

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÇANAKKALE ŞEHİR ŞEBEKE SUYUNDA
AĞIR METAL ANALİZİ
VE
BAKTERİYOLOJİK İNCELEME**

Aslı KOVANCI

Danışman

Prof. Dr. Mahmut COŞKUN

Haziran, 2008

ÇANAKKALE

**ÇANAKKALE ŞEHİR ŞEBEKE SUYUNDA
AĞIR METAL ANALİZİ
VE
BAKTERİYOLOJİK İNCELEME**

**Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Biyoloji Anabilim Dalı**

Aslı KOVANCI

Danışman

Prof. Dr. Mahmut COŞKUN

Haziran, 2008

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Ash KOVANCI tarafından Prof. Dr. Mahmut COŞKUN yönetiminde hazırlanan “Çanakkale Şehir Şebeke Suyunda Ağır Metal Analizi ve Bakteriyolojik İnceleme” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mahmut COŞKUN

Yönetici

Prof. Dr. C.Varol TOK

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Selahattin YILMAZ

Jüri Üyesi

Sıra No: 373

Tez Savunma Tarihi:19/ 06/ 2008

Prof. Dr. Mehmet Emin ÖZEL

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŐEKKÖR

Bu tezin hazırlanmasında, bilgi ve deneyimlerinden yararlanarak daima ilgi ve desteğini gördüğüm değerli hocam Prof. Dr. Mahmut COŞKUN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmalarım sırasında yardım ve bilgilerini esirgemeyen değerli Öğretim Görevlisi Münevver COŞKUN'a ve değerli Öğretim Görevlisi Akın ÇAYIR'a çok teşekkür ederim.

Bütün öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme, özellikle babam Şinasi KOVANCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimde adı geçen analizlerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Doç.Dr. Selahattin YILMAZ'a ve asistanlarına, Çanakkale Halk Sağlığı Laboratuvarı çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

Aslı KOVANCI

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
TSE(266)	Türk Standartları Enstitüsü
WHO	World Health Organization
EPA	Environmental Protection Agency
EC	European Commission
MF	Membran Filtrasyon
TTC	Triphenyl - tetrazoliumchlorid
US EPA	United States Environmental Protection Agency
ICP-AES	Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy
RSD	Relative Standard Deviation
BR	Britton- Robinson
DPASV	Diferansiyel Puls Anodik Sıyırma Voltametri
Kol.	Koloni
dl.	Detection limit

ÇANAKKALE ŞEHİR ŞEBEKE SUYUNDA AĞIR METAL ANALİZİ

VE

BAKTERİYOLOJİK İNCELEME

ÖZET

Bu çalışmada, 20 Nisan-5 Mayıs 2007 tarihleri arasında, Çanakkale şehir şebeke suyunun farklı 40 noktasından örnekler alınıp gerekli ön işlemler uygulandıktan sonra arsenik (As), kurşun (Pb), bakır (Cu), çinko (Zn) ve kadmiyum (Cd) ağır metallerinin miktar ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Bu analizlerde Pb, Cu Zn ve Cd için ICP-AES (Inductively Couple Plazma Atomic Emission Spectroscopy) cihazı, As tayini için Diferansiyel Puls Anodik Sıyırma Voltametri cihazı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Cd belirleyebilme limitinin altında, As 0,95-11,9 µg/l, Cu 0,004-0.58 mg/l, Pb <0,08 mg/l, Zn 0-5,30 mg/l değerleri arasındadır. Türkiye Su Standartları (TSE 266), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Avrupa Topluluğu (EC) su standartları ile karşılaştırıldığında As, Pb, Cu, Zn ve Cd değerlerinin müsaade edilen sınırlar içinde olduğu görülmüştür.

Aynı noktalardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik analizleri membran filtre yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre toplanan 40 adet su numunesinin 28'i (%70) toplam bakteri yönünden, 18'i (%45) koliform bakteri yönünden ve 1 tanesi de (%2,5) *Escherichia coli* yönünden TSE 266, WHO, EPA ve EC su standartlarına göre kirli konumda olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Ağır metal, As, Pb, Cu, Zn, Cd, ICP-AES, Voltametri, bakteriyolojik analiz, toplam bakteri, koliform bakteri, E.coli.

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi, BAP tarafından 2007/13 no'lu proje olarak desteklenmiştir.

ANALYSIS OF HEAVY METALS IN THE TAP WATER OF ÇANAKKALE CITY AND BACTERIOLOGICAL INVESTIGATION

ABSTRACT

In this work, heavy metal concentrations (As, Pb, Cd, Cu, Zn) and microbiological analysis of 40 tap water samples, collected in Çanakkale city center from 20th April to 5th May 2007, were analyzed. Pb, Cd, Cu, Zn were analyzed using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) and As was analyzed using Differential Pulse Adsorptive Stripping Voltammetry (DPASV). Results showed that Cd concentration was under the detection limits of instrument and the concentrations of As, Cu, Pb and Zn were between 0.95-11.9 µg/L, 0.004-0.58, <0.08, and 0.004-5.3 mg/L respectively. When these results were compared to Turkish Water Standards (TSE 266), World Health Organization (WHO), Environmental Protection Agency (EPA), and European Commission (EC) water standards, all these values were within the permitted limits.

Microbiological examination of the water samples were performed using membrane filter method. With regard to TSE, WHO, EPA and EC water standards, 28 samples by total bacteria, 19 samples by Coliform and 1 samples by *Escherichia coli* were at the polluted state.

Key Words: Heavy metal, As, Pb, Cu, Zn, Cd, bacteriological analysis, total bacteria, coliform bacterium, *E.coli*

This master thesis (MSc.) of 2007/13 project number was founded by BAP as a research Project.

İÇERİK

	Sayfa No
YÜKSEL LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
BÖLÜM 1 – GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Genel Olarak Su Kirliliği	1
BÖLÜM 2 – GENEL BİLGİLER.....	7
2.1. AĞIR METALLER	7
2.1.1. İçme Sularında Ağır Metal Kirliliği	9
2.1.1.1. Arsenik	9
2.1.1.1.1. Arseniğin Vücuda Alınım Yolları	10
2.1.1.1.2. Arsenik Kontaminasyonunun Başlıca Kaynakları	11
2.1.1.1.3. Arseniğin Vücuttaki Dağılımı ve Metabolizması	11
2.1.1.1.4. Akut Etkileri	12
2.1.1.1.5. Kronik Etkileri	12
2.1.1.2. Kurşun	13
2.1.1.2.1. Kurşunun Vücuda Alınım Yolları	14
2.1.1.2.2. Kurşun Kontaminasyonunun Başlıca Kaynakları	14
2.1.1.2.3. Kurşunun Vücuttaki Dağılımı ve Metabolizması	15
2.1.1.2.4. Akut Etkileri	16
2.1.1.2.5. Kronik Etkileri	16
2.1.1.3. Bakır	16
2.1.1.3.1. Bakırın Vücuda Alınım Yolları	17
2.1.1.3.2. Bakır Kontaminasyonunun Başlıca Kaynakları.....	18
2.1.1.3.3. Bakırın Vücuttaki Dağılımı ve Metabolizması	18
2.1.1.3.4. Akut Etkileri	19

2.1.1.3.5. Kronik Etkileri	19
2.1.1.4. Çinko	20
2.1.1.4.1. Çinkonun Vücuda Alınım Yolları	20
2.1.1.4.2. Çinko Kontaminasyonunun Başlıca Kaynakları	21
2.1.1.4.3. Çinkonun Vücuttaki Dağılımı ve Metabolizması	21
2.1.1.4.4. Akut Etkileri	21
2.1.1.4.5. Kronik Etkileri	22
2.1.1.5. Kadmiyum	22
2.1.1.5.1. Kadmiyumun Vücuda Alınım Yolları	22
2.1.1.5.2. Kadmiyum Kontaminasyonunun Başlıca Kaynakları	22
2.1.1.5.3. Kadmiyumun Vücuttaki Dağılımı ve Metabolizması	23
2.1.1.5.4. Akut Etkileri	23
2.1.1.5.5. Kronik Etkileri	23
2.2. BAKTERİYOLOJİK İNCELEME.....	24
2.2.1. Sularda Çalışılan Mikrobiyolojik Parametreler	25
2.2.1.1. Toplam Bakteri	25
2.2.1.2. Toplam Koliform Bakteri	26
2.2.1.2.1. Fekal Koliform Bakteri	26
2.2.1.2.1.1. Escherichia coli (E.coli)	27
BÖLÜM 3 – MATERYAL ve METOT	28
3.1. Ağır Metal Analizinde İzlenen Yol	28
3.1.1 Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Çinko (Zn) ve Kadmiyum (Cd) Elementlerinin Analizinde İzlenen Yol	30
3.1.1.1 Kullanılan Kimyasal Maddeler	30
3.1.1.2. Kullanılan Cihazlar	30
3.1.1.3. Metot... ..	30
3.1.2. Arsenik (As) Elementinin Analizinde İzlenen Yol.....	31
4.1.2.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler	31
4.1.2.2. Kullanılan Cihazlar	31
4.1.2.3. Metot	32

3.2. Bakteriyolojik Analizde İzlenilen Yol	34
3.2.1. Kullanılan Malzeme ve Besiyerleri	34
3.2.2. Metot	34
3.2.2.1. Suların Bakteriyolojik Analizi İçin Numune Alma İşlemi	34
3.2.2.2. Membran Filtrasyon	35
3.2.2.3. Membran Filtrasyon Yönteminin Uygulanışı	35
3.2.2.4. Sayım	35
BÖLÜM 4 – BULGULAR	36
4.1. Ağır Metal Analiz Sonuçları	36
4.2. Bakteriyolojik Kirlilik Analiz Sonuçları	42
BÖLÜM 5 – SONUÇ VE TARTIŞMA	46
KAYNAKLAR	50
Ekler	I
Çizelgeler	I
Şekiller	II
Yaşam Öyküsü	III

BÖLÜM 1

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Genel Olarak Su Kirliliği

Doğanın temel unsurları olan hava, su ve toprağın kalitesinde değişikliklere neden olan ve canlıların yaşamını olumsuz yönde etkileyen her şey kirletici, bu değişim sürecine ise kirlenme denilmektedir.

İnsan etkisiyle kirlenme, kentsel yaşamın başlaması sonucu ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak da artmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında, nüfus artışıdaki hıza bağlı olarak artmış ve yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuştur (Yarsan ve diğ., 2000; Florea ve Büsselberg, 2005).

Doğal dengeyi bozan kirletici unsurlar; organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyonüklidler, pestisidler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık ısı olarak gruplandırılabilir. Ağır metaller bu sınıflandırmaya göre, endüstriyel atıklar ve bazı pestisidler içinde yer alıp ekolojik dengeyi tehdit eder düzeye ulaşmaktadır (Yarsan ve diğ., 2000; SEPA,2001).

Dünya üzerindeki tüm canlılar için hayati öneme sahip ve ekolojik dengenin vazgeçilmez unsurlarından olan su, su döngüsü veya hidrolojik döngü olarak bilinen sürekli bir döngü içindedir. Bu nedenle dünyadaki toplam suyun hacmi değişmemektedir. Değişen onun kalitesi ve kullanılabilirliğidir. Dünya'nın sahip olduğu toplam su hacminin %97,5'i tuzlu sudur. Bunun %99,9'u okyanuslarda bulunurken geri kalan kısmı göllerde bulunmaktadır. Dünya üzerindeki suyun sadece %2,5'lik kısmı tatlı sudur. Ama bu tatlı suyun hepsi insanlar tarafından kullanılabilir nitelikte değildir. Tatlı suyun %75'lik kısmı kutuplarda buz tepeleri ve yüksek

dağlarda buzullar olarak lokalize olmuştur. %24'ü yerin altında yeraltı suları olarak bulunmaktadır. Toplam tatlı suyun %1'den daha az kısmı göllerde, nehirlerde ve toprakta bulunmaktadır. %0,01'lik kısmı da insanların kullanamayacağı şekilde toprak nemi olarak bulunmaktadır (Gray, 1999).

İnsanların su ihtiyacı genel olarak, yüzey suları ve yeraltı sularından karşılanmaktadır. Yüzey ve yeraltı su kaynaklarının, bazılarının büyük ölçüde insan sağlığını etkileyen çeşitli elementleri içerdiği bilinmektedir. Bu elementler; Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Sn, V ve Zn gibi insan organizmasının gelişimi için gerekli olanlar, As ve Ba gibi daha az gerekli olanlar ve gereksiz diye adlandırılan ve hiçbir metabolik fonksiyonu bilinmeyen Bi, Cd, Hg ve Pb gibi elementlerdir (Asubiojo ve diğ., 1997; Farghaly, 2003).

Endüstrinin hızla gelişmesi ve birçok endüstri aktivitesinde kimyasal maddelerin kullanılması toprak ve suda sürekli metal kirliliğinin artmasına sebep olmaktadır. Artan bu metal kirliliği sonunda içme sularına ve çeşitli besin zincirlerine dahil olmaktadır (Anonim, 1996; Kumar ve diğ., 2005).

Metaller biyolojik olarak bozunmadıkları için çeşitli hayati organlarda birikme eğilimindedirler. Bu nedenle çeşitli metal iyonlarının eser konsantrasyonlarına maruz kalmak bile uzun süreli toksik etkilere sebep olabilmektedir (Anonim, 1996; Kumar ve diğ., 2005).

İnsan vücudundaki elementlerin konsantrasyonları belli limitler içerisindedir. Bazı elementler insan sağlığı için gerekli olmasına rağmen yüksek konsantrasyonları, toksik elementlerde olduğu gibi, morfolojik anormalliklere, büyümenin azalmasına, artan ölüm oranına, mutajenik etkilere, çeşitli kanser türlerinin gelişimine, anormal doğumlara, kalp ve damar hastalıklarına ve nörolojik hastalıklara sebep olmaktadır (Asubiojo ve diğ., 1997; Farghaly, 2003).

Bu elementler arasında insan ve hayvan sağlığı bakımından en önemli etkiye sahip olanlar da ağır metallerdir. Ağır metaller nispeten yüksek yoğunluğa sahip

(yoğunluğu 5 g/cm³'ten büyük olan veya atom ağırlığı 50 g/mol ve daha büyük olan) ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metallerdir. İnsanlar birçok kaynaktan ağır metallerin yüksek seviyelerine maruz kalabilirler. En önemli kaynaklardan birisi de içme sularıdır. Ağır metaller, atıklar, coğrafik oluşumlar, içme suyu dağıtım materyalleri ve içme suyu dezenfeksiyon işlemleri ile içme sularına karışmaktadır. Evlerdeki içme suyu, eve su sağlamak için kullanılan su tesisatı materyali vasıtası ile de kontaminasyona uğrayabilmektedir (Farghaly, 2003). Normalde ağır metaller içme sularında oldukça az miktarlarda bulunmaktadır. Bu nedenle bu metallerin belirlenmesi için çok düşük konsantrasyonlarda miktar tayini yapabilen cihazlar kullanılmalıdır (WHO, 1996; Anezaki ve diğ., 1998).

Ağır metal kirliliğinin yanında, bakteriyolojik kirlenme de temiz su tüketimini olumsuz yönde etkileyen başka bir etkidir. Özellikle içme suyunun fekal kirliliği, su yoluyla taşınan hastalıklara sebep olmaktadır. Biyolojik kirleticiler tarafından kirletilen sular insan sağlığı için zararlı olmaktadır (Manohan, 2000).

Çevresel güvenlik ve ekonomik kayıpları önlemek için su kirleticilerinin kaynaklarını, etkileşimlerini ve etkilerini bilmek gereklidir. Su kirliliğinin anlaşılması ve onun kontrolü, sulu ortam kimyasının temel bilgilerine sahip olunmasına bağlıdır. Su kirliliği Tablo 1.1'de olduğu gibi bazı genel kategoriler arasında sınıflandırılmıştır (Manohan, 2000; Revenga ve Mock, 2000).

Tablo 1.1. Su kirliliğinin genel tipleri (Manohan, 2000; Revenga ve Mock, 2000)

Kirleticinin Sınıfı	Önemi
İz elementler	Sağlık, Sucul biyota, Toksikite
Ağır metaller	Sağlık, Sucul biyota, Toksikite
Organik bağlı metaller	Metal geçişi
Radyonüklitler	Toksikite
İnorganik kirleticiler	Toksikite, Sucul biota
Algal besinler	Ötrofikasyon
İz organik kirleticiler	Toksikite
Pestisidler	Toksikite, yabancı hayat
Petrol atıkları	Yabancı hayata etkileri, Estetik
Lağım, insan ve hayvan atıkları	Su kalitesi, Oksijen seviyesi
Patojenler	Sağlığa etkileri
Deterjanlar	Ötrofikasyon, yabancı hayat, estetik
Kimyasal kanserojenler	Kanser insidansı
Sedimentler	Su kalitesi
Tat, koku, renk	Estetik

Ülkemizde, içme ve kullanma suları TSE 266'da (Türk İçme Suyu Standartları) belirtilen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelere göre değerlendirilmektedir. Bu standartlarda, içme ve kullanma suları ayrı tutulmamaktadır. Her ikisi için de verilen kimyasal ve mikrobiyolojik limitler aynıdır (Anonim, 2006). TSE (266), WHO, EPA ve EC içme ve kullanma suyu standartları Tablo 1.2.'de gösterilmiştir (İSKİ, 2005).

İçilme bile kullanma suyundan el ve yüz yıkama, diş fırçalama, banyo yapma, gibi temizlik amaçlı birçok alanda yararlanılmaktadır. Bu nedenle kullanma suyunda da TSE 266'ya uygunluk aranmaktadır (Anonim, 2006).

Tablo 1.2. TSE (266), WHO, EPA ve EC içme ve kullanama suyu standartları (İSKİ, 2005).

Parametre	Türk Standartları Enstitüsü (TSE 266) 1997	Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 1999	Çevre Koruma Ajansı (EPA) 2002	Avrupa Topluluğu (EC) 1998
Birincil Standartlar (Sağlıkla ilgili zorunlu standartlar) Berraklık				
Turbidity (Berraklık)	25	5	1	1
Birincil Standartlar(Sağlıkla ilgili zorunlu standartlar) Mikrobiyolojik(kol./100ml)				
Koliform bakteri	<1	0	<1	0
Birincil Standartlar (Sağlıkla ilgili zorunlu standartlar) İnorganik Kimyasallar(mg/l)				
Alüminyum	0,20	0,20	0,20	0,20
Arsenik	0,05	0,05	0,05	0,01
Baryum	0,3	0,7	1	--
Kadmiyum	0,005	0,005	0,01	0,005
Krom	0,05	0,05	0,05	0,05
Flor	1,5	1,5	0,7-2,4	1,5
Kurşun	0,05	0,05	0,05	0,01
Cıva	0,001	0,001	0,002	0,001
Nitrat	50	50	45	50
Selenyum	0,01	0,01	0,01	0,01
Gümüş	0,01	--	0,05	--
Antimon	0,01	0,005	0,006	0,005
Berilyum	--	--	0,004	--
Birincil Standartlar(Sağlıkla ilgili zorunlu standartlar) Radyonüklitler (pCi/l)				
Gross Alfa	1	2,7	15	--
Gross Beta	10	27	50	--
İkincil standartlar- Estetik Standartlar (mg/l)				
Klorür	600	250	250	250
Klor	20	15	15	--

(Tablo 1.2 devamı)

Bakır	3	--	1	2
Köpürtme ajanları	0,2	--	0,5	--
Demir	0,2	--	0,3	0,2
Manganez	0,05	0,5	0,05	0,05
pH	6,5-9,2	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,5
Sülfat	250	250	250	250
Toplam erimiş toprak	1500	100	500	--
Çinko	5	--	5	--
Parametreler (mg/l) İlave				
Kalsiyum	200	--	--	--
Kalsiyum karbonat	--	500	--	--
Magnezyum	50	--	--	--
Potasyum	12	--	--	--
Sodyum	175	200	--	200
Çökmüş klor	0,5	5	--	--
Amonyak	0,5	1,5	1,5	0,5

Bu çalışma ile Çanakkale şehir şebeke suyunun As, Pb, Cu, Zn, ve Cd gibi ağır metaller ve toplam bakteri, koliform bakteri ve *E.coli* yönünden durum tespitinin yapılması amaçlanmıştır. Elde edilecek veriler Çanakkale şehir şebeke suyunun ağır metal ve bakteriyolojik durumunun tespitini sağlarken, gelecekte bu konuda yapılacak çalışmalara da temel oluşturacaktır.

BÖLÜM 2

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ağır Metaller

Doğal sistemlerde bazı elementler iz düzeyde bazıları ise yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Elementlerin bir kısmı, yoğunluklarından dolayı ağır metal olarak ifade edilmektedirler. Hem ağır metallerin hem de iz elementlerin bazıları canlı yapılar için gerekli oldukları gibi yüksek konsantrasyonlarında toksik olabilmektedirler ve bu nedenle toksik elementler olarak da ifade edilmektedirler. Tablo 2.1’de doğal sularda karşılaşılan en önemli iz elementler özetlenmiştir.

Bunların bazıları hayvanlar ve bitkiler için gerekli besinler olarak bilinmektedirler. Ancak birçoğu düşük seviyelerde esansiyal iken yüksek seviyelerde toksik olabilmektedir (Manohan, 2000).

Ağır metallerin bazıları, ileri derecede toksiktirler. Bu elementler genellikle geçiş metallere aittir. Ağır metaller demir gibi esansiyal elementler yanında kadmiyum ve cıva gibi toksik metaller de içerir. Facchinelli (2001)’ye göre son zamanlarda ağır metallere, sahip oldukları kendilerine özgü özelliklerinden dolayı büyük bir ilgi duyulmaya başlanmıştır. Bu özellikler;

- Radyonüklitler gibi bozunmazlar. Bunun yanı sıra birçok organik madde gibi zaman içinde parçalanmazlar.

- Bazı ağır metaller canlılar için gerekli ve yararlıdır. Fakat spesifik eşik değerlerini aştıkları zaman toksik etki meydana getirirler.

- Birtakım mekanizmalarla kirlenmemiş bölgelerde doğal seviyede bulunurlar. Çevrede, bu doğal seviyelerinin artması insanın çeşitli aktiviteleri ile meydana gelmektedir. Çoğunlukla katyon durumundadırlar. Kimyasal formuna, tutunduğu

partikülün büyüklüğüne ve atmosferik koşullara bağlı olarak biyosferde ve biyosferi oluşturan alt birimlerde birikebilirler (Çayır, 2005).

Tablo 2.1. Doğal sularda önemli iz elementler (Manohan, 2000).

Element	Kaynak	Önemi
Arsenik	Madencilik yan ürünü, kimyasal atık	Toksik, kanserojen
Berilyum	Kömür, endüstriyel atıklar	Toksik
Bor	Kömür, deterjanlar	Toksik
Krom	Metal kaplama	Cr(III) esansiyal, Cr(IV) toksik
Bakır	Metal kaplama, madencilik, endüstriyel atık	Esansiyal iz element, bitkiler ve algler için toksik
Flor	Doğal jeolojik kaynaklar, atıklar, su katkı maddesi	1 mg/l seviyelerinde diş çürümesini önler, daha yüksek seviyelerde toksik
İyot	Endüstriyel atıklar, doğal tuzlu su,	Guatr önleyici
Demir	Endüstriyel atıklar, paslanma, mikrobiyal faaliyetler	Esansiyal besin, boyayarak demirbaş eşyalara zarar verir.
Kurşun	Endüstriyel atıklar, madencilik, yakıtlar	Toksik, yabani hayata zararı
Manganez	Endüstriyel atıklar, asitli maden ocağı suyu, mikrobiyal faaliyetler	Bitkilerde toksik, boyayarak demirbaş eşyaya zarar verir
Molibden	Endüstriyel atıklar, doğal kaynaklar	Bitkiler için esansiyal hayvanlar için toksik
Selenyum	Doğal kaynaklar, kömür	Düşük seviyede esansiyal, yüksek seviyede toksik
Çinko	Endüstriyel atıklar, metal kaplama, boru tesisatı	Esansiyal element, yüksek seviyelerde bitkiler ve hayvanlar için toksik

Ağır metallerin birçoğunun sülfür için afinitesi oldukça yüksektir ve enzimlerde sülfür grupları ile bağ yaparak enzim aktivitesini inhibe etmektedirler. Proteinlerin karboksilik asit (-CO₂H) ve amino (-NH₂) grupları ağır metallere kimyasal olarak bağlanır. Kadmiyum, bakır, kurşun ve cıva iyonları hücre zarına bağlanırlar ve hücre duvarı boyunca madde taşıma işlemine engellerler. Ağır metallere aynı zamanda fosfatlı bileşikleri çöktürebilir veya onların parçalanmasını katalizleyebilirler (Manohan, 2000).

Metaller ve ametaller arasında, sınır çizgisi üzerinde bulunan elementlere metaloidler denilmektedir. Bunlardan bazıları önemli su kirleticileri arasındadır. Arsenik, selenyum ve antimon en çok dikkat çeken metaloidlerdir (Manohan, 2000).

2.1.1. İçme Sularında Ağır Metal Kirliliği

2.1.1.1. Arsenik

Arsenik saf olarak yer kabuğunda çok fazla bulunmaz. Daha çok kükürtlü madenler içinde, demir oksitlerde ve sülfür bileşiklerinde konsantre olarak bulunabilir. Arseniğin bağlı olduğu bu elementlerden ayrılarak, pH, yükseltgenme indirgenme durumu ve sıcaklığa bağlı olarak, su içinde kolayca çözünebildiği bilinmektedir. Böylelikle bu bileşikleri ihtiva eden bölgelerde yeraltı sularının arsenik kontaminasyonu artmaktadır. Bu tür yeraltı sularının içme amaçlı kullanımının artması bu bölgelerde çeşitli sağlık problemlerine sebep olmaktadır. Çünkü inorganik arsenik kanserojendir ve deri ve çeşitli i kanser türlerine sebep olmaktadır (Karim ve Safiuddin, 2001; Agusa ve diğ., 2006).

Yer kabuğunda bazı elementlerle bağlı olarak bulunan arsenik Dünya'nın bazı bölgelerde doğal jeolojik olaylarla yer altı sularına karışmakta ve bu suları kullanan ve içen insan populasyonu için önemli bir risk oluşturmaktadır. Örneğin 2001 yılında Kanada'da yapılan bir araştırmada Bangladeş yer altı sularının ciddi düzeyde arsenikle kontaminasyona uğradığı saptanmıştır ve kontaminasyona doğal jeolojik olayların sebep olduğu sanılmaktadır. Bangladeş nüfusunun büyük bir kısmı

arsenikle kontamine olmuş su kullanmaktan dolayı risk altındadır ve bu sayı her geçen gün artmaktadır. Yer altı sularında ciddi anlamda arsenik kirliliğinden dolayı (0-2 ppm) bu bölgede geniş çapta araştırmalar yapılmaktadır (Karim ve Safiuddin, 2001).

Arseniğin akut toksisitesi kimyasal formuna bağlıdır. Elemental, gaz (arsin), organik ve inorganik formlarda bulunur. Gaz formu en toksik olan formudur. Doğada en çok bulunan formu inorganik arseniklerden arseniktrioksittir. İnsanlar günlük 300µg alabilirler. Arsenik ppm'den ppt'ye değişen konsantrasyonlarda toprakta, suda ve canlı organizmalarda bulunur. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), içme ve kullanma sularında 10µg/l (ppb)'ye kadar arsenik bulunabileceğini, 50 ppb'den daha yüksek miktarlarda arsenik içeren suların ise kesinlikle kullanılmaması gerektiğini bildirmiştir (WHO, 2001; Kumar ve diğ., 2005; Agusa ve diğ., 2006).

Toprakta 0,1-40 ppm arasında arseniğe rastlamak olasıdır. Topraktaki organik maddelere bağlı olarak da bulunan arsenik, organik maddelerin okside olmasıyla suya ve oradan bitkilere geçer. Doğal su kaynakları ve denizlerde değişen oranlarda arsenik bulunmaktadır. Deniz ürünlerinde arsenik miktarı tolerans sınırının üstünde olabilmektedir (2,6 ppm). Örneğin, morinanın karaciğer yağında, yengeçte ve planktonlarda yüksek oranda arsenik saptanmıştır (Yağmur ve Hancı, 2002).

2.1.1.1 Arseniğin Vücuda Alınım Yolları

Kokusuz ve renksiz olan arsenik gastrointestinal sistem, solunum sistemi ve parenteral yollardan absorbe olur. İnorganik arseniğin gastrointestinal absorpsiyon hızı çok yüksektir. En fazla absorpsiyon ince bağırsaktan olur. Sütteki kazein, arsenik absorpsiyonunu azaltır (Yağmur ve Hancı, 2002; Agusa ve diğ. 2006).

Düşük dozda kronik olarak alındığında sistein içeren proteinlerce zengin olan saç, tırnak ve ciltte birikir. Kronik birikme akciğerde olur. Plasentayı kolayca geçerek fetüste birikebilir. Arseniğin biyolojik olarak izlenmesi, akut ya da kronik olarak arseniğe maruziyetin tanımlanmasında önemlidir. Arsenik vücuttan büyük

oranda idrarla atılır. İdrarda total arsenik konsantrasyonu, genellikle yakın zamanda arseniğe maruz kalınıp kalınmadığının bir göstergesidir. İnorganik arseniğin insan vücudundaki yarı ömrü dört gündür (Karim ve Safiuddin, 2001; Yağmur ve Hancı, 2002).

2.1.1.1.2. Arsenik Kontaminasyonunun Başlıca Kaynakları

Her yıl Dünyada 50 000 tonun üzerinde üretilen arsenik türevleri yaygın kullanım alanları bulmaktadır. Bazı organik bileşikler ile potasyum ve kurşun arsenit gibi alkali tuzları herbisit olarak sık kullanılmaktadır. Bu bileşikler, yabancı tohum ve filiz öldürücü özelliklerinin yanında, pamuk ve meyve ağaçlarında defoliant olarak da kullanılmaktadır. Bakır asetoarsenit (Paris yeşili) ve kurşun arsenat kuvvetli insektisidlerdir. Arsenik bileşikler ayrıca bazı deterjanların yapısında, boya pigmentlerinde, deri ve kağıt endüstrisinde, seramik cam ve lastik imalatında da kullanılmaktadır. (Yılmaz ve Ekinçi, 2004).

Arseniğin çevreye başlıca yayılma ve taşınma yolu sulardır. Sulardaki arsenik doğal veya antropojenik kaynaklı olabilir. Arseniğin su aracılığı ile ekolojik sistemde dağılımı, canlı yapılarda birikmeye neden olmaktadır. İnsan popülasyonunda toplam günlük arsenik alımı 0,20 mg/kg'dır. Endüstriyel atıkların arıtılmadan çevreye bırakılması, insan sağlığı açısından önemli sorunlara yol açmaktadır. Güney Kalküta'da bakır asetoarsenit üreten bir fabrikanın yakınında yaşayan 17 ailenin 53 üyesinde (%67) arsenikle kirlenmiş suyun kullanılmasına bağlı olarak kronik arsenik zehirlenmesi ortaya çıkmış; yapılan ölçümlerde yüzeysel kuyu sularındaki arsenik düzeyinin 5-58 mg/l (ppm) arasında olduğu saptanmıştır (Mazunder ve diğ., 1992).

2.1.1.1.3. Arseniğin Vücuttaki Dağılımı ve Metabolizması

Saç ve tırnak, vücudun diğer dokularıyla kıyaslandığında arsenik konsantrasyonunun en yüksek olduğu yapılardır. Bunun nedeni bu yapıların trivalan arsenikle kolayca bağlanabilen sülfhidril (SH) grupları içeren keratine zengin

olmasıdır. Saç daha çok inorganik arsenik maruziyetinin belirlenmesinde kullanılır. Arsenik içeren tozların solunması arseniğin burun mukoza membranlarını etkileyerek nazal membranı delmesiyle sonuçlanır. Bu etki maruziyetin ilk ya da ikinci haftasında görülür. Deney hayvanları üzerinde yapılan çalışmalarda arseniğin en fazla karaciğerde biriktiği bildirilmiştir (Yağmur ve Hancı, 2002; Jankong ve diğ., 2007).

2.1.1.1.4. Akut Etkileri

Akut arsenik zehirlenmesinde belirtiler, arseniğin miktarı, alım zamanı ve hastanın yaşı gibi birçok etmene bağlıdır. En önemli etkiler gastrointestinal ve kardiyak bozukluklarıdır. Şiddetli karın ağrısı, ağızda metalik tat, boğazda sıkışma, kusma, koleradaki gibi diyare, bacaklarda kasılma, zayıf ve düzensiz nabız, solgun yüz, gözlerde çökme, soğuk ve ıslak bir cilt, konvülziyonlar, felç, koma ve birkaç saat içinde ölümlerle sonuçlanabilir. Akut maruziyette çok az cilt reaksiyonu gözlenmiştir (Hughes, 2001; Karim ve Safiuddin, 2001; Yağmur ve Hancı, 2002).

2.1.1.1.5. Kronik Etkileri

Kronik zehirlenme belirtileri iştahsızlık, kusma, dişetlerinde kanama, dişetlerinde siyah çizgi, larinks ve kulak kanalının şiddetli irritasyonu, dermatit, ellerde ve ayaklarda simetrik hiperkeratoz, deri pigmentasyonu, şiddetli deri döküntüsü, nefeste sarımsak kokusu, el ve ayak tırnaklarında açık lekeler en belirgin özelliklerdir (WHO, 2001; Tchounwou ve diğ., 2003).

Kronik arsenik maruziyeti ile cilt kanseri arasında bağlantı olduğu görülmüştür. İçme suyunda yüksek oranda arsenik bulunan Arjantin'in Girdaba bölgesinde yapılan araştırmada herkeste keratodermo bulunmuştur. Ayrıca hastaların büyük bir kısmında hiperhidrozis ve pigment anormallikleri görülmüştür. Özellikle güneş almayan gövde üzerinde 1-10 mm çaplı ve birbiriyle birleşme eğilimli siyah lekeler görülmüştür. Gövdede pigment düzensizliği ve keratoz kronik arsenik

maruziyetinin en önemli göstergesidir (Hughes, 2001; Karim ve Safiuddin, 2001; Yağmur ve Hancı, 2002; WHO, 2006).

2.1.1.2. Kurşun

Kurşun, vücutta hiçbir biyokimyasal reaksiyonda yer almayan toksik bir metaldir. Madenlerden yeryüzüne çıkartılıp kullanılması ile biyosfere yayılmış ve endüstrileşmeye paralel olarak insan vücudundaki miktarı anlamlı olarak artmıştır. Endüstrileşen toplumlarda kentleşme ve sanayileşmenin artması, bunun yanı sıra gerekli önlemlerim aynı hızda alınmaması sonucu halk sağlığını tehdit eden bir sorun olmuştur. Hipokrat yazıtlarından görüldüğü kadarıyla kurşunun toksik etkileri çok eski çağlarda bile bir sağlık sorunu olarak biliniyordu (Needleman, 2003; Yapıcı ve diğ., 2004; Dündar ve Aslan, 2005; Hızel ve Şanlı, 2006).

Besinlerdeki kalsiyum ve fosfor eksikliğinde kurşun daha hızlı emilir ve kemiklerde depolanır. Kemik, kurşunun toksik etkisi için hedef dokudur. Kemik döngüsü çocuklarda erişkinlere göre daha fazla olur ve kurşun erken yaşlarda birikir, büyüme ve gelişme sırasında hızla kana geçer. Kurşun osteoblast sentezini azaltarak osteoblastik aktiviteyi inhibe eder. Kurşunla teması olanlarda aşırı iskelet zedelenmesi, kemik tümörleri (osteosarkom), osteoporoz ve rikets görülebilir. Endüstriyel bölgelerde kurşun ile temas eden çocuklarda boy kısalığı olduğu bildirilmiştir (Goyer,1993; EPA, 2003; Hızel ve Şanlı, 2006).

Kurşunun kadın ve erkek üreme sisteminde toksik etkileri olduğunu gösteren kalitatif çalışmalar da vardır. Spontan abortus ve ölü doğumlarda artış ilk olarak kurşunla çalışan kadın işçilerde bildirilmiştir. Kuzey İsveç'te yapılan bir çalışmada bir maden tasfiyehanesinin yakınında yaşayan kadınlarda spontan abortus frekansında artma saptanmıştır. Erkeklerde mesleki kurşun maruziyetine bağlı olarak sperm anomalilerine neden olabilmektedir (Yapıcı ve diğ., 2004).

Kurşun karsinogenezi hayvan deneyleriyle gösterilmiştir. Diyetlerinde yüksek dozda kurşun asetat bulunan sıçanlarda renal kanserlerde artış saptanmıştır (Yapıcı ve diğ., 2004).

2.1.1.2.1. Kurşunun Vücuda Alınım Yolları

Hava, çevresel kurşun sirkülasyonunun en önemli yoludur. Endüstriyel öğütme işlemleri sırasında oluşan tozlar ve kurşun içeren yakıt dumanları havadaki kurşunun önemli kaynaklarıdır. Havada yoğun olarak bulunmasına rağmen duyularımızla hissedemediğimiz bu materyal, insan ve hayvanlarca solunur. Çok küçük partiküller yapısı, burun ve solunum yollarındaki bariyerlere takılmadan alveoler ortama ulaşmasını sağlar. Alveoler yüzeyler, oksijene geçirgen olduğu kadar diğer kontaminantlara da geçirgen olması nedeniyle bir risk kapısıdır (Goyer, 1993; EPA, 2003; Dündar ve Aslan, 2005).

Kurşunun eser miktarları bile sindirim sisteminden absorbe edilerek kanla dokulara iletilir. Daha çok çocuklar için söz konusudur. Ancak gıda güvenliğinin önemsenmemesi ve bilinçsiz beslenme alışkanlıklarının yaygınlığı sorunu genelleştirmektedir (Needlemam, 2003; Dündar ve Aslan, 2005).

Kurşun, kalsiyum, fosfor, demir ve bakır gibi mineraller, ince bağırsaksak villuslarından kana hızla emilirler. Emilim sırasında villuslar bu elementler arasında bir öncelik tanımadıklarından, yeterince kalsiyum alamayan hamilelerin, genç ve çocukların kurşun zehirlenmesine daha duyarlı olacağı; dengeli mineral alan bireylerin ise, kurşuna karşı nispeten korunmuş olacakları düşünülmektedir (Yapıcı ve diğ., 2004; Dündar ve Aslan, 2005; Hızel ve Şanlı, 2006).

2.1.1.2.2. Kurşun Kontaminasyonunun Başlıca Kaynakları

Endüstrideki kullanımı nedeniyle kurşun biyosferde yoğun olarak bulunmaktadır. Özellikle kuzey yarım kürede havada 1000 ton civarında kurşun sirkülasyonu söz konusudur (EPA, 2003; Dündar ve Aslan, 2005).

Otomobillerin kurşunlu yakıtları, kurşun içeren boyalar, bu boyaların kullanıldığı oyuncak ve diğer malzemeler, sırlı porselen ve seramik malzemeler, kurşun içeren kap ve cam ürünleri, otomobillerde kullanılan kurşun-asit bataryalar, kurşun lehimli ambalajlardaki konserveler, mama ve diğer gıda ve içecekler, kurşunla kontamine olmuş su ve arazilerden elde edilen sebze ve meyveler, tütün mamulleri, su, alkollü içecekler, beyaz ve kırmızı et, sakatat türleri, süt ve süt ürünleri kurşunun başlıca kaynaklarıdır (Yapıcı ve diğ., 2004; Dünder ve Aslan, 2005; Hızel ve Şanlı, 2006;).

Onlarca yıl önce kullanılan kurşun borulardan akan içme suyu şebekelerindeki sular, Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen ve önerilen 0,01 mg/l düzeyinin çok üzerinde kurşun içermekteydi. 1960'lı yıllardan sonra terk edilen bu borular yerine kullanılan bakır alaşımlı borular ise, bağlantı noktalarındaki kurşun lehimler ve metal korozyonu nedeniyle, içme suyu yoluyla toksikasyonun devam etmesini engelleyememiştir (Dünder ve Aslan, 2005).

Yüzey ve yeraltı sularında doğal kurşun düzeyi genellikle düşüktür. İçme sularının kurşunla kontaminasyonunun ana kaynağı su depoları ve taşıma tankerleridir. 1993'te Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme suyundaki maksimum kurşun konsantrasyonunu 50 µg/l'den 10µg/l'ye düşürmüştür (Yapıcı ve diğ., 2004).

2.1.1.2.3. Kurşunun Vücuttaki Dağılımı ve Metabolizması

Organizmada kurşun homojen olarak dağılmaz. Kana geçen kurşunun %90'ı eritrositlerle moleküler bağ kurar. Çok az miktarda kurşun ise, plazma proteinlerine bağlanır veya serbest halde kan sıvısında dolaşır. Dolaşım sırasında kurşun, hücreler arası sıvı, dalak, kemik iliği ve böbrekler gibi ortamlara dağılır. Daha sonra kemikler, iskelet ve kalp kası, merkezi sinir sistemi, saç ve kıllar ile tırnaklara geçer. Erişkinlerde kurşunun %95'i, çocuklarda ise %74'ü kemiklerde depolanır ancak kronik hastalıklar, menopoz, gebelik ve böbrek yetmezliği gibi olgularda, kurşunun kemiklerden tekrar kan dolaşımına mobilize olabildiği düşünülmektedir (EPA, 2003; Yapıcı ve diğ., 2004; Dünder ve Aslan, 2005).

Çocuklarda kemik dokudaki kurşun oldukça mobildir. Kan ve yumuşak dokulardaki kurşunun biyolojik yarılanma ömrü çocuklarda 28-60 gün, erişkinlerde ise kemikte 20 yıldır. Başta idrar olmak üzere, ter ve dışkı ile atılım plazma kurşun düzeyini azalttıkça, depo kuşun miktarı düşer (Dündar ve Aslan, 2005).

2.1.1.2.4. Akut Etkileri

Kurşunun toksik etkileri akut ve kronik olarak sınıflandırılrsa da, bu iki kategori arasında kesin bir sınır yoktur. Düşük dozlarda kurşun alımında akut etkiler, çoğunlukla hissedilmez. Öte yandan yüksek miktarda ve tekrarlanarak alınan kurşun, ağızda metalik tat, mide ağrısı, kusma ve diyareden başlayan; sinir sistemi hasarına bağlı intoksikasyon, koma, solunum durması ve hatta ölüme kadar uzayan sonuçlar doğurabilir. Çocukların sinirsel gelişimini önemli ölçüde gerileten ve mental geriliğe neden olan önemli çevre kirletici olduğu bilinmektedir (Papp ve diğ., 2004; Dündar ve Aslan, 2005; Tiemann,2005).

2.1.1.2.5. Kronik Etkileri

Kurşunun klinik önemi kan hücreleri ve sinir hücrelerindeki kronik etkilerden kaynaklanmaktadır. Önemli bir enzim inhibitörü olarak hücrelere geçen kurşun, selenyum ve sülfür içeren enzimlerin antioksidan etkinlik göstermesini engellemektedir (Yapıcı ve diğ., 2004; Dündar ve Aslan, 2005).

2.1.1.3. Bakır

Metalik bakır, biçimlendirilebilir iyi bir ısı ve elektrik ileticisidir. Bu özelliğinden dolayı birçok ticari kullanım alanı vardır. Bakır, elektrik tesisatı, boru tesisatı, subap, demirbaş eşya, madeni para, yemek pişirme kabı ve yapı materyali olarak kullanılır. Bakır, savaş gereçlerinin (cephane), maden alaşımlarının ve kaplamaların içinde de vardır. Bakır bileşikleri, mantar öldürücü, alg öldürücü ve böcek öldürücü ilaçların yapısında bulunur. Aynı zamanda bitki ve hayvan gelişimini desteklemek için bir besin olarak gübre ve hayvan yemlerine eklenebilir.

Gıda katkı maddesi olarak kullanılabilir. Bakır sülfat pentahidrat bazen alg gelişiminin kontrolü için yüzey sularına eklenir. Bakır sülfat önceleri kusturucu olarak kullanılıyordu. Fakat bu kullanım insan sağlığına olan olumsuz etkilerinden dolayı terkedilmiştir (WHO, 2004).

2.1.1.3.1. Bakırın Vücuda Alınım Yolları

Bakır birçok canlı için temel bir besin maddesidir. İnsanların bakır maruziyetinin birincil kaynağı yiyeceklerdir. Karaciğer ve diğer iç organlar, deniz ürünleri, yemişler ve baklagiller bakırın en iyi bilinen kaynaklarıdır. Birleşmiş milletler tarım bölümünün 1989-1991 yılları arasında yayınlamış olduğu çalışmaya göre bakır diyetinin yaklaşık %40'ı ekme mayası, beyaz patates, domates, tahıl, sığır eti, kuru fasulye ve mercimekten gelmektedir. Çocuk ve yetişkin insanlar için hazırlanan vitamin ve minerallerde tablet veya kapsül başında genellikle 2 mg bakır bulunmaktadır (WHO, 2004; Sonon ve diğ., 2006;WHO,2006).

İçme sularındaki bakır konsantrasyonu, pH, sertlik ve su dağıtım sistemi içindeki bakır miktarı gibi suyun karakteristik özelliklerinden dolayı oldukça değişkendir. Avrupa, Kanada ve Amerika Birleşik devletlerinde yapılan birçok çalışmanın sonucu olarak içme sularındaki bakır konsantrasyonu 0,005-30 mg/l olarak bulunmuştur. En önemli kontaminasyon kaynağı olarak bakır boru tesisatının paslanması gösterilmiştir. Su debisinin yüksek olduğu ve coşkun akan musluk suyunda bakır konsantrasyonu düşük iken, hafif ya da kısmen hızlı akan sularda bakır konsantrasyonunun daha fazla olduğu görülmüştür (WHO, 2004).

İçme suyundaki bakır konsantrasyonu, özellikle asidik pH'lı, yüksek karbonatlı sistemlerde dağıtım boyunca artmaktadır (WHO, 2004; Sonon ve diğ., 2006).

2.1.1.3.2. Bakır Kontaminasyonunun Başlıca Kaynakları

Yer kabuğundan partiküllerin rüzgâr ile havaya karıştırılması ve fabrika bacalarından yayılan maddelerden dolayı atmosfer de bakır bulunmaktadır. Bu kaynaklar çevreye yayılan toplam bakırın sadece % 0,4'ünü oluşturmaktadır. 1983-1997 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı'nın (US EPA) ülke genelinde yaptığı bir çalışmada 23814 hava örneğindeki bakır konsantrasyonunun 0.003-7,32 µg/m³ arasında değiştiğini saptamıştır (WHO, 2004).

Bakır yüzey sularında, yeraltı sularında, deniz suyunda ve içme sularında bileşik halinde veya partiküller madde olarak bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan birçok çalışmada yüzey sularındaki bakır konsantrasyonu 0,0005-1 mg/l arasında değiştiği görülmüştür (WHO, 2004).

Gelişmiş ülkelerde bakır maruziyetinin birincil kaynakları besin ve sudur. Genellikle yetişkin insanlar diyetle günde 1-3 mg bakır alırlar. Bakır katkılı vitamin ve minerallerin kullanımıyla bu değer 2 mg daha artmaktadır. En iyi durumdaki içme suyu bu değerlere 0,1-1 mg/gün katkıda bulunmaktadır. Böylece yetişkin insanlar için günlük bakır alımı genellikle 1-5 mg/gün kadardır. Bakır boru içeren bir dağıtım sisteminden su tüketimi günlük toplam bakır maruziyetini arttırmaktadır (WHO, 2004; Sonon ve diğ., 2006).

2.1.1.3.3. Bakırın Vücuttaki Dağılımı ve Metabolizması

Bakır biyolojik işlevi bulunan önemli bir metaloenzim bileşenidir. Sitokrom oksidaz, askorbik asit oksidaz, süperoksit dismutaz gibi enzimlerde bulunur. Yapılan çalışmalarda bağışıklık sisteminin düzenlenmesinde, kemik dokusu oluşumunda, bağ doku gelişiminde ve doku pignemtasyonunda bakırın işlevsel olduğu belirlenmiştir. Bakır eksikliği belli enzimlerin aktivitesinde düşüşe, anemiye, depigmentasyona ve kardiovasküler defektlere neden olmaktadır (Kalay ve diğ.,2003).

Bundan başka, sinirleri saran koruyucu kılıfın oluşumu da vücuttaki bakır miktarına bağlıdır. Bakır eksikliği halinde, sinir sisteminde sinir impulslarının gereği şekilde iletilmemesine yol açan bozukluklar ortaya çıkar (Anonim, b.t.(a)).

Diğer taraftan, bakır elementi vücudumuzu güneşin zarar verici morötesi ışınlarından korur. Deriyi morötesi ışınlardan koruyan melanin pigmentinin oluşmasını sağlayan enzimin bir parçasını da bakır elementi oluşturur. Bakırın hemoglobinin sentezinde de rolü vardır. Ayrıca yiyeceklerin lezzetini tadabilme duyumuz da vücutta bakır varlığına bağlıdır (Anonim, b.t. (a)).

Bakır elementi hemen hemen bütün gıdalarda ve içme sularında bulunduğundan, vücudumuzda bakırın emilim ve atılımı belirli bir düzen içinde yürür. Vücuttaki bakır düzeyi, günlük beslenmedeki bakır, molibden ve sülfat dengesine bağlıdır (Anonim, b.t. (a)).

2.1.1.3.4. Akut etkileri

Yetişkinler için vücut ağırlığında kg başına 4-400 mg bakır iyonu (Cu II) akut öldürücü dozdur. Vücuda yüksek miktarda bakır alındığı takdirde mide ve bağırsaklarda kanama, idrarda kan görülmesi, damar içi alyuvar yıkımı, karaciğer hücrelerinin hasarı, akut böbrek rahatsızlıkları ve çok az idrar çıkarma gibi rahatsızlıklar gözlenir (WHO, 2004).

2.1.1.3.5. Kronik Etkileri

1999 yılında Pizarro ve arkadaşları tarafından Santiago’da yapılan bir çalışmada konuyla ilgili denemeler için 60 sağlıklı yetişkin kadın alınmış ve rasgele 4 gruba ayrılmıştır. Her gruba 2 hafta boyunca konsantrasyon değerleri sıralı olarak 0, 1, 3, ve 5 mg/l olan bakır sülfat kontaminasyonlu içme suyu verilmiştir. Konsantrasyonlar sırası ile her bir gruba ayrı verilmiş ve her grup 2 haftalık periyot sonunda gerekli tetkiklerden geçirilmiştir. Bakır homeostasisi ve karaciğer durumunda çalışma boyunca önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Bunun yanında

gasrointestinal semptom insidanslarının içme suyundaki bakır kontaminasyonuna önemli ölçüde bağlı olduğu görülmüştür ($p<0,007$) (WHO, 2004).

2.1.1.4. Çinko

Çinko, hemen hemen bütün volkanik kayalarda az miktarda bulunmaktadır ve cevheri çinko sülfürler halinde bulunur. Topraktaki doğal çinko içerikleri 1-300 mg/kg olarak tahmin edilmektedir (WHO, 1996).

Doğal yüzey sularında çinko konsantrasyonu genellikle 10µg/l'nin altında ve yer altı sularında da 10-40 µg/l arasındadır. Musluk sularında ise boru tesisatı ve donanımdan çinko karışmasının sonucu olarak çinko konsantrasyonu çok daha yüksek olabilmektedir. En aşındırıcı sular; düşük pH'lı, yüksek karbondioksit içerikli ve az miktarda mineral tuzları içeren sulardır (WHO, 1996).

Çinko bütün biyokimyasal süreçlerde önemli rol oynayan gerekli bir elementtir. Bu element, çeşitli proteinlerin temel bileşenlerindedir. Ayrıca memelilerde immün ve sinir sisteminin önemli bir düzenleyicisidir. Kandaki çinko seviyesinin değiştirilmesi immün sistemin fonksiyonlarını etkilemekle birlikte ruhsal bozukluklara da sebep olmaktadır (Nowak ve diğ., 2003).

2.1.1.4.1. Çinkonun Vücuda Alınım Yolları

Proteince zengin gıdalar, örneğin; et ve deniz canlıları yüksek konsantrasyonda çinko içermektedir (10-50 mg/kg yaş ağırlık). Buna karşın hububatlar, sebzeler ve meyveler düşük konsantrasyonda çinko içermektedirler (genellikle <5 mg/kg) (WHO, 1996).

Yapılan çalışmalarda, farklı bölgelerde çinkonun ortalama günlük alınımı 5-22 mg olduğu rapor edilmiştir. Önerilen diyetlerde yetişkin erkekler için 15 mg/gün, yetişkin bayanlar için 12 mg/gün, bebekler için 5 mg/gün ve ergenlik çağı öncesi çocuklar için 10 mg/gün çinko alınımına izin verilmektedir (WHO, 1996).

Su tesisatı ve donanımın paslanmasının sonucu olarak, çinko konsantrasyonu yükselmediği sürece içme sularından çinko alınımı genellikle ihmal edilmektedir (WHO, 1996).

2.1.1.4.2. Çinko Kontaminasyonunun Başlıca Kaynakları

Çinko, çevrede doğal olarak bulunan maddelerden biridir. Birçok besin maddesi ve içme suyunda belli oranlarda bulunur. Endüstriyel kaynaklar yada toksik madde atım alanları içme sularındaki çinko konsantrasyonunu toksik düzeye yükseltebilirler. Maden işletmeleri, atık maddelerin işlem gördüğü üniteler ve çelik üretim fabrikaları çevredeki ve içme sularındaki Zn konsantrasyonunu yükseltebilirler (Anonim, b.t. (b)).

2.1.1.4.3. Çinkonun Vücuttaki Dağılımı ve Metabolizması

İnsan vücudunun farklı dokularındaki çinko konsantrasyonları da farklıdır. Örneğin; prostat, kemik, kas ve karaciğerde yüksek konsantrasyonda çinko bulunmaktadır. İnsanda tutulmuş çinkonun biyolojik yarı ömrü 1 yıldır (WHO, 1996).

Çinko, dehidrogenaz, aldolaz, peptidaz, polimeraz ve fosfataz gibi yaklaşık 300 enzime kofaktör olarak bağlanır. Böylece insan ve hayvan metabolizmasında önemli rol oynar. Bu haliyle DNA ve RNA sentezinde, gen ekspresyonunda, bağışıklık sisteminde görev almaktadır. Ayrıca birçok çalışma göstermektedir ki çinko, başta prolaktin olmak üzere birçok hormon ile etkileşim halindedir (WHO, 1996; Madureina ve diğ., 1999; Bressler ve diğ., 2007).

2.1.1.4.4. Akut etkileri

İnsanlar nispeten yüksek dozlarda çinkoya maruz kalabilirler ve bu durum önemli sağlık problemlerine neden olur. Bunlara örnek olarak mide krampları, deri döküntüleri, kusma, bulantı ve kansızlık verilebilir.

Çok yüksek dozlarda çinko, pankreasa zarar verebilir, protein metabolizmasını bozabilir ve damar sertliğine sebep olabilir (Anonim, b.t.(b)).

2.1.1.4.5. Kronik Etkileri

Canlı organizmada uzun süreli yüksek çinko kontaminasyonu toksik etki yapmaktadır. Bu 2 değerlikli metal nörolojik bozukluklara sebep olur. Demir homeostasisini ve kolesterol metabolizmasını bozar. Mitokondride enerji üretimine olumsuz yönde etki eder (Lemire ve diğ., 2007).

2.1.1.5. Kadmiyum

Her ortamda az miktarlarda bulunan bir elementtir. Kayaçların aşınması, volkanik olaylar ve orman yangınları sonucu çevredeki döngüsü ve konsantrasyonu artar. Ayrıca çinko, bakır ve kurşun madeni işleme sırasında açığa çıkmaktadır. Fosfatlı gübre kullanımı, çimento üretimi ve demir çelik üretimi sırasında da Cd çevreye verilmektedir. Cd-Ni pilleri, elektronik malzemelerin üretimi, boyalar, PVC üretimi, çeşitli metal kaplamalar ve çeşitli alaşımların elde edilmesinde kullanılmaktadır. Atık sularla da çevreye önemli miktarda verilmektedir (Cook ve Morrow, 1995).

2.1.1.5.1. Kadmiyumun Vücuda Alınım Yolları

Sigara içmeyen kişilerde temel alım yolu besinler ve sudur. Bunun nedeni kadmiyumun az miktarda da olsa doğal olarak her yerde bulunması ve tarım alanlarında fosfatlı gübrelerin kullanılmasıdır. Sigara içen kişiler doğal alıma ek olarak sigaradan da Cd almaktadırlar (Cook ve Morrow, 1995).

2.1.1.5.2. Kadmiyum Kontaminasyonunun Başlıca Kaynakları

Sulardaki kaynağı sanayi ve maden atıklarıdır. Kadmiyum metal kaplamada geniş çapta kullanılmaktadır. Kimyasal olarak kadmiyum çinkoya çok benzemektedir ve bu iki metale sıklıkla jeokimyasal işlemlerde birlikte

rastlanılmaktadır. Her iki metal su içinde oksitlenmiş durumda bulunur (Manohan, 2000).

Kadmiyum ve çinko, endüstri kuruluşlarının çevresini sardığı limanlarda, suda ve sedimentte oldukça yaygındır. Liman sedimentlerinde, kuru sediment ağırlığında kadmiyum konsantrasyonu 100 ppm'den daha fazla olabilmektedir (Manohan, 2000).

2.1.1.5.3 Kadmiyumun Vücuttaki Dağılımı ve Metabolizması

Kimyasal olarak çinkoya benzemesinden dolayı birçok fizyolojik faaliyette çinkonun yerine kullanılır. Özellikle bazı enzimlerde çinkonun yerine geçer, böylece enzimin yapısı değişir ve aktivitesi zayıflar. En sonunda hastalık belirtileri görülür (Manohan, 2000).

2.1.1.5.4 Akut Etkileri

İnsanlarda akut kadmiyum zehirlenmesi, dokularda ileri derecede hasar yapıcıdır. Bunların arasında yüksek kan basıncı, böbrek hasarları, testis dokusunun tahribi ve kırmızı kan hücrelerinin yıkımı bulunmaktadır (Manohan, 2000).

2.1.1.5.5 Kronik Etkileri

Vücutta en çok böbreklerde birikir ve bu nedenle belli bir seviyeyi aştığında ciddi derecede böbrek yetmezliğine neden olur (Nordberg ve diğ., 2000).

Böbrek taşı oluşumu sıklığını arttırdığı, proteinuria ve glomerüler filtrasyonun azaldığı bildirilmiştir. Sinir sistemi, solunum sistemi ve dolaşım sistemi üzerine zararlı etkileri olduğu bilinmektedir (EPA, 2007).

2.2. Bakteriyolojik İnceleme

İçme sularının bakteriyolojik olarak kirlenmesi; yetersiz arıtma veya organik materyallerin suya karışması sonucu meydana gelmektedir. Bu organik materyallerin parçalanması ise bakteriler ve mantarlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Normalde temiz sular bakterilerin uzun süre yaşabilecekleri bir ortam değildir. Kirlenme sonucu bakteriler için uygun üreme ortamları oluşur (Alkan ve diğ., 1999; Kirby-Smith ve White, 2005; Erkan ve Vural, 2006).

Kullanılan suların kirliliği direkt veya indirekt olarak halk sağlığı için risk oluşturmaktadır. Kirliliği sularla sulanan sebze ve meyvelerin tüketimi, kontamine sularla avlanan balıkların tüketimi ya da bu sularla insanın doğrudan teması birçok patojen bakteri kaynaklı enfeksiyon ya da toksikasyonlara neden olmaktadır. Su ile nakledilen hastalıklar içinde en sık görülenler mikrobiyal ve paraziter kökenli olanlardır. Bunların başlıcaları kolera (*Vibrio cholera*), tifo ve paratifo (*Salmonella typhi* ve *S.paratyphi*), dizanteri (*Shigella dizanteria*), turist ishali (*Escherichia coli*), hepatit-A (Enterovirüsler)'dir. İnsan ve canlı yaşamı için hayati öneme sahip olan suyun kullanılabilir olması için tehlikeli kimyasallardan ve bakterilerden temizlenmiş olması gereklidir. Ayrıca derelerden, ırmaklardan ve göllerden alınarak yerleşim yerlerindeki insanların kullanımına sunulan su belli standartlara uymak zorundadır (Alkan ve diğ., 1999; Kirby-Smith ve White, 2005; Erkan ve Vural, 2006).

T.C Sağlık bakanlığının 7 Şubat 2005 tarihinde yayınladığı 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te öngörülen mikrobiyolojik parametreler Tablo 2.2'de görüldüğü gibidir.

Tablo 2.2. Mikrobiyolojik Parametreler (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2005).

İçme-Kullanma Suları için:

Parametre	Parametrik değer sayısı/100 ml
<i>Escherichia coli (E.coli)</i>	0/100 ml
Enterokok	0/100 ml
Koliform bakteri	0/100 ml

İçme suları için:

Parametre	Parametrik değer sayısı/ ml
<i>Escherichia coli (E.coli)</i>	0/250 ml
Enterokok	0/250 ml
Koliform bakteri	0/250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/250 ml
Fekal koliform bakteri	0/250 ml
<i>Salmonella</i>	0/100 ml
<i>Clostridium perfringens</i>	0/50 ml
Patojen Staphylococlar	0/100 ml
Parazitler	0/100 ml
Diğer mikroskopik canlılar	0/100 ml

2.2.1. Sularda Çalışılan Mikrobiyolojik Parametreler

- Toplam bakteri
- Toplam koliform bakteri
- Fekal koliform bakteri
- Escherichia coli (E.coli)*

2.2.1.1. Toplam Bakteri

Toplam bakteri terimi ile “toplam mezofil aerob bakteri” kastedilmektedir. Su örneklerinde bulunması olası olan ve aerob şartlarda üreyen tüm bakteriler sayılmıştır.

2.2.1.2. Toplam Koliform Bakteri

Koliform grup bakteriler tanım olarak gram negatif, fakültatif anaerob, spor oluşturmeyen, çubuk şeklinde ve laktozdan 48 saat içinde gaz oluşturan bakterilerdir. Bu tanıma göre koliform grup bakteriler oldukça karışık bir gruba oluşturmaktadırlar ve *Enterobacteriaceae* familyası içinde bu takıma giren çok sayıda bakteri bulunur. Bununla beraber gıda mikrobiyolojisi açısından koliform grup bakteriler denildiğinde *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Citrobacter freundii*, ve *Klebsiella pneumoniae* anlaşılmaktadır. Bunlar gıda mikrobiyolojisi laboratuvarında en fazla dikkate alınan bakteri grupları içinde yer alırlar (Halkman, 1999).

Koliform grup bakterilerin doğal kaynakları, sıcak kanlı hayvanların bağırsakları olabildiği gibi bunlar bitki ve/veya toprak kökenli de olabilirler. Koliform grup bakteriler içinde sadece *E.coli* bağırsak kökenlidir ve dolayısı ile içersinde *E.coli* bulunan bir su örneği doğrudan veya dolaylı olarak dışkı ile bulaşmış kabul edilir. Bitki veya toprak kökenli olanlar saprofit mikroorganizmalar olarak kabul edilir ve dolayısı ile gıdalarda belli sayılarda bulunmalarına izin verilir. *Enterobacter aerogenes* genellikle toprak kökenlidir (Anonim, 1997).

Bu bakterilerden fekal koliformlar olarak tanımlanan grubun gıda maddelerinde bulunmasına genel olarak izin verilmez. Fekal koliformların en iyi bilineni *E.coli*'dir (Halkman, 1999).

2.2.1.2.1 Fekal koliform bakteriler

Fekal koliformlar, koliform bakteriler grubunun içinde yer alırlar ve doğrudan fekal kontaminasyon indeksi olarak aranırlar ya da sayılırlar. Fekal koliform bakteriler ile saptanan üyelerin hemen tamamı *E.coli* olduğu için, günlük analizlerde sadece *E.coli* aranması genellikle yeterlidir (Halkman, 2005).

2.2.1.2.1.1. Escherichia coli (E.coli)

Escherichia coli, bütün dünyada üzerinde en çok çalışılan canlı türlerinden biridir. İlk kez 1885 yılında Theodor Escherich tarafından izole edilmiştir. Önemi sadece gıda mikrobiyolojisindeki kullanımından değil, bundan daha önemli olarak genetik yapısı en iyi bilinen canlı türü olmasından dolayı genetik araştırmalarda kullanılmasından gelmektedir (Halkman, 1999).

Enterobacteriaceae familyasının koliform grubu içinde yer alır. Koliform grup deyince, aerob ve fakültatif anaerob, gram negatif, spor oluşturmeyen ve 35°C'de 48 saat içinde laktozdan gaz ve asit oluşturan tüm çubuk bakteriler anlaşılır. Bu tanım içinde *E.coli* Tip I ve Tip II, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter aerogenes*, *Klepsiella pneumoniae* ve *Citrobacter freundii* bakterileri koliform grubu oluştururlar. Koliform grup içinde sadece *E.coli* doğrudan bağırsak kökenlidir. Grubun diğer üyeleri doğal olarak toprakta bulunabilir. Bu nedenle gıdalarda, içme ve kullanma sularında, deniz ve göllerde *E.coli* bulunmasına izin verilmez. Bir yerde *E.coli*'ye rastlanması orada doğrudan veya dolaylı olarak dışkı bulunduğunun göstergesidir (Halkman, 1999; Jensen ve diğ., 2003; WHO, 2006).

E.coli farklı antijenik özellikleri ile çok sayıda suş ve serotipe ayrılmaktadır. Bazı suş ve serotipler insan ve hayvanlar için patojenite gösterir. *E.coli*, insanlarda safra ve idrar yolları enfeksiyonları ve karaciğer apsesi oluşturur. İnsanlarda nadiren septisemi yapar. Süt çocuklarında epidemik gastroenterisise sebep olur (Schets ve diğ., 2005;WHO, 2006).

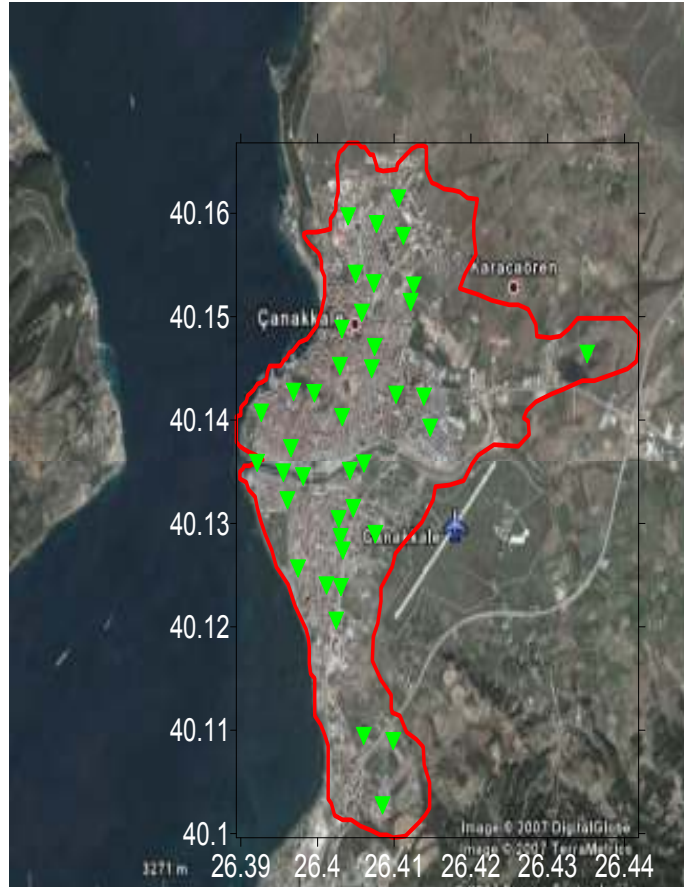
Bu çalışmada, Çanakkale şehir şebeke suyunun 40 farklı noktasından alınan su örneklerinde bakteriyolojik ve ağır metal analizleri yapılarak, şehir şebeke suyunun bu iki parametre bakımından durum tespiti yapılmaya çalışılmıştır.

BÖLÜM 3

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Ağır Metal Analizinde İzlenilen Yol

Su örnekleri, Şekil 3.1’de görüldüğü gibi ana dağıtım şebekesi dikkate alınarak 40 farklı noktadan alınmıştır. Bu noktaların isimleri ve koordinatları Tablo 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Örnekleme Alanı

Tablo3.1. Örnekleme istasyonları

İstasyon no	İstasyon adı	Koordinatları (Desimal Derece)
1	Çanakkale Su Arıtma Tesisleri	40.153287° - 26.448443°
2	Uğur 96 Sitesi	40.167964° - 26.419050°
3	Esenler Mah. Çetin Emeç Cad.	40.164380° - 26.419678°
4	Özlem Kayalar İ.Ö.O.	40.166246° - 26.412577°
5	3 No'lu Sağlık Ocağı	40.159647° - 26.421005°
6	Çağdaş Kent	40.161995° - 26.416127°
7	Ömer Mart İlköğretim Okulu	40.160765° - 26.413535°
8	Esenler Mah. Anafartalar Camii	40.159843° - 26.415891°
9	SSK	40.160194° - 26.419765°
10	Cevatpaşa Mah. Salı Pazarı girişi	40.157049° - 26.414341°
11	Eğitim Fakültesi önü	40.155506° - 26.411776°
12	Eğitim Fakültesi arkası	40.153782° - 26.415993°
13	Sağlık Hizmetleri M.Y.O.	40.151960° - 26.411526°
14	Stadyum arkası XXX Ekmek Fırını	40.151716° - 26.415617°
15	İsmetpaşa Mah.Manolya Sk.	40.149048° - 26.422322°
16	İsmet paşa Mah.Mercan Sk.	40.149225° - 26.418755°
17	İsmet paşa Mah.Emek Sk.	40.146082° - 26.423138°
18	Otogar arkası	40.147076° - 26.411817°
19	Devlet Hastanesi	40.149365° - 26.408232°
20	Belediye İş Merkezi	40.149501° - 26.405562°
21	Bankalar Sokağı.	40.474940° - 26.401404°
22	Belediye Yeni Binası	40.144113° - 26.405222°
23	Barbaros Mah.Piri Reis Sk.	40.142722° - 26.400863°
24	Barbaros Mah. Mehmetçavuş Sk.	40.141778° - 26.404225°
25	Barbaros Mah. İsmail Baykut Sk.	40.141414° - 26.406787°
26	Barbaros Mah.Anafartalar Camii	40.141942° - 26.412803°
27	Barbaros Mah. Vali Fahrettin İ.Ö.O.	40.142656° - 26.414604°
28	Troya Cad.	40.138390° - 26.413230°
29	Barbaros Mah. Aşkın Sk.	40.135911° - 26.416080°
30	Barbaros Mah. XXX Gıda Market	40.135608° - 26.411580°
31	Millet Hastanesi	40.130858° - 26.411634°
32	Barbaros Mah. Aziziye Cad.(Acil sağlık kabini)	40.139138° - 26.404772°
33	Barbaros Mah. Turkuvaz Sitesi	40.130999° - 26.409784°
34	Barbaros Mah. Yeni kordon	40.132624° - 26.406123°
35	TEK Trafo Tesisleri	40.137329° - 26.411360°
36	Hasret Sitesi.	40.134349° - 26.411891°
37	Beldemiz Sitesi.	40.116648° - 26.414583°
38	4 Mevsim Sitesi	40.116158° - 26.418372°
39	ÇOMÜ Fen Edebiyat Fak.	40.110361° - 26.417950°
40	Tansaş	40.127654° - 26.411036°

Her noktada 500'er mililitrelik iki ayrı örnekleme yapılmıştır. Birinci örnek musluk açılır açılmaz, ikinci örnek musluk açılıp yaklaşık 3 dakika boşa akıtıldıktan sonra alınmıştır. Örnekleme sırasında havadan gelen kontaminasyonun olup olmadığını belirlemek amacıyla laboratuarda hazırlanan kontrol amaçlı 500 ml deiyonize su örnekleri, örnekleme noktasına götürülmüş ve su alma işlemi sırasında kapakları kısa süreli açılıp kapatılmıştır. Laboratuara getirilen kontrollere ve örneklerin her birine 5 ml nitrik asit ilave edilerek analiz yapılacağı zamana kadar +4°C'de buzdolabında saklanmıştır.

3.1.1. Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Kadmiyum (Cd) ve Çinko (Zn) Elementlerinin Analizinde İzlenen Yol

3.1.1.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Derişik nitrik asit (Merck, %67), HCl (Merck, %37), RSM (Referans standart madde), ICP-AES kalibrasyon karışık çözeltisi

3.1.1.2 Kullanılan Malzeme ve Cihazlar

500 ml'lik pet şişe, 100-250 ml'lik cam beher, 10 ml'lik cam pipet, 10 ml'lik plastik falkon tüpleri, buzdolabı, çeker ocak, sartorius arium model ultra pure water systems, Varian Liberty AX Sequential ICP-AES

3.1.1.3. Metot

ICP-AES'de metallerin analizinin yapılabilmesi için su örnekleri buharlaştırılarak yoğunlaştırılmışlardır. Çeker ocak altında yapılan yoğunlaştırma işlemi sırasında her su örneğinden 100'er ml alınıp beherlere konulmuştur. Buharlaşma sırasında metallerin beher yüzeyine yapışmasını önlemek amacıyla her birine 5 ml nitrik asit ilave edilmiştir. Su miktarı 2-5 ml kalıncaya kadar buharlaşma işlemine devam edilmiştir. Yoğunlaştırma sonunda geriye kalan miktar falkon tüplerine alınmıştır. Buharlaştırmanın yapıldığı beherler %10'luk HCl çözeltisi ile

durulanıp falkon tüplerindeki son hacim 10 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örnekler, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi bünyesindeki Merkez Laboratuvarında bulunan Varian Liberty AX Sequential ICP-AES cihazında ölçüme alınmıştır. Her istasyona ait örnekte üç ayrı ölçüm yapılmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Tekrarlı ölçümlerde, relative standart sapmanın (RSD) %5 den küçük olmasına dikkat edilmiştir.

Elde edilecek sonuçların güvenilirliği için her 15 örnekte bir analiz tekrarı yapılmıştır. Ayrıca laboratuvar ortamından kaynaklanabilecek ağır metal kontaminasyonunun belirlenebilmesi için, buharlaştırılan her su örneği gurubu ile birlikte bir de laboratuvar kontrol örneği hazırlanmış ve aynı işlemlere tabi tutulmuştur.

3.1.2. Arsenik Elementinin Analizinde İzlenilen Yol

Su örneklerinde aranan ağır metallere karşı biri olan arsenik içme sularında, diğer metallere kıyasla oldukça az miktarda bulunmasından dolayı ölçümü ICP-AES cihazında yapılamamıştır. Bu nedenle duyarlılığı çok daha fazla olan (ppt düzeyinde) Metrohm 757 VA model Trace Analyzer Voltametre cihazı kullanılmıştır. Dolayısıyla kullanılan materyalin ölçüme hazırlanma işlemleri ve ölçüm sırasında kullanılan kimyasallar farklılık göstermektedir.

3.1.2.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

H₂SO₄ (Reidel de Haen, %96), HNO₃ (Merck, %65), HCl (Merck, %37), CH₃COOH (Reidel de Haen, %100), H₃PO₄ (Carlo Erba, %35), H₃BO₃ (Merck), NaOH (Merck), As₂O₃ (Merck) argon gazı (%99.99 saflıkta) ve deiyonize su.

3.1.2.2. Kullanılan Cihazlar

Voltamogramlar, 757 VA Trace Analyzer cihazı ile alınmıştır. Voltametrik ölçümler; altın elektrot ($\phi = 3$ mm) çalışma elektrodu, platin tel yardımcı elektrot ve Ag/AgCl (KCl 3 M) referans elektrotlarından oluşan üçlü elektrot sisteminde

yapılmıştır. pH ölçümleri, Metrohm 744 model pH-metre ile yapılmıştır. Çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan deiyonize su, Sartorius Arium model Ultra Pure Water Systems'den elde edilmiştir.

3.1.2.3. Metot

Destek elektrolit olarak pH=8.50 Britton-Robinson (BR) tamponu kullanılmıştır. Bunun için litrelik balonjojeye 2,47g H₃BO₃ konularak bir miktar deiyonize suda çözülmüştür. Üzerine 2,3 ml CH₃COOH ve 2,71 ml H₃PO₄ ilave edilmiş ve hacim deiyonize su ile litreye tamamlanmıştır. Bu şekilde hazırlanan 0,04 M BR tamponundan 100 ml'lik örnek alınmış ve 60 ml 0,2 M NaOH ilave edilerek pH'ı 8,50 olan BR tamponu hazırlanmıştır.

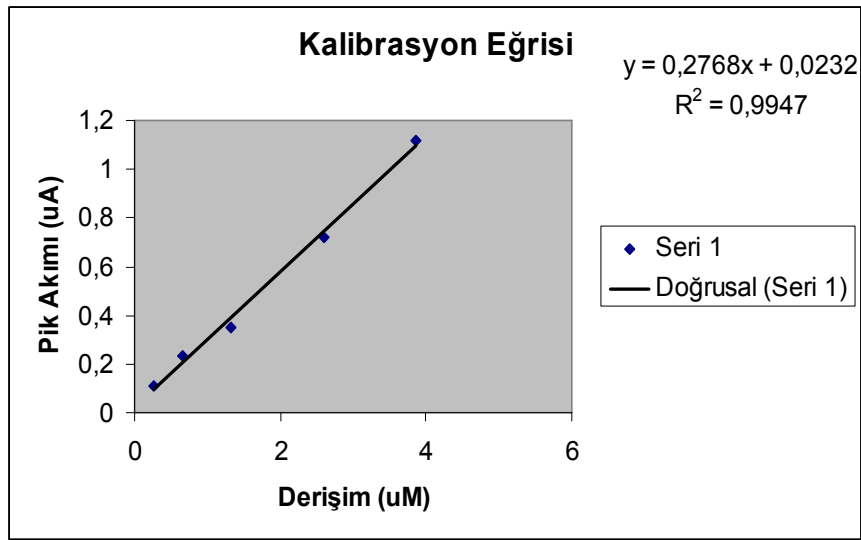
Hazırlanan destek elektrolitte, diferansiyel puls anodik sıyırma voltametri (DPASV) tekniği ile ölçümler alınmıştır. Voltamogramlar, oksijeni uzaklaştırmak için çözeltiden 5 dakika argon gazı geçirildikten sonra alınmıştır. As ilavesinden sonra 2 dakika daha argon gazı geçirilerek voltamogramı alınmıştır. Çalışma elektrodu kirlendikçe (destek elektrolitte As piki görüldüğünde) ilk olarak 2 M NaOH sonrasında 0,5 M H₂SO₄ ile cihazın temizleme modunda elektrot yüzeyi temizlenmiştir.

Çeşme suyu analizi için 10 ml destek elektrolitten gaz geçirildikten sonra hücreye 10 ml su numunesi ilave edilmiş ve pH'ı 0,2M'lık NaOH çözeltisi ile 8,50'ye ayarlanıp 2 dakika gaz geçirildikten sonra -1,2V'da 1 dakika biriktirme yapılarak voltamogramı alınmıştır.

Kalibrasyon için As₂O₃'den 1000 ppm'lik stok As⁺³ çözeltisi hazırlanmıştır. Bunun için 0,132 g As₂O₃ tartılmış, 1 ml % 25'lik NaOH ve 2 ml derişik HCl' de çözümlenerek hacim ultra saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Bu stok çözeltiden 20 ppm'lik As⁺³ çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözelti yardımıyla kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Kalibrasyon eğrisi Tablo 3.2'deki değerler dikkate alınarak Şekil 3.2'deki gibi çizilmiştir.

Tablo 3.2. Voltametri cihazının kalibrasyon tablosu

20 ppm stoktan ilave(μ l)	Hücre Konsantrasyonu (μ M)	Pik Akımı (μ A)
20	0,26	0,11
50	0,66	0,23
100	1,32	0,35
200	2,61	0,72
300	3,87	1,2



Şekil 3.2. Voltametri cihazının kalibrasyon eğrisi

Kalibrasyon grafiğinin $y = 0,2768x + 0,0232$ denklemindeki y değerinde yerine konularak her bir numune için x değerleri (derişim) hesaplanmıştır. Bu derişim değerleri kullanılarak numunelerin As^{+3} miktarları ppm cinsinden bulunmuştur.

Örneğin bir örnek için x değeri $3,01 \times 10^{-6}$ M bulunmuştur. Bu 22 ml hücredeki derişimidir. Ölçümler alınırken 500 μ l su ilave edildiği için 500 μ l' deki derişimi hesaplanmıştır.

$$22 \text{ ml} \times 3,01 \times 10^{-6} \text{ M} = 0,5 \text{ ml} \times C$$

$$C = 1,32 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$1,32 \times 10^{-4} \text{ mol/l} \times 75 \text{ g/mol} = 0,0099 \text{ g/L} = 9,99 \text{ mg/l} = 9,99 \text{ ppm}$$
 bulunmuştur.

3.2. Bakteriyolojik Analizde İzlenilen Yol

Su örneklerinin bakteriyolojik analizleri için membran filtrasyon tekniği kullanılmıştır.

3.2.1. Kullanılan Malzeme ve Besiyerleri

Membran filtre sistemi, Standart TTC besiyeri (sartorius 14055), Tergitol TTC besiyeri (sartorius 14056), steril deiyonize su, inkübatör

3.2.2. Metot

Materyal olarak Çanakkale ilinin belirlenen noktalarından toplanan 40 adet musluk suyu örneği kullanılmıştır. Su numuneleri, önceden steril edilmiş 50 cc'lik kahverengi, ağzı plastik kapaklı cam şişelere alınmış, güneş ve herhangi bir ısıya maruz bırakılmadan, soğuk zincir kurallarına uygun şartlarda (+4 °C'de) ve alındığı günden itibaren 12 saat içinde laboratuara getirilmiştir. Mikrobiyolojik analiz için Membran Filtrasyon (MF) yöntemi kullanılmıştır.

3.2.2.1. Suların Bakteriyolojik Analizi İçin Numune Alma İşlemi

Musluk ya da vana sonuna kadar açılıp su 1-2 dakika boşa akıtılmıştır. Musluk kapatıldıktan sonra, musluğun ağzı yaklaşık 1 dakika süreyle alevden geçirilmiştir. Alevden geçirme işlemi tamamlandıktan sonra musluk şişenin ağzına uygun miktarda su akıtacak ölçüde açılmıştır. Daha sonra şişenin de ağzı açılıp alevden geçirildikten sonra akan musluğun altına tutulmuştur. Bu işlemler sırasında şişenin ağzı ile el veya musluğun ağız teması önlenmiştir. Şişe boyun hizasında 1-2 cm hava boşluğu kalana kadar suyla doldurulmuştur. Ardından şişenin kapağı da alevden geçirilip, sıkıca kapatılmıştır.

3.2.2.2. Membran Filtrasyon (MF)

Membran filtrasyon sistemi, özellikle içme suyu gibi filtrasyonda sorun çıkarmayan ve çok az sayıda mikroorganizma bulunabilen örnekler için idealdir. Benzer şekilde suda tam olarak erimeyen şeker, tuz gibi gıdaların analizinde de kolaylıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada toplam bakteri sayımı için Standart TTC besiyeri (sartorius 14055), koliform bakteri ve *E.coli* sayımı için de Tergitol TTC besiyeri (sartorius 14056) kullanılmıştır.

3.2.2.3. Membran Filtrasyon Yönteminin Uygulanışı

Membran filtrasyon sistemi otoklavda 121 °C'de 20 dakika boyunca steril edilmiştir. Aseptik koşullara uyularak filtrenin yerleştirileceği taban steril su ile ıslatılmış ve filtre buraya yerleştirilmiştir. Koruyucu plastik tabaka kaldırılmış ve bu kısım filtreden ayrılmıştır. Sonra süzme haznesi yerine takılmıştır. 50 ml su örneği hazneye konulmuş, vakum pompası çalıştırılmış ve böylece su membran filtreden geçirilmiştir. Süzme işlemi tamamlandıktan sonra çeperlerde kalmış olması muhtemel mikroorganizmaların da alınması için 10-20 ml kadar steril su ile çalkalanmıştır. Steril su ile besiyeri aktive edilmiştir. Filtrenin mikroorganizmaların tutulmuş olduğu yüzeyi üstte kalacak şekilde petri kutusundaki besi yerine yerleştirilmiştir. Petri kutuları, tabanları alta gelecek şekilde 36°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır.

3.2.2.4. Sayım

24 saat sonunda inkübatörden çıkarılan besiyerler sayıma alınmıştır. Standart TTC kullanılarak yapılan ekimlerde kahverengi koloniler toplam bakteriyi göstermektedir. Tergitol TTC kullanılarak yapılan ekimlerde ise kahverengi koloniler koliform bakterileri, sarı-portakal rengi koloniler ise *E.coli*'yi göstermektedir.

BÖLÜM 4

4. BULGULAR

4.1. Ağır Metal Analiz Sonuçları

Ölçümler sonucu kaynaktan ilk ve ikinci alınan su örneklerindeki değerler Tablo 4.1 ve Tablo 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.1. Kaynaktan ilk alınan su örneklerindeki ağır metal miktarları ve müsaade edilen üst limitler.

İstasyon No		As($\mu\text{g/l}$)	Cd(mg/l)	Cu(mg/l)	Pb(mg/l)	Zn(mg/l)
1	ilk örnek	<dl*	<dl	0,024	<dl	0,05
2	ilk örnek	2,9	<dl	0,015	<dl	2,13
3	ilk örnek	0,95	<dl	0,248	<dl	0,34
4	ilk örnek	<dl	<dl	0,030	<dl	1,42
5	ilk örnek	1,56	<dl	<dl	<dl	5,16
6	ilk örnek	5,62	<dl	0,078	<dl	4,23
7	ilk örnek	<dl	<dl	0,011	<dl	0,64
8	ilk örnek	<dl	<dl	0,584	<dl	1,26
9	ilk örnek	2,45	<dl	<dl	<dl	4,45
10	ilk örnek	<dl	<dl	0,017	<dl	0,29
11	ilk örnek	6,89	<dl	0,573	<dl	0,19
12	ilk örnek	7,17	<dl	0,010	<dl	0,04
13	ilk örnek	<dl	<dl	0,022	<dl	5,29
14	ilk örnek	11,9	<dl	0,016	<dl	0,20
15	ilk örnek	1,72	<dl	0,039	<dl	2,08
16	ilk örnek	<dl	<dl	0,042	<dl	0,54
17	ilk örnek	3,81	<dl	0,012	<dl	0,08
18	ilk örnek	<dl	<dl	0,032	<dl	1,08
19	ilk örnek	<dl	<dl	0,030	<dl	1,39
20	ilk örnek	<dl	<dl	0,014	<dl	0,06
21	ilk örnek	<dl	<dl	0,026	<dl	4,14
22	ilk örnek	<dl	<dl	0,011	<dl	0,45
23	ilk örnek	<dl	<dl	0,026	<dl	3,70
24	ilk örnek	<dl	<dl	0,021	<dl	3,48
25	ilk örnek	<dl	<dl	0,037	<dl	0,19
26	ilk örnek	6,17	<dl	0,014	<dl	0,18
27	ilk örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,05

(Tablo 4.1 devam)

28	ilk örnek	<dl	<dl	0,004	<dl	0,43
29	ilk örnek	<dl	<dl	0,024	<dl	0,15
30	ilk örnek	9,1	<dl	0,021	<dl	3,48
31	ilk örnek	2,04	<dl	0,064	<dl	1,00
32	ilk örnek	<dl	<dl	0,041	<dl	0,65
33	ilk örnek	<dl	<dl	0,042	<dl	0,26
34	ilk örnek	<dl	<dl	0,322	<dl	1,84
35	ilk örnek	<dl	<dl	0,020	<dl	0,68
36	ilk örnek	<dl	<dl	0,025	<dl	0,16
37	ilk örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,93
38	ilk örnek	2,7	<dl	0,024	<dl	0,46
39	ilk örnek	<dl	<dl	0,011	<dl	4,20
40	ilk örnek	2,38	<dl	<dl	<dl	0,61
Ortalama		4,49	--	0,065	--	1,48
Ortanca		2,9	--	0,021	--	0,65
Standart Sapma		3,19	--	0,135	--	1,64
Sayılan		15	--	34	--	40
En Büyük		11,9	--	0,584	--	5,29
En Küçük		0,95	--	0,004	--	0,04
TSE (266)(mg/l)		0,05	0,005	3	0,05	5
WHO(mg/l)		0,05	0,005	-	0,05	-
EPA (mg/l)		0,05	0,01	1	0,05	5
EC (mg/l)		0,01	0,005	2	0,01	-

dl*= dedeksiyon limiti

Tablo 4.2. Kaynaktan ikinci alınan su örneklerindeki ağır metal miktarları ve müsaade edilen üst limitler.

İstasyon No		As($\mu\text{g/l}$)	Cd(mg/l)	Cu(mg/l)	Pb(mg/l)	Zn(mg/l)
1	ikinci örnek	< dl*	<dl	<dl	<dl	0,008
2	ikinci örnek	<dl	<dl	0,012	<dl	2,314
3	ikinci örnek	<dl	<dl	0,024	<dl	0,070
4	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	1,040
5	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	2,301
6	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	0,001	0,225
7	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,206
8	ikinci örnek	<dl	<dl	0,122	<dl	0,226
9	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	4,546
10	ikinci örnek	<dl	<dl	0,010	<dl	0,057
11	ikinci örnek	<dl	<dl	0,343	<dl	0,169
12	ikinci örnek	<dl	<dl	0,004	<dl	0,002
13	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,261
14	ikinci örnek	<dl	<dl	0,012	<dl	0,152
15	ikinci örnek	<dl	<dl	0,019	0,001	0,665
16	ikinci örnek	<dl	<dl	0,022	<dl	0,282
17	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,028
18	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,198
19	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	1,048
20	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,043
21	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,315
22	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,398
23	ikinci örnek	<dl	<dl	0,012	<dl	0,655
24	ikinci örnek	<dl	<dl	0,012	<dl	1,067
25	ikinci örnek	<dl	<dl	0,015	<dl	0,156
26	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,110
27	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl
28	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,263
29	ikinci örnek	<dl	<dl	0,014	<dl	<dl
30	ikinci örnek	<dl	<dl	0,011	<dl	0,588
31	ikinci örnek	<dl	<dl	0,063	<dl	0,367
32	ikinci örnek	<dl	<dl	0,012	<dl	0,134
33	ikinci örnek	<dl	<dl	0,033	<dl	0,250
34	ikinci örnek	<dl	<dl	0,023	<dl	0,116
35	ikinci örnek	<dl	<dl	0,013	<dl	0,268
36	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,099
37	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,940

(Tablo 4.2 devamı)

38	ikinci örnek	<dl	<dl	0,016	<dl	0,201
39	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	4,379
40	ikinci örnek	<dl	<dl	<dl	<dl	0,636
Ortalama		--	--	0,023	--	0,652
Ortanca		--	--	0,009	--	0,256
Standart Sapma		--	--	0,056	--	1,056
Sayılan		--	--	19	--	38
En Büyük		--	--	0,343	--	4,546
En Küçük		--	--	0,004	--	0,002
TSE (266) (mg/l)		0,05	0,005	3	0,05	5
WHO(mg/l)		0,05	0,005	-	0,05	-
EPA(mg/l)		0,05	0,01	1	0,05	5
EC(mg/l)		0,01	0,005	2	0,01	-

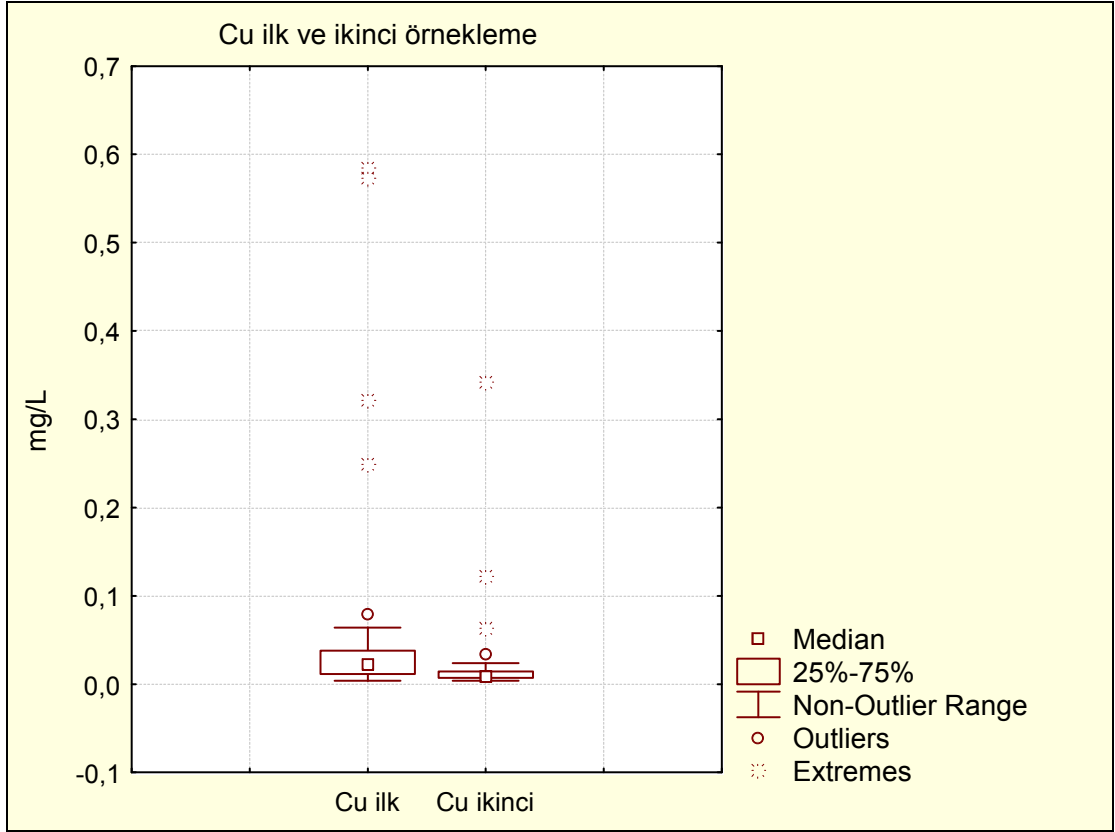
dl*= dedeksiyon limiti

Kadmiyum, bakır, kurşun ve çinko elementlerinin miktar tayinlerinin yapıldığı ICP-AES cihazının bu elementler için belirleyebilme alt limitleri Tablo 4.3'te görüldüğü gibidir.

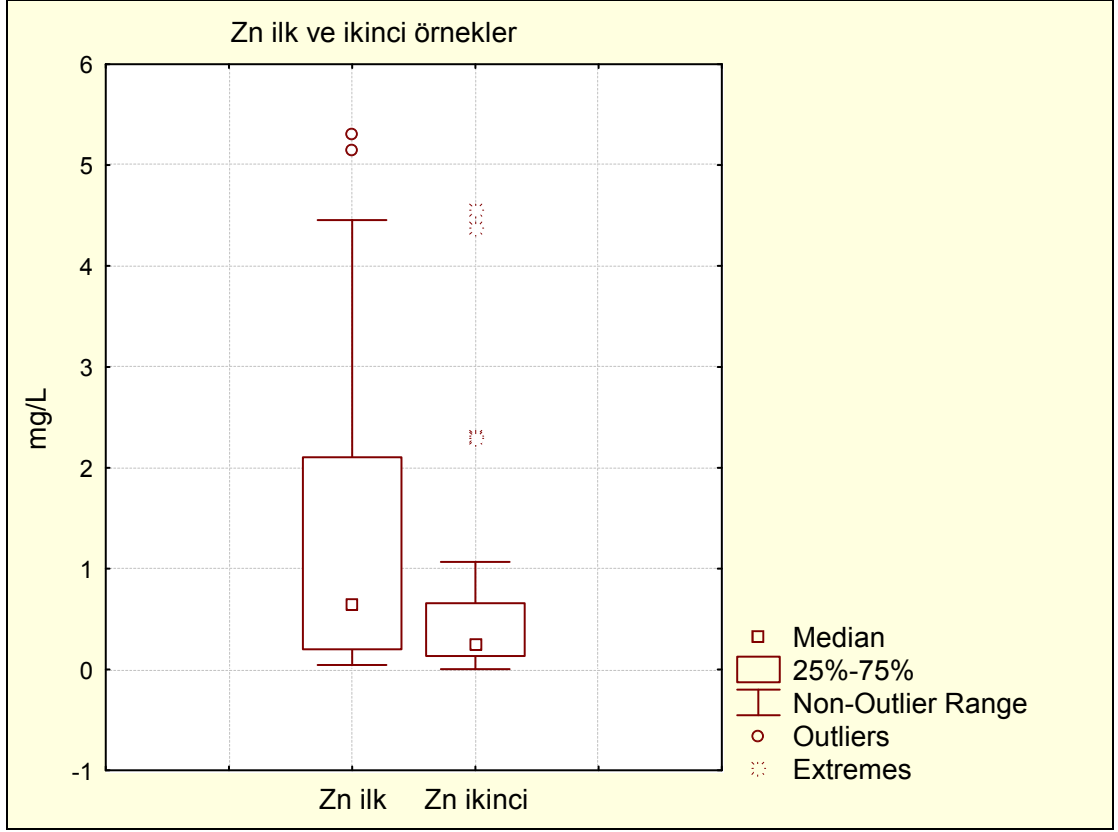
Tablo 4.3. ICP-AES cihazının element belirleyebilme alt limitleri (dedeksiyon limitleri)

Cd	Cu	Pb	Zn
(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
0,007	0,011	0,084	0,004

Kaynaktan ilk alınan ve ikinci alınan su örneklerinde bakır ve çinko elementlerinin miktarını gösteren kutu grafikleri Şekil 4.1 ve 4.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.1. Bakır elementinin ilk ve son alınan su örneklerindeki miktar grafiği.



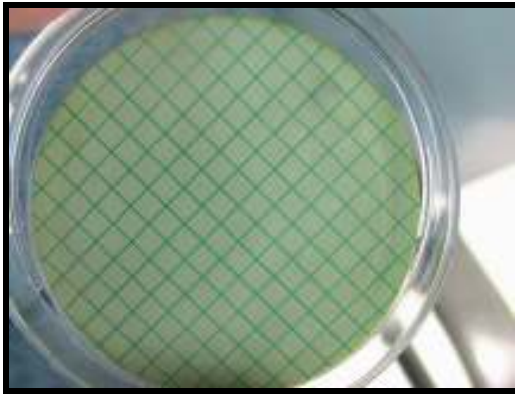
Şekil 4. 2. Çinko elementinin ilk ve son alınan su örneklerindeki miktar grafiği.

Elde edilen ağır metal analiz sonuçlarına bakıldığında ilk alınan su örneklerindeki metal seviyelerinin; As 0,95-11,9 μ g/l, Cu 0,004-0,584 mg/l ve Zn 0,04-5,29 mg/l arasında olduğu görülmektedir. İçme sularındaki Pb ve Cd konsantrasyonları çok düşük olduğundan, miktarları ICP-AES cihazının belirleyebilme alt limitinin altında kalmış ve bu elementler için ölçüm alınamamıştır.

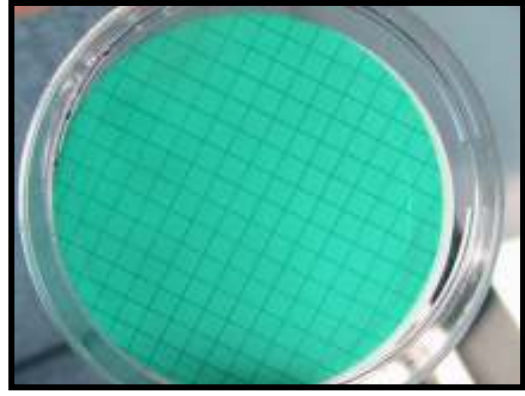
Musluk yaklaşık 3 dakika boşa akıtıldıktan sonra alınan ikinci örneklerdeki metal seviyeleri; Cu 0,004-0,343 mg/l ve Zn 0,002-4,546 mg/l arasındadır. İkinci alımlarda As, Pb ve Cd için dedeksiyon limitinin altında olmaları nedeniyle değer alınamamıştır.

4.2. Bakteriyolojik Kirlilik Analiz Sonuçları

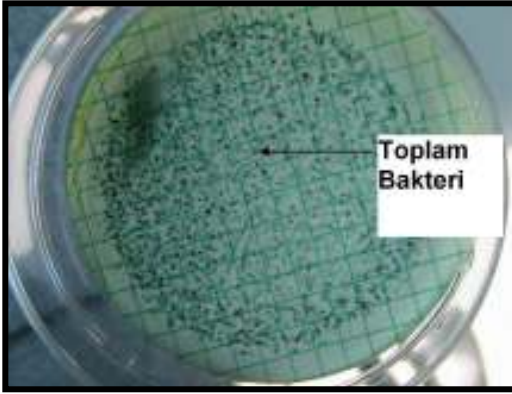
Bu çalışmada Çanakkale şehir şebeke suyunun belirtilen 40 noktasından 20 Nisan-5 Mayıs 2007 tarihleri arasında 40 adet su numunesi alınmıştır. Su numunelerinin hijyenik kalitesini gösteren toplam bakteri, koliform bakteri ve *E.coli* yönünden incelemeleri yapılmıştır. Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da kullanılan özel besi yerleri ve bu besiyerlerinde (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6) üreyen koliform, *E. coli* ve toplam bakteri kolonileri gösterilmiştir.



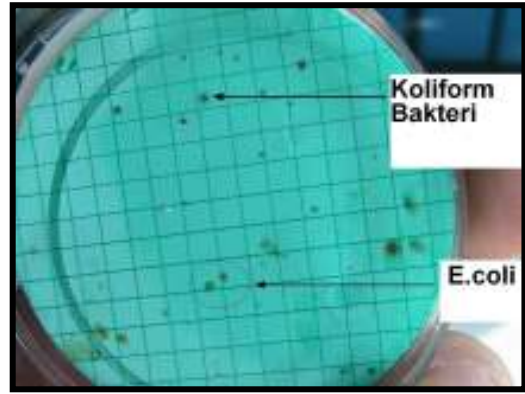
Şekil 4.3. Standart TTC besiyeri (a) (üreme yok)



Şekil 4.4. Tergitol TTC besiyeri (a) (üreme yok)



Şekil 4.5. Standart TTC besiyeri (b) (üreme var)



Şekil 4.6. Tergitol TTC besiyeri (b) (üreme var)

Tablo 4.4'te su örneği alınan istasyonlar ve bu noktalara ait bakteriyolojik kirlilik değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Bakteriyolojik kirlilik analiz sonuçları

İstasyon No	İstasyon adı	İstasyondan alınan su örneği miktarı	Toplam bakteri (100 ml'de koloni sayısı)	Koliform bakteri (100 ml'de koloni sayısı)	E.coli (100 ml'de koloni sayısı)
1	Çanakkale Su Arıtma Tesisleri	500 ml	2	0	0
2	Uğur 96 Sitesi	500 ml	4	0	0
3	Esenler Mah. Çetin Emeç Cad.	500 ml	0	0	0
4	Özlem Kayalar İ.Ö.O.	500 ml	4	0	0
5	3 No'lu Sağlık Ocağı	500 ml	32	0	0
6	Çağdaş Kent	500 ml	0	0	0
7	Ömer Mart İlköğretim Okulu	500 ml	8	0	0
8	Esenler Mah. Anafartalar Camii	500 ml	0	0	0
9	SSK	500 ml	10	0	0
10	Cevatpaşa Mah. Salı Pazarı girişı	500 ml	8	6	0
11	Eğitim Fakóltesi önü	500 ml	20	6	0
12	Eğitim Fakóltesi arkası	500 ml	2	2	0
13	Sağlık Hizmetleri M.Y.O.	500 ml	0	0	0
14	Stadyum arkası XXX Ekmek Fırını	500 ml	800	718	0
15	İsmetpaşaMah.Manolya Sk.	500 ml	870	6	0
16	İsmet paşa Mah.Mercan Sk.	500 ml	1000	898	0
17	İsmet paşa Mah.Emek Sk.	500 ml	32	0	0
18	Otogar arkası	500 ml	0	0	0

(Tablo 4.4 devamı)

19	Devlet Hastanesi	500 ml	0	0	0
20	Belediye İş Merkezi	500 ml	118	38	2
21	Bankalar Sokağı.	500 ml	10	8	0
22	Belediye Yeni Binası	500 ml	10	6	0
23	Barbaros Mah.Pirireis Sk.	500 ml	700	652	0
24	Barbaros Mah. Mehmetçavuş Sk.	500 ml	480	434	0
25	Barbaros Mah. İsmail Baykut Sk.	500 ml	4	0	0
26	Barbaros Mah.Anafartalar Camii	500 ml	420	180	0
27	Barbaros Mah. Vali Fahrettin İ.Ö.O.	500 ml	0	0	0
28	Troya Cad.	500 ml	0	0	0
29	Barbaros Mah. Aşkın Sk.	500 ml	52	28	0
30	Barbaros Mah. XXX Gıda Mark.	500 ml	176	62	0
31	Millet Hastanesi	500 ml	134	126	0
32	Barbaros Mah. Aziziye Cad.(Acil sağlık kabini)	500 ml	170	4	0
33	Barbaros Mah. Turkuaz Sitesi	500 ml	0	0	0
34	Barbaros Mah. Yenikordon	500 ml	0	0	0
35	TEK Trafo Tesisleri	500 ml	2	0	0
36	Hasret Sitesi	500 ml	8	6	0
37	Beldemiz Sitesi	500 ml	0	0	0
38	4 Mevsim Sitesi.	500 ml	0	0	0
39	ÇOMÜ Fen Edebiyat Fak.	500 ml	106	12	0
40	Tansaş	500 ml	4	0	0

Analiz sonuçları incelendiğinde 40 adet su örneğindeki toplam bakteri koloni sayısı 100ml'de 0-1000 koloni arasında, toplam koliform 0-898 koloni arasında ve *E.coli* 0-2 koloni arasında değişmektedir.

İstasyonların kirlilik durumlarına tek tek bakıldığında, 1, 2, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 39 ve 40 numaralı istasyonlar toplam bakteri yönünden kirli oldukları görülmüştür. Bunlar arasında en fazla kirliliğe sahip olanlar, 14 (800 kol./100 ml), 15 (870 kol./100 ml), 16 (1000 kol./100 ml) ve 23 (700 kol./100 ml) numaralı istasyonlardır. Toplam koliform yönünden bakıldığında 10, 11, 12, 14, 15, 16, 23, 24, 26, 29, 30, 31, 32, 36 ve 39 numaralı istasyonlar kirli konumdadır. Bunlar arasında en fazla kirliliğe sahip olanlar; 14 (718 kol./100 ml), 16 (898 kol./100 ml) ve 23 (652 kol./100 ml) numaralı istasyonlardır. *E.coli* yönünden ise 20 (2 kol./100 ml) numaralı istasyon kirli konumdadır.

BÖLÜM 5

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çanakkale şehri su dağıtım şebeke sistemi dikkate alınarak harita üzerinde daha önceden belirlenen 40 istasyondan alınan musluk sularında As, Pb, Cu, Zn ve Cd ölçümleri yapılmıştır. Musluk açılır açılmaz alınan ilk su örnekleri ve yaklaşık üç dakika akıtıldıktan sonra alınan ikinci örneklerde yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. Aynı tablolarda TSE, EPA, WHO ve EC’nin kabul ettikleri üst limitler de verilmiştir. Verilen bu değerler ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında Çanakkale şehir musluk sularında adı geçen elementler bakımından bir kirliliğin olmadığı görülmektedir. Çinkonun ilk örneklerdeki en büyük değeri otoritelerce üst limit olarak kabul edilen değeri çok az aşmaktadır. Ancak bu değer, sadece bir istasyona ait bir değer olduğu için suyun alındığı binanın su sisteminden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. İlk örneklerle ikinci örneklerin içerdikleri element bakımından (Cu ve Zn) ortalama değerleri Student t testi kullanılarak karşılaştırılması yapılmış ve aralarında anlamlı derecede fark olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Aynı elementlerin ilk ve ikinci örneklemelerinin medyan değerleri Mann-Whitney U testi uygulanarak karşılaştırılmış ve medyan değerler arasında %95 güven aralığı ile anlamlı fark olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Cu ve Zn’ye ait ilk ve ikinci örneklere ait box grafikleri Şekil 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. Bu tür ölçümlerde ortalama değerlerin yerine ortanca değer dikkate alınması daha doğrudur. Aksi takdirde bir istasyonda ortaya çıkan yüksek değer, tüm alanın ortalama değerini yükseltecektir. Bu durum temsil bakımından doğru değildir. İlk alınan örneklerle bir müddet su boşa akıtıldıktan sonra alınan ikinci örnekler arasında element konsantrasyonu bakımından anlamlı farkın bulunması, halk sağlığı bakımından önemlidir.

Eğer muslukta suyun bekleme süresi altı saatten fazlaysa ilk birkaç dakika suyun boşa akıtılması ya da içme ve besin hazırlama işlerinin dışındaki işlerde kullanılması ağır metal kirliliğine maruz kalmama bakımından önemlidir (Anonim, b.t. (c)).

Çanakkale şehir suyunda As, Pb ve Cd miktarları kabul edilen limitlerin çok altında çıkmıştır. Bazı istasyonların ilk alınan örneklerinde bu elementler çok düşük seviyede ölçüle bilinmişse de ikinci alınan örneklerde ölçümleri alınmamıştır. İlk ve ikinci örnekleme sonuçları arasındaki bu önemli konsantrasyon farkı, bir günlük süreçte suyun iletim sistemlerinde beklemesiyle ortaya çıkmaktadır.

Sudaki metal konsantrasyonunun sadece iletim sistemlerine bağlı olmadığı, mevsimsel değişmelerle birlikte değiştiği de bildirilmiştir. Özellikle yağışların fazla olduğu ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde konsantrasyonlarının yükseldiği belirtilmiştir (Nogueria ve diğ., 2003).

Ülkemizde bazı illerde, değişik zamanlarda içme ve kullanma suyunun kalitesini saptamak amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Örneğin 2001 yılında Yozgat'ta yapılan bir çalışmada içme sularının metal kontaminasyonuna bakılmış ve Cu 0,17-0,19 µg/l, Pb 0,18- 0,99 µg/l olduğu saptanmıştır (Soylak ve diğ., 2001). Yine 2005 yılında İstanbul'un değişik semtlerinden içme suyu örnekleri alınmış ve metal konsantrasyonlarına bakılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre As 0,00 mg/l, Cd 0.00 mg/l, Pb 0,00 mg/l, Cu 0,001-0,009 mg/l, Zn 0,009-0,056 mg/l civarında olduğu görülmüştür (İSKİ, 2005). Bu veriler ile bu çalışmadan elde edilen veriler karşılaştırıldığında (As < 1mg/l, Cu 0,004-0,58 mg/l, Zn 0,04-5,29mg/l, Cd ve Pb ölçüm limitlerinin altında) birbirinden farklı oldukları görülmektedir. Bu farklılıklar coğrafi bölge farklılığından olabileceği gibi mevsimsel farklılıktan da kaynaklanıyor olabilir.

Sulardaki kimyasal kirliliğin yanında insan sağlığını olumsuz etkileyen bazen tek başına bezen de kimyasal kirlilikle beraber görülen bakteriyel kirlilik olmaktadır.

Halk sağlığını doğrudan etkileyen bu kirliliğin kontrolü Dünyanın birçok ülkesinde değişik yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. Örneğin 1996-1999 yılları arasında Brezilya'nın Parana eyaletinin Maringa bölgesinden toplanan içme suyu örnekleri ile yapılan bir çalışmada çoklu tüp fermantasyon tekniği kullanılmış, total koliform ve fekal koliform bakterileri belirlenmiştir. Aynı zamanda mevsimsel

değişikliklerin ve bölgedeki yağış miktarının kirlilik üzerine etkisi araştırılmıştır. Su örneklerinin en yüksek kontaminasyon değerleri toplam koliform (%83) ve fekal koliform (%48) için ilaçlanmamış sulara bulunmuştur. Toplam koliform ve fekal koliformlar, depolanmak üzere havuz yada tankerlerde bulunan ve ilaçlanmamış suların alınan numunelerde dağıtım hattının ortalarından alınana göre daha fazla sayıda bulunmuştur. Bu parametreler iki farklı zaman periyodunda ölçülmüş ve sıcak hava periyodunda örnek kontaminasyonlarının yüzdesi yüksek çıkarken soğuk hava periyodunda daha düşük çıkmıştır. Yani hem toplam koliform hem de fekal koliform bakteri bulunduran örnekler hava sıcaklığı ile birlikte artmaktadır (Nogueria ve diğ., 2003).

Ülkemizde Mart 1992- Şubat 1993 tarihleri arasında Eskişehir'in değişik semtlerinde yapılan çalışmada içme ve kullanma su örnekleri toplanmış ve bakteriyolojik olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre içme sularında gerek toplam bakteri gerekse koliform bakterilerin ilkbahar aylarında, kullanma sularında ise yaz aylarında artış görülmüştür. İçme suyu örneklerinin birinde, kullanma suyu örneklerinin 10'unda total bakteri sayısının standartlara uymadığı ifade edilmiştir. Yine içme sularının 88'inde koliform bakteri bulunmuştur. Koliform saptanan örneklerin tümünde *E. coli* ve fekal koliform saptanmıştır (Kunduhoglu ve diğ., 1996).

Bu çalışmada ağır metal analizi için örnek alımı yapılırken aynı istasyonlardan bakteriyolojik kirliliği belirlemek amacıyla da su örnekleri alınmıştır ve membran filtrasyon tekniği uygulanarak analizleri yapılmıştır. Toplanan 40 adet su numunesinin 28'i (%70) toplam bakteri yönünden, 18'i (%45) koliform bakteri yönünden ve 1 tanesi de (%2,5) *Escherichia coli* yönünden TSE 266, WHO, EPA ve EC su standartlarına göre kirli konumda olduğu saptanmıştır. Şehir suyunu sağlayan arıtma tesislerinden alınan örnekte toplam 2 koloni/100 ml toplam bakteri bulunmuştur. Bu sayı kabul edilen 0 koloni/100 ml standardının üzerindedir ve sağlanan suyun bakteriyel yönden sağlıklı olmadığını göstermektedir. Kaynaktan uzaklaştıkça bakteri sayısı bazı istasyonlarda 1000 koloni/100 ml'yi bulmuştur.

Bu istasyonlardan birinde *E. coli*'ye rastlanmıştır ki bu durum musluk suyuna kanalizasyon suyunun karıştığını göstermektedir.

Su örneklerinin alındığı istasyonlar göz önünde bulundurulduğunda özellikle halkın topluca faydalandığı yerlerde (çay ocakları ve fırınlar gibi) bakteriyolojik kirliliğin oldukça fazla çıkması dikkat çekicidir. Bakteriyel kirlilikteki bu artış binalardaki su depolama ünitelerinden ve büyük olasılıkla eskimiş su iletim sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Bu gibi yerlerde genellikle su kesintisi durumlarında hizmette aksama yaşanmaması için su depoları bulundurulmakta ve bakteriyel kirlilik kaynaklarının bu depolar olduğu düşünülmektedir. Su iletim ve depolama sistemlerinin kirlilik kaynağı bakımından önemli etkenler olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak; Çanakkale şehir şebeke suyunda ağır metal yönünden ulusal ve uluslararası standartlara göre kayda değer bir kirlilik olmadığı ancak su iletim sisteminde beklemiş suyun ağır metal içeriğinin akarsuya göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun yanında TSE 266, WHO, EPA ve EC su standartlarına göre Çanakkale şehir şebeke suyunun bakteriyolojik açıdan bazı örnekleme istasyonlarında ileri derecede kirli olduğu görülmüştür. Bu durum büyük olasılıkla su örneğinin alındığı ünitenin kendisinden kaynaklanmaktadır. Şehir şebeke suyunu sağlayan arıtma ünitesinden alınan örnekte ise 2 koloni/100 ml toplam bakteriye rastlanmıştır. Çalışmanın yapıldığı zaman dilimini temsil eden bu bulgular hızla değişebilirler. Bu nedenle halk sağlığı açısından hem ağır metal, hem de bakteriyolojik bulguların rutin analizlerle test edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Adrian W.ve Bott D., 1995. Voltammetric Determination of Trace Concentrations of Metals in the Environment, *IN 47906-1382, Current Separations* 14 (1):24-30.
- Agusa T., Kunito T., Fujihara J., Kubata R., Minh T.B., Trang P.T., Iwata H., Subramanian A., Viet P.H.ve Tanabe, S., 2006. Contamination by Arsenic and Other Trace Elements in Tube-well Water and its Risk Assessment to Humans in Hanoi, Vietnam, *Environmental Pollution*, 139: 95-106.
- Alkan U., Çalışkan S.ve Mescioğlu Ü., 1999.Ulubat Gölü'nün Mikrobiyolojik Kirlilik Seviyesinin Belirlenmesi. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 9 (33): 3-5.
- Anezaki K.,Chen X., Ogasawara T., Nukatsuka I.ve Ohzeki K.,1998. Determinationof Cadmium and Lead in Tap Water by Graphite-Furnace Atomic AbsorptionSpectrometry After Preconcentration on a Finely Divided Ion- Exchange Resin as the Pyrolidinedithiocarbamate complexes, *Analitical Sciences June VOL.14*
- Anonim., 1997. TSE 266 (1997): “Türk İçme Suyu Standartları” TSE Genel Müdürlüğü, Ankara
- Anonim., 2006. İçme ve Kullanma Suları .(2006). 5 Eylül, 2007, http://www.saniter.com.tr/saniter/index.php?module=pagemaster&PAGE_user_op=view_page&PAGE_id=16.
- Anonim., b.t.(a). Eser elementler *Biyoelementler II*. (b.t). 4 Mayıs 2007 <http://www.aof.anadolu.edu.tr/kitap/EHSM/1222/unite17.pdf> .
- Anonim, b.t.(b)., Chemical properties of zinc- Healty effect of zinc - Environmental effect of zinc. (b.t). Aralık, 2007, <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Zn-en.htm>
- Anonim, b.t.(c)., Water and Sever Authority, (b.t.). 28 Aralık, 2007. <http://www.dcwasa.com/news/publications/2006%20CCR%20Final%20PDF>
- Asubiojo O.I., Nkono N.A., Ogunsu N.A., Oluwole A.F., Ward N.I., Akanle

- O.A. ve Spyrou N.M., 1997. Trace Elements in Drinking and Groundwater Samples in Southern Nigeria. *The Science of the Total Environment*, 208:1-8
- Bressler J.P., Olivi L., Cheong J.H., Kim Y., Maerten A. ve Bannon D., 2007. Metal Transporters in Intestine and Brain: Their Involvement in Metal-associated Neurotoxicities, *Human & Experimental Toxicology* 26: 221-229.
- Cook M.E. ve Morrow H., 1995. "Anthropogenic Sources of Cadmium in Canada, "National Workshop on Cadmium Transport Into Plants, Canadian Network of Toxicology Centres, Ottawa, Ontario, Canada, June 20-21, 1995.
- Çayır A., 2005. Havadan Gelen Ağır Metallerin Trakya'daki Dağılımı (Yüksek Lisans Tezi) *İstanbul Üniversitesi TÜRKİYE*.
- Dündar Y. ve Aslan R., Mayıs 2005. Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 6: 1-5.
- EPA., 2003. Managing Lead Contamination in Home Maintenance, Renovation and Demolition Practices. A Guide for Councils. *NSW Environment Protection Authority and Planning NSW*
- EPA., 2007. Cadmium Compounds, United States Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/cadmium.html>
- Erkan M. E. ve Vural A., 2006. Dicle Nehrinin Hijyenik Kalitesi Üzerine Bir Araştırma. *Dicle Tıp Dergisi*, 33, (4): 205-209.
- Farghaly O.A., 2003. "Direct and Simultaneous Voltametric Analysis of Heavy Metals in Tap Water Samples at Assiut City: An Approach to Improve the Analysis Time for Nickel and Cobalt Determination at Mercury Film Electrode. *Mikrochemical Journal*, 75:119-131.
- Florea A.M. ve Büsselberg D., 2006. Occurrence, Use and Potential Toxic Effects Metal and Metal Compounds. *BioMetals. Springer Netherlands*, 19,(4): 419-427.
- Goyer R.A., 1993. Lead Toxicity: Current Concerns. *Environ Health Perspect.* 100:177-187.
- Gray N.F., 1999. *Water Technology. An Introduction for Environmental scientists and Engineers*, New York, Toronto. 34-36.

- Halkman A.K., 1999. E.coli Genel Bilgiler. Ankara Üniversitesi Araştırma Fonu 97 11 12 01 noluproje.
<http://www.mikrobiyoloji.org/genelpdf/210030213.pdf>.
- Halkman A.K.,(Ankara, 2005) Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. MERC, 109-167
- Hızel S. ve Şanlı C., 2006. Çocuklarda Beslenme ve Kurşun Etkileşimi. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 49: 333-338.
- Hughes M.F., 2002. Arsenic Toxicity and Potential Mechanisms of Action. *Science Direct*.133(1): 1-16.
- İSKİ., 2005. İstanbul Su Kalitesi Raporu Şubat (2005), 2 Ağustos, 2007,
http://www.iski.gov.tr/dosya/su_kalite/sukalite_subat2005t.pdf
- Jankong P., Chalhoub C., Kienzl N., Goessler W., Francesconi K.A., Kıvanç M. ve Visoottivisent P., 2007. Arsenic Accumulation and Speciation in Freshwater Fish Living in Arsenic Contaminated Waters. *Environmental Chemistry* 4(1); 1-17.
- Jensen P.K., Ensink J.H., Jayasinghe G., Hoek W., Cairncross S. ve Dalsgaard A., 2003. Effect of Chlorination of Drinking-water on Water Quality and Childhood Diarrhoea in a Village in Pakistan. *Centre for Health Population Research*. 21 (1):26-31.
- Kalay M., Dönmez A.E. ve Koyuncu C.E., 2003. *Tilapia nilotica* (L.,1758)'nın Solungaç ve Karaciğer Dokularındaki Mangan, Demir ve Çinko Düzeyleri Üzerine Bakırın Etkisi. *Ekoloji Çevre Dergisi*. 13(49): 1-5.
- Kirby-Smith W.W. ve White N.M., 2006. Bacterial Contamination Associated with Estuarine Shoreline Development. *Journal of Applied Microbiology* 100: 648-657.
- Kumar M.P., Reddy T.M., Nithila P. ve Reddy S.J., 2005. Distribution of Toxic Trace Metals Zn, Cd, Pb and Cu in Tirupati Soils, India, Soils & Sediment Contamination. *Journal of Soil Contamination* 14: 471-478.
- Kunduhoglu B., Atik S. ve Malkoçoğlu B.,1996.Eskişehir İçme ve Kullanma Sularının Bakteriyolojik Kirliliği. *Ekoloji Çevre Dergisi*. Nisan-Mayıs-Haziran1996. 19; 19-21.
- Lemire J., Mailloux R. ve Appanna V.D., 2007. Zinc Toxicity Alters Mitochondrial

- Metabolism and Leads to Decreased ATP Production in Hepatocytes. *Journal of Applied Toxicology*, DIO: 10 (1002)/jat. 1263.
- Madureina G., Bloise W., Mendonca B.B. ve Brandão-Neoto J., 1999. Effect of Acute and Chronic Oral Zinc Administration in Hyperprolactinemic Patients. *Springer Netherlands*, 6 (3):159-162.
- Manohan S.E., 2000. Water Pollution. Environmental Chemistry. Boca Raton: CRC. Pres LLC. 1-8
- Mazumder D.N., Das Gupta J., Chakraborty A.K., Chatterjee A., Das D. ve Chakraborty D., 1992. Environmental Pollution and Chronic Arsenicosis in South Calcutta. *Bull WHO* 70 (4): 481-485.
- Needleman H., 2003. Lead Poisoning. *Annual Reviews. A Nonprofit Scientific Publisher*. 55:209-222.
- Nogueira G., Nakamura C.V., Tognim M.C.B., Filho B.A.A. ve Filho B.P.D., 2003. Microbiological Quality of Drinking Water of Urban and Rural Communities, Brazil, *Rev Saúde Pública* 37 (2): 232-236.
- Nordberg G., Jin T., Leffer P., Svensson M., Zhou T. ve Nordberg M., 2000. Metallothioneins and diseases with special reference to cadmium poisoning, EDP Sciences, Wiley-VCH, 28 (5):396-400
- Nowak G., Siwek M., Dudek D., Ziğba A. ve Pilc A., 2003. Effect of Zinc Supplementation on Antidepressant Therapy in Unipolar Depression: A Preliminary Placebo-Controlled Study. *Polish Journal of Pharmacology. Pol. J.Pharmacol*, 55: 1144-1147.
- Papp A., Pecze L. ve Vezér T., 2004. Acute Effect of Lead, Mercury and Manganese on the Central and Peripheral Nervous System in Rats in Combination with Alcohol Exposure. *Arh Hig Rada Toksikol*, 56: 241-248
- Rajaratnam G., Winder C. ve An M., 2002. Metals in Drinking Water from New Housing Estates in the Sydney Area, *Environmental Research Section A* 89: 165-170.
- Revenga C. ve Mock G., 2000. Dirty Water: Pollution Problems Persist. *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems*.1-6

- Safiuddin. ve Karim M., 2001. Groundwater Arsenic Contamination in Bangladesh: Causes, Effects and Remediation. Proceedings of the 1st IEB international conference and 7th annual paper meet; 2001 November 2-3; Chittagong, Bangladesh: Institution of Engineers, Bangladesh
- Schets F.M., During M., Italiaander R., Heijnen L., Rutjes S.A., Zwaluw W.K. ve Roda Humsan A.M., 2005. Escherichia coli O:157:H7 in Drinking Water from Private Water Supplies in the Netherlands, *Water Research* 39: 4485-4493.
- SEPA., 2001. Water Pollution Arising From Land Containing Chemical Contaminants.
- Sonon L., Kissel D., Vendrell P. ve Hitchcock R., 2006. Copper Levels in Drinking Water from Private Household Wells in Major Provinces of Georgia. *Proceedings of the 2006 Georgia Water Resources Conference*
- Soylak M., Aydın F.A., Saracoğlu S., Elçi L. ve Doğan M., 2001. Chemical Analysis of Drinking Water Samples from Yozgat, Turkey. *Polhis Journal of Environmental Studies*. Vol. 11, No. 2(2002) 151-156.
- Tchounwou P.B., Patlolla A.K. ve Centeno J.A., 2003. Carcinogenetic and Systemic Health Effects Associated with Arsenic Exposure. *A critical review. Toxicol Pathol*, 31 (6): 575-588.
- Tiemann M., 2005. Lead in Drinking Water: Washington, DC, Issues and Broader Regulator İmplication. *CRS Report for Congress. The Library of Congress*.
- T.C. Sağlık Bakanlığı., 2005. *İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik*. <http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2005/02/20050217-3.htm>
- Yağmur F. ve Hancı İ.H. 2002. Arsenic. http://www.medicine.ankara.edu.tr/internal_medical/forensic_medicine/arsenic.html.
- Yapıcı G., Can G. ve Şahin Ü., 2004. Çocuklarda Asemptomatik Kurşun Zehirlenmesi. *Cerrahpaşa Tıp Dergisi*, 33 (3): 197-204.
- Yarsan E., Bilgin A. ve Türel İ., 2000. Van Gölü'nden Toplanan Midye (Unio stevenianus Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. *Turk J Vet Amin Sci, TÜBİTAK*, 24: 93-96.

- Yılmaz O. ve Ekici K., 2004. Van Yöresinde İçme Sularında Arsenikle Kirlenme Seviyeleri, *YYÜ Vet. Fak. Derg.* 15 (1-2):47-51.
- WHO., 1996. Zinc in Drinking-water, Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, WHO/SDE/WSH/03.04/17, English only.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/zinc.pdf
- WHO., 2001. Environmental health criteria 224; Arsenic and Arsenic Compounds. World health Organization, Geneva; 2001, 1-114
- WHO., 2004. Copper in Drinking-water / Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. *WHO/SDE/WSH/03.04/88. English only.* 1-31
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/copper.pdf
- WHO., 2006. Protecting Groundwater for Health. Managing the Quality of Drinking-water Sources. *TJ International (Ltd), Padstow, Cornwall, UK*
- Wohlsen T., Bates J., Vesey G., Robinson W.A. ve Katouli M., 2006. Evaluation of the Methods for Enumerating Coliform Bacteria From Water Samples Using Precise Reference Standards, *Letters in Applied Microbiology*, 42: 350-356.

TABLO DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1.1.	Su kirliliğinin genel tipleri	4
Tablo 1.2.	TSE (266), WHO, EPA ve EC içme ve kullanma suyu standartları.....	5
Tablo 2.1.	Doğal sularda önemli iz elementler	8
Tablo 2.2.	Mikrobiyolojik parametreler	25
Tablo 3.1.	Örnekleme istasyonları	29
Tablo 3.2.	Voltametri cihazının kalibrasyon su	33
Tablo 4.1.	Kaynaktan ilk alınan su örneklerindeki ağır metal miktarları ve müsaade edilen üst limitler.....	36
Tablo 4.2.	Kaynaktan ikinci alınan su örneklerindeki ağır metal miktarları ve müsaade edilen üst limitler.....	38
Tablo 4.3.	ICP-AES cihazının belirleyebilme alt limitleri	39
Tablo 4.4.	Bakteriyolojik kirlilik analiz sonuçları.....	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 3.1.	Örnekleme alanı	28
Şekil 3.2.	Voltametri cihazının kalibrasyon eğrisi	33
Şekil 4.1.	Bakır elementinin ilk ve son alınan su örneklerindeki miktar grafiği	40
Şekil 4.2.	Çinko elementinin ilk ve son alınan su örneklerindeki miktar grafiği	41
Şekil 4.3.	Standart TTC besiyeri (a).....	42
Şekil 4.4.	Tergitol TTC besiyeri (a).....	42
Şekil 4.5.	Standart TTC besiyeri (b).....	42
Şekil 4.6.	Tergitol TTC besiyeri (b).....	42

YAŞAM ÖYKÜSÜ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Aslı KOVANCI
Doğum Yeri ve yılı : Edirne/İpsala 1983
Adres : Cevatpaşa Mah. Anafartalar Sk. No:10/1
ÇANAKKALE

Öğrenim Durumu

1990-1997	Mustafa Gergin İlköğretim Okulu, Yeni Karpuzlu Kasabası, Edirne /İpsala
1997-2000	İpsala Lisesi Edirne /İpsala
2000-2005	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Lisans /Çanakkale
2005-2008	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans /Çanakkale