan iki elektrot arasında ölçülen dirençtir, ($\rho = \text{Ohm.cm}$). Elektriksel iletkenlik ise, elektriksel direncin tersi olarak tanımlanır ($\gamma = 1/\rho \text{ Ohm}^{-1}.\text{cm}^{-1}$).

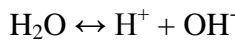
2.4. Suyun Kimyasal Özellikleri

2.4.1. pH

Doğal suların pH değerleri içerdikleri maddelere göre değişir. Belli bir sıcaklıkta suyun pH derecesi içinde bulunan hidrojen iyonu aktivitesine bağlıdır.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Saf su çok az olarak iyonlarına ayrışır. Ayrışma sabiti 25 °C sıcaklıkta $K_{\text{su}} = 10^{-14}$ dür.



$$K_{\text{su}} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log 10^{-7} = 7$$

Burada,

$[\text{H}^+]$: Hidrojen iyonu aktivitesi, mol/l

$[\text{OH}^-]$: Hidroksil iyonu aktivitesi, mol/l

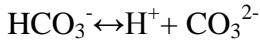
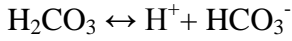
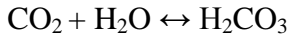
K_{su} : Suyun iyonlar çarpımıdır.

Görüldüğü gibi saf suyun 25 °C deki pH değeri 7' dir. Buna benzer olarak pOH değeri de 7' dir. Yani saf su ne asit ne de bazik karakterde olmayıp nötraldir. Suyun iyonlar çarpımı sıcaklıkla değiştiği için pH değeri de sıcaklıkla değişir. Saf suyun pH değeri 0°C' de 7,5; 60 °C' de ise 6,5'dir. Suyun iyonlar çarpımının sıcaklık ile değişimi Çizelge 2.5' de görülmektedir.

Çizelge 2.5. Suyun iyonlar çarpımının sıcaklık ile değişimi

Sıcaklık, °C	K _{su}	Sıcaklık, °C	K _{su}
0	0,112 10 ⁻¹⁴	25	1,01 10 ⁻¹⁴
5	0,186 10 ⁻¹⁴	30	1,47 10 ⁻¹⁴
10	0,293 10 ⁻¹⁴	40	2,92 10 ⁻¹⁴
15	0,452 10 ⁻¹⁴	50	5,47 10 ⁻¹⁴
20	0,680 10 ⁻¹⁴	60	9,61 10 ⁻¹⁴

Doğal suların pH değerleri 4 < pH < 9 arasında değişir. Sularda pH derecesini belirleyen en önemli etken CO₂ / HCO₃⁻ / CO₃²⁻ dengesidir. Suda çözünen karbon dioksit, sıcaklığa bağlı bir denge reaksiyonu ile karbonik asit oluşturur.



Karbonik asit türevlerinin pH değerine göre değişimi Çizelge 2.6'da görülmektedir. Yüksek oranda sertlik içeren yeraltı sularında karbonat ve bikarbonat iyonları bağlamak kolaylaşır, bu nedenle pH daha yüksek olabilir. Su içinde karbonat bulunması halinde pH > 8,3 olur.

Çizelge 2.6. Karbonik asit türevlerinin pH değerine bağlı olarak değişimi

Karbonik asit türevleri	pH									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
CO ₂ ve H ₂ CO ₃	100	95	70	20	2	-	-	-	-	
HCO ₃ ⁻	-	5	30	80	98	95	70	17	2	
CO ₃ ²⁻	-	-	-	-	-	5	30	83	98	

2.4.2. Asitlik

Bir suyun asitliği, 1 litre sudaki asitlik yapan bileşenleri titre etmek için gereken NaOH miktarı ile belirlenir. Suyun asitliği esas olarak su içinde bulunan mineral asitlerden ve zayıf organik asitlerden ileri gelir. Mineral asitler bulunduğu zaman pH < 4'dür. Eğer su içinde bulunan mineral asitler tayin edilecekse, pH 4,5' de dönüm noktası olan bir indikatör (metiloranj) kullanılarak 0,02 N NaOH çözeltisi ile titre edilir. Birçok halde su içinde bulunan bazı metal tuzları da hidroliz olarak asitliğe neden olur. Örneğin; demir, krom, alüminyum iyonları su içinde kolaylıkla hidroliz olarak asit oluşturur (Yalçın ve Gürü, 2002).

Eğer sudaki toplam asitlik tayin edilecekse, bu durumda indikatör olarak fenolftalein kullanılabilir. Fenolftalein ile mor renk oluşturan bir suyun asitliği sıfır olarak kabul edilir.

2.5. Sularda Kirlenme

İnsan tarafından meydana getirilen kirlenmelerin bazıları aşığıda verilmiştir.

2.5.1. Tarımsal Kökenli Kirlenme

Suni gübreler, insektisit, herbisit gibi tarım ürünlerini korumada kullanılan bir takım maddelerin topraktan sulara karışması ile olur. Bu kirlenmede zararlı inorganik ve organik maddeler ortaya çıkar.

a) Pestisitler: Yapay organik maddelerdir. Zararlı böcek, bitki ve mantarlarla mücadelelerde kullanılırlar. Uzun süreli kullanımları sonucu zararlı etkileri ortaya çıkar.

b) Yapay organik kimyasal maddeler: Farmasotik, petrokimya ve kimya endüstrilerince üretilirler. Bu maddeler yerlerini aldıkları doğal organik maddelerden daha güç degradasyona uğrarlar.

c) Yapay ve doğal tarımsal gübreler: Bunlar ikincil olarak kirlenmeye neden olurlar

2.5.2. Sanayi Kökenli Kirlenme

Sanayinin hızla gelişimi sonucu fabrikalar, buhar üretimi, yıkamalar, soğutmalar gibi çeşitli işlemlerde kullanılmak üzere bol miktarda su harcamaya başladılar. Bu suyun

büyük kısmı çözülmüş ve süspansiyon halinde maddeler ihtiva eder. Bu ise endüstri kökenli kirliliğin sebebidir.

a) Endüstri artıkları: Çeşitli endüstrilerden çıkan fenol, arsenik, siyanür, krom gibi toksik maddelerden oluşurlar. Bileşimleri gün geçtikçe değişir. Tanker ve boru hatlarıyla taşınan petrolün kazalar ve sızmalar sonucu yüzeysel sulara karışmasıyla bu tür kirlilik oluşur. Yüzeysel sulara karışmasının yarattığı olumsuz etkiler açısından önemlidir.

b) Radyoaktivite: Nükleer enerjinin kullanıldığı tesislerin reaksiyon ürünleri radyoaktiftir. Nükleer atıkların yeraltı ve deniz altında uzun süre saklanması sırasında kaplardan sızmaları sonucu sulara karışmalarıyla toksik özellikleri ortaya çıkar. Hastane araştırma kuruluşlarından kaynaklanabilir. Atmosferdeki nükleer silah denemeleri sırasında yağmur sularının kirlenmesi sonucu da sulara kirlilik sebebi oluşturur.

c) Anorganik tuzlar: Çözülmüş tuzlar sulara ve deşarj noktalarında sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, sülfat, nitrat, bikromat, ve fosfatları halinde bulunurlar. Bunların çok yüksek dozları kirleticidir. Suları içme, sulama ve birçok endüstriyel kullanım için uygunsuz hale getirir.

2.5.3. Evsel Atıklardan İleri Gelen Kirlenmeler

Su kirliliği, suyu kirleten materyallere göre organik, anorganik, bakteriyolojik ve termal olarak dörde ayrılır.

a) Metaller; anorganik kirlenmeyi oluşturur. Suyu kirleten metallerin kaynağı topraktır. Topraktan suya geçen başlıca metaller şunlardır: Na, K, Ca, Mg, Br, Sb, Fe ve kısmen Al. Endüstri ve evsel atıklar yoluyla birçok toksik metal, suyu kirletmektedir. Bunlar: Al, Pb, Cd, Ni, Cu, Hg, As, Cr, Co, Mn, Zn gibi metallerdir. Toksik elementler Pb, As, Se, Cr, Cd ise yine kirlenmeye sebep olur. En tehlikelileri Hg, Cd, Bi, Sb, Pb' dur. Sağlığa zararlı inorganik parametrelerden biride NO_3^- iyonlarıdır (Mutluay ve Demirak, 1996).

b) Sentetik deterjanlar organik kirlenmeyi oluşturur. İçerdikleri fosfatlar yüzeysel sulara östrafikasyona ve ikincil olarak kirlenmeye sebep olurlar. Ölmüş hayvan, bitki artıkları ile tarımsal artıkların yüzeysel sulara karışmasıyla ortaya çıkar. Suyun oksijen seviyesindeki değişimlerde su kalitesini etkiler. Ayrıca mikroorganizmalara uygun bir üreme ve gelişme ortamını sağlar.

c) Bakteri, virüs ve diğer hastalık yapıcı canlılar: Suların hijyenik açıdan kirlenmesine neden olan organizmalar, genellikle hastalıklı veya portör olan hayvan ve insanların dışkı ve idrarından kaynaklanmaktadır. Bulaşıcı etki ya bu atıklarla doğrudan temasta yada atıkların karıştığı sulardan dolayı gerçekleşir. Bu tür sular içilmez ve kullanılmazlar.

d) İnert çözünmeyen madde: Tebeşir, Jips gibi birçok inert çözünmeyen madde sularda bulanıklığı arttırır. Bu yüzden arzu edilmezler.

e) Bunların dışında sular fiziksel (renk, sıcaklık, süspansiyon, maddeler), fizyolojik (tat, koku) ve biyolojik kirlenmeye de maruz kalabilirler.

2.6. Ağır Metaller ve Toksik Etkileri

Canlı bünyesine girdiği zaman ona zararlı olan metallere toksik metaller denir. Toksiklik metalden metale, canlıdan canlıya değiştiği gibi konsantrasyona bağlı olarak da değişir. Toksik metaller canlı bünyesine havadan, sudan ve özellikle de alınan besinlerden girer. Toksik metaller zamanımızda en zararlı kirleticiler arasında yer alır. Bu metallerin belirli miktarlarından fazla alınması insan sağlığını tehdit etmektedir. Diğer çevre kirleticileri başlıca; deterjanlar, pestisitler, partiküller, gazlar, petrol ürünleridir. Bugün bilinen elementlerin sayısı 109'dur. Bunlardan 84 tanesi metaldir. Metaller toksik ve toksik olmayan diye ikiye ayrılır. Toksik olanların sayısı toksik olmayanların sayısından daha azdır (Gündüz, 1994).

Pb, Hg, Cu, Zn gibi ağır metaller suda çok az miktarda bulunurlar. Bunların hepsi su hayvanları için toksiktir. Çoğu 1 ppm sınırında öldürücüdür.

Çinko normal miktarlarda bazı enzimatik fonksiyonlar için gereklidir. Birçok proteinlerde yapı elementi olarak bulunur. Bakır bazı enzimlerde bulunur ve pek çok omurgasızın kan proteininde solunum pigmenti halinde mevcuttur.

Balıklarda görülen ağır metal zehirlenmelerinde bakır, solungaç yüzeylelerinde çözünmeyen organometalik bileşik oluşturur. Başka bir görüşe göre, solungaçlar içindeki proteinler kimyasal bozunmaya uğrar. Ayrıca bakırın, deniz balıklarının kan ve dokularında toplandığı gözlenmiştir. Ağır metaller solungaç üzerine çöker ve salgıyı pıhtılaştırırlar. Böylece oksijen alınımları zorlaşır (Mutluay ve Demirak, 1996).

Son yıllarda selenyumun eser element olarak fiziksel etkisi üzerinde durulmaktadır. Günlük toplam olarak gıdalardan alınan selenyum miktarı 60-150 mg olarak tahmin edilmektedir. Bir antidesidant olarak, selenyumun kanser oranlarını azalttığı rapor

edilmiş olup, bundan dolayı suyun içinde bu elementin belirli miktarda bulunması önemli bir durumdur.

Bildirilen oranlarda selenyum (Se) konsantrasyonunun içme suyunda 10 ppb'yi geçmemesi gerekmektedir (Kouimtız ve ark., 1980).

2.7. Metal kirlenmeleri ve sonuçları

Metaller, bilinen en değerli maddeler arasındadır. İnsanoğlu bunları çok eski zamanlardan beri kullanmaktadır. Zamanımızda bile insanlar büyük problemlerin çözümünde yine metallere başvurmaktadır. Metaller kullanılmadan sanayinin ve teknolojinin gelişmesi mümkün değildir.

Buna tipik bir örnek, enerji sorunu için uranyumun kullanılmasıdır. İnsanlar metal filizlerinin yerkabuğundan çıkarılması, depo edilmesi, taşınması, kırılması, flote edilmesi, eritilmesi, rafine edilmesi, kullanılacak şekle getirilmesi, kullanılması, korrode olması, eskimesi ve çevreye atılması esnasında metallere hep karşı karşıyadır. Ayrıca bir metal filizinin çıkarılmasından rafine edilmesine kadar geçen süre içinde insanlar, o metalden daha az oranlarda bulunan öteki metallere de karşı karşıya gelir (Gündüz, 1994).

Bazı metal bileşikleri de kullanılmaları gereği direkt çevreye yayılır ve çevreyi kirletir. Buna örnek olarak bazı kurşun ve civa bileşiklerinin kullanılması gösterilebilir. Kurşun tetraetil kurşun halinde kalite iyileştirici olarak benzine katılır ve motordaki yanma sonucu çeşitli bileşikler halinde egzoz gazlarıyla çevreye atılır. Civa ise, fenil civa asetat bileşiği halinde fungusit olarak kullanılır ve çevreye yayılır. Ayrıca fosil yakıtlardan da (kömür, petrol gibi) çevre, indirekt olarak önemli ölçüde kirlenir (Gündüz, 1994). Bilindiği gibi fosil yakıtlardan bazıları eser oranda olmak üzere kurşun ve civanın da içinde bulunduğu çok çeşitli metaller ihtiva eder. Bütün bunlara ilave olarak, bazı metaller de insan aktivitelerinin dışında, doğal yollardan canlı bünyesine geçer, bazıları da canlı bünyesinde birikir. Biriken metaller idrar, dışkı ve çürümelerle tekrar tabiata döner. Kısacası metallere bir kısmı cansız tabiatla canlı tabiat arasında devamlı çevrim yapar.

Metalik kirlenmelerin çoğu sularda toplanır. Sularda toplanma, sularda çözünme şeklinde olabileceği gibi, çözünmeden suların dibinde toplanma şeklinde de olabilir.

Bu şekilde bir kirlenme, şehir, endüstriyel ve zirai atıklardan meydana geldiği gibi herhangi bir yolla atmosfere verilen metalik maddelerden de gelebilir. Atmosfere

verilen metalik maddeler, sonunda yeryüzüne dönerler ve akarsular vasıtasıyla su yataklarına sürüklenirler. Metalik kirlenmeler, organik kirlenmeler gibi kimyasal ve biyolojik yollarla parçalanmazlar. Olsa olsa bir metal bileşiği bir başka bileşiğine dönüşür. Dönüşme ne olursa olsun, metal iyonu kaybolmaz. Bu dönüşmeler esnasında bazen bir metalin çok toksik ve suda çözünen bileşiği de meydana gelebilir (metil civa gibi). Bütün bunlara ilave olarak, metalik kirlenmeler konveksiyon, rüzgar ve sular vasıtasıyla bir yerden bir başka yere sürüklenirler. Bu şekilde bir dağılmanın yararlı yönleri yanında (konsantrasyon azalması) zararlı yönleri de vardır. Çünkü, hiç kirlenmemiş temiz bölgeler böylece kirlenmiş olur.

Yeryüzüne inen toksik metal bileşikleri yağmur ve kar sularıyla yeryüzü sularına (nehir, göl, gölet, baraj gibi) ulaştırıldığı gibi yağmur ve kar sularıyla topraktan sızma suretiyle eser oranda da olsa yer altı sularına da karışabilir. Bu nedenle bazen yer altı suları da, çeşitli toksik metaller ihtiva edebilir. İçme suları da bu kaynaklardan temin edildiğinden, içlerinde çeşitli toksik metaller bulunabilir (Gündüz, 1994).

Yine önemli konulardan biriside, toksik metallerin gıda yapısında birikmesidir. Birikme sonucu metallerin konsantrasyonları sudakinin ve havadakinin çok üstüne çıkabilir. Böylece büyük oranda toksik metal ihtiva eden bir gıdayı alan insan veya hayvan zehirlenebilir. Ayrıca insan vücudunun bazı toksik metalleri biriktirme özelliği de vardır. Örneğin, kurşunun insan vücudundaki yarılanma ömrü 1460, kadmiyumunki 200, çinkonun ki ise 933 gündür. İnsan tarafından besin, su ve hava ile alınan metaller ve yarılanma ömürleri Çizelge 2.7' de verilmiştir.

Çizelge 2.7. İnsan tarafından besin, su ve hava ile alınan metaller (Gündüz, 1994).

Metal	Ort. Günlük Alınan Mik.(mg)		Zehirleyici Mik.(mg)	Vücuttaki Normal Mik.(mg)	Yarılanma Ömrü (gün)
	Besin ve Su	Hava			
Bakır	1,325	0,0014	250-500	72	80
Civa	0,025	-	-	-	70
Çinko	14,50	0,0168	-	2300	933
Kadmiyum	0,160	0,0074	3	50	200
Kalay	7,300	0,0006	2000	17	35
Kobalt	0,390	0,00012	500	1,5	9,5
Kurşun	0,300	0,046	-	12	1460

Çizelge 2.7. İnsan tarafından besin, su ve hava ile alınan metaller (Gündüz, 1994)
(devam)

Metal	Ort. Günlük Alınan Mik.(mg)		Zehirleyici Mik.(mg)	Vücuttaki Normal Mik.(mg)	Yarılanma Ömrü (gün)
	Besin ve Su	Hava			
Krom	0,245	0,0011	200	1,8	616
Mangan	4,400	0,0288	-	12	17
Krom	0,245	0,0011	200	1,8	616
Mangan	4,400	0,0288	-	12	17
Molibden	0,335	0,006	-	9,3	5
Nikel	0,600	0,00236	-	10	667
Titanyum	1,375	0,0014	-	9	320

2.8. Canlı İçin Gerekli Olan Elementler

Hava kirleticileri arasında sayılan bazı elementler bitkisel ve hayvansal hayat için gereklidir. Ancak, böyle elementler hangi konsantrasyonlarda yararlı, hangi konsantrasyonlarda zararlı olduğu bilinmesi gerekir. Bunların tamamı 13 tanedir. Bu elementler Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.8. Canlılar için gerekli elementler

Element	Fonksiyon
Hafif ve Bol	
Sodyum	Başlıca hücre dışı katyonu
Potasyum	Başlıca hücre içi katyonu
Kalsiyum	Kemiklerin başlıca elementi. Bazı enzimler için gerekli.
Magnezyum	Birçok enzimi aktiveleştirir. Klorofilde bulunur. Bitkiler için gereklidir.
Ağır ve eser	
Bakır	Oksitleyici enzimler için gerekli ve hemosiyanin de bulunur.
Çinko	Birçok enzimi aktive eder.
Demir	Canlı için en önemli geçiş elementi. Hemoglobin ve enzimlerde bulunur.
Kobalt	Birçok enzimi aktive eder ve vitamin 12' de bulunur.
Krom	Gelişmiş hayvanlarda bulunur ve insülini aktive eder.
Mangan	Bazı enzimleri aktive eder.
Molibden	Bazı enzimleri aktive eder.
Vanadyum	İlkel bitkilerde, deniz hayvanlarında ve insanlarda bulunur.

Hafif metaller, çözeltileri halinde bulunurlar ve hücreler arasında elektronötrallığı sağlarlar. Eser ağır elementler ise canlı yapısında eser oranda bulunurlar, ama görevleri çok önemlidir. Bunlardan bazıları proteinlerin, bazıları da enzimlerin içinde bulunur.

2.9. Eser Elementlerin Biyolojik Sistemlerdeki Rolü

Mikro besin elementleri, canlıların ana yapıtaşlarından değildirler. Ancak yoklukları halinde, canlı yaşamında önemli aksamalara sebep olurlar.

Bor ve molibden gibi anyon oluşturucu mikro besin elementleri bir kısmı enzim moleküllerinin yapılarında yer alır. Bu tür elementlerin çok azı, bitkilerdeki temel işlevlerin yerine getirilmesinde gerekli enzimi sağlar. Bakır gibi bazı katyon oluşturucu elementler ise, daha çok koenzim görevi yaparlar. Bunlar enzim moleküllerinin yapısında yer almadıkları halde enzimleri aktive ederler.

Bakır, demir, mangan gibi farklı değerlerde olabilen bazı mikro besin elementleri, bitki metabolizmasındaki yükseltgenme-indirgenme reaksiyonlarında görev alırlar

(Thompson, 1973). Mesela, kobaltın azot tespitini sağlayan enzimlerin aktivasyonu için gerekli olduğu, demirin klorofil yapımına katkıda bulunduğu, azot asimilasyonu ile nitrit ve sülfat indirgenmesi için gerekli olduğu belirtilmektedir (West, 1981). Bakırın ise bitki büyümesinde enzim aktivatörü olarak tesir ettiğine, mono ve polifenol oksit, laktoz, askorbik asit oksit gibi solunumdan sorumlu birçok yükseltgeyici enzimlerin yapısında bulunduğuna, protein metabolizmasında ve klorofil yapımında, RNA ve DNA sentezlerinde görev aldığına işaret edilmektedir (West, 1981).

Manganın, klorofil yapımında ve bazı enzimlerde bulunduğu, fotosentez için gerekli olduğu, nitrat indirgenmesinde katalitik olarak etkilediği, solunum zincirinde görev alan bazı enzimlerin ve protein sentezinden sorumlu enzimlerin yapısında bulunduğu belirtilmektedir (West, 1981).

Eser elementlerin bitkiler tarafından alımı, bitkilerin normal gelişimleri açısından ne kadar önemli ise, insan ve hayvanlar açısından da aynı ölçüde önemlidir. Çünkü gerekli eser elementler biyolojik sistemlerde birçok önemli görevler üstlenmişlerdir. Canlı yaşamında önemli bir yer tutan eser elementleri, canlı bünyesinde eser miktarda olmaları, onların organizmadaki görevlerinin de önemsiz olduğu anlamına gelmez. Bunların çoğu, hayati görevleri olan enzim ve vitaminlerin yapılarında bulunurlar. Mesela, çinko ihtiva eden enzim, karbondioksit oluşumunu kontrol eder ve protein sindirimini sağlar. Bakır, bir düzineden fazla enzimin yapısında bulunur. Kobalt, DNA oluşumunu sağlayan enzimlerde ve aminoasit metabolizmasında yer alır.

Bir elementin konsantrasyonu, bitkilerde olduğu gibi, insan ve hayvanlarda da başka bir elementin konsantrasyonu ile doğrudan ilişkili olabilmektedir. Bunlardan birinin konsantrasyonu arttığında, ötekinin konsantrasyonu azalmaktadır. Mesela, demir ile kobalt, bakır ile mangan, bakır ile molibden, bakır ile çinko ve kalsiyum ile potasyum konsantrasyonları arasında ters orantılı değişimin olduğu bilinmektedir (Fiabane ve Williams, 1977).

İnsanda, selenyum ile kobalt birlikte alındığında toksik etkisi daha da artmaktadır. Bir çok elementin, çok az konsantrasyonu bile toksik veya kanserojen etki gösterir. Mesela berilyum, yitruyum, arsenik, selenyum, kadmiyum, kurşun, bizmut bu elementlere bazı örneklerdir.

Bu durumun çevre kirliliği açısından bir başka önemi vardır. Bu tür elementler çevreye doğal kaynakların yanı sıra hava kirliliği, su kirliliği veya endüstriyel kirlilik

gibi değişik kirlilik kaynaklarından yayılabilmektedir. Bir başka ifade ile doğal denge, insanların bu elementleri yeryüzüne yaymaları sonucu bozulmaktadır. Yani insanlar kendi elleriyle kendilerini tehlikeye atmaktadır (Yiğit, 1980; Güçer ve Yaramaz, 1980; Kırımhan ve Sağlam, 1983).

Özellikle toksik elementlerin kirlenme kaynakları konusunda çeşitli bulgular vardır. Bunların en başında, endüstriyel ve evsel atıklar, kullanılan fosil kökenli yakıtlar, tarımsal ilaçlar, kullanılan tarımsal gübreler ve motorlu taşıtlar gelmektedir (Kırımhan ve Sağlam, 1983; Kocakerim, 1983; 1980; Seleseni, 1983).

2.10. Bazı Toksik Metallerin Bitkilerle İlişkisi

Çinko: Çinko; bitkiler, hayvanlar ve insanlar için mutlak gerekli bir mikro elementtir. Toprak içinde fazla miktarda bulunan çinko, bitkilere ve mikroorganizmalara toksik etki yapmaktadır. İnsanlarda, besin maddeleri ile çok miktarda çinko alınması durumunda kronik çinko zehirlenmesi olayına rastlanılmamıştır. Normal toprakların (kirlenmemiş) toplam çinko içeriği 10-80 mg/kg değerleri arasında değişmektedir. Çeşitli şekilde Zn ile zenginleşmiş topraklarda bu değer 5000 mg/kg'a kadar çıkmaktadır.

Çinko bitkiler tarafından genellikle Zn^{+2} , olasılıkla $ZnOH^+$ ve çözülmüş organik Zn-kompleksleri şeklinde alınmaktadır. Bitkilerin Zn ile beslenmesi üzerine toprak çözeltisinde Zn konsantrasyonunun etkisi esastır. pH değeri düştükçe Zn^{+2} iyonlarının çözünlüğü artmakta ve pH değerinin 6'nın altında bulunduğu durumlarda bitkilerin topraktan Zn ile beslenmesi üzerine toprak çözeltisinde Zn konsantrasyonunun etkisi esastır. pH değeri düştükçe Zn^{+2} iyonlarının çözünlüğü artmakta ve pH değerinin 6'nın altında bulunduğu durumlarda bitkilerin topraktan Zn ile beslenmesi garanti altında bulunmaktadır. Bitkilerin Zn içeriği genelde 5-100 mg/kg kuru ağırlık arasında değişmektedir (Özbek, 1993). Tahıllarda (yulaf, buğday) verimi sınırlayıcı Zn miktarı başaklanma döneminde 25 mg/kg kuru madde olarak saptanmıştır. Noksanlık belirtileri <15 mg/kg kuru madde değerinden itibaren başlamaktadır.

Bir hasat döneminde bitkilerin topraktan aldığı Zn miktarı 250 (tahıl taneleriyle) ve 900 gr Zn/ha (şekerpancarı yapraklarıyla) arasında bulunmaktadır. Zn noksanlığından ileri gelen belirtilere kireçli toprakların dışında Orta Avrupa'da nadiren rastlanılmaktadır.

Arid bölgelerde ince tanecikli CaCO_3 içeren alkali topraklarda Zn noksanlığı yaygın bulunmaktadır. Her şeyden önce yüksek pH değerinde Zn alımı engellenmektedir. Aynı şekilde toprak içinde yüksek konsantrasyonda bulunan fosfatlar Zn bağlanmasını yükseltmekte ve böylece toprak çözeltisindeki Zn noksanlığına karşı özellikle elma, asma, narenciye, mısır, fasulye, patates ve soğan duyarlıdır. Meyve ağaçlarındaki noksanlık belirtileri yıllık sürgünlerin ucundaki yaprakların rozet oluşumu ile kendini gösterir. Mısırdaki genellikle genç yapraklarda çizgiler şeklinde Zn klorozu ortaya çıkar. Aynı şekilde çeltikte de Zn noksanlığına sık rastlanılmaktadır.

İnsanda çinko yetersizliğinde cücelik, cinsiyet organlarının gelişiminde gerilik, hastalıklara dirençsizlik ve yaraların iyileşmesinde gecikme gözlenir (Baysal, 2000).

Yetişkin bir insanın günlük çinko ihtiyacı 15 mg' a kadar çıkar. Dünya sağlık örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimum çinko düzeyini 3 mg/L olarak belirlemiştir. İçme suyunda çinko konsantrasyonu 3 mg/L' den büyük değerlere ulaştığında, istenmeyen bir tat hissedilmektedir (WHO, 1996).

Çinko, zehirliliği fazla olan bir madde değildir. Yetişkin bir insan için günlük tavsiye edilen alım miktarı 12 mg' dır. Beslenmede çinko eksikliği sonucunda büyümenin yavaşlaması, iştahsızlık, zihinsel yorgunluk, deri değiştirme ve gece körlüğü oluşur.

Çinkonun fazla miktarda alımı sakıncalıdır. Günlük 50 mg alındığında HDL kolesterolde düşüş gözlenmiştir (Baysal, 1999). İnsanlarda yüksek miktarlarda çinko alınması sonucu mide bulanması, kusma, ishal, uyuşukluk, kas ve mide krampları oluşabilir.

Kurşun: Kurşun, kadmiyum ve civaya oranla çok daha az toksisite göstermektedir. İnsanlar ve hayvanlar tarafından alınan kurşun, ciğer, böbrek ve özellikle de kemik ve dişlerde birikmektedir ve kalsiyumun yerine apatitin yapısına girmektedir. Yarı ömrünün fazla olması nedeniyle (insanlarda 5-20 yıl) endüstrinin yoğun olduğu ülkelerde insanlarda yaş ilerlemesine bağlı olarak vücuttaki kurşun miktarı da artmaktadır.

Yerkabuğunun ortalama kurşun içeriği 15 mg/kg dolayındadır, ancak bazı yerlerde bu 70 mg/kg'ı bulmaktadır. Yüksek kurşun içeriğine özellikle, kurşun bakımından zengin ana materyallerden oluşmuş topraklarda rastlanmaktadır. Örneğin anamateryali PbS'ce zengin Norveç topraklarında % 2,5'a varan Pb saptanmıştır (Özbek, 1993).

Kontamine olmamış topraklarda bitkilerin Pb içeriği genellikle <10 mg/kg kuru maddedir. Besin çözeltisi ve toprak ile yapılan şahsi denemeleri bulunmuştur. Kurşun

önce bitkinin kök yüzeyinde ya da içinde birikmekte ve ancak yüksek kurşun uygulamasında üst organlara doğru taşınmaktadır. Genel bir kural olarak çeşitli bitkilerin Pb içeriği şu sıraya göre artış göstermektedir: Dane, meyve, yumru, gövde, yapraklar, kök. Yüksek kurşun içeriğine sahip topraklarda yetişen bitkilerde de ekstrem yüksek kurşun değerlerine rastlanmıştır. Örneğin, pancar yaprağında 100 mg/kg kuru maddenin üzerinde, Pb içeriği yüksek topraklarda yetişen bitkilerin gövdelerinde (saplarında) 480 mg/kg kuru madde, köklerinde 720 mg/kg kuru madde Pb ölçülmüştür (Özbek, 1993).

Bitkinin içerdiği kurşun bakımından, bitki yüzeyi ya da bitki içinde havadan alınan kurşun yoluyla meydana gelen birikim topraktan alınana oranla çok daha önemlidir. Kurşun işleyen kuruluşların yakınlarında, karayolları yakınlarında ve yoğun yerleşim merkezine yakın bölgelerde bitkilerin kurşun içeriği normal değerlerden birkaç kat fazladır. Bir maden ocağı işletmesine yakın alandaki mera bitkilerinde normal değer olan 6-9 mg/kg kuru maddeye karşılık 6700 mg/kg kuru madde Pb ölçülmüştür. Bu yörelerde kurşunla ilgili ilk toksik etki yemdeki ortalama 50 mg/kg Pb kuru madde günlük Pb dozu nedeniyle meralarda otlayan hayvanlarda görülmektedir. Bu dozun 250 mg/kg Pb kuru maddenin üzerine çıkması halinde 2-4 akut zehirlenme, 450 mg/kg Pb kuru maddenin üzerine çıkması halinde de ölüme neden olmaktadır (Özbek, 1993). Kurşun insan vücudu için gerekli olmayan bir elementtir. Aksine toksik etkisi vardır. İnsan vücudunda özellikle kemik dokuda birikim yapar. Böylece kemik yapısını bozduğu gibi, kansızlık ve sinir sistemi üzerinde de tahribata neden olur. Kurşun çok yönlü etkileri olan bir metaldir ve canlıda özellikle sinir, kan, kas, kapılar damar ve metabolizma zehiri olarak etkir. Bu sistemlerle ilgili pek çok enzim veya biyokimyasal tepkimeyi etkiler ve bunları engeller (Kaya ve Akar, 1998). Beyin ve böbrekte kurşunu bağlayan bir proteinin bulunması kurşunun bu organlardaki toksik etkisini arttırır (Aksoy, 2000).

Kadmiyum: Kadmiyum hayvanlar ve insanlar için çok düşük konsantrasyonlarda toksisite gösteren bir elementtir. Kadmiyum böbreklerde fonksiyon yetersizliğine ve yüksek kan basıncına neden olmaktadır. Solunumla fazla miktarda alınması sonucu ciğer anfizeni hastalığı ortaya çıkmaktadır. Konuyla ilgili bazı çalışmalar kadmiyumun kanserojen etkili olduğunu da ortaya koymuştur. Bitkideki kadmiyumun büyük kısmı bitki tarafından topraktan alınmaktadır.

Normal koşullar altında bitkinin havadan kontaminasyon yoluyla aldığı kadmiyum miktarı önemsiz denecek kadar azdır. Endüstri bölgelerinin ve trafiği yoğun olan yolların yakınındaki bitkiler de bulunan kadmiyumun % 40'ından fazlası havadan alınmaktadır. Bitkilerin Cd içeriği genel olarak <0,5 mg/kg kuru ağırlıktır. Ancak bitki cinsi ve türüne bağlı olarak bu değer büyük değişiklik göstermektedir. Ayrıca Cd içeriği bitkinin değişik organlarına göre de farklılık göstermektedir. Kadmiyum en çok bitkinin yapraklarında, bir miktarda köklerde bulunmaktadır. Sap, meyve ve danelerin Cd içeriği ise oldukça düşüktür. Bitkilerde de bezelye, fasulye, lahana, patates ve sebzelerde genel olarak düşük kadmiyum bulunmasına karşın, kereviz, yeşil lahana, ıspanak ve kıvırcık salatada oldukça yüksek Cd bulunmaktadır. Buğdaygillerden ise buğday ve yulaf tanesi, arpa ve çavdara oranla fazla kadmiyum içermektedir. Özellikle orman manzaraları genelde yüksek oranda Cd içermektedir (> 10 mg/kg Cd kuru ağırlığa kadar).

Kadmiyumun bitkiler ve mikroorganizmalara toksik etkisi özellikle toprak çözeltisindeki Cd tarafından belirlenmektedir. Bunun için besin çözeltileri ile yapılan bitki denemeleri sonuçları, kadmiyum toksisitesinin başladığı toprak çözeltisindeki beklenen sınır değer için ilk ölçüdür. Kadmiyuma duyarlı bitkilerde (fasulye, bezelye, pancar, ıspanak) 0,1 mg Cd/L besin çözeltisinde verim azalması görülmektedir.

Krom: Krom büyük ihtimalle bitkiler için gerekli olmayan ancak insan ve hayvanlar için mutlak gerekli olan bir elementtir. Bu arada üç değerlikli krom özellikle glikoz metabolizmasında insülin etkisini teşvik ederek “glikoz faktörü” olarak rol oynamaktadır. Ayrıca krom, protein ve nükleik asit yapısını stabilize etmekte ve bazı enzimleri aktive etmektedir. İnsanların besinler yoluyla aldığı Cr (III) ise genelde optimumun altındadır.

Cr (III) bileşiklerinin ve metalik kromun toksik etkisi kesin olarak kanıtlanmış değildir. Buna karşılık Cr (IV) bileşikleri 100-1000 kat daha toksiktir ve insanlarda akut ve kronik toksisitelere neden olabilir. Kromat ve dikromatlar deri zararları mal arına (aşırı iltihaplanma, alerji) yol açabilir. Kıtsal yer kabuğu ortalama 80 mg/kg Cr içermektedir. Serpatin ve ultrabazik mergamatitler 3400 mg/kg'a kadar Cr içermektedirler. Almanya'da topraklar çoğunlukla 5-100 mg/kg, bazı durumlarda 300 mg/kg'a kadar ve kromca zengin endüstriyel atık sular ve atık maddelerle kontamine olmuş topraklarda benzer şekilde 3000 mg/kg'a kadar Cr içermektedir.

Krom topraklarda çok düşük çözünürlüğe ve benzer şekilde düşük taşınma kapasitesine ve alınabilirliğe sahiptir. Seksen yıldan beri atık su kontaminasyonuna uğrayan çeltik tarlalarından tüm kromun üst toprakta tutulduğu saptanmıştır. Krom alınabilirliğinin düşük olması, bitkilerin krom içeriğinin de düşük olması nedeniyle (genelde 0,1-1,0 mg Cr/kg madde) açıktır. Toprağa arıtma çamuru uygulanması yoluyla krom uygulaması durumunda, arıtma çamurundaki krom alınabilirliğinin düşük olması nedeniyle bitkilerin krom içeriğinde çok az bir artış gözlenmektedir.

İnsanların Cr (III) gereksinimlerinin karşılanması açısından, bitkilerin krom içeriğindeki hafif artış pozitif olarak değerlendirilebilir. Kurşunda olduğu gibi, bitki krom aldığı zaman, bunun önemli bir kısmı kök veya kök yüzeyi tarafından dışarı verilir ve sadece az bir kısmı bitkinin üst organlarına taşınır. Bu nedenle krom bitkinin çeşitli aksamalarında şu sıraya bağlı olarak azalmaktadır: Kök >yaprak>tane> meyve.

Nikel: Nikel bazı hayvanlar için mutlak gerekli bir iz element olarak görülmektedir ve bitkiler ve mikroorganizmalar için de düşük konsantrasyonunun olumlu etkisinin olduğu kabul edilmektedir. Ancak, insanlar üzerinde olumlu etkisi henüz kesin olarak belirlenmiş değildir. Gıdalar aracılığıyla kişi başına günlük nikel alımı 0,3-0,5 mg dolayındadır. Ağız yoluyla alınan nikelin çok az kısmı resorbe olduğundan nikel içeriği yüksek besin maddelerinin olumsuz etkisine henüz rastlanmamıştır. Buna karşılık nikel tozlarının (Ni oksit, Ni sülfür, Ni karbonat) solunumuyla alınması akciğer kanserine neden olabilir. Kömür (10-50 mg/kg Ni), Petrol (49-345 mg/kg Ni) ve Ni içeren benzinlerin yanması sonucu meydana gelen nikel karbonilde kısmen kanserojen etkili madde özelliği taşımaktadır. Kömür ve petrolün yanması ve motorlu araçlar aracılığıyla nikel havadan toprağa ulaşmaktadır. Toprakta Ni adsorpsiyonu ve bağlanması önemli ölçüde Mn, Fe ve Al oksitlerle ve kil mineralleri ile olmaktadır. Nikelin önemli bir kısmı da silikatik bağlantı şeklinde litojen olarak bulunmaktadır. Kontamine olmamış toprakların doygunluk ekstraktlerinde nikel içeriği < 10-90 g/L, sızan suda 3-15 μ g/L olarak ölçülmüştür. Nikel bakımından zengin topraklarda toprak çözeltisinde 3,3 μ g/L Ni saptanmıştır. Bu topraklardaki bitkilerde nikel toksisitesi ortaya çıkmaktadır. Nikel çözünürlüğü Cd ve Zn'da olduğu gibi toprak reaksiyonuna bağlıdır. pH<6' da suda çözünebilir ve değişebilir Ni içeriği önemli ölçüde artmaktadır. Bitkilerin Ni içeriği genelde <3 mg/kg maddedir. Almanya'da yetişen buğday ve çavdar bitkilerine ait birçok örnekte tanede 0,3-1,8 düşüklüğüne neden olan yüksek Ni içeriğine (300 mg/kg kuru maddeye kadar) nikelce zengin

topraklarda rastlanmaktadır. Nikel, kadmiyumda olduğu gibi oldukça yüksek fitotoksik etkilemeye sahiptir. Besin çözeltileri denemelerinden elde edilen sonuçlara göre nikel, besin çözeltilerinde 1-2 mg/L Ni, bitki materyalinde 11-30 mg/kg Ni (kuru madde) bulunması toksik etki gösterebilir. Çeşitli topraklarda yapılan bitki denemeleri sonuçlarına göre de bitkinin nikel içeriğinin 20-50 mg/kg (kuru madde) olması durumunda verim düşüklüğü ortaya çıkmaktadır (Özbek, 1993).

Nikel hemen her türden canlıda yüksek düzeylerde alınma durumunda veya uzun süreli maruziyetlerde zehir etkisi gösterir. Etkilenen hayvanlarda ve insanlarda dermatitler ve solunum sistemi bozukluklarıyla kendini gösteren zehirlenmelere neden olur (Şanlı, 2002).

i Hedef dokular:

Ciltte temas ettiği bölgeler, ses telleri, akciğerler, burun geçitleri.

ii Zehirlenme belirtileri:

İştahsızlık, mavi renkli dudaklar, kanser, temas dermatiti, diyare, ateş, baş ağrısı, baş dönmesi, uyku problemleri, bulantı, hızlı kalp atışı, nefes darlığı, kusma.

Bakır: Bakır bütün canlıların beslenmesi için mutlak gerekli bir elementtir. Cu fazlalığında bitkiler ve hayvanlarda (daha çok koyunlarda) Cu toksisitesi ortaya çıkabilmektedir. Buna karşılık insanlarda kronik bakır zehirlenmesi pek bilinmemektedir. Yerkabuğunun, karasal kısmının ortalama Cu içeriği 35 mg/kg düzeyinde, kayalarda ise 4-9 mg/kg arasında değişmektedir. Magmatik ve bakırca zengin koyu renkli kayalarda bakır sülfür (Cu_2S , CuFeS_2), oksitlenmeden sonra malakit ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$) şeklinde bulunur. Bunun yanında silikatlarda Mg^{+2} ve Fe^{+2} yerine bağlanabilmektedir. Kirlenmemiş topraklarda Cu içeriği genel olarak 2-40 mg/kg, kirlenmiş topraklarda ise 1000 mg/kg Cu kadar saptanmıştır. Bakır her şeyden önce toprakta organik maddelere, mangan ve demir oksitlere bağlı olarak bulunmaktadır. Bunların dışında silikatlara bağlı olarak, az miktarda değişebilir ve çözünebilir formda bulunur.

Bakır bitkiler tarafından Cu^{+2} olarak ve muhtemelen düşük moleküllü organik kompleksler şeklinde ve kısmen de anorganik komplekslerden alınmaktadır. Bunun için kirlenmemiş kültür topraklarında Cu alımı üzerine pH'nın ($\text{pH}>5$) etkisi yok denecek kadar az olmaktadır. Böylece Cu noksanlığına CaCO_3 'lü topraklarda ender rastlanmaktadır.

Bitkilerin Cu içeriği genellikle 2-20 mg/kg kuru ağırlık arasında bulunmaktadır. Tahıllarda verimi sınırlayan Cu miktarı gelişmesini tamamlamış genç topraklarda 1,5 mg/kg kuru ağırlık üzerinden saptanmıştır. Diğer bitkilerde kritik değer olarak toprakta 2-5 mg/kg kuru ağırlık değerleri verilebilmektedir.

Fazla miktarda bakır toksik etki yapar ve vücuttaki bazı enzimlerin etkinliğini engeller (Baysal 1999, Soylak ve Doğan 2000). Hayati öneme sahip enzimlerin etkinliklerinin bakır tarafından engellenmesi karaciğerin görevinin bozulmasına neden olur. Bu durum karaciğer nekrozunu başlatır ve bu organda bakırın depolanmasına yol açar (Kaya ve Akar, 1998). Vücutta gereğinden fazla bakır birikmesi ‘‘Wilson Hastalığı’’ olarak bilinmektedir. Bu hastalığın belirtileri arasında sinir sistemi bozuklukları, karaciğer sirozu, gözde renk halkası oluşması sayılabilir (Baysal, 1999). Bakıra kısa süreli maruz kalmada gastrointestinal ağrılar görülürken uzun süreli maruziyetlerde karaciğer ve böbreklerde tahribat olduğu bildirilmektedir (Liu ve ark., 1997, Bradshaw ve Powell 2000).

Kobalt: Kobalt, hayvanlar ve insanlar için özellikle B12 vitaminin ve bunun türevlerinin (Kobalamitler) yapısında bulunan bir madde olarak mutlak gereklidir. Ayrıca Rhizobiut'anı (baklagillerde) N₂ bağlamasında, çeşitli bakterilerin ve mavi yeşil alglerin bu gibi faaliyetlerinde gereklidir. Bunun yanında kobaltın zorunlu besin maddesi olarak yüksek bitkilerde spesifik bir fonksiyonu olup olmadığı şimdye kadar doğru olarak saptanamamıştır. Karasal yerkabuğunun ortalama kobalt içeriği 18 mg/kg' dır. Yüksek miktarda Fe ve Mn' ca zengin minerallerden oluşan kayalar yüksek miktarda Co içermektedir. Ultrabazik kayaları ortalama 4, kireç taşları 2 mg/kg, kum taşları ve kumlar kobaltça fakirdirler ve en az 1 mg/kg Co içerirler.

Bitkilerdeki Co içeriği genelde 0,02-0,5 mg/kg arasında bulunmuştur ve bu değer baklagillerde daha yüksektir. Geviş getiren hayvanlarda Co noksanlığını önlemek için yemlerin Co içeriği en azından 0,08 mg/kg olması gerekir. Co noksanlığını ortadan kaldırmak için çayırılara 2 kg CoSO₄.7H₂O /ha gübresi veya bakır cürufu verilmesi önerilmektedir. Böyle bir gübreleme genel olarak 5 yıl boyunca yeterli olmaktadır. Toprakta Mn ve Fe oksitlerin miktarı çok ise Co' ın tutulması nedeniyle gübrelemenin sıklaştırılması olur.

Co noksanlığı daha çok kobaltça fakir, kumlu topraklarda, toprak reaksiyonu nötürden alkaline kadar yükselen, aynı şekilde oksitlerce zengin topraklarda kobaltın tutulması nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Co noksanlığı ABD'nin çeşitli bölgelerinde, Avustralya

ve İskoçya'da geniş alanlara yayılmıştır. Toprağın yüksek kobalt içeriğinin bitkiler üzerine yaptığı toksik etkisine nadiren rastlanmaktadır. Özellikle mutlak gerekli diğer mikroelementlerin etkisini azaltma şeklinde ortaya çıkabilir. Hayvanlarda ve insanlarda yemlerin ve gıda maddelerinin yüksek miktarda Co içeriklerinden dolayı Co toksisitesine pratik olarak rastlanmamıştır.

Selenyum: Selenyum bazı bitkiler için yararlı bir elementtir. Ancak hayvanlar ve insanlar için mutlak gereklidir. Selenyumun fazlalığı bütün canlılar için toksik etkiye sahiptir. Bunun yanında hayvanlarda selenyum eksikliği ile toksik etkisi arasındaki sınır çok dardır. Genel olarak toprakta Se içeriği 0,02-2 mg/kg, orta ve kuzey Almanya topraklarında 1 mg/kg'dan daha az bulunmaktadır. Selenyum tıpkı klor, brom ve iyot gibi kısmen deniz havası ile toprağa ulaşmaktadır. Selenyumun toprak içinde bağlanma şekli ve oksitlenme basamağı büyük ölçüde redoks koşullarına ve pH değerine bağlı olarak belirlenmektedir.

Bitkiler selenyumu topraktan selenat ve selenit şeklinde alırlar. Selenyum içerikleri genel olarak 0,01-1 mg/kg kuru madde arasındadır. Mera bitkilerinde içerik mevsimlere göre değişir. Hayvanlarda selenyum eksikliği yemlere selenyum eklenerek önlenir. Hayvan besleme için optimal selenyum içeriği yemlerin kuru maddesinde 0,1 mg/kg kadardır. Toprakların alınabilir Se içeriği çözünebilir selenat ve selenit tarafından belirlenir. Asitli topraklarda, son derecede okside edici koşullarda ve yüksek miktarlarda Fe ve Mn oksitlerin bulunması durumunda güçlü ve selenit adsorpsiyonu nedeniyle alınabilir selenyum miktarı düşüktür. Yüksek miktarda alınabilir selenin bulunması alkali pH'larda ve kuvvetli okside edici koşullarda, düşük Se adsorpsiyonu nedeniyle olabilir (Özbek, 1993).

Mangan: Mangan bütün canlılar için mutlak gerekli bir elementtir. Yerkabuğunda ortalama Mn içeriği 800 mg/kg'ı bulmakta ve bu değer çeşitli kayalarda 10-1600 mg/kg'a çıkmaktadır. Toprakların Mn içeriği genel olarak 20-800 mg/kg arasında değişmektedir.

Bitkiler manganı Mn^{+2} şeklinde alırlar. Böylece Mn alımı toprak reaksiyonu kadar redoks oluşumunun da etkisi altındadır. pH yükseldikçe çavdar ve çayırlarda saptandığı gibi bitkilerin mangan alımı düşmektedir. Mangan noksanlığına karşı bezelye, yulaf, hayvan pancarı ve patates çok duyarlıdır. Bazen bitkilerde Mn noksanlığı belirtileri görülmediği halde, gizli noksanlığına rastlanabilir. Birçok kültür bitkilerinde noksanlık belirtileri sınırı kuru ağırlık üzerinden 15-20 mg/kg şeklindedir.

Bitkilerin Mn içeriği 1000 mg/kg'ın üzerine çıkarsa Mn toksisitesi sonucunda verimde düşüşün ortaya çıkacağı açıktır. Mangan toksisitesi bitki çeşidine de bağlıdır. Örneğin arpada Mn içeriği kuru ağırlıkta 150-200 mg/kg'a ulaştığı zaman verimde düşüş olmaktadır. Buna karşılık pamukta bu miktar 2000-5000 mg/kg kuru ağırlık değerine kadar çıkmaktadır. Mangan toksisitesi pH yükseltilerek önlenir. Bitkilerde mangan noksanlığını %1,5'lük $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ çözeltilisini yapraktan püskürterek önlemek mümkündür.

Civa: Doğal su kaynakları içinde civa bileşiklerine çok az rastlanır. Konsantrasyon genellikle $0,1\mu g/L$ ' den daha düşüktür. Daha yüksek konsantrasyonlar, atık sularda bulunabilir. Sularda civa bulunması, sanayi veya ilaç kirliliğinin işaretidir. Civa kloralkali elektrolizinde elektrot olarak kullanılır. Piller ve bazı tarım ilaçları da çevrede civa kirlenmesine neden olur. Deniz sularında yaklaşık $0,2\mu g/L$ konsantrasyonunda civa bulunur. Deniz suyunda bulunan civa yosunlarda ve bazı balık cinslerinde birikmeye neden olur. Böylece civa normal konsantrasyonun binlerce katı birikim yapabilir.

Civa yüksek toksik özelliği olan bir elementtir. Bu özelliği ile antiseptik olarak ve mantarlara karşı tarım ilacı olarak çok eskiden beri kullanılmaktadır. Bir insanı öldürücü civa dozu, 20 mg'dan 3,0 mg'a kadar değişir. Ancak az miktarda civa dozu uzun süre etkimesi halinde kronik zehirlenmeye neden olabilir.

i. Hedef organlar:

Beynin iştah ve acı merkezleri, hücre zarları, böbrekler, sinir sistemi.

ii. Zehirlenme belirtileri:

Doğuştan ya da çocuklukta ortaya çıkan sinir sistemi ve fiziksel gelişim bozuklukları, kansızlık, iştahsızlık, anksiyete, körlük, kolit, depresyon, dermatitler, çiğneme ve yutma güçlükleri, baş dönmeleri, duygusal dengesizlikler, yorgunluk, ateş, halüsinasyonlar, baş ağrısı, duyma kaybı, yüksek tansiyon, uyku problemleri, böbrek hasarı veya fonksiyon bozukluğu, tat ve koku almama problemleri, hafıza kaybı, kas koordinasyonu kaybı, ağızda metalik tat, uyuşma hissi, psikozlar, el titremeleri, görme bozuklukları, vücut zayıflığı, kilo kaybı. İçme ve kullanma sularında civa için sınır değeri $1\mu g/L$ 'dir.

Arsenik: Arsenik suda hem organik hem de inorganik bileşikler halinde +3 veya +5 değerlikli olarak bulunur. +3 değerlikli arsenik +5 değerlikli olandan daha fazla toksik

etki gösterir. Suyu genellikle maden ocakları ve metalurjik işletmelerin atık sularından karıştır. Tarımda herbisit olarak kullanılan bazı arsenikli ilaçlarda zamanla suya geçer. Arsenik insan vücudu için olduğu kadar, bütün canlılar için de toksik bir elementtir. Sularda 100µg/L' den fazla arsenik bulunması halinde su içinde yaşayan bütün canlılar için öldürücü etki yaratır. Ancak kaplıca sularında az miktarda bulunması cilt hastalıkları için tedavi edici bir rol oynar.

Hedef organlar:

Özellikle mide-bağırsak sistemi, akciğerler ve cilt olmak üzere vücudun pek çok organı.

Zehirlenme belirtileri:

Karın ağrısı, ağız ve boğazda yanma, kanser, koma, diyare, mide bulantısı, dolaşım sistemi problemleri, ciltte lezyonlar. Kronik olarak arseniğe maruz kalmanın en büyük tehlikesi akciğer ve cilt kanserleridir.

2.11. İçme Suyu Standartları

İçme suyunda aranan iki temel özellik, sağlığa zararlı olmaması ve içiminin hoş olmasıdır. Bunu sağlamak üzere, içme ve kullanma sularının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile bakteriyolojik özellikleri standardize edilmiştir.

İçme ve kullanma suları standartlarında suların özellikleri genellikle beş ayrı grup altında verilmektedir. İçme sularının fizikokimyasal özellikleri Çizelge 2.9' da, suda fazla miktarda bulunması istenilmeyen maddeler Çizelge 2.10' da, suda bulunabilecek toksik maddeler Çizelge 2.11' de, içme suyu standartları Çizelge 2.13'te verilmiştir.

Çizelge 2.9. İçme ve Kullanma sularının fizikokimyasal özellikleri (Anonim,2004)

Özellikler	Kaynak suları	İçme ve kullanma suları	
	Maksimum Değer (MAC)	Önerilen değer (GL)	Maksimum değer (MAC)
Sıcaklık, °C	25	-	-
pH	6,5 < pH < 8,5	6,5 < pH < 8,5	6,5 < pH < 9,2
Renk, (Pt-Co skalası)	1	1	20
Bulanıklık	5	5	25
İletkenlik, uS/cm	650	400	2000
Klorürler, mg/L	30	25	600
Serbest klor, mg/L	-	0,1	0,5
Sülfatlar, mg/L	25	25	250
Kalsiyum, mg/L	100	100	200
Magnezyum, mg/L	30	30	50
Sodyum, mg/L	20	10	175
Potasyum, mg/L	12	10	12
Alüminyum, mg/L	0,2	0,05	0,2
Kurutma kalıntısı, mg/L	500	-	1500

Çizelge 2.10. Suda fazla miktarda bulunması istenilmeyen maddeler (Anonim, 2004)

Özellikler	Kaynak suları	İçme ve kullanma suları	
	Maksimum değer (MAC)	Önerilen değer (GL)	Maksimum değer (MAC)
Nitratlar, mg NO ₃ ⁻ /L	25	25	50
Nitritler, mg NO ₂ ⁻ /L	0,1	-	0,1
Amonyum, mg NH ₄ ⁺ /L	0,05	0,05	0,5
Kjeldahl azotu, mg/L	1	-	1
Permanganat indeksi, mg/L	5	2	5

Çizelge 2.10. Suda fazla miktarda bulunması istenilmeyen maddeler (Anonim, 2004) (devam)

Özellikler	<u>Kaynak suları</u>	<u>İçme ve Kullanma Suları</u>	
	Maksimum değer (MAC)	Önerilen değer (GL)	Maksimum değer (MAC)
Kloroform ekstraktı, mg/L	0,2	0,1	0,5
Bor, µg/L	1000	1000	2000
Yüzey aktif maddeler	200	-	200
Demir, µg/L	50	50	200
Mangan, µg/L	20	20	50
Bakır, µg/L	100	100	3000
Çinko, µg/L	100	100	5000
Fosfor, µg/L	400	400	5000
Florür, µg/L	700	-	700
Askıdaki katı maddeler, mg/L	0,5	Bulunmamalıdır	1
Baryum, µg/L	100	100	300
Gümüş, µg/L	10	-	10

Çizelge 2.11. İçme ve kullanma suları için toksik madde limitleri (Anonim, 2004)

Bileşenler	<u>Kaynak suları</u>	<u>İçme ve kullanma suları</u>
	Maksimum değer	Maksimum değer
Arsenik, µg/L	50	50
Kadmiyum, µg/L	5	5
Krom, µg/L	50	50
Civa, µg/L	1	1
Nikel, µg/L	50	50
Kurşun, µg/L	50	50
Antimon, µg/L	10	10
Selenyum, µg/L	10	10
PCB' ler, µg/L	0,1	0,1
Toplam pestisitler, µg/L	0,5	0,5

Her Ülke kendi ulusal içme suyu kriterlerini kendisi belirlemektedir. Ancak Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) içme ve kullanma suları için temel kriterler belirlemiştir. Diğer taraftan Avrupa Birliğince, birliğe dahil ülkeler için ortak bir içme suyu kriteri önerilmiştir. Avrupa Birliği ve WHO, A.B.D., Hollanda içme suyu standartları Çizelge 2.12 ve Çizelge 2.13' de verilmektedir.

Çizelge 2.12. Avrupa Birliği İçme Suları Standartları (80/778/EEC)

Özellikler	Önerilen değer (GL)	Maksimum değer (MAC)
Sıcaklık, °C	12	25
pH	6,5 < pH < 8,5	6,5 < pH < 8,5
Renk, (Pt-Co skalası)	1	20
Bulanıklık, (mg/L SiO ₂)	1	10
iletkenlik, μ S/cm	400	-
Klorürler, mg/L	25	-
Serbest klor, mg/L	0,1	0,5
Kalsiyum, mg/L	100	-
Magnezyum, mg/L	30	50
Sodyum, mg/L	20	175
Toplam çözünmüş tuz, mg/L	-	1500
Bor, μ g /L	1000	-
Demir, μ g /L	50	200
Mangan, μ g /L	20	50
Fosfor, P ₂ O ₅ olarak, μ g /L	400	5000
Flor, μ g /L	-	700
Arsenik, μ g /L	-	10
Kadmiyum, μ g /L	-	5
Civa, μ g /L	-	1
Kurşun, μ g /L	-	50
PAH, μ g /L	-	0,2
Toplam koliform, MPN/100 ml	-	< 1

Çizelge 2.12. Avrupa Birliği İçme Suları Standartları (80/778/EEC) (devam)

Özellikler	Önerilen değer (GL)	Maksimum değer (MAC)
Fekal koliform, MPN/100 ml	-	<1
Toplam koloniler/ml , 37°C	10	
Toplam koloniler/ml , 22°C	100	

Çizelge 2.13. Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO), A.B.D. ve Hollanda İçme Suyu Standartları

Toksik Maddeler	WHO			A.B.D.			Hollanda		
	Beynelmilel		Avrupa	USPHS		SDWA	DW A	NWWA	
Madde	Std.	Hedef	Std.	Std.	Hedef	Std.	Std.	Hedef	
Arsenik	mg/l	0,05	-	0,05	0,05	0,01	0,05	0,2	-
Baryum	mg/l	-	-	-	1,0	-	1,0	-	-
Kadmiyum	mg/l	0,01	-	0,01	0,01	-	0,01	-	-
Krom(6 değerlik)	mg/l	-	-	0,05	0,05	-	0,05	0,05	-
Siyanür	mg/l	0,05	-	0,05	0,2	-	0,2	0,01	-
Kurşun	mg/l	0,1	-	0,1	0,05	-	0,05	0,1	-
Sulfat>250	mg/l	150	30	30	-	-	-	-	-
Sulfat<250	mg/l	150	-	125	-	-	-	-	-
Civa	mg/l	0,001	-	-	-	-	0,002	-	-
Nitrat	mg/l	45	-	100	-	45	45	100	-
Nitrit	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,1	-
Selenyum	mg/l	0,01	-	0,01	0,01	-	0,01	0,05	-
Gümüş	mg/l	-	-	-	0,05	-	0,05	-	-
Radyo Aktivite-alfa	pCi/l	3	-	3	-	-	15	-	-
Radyo Aktivite-beta	pCi/l	30	-	30	1000	-	50	-	-
Radyum 226/228	pCi/l	-	-	-	3	-	5	-	-
Stronsiyum 90	pCi/l	-	-	-	10	-	8	-	-
Trityum	pCi/l	-	-	-	-	-	20000	-	-
Endrin	mg/l	-	-	-	-	-	0,0002	-	-
Lindan	mg/l	-	-	-	-	-	0,004	-	-
Toksafen	mg/l	-	-	-	-	-	0,005	-	-

2.12.Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS)

1955 yılından sonra geliştirilmiş olan atomik absorpsiyon spektroskopisi, yüksek sıcaklıkta gaz halinde bulunan element atomlarının elektromagnetik ışınları absorplaması üzerine kurulmuştur. Absorplanan elektromagnetik ışınlar genellikle ultraviyole ve görünür alan ışınlarıdır. Bir elementin atomik absorpsiyon spektroskopisiyle analizini yapmak için o elementin önce nötral hale, sonra buhar haline getirilmesi daha sonra da bir kaynaktan gelen elektromagnetik ışın demetinin yoluna konulması gerekir. Bu işlem, ya elementi bileşik halinde ihtiva eden bir çözeltinin sis halinde yüksek sıcaklıktaki bir alev içine püskürtülmesi veya elementi bileşik halinde içeren numunenin (çözelti veya katı) karbon numune kabına konarak kabın elektrik arkıyla akkor haline getirilmesi suretiyle gerçekleştirilir (Gündüz, 1999).

Atomik absorpsiyon cihazı başlıca dört kısımdan oluşur, bunlar sırasıyla şunlardır.

- 1- Işın kaynağı
- 2- Numune kabı
- 3- Monokromatör
- 4- Dedektör

2.12.1. Işın kaynağı

Atomik absorpsiyon cihazlarında ışın kaynağı olarak genellikle oyuk katotlu lambalar kullanılır. Lambanın katot ve anodu volframdan yapılmıştır. Katodun ucundaki çukur ya tayini yapılan maddeden yapılmıştır veya tayini yapılan maddeyle kaplanmıştır. Lambanın içinde 1-2 mm Hg de Helyum veya Argon bulunur. Katodun tam karşısındaki kısım kuvarstan yapılmış bir penceredir (ultraviyole ve görünür alan ışınlarını geçirmesi için).

Oyuk katotlu lambalar uzun silindirik bir yapıda olduklarından, gaz haline geçmiş olan metal atomları genellikle tekrar katot üzerinde toplanırlar. Bunun sonucu lamba uzun süre (yaklaşık bin saat gibi) kullanılır. Lambalarda gereğinden yüksek potansiyel kullanılmamalıdır. Yüksek potansiyel gaz halinde çok metal atomu oluşturur; bunlardan pek çoğu uyarılmış atomdurlar. Atomların yaydığı ışınları absorbe ederler ve ışın demetinin şiddetini düşürürler. Bundan başka Doppler genişlemesini de arttıırırlar.

2.12.2. Numune Kabı

Çözelti için absorpsiyon spektrofotometrelerinde özel numune kapları kullanıldığı halde, atomik absorpsiyon spektrofotometrelerinde alev veya yüksek sıcaklıktaki bir ortam (ark ortamı gibi) bu işi görür. Başka bir deyimle numune, yüksek sıcaklıktaki bir ortamda bulunur. Bu amaçla en çok kullanılan ortam asetilen/oksijen alevi ortamıdır.

Alev ortamında element atomları olduğundan ve bunlardan çok büyük bir kısmı uyarılmamış halde bulunduğundan, yukarıda tanımlanan lambadan alevin içine gönderilen tayini yapılacak elementin rezonans ışın demetinin önemli bir kısmını absorplar. Absorpsiyonun şiddeti, sis haline getirilen damlacıkların büyüklüğüne, alevin şekline, sıcaklığına ve söz konusu elementin oksitlenme derecesine bağlı olarak değişir (Gündüz, 1999).

2.12.3. Monokromatör ve Dedektör

Monokromatörün görevi, absorplanacak belli dalga boylarındaki ışını diğer ışınlardan ayırmaktır. Işın ayırıcı olarak prizma veya optik ağ kullanılır. Ayrılan ışın elektrik sinyaline dönüştürülmek üzere dedektöre gönderilir. Fotoalıcılar yardımı ile elektrik sinyalleri dijital, analog veya bir yazıcıdan absorpsiyon olarak verilir. Gerektiğinde bilgisayar bağlantısı ile doğrudan konsantrasyon olarak da okunabilir (Demir, 1986).

2.12.4. AAS Aleti ve Çalışma İlkeleri

İlk ticari AAS aleti 1960 yılında piyasaya çıkarılmıştır. Bugüne kadar değişik firmalar tarafından değişik markalarda birçok modeller geliştirilmiştir. Bu alandaki gelişmeler iki yönde sürmektedir. Bir yandan daha hassas sonuçların alınmasını sağlayıcı yönde gelişmeler sürdürülürken, diğer yandan analiz sırasında karşılaşılan bir takım girişimleri veya zemin absorpsiyonlarını giderici yönde, otomasyonu sağlayacak şekilde alet geliştirilmesine çalışılmaktadır. Mesela, normal alevli atomlaştırıcılar yerine grafit fırın veya ark sistemlerinin kullanıldığı alevsiz atomlaştırıcılar, zemin absorpsiyonunu giderici çeşitli zemin düzeltme teknikleri, uçuculuğu yüksek arsenik, selenyum, cıva gibi elementlerin analizinde duyarlılığını arttıran soğuk buhar veya hidrür sistemleri, numunenin doğrudan alevle verildiği platin halka teknikleri, AAS aleti üzerindeki gelişmelere örneklerdir.

AAS'nin çalışma prensibi şu şekilde özetlenebilir. Işın kaynağı, katot maddesine uygun olarak, genellikle tek dalga boyunda ışın yayar. Atomlaştırıcı ünitesinde, analizlenecek elementin atomları oluşturulur. Deney koşullarında, temel haldeki atomlar çoğunluktadır. Oyuk katot lambasından gelen rezonans ışınlar, temel haldeki atomları uyarırlar ve şiddetleri azalır. Monokromatör absorplanan ışını ayırır ve dedektöre verir. Burada ışın güçlendirilir ve elektrik sinyaline dönüştürülür. Bu sinyal analog, dijital veya çizim olarak verilir. Rezonans ışının şiddeti, alevde numune bulunduğu ve bulunmadığı, durumda ölçülür. Her iki durumdaki okumaların oranı absorplamanın, dolayısıyla ölçülen elementin bir ölçüsüdür. (Demir, 1986; 1988; Ure ve Mitcheel, 1976).

2.12 5. Girişimler

AAS'de ölçüm yapılırken çeşitli girişimlerle karşılaşılır. Bunun sebepleri şu şekilde sıralanır. Alevdeki optik ışının yüksekliği, alev bileşimi, alevin yapısı, aleve verilen analiz çözeltilisinin niteliği. Alevdeki absorpsiyon yapabilecek atomların konsantrasyonuna tesir eden en önemli faktör, alevde oluşan veya numune çözeltilisinde bulunan kimyasal olaylar ve matrikslerdir. Numunenin tam olarak atomlaştırılmaması, saçılma, zemin absorplaması gibi faktörler de girişime sebep olabilir. Girişimleri 4 grupta toplamak mümkündür.

- 1- Spektral girişim
- 2- Fiziksel girişim
- 3- Kimyasal girişim
- 4- İyonlaşma girişimi.

2.13. ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektroskopisi)

ICP-OES ile tayin metodunun temel ilkesi metalik elementlerin yüksek sıcaklıkta uyarılması ve uyarılan elementin kararsız yapıdan tekrar kararlı yapıya geçerken yaydığı ışının ölçülmesi esasına dayanır.

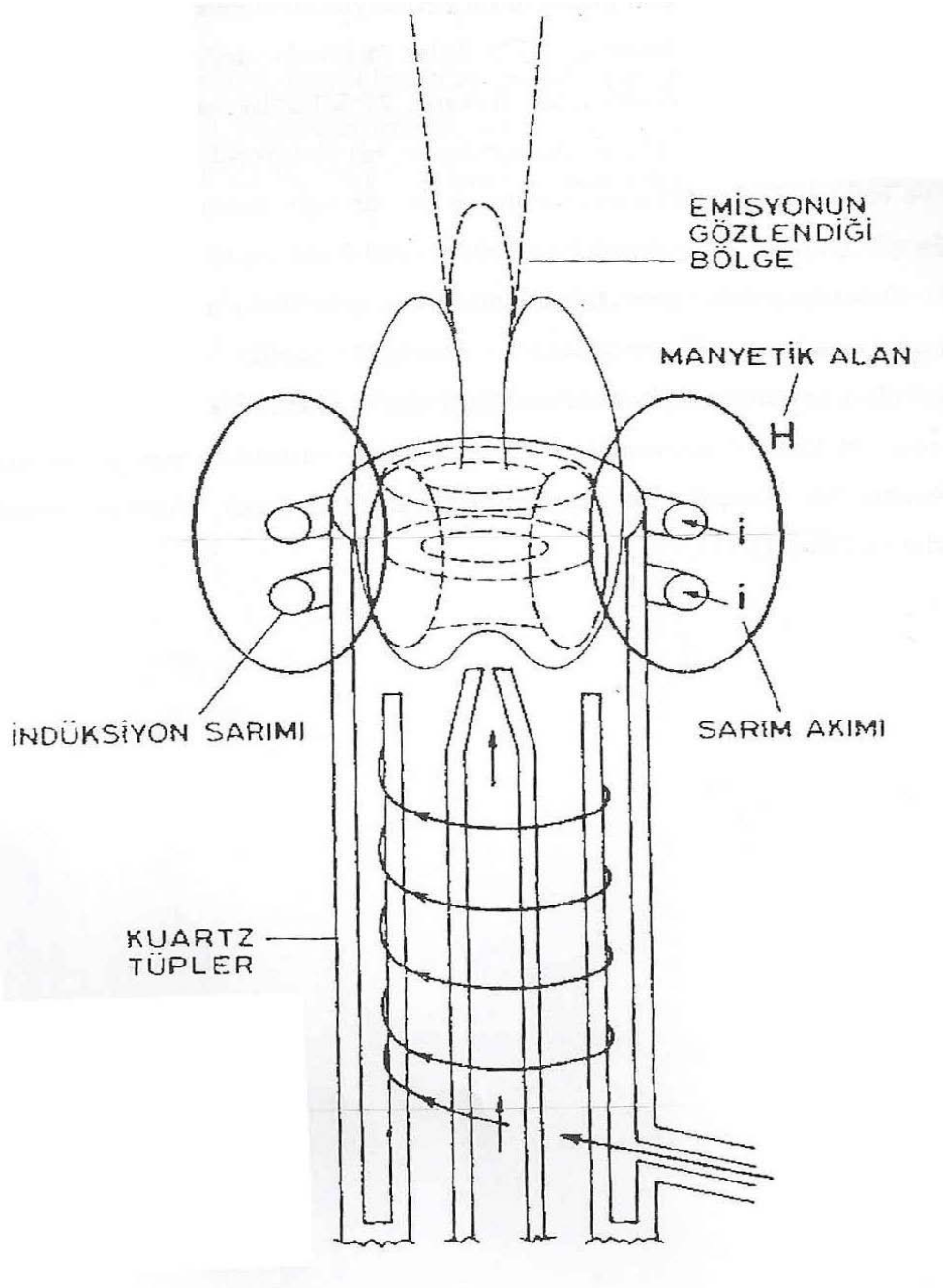
ICP-OES genel olarak; nebulizier, spre chamber, plazma, torch kısımlarından oluşur. Plazma, nötr gaz, katyon ve elektron içeren iletken bir gaz karışımı olarak tanımlanabilir. Plazma gazı olarak argon (Ar) kullanıldığından, indüktif eşleşmiş plazmada Ar, iyonlaşmış Ar ve elektron bulunduğunu söyleyebiliriz. İndüktif eşleşmiş

plazma iç içe üç kuvars borudan oluşan *hamlaç (torch)* ile oluşturulur. Argon, en dış ve ara borudan helezonik bir şekilde geçerek borunun ucuna, indüksiyon bobininin sardığı bölüme ulaşır. Genellikle bakırdan yapılmış, su soğutmalı indüksiyon bobini, hamlaca, 27 veya 40 MHz frekansında ve 0,5-1,5 kW arasında güç sağlar. Bu güç sayesinde hamlacın ucunda manyetik alan yaratılır. Tesla bobini adı verilen sistemle kıvılcım oluşturularak argonun iyonlaşması sağlanır. Plazma artık hazırdır. Numune çözeltisi bir peristaltik pompa yardımıyla sisleştiriciye gönderilir ve argon ile çarpıştırılarak aerosol üretilir. Küçük çaplı damlacıklar taşıyıcı argon ile en içteki ince borudan hamlaca ulaşır; atomlaşma/iyonlaşma gerçekleşir.

Bu analizde ICP-OES'in tercih edilmesinin sebebi absorpsiyon spektrometresine göre daha avantajlı olmasıdır. Atomik emisyon spektrometri ile atomik absorpsiyon spektrometri arasındaki en önemli fark, absorpsiyon analizlerindeki atomlaştırıcının görevi sadece atomlaştırma iken, emisyon analizlerindeki atomlaştırıcının hem atomlaştırma hem uyarma işlevi görmesidir. Yüksek sıcaklığı ve inert atmosferi, plazmayı aleve veya grafit fırına göre daha etkin bir kaynak yapar. Bu sayede, AAS ile duyarlı sonuç elde edilemeyen refrakter bileşiklerin analizi de kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Çok sayıda elementin aynı anda veya çok kısa sürede ölçülmesi de önemli avantajlarından birisidir. Bu sistemin çalışması aşağıdaki şekilde şematize edilmiştir (Yıldız ve Genç 1993).

Şekil 2.1' de görüldüğü gibi, numune çözeltisi argon gazı ile birlikte silindirik bir kuvartz tüp içinden plazmaya doğru pompalanır. Çapı bu silindirik tüpten biraz daha büyük olan ikinci bir kuvartz tüp içinden ise, plazmayı oluşturacak argon gazı geçer. Dış silindirin uç kısmına değişik sayıda indüksiyon sarımı sarılır ve bu sarımlar bir radyofrekans jeneratörüne bağlanır. Dıştaki silindirin ucunda, radyofrekans jeneratöründen gelen ve indüksiyon sarımlarından geçen akım nedeniyle bir elektromanyetik alan oluşur. Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması, bir elektron kaynağı (Tesla boşalımı) ile sağlanır ve elektronlar, indüksiyon sarımının oluşturduğu manyetik alanda hızlanarak, argon atomlarıyla çarpışırlar ve argon iyonları ile daha fazla elektronun oluşmasını sağlarlar. Bu sürecin sürekli tekrarlanmasıyla, ortamdaki argon iyonu ve elektron sayısının artması sonucu oluşan plazma, manyetik alanda enerji absorbe ederek 6000-10000 kelvin arasında değişen bir sıcaklığa ulaşır. Plazmanın manyetik alanda enerji absorbe etmesi, elektrik transformatörlerinde, birincil sarımdan ikincil sarıma enerji aktarımına benzer bir

sürecidir. Bu plazmanın içerisine giren örnek çözeltisi yüksek sıcaklıkta atomlaşır ve uyarılır (Yıldız ve Genç 1993).



Şekil 2.1. İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP; Yıldız ve Genç 1993)

2.14. ICP-MS (İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometri)

- i. Yüksek derişimde katyon ve buna eşdeğer derişimde elektron içeren, elektriksel olarak iletken bir gaz ortamı olan plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun ölçülmesidir.
- ii. ICP-MS'in en cazip yönlerinden biri, kütle spektrometrik belirlemenin optik belirlemeye göre daha düşük gözlenebilme sınırları sağlamasıdır
- iii. Katı ve sıvı örneklerde çok sayıda elementin hızlı, ucuz, hassas ve doğru biçimde, niteliksel, niceliksel ya da yarı-niceliksel olarak ölçülmesine olanak sağlayan ileri teknoloji ürünü bir analiz tekniğidir.

ICP-MS ile analiz aşağıdaki basamakları kapsar:

1- Atomlaşma

2- Atomlaştırmada oluşan atomların büyük bir kısmının, iyon akımlarına dönüşümü

3- Basamak 2' de oluşan iyonların kütle/yük oranlarına (m/z) göre ayrılması (burada m , atomik kütle birimi olarak iyonun kütlesi, z ise yüküdür)

4- Her tip iyonun sayılarının sayılması veya uygun bir dedektörle numunenin çarpışmasından oluşan iyonların ürettiği iyon akımının ölçülmesi.

Atomik kütle spektrometri, atomik optik spektrometrik yöntemlere göre daha fazla sayıda üstünlük sunar:

(1) gözlenebilme sınırları, birçok element için optik yöntemlere göre daha iyidir,

(2) genellikle tayin edilen elemente özgü önemli ölçüde basit spektrumlar elde edilir ve bunların yorumları kolayca yapılır.

(3) atomların izotop oranları ölçülebilir.

Sakıncası ise; ICP-MS cihazı optik atomik cihazlara göre iki veya üç kat daha pahalıdır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Karaman merkez ve çevresinde tespit edilen 25 merkezden bir yılın 4 mevsiminde alınan su örnekleri materyali oluşturmaktadır. Örneklerin üçer aylık periyotta aynı noktalardan alınmasına dikkat edilmiştir. Örnekler 1 litrelik polietilen kaplara alınmış ve asit ilave edilerek muhafaza edilmiştir.

3.2. Ölçme Metodu

Eser element analizleri son zamanlarda çevre ve canlı sağlığı açısından çok büyük önem kazandığından, hızla yeni analiz teknikleri geliştirilmekte ve uygulamaya konulmaktadır. Ancak her metodun kendine has belirli özellikleri, avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Her bir metotta numunenin analize hazırlanması veya metodun o numuneye duyarlılığı farklıdır.

Eser element analizleri, numune matriksinin anorganik veya organik oluşuna göre farklı şekillerde yapılır. Bu iki grup numune arasındaki en önemli fark, numune maddesinin analize hazırlanması aşamasındadır. Analitik kimyada eser element tayini için klasik ve aletli metotlar kullanılır. Genellikle kalitatif analiz için klasik, kantitatif analiz için de aletli analiz metotları kullanılmaktadır (Demir, 1986).

Aletli metotlar ile element analizi, elementin çeşitli özelliklerinin ölçülmesi esasına dayanır. Eser element tayininde genellikle Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) kullanılır (Baucells ve ark., 1985; Kartal ve ark., 1992; Berrow ve Stein, 1983; Baucells ve Kelipo, 1985; Lau ve ark., 1983; Jackson ve ark., 1991; Hinds ve Jackson, 1991). AAS ölçme süresinin kısa ve hassasiyetinin yüksek olması nedeniyle yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Toprağın, bitkinin ve gübrenin analizinde en iyi metot Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisidir (FAAS) (Cresser ve ark., 1986). Daha sonra da Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi gelir (GFAAS) (Baucells ve Kelipo, 1985).

ICP-OES ile tayin metodunun temel ilkesi metalik elementlerin yüksek sıcaklıkta uyarılması ve uyarılan elementin kararsız yapıdan tekrar kararlı yapıya geçerken yaydığı ışının ölçülmesi esasına dayanır.

ICP-OES genel olarak; nebulizier, sprey chamber, plazma, torch kısımlarından oluşur. Plazma, nötr gaz, katyon ve elektron içeren iletken bir gaz karışımı olarak tanımlanabilir. Plazma gazı olarak argon (Ar) kullanıldığından, indüktif eşleşmiş plazmada Ar, iyonlaşmış Ar ve elektron bulunduğunu söyleyebiliriz. İndüktif eşleşmiş plazma iç içe üç kuvars borudan oluşan *hamlaç (torch)* ile oluşturulur. Argon, en dış ve ara borudan helezonik bir şekilde geçerek borunun ucuna, indüksiyon bobininin sardığı bölüme ulaşır. Genellikle bakırdan yapılmış, su soğutmalı indüksiyon bobini, hamlaca, 27 veya 40 MHz frekansında ve 0,5-1,5 kW arasında güç sağlar. Bu güç sayesinde hamlacın ucunda manyetik alan yaratılır. Tesla bobini adı verilen sistemle kıvılcım oluşturularak argonun iyonlaşması sağlanır. Plazma artık hazırdır. Numune çözeltisi bir peristaltik pompa yardımıyla sisleştiriciye gönderilir ve argon ile çarpıştırılarak aerosol üretilir. Küçük çaplı damlacıklar taşıyıcı argon ile en içteki ince borudan hamlaca ulaşır; atomlaşma/iyonlaşma gerçekleşir.

Bu analizde ICP-OES'in tercih edilmesinin sebebi absorpsiyon spektrometresine göre daha avantajlı olmasıdır. Atomik emisyon spektrometri ile atomik absorpsiyon spektrometri arasındaki en önemli fark, absorpsiyon analizlerindeki atomlaştırıcının görevi sadece atomlaştırma iken, emisyon analizlerindeki atomlaştırıcının hem atomlaştırma hem uyarma işlevi görmesidir. Yüksek sıcaklığı ve inert atmosferi, plazmayı aleve veya grafit fırına göre daha etkin bir kaynak yapar. Bu sayede, AAS ile duyarlı sonuç elde edilemeyen refrakter bileşiklerin analizi de kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Çok sayıda elementin aynı anda veya çok kısa sürede ölçülmesi de önemli avantajlarından birisidir (Yıldız ve Genç 1993).

Bu çalışmada ICP-OES ölçüm tekniği kullanılmış ve hassas sonuçlar elde edilmiştir.

3.3. Ölçmelerle İlgili Deneysel Parametreler

Bu çalışmada toplanan numuneler 5 ml HNO₃ eklenerek polietilen kaplarda saklandı. Daha sonra 1000 ml olan bu numuneler hot-plate ısıtıcılar ile düşük sıcaklıkta 50 ml olacak şekilde buharlaştırıldı. Numuneler 20 kat deriştirilmiş oldu. Kalan miktar mavi bant süzgeç kağıdından süzülerek ölçüme hazır hale getirildi.

3.4. Ölçmelerde Kullanılan Alet, Malzeme ve Kimyasal Maddeler

1. Hot-plate ısıtıcı

2. Mikropipetler (0-50 μ L, 50-200 μ L, 200-1000 μ L)
3. Beherler (10 ml, 25ml, 50 ml, 100 ml)
4. Balon jojeler (25 ml, 50 ml, 100 ml, 500 ml, 1000 ml)
5. Pipetler
6. Piset
7. Distile ve ultra saf su aleti (Advantage 10, Millipore)
8. % 65' lik HNO₃ (Nitrik Asit, Merck, analitik saflıkta)
9. Plastik kaplar
- 10- Argon Gazı (Yüksek saflıkta, Boss)

3.5. Cihazlar

ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optic Emission Spektrometer, Agilent/720 Series ICP-OES)

3.6. Numune Toplama ve Hazırlama

Analizi yapılacak suyun alınacağı yer, zaman ve şekli önemlidir. Bu faktörlerde meydana gelebilecek değişimler analizi yapılan suyun konsantrasyonunu doğrudan etkileyecek ve hatalara sebep olacaktır. Bu yüzden numune toplarken aşağıdaki hususlar dikkate alınmıştır.

1. Analizi yapılacak olan kaynak ve gölet suları Karaman'ın farklı bölgelerinden ve yerli halk tarafından farklı özellikleri olduğu iddia edilen sulardan seçilmiştir.
2. Su numuneleri alınırken numune alma zamanının mevsimlerin tam ortasına gelmesine özen gösterilmiştir.
3. Su numuneleri 1 takvim yılını kapsayacak şekilde 4 farklı mevsimde alınmıştır.
4. Numune alınırken polietilen kaplar kullanılmıştır.
5. Numune almadan önce numune kapları saf su ile yıkanmıştır.
6. Numune alma esnasında numune kapları numune suyu ile en az iki kez çalkalanmıştır.
7. Numune kapları hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulmuştur.
8. Numune kabının ağzı hava almayacak şekilde kapatılmıştır.
9. Numune kabının üzeri etiketlenerek işlem tamamlanmıştır.

10. Numuneler Karaman ve çevresini kapsayacak şekilde 25 farklı merkezden alınmış ve kodlanmıştır.

3.6.1. Su Numunelerinin Alındığı Merkezler

1. Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-Belediye arkası
2. Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-Çarşı karakol yanı
3. Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-Makro market yanı
4. Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-Larende mahallesi çeşmesi
5. Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-Stadyum önü çeşmesi
6. Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-Perşembe pazarı çeşmesi
7. Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-Yeşil Cami önü
8. Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-İmam Hatip Lisesi arkasındaki çeşme
9. Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-Onur yurdu yanı
10. Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-Terminal
11. Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-Piri Reis heykeli kavşağı
12. Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-Özkaymak kebab salonu yanı
13. Karaman şebeke suyu-Yeşil Cami
14. Karaman şebeke suyu-Gevher Hatun Koleji
15. Karaman şebeke suyu-Sabah Dershanesi
16. Karaman şebeke suyu-Hüseyin Kara'nın evi
17. Karaman tatlı su kaynağı-Sanayi Toklu kuruyemiş fabrikası önü
18. Karaman tatlı su kaynağı-Sertavul Öz Karamanlılar lokantası
19. Karaman tatlı su kaynağı-Sertavul geçidi tatlı su çeşmesi
20. Karaman kuyu suyu-Açık cezaevi kuyu-1
21. Karaman kuyu suyu-Açık cezaevi kuyu-2
22. Karaman su arıtıcı suyu-Yunus su arıtıcıları ile arıtılmış su
23. Damacana su-Beysu damacana suyu
24. Karaman köy içme suyu-Dereköy içme suyu
25. Karaman gölet-Dereköy Barajı

3.7. Standart Çözeltilerin Hazırlanması

Tayini yapılacak her bir elementin optimum çalışma aralığında olacak şekilde 2 M HNO₃ ortamında 16 farklı elementi içeren 100 ml' lik 5 standart çözelti hazırlandı. Karışımın içerdiği elementler ve konsantrasyonları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kalibrasyon grafiği için hazırlanan standart karışım çözelti konsantrasyonları (ppb), 2 M HNO₃ ortamında.

STANDART NO					
Element	STD. 1	STD. 2	STD. 3	STD. 4	STD. 5
As	0,4	0,8	1,6	2,4	3,2
Ca	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6
Cd	0,04	0,08	0,16	0,24	0,32
Co	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6
Cr	0,04	0,08	0,16	0,24	0,32
Cu	0,04	0,08	0,16	0,24	0,32
Hg	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
Mg	0,02	0,04	0,08	0,12	0,16
Mn	0,02	0,04	0,08	0,12	0,16
Mo	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6
Ni	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
Pb	0,4	0,8	1,6	2,4	3,2
Se	0,4	0,8	1,6	2,4	3,2
Sr	0,02	0,04	0,08	0,12	0,16
Ti	0,04	0,08	0,16	0,24	0,32
Zn	0,04	0,08	0,16	0,24	0,32

4. BULGULAR

4.1. Numunelerin Analizleri

Karaman merkez, köy ve şehir merkezine yakın çevreden olmak üzere Karaman çevresine ait 25 farklı noktadan seçilen ve halk tarafından farklı özellikleri olduğu iddia edilen kaynak ve arıtma suları tespit edilerek bu suların ağır metal konsantrasyonlarının ölçülmesine karar verildi. Ölçümlerin sağlıklı ve güvenilir olması için bir takvim yılına ait dört farklı mevsimde numunelerinin alınmasına özen gösterildi. Su numuneleri 2011 yılı sonbaharı 2011-2012 kışı, 2012 ilkbaharı ve 2012 yazı olmak üzere dört mevsimde alındı. Numuneler alınırken mevsimin tam ortası olmasına özen gösterildi. Alınan su numunelerinin materyal ve yöntem bölümünde izah edildiği şekilde 1000 ml' den 50 ml' ye buharlaştırılarak ölçümlere hazır hale getirildi. Ağır metallerin (As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Ti, Zn) konsantrasyon ölçümleri Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Laboratuvarında bulunan Agilent/720 Series Marka ICP-OES ile yapıldı. Elde edilen ölçümler $\mu\text{g/L}$ (ppb) konsantrasyon cinsinden hesaplanarak tablo haline getirildi. Sonuçlar Çizelge 4.1-4.2-4.3-4.4-4.5-4.6-4.7-4.8-4.9-4.10-4.11-4.12-4.13-4.14-4.15-4.16 ve Şekil 4.1-4.2-4.3-4.4-4.5-4.6-4.7-4.8-4.9-4.10-4.11-4.12-4.13-4.14-4.15-4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.1. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki arsenik (As) derişimi (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama\pmSD
1	2,135	2,277	3,407	2,081	2,475 \pm 0,627
2	2,249	2,498	3,823	1,280	2,463 \pm 1,048
3	2,328	2,307	2,390	1,689	2,179 \pm 0,328
4	2,101	3,085	2,813	1,771	2,443 \pm 0,610
5	1,364	2,263	2,794	2,919	2,335 \pm 0,707
6	2,073	2,704	2,443	2,108	2,332 \pm 0,299
7	3,112	2,178	2,431	2,163	2,471 \pm 0,445
8	2,531	2,664	2,086	2,080	2,340 \pm 0,302
9	3,126	3,038	3,683	2,572	3,105 \pm 0,456
10	3,621	5,408	3,763	3,752	4,136 \pm 0,850
11	3,772	2,656	2,398	2,147	2,743 \pm 0,717
12	3,333	0,303	2,658	3,371	2,416 \pm 1,446
13	3,425	3,874	1,963	2,825	3,022 \pm 0,826
14	1,514	0,369	3,708	0,812	1,601 \pm 1,482
15	0,781	0,793	3,810	3,851	2,309 \pm 1,757
16	3,789	3,156	4,356	2,660	3,490 \pm 0,739
17	5,629	4,011	2,980	3,074	3,924 \pm 1,229
18	1,267	0,383	0,623	1,034	0,827 \pm 0,398
19	0,576	0,630	0,270	0,705	0,545 \pm 0,191
20	1,144	1,373	1,057	0,661	1,059 \pm 0,297
21	1,388	4,404	1,769	0,871	2,108 \pm 1,574
22	0,770	0,567	0,372	0,491	0,550 \pm 0,167
23	0,436	0,732	0,756	0,542	0,617 \pm 0,154
24	4,594	5,267	4,519	5,867	5,062 \pm 0,633
25	2,985	2,145	2,059	2,681	2,468 \pm 0,441
ORTALAMA\pmSD	2,402\pm1,328	2,363\pm1,491	2,517\pm1,226	2,160\pm1,272	2,361\pm0,468

Çizelge 4.2. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki kalsiyum (Ca) derişimi (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	338,7	433,0	418,4	312,2	375,6 \pm 59,19
2	327,6	432,9	423,5	414,5	399,6 \pm 48,60
3	297,4	302,3	303,3	297,8	300,2 \pm 3,047
4	416,2	420,9	418,7	324,4	395,1 \pm 47,13
5	386,3	421,2	396,0	315,8	379,9 \pm 45,17
6	356,1	338,9	425,7	306,9	356,9 \pm 50,19
7	306,0	303,4	306,3	306,7	305,6 \pm 1,497
8	304,1	308,1	308,5	303,5	306,1 \pm 2,610
9	398,4	404,0	409,7	390,1	400,6 \pm 8,368
10	411,6	408,7	344,6	412,3	394,3 \pm 33,15
11	309,3	336,5	344,9	308,3	324,7 \pm 18,73
12	424,4	33,73	423,9	424,0	326,6 \pm 195,1
13	306,9	294,7	358,4	307,6	316,9 \pm 28,38
14	388,1	387,8	306,9	392,8	368,9 \pm 41,40
15	385,5	388,4	310,4	295,2	344,9 \pm 48,96
16	303,6	308,6	295,4	306,2	303,4 \pm 5,737
17	303,9	310,0	324,1	315,7	313,4 \pm 8,568
18	396,6	337,7	385,1	343,0	365,6 \pm 29,61
19	388,0	391,3	389,2	369,6	384,5 \pm 1,645
20	372,1	299,2	369,8	384,5	356,4 \pm 38,68
21	384,6	305,1	375,5	386,2	362,9 \pm 38,79
22	425,9	425,9	425,4	425,3	425,6 \pm 0,320
23	432,4	382,7	434,0	430,8	419,9 \pm 24,88
24	337,6	323,9	330,3	320,8	328,2 \pm 7,439
25	320,2	328,2	335,6	319,3	325,8 \pm 7,647
ORTALAMA\pmSD	360,9\pm46,23	345,1\pm81,62	366,5\pm47,87	348,5\pm48,02	355,3\pm39,06

Çizelge 4.3. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki kadmiyum (Cd) derişim (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama±SD
1	0,006	0,047	ND	0,003	0,019±0,025
2	ND	0,012	ND	0,021	0,017±0,006
3	ND	0,102	ND	0,007	0,055±0,067
4	ND	ND	1,349	ND	1,349
5	0,078	0,008	0,147	ND	0,078±0,070
6	0,067	ND	ND	ND	0,067
7	ND	ND	ND	0,006	0,006
8	0,192	0,006	0,012	ND	0,070±0,106
9	0,372	ND	ND	ND	0,372
10	ND	0,045	ND	ND	0,045
11	0,246	ND	0,006	0,015	0,089±0,136
12	0,008	ND	0,006	0,015	0,010±0,005
13	1,220	0,184	0,031	ND	0,478±0,647
14	ND	0,003	0,102	0,005	0,035±0,058
15	ND	0,016	0,057	0,036	0,036±0,021
16	2,373	0,923	0,037	0,072	0,851±1,094
17	0,014	0,148	0,493	ND	0,218±0,247
18	ND	0,124	0,210	ND	0,167±0,061
19	ND	ND	0,008	ND	0,008
20	0,115	0,012	0,006	0,016	0,037±0,052
21	0,079	0,738	ND	0,529	0,449±0,337
22	0,529	0,575	ND	ND	0,552±0,033
23	0,068	0,171	ND	ND	0,120±0,073
24	0,106	0,189	0,110	0,018	0,106±0,070
25	0,021	ND	ND	ND	0,021
ORTALAMA±SD	0,366±0,637	0,204±0,284	0,184±0,360	0,067±0,154	0,218±0,278

Çizelge 4.4. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki kobalt (Co) derişimi (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama\pmSD
1	0,720	0,650	0,627	0,689	0,672 \pm 0,041
2	0,709	0,615	0,578	0,524	0,607 \pm 0,078
3	1,035	0,770	0,733	0,733	0,818 \pm 0,146
4	0,577	0,595	2,386	0,628	1,047 \pm 0,893
5	0,877	0,650	0,575	0,700	0,701 \pm 0,128
6	0,979	0,699	0,601	0,723	0,751 \pm 0,161
7	0,728	0,688	0,689	0,647	0,688 \pm 0,033
8	1,008	0,693	0,699	0,697	0,774 \pm 0,156
9	1,203	0,702	0,645	0,685	0,809 \pm 0,264
10	0,706	0,738	0,661	0,616	0,680 \pm 0,053
11	1,091	0,711	0,675	0,745	0,806 \pm 0,192
12	0,646	0,607	0,727	0,559	0,635 \pm 0,071
13	2,146	1,083	0,802	0,856	1,222 \pm 0,628
14	0,705	0,593	0,669	0,616	0,646 \pm 0,051
15	0,682	0,763	0,759	0,721	0,731 \pm 0,038
16	3,134	0,790	0,740	0,841	1,376 \pm 1,173
17	0,843	0,862	1,610	0,657	0,993 \pm 0,422
18	0,567	0,722	0,604	0,612	0,626 \pm 0,067
19	0,556	0,641	0,603	0,632	0,608 \pm 0,038
20	0,733	0,723	0,680	0,642	0,695 \pm 0,042
21	0,617	0,793	0,597	0,620	0,657 \pm 0,091
22	0,552	0,594	0,597	0,573	0,579 \pm 0,021
23	0,584	0,559	0,618	0,588	0,587 \pm 0,024
24	0,673	0,632	0,696	0,776	0,694 \pm 0,061
25	0,700	0,713	0,751	0,724	0,722 \pm 0,022
ORTALAMA\pmSD	0,911\pm0,568	0,703\pm0,109	0,773\pm0,300	0,672\pm0,082	0,765\pm0,290

Çizelge 4.5. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki krom (Cr) derişimi (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	1,017	0,869	1,649	1,057	1,148 \pm 0,344
2	0,883	1,001	1,414	0,161	0,865 \pm 0,521
3	0,666	0,770	0,630	0,800	0,717 \pm 0,081
4	0,977	1,103	0,990	1,152	1,056 \pm 0,086
5	0,832	0,840	1,343	1,113	1,032 \pm 0,245
6	0,819	0,977	1,044	1,047	0,972 \pm 0,107
7	1,047	1,042	0,961	1,196	1,062 \pm 0,098
8	0,946	0,799	0,855	1,232	0,958 \pm 0,192
9	1,018	0,934	1,052	0,941	0,986 \pm 0,058
10	1,101	1,460	1,115	1,562	1,310 \pm 0,236
11	1,228	0,941	0,897	1,205	1,068 \pm 0,173
12	0,951	ND	1,012	1,463	1,142 \pm 0,282
13	1,033	1,239	0,448	1,477	1,049 \pm 0,440
14	0,136	0,117	1,128	0,126	0,377 \pm 0,501
15	0,205	0,198	1,622	1,504	0,882 \pm 0,788
16	1,341	1,193	1,317	1,842	1,423 \pm 0,287
17	1,578	1,160	1,225	0,931	1,224 \pm 0,268
18	0,095	0,253	0,054	0,181	0,146 \pm 0,089
19	0,007	0,003	0,131	0,036	0,044 \pm 0,060
20	0,472	1,173	0,488	0,317	0,613 \pm 0,382
21	0,170	2,328	0,229	0,149	0,719 \pm 1,073
22	0,003	0,011	0,019	0,002	0,009 \pm 0,008
23	0,017	0,015	0,027	0,001	0,015 \pm 0,011
24	0,350	0,413	0,409	0,455	0,407 \pm 0,043
25	0,054	0,059	0,060	0,103	0,069 \pm 0,023
ORTALAMA \pm SD	0,678 \pm 0,481	0,787 \pm 0,565	0,805 \pm 0,519	0,802 \pm 0,589	0,772 \pm 0,257

Çizelge 4.6. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki bakır (Cu) derişimi (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	2,000	0,932	4,863	1,473	2,317 \pm 1,752
2	2,159	1,278	8,656	3,629	3,931 \pm 3,296
3	2,323	6,251	0,976	0,916	2,617 \pm 2,509
4	3,540	0,756	2,040	5,704	3,010 \pm 2,126
5	2,178	0,747	4,627	2,363	2,479 \pm 1,604
6	2,100	1,937	2,243	2,969	2,312 \pm 0,455
7	2,076	2,547	1,402	4,875	2,725 \pm 1,508
8	2,127	3,291	2,066	10,34	4,452 \pm 3,956
9	3,174	2,937	3,235	2,958	3,076 \pm 0,151
10	4,145	4,569	1,988	10,62	5,329 \pm 3,701
11	2,216	2,033	1,754	129,5	33,88 \pm 63,76
12	2,015	ND	3,618	5,687	3,773 \pm 1,841
13	3,168	3,329	0,875	2,546	2,480 \pm 1,122
14	0,550	0,640	14,75	0,728	4,166 \pm 7,054
15	1,894	2,078	21,27	16,56	10,45 \pm 9,961
16	145,0	17,57	32,98	30,06	56,39 \pm 59,42
17	1,220	0,952	1,990	0,214	1,094 \pm 0,733
18	0,504	12,90	0,101	0,457	3,491 \pm 6,277
19	ND	ND	1,733	ND	1,733
20	1,204	0,069	0,831	0,392	0,624 \pm 0,497
21	0,091	1,619	0,107	0,605	0,606 \pm 0,717
22	ND	ND	ND	ND	ND
23	0,368	0,040	0,198	3,755	1,090 \pm 1,782
24	0,563	1,543	0,920	1,272	1,075 \pm 0,426
25	0,223	0,164	0,203	0,335	0,231 \pm 0,073
ORTALAMA\pmSD	8,036\pm29,88	3,099\pm4,270	4,726\pm7,796	10,35\pm26,85	6,389\pm17,55

Çizelge 4.7. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki civa (Hg) derişimi (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	0,340	0,518	0,370	0,423	0,413 \pm 0,078
2	0,045	0,241	ND	ND	0,143 \pm 0,139
3	0,366	0,321	0,519	0,065	0,318 \pm 0,189
4	0,319	ND	ND	0,063	0,191 \pm 0,181
5	0,098	0,061	ND	0,160	0,106 \pm 0,050
6	0,217	0,133	0,319	ND	0,223 \pm 0,093
7	0,171	0,280	0,639	0,789	0,470 \pm 0,292
8	ND	0,110	0,630	0,197	0,312 \pm 0,279
9	ND	0,241	0,388	ND	0,315 \pm 0,104
10	0,087	0,299	0,486	0,049	0,230 \pm 0,203
11	0,446	0,072	0,412	0,224	0,289 \pm 0,174
12	0,034	0,296	ND	ND	0,165 \pm 0,185
13	0,201	0,206	0,091	0,155	0,163 \pm 0,053
14	ND	ND	0,316	0,177	0,247 \pm 0,098
15	ND	ND	0,304	0,053	0,179 \pm 0,177
16	0,289	0,140	0,306	0,708	0,361 \pm 0,243
17	0,122	0,767	0,127	0,352	0,342 \pm 0,303
18	0,080	0,420	ND	0,073	0,191 \pm 0,198
19	ND	0,163	0,095	ND	0,129 \pm 0,048
20	ND	0,048	ND	0,226	0,137 \pm 0,126
21	0,181	0,293	0,153	ND	0,209 \pm 0,074
22	ND	ND	ND	ND	ND
23	0,289	ND	ND	ND	0,289
24	ND	0,258	ND	0,235	0,247 \pm 0,016
25	ND	ND	0,177	0,004	0,091 \pm 0,122
ORTALAMA\pmSD	0,205\pm0,125	0,256\pm0,174	0,333\pm0,176	0,233\pm0,224	0,240\pm0,080

Çizelge 4.8. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki magnezyum (Mg) derişimi (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	1343	429,7	587,7	1325	921,5 \pm 481,1
2	1328	382,9	457,2	372,6	635,3 \pm 463,6
3	1275	1284	1271	1285	1279 \pm 6,751
4	672,2	679,1	636,4	1296	821,0 \pm 317,4
5	1393	800,9	136,5	1355	921,3 \pm 589,0
6	1372	1381	488,4	1392	1158 \pm 446,8
7	1368	1360	1347	1378	1364 \pm 13,17
8	1352	1375	1373	1353	1363 \pm 12,48
9	1050	1084	646,4	1109	972,7 \pm 218,9
10	774,9	970,2	125,7	1117	747,0 \pm 437,3
11	2118	1268	1344	1313	1511 \pm 405,8
12	493,1	6,777	533,4	706,4	434,9 \pm 300,0
13	1769	1730	1683	1835	1754 \pm 64,04
14	1200	930,4	2038	952,3	128,5 \pm 517,4
15	1323	1228	2149	2191	1723 \pm 518,3
16	2250	2267	2245	2337	2275 \pm 42,58
17	2312	2378	2360	1144	2048 \pm 603,4
18	894,6	1091	580,4	1067	908,4 \pm 235,5
19	520,1	512,5	528,4	972,6	633,4 \pm 226,2
20	1286	1330	1285	1127	1257 \pm 89,17
21	1075	1429	1221	1017	1185 \pm 183,6
22	431,4	432,0	428,2	440,1	432,9 \pm 5,066
23	146,9	58,78	121,2	149,6	119,1 \pm 42,21
24	1327	1307	1326	1330	1322 \pm 10,47
25	1326	1321	1316	1328	1323 \pm 5,377
ORTALAMA\pmSD	1216\pm538,8	1081\pm587,5	1049\pm683,1	1196\pm486,0	1090\pm213,0

Çizelge 4.9. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki mangan (Mn) derişimi (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	0,027	0,067	0,132	0,047	0,068 \pm 0,046
2	0,079	0,058	0,107	ND	0,081 \pm 0,025
3	11,46	2,404	4,260	2,443	5,141 \pm 4,299
4	0,018	0,034	0,036	0,964	0,263 \pm 0,467
5	0,156	0,027	0,135	0,050	0,092 \pm 0,063
6	0,005	0,096	0,037	0,012	0,038 \pm 0,041
7	0,232	0,295	0,150	0,045	0,181 \pm 0,108
8	0,111	0,096	0,078	0,314	0,150 \pm 0,110
9	0,068	0,034	0,445	0,265	0,203 \pm 0,191
10	0,064	0,127	0,201	0,164	0,139 \pm 0,058
11	0,374	0,044	0,046	0,661	0,281 \pm 0,297
12	0,017	0,001	0,051	0,447	0,129 \pm 0,213
13	0,199	0,213	0,077	0,702	0,298 \pm 0,276
14	ND	ND	0,024	ND	0,024
15	0,002	ND	0,084	0,305	0,130 \pm 0,157
16	0,224	0,163	0,133	0,170	0,173 \pm 0,038
17	0,538	1,229	0,058	0,055	0,470 \pm 0,555
18	ND	0,313	0,008	0,096	0,139 \pm 0,157
19	ND	ND	ND	ND	ND
20	0,586	2,083	0,622	0,382	0,918 \pm 0,784
21	2,895	9,199	4,076	0,002	4,043 \pm 3,840
22	0,003	0,003	0,029	0,025	0,015 \pm 0,014
23	0,079	0,002	0,064	ND	0,048 \pm 0,041
24	0,085	0,088	0,099	0,110	0,096 \pm 0,011
25	15,58	14,07	13,88	15,73	14,82 \pm 0,974
ORTALAMA\pmSD	1,491\pm3,991	1,393\pm3,463	1,035\pm2,967	1,095\pm3,397	1,164\pm1,1140

Çizelge 4.10. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki molibden (Mo) derişimi (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	0,714	0,462	0,596	0,696	0,617 \pm 0,116
2	0,633	0,317	0,555	ND	0,502 \pm 0,165
3	1,620	1,581	1,459	1,734	1,599 \pm 0,113
4	0,774	0,368	0,773	0,826	0,685 \pm 0,213
5	0,577	0,247	0,321	0,849	0,499 \pm 0,273
6	0,607	0,728	0,394	0,802	0,633 \pm 0,178
7	0,377	0,388	0,297	0,296	0,340 \pm 0,050
8	0,552	0,551	0,416	0,931	0,613 \pm 0,222
9	0,848	0,681	0,454	0,612	0,649 \pm 0,163
10	0,803	1,174	0,445	0,903	0,831 \pm 0,301
11	0,336	0,758	0,716	0,813	0,656 \pm 0,217
12	0,736	ND	0,742	1,024	0,834 \pm 0,165
13	0,670	0,821	0,245	1,094	0,708 \pm 0,355
14	0,022	0,005	0,550	0,001	0,145 \pm 0,270
15	0,070	0,036	0,414	0,981	0,375 \pm 0,438
16	0,670	0,466	0,877	1,315	0,832 \pm 0,363
17	0,432	0,431	0,807	0,179	0,246 \pm 0,259
18	0,026	0,113	0,071	0,064	0,069 \pm 0,036
19	0,002	0,008	0,015	0,195	0,055 \pm 0,093
20	0,072	0,454	0,042	0,057	0,156 \pm 0,199
21	0,004	0,392	0,075	0,078	0,137 \pm 0,173
22	0,029	ND	0,049	ND	0,039 \pm 0,014
23	ND	ND	ND	ND	ND
24	1,655	2,071	1,878	1,978	1,896 \pm 0,179
25	2,250	2,065	1,959	2,243	2,129 \pm 0,142
ORTALAMA \pm SD	0,603 \pm 0,570	0,642 \pm 0,592	0,590 \pm 0,526	0,803 \pm 0,622	0,635 \pm 0,104

Çizelge 4.11. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki nikel (Ni) derişimi (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	0,169	0,078	0,248	0,140	0,159 \pm 0,071
2	0,081	0,159	0,305	0,008	0,138 \pm 0,127
3	3,491	0,935	1,314	0,961	1,675 \pm 1,223
4	0,078	0,120	0,121	0,273	0,148 \pm 0,086
5	0,240	0,122	3,513	0,286	1,040 \pm 1,650
6	0,515	0,223	0,013	0,249	0,250 \pm 0,206
7	0,208	0,259	0,331	0,318	0,279 \pm 0,057
8	0,488	0,291	0,178	5,383	1,585 \pm 2,535
9	0,275	0,204	0,514	0,038	0,258 \pm 0,198
10	0,138	0,338	0,283	0,561	0,330 \pm 0,176
11	0,438	0,291	0,218	1,075	0,506 \pm 0,391
12	0,018	0,074	0,101	0,259	0,113 \pm 0,103
13	1,004	0,535	0,088	0,552	0,545 \pm 0,377
14	0,022	0,069	0,842	0,022	0,239 \pm 0,403
15	0,140	0,030	0,940	2,811	0,980 \pm 1,286
16	2,854	0,619	0,827	1,777	1,519 \pm 1,023
17	0,156	0,647	0,490	0,222	0,370 \pm 0,230
18	ND	0,171	0,101	ND	0,136 \pm 0,049
19	ND	ND	0,138	0,037	0,088 \pm 0,071
20	1,751	0,791	0,822	0,674	1,010 \pm 0,498
21	0,002	0,906	0,154	0,062	0,281 \pm 0,421
22	0,050	ND	0,060	0,002	0,037 \pm 0,031
23	0,045	0,094	0,037	0,055	0,058 \pm 0,025
24	0,331	0,328	0,265	0,440	0,341 \pm 0,073
25	2,687	2,490	2,434	2,796	2,602 \pm 0,169
ORTALAMA\pmSD	0,660\pm1,016	0,425\pm0,527	0,573\pm0,812	0,792\pm1,262	0,587\pm0,619

Çizelge 4.12. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki kurşun (Pb) derişimi (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	ND	ND	0,314	ND	0,310
2	ND	ND	ND	0,011	0,011
3	ND	0,192	ND	ND	0,192
4	ND	ND	27,89	ND	27,89
5	0,261	ND	6,889	ND	3,575 \pm 4,687
6	0,559	ND	ND	ND	0,559
7	ND	0,073	ND	ND	0,073
8	4,245	ND	ND	0,409	2,327 \pm 2,712
9	5,495	ND	ND	ND	5,495
10	0,081	0,563	ND	2,178	0,941 \pm 1,098
11	3,009	ND	0,187	4,049	2,415 \pm 1,998
12	ND	ND	ND	ND	ND
13	25,72	1,029	0,091	ND	8,947 \pm 14,53
14	ND	ND	0,274	ND	0,274
15	0,032	ND	ND	0,021	0,027 \pm 0,008
16	46,92	0,866	1,363	1,238	12,60 \pm 22,89
17	0,274	0,590	2,326	ND	1,063 \pm 1,105
18	ND	0,090	ND	ND	0,090
19	ND	ND	ND	ND	ND
20	1,652	ND	0,103	ND	0,878 \pm 1,095
21	0,998	ND	ND	ND	0,998
22	4,301	4,473	ND	ND	4,387 \pm 0,122
23	0,306	1,010	0,078	ND	0,465 \pm 0,486
24	ND	ND	ND	ND	ND
25	ND	ND	ND	ND	ND
ORTALAMA\pmSD	6,704\pm13,34	0,987\pm1,359	3,952\pm8,671	1,318\pm1,576	3,501\pm6,470

Çizelge 4.13. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki selenyum (Se) derişimi (ppb).

Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	0,177	ND	0,312	0,996	0,495 \pm 0,439
2	0,913	0,084	0,295	0,447	0,435 \pm 0,352
3	1,212	0,333	ND	0,542	0,696 \pm 0,459
4	0,722	0,768	0,102	0,469	0,515 \pm 0,305
5	0,332	0,244	0,331	0,342	0,312 \pm 0,046
6	0,064	0,234	0,810	0,346	0,364 \pm 0,319
7	0,344	0,685	1,098	0,754	0,720 \pm 0,309
8	0,256	0,553	0,148	0,597	0,389 \pm 0,221
9	0,489	0,247	0,238	1,435	0,602 \pm 0,567
10	0,381	1,038	1,032	0,547	0,750 \pm 0,337
11	0,570	0,249	0,505	0,266	0,398 \pm 0,164
12	ND	ND	0,362	0,844	0,603 \pm 0,341
13	0,364	0,212	1,242	0,080	0,475 \pm 0,525
14	ND	0,152	1,207	0,126	0,495 \pm 0,617
15	0,307	0,713	0,436	0,771	0,557 \pm 0,222
16	0,897	0,108	1,245	1,385	0,909 \pm 0,572
17	0,703	0,677	1,188	0,374	0,736 \pm 0,337
18	ND	ND	ND	0,120	0,120
19	0,949	0,046	ND	0,113	0,369 \pm 0,503
20	0,369	0,705	0,331	ND	0,468 \pm 0,206
21	ND	ND	0,223	0,042	0,133 \pm 0,128
22	0,182	0,421	ND	0,464	0,356 \pm 0,152
23	ND	ND	0,072	ND	0,072
24	0,204	0,652	0,192	0,641	0,422 \pm 0,259
25	ND	ND	0,133	0,324	0,229 \pm 0,135
ORTALAMA\pmSD	0,497\pm0,317	0,427\pm0,286	0,548\pm0,434	0,523\pm0,379	0,465\pm0,159

Çizelge 4.14. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki stronsiyum (Sr) derişimi (ppb).

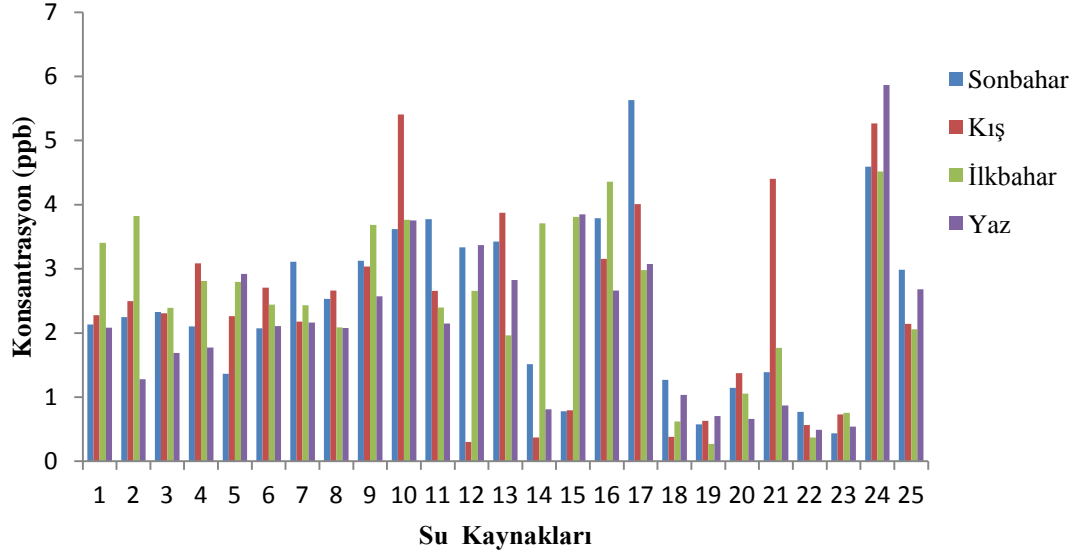
Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	221,9	7,555	16,59	248,6	123,7 \pm 129,4
2	224,4	7,532	12,10	15,78	64,94 \pm 106,3
3	242,5	243,5	243,8	242,4	243,1 \pm 0,683
4	19,81	13,39	17,82	208,9	64,98 \pm 95,98
5	94,92	14,79	3,715	235,5	87,24 \pm 106,9
6	208,4	222,3	11,16	242,7	171,1 \pm 107,6
7	247,0	246,3	243,7	245,6	245,7 \pm 1,415
8	247,7	248,2	245,6	247,1	247,1 \pm 1,152
9	44,21	34,00	26,66	30,81	33,92 \pm 7,490
10	27,89	33,09	2,373	22,74	21,53 \pm 13,45
11	213,8	225,9	219,3	248,4	226,9 \pm 15,19
12	14,45	0,302	13,95	12,60	10,32 \pm 6,726
13	247,6	246,8	199,8	247,4	235,4 \pm 23,75
14	72,88	50,06	248,3	49,77	105,2 \pm 95,97
15	70,98	61,87	247,5	246,8	156,8 \pm 104,4
16	247,5	247,5	246,3	246,9	247,1 \pm 0,574
17	237,5	222,9	214,5	221,6	224,1 \pm 9,672
18	71,02	122,7	38,14	106,7	84,64 \pm 37,78
19	26,14	25,47	25,64	65,94	35,80 \pm 20,10
20	198,9	246,2	202,1	124,9	193,0 \pm 50,28
21	119,2	246,6	153,0	82,74	150,3 \pm 70,27
22	22,82	22,82	23,58	23,44	23,17 \pm 0,402
23	7,065	2,882	5,828	7,744	5,880 \pm 2,150
24	243,9	248,9	247,5	248,7	247,3 \pm 2,317
25	245,5	246,6	246,6	245,5	246,0 \pm 0,623
ORTALAMA\pmSD	149,8\pm96,08	136,1\pm110,1	130,5\pm110,0	162,3\pm99,16	144,7\pm45,84

Çizelge 4.15. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki titanyum (Ti) derişimi (ppb).

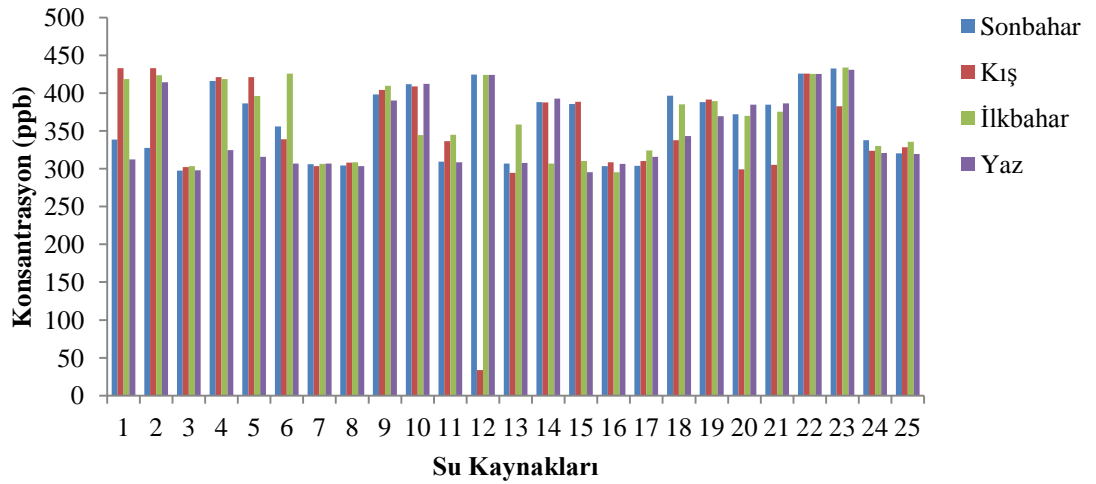
Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	ND	0,475	0,061	ND	0,268 \pm 0,293
2	ND	0,534	0,043	ND	0,289 \pm 0,347
3	ND	0,518	ND	ND	0,518
4	ND	0,017	0,125	ND	0,071 \pm 0,076
5	0,101	0,006	0,052	ND	0,053 \pm 0,048
6	ND	ND	0,012	ND	0,012
7	0,034	0,058	ND	ND	0,046 \pm 0,017
8	0,001	ND	ND	0,015	0,008 \pm 0,010
9	0,029	0,003	0,011	0,053	0,024 \pm 0,022
10	0,016	0,016	0,014	0,063	0,027 \pm 0,024
11	ND	ND	ND	0,500	0,500
12	0,008	0,005	0,015	0,010	0,010 \pm 0,004
13	0,072	ND	ND	0,002	0,037 \pm 0,048
14	ND	ND	ND	ND	ND
15	ND	ND	ND	ND	ND
16	0,043	0,573	ND	0,031	0,216 \pm 0,310
17	ND	0,019	ND	ND	0,019
18	ND	0,108	ND	0,001	0,055 \pm 0,076
19	ND	ND	ND	ND	ND
20	0,080	0,985	0,027	0,099	0,298 \pm 0,459
21	0,075	2,500	0,003	ND	0,859 \pm 1,421
22	0,085	0,114	0,106	0,104	0,102 \pm 0,012
23	0,093	ND	0,105	ND	0,099 \pm 0,008
24	0,001	ND	0,007	0,018	0,009 \pm 0,009
25	0,080	0,072	0,095	0,151	0,100 \pm 0,036
ORTALAMA\pmSD	0,051\pm0,036	0,375\pm0,638	0,048\pm0,043	0,087\pm0,138	0,143\pm0,341

Çizelge 4.16. Karaman ve çevresindeki 25 farklı noktadan alınan kaynak ve arıtma sularındaki çinko (Zn) derişimi (ppb).

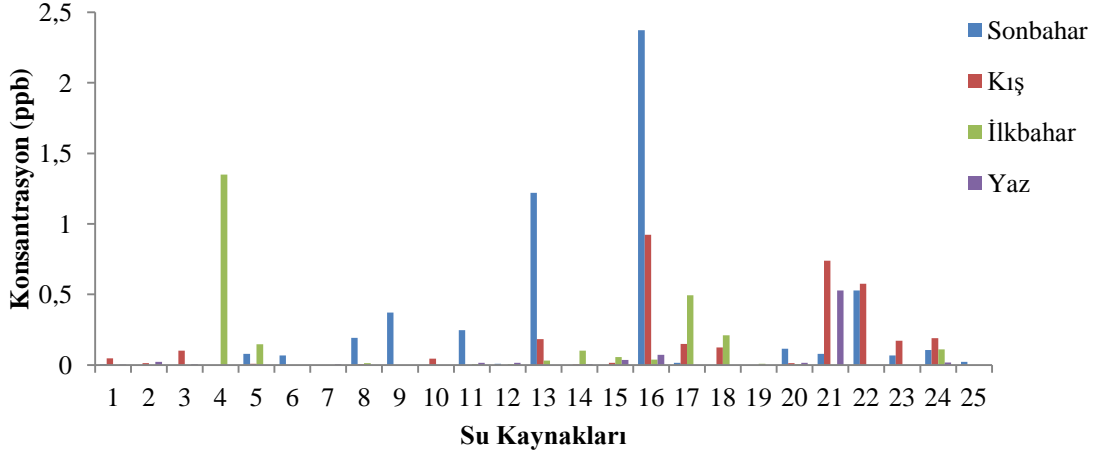
Numune Sırası	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ortalama \pm SD
1	2,631	1,053	6,884	1,549	3,029 \pm 2,653
2	2,233	2,745	6,701	5,579	4,315 \pm 2,167
3	2,176	8,690	18,50	6,682	9,011 \pm 6,885
4	2,736	1,199	4,936	5,312	3,546 \pm 1,934
5	4,546	0,665	6,582	4,179	3,993 \pm 2,458
6	3,145	1,437	1,512	1,554	1,912 \pm 0,823
7	22,39	22,25	27,78	25,70	24,53 \pm 2,692
8	14,73	9,362	33,88	114,9	43,22 \pm 43,93
9	8,755	4,449	7,759	3,853	6,204 \pm 2,417
10	5,361	8,916	5,249	9,353	7,220 \pm 2,219
11	20,16	1,182	1,128	119,7	35,53 \pm 56,80
12	3,898	0,189	8,982	32,76	11,46 \pm 14,65
13	10,61	7,879	2,374	5,243	6,527 \pm 3,531
14	1,217	1,275	49,93	1,458	13,47 \pm 24,31
15	6,517	30,97	68,35	190,7	74,13 \pm 81,77
16	69,57	15,47	30,76	40,78	39,14 \pm 22,80
17	24,72	162,6	3,536	9,896	50,20 \pm 75,48
18	1,060	12,99	0,136	0,314	3,625 \pm 6,257
19	ND	ND	1,105	ND	1,105
20	5,072	4,978	4,049	1,638	3,934 \pm 1,599
21	2,147	1,212	3,775	1,375	2,127 \pm 1,172
22	ND	ND	ND	ND	ND
23	3,527	2,119	2,895	15,05	5,898 \pm 6,129
24	47,98	52,89	57,27	60,51	54,66 \pm 5,440
25	0,160	0,103	0,191	0,247	0,175 \pm 0,060
ORTALAMA\pmSD	11,54\pm16,78	15,42\pm34,38	14,76\pm19,58	28,62\pm48,94	17,04\pm20,80



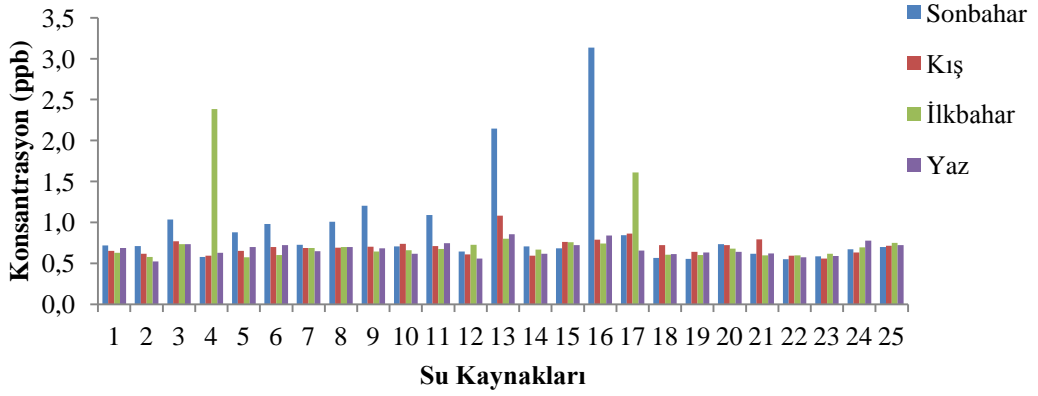
Şekil 4.1. Arsenik elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



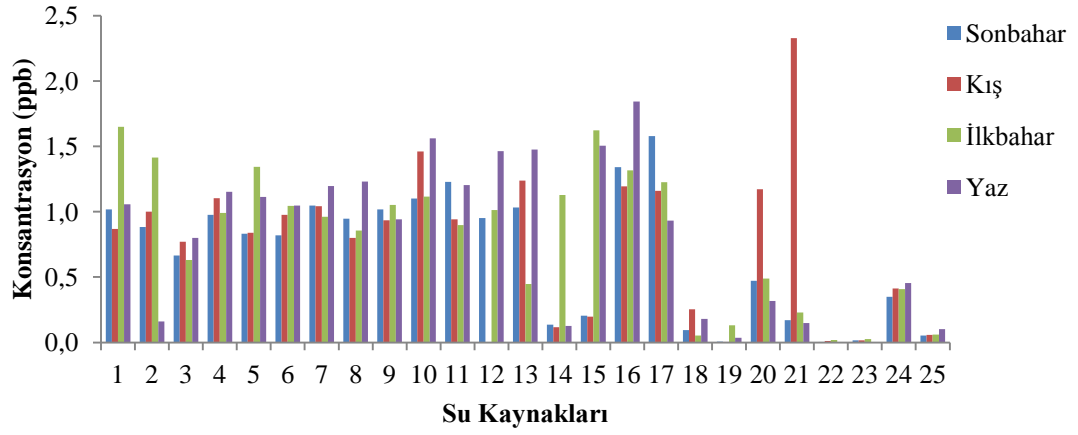
Şekil 4.2. Kalsiyum elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



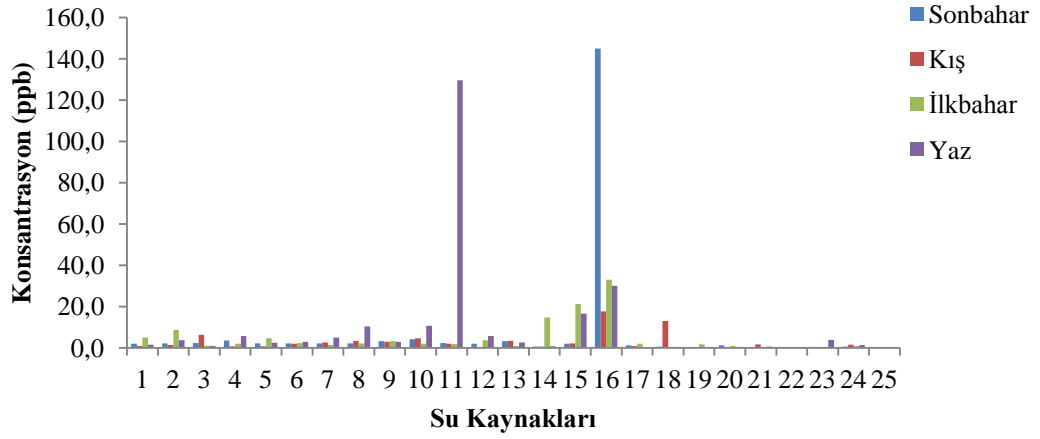
Şekil 4.3. Kadmiyum elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



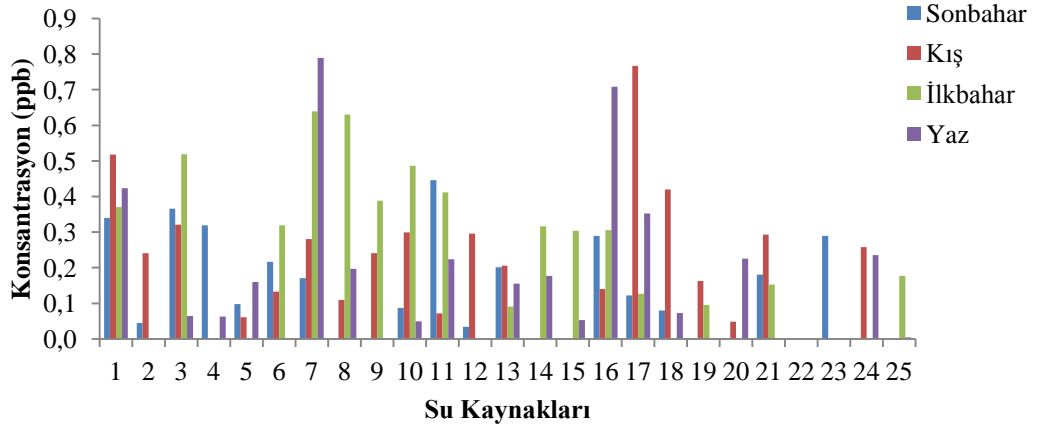
Şekil 4.4. Kobalt elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



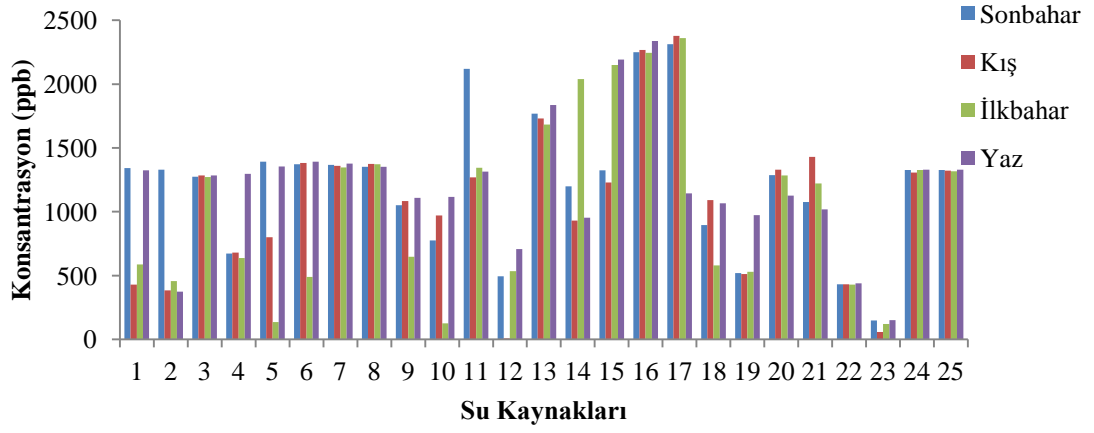
Şekil 4.5. Krom elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



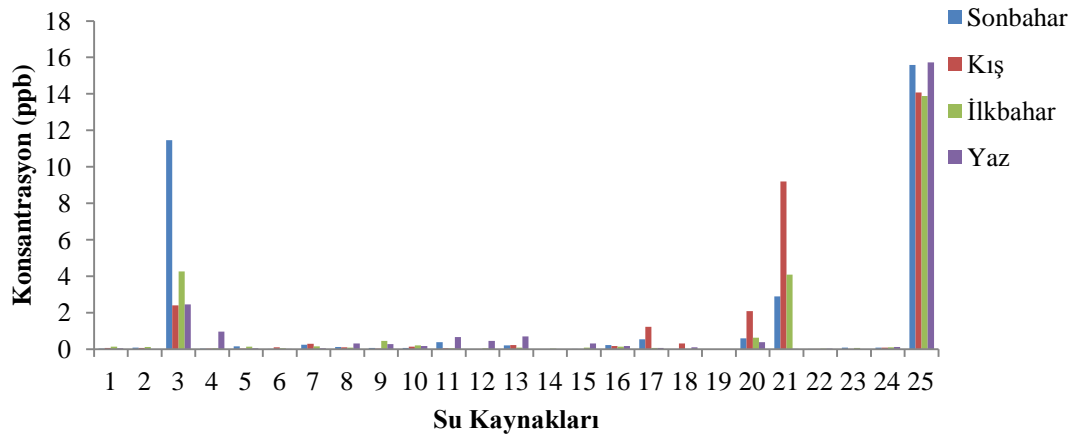
Şekil 4.6. Bakır elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



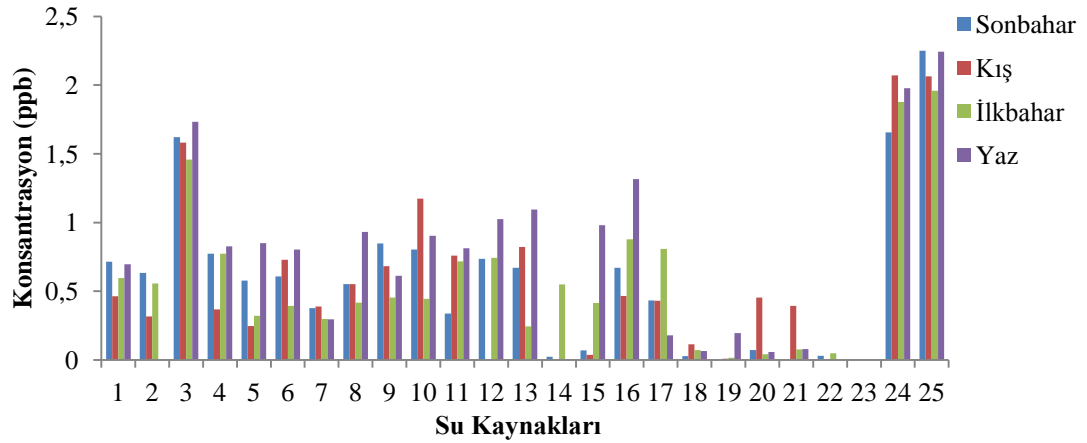
Şekil 4.7. Cıva elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



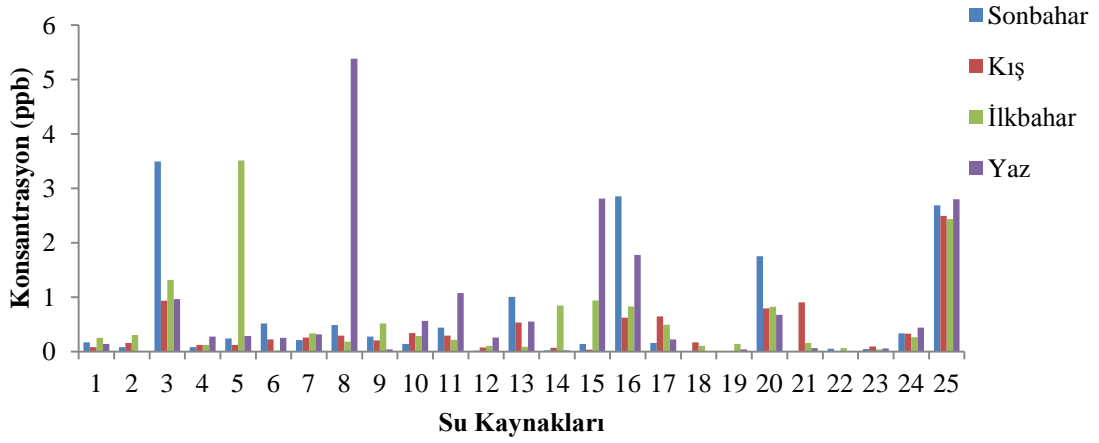
Şekil 4.8. Magnezyum elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



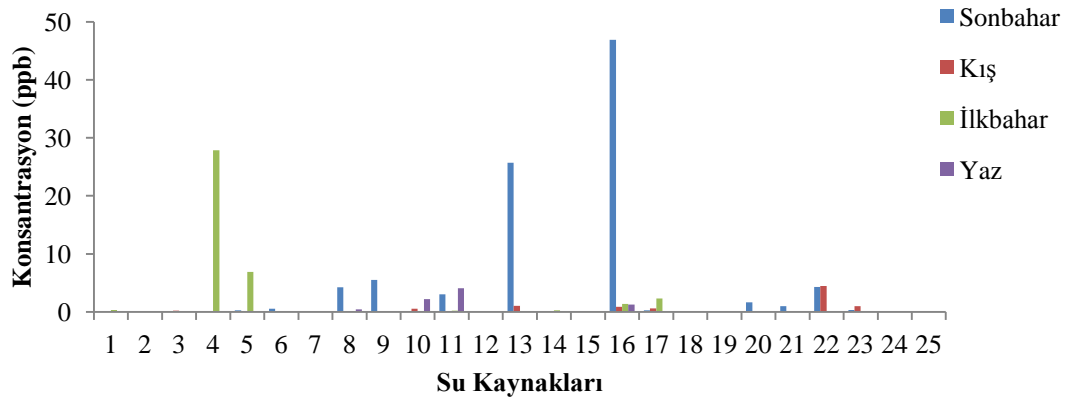
Şekil 4.9. Manganez elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre değişimi



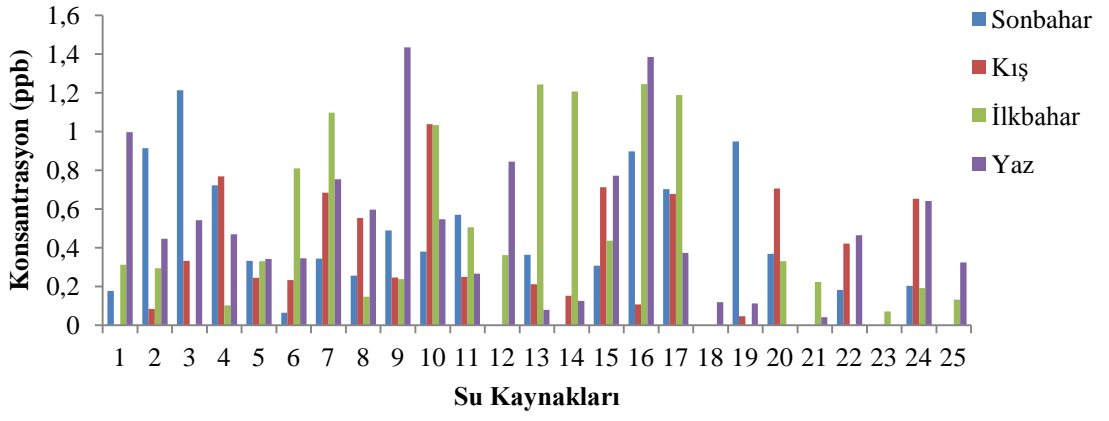
Şekil 4.10. Molibden elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre değişimi



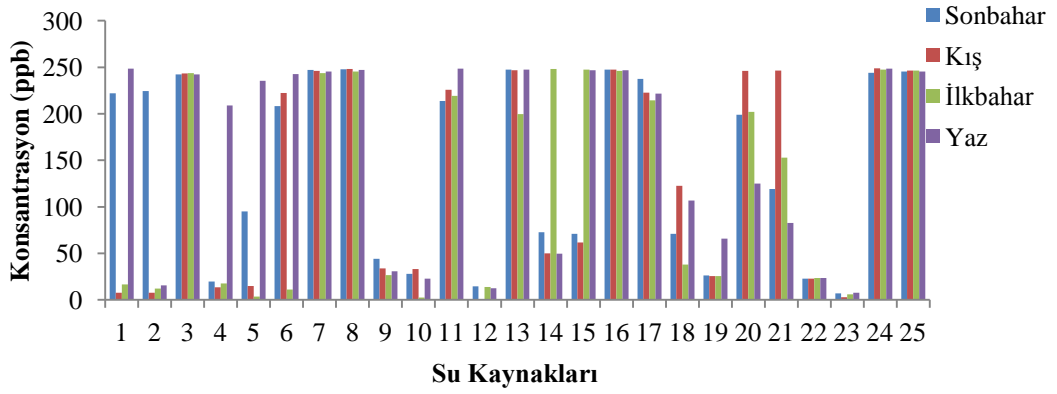
Şekil 4.11. Nikel elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



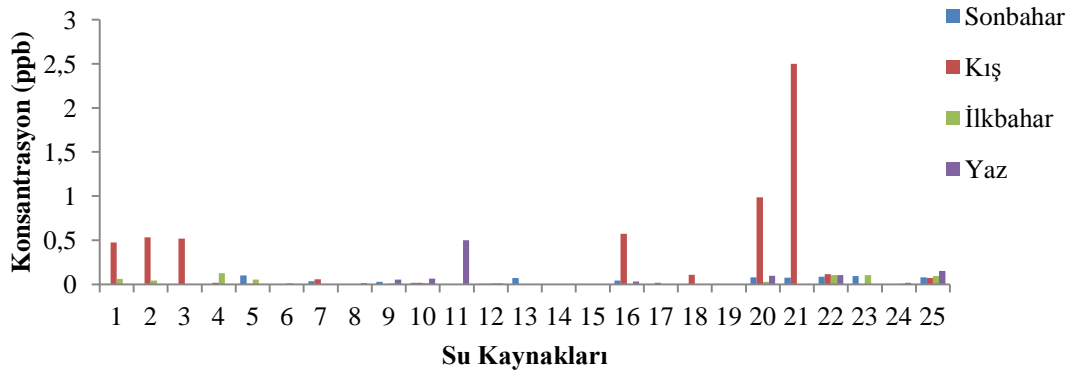
Şekil 4.12. Kurşun elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



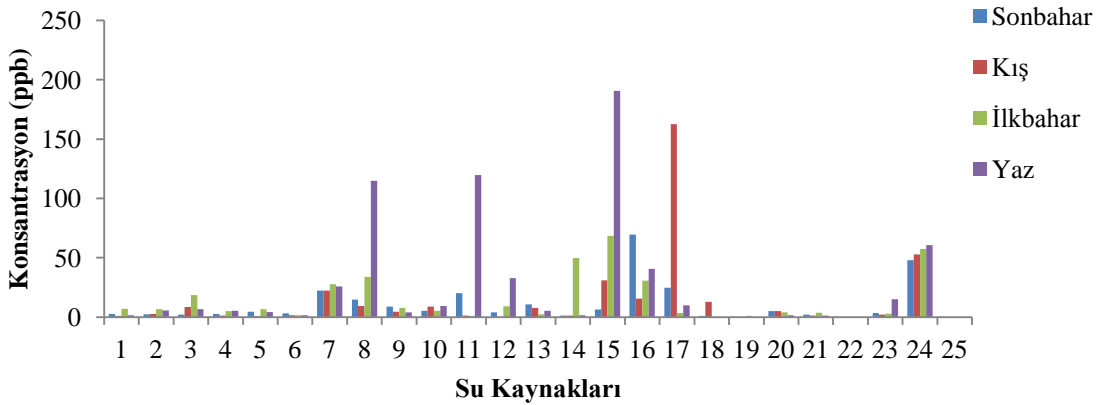
Şekil 4.13. Selenyum elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



Şekil 4.14. Stronsiyum elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



Şekil 4.15. Titanyum elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi



Şekil 4.16. Çinko elementinin farklı su kaynaklarındaki mevsimlere göre derişimi

Bir yıl boyunca 4 farklı mevsimde ve 25 farklı kaynaktan alınan su numunelerinin analizi yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Su numuneleri farklı özelliklere sahip oldukları gibi bazı numunelerin bazı değerleri dikkat çekmiştir. Su

numuneleri içerdikleri bazı elementler bazında incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

As için: As için yapılan ölçümler neticesinde yıllık ve mevsimsel sonuçların paralellik gösterdiği ve ortalama konsantrasyonla mevsimsel ölçümlerin uyumlu seyrettiği gözlenmiştir. Ölçümü yapılan su örneklerinden 24 no'lu numune olan Dereköy içme suyu suyunun yazın alınan su numunesinin içeriği 5,867 ppb değeri ile en yüksek çıkmıştır. Ancak As için üst limit olan 10 ppb değerini geçmediğinden bir tehlike arz edecek durumun olmadığı saptanmıştır. Diğer örneklerdeki As konsantrasyonları mevsimsel bakımdan ideal değerlerdedir. İçilmesinde ve kullanılmasında herhangi bir sakınca yoktur.

Ca için: Ca için yapılan ölçümlerin sonuçları Avrupa Birliği İçme Suları Standartlarında önerilen değer olan 100 ppb ve TS-266'da verilen 100-200 değerinin çok üstünde olduğu tespit edilmiştir. Bütün kaynakların Ca içeriği çok yüksek çıkmıştır. Suların Ca sertliğinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Cd için: Cd için yapılan ölçümler neticesinde hem mevsimsel hem de kaynaklara göre sonuçların birbirine çok yakın olması ve paralellik göstermesi dikkat çekmektedir. Tüm su numunelerinin sonuçları incelendiğinde değerlerin düşük seyrettiği ve mevsimsel bazda fazla farklılık göstermediği anlaşılmaktadır. Sadece 16. numune olan (şebeke suyu) Hüseyin Kara'nın evinden alınan su örneğinin konsantrasyonu 2,373 ppb olarak bulunmuştur. Bu sonuç standart üst limit değer olan 5 ppb'ye göre düşük olduğu için tehlike oluşturma sınırının altındadır.

Co için: Co için TS-266'da herhangi bir alt ya da üst limit belirlenmemiştir. Ancak değişik kaynaklardan Co değerinin 1 ppb'nin altında olması gerektiği tespit edilmiştir. Co için yapılan ölçümler neticesinde mevsimsel değerler paralellik göstermektedir. Fakat 3, 4, 8, 9, 11, 13, 16, 17. numunelerin değerlerinin 1 ppb'den yüksek çıkması bu kaynaklarda Co elementi yönüyle kirliliğin olabileceği düşünülmektedir.

Cr için: Cr için yapılan ölçümler neticesinde yıllık ve mevsimsel sonuçların birbirleriyle paralellik gösterdiği gözlenmiştir.

Cr için yapılan ölçümlerde genel itibariyle değerlerin standartların altında ve oldukça makul seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Ölçüm yaptığımız 25 merkezden 21 no'lu numune olan (kuyu suyu) Açık cezaevi kuyu-2 suyunun Cr konsantrasyonu 2,328 ppb'dir. Bulunan değerlerin Cr için üst limit olan 50 ppb'nin çok altında olduğu tespit edilmiştir. Diğer numunelerin Cr konsantrasyonları da 50 ppb'nin çok altında

kalmıştır. Bu ölçümler neticesinde bu suların içilmesinin ve kullanılmasının TS-266 ve uluslararası standartlara göre herhangi bir sakıncası yoktur.

Cu için: Cu için yapılan ölçümler neticesinde mevsimsel bazda farklılıklar gözlenmesine rağmen genellikle değerler birbirine yakın çıkmıştır. Yalnız 11. numune olan (şehir içi arıtma çeşmesi) Piri Reis heykeli kavşağı kaynağının konsantrasyonun 129,5 ppb olması ve 16. numune olan (şebeke suyu) Hüseyin Kara'nın evinden alınan suyun konsantrasyonun 145,0 ppb olması; TS-266 standart üst değeri olan 100 ppb'yi geçtiğinden dolayı bu kaynaklarda bakır kirlenmesinin olabileceği söylenebilir.

Cu konsantrasyonları bakımından tüm mevsimler ve merkezler incelendiğinde ortalama değerlerin son derece makul ve standart değerlerin çok altında olduğu dikkati çekmiştir. Ölçümü yapılan numunelerin 11. ve 16. kaynaklar hariç içme standartlarına uygun olduğu ve tüm numunelerin de kullanma standartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir.

Hg için: Hg için bulunan sonuçlar standart üst limit olan 1 ppb seviyesinin üzerinde olan herhangi bir sonuca rastlanmamıştır. En yüksek değer olan 7. numunedeki (şehir içi arıtma çeşmesi) Yeşil Cami önündeki çeşme suyunun konsantrasyonu dahi 0,789 ppb çıkmıştır. Bu sonuçta 1 ppb'yi geçmediği için olumsuz bir sonuç doğuracak durum yoktur.

Mg için: Mg için yapılan ölçümler neticesinde 12. kaynak olan Karaman şehir içi arıtma çeşmeleri-Özkaymak kebab salonu yanı çeşmesinden kışın alınan numunenin değeri 6,777 ppb çıkmıştır. Bu kaynak haricindeki diğer kaynakların, mevsimsel ve ortalama olarak değerleri Mg için üst sınır olan 50 ppb değerinin çok üstünde çıkmıştır. Bu ise sulara magnezyum sertliğinin çok yüksek olduğunu göstermektedir.

Mn için: Mn için yapılan ölçümler neticesinde mevsimsel bazdaki değişikliklerin çok farklı olmadığı gözlenmiştir. Sadece 25. Numune olan Karaman gölet Dereköy Barajı suyunun Mn içeriği 15,73 ppb olarak bulunmuştur. Buna rağmen standart üst sınır değeri olan 50 ppb değerine göre çok düşüktür. Bu da bu kaynağın Mn içeriği bakımından tehlike oluşturacak bir durumun olmadığını gösteriyor.

Mo için: Mo için belirlenen 5 ppb limit değerini hiçbir kaynak geçmemiştir. 25. kaynak olan Karaman gölet Dereköy Barajı suyu sonbahar mevsimi Mo içeriği 2,250 ppb ile en yüksek çıkmasına rağmen üst limit değeri olan 5 ppb'nin altında kaldığından tehlike oluşturmamaktadır.

Ni için: Ni için yapılan ölçümler neticesinde su numuneleri genelde mevsimsel ve ortalama olarak paralellik göstermektedir. 25 farklı nokta ve 4 mevsim dikkate alındığında genel itibariyle değerlerin birbirine çok yakın olduğu dikkati çekmektedir. Ni konsantrasyonları 0,002 ile 5,383 arasında değişmektedir. Ni konsantrasyonunun en düşük 0,002 ppb düzeyi ile (kuyu suyu) Açık cezaevi kuyu-2 suyu olduğu ve 5,383 ppb düzeyi ile (şehir içi arıtma çeşmeleri) İmam Hatip Lisesi arkasındaki çeşme suyunun da en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ni için bulunan 5,383 ppb'lik değer dahi üst limit olan 50 ppb'nin çok altında olduğu için bu suların TS-266 ve uluslararası standartlar bakımından içilmesi ya da kullanılması açısından herhangi bir sakıncası olmadığı tespit edilmiştir.

Pb için: Pb için yapılan ölçümler neticesinde su numuneleri mevsimsel farklılıklar göstermesine rağmen genel olarak makul seviyelerde Pb konsantrasyonları elde edilmiştir. 25 farklı nokta ve 4 farklı mevsim değerlendirildiğinde sonuçların uyumlu ve değerlerin birbirine çok yakın düzeyde bulunduğu tespit edilmiştir. Sadece 16. numune olan (şebeke suyu) Hüseyin Kara'nın evinden alınan numunenin sonbahar mevsimi 46,92 ppb değeri tespit edilmiştir. Bu miktarda TS-266 ve uluslararası su standartları üst limiti olan 50 ppb'nin altında kalmıştır.

Se için: Se için yapılan ölçümler neticesinde mevsimsel ve ortalama sonuçların paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Bütün su örneklerinin üst limit olan 10 ppb (TS-266) düzeyinin çok altında kaldığı gözlenmiştir. 21. Numune olan (kuyu suyu) Açık cezaevi kuyu-2 suyunun 0,042 ppb ile konsantrasyonu en düşük Se kaynağı olduğu tespit edilmiştir. En yüksek Se konsantrasyonu da 1,435 ppb ile (şehir içi arıtma çeşmesi) Onur Yurdu yanı çeşmesinden alınan su örneği olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler de üst limitin çok altında olduğundan tehlike oluşturması söz konusu değildir. Se bakımından ölçülen suların herhangi bir tehlike oluşturacak değerde olmadığı anlaşılmıştır. Tüm sular emniyetle hem içme hem de kullanma suyu olarak kullanılmasında sakınca yoktur.

Sr için: Sr için yapılan ölçümlerde mevsimsel ve ortalama değerlere göre sonuçlar Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) belirlediği 8-50 ppb limit değerinin çok üstünde çıkmıştır. Ancak 9., 10., 12., 22. ve 23. merkezlerden alınan su örneklerinin Sr içeriği üst sınır olan 50 ppb'nin altında kalmıştır. Tüm kaynaklardan alınan örneklerin Sr bakımından kirlilik oluşturacak seviyede olduğu söylenebilir.

Ti için: Ti için TS-266'da herhangi bir alt ya da üst limit belirlenmemiştir. Ancak değişik kaynaklardan elde edilen bilgiye göre 3 ppb'nin altında olması gerekmektedir. Mevsimsel ve ortalama değerler 3 ppb'nin altında çıkmıştır. En yüksek değer Karaman kuyu suyu-Açık cezaevi kuyu-2 suyu 2,500 ppb çıkmıştır. Bu da bu kaynaklarda Ti elementi yönüyle kirlilik olmadığını göstermektedir.

Zn için: Zn için yapılan ölçümler neticesinde su numuneleri mevsimsel farklılıklar göstermesine rağmen genel değerlerin makul seviyelerde seyrettiği izlenmiştir. Sadece 8. numune olan (şehir içi arıtma çeşmeleri) İmam Hatip Lisesi arkasındaki çeşme suyu, 11. numune (şehir içi arıtma çeşmeleri) Piri Reis heykeli kavşağı, 15. numune (şebeke suyu) Sabah Dershanesi, 17. numune (tatlı su kaynağı) Sanayi Toklu kuruyemiş fabrikası önü grubu olarak adlandırılan numunelerdeki Zn konsantrasyonları sırasıyla 114,9; 119,7; 190,7; 162,6 ppb olarak ölçülmüş olup bu değerler kaynak ve içme suları standardının limit değerleri olan 100-500 ppb değerlerinin içerisinde çıkması sebebi ile herhangi bir Zn kirliliği olduğunu söylemek mümkün değildir. Tedbir amaçlı uyarı yapılması uygun olabilir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Karaman çevresinde tespit edilen 25 farklı merkezde bulunan ve bazı merkezlerdeki suların yerli halk tarafından farklı özelliklere sahip oldukları iddia edilen kaynak, kuyu, şebeke, arıtma ve gölet sularının bazı ağır metal düzeyleri araştırılmıştır. Üzerinde çalışma yaptığımız su numunelerinin özellikle toksik etki yapabilecek ağır metal (As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Ti, Zn) içerikleri bakımından araştırılmasına özen gösterilmiştir

Sanayileşmenin çok hızlı geliştiği çağımızda çevreye yayılan ağır metal miktarlarında çok ciddi artış olmaktadır. Sulardaki toksik ağır metal ölçümü son zamanlarda önem kazanmıştır. Toksik ağır metal kirliliği özellikle canlı vücudunda uzun vadede önemli sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa Birliği su kriterleri ve ülkemizde de TS (Türk Standartları) ağır metal kirliliği ile ilgili çalışmalar yaparak alt ve üst limit olarak ağır metal düzeylerini µg/L (ppb) cinsinden yeniden dizayn ederek asgari müşterekte birleşmişlerdir. Bu kriterler göz önüne alınarak bir suyun sağlıklı olup olmadığı, içildiğinde herhangi bir olumsuzluğa sebebiyet verip vermeyeceğini rahatlıkla söylemek mümkün olacaktır. Karaman merkez ve çevresindeki 25 farklı merkezden alınan su örneklerinin ağır metal derişim düzeyleri incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1- As, Cd, Cr, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, ve Ti elementleri bakımından incelenen merkezlerden alınan su örneklerinde kirlilik oluşmadığı, bulunan değerlerin WHO, Avrupa Birliği içme suları standartları ve TS-266 değerlerine göre uygun olduğu, bu suların bu elementler bakımından içilmesinin ve kullanılmasının herhangi bir sakınca oluşturmayacağı tespit edilmiştir.

2- Ca, Mg ve Sr elementleri bakımından incelenen merkezlerden alınan su örneklerinde aşırı kirlilik oluştuğu, bulunan değerlerin WHO, AB, TS-266 değerlerine göre çok yüksek olduğu, bu elementlerin fazlalığının toksik etki yapmayacağının ancak aşırı sertlik oluşturması bakımından içilmesinin ve kullanılmasının uygun olmayacağı tespit edilmiş, durumun valilik ve yerel yöneticilere bildirilmesine karar verilmiştir.

3- Co, Cu ve Zn elementleri bakımından incelenen merkezlerden alınan su örneklerinde bazı merkezlerin bazı mevsimlerinde derişim değerlerinin WHO, AB, TS-266 değerlerine göre yüksek çıktığı, ortalama değerlerinin normal olduğu, bu merkezlerin çevre ve jeolojik şartlara göre farklılık gösterebileceği, ancak ilgili

merkezlerin Valilik ve yerel yöneticilere bildirilerek gerekli tedbirlerin alınmasının istenmesine karar verilmiştir.

4- Su kaynaklarının temizliğine dikkat edilmesi, kimyasal ve biyolojik içeriklerinin sık sık kontrol edilmesi, olumsuz bir durum gözlendiğinde gerekli önlemin alınması gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Aksoy, M., 2000. Beslenme Biyokimyası. *Hatipoğlu Yayınevi*, Ankara, 554-561.
- Anonim, 2004. İçme Suları. *Türk Standartları Enstitüsü*, TS.266, Ankara.
- Anonim, 1994. TSE, Su Kalite Kontrol Yönetmeliği.
- Baucells, M. ve Kelipo, M.T., 1985. Determination of Soil Extracts by Furnace AAS. *Anal Chem*, 22, 61-70.
- Baucells, M., Lazort, G. ve Ratura, M., 1985. Determination of Cadmium and Molybdenum in soil extracts by Graphite Furnace AAS and Introductively Coupled Plasma Spectrometry. *Analyst*, 110, 1423-1429.
- Baysal, A., 1999. Beslenme, *Hatipoğlu Yayınevi*, Ankara, 131-147.
- Baysal, A., 2000. Genel Beslenme. 10. Baskı, *Hatipoğlu Yayınevi*, Ankara, 45-50.
- Berrow, M.L. ve Winnie, M., S., 1983. Extraction of Metals from Soils and Swage Sludges by Refluxing with AQUA REGIA. *Analyst*, 198, 277-284.
- Bradshaw, M.H. ve Powell, G.M., 2000. Understanding Your Water Test Report, *Kansas State University*.
- Cresser, M.S., Les, C., Cameron, W.M. ve John C.B., 1986. Atomic Spectrometry Update Environment Analysis. *Journal of Anal.Spect.*, 1, 10-17.
- Demir, M., 1986. Toprak Örneklerinde Bazı Eser Elementlerin AAS ile Tayininde Halka Tekniğinin Yeri (doktora tezi). *İnönü Üniversitesi Fen Bil. Enst. Malatya*.
- Fiabana, A.M. ve Williams, D.R., 1977. The Principles of Bio-Inorganic Chemistry. *Cehimcal Society Monogram Series*, London.
- Güçer, Ş., 1981. TOMİK Soğurum Spektroskopisinin Çevre Kimyasındaki Önemi ve Sorunları, *Profesörlük tezi*, İzmir.
- Güçer, Ş. ve Yaramaz, O., 1980. Tübitak VII. Bilim Kongresi. *Çevre Araştırma Grubu*, 3-7 Kasım, İstanbul.
- Gündüz, T., 1994. Çevre Sorunları. *AÜ. Fen Fak.*, Ankara, 200s.
- Gündüz, T., 1999. Instrumental Analiz. *A.Ü. Fen Fak.*, Ankara, 607s.
- Harrison, R.M. ve Laxen, D.P.H., 1931. Lead Pollution Causes and Control. *Printed in Great Britain at the University Pres*, Cambridge.

- Hazer, B., 1985. Genel Kimya, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi*, Trabzon.
- Herrick, G., Friendland, T. ve Andrew, J., 1990. Patterns of trace metal concentration and acidity in mountain forest soils of northeastern U.S. *Water-Air-Soil Pollution*, 53, 151-157.
- Hinds, M.W., Kenneth, W., Jockson, K.W., ve Alan, P.N., 1985. Electrothermal Atomisation AAS with the Direct Introduction of Slurries Determination of Trace Metals in Soil. *Analyst*, 119, 947-960.
- Jackson, K.W. ve Alan, P.N., 1993. Determination of Lead in Soil by Graphite Furnace AAS With the Direct Introduction of Slurries. *Analyst*, 108, 261-64.
- Jackson, L., Fries, T. ve Grossman, J., 1991. Geological and Inorganic Material. *Anal. Chem.*, 63, 33-35.
- Kartal, Ş., Elçi, L. ve Doğan, M., 1992. Investigation of Lead, Nickel, Cadmium and Zinc Pollution of Traffic in Kayseri. *Fresenius Environment Bul.*, 1, 28-33.
- Kaya, S. ve Akar, F., 1998. Metaller In 'Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji' Ed. By Kaya, S., Pirinççi, İ. ve Bilgili, A., 119-143. 1. Baskı. *Medisan Yayıncılık*, Ankara.
- Kempe, S., Khoo, F. ve Yüksel, H., 1978. Hydrography of Lake Van and its Drainage area In Geology of Lake Van. *M.T.A. Press*, Ankara.
- Khan, K.D. ve Frankland, B., 1983. Chemical forms of Cd and Pb in some Contaminated Soils. *Environment Pollution*, (B) 6, 15-31.
- Kılıçel, F., 1996 Van Şehir Merkezindeki Yol Tozlarında Toksik Ağır Metal (Pb, Cd, Cu, Ni, Mn, Zn, Bi, Co) Kirliliğinin Araştırılması (doktora tezi). *Y.Y.Ü. Fen Bil.Enst.*, Van.
- Kırımhan, S. ve Sağlam, M.T., 1983. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Dergisi*, 14, 13-22.
- Kocakerim, M., 1983, Çevre Sorunları Araştırma Merkezi, 6-8 Haziran, Erzurum.
- Kor, M.N., 1974. Çevre Sağlığı ve Teknolojisi. *Ana Britannica*, cilt:2, İstanbul.
- Kouimtzis, T.A., Sofoniou, M.C. ve Papadoyannis, I.N., 1981. Determination of Selenium in Water Samples By Molecular Emission Cavity Analysis After Coprecipitation. *Analytica Chimica Acta*, 123: 315-317.
- Lall, F., 1989. The Minerals in Fish Nutrition Second Ed. (Ed. J. Halver). *Academic Press*, New York, 219-258.
- Mutluay, H. ve Demirak, A., 1996. Su Kimyası. *Beta Basım Yayım*, İstanbul.

- Schwarz, F.J., 1995. Detemination of Mineral Requirements of fish. *J.Appl. Ichtyol*,11,164-174.
- Seleseni, P., 1983. Environmental Management of Agr. Watershecs. *International Inst Appl Sys* , Luvenburg, Austria.
- Soylak, M. ve Doğan, M., 2000. Su kimyası. *Erciyes Üniversitesi Yayınları*, 120, 79-83.
- Şanlı, Y., 1994. Metaller ve Diğer İnorganik Maddeler. *Özel Toksikoloji*, 61-122.
- Şanlı, Y., 2002. Veteriner Klinik Toksikoloji. *Mesipres Yayıncılık*, 2. Baskı, Ankara.
- Thompson, L.M.,1973. Soils and Soils fertility. *Mcgraw-Hill*, New York.
- Ure, A.M., Hernandez-Artıga, M.P. ve Mitchell, M.C., 1978. A Carbon-Rod Atomizer forthe Determination of Cadmium and Lead in Plant Materials and Soil Extracts. *Anal Acta*, 96, 37-43.
- Ure, A.M. ve Mitchell, M.C., 1976. Determination of Cadmium in Plant Material and Soil Extarcts by Solvent Extraction and AAS with a Carbon-Rod. *Analytica Chimica Acta*, 87, 283-290.
- Uzun, A., Soylak, M. ve Elçi, L., 2001. Preconcentration and Separation with Amberlite XAD-4 Resin. Determination of Cu, Fe, Pb, Ni, Cd and Bi at Trace Levels in Waste Water Samples by Flame Atomic Absorption Spectrometry. *Talanta*, 54, 197-202.
- Watanebe, T., Kiron, V. ve Satoh, S., 1997. Trace Minerals in Fish Nutrition. *Aquaculture*, 151s.
- West, T.S., 1981. Bunseki Kagaku. *Special Issue*, 30, 103-115.
- WHO, 1995. Coordinating Committe for the Updating WHO Gudelines for Drinking Water. *Quality Meeting*, Geneva, Switzerland.
- WHO, 1996. World Health Organization Health Criteria and Other Information In *Guidelines for Driking- Water Quality*, 2, 136-271, Geneva.
- Yalçın, H., Gürü, M., 2002. Su Teknolojisi, Ankara.
- Yıldız, M. ve Genç, Ö., 1993. Enstrümental Analiz. *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, Ankara.
- Yiğit, V., 1980. Çevre Araştırma Grubu. *TÜBİTAK VIII. Bilim Kongresi*, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Hüseyin KARA
Doğum Tarihi ve Yeri : 07.07.1979/Hatay
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 0 554 866 17 92
e-mail : huseyinkara31@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Amasya Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Bölümü	2001
Lise	Antakya Merkez 23 Temmuz Lisesi	1996

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2001-2006	Amasya Ahi Modern Fen Dershanesi	Kimya Öğretmeni
2006-2008	Bafra Sakarya Dershanesi Eğitim Danışmanlık	Kimya Öğretmeni
2008-2010	Samsun Sakarya Dershanesi Eğitim Danışmanlık	Kimya Öğretmeni
2010-2013	Karaman Sabah Eğitim A.Ş. Eğitim Danışmanlık	Kimya Öğretmeni
2013-	Ankara Samanyolu Eğitim Kurumları Eğitim Danışmanlık	Kimya Öğretmeni