

163710

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ (VET) ANABİLİM DALI

**KONYA BÖLGESİ İÇME SULARINDAKİ AĞIR METAL
DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUSTAFA YALÇIN

Danışman
Doç. Dr. HALİS OĞUZ

KONYA - 2005

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ (VET) ANABİLİM DALI

**KONYA BÖLGESİ İÇME SULARINDAKİ AĞIR METAL
DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUSTAFA YALÇIN

Bu tez aşağıda isimleri yazılı tez jürisi tarafından 17/03/2005 günü sözlü olarak yapılan tez savunma sınavında oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. ~~Binyamin~~ TRAŞ
Jüri Başkanı

Doç. Dr. ~~Halis~~ OĞUZ
Danışman

Doç. Dr. ~~Muzammer~~ ELMAS
Üye

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİ	3
2.1. Su kirliliği	3
2.2. Metaller ve sularda metal kirliliği	3
2.3. Metallerin toksik etkileri	5
2.3.1. Alüminyum (Al)	7
2.3.2. Bakır (Cu)	8
2.3.3. Baryum (Ba)	9
2.3.4. Çinko (Zn)	9
2.3.5. Demir (Fe)	11
2.3.6. Gümüş (Ag)	12
2.3.7. Kadmiyum (Cd)	12
2.3.8. Krom (Cr)	13
2.3.9. Kurşun (Pb)	14
2.3.10. Mangan (Mn)	16
2.3.11. Nikel (Ni)	17
2.4. İçme suyu standartları	18
3. MATERYAL VE METOT	20
3.1. Materyal	20
3.1.1. Su numunelerinin toplanması	20
3.1.2. Malzemeler ve cihazlar	23
3.1.2.1. Malzemeler	23
3.1.2.2. Cihazlar	23
3.1.2.3. Su numunelerinin analize hazır hale getirilmesi	23
3.2. Metot	24
3.2.1. ICP–AES (İndüktif Eşleşmiş Plazma–Atomik Emisyon Spektroskopisi)	24
4. BULGULAR	28
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	35
5.1. Kullanılan metodun (ICP–AES) değerlendirilmesi	35
5.2. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi	36

5.3. Kurşun düzeylerinin değerlendirilmesi	38
5.4. Sonuçlar ve öneriler	41
6. ÖZET	43
7. SUMMARY	44
8. LİTERATÜR LİSTESİ	45
9. ÖZGEÇMİŞ	51
10. TEŞEKKÜR	52



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Bazı metallerin yoğunlukları	4
Tablo 2.2. İnsan tarafından besin, su ve hava ile alınan metaller	5
Tablo 2.3. Bazı metal bileşiklerinin laboratuvar hayvanlarında LD ₅₀ değerleri	7
Tablo 2.4. Çeşitli kuruluşlara göre içme sularında metaller için üst sınır değerleri	18
Tablo 2.5. İnsan vücudu için gerekli olan metallerin TSE'ye göre içme suyunda bulunması önerilen düzeyleri	19
Tablo 3.1. Su numunelerinin alındığı kaynaklar	21
Tablo 3.2. Çeşitli elementler için alev emisyon spektroskopisi ve atomik emisyon spektroskopilerinde (elektrik boşalımı, plazma) elde edilebilen gözlenebilir sınırları	25
Tablo 4.1. Analiz sonuçları (Al, Ag, Ba, Cd)	29
Tablo 4.2. Analiz sonuçları (Cr, Cu, Fe, Mn)	31
Tablo 4.3. Analiz sonuçları (Ni, Pb, Zn)	33
Tablo 5.1. Analiz sonuçlarına göre kuruluşlar tarafından belirlenen üst sınır değerleri aşan numuneler	37
Tablo 5.2. Bebeklerin günlük ortalama su ihtiyaç değerleri	39
Tablo 5.3. Bebekler için içme suları ile alınabilecek kurşun düzeyinin teorik olarak hesaplanması	40
Tablo 5.4. WHO ve USEPA'ya göre kurşun üst sınır değerini aşan numuneler	40
Tablo 5.5. Yetişkinler için içme suları ile alınabilecek kurşun düzeyinin teorik olarak hesaplanması	41

KISALTMALAR

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations): Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü.

ICP-AES (Inductively Coupled Plasma–Atomic Emission Spektroskopiyi): İndüktif Eşleşmiş Plazma–Atomik Emisyon Spektroskopisi.

JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives): Gıda Katkıları FAO/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi.

KOSKİ: Konya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü.

LD₅₀ (Lethal Dose): Toksik maddenin verildiği organizmaların %50'sinin öldüğü toksik madde dozu.

NOAEL (No Observed Adverse Effect Level): Sağlık açısından olumsuz etkisi gözlenmeyen kirletici düzey.

PMTDI (Provisional Maximum Tolerable Daily Intake): Geçici kabul edilebilir maksimum günlük alım miktarı.

ppb (parts per billion): milyarda bir.

ppm (parts per million): milyonda bir.

PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake): Geçici kabul edilebilir haftalık alım miktarı.

TDI (Tolerable Daily Intake): Kabul edilebilir günlük alım miktarı.

TSE: Türk Standartları Enstitüsü.

USEPA (United States Environmental Protection Agency): Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Teşkilatı.

WHO (World Health Organization): Dünya Sağlık Örgütü.

1. GİRİŞ

Canlıların yaşayabilmesi için gerekli temel ihtiyaçlardan biri sudur. Su canlılığın varoluşundan bugüne önemini hiç kaybetmemiş ve gelecekte de önemini koruyacaktır. Saf su iki hidrojen ve bir oksijen atomundan meydana gelmiş, kimyasal formülü H_2O olan bir bileşiktir. Sıkıştırılmayan, rengi ve kokusu olmayan, katı, sıvı ve gaz halde bulunabilen bir maddedir. Deniz seviyesinde ve $+4\text{ }^\circ\text{C}$ 'de öz kütlesi 1 g/cm^3 'tür.

Susuz hayat mümkün değildir. Yetişkin bir insan vücudunun ortalama %59'u sudur. Bu oran yaşa, cinsiyete ve vücuttaki yağ oranına göre değişir. Bebeklerde yetişkinlere, zayıf insanlarda şişmanlara ve erkeklerde kadınlara göre daha fazla oranda su bulunur. Su vücudun her bölümüne dağılmış haldedir. Bazı dokuların yapısında fazla miktarda su bulunurken (kan) bazılarında (kemik) ise daha az miktarda bulunur. Su, sindirim sisteminde besinlerin taşınıp sindirilmesi ve besin maddelerinin kana verilmesinde temel ortamı oluşturur. Kandaki metabolizma artıklarının akciğer ve böbreklere taşınıp dışarı atılabilmesi için de suya ihtiyaç vardır. Terleme ile vücuttan buharlaşan su vücut ısısının düzenlenmesini sağlar. Kısacası vücuttaki bütün fizyolojik olayların yürütülmesinde su ya doğrudan ya da dolaylı olarak metabolik işlemlere katılır. Bütün bu yaşamsal olaylar için gerekli olan suyun insanlara hijyenik olarak (içerisinde zararlı kimyasal maddeleri ve patojen mikroorganizmaları içermeyecek özellikte) sağlanması gerekmektedir.

Yaşam faaliyetlerinin düzenli olarak yürüyebilmesi için organizmada belli miktarda su bulunması ve bu suyun organizma içinde belli bir dengede olması gereklidir. Bazı şartlarda az miktarda su kaybı yaşamı tehlikeye sokabilir. Örneğin, açlık halindeki bir insan, proteinlerinin yarısını, hemen hemen bütün glikojenini ve toplam vücut ağırlığının yarısını kaybettiği halde yaşamını sürdürebilir. Fakat vücut suyunun %10'unun kaybı ciddi aksaklıklara, %20'sinin kaybı ise ölüme neden olur.

Hayvanlarda metabolik fonksiyonların sağlanması için su önemli bir unsurdur. Dolaşım, boşaltım sıvıları ile solunum mukozalarının yüzeyi için sürekli olarak suya ihtiyaç duyulmaktadır. Su bitkiler için de yaşamsal öneme sahiptir. Su bitkilerde organik maddelerin yapılmasını sağlayan fotosentez olayı için gerekli temel bir maddedir. Bitkiler yaşamaları için gerekli mineralleri su içerisinde çözünmüş olarak alır.

Canlıların yaşaması için bu kadar önemli olan su içerisinde bulunan her madde canlı sağlığını doğrudan etkilemektedir. Su içerisinde bulunan ve canlı organizmasında

zararlı etki oluşturabilecek maddeler arasında metaller önemli bir yer tutmaktadır. Metallerden birçoğu (arsenik, kadmiyum, selenyum, kurşun, civa vs.) son derece zehirli olmalarının yanında, bazıları (arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, civa, nikel, selenyum vs.) karsinojenik; bazıları ise mutajenik ve teratojenik etkilere sahiptirler. Metallerin canlı organizmalarındaki etkilerinin belirlenmesiyle, bu elementlerin analizlerinin önemi de artmıştır. Metallerin deney hayvanlarında tespit edilen olumsuz etkilerinin araştırılması ile su ve gıdalarda sağlık açısından olumsuz etkilerin gözlenmediği kirletici düzeyleri (NOAEL) belirlenmiştir. NOAEL değerleri içme suları için de hesaplanmış ve içme suyu için üst sınır değerleri belirlenmiştir. Günümüzde içme sularında metal düzeylerinin belirlenmesi halk sağlığı açısından önemli ve zorunlu hale gelmiştir.

Bu çalışma ile, Konya bölgesinde tüketilen içme suyu numunelerindeki alüminyum (Al), bakır (Cu), baryum (Ba), çinko (Zn), demir (Fe), gümüş (Ag), kadmiyum (Cd), krom (Cr), kurşun (Pb), mangan (Mn) ve nikel (Ni) düzeylerinin araştırılması amaçlanmıştır. Numuneler Konya il merkezi ile 28 ilçe merkezinin içme suyunu karşılayan depolardan, kaynaklardan, arıtma tesislerinden ve kuyulardan alınmıştır. Numunelerin (50 adet) analizlerinde ICP–AES (İndüktif Eşleşmiş Plazma–Atomik Emisyon Spektroskopisi) metodu kullanılmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen değerler, ülkemizde ve dünyada içme sularında metaller için izin verilen üst sınır değerleri ile karşılaştırılarak halk sağlığı açısından önemi tartışılmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİ

2.1. Su kirliliği

Su kirliliği, su kalitesinin dolayısıyla su ortamının doğal dengesinin bozulması olarak tanımlanır ve aynı zamanda suyun normal durumundan ne kadar uzaklaştığını, halk sağlığına etkisini veya ekolojik etkilerini gösterir. Su kirleticileri bazı patojenik bakteri ve virüslerin yanısıra fazla miktardaki metalleri, bazı radyoaktif izotopları, fosfor, azot, sodyum ve diğer yararlı hatta gerekli elementleri de içerir (Akman ve ark 2000).

Yeryüzünde bulunan suyun tüm insanlığın ihtiyaçlarını karşılayacak kadar çok olduğunu ve dolayısıyla hiçbir zaman tükenmez bir kaynak oluşturacağını düşünmek yanlıştır. Su kaynakları insanların içme, kullanma, endüstri ve tarımsal sulama gibi ihtiyaçlarını karşıladıktan sonra değişik oranlarda kirletilerek yeniden doğaya verilmektedir. Bu şekilde dünyada temiz su kaynakları gittikçe azalmaktadır. Diğer taraftan nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme sonucu temiz su tüketiminde hızlı bir artış görülmektedir (Yalçın ve Gürü 2002). Suların kirlenme durumu, çağdaş medeniyetlerin doğal ortamı bozmasının en belirgin örneği ve endişe verici sorunlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Akman ve ark 2000). Ülkemizde de sosyal ve ekonomik gelişime paralel olarak su tüketiminin yıldan yıla arttığı tespit edilmiştir (Eti 2002).

Dünya tatlı su sistemleri, hem buldukları karasal kesimin jeolojik yapısına bağlı doğal kaynaklardan hem de yakın çevresinde ortaya çıkan endüstriyel, tarımsal ve kentsel artıklarla sürekli kirlenme riskiyle yüzyüze bulunurlar. Belirtilen nedenlerle tatlı su sistemleri, açık denizlerle karşılaştırılmayacak boyutlarda hızla ve kolayca kirlenme riski taşırlar (Şanlı 2002). Su kirliliğine neden olan etkenler kaynaklarına göre endüstriyel, evsel ve tarımsal atıklar, taşımacılık ve nükleer santraller olarak sınıflandırılabilir (Kaya ve ark 1998).

2.2. Metaller ve sularda metal kirliliği

Element, aynı cins atomlar topluluğu olarak tanımlanır (İrez 2002). Metaller, yüksek elektrik iletkenliğine, karakteristik bir parlaklığa ve basınç altında kırılmadan şekil değiştirebilme yeteneğine sahip elementlerdir. Al, Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementleri metaldir (Mortimer 1999). Yoğunlukları 5 g/cm^3 'den büyük olan metallere ağır metal adı verilir (Özdemir 1981). Tablo 2.1.'de bazı metallerin yoğunlukları verilmiştir. Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, ve Zn metalleri ağır metaldir.

Tablo 2.1. Bazı metallerin yoğunlukları (Yaşar ve Melek 2000)

Metal	Yoğunluğu (g/cm ³)	Metal	Yoğunluğu (g/cm ³)
Alüminyum (Al)	2.69	Kadmiyum (Cd)	8.64
Bakır (Cu)	8.96	Krom (Cr)	7.19
Baryum (Ba)	3.50	Kurşun (Pb)	11.35
Çinko (Zn)	7.14	Mangan (Mn)	7.43
Demir (Fe)	7.86	Nikel (Ni)	8.90
Gümüş (Ag)	10.50		

Suyu kirleten metaller topraktan doğal olarak su kaynaklarına yansiyabileceği gibi endüstriyel, kentsel ve tarımsal atıklar aracılığı ile de suyu kirletebilmektedirler. Suyu kirleten ve topraktan suya geçen başlıca metaller; Na, K, Ca, Mg, Bi, Sb, Fe ve kısmen Al'dir. Endüstri ve evsel atıklar yoluyla suyu kirleten toksik metaller ise Al, Pb, Cd, Ni, Cu, Hg, As, Cr, Co, Mn ve Zn gibi metallerdir. En tehlikelileri Hg, Cd, Bi, Sb ve Pb'dir (Mutluay ve Demirak 1996).

Ağır metaller ve diğer iz elementler çevredeki endüstriyel işletmelerden, ziraatte zararlılarla mücadelede kullanılan pestisitlerden ve insan aktivitelerinden besin zincirine geçebilmektedir. Toksikolojik açıdan farklılık arz eden bu kimyasalların insanlar tarafından alınması sonucu kronik zehirlenmeler ve hastalıklar meydana gelmektedir (Algan 2002).

Metalik kirlenmenin çoğu sularda toplanır. Sularda toplanma, su içinde çözünme veya çözünmeden suların dibinde toplanma şeklinde olabilir. Toksik metal bileşikleri nehir, yağmur ve kar sularıyla yeryüzü sularına (deniz, göl, gölet, baraj vs.) ulaştırıldığı gibi topraktan sızarak eser miktarda da olsa yeraltı sularına da karışabilir. Bu nedenle bazen yeraltı suları da, çeşitli toksik metaller içerebilir. İçme suları bu kaynaklardan temin edildiğinden, toksik metaller içerebilir (Gündüz 1994). Tablo 2.2.'de insan tarafından alınan metallerin ortalama günlük alınan miktarları, zehirleyici miktarları, vücuttaki normal miktarları ve yarılanma ömürleri verilmiştir.

Tablo 2.2. İnsan tarafından besin, su ve hava ile alınan metaller (Gündüz 1994)

Metal	Ort. günlük alınan miktar (mg)		Zehirleyici miktar (mg)	Vücuttaki normal miktarı (mg)	Yarılanma ömrü (gün)
	Besin ve Su	Hava			
Antimon	0.100	0.0017	100	7.9	38
Bakır	1.325	0.0014	250-500	72.0	80
Baryum	0.735	0.030	200	22	65
Berilyum	0.012	0.00004	-	0.03	180
Bizmut	0.020	0.00076	-	0.23	5
Civa	0.025	-	-	-	70
Çinko	14.500	0.0168	-	2300	933
Demir	15.000	0.084	-	4200	800
Gümüş	0.600	-	60	1	5
Kadmiyum	0.160	0.0074	3	50	200
Kalay	7.300	0.0006	2000	17	35
Kobalt	0.390	0.00012	500	1.5	9.5
Kurşun	0.300	0.046	-	12.0	1460
Krom	0.245	0.0011	200	1.8	616
Mangan	4.400	0.0288	-	12	17
Molibden	0.335	0.006	-	9.3	5
Nikel	0.600	0.00236	-	10	667
Titan	1.375	0.0014	-	9	320
Uranyum	0.050	-	-	0.7	100
Vanadyum	0.116	0.00916	-	22	42
Zirkonyum	0.490	-	-	420	450

2.3. Metallerin toksik etkileri

Canlı vücudunda zararlı etki gösteren metallere toksik metaller denir. Zehirlilik toksik metalin ve canlının türü ile alınan miktarına göre değişir. Toksik metaller canlı vücuduna hava, su ve özellikle de alınan besinlerle girer (Gündüz 1994). Metaller insanlar tarafından bilinen en eski toksik bileşiklerdir. Periyodik cetveldeki 105 elementin 80'nini oluşturan metallerin yaklaşık 30'unun insanlarda toksik etki meydana getirdiği bilinmektedir (Burgaz 2000).

İçme suyu insan sağlığı için gerekli olan elementlerin başlıca kaynağı durumundadır. Ancak suda bulunan bazı zehirli elementlerin de insanlar tarafından alınması mümkündür (Barton ve ark 2002). İnsanlar her zaman çevrede ağır metallere maruz kalmaktadır. Ağır metal yönünden yüksek yoğunluklu bölgelerden elde edilen gıda ve su önemli zehirlenme nedenleri arasındadır (Klaassen 2001).

Zehir etkisi gösteren maddeler suda düşük konsantrasyonlarda bulunmaları durumunda bile insan sağlığına zarar vererek zehirlenmelere, hastalıklara ve hatta ölümlere yol açabilmektedir. Eser miktarlarda bile toksik etki yapabilen bu maddeler arasında en önemlileri Ag, Be, As, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, V ve Zn'dir. Söz konusu elementlerin çoğunluğu ağır metal grubuna girmektedir (Ekşi 1981).

Metallerin diğer toksik bileşiklerden farklı özellikleri vardır; insanlar tarafından kimyasal yöntemlerle sentezlenemez ve ortadan kaldırılamazlar. Değişik yollarla metallere maruz kalan insanlarda potansiyel sağlık riski söz konusudur. Metaller ilgi duydukları dokulardaki özel komponentlere bağlanarak vücutta birikirler. Örneğin kurşun ve radyum kemikte, civa böbrek ve MSS'de, bakır karaciğerde birikir (Burgaz 2000).

Doğal su kaynaklarında temel iyonların (kalsiyum, sodyum, magnezyum, potasyum, klorür, sülfat, bikarbonat) dışında, çoğu eser düzeyde bulunan diğer iyonların (demir, bakır, mangan, nikel, çinko, kobalt, kadmiyum, krom, kurşun, civa, berilyum, alüminyum, arsenik, selenyum, rubidyum, lityum, iyot, fosfat, nitrat, bor, siyanür, hidrojen sülfür) fazla miktarlarda suda bulunması genel olarak insan sağlığı için olumsuz etki yapabilmektedir. Bununla birlikte bu elementlerden bazıları hormon ve vitaminlerin ana yapı taşlarını oluşturur. Bazıları da immun sistemi için gereklidir. Vücuda gerekli bir iz elementin çok alınması da doğrudan veya dolaylı olarak hastalıklara neden olabilmektedir (Soylak ve Doğan 2000).

Bazı metal, pestisit, halojenli aromatik hidrokarbon, plastik monomerleri, aromatik hidrokarbonlar, aromatik aminler, hava kaynaklı kirleticiler, fiziksel etmenler insan ve hayvanlarda immün sistem disfonksiyonuna neden olmaktadır. Bu etkilere neden olan metallerin başlıcaları arsenik, berilyum, kurşun, civa, kadmiyum, krom, selenyum ve çinko'dur. Arsenik, bizmut, bakır, altın, mangan, nikel, vanadyum gibi metaller gastrit, vasküler konjesyon ve bağırsak mukoza hücrelerinde tahribata neden olurlar (Güler ve Çobanoğlu 1994). Bazı metaller ise öldürücü nitelikte zehirlenmelere yol açabilmektedir. Bazı metal bileşiklerinin laboratuvar hayvanlarında LD₅₀ değerleri Tablo 2.3.'de verilmiştir.

Tablo 2.3. Bazı metal bileşiklerinin laboratuvar hayvanlarında LD₅₀ değerleri (Dökmeci 2001).

Metal	LD₅₀ (mg/kg)	Metal	LD₅₀ (mg/kg)
Baryum karbonat	800 (p.o. rat)	Krom trioksit	330 (s.c. köpek)
Baryum klorür	19.2 (i.v. fare)	Krom karbonil	100 (i.v. fare)
Baryum nitrat	20.1 (i.v. fare)	Kurşun asetat	200 (i.p. rat)
Çinko klorür	60–90 (i.v. rat)	Nikel karbonil	22 (i.v. rat)
Kadmiyum klorür	88 (p.o. rat)		

Uluslararası Kanser Araştırmaları Örgütü'ne göre suda bulunan ve insanlarda kanserojen etkisi bulunan başlıca maddeler; arsenik ve arsenik bileşikleri, asbest, krom ve krom bileşikleri, benzen, bis (klorometil), eter, nikel ve nikel bileşikleri, vinil klorür'dür. Gıdalarda bulunan ve insanlar için kanserojen etkisi olabilen maddeler ise aflatoksinler, arsenik ve bazı arsenik bileşikleri, nikel ve belirli nikel içeren bileşikler olarak sıralanabilir (Güler ve Çobanoğlu 1994).

2.3.1. Alüminyum (Al)

Alüminyumun canlı organizmasındaki fonksiyonu bilinmemektedir (Köksal 2001). Dünya Sağlık Örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimum alüminyum düzeyini 200 µg/L olarak belirlemiştir. Bu değer, içme sularındaki alüminyum tuzlarının pratikte bulunması ve kullanılması ile suyun alüminyuma bağlı olarak renginin değişmesi arasındaki dengeyi sağlamaktadır (WHO 1996).

Bilimsel çalışmalar alüminyum ile bunama arasında ilişki olduğunu göstermiştir. Alzheimer hastalığında beyin hücrelerinde anormal derecede alüminyum toplandığı tespit edilmiş, beyin hastalıkları ve aktivitesiyle alüminyum arasında bağlantı kurulmuştur. Hayvan deneylerinden yaşa bağlı olarak beyine alüminyum girişinin arttığı tespit edilmiştir. Alüminyum doğrudan beyin hücreleri için toksik olup beyinde nörofibril düğümlerinde lezyonlar oluşturur. Ayrıca, hücrenin genetik yapısına etki edebilir ve hücrenin aktivitesini bozarak ölümüne neden olur (Aksoy 2000).

İngiltere'de 1989 yılında içme suyundaki alüminyum ile ilgili epidemiyolojik bir çalışmada Alzheimer hastalığının oranları bilgisayarlı tomografik tarama ünitelerinin kayıtlarından hesaplanmıştır. İçme suyundaki alüminyum düzeylerinin 0.01 mg/L'yi

(0.02-0.04 mg/L, 0.05-0.07 mg/L, 0.08-0.11 mg/L ve > 0.11 mg/L) geçtiği bölgelerde, alüminyum düzeyinin 0.01 mg/L'nin altında olduğu bölgeye göre Alzheimer hastalığı oranının %50 daha fazla olduğu tespit edilmiştir (WHO 1996). Bu veri de alüminyum ile beyin fonksiyonları arasında önemli bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır.

Bakar ve Aktaş (2001) yaptıkları çalışmada erkek ergin farelere %0.1, %1 ve %5'lik konsantrasyonlarda $AlCl_3$ içeren içme sularının verilmesi sonrasında alüminyumun böbrek ve karaciğer dokularının genel histolojik yapılarında kontrol grubuna göre dejenerasyonlar meydana getirdiğini ve bu etkinin alüminyum konsantrasyonuna bağlı olarak arttığını tespit etmişlerdir.

2.3.2. Bakır (Cu)

Bakır canlı organizmaları için gerekli bir elementtir. Bakır bazı metalloenzimlerin ve proteinlerin bileşenidir. Ayrıca hemoglobin sentezi için de gereklidir (Belce 2002).

Deneysel çalışmalarda, bakır içeriği düşük diyetin hiperkolesterolemi ve kardiyak anomalilere neden olduğu belirlendiği için bakır eksikliğinin kardiyovasküler hastalıklarda risk faktörü olabileceği düşünülmektedir (Belce 2002). Bakır yetersizliğinde demirin bağırsaklardan emilmesi ve hemoglobin yapımında kullanımının azalmasına bağlı olarak demir yetersizliği anemisi görülmektedir (Baysal 2000).

Dünya Sağlık Örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimum bakır düzeyini 2000 µg/L olarak belirlemiştir (WHO 1996). Bakır, birçok hayvansal ve bitkisel gıdada (karaciğer, pekmez, et, balık, maydanoz) yeteri kadar bulunur. Ortalama yetişkin bir kişi günde 2.5–5.0 mg bakır alır ve vücutta 100–150 mg'lık bakır deposu vardır (Baysal 1999, 2000).

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

Fare ve köpeklerde yapılan çalışmalarda bakırın karsinojenik etkisi görülmemiştir, ancak memeli hücrelerinde yapılan in vitro ve in vivo çalışmalarda mutajenik etkisi görülmüştür (Australian Drinking Water Guidelines 2002).

Pizarro ve ark (1999) gönüllü insanlarda yapmış oldukları bir araştırmada 60 adet sağlıklı kadına farklı konsantrasyonlarda (0, 1, 3 ve 5 mg/L) bakır sülfat içeren içme sularının iki hafta boyunca verilmesi sonucunda, 3 ve 5 mg/L bakır içeren içme suyunu kullananlarda gastrointestinal semptomlar (ishal, mide bulantısı, karın ağrısı, kusma) görmüşlerdir.

Aydemir ve Özcan (2003) yapmış oldukları çalışmada, sıçanlara 10 mg/kg/gün ve 20 mg/kg/gün bakır içme suyuna katarak dört hafta süreyle vermeleri sonucunda, yüksek miktarda alınan bakırın pankreas Zn ve Cu düzeyi ile eritrosit SOD aktivitesini düşürdüğünü, karaciğer ağırlığını ve serum Cu düzeyini arttırdığını tespit etmişlerdir.

2.3.3. Baryum (Ba)

Baryumun insan beslenmesinde gerekli olmadığı düşünülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimum baryum düzeyini 700 µg/L olarak belirlemiştir. Epidemiyolojik çalışmalarda, ortalama 100 µg/L baryum içeren içme suyu tüketen insanlar ile 7300 µg/L baryum içeren suyu tüketenler arasında kalp hastalığı yaygınlığında önemli farklılıklar olmadığı belirlenmiştir (WHO 1996).

Ağızdan alınan ve emilebilen baryum bileşikleri oldukça zehirlidir. Bu yolla meydana gelen zehirlenmelerde mide, bağırsaklar ve böbreklerde ortaya çıkan kanamalarla birlikte kusma ve ishal görülür. Ayrıca, merkezi sinir sisteminde aşırı uyarıya bağlı olarak çarpınmalar meydana gelir (Şanlı 2002). Baryumun kalp kasını uyarıcı etkisinin yanında gastrointestinal sistem ve merkezi sinir sistemi üzerine de etkili olduğu kaydedilmiştir (Alley 2000). Baryumun yüksek tansiyona sebep olabileceği de bildirilmiştir (Akgiray 2003). İçme suyunda 1 mg/L düzeyi aşılsa canlılarda böbrek ve dolaşım bozukluklarına sebep olduğu belirtilmektedir (Samsunlu 1999).

2.3.4. Çinko (Zn)

Çinko insan sağlığı için gerekli bir elementtir. İnsanda testisler ve deri çinko eksikliğine duyarlı dokulardır. Alkol dehidrojenaz, karbonik anhidraz, alkalin fosfataz, RNA ve DNA polimerazlar gibi yaklaşık 300 enzimin yapısında Zn bulunur. Çinko birçok metalloenzimin yapısına girer ve bu enzimlerin dayanıklılığını artırır. Protein sentezinde

fonksiyonu bulunan Zn, gen ekspresyonunda yapısal ve enzimatik rol oynamaktadır. Katalitik ve gen ekspresyonundaki rolünün yanı sıra Zn, diğer proteinlerin ve nükleik asitlerin yapılarını ve hücre alt birimlerinin bütünlüğünü korumakta, transport işlemlerinde yer almakta ve bağışıklık sistemindeki olaylarda önemli rol oynamaktadır. Yara iyileşmesinde görevi olan Zn, bağ dokusu biyosentezi ve bütünlüğünün sağlanmasında önem taşımaktadır (Belce 2002). İnsanda çinko yetersizliğinde cücelik, cinsiyet organlarının gelişiminde gerilik, hastalıklara dirençsizlik ve yaraların iyileşmesinde gecikme gözlenir (Baysal 2000).

Yetişkin bir insanın günlük çinko ihtiyacı 15–22 mg'dır. Dünya Sağlık Örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimum çinko düzeyini 3000 µg/L olarak belirlemiştir. İçme suyunda çinko konsantrasyonu 3000 µg/L'den büyük değerlere ulaştığında, istenmeyen bir tat hissedilmekte ve kaynatıldığında ince bir yağ tabakası oluşmaktadır (WHO 1996).

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

Çinkonun fazla miktarda alımı sakıncalıdır. Günlük 50 mg alındığında HDL-kolesterolde düşüş gözlenmiştir (Baysal 1999). İnsanlarda yüksek miktarda çinko alınması sonucu mide bulantısı, kusma, ishal, elektrolit kaybı, uyuşukluk, kas ve mide krampları oluşabilir. Çinkoya uzun süreli maruz kalmada bakır eksikliği anemisi oluşmaktadır (Prasad ve Oberlas 1976, Australian Drinking Water Guidelines 2002).

Akut zehirlenme, aşırı miktarda çinko tuzunun kazara, kusturucu ilaç ($ZnSO_4$) veya diyet olarak kasten alınmasıyla ortaya çıkar. Genelde 500 mg çinko sülfattan fazlasının alınmasından sonra kusma meydana gelir. Galvanize kaplarda saklanan asitli içeceklerin içilmesinin ardından kitlesel Zn zehirlenmeleri kaydedilmiştir. Alınmasından 3-12 saat sonrasında ateş, mide bulantısı, kusma, mide krampları ve ishal görülmüştür. Yemek hazırlanmasında galvanize çinko kapların kullanılmasına bağlanabilen gıda zehirlenmesi de kaydedilmiş; semptomlar 24 saat içerisinde mide bulantısı, kusma, ishal, bazen de kanama ve mide krampını da içine alacak şekilde meydana gelmiştir (Elinder 1986). Fazla miktarda demir alımı çinkonun, fazla çinko alımı da demirin kullanımını azaltır (Baysal 2000).

Çinkonun solunumla alınmasının akut toksik etkileri çinko dumanına maruz kalan endüstri işçilerinde kaydedilmiştir. Akciğerle ilgili problemler, ateş, titreme ve

gastroenterit görülmüştür (Elinder 1986). 25 mg/L çinko içeren sular hayvanlarda istenmeyen etkilere yol açmaz. Çinko ile hem akut hem de kronik zehirlenmeler kaydedilmiştir (Kaya ve ark 1998).

Aydemir ve Özcan (2003) yapmış oldukları çalışmada, sıçanlara 70 mg/kg/gün ve 80 mg/kg/gün çinkoyu içme suyuna katarak dört hafta süreyle vermeleri sonucunda, yüksek düzeyde alınan çinkonun eritrosit SOD etkinliğini azalttığını ve karaciğer ağırlığını arttırdığını tespit etmişlerdir.

2.3.5. Demir (Fe)

Demir insan vücudu için gerekli bir elementtir. Demir, hücrel oksidatif mekanizmalar ve dokulara oksijen taşınması gibi yaşamsal önemi olan birçok olayda yer almaktadır. Miyogloblin ve hemogloblin gibi oksijen taşıyan kromoproteinlerin, sitokrom oksidaz, ksantin oksidaz, peroksidaz ve katalaz gibi çeşitli enzimlerin yapısında bulunmaktadır. Eritrosit ağırlığının %0.34 kadarını demir oluşturmaktadır. Birçok enzim ve koenzim molekülünde demir, bir bileşen veya bir kofaktör olarak görev yapmaktadır. Krebs döngüsündeki enzimlerin yaklaşık yarısı için demir gereklidir (Belce 2002).

Dünyada milyonlarca kişinin yaşam kalitesini ve iş gücünü etkileyen demir eksikliği, insanlarda en yaygın görülen hastalıklardan biridir (Belce 2002).

Demir için belirlenen PMTDI değerinin %10'u içme suyu ile verildiği zaman 2000 µg/L referans değerine ulaşılır. Bu değer sağlık açısından olumsuz bir etki oluşturmaz. Ancak demir düzeyi 1000–3000 µg/L olduğunda, suda tat ve renk bozukluğu oluşturur (WHO 1996).

Vücutta çok az bulunan serbest demir, oldukça zehirlidir (Belce 2002). Demir'in kendisi mide bağırsak kanalında hasar yapıp vücudun ihtiyacından fazla demir emilmesine sebep olarak zehirlenmelere yol açar (Kaya ve Akar 1998). Ağız yoluyla yüksek miktarda alınan demir bileşikleriyle akut zehirlenmelerin erken dönemlerinde bulantı, kusma (mavi–yeşil renkte), karın ağrısı, dizanterik tipte ishal (siyah), ağızda metalik tat ve bazı nörolojik bozukluklar ortaya çıkar. Sıvı elektrolit düzensizliği ve demirin periferik vazodilatör etkisinden kaynaklanan bir arteriyel hipotansiyon görülür. Kanın pıhtılaşma mekanizması üzerine de olumsuz etkisi vardır. Bu hemodinamik bozukluklara sıklıkla bir akut böbrek yetmezliği de eşlik eder (Dökmeci 2001).

Vücutun çeşitli dokularında fazla miktarda demir birikmesi, karaciğer sirozu, pankreas bozuklukları, doğum öncesi fetüsün sağlığında bozukluklar ve bazı hormonal bozuklukları ortaya çıkarmaktadır. Vücutta aşırı demir birikmesinin daha çok kalıtsal olduğu sanılmaktadır. Bunun yanında sürekli olarak aşırı miktarda demir alımının da hastalıkla ilgisi olduğu ileri sürülmektedir (Baysal 1999). Yüksek düzeyde alınan demirin tümör oluşumuna neden olduğu da kaydedilmiştir (Aksoy 1984).

2.3.6. Gümüş (Ag)

Gümüşün insan vücudu için gerekli olmadığı düşünülmektedir (Yalçın ve Gürü 2002). Dünya Sağlık Örgütü'ne göre 70 yıl insan hayatında alınabilecek total gümüşün NOAEL değeri 10 g'dır. Bu değer de dikkate alınarak içme suyunda 100 µg/L'den yüksek konsantrasyonların sağlık açısından olumsuz etkileri oluşturabileceği rapor edilmiştir (WHO 1996). Gümüşün bilinen olumsuz etkisi deride oluşturduğu mavi - gri lekelenmedir (Bradshaw ve Powell 2000, Yalçın ve Gürü 2002).

İçme suyundaki çok yüksek gümüş düzeyinin (600 mg/L'nin üzerinde) tiroid ve adrenal bezlerde, karaciğer ve böbrek ile beyin ve göz damarlarında renk değişmesine neden olur. Gümüşün karsinojenik olduğuna dair veri bulunmamaktadır. Bakterilerle yapılan testlerde gümüş tuzlarının mutajenik etkisi görülmemiştir, fakat memeli DNA'larında hasara neden olabilmektedir (Australian Drinking Water Guidelines 2002).

Oral yolla verilen farklı gümüş tuzlarının farelerde LD₅₀ değeri 50–100 mg/kg arasında değişmiştir (WHO 1996).

2.3.7. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyumun insan vücudundaki rolü kesin olarak bilinmemektedir (Yensan 1995). Dünya Sağlık Örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimum kadmiyum düzeyini 3 µg/L olarak belirlemiştir.

Kadmiyum uzun zamandan beri bilinen toksik bir elementtir. Kadmiyum önemli çevre kirleticileri arasında gösterilmektedir. Japonya'da kadmiyumun kirlettiği pirinç tarlaları yaygın olarak Itai - itai hastalığına neden olmuştur (Menzer ve Nelson 1986). Kadmiyumla zehirlenmede böbrek, kan, solunum yolları, mide ve bağırsak, kemik doku, dolaşım sistemi gibi vücutta hemen tüm yapılar etkilenmektedir. Hipokromik anemi, gelişme geriliği, dalakta büyüme, sarılık, mide ülseri, böbrek ve karaciğerde yağ dejenerasyonu, kemik iliğinde hiperplazi, kalpte büyüme, kemiklerde yumuşama,

testislerde hasar ve küçülme gibi belirtiler görülür (Kaya ve Akar 1998). Kadmiyumun damar aktivitesini bozarak hipertansiyon oluşturduğu düşünülmektedir (Yensan 1995). Düşük düzeylerde ve sürekli halde alınan kadmiyum, hipertansiyon, kalp genişlemesi ve prematüre ölümlere sebep olur (Şanlı 2002).

Kadmiyum organizmaya başta solunum yolu olmak üzere, daha az olarak da besinlerle ve içilen sularla sindirim yolundan girmektedir (Dökmeçi 2001). Vücuda değişik yollarla giren kadmiyum hemen hemen tüm dokularda birikir. En çok biriktiği organlar karaciğer, böbrek, dalak, pankreas ve testislerdir. Kanda ve diğer dokularda sisteinden zengin bir protein olan metalotiyonin ile bağlanır. Metalotiyonin canlılar için gerekli çinko ile bakırın depolanması ve metabolizması ile canlılar için gerekli olmayan kadmiyum, civa, gümüş ve kalay gibi metallerin bağlanması ve etkisiz hale getirilmesinde önemli rol oynar (Kaya ve ark 1998).

Kadmiyumun deneysel olarak birçok organda tümör oluşturduğu kaydedilmiştir (Waalkes ve ark 1992). Çevre ortamında kadmiyuma sürekli maruz kalmalar vücutta birikmeye ve bunun sonucu hipertansiyon riskine ve böbrek, prostat ve akciğer kanserlerine neden olmaktadır (Dökmeçi 2001).

Kadmiyumun insanlar için karsinogenik olduğuna dair kanıt genelde meslek olarak kadmiyuma maruz kalan işçilerde yapılan epidemiyolojik çalışmalara dayanmaktadır. Bu araştırmalarda, öncelikle akciğerlerde ve düşük oranda prostat, böbrek ve midede tümör teşhis edilmiştir. Uluslararası Kanser Araştırmaları Örgütü bu verinin kadmiyumu insan karsinogeni olarak sınıflandırılması için yeterli olduğu sonucuna varmıştır (Klaassen 2001).

2.3.8. Krom (Cr)

Krom pek çok canlı organizmada yağ ve karbonhidrat metabolizması için gerekli olan elementlerden biridir (Şanlı 2002). Glikoz ve lipid metabolizmasının kontrolünde fonksiyonu bulunan krom, insülinin etkisini güçlendirmektedir. Krom yetmezliğine bağlı olarak insüline direnç gelişmektedir. İnsülin kan glikoz düzeyini ayarlamada kroma ihtiyaç duymaktadır (Belce 2002). Kromun damar sertliğine karşı koruyucu etkisi olduğu da kaydedilmektedir (Yensan 1995). Doğal besinlerle dengeli beslenen insanların günlük 0.1–0.2 mg olan krom ihtiyaçlarını karşıladıkları kabul edilebilir (Baysal 2000).

Dünya Sağlık Örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimum krom düzeyini 50 µg/L olarak belirlemiştir. Eldeki toksikolojik verilerle sağlık açısından önemli bir risk

arttırması mümkün görünmeyen pratik bir ölçü olarak 50 µg/L'yi ilave bilgiler ile kromun tekrar değerlendirilmesine kadar geçici referans değeri olarak belirlenmiştir (WHO 1996).

Ağızdan verilen kromun sindirim kanalından yaklaşık %1'i emilir. Cr⁺⁶ ve Cr⁺³'ün organik bileşikleri daha yüksek oranda emilmektedir. Dokularda +6 değerli krom +3 değerli şekline indirgenir. Vücutta başlıca kas, akciğer, deri ve yağ dokuda birikir (Kaya ve ark 1998). Uluslararası Kanser Araştırmaları Örgütü Cr⁺⁶'yu Grup 1'de (insanlara karsinojenik), metalik krom ve Cr⁺³'ü Grup 3'de (insanlara karsinojenik olarak sınıflandırılmaz) olarak değerlendirmiştir (WHO 1996).

Araştırmacılar 1-5 g. kromat sindiriminin gastrointestinal bozukluklar, iç organ krampları ve sancı gibi ciddi akut etkilere yol açtığını kaydetmişlerdir. Kardiyovasküler şokun ardından ölüm gelişebilir; bazı mesleki incelemelerde, krom bileşiklerine maruz kalan işçilerde kromozomal ayrılmalar gibi yüksek genotoksik etki vakaları tespit edilmiştir (WHO 1996). Kromun muhtemel kronik etkileri; solunum yoluyla alındığında akciğerde tümörler oluşturması ile dalak, kemikler, böbrek ve karaciğerde birikmesidir (Bradshaw ve Powell 2000). Oral yolla verilen Cr⁺⁶'nın ratlarda LD₅₀ değeri 20–250 mg/kg arasında, Cr⁺³'ün 185–615 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir (WHO 1996).

2.3.9. Kurşun (Pb)

Az miktarda vücutta bulunabilecek kurşunun normal büyüme ve sağlık için gerekli olduğu ileri sürülmektedir. Yetersizliği hematopoietik sistemi etkilemekte ve hafif hipokromik anemiye yol açmaktadır. Bunun nedeni, karaciğer ve dalaktaki demir düzeyinin azalmasıdır (Aksoy 2000).

Dünya Sağlık Örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimum kurşun düzeyini 10 µg/L olarak belirlemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda insan vücut ağırlığı için PTWI değeri 25 µg/kg olarak belirlenmiştir. Bu değer %50'sinin içme suyu ile alındığı varsayılarak günlük 0.75 litre su tüketen bebekler için referans değeri 10 µg/L olarak hesaplanmıştır (WHO 1996).

Kurşun çok yönlü etkileri olan bir metaldir ve canlıda özellikle sinir, kan, kas, kapillar damar ve metabolizma zehiri olarak etkir. Bu sistemlerle ilgili pek çok enzim veya biyokimyasal tepkimeyi etkiler ve bunları engeller (Kaya ve Akar 1998). Beyin ve böbrekte kurşunu bağlayan bir proteinin bulunması (A63.000 dalton) kurşunun bu organlardaki toksik etkisini artırır (Aksoy 2000).

Kurşun daha çok kronik zehirlenmeye yol açar ve çocuklar için oldukça tehlikelidir. Çocukların uzun süre az miktarda bile olsa kurşuna maruz kalmaları fiziksel ve psikolojik gelişim düzensizliği ile psikomotor bozukluklara neden olmaktadır. Kurşun genel olarak sinir, hematopoietik ve boşaltım sistemine zarar verir ve zeka gelişimini engeller. Ayrıca genç yaşlarda konsantrasyon ve hafıza bozuklukları, öğrenme güçlükleri ve IQ düşüşü gözlenmektedir (Barton ve ark 2002).

Kurşun az da olsa suda çözünür ve bazı içme sularının kirlenmesine neden olur. Kurşun, içme suyuna kurşun borular kullanılan şebekelerden geçebilir. Sindirim yoluyla organizmaya giren kurşun, midenin asit ortamında ve safra asitlerinin etkisiyle daha toksik bileşiklere dönüşebilmektedir. Büyük çoğunluğu (%90-95) çözünmez bileşikler halinde emilmeden dışkı yoluyla atılır. Çözünür özellikteki kurşun bileşikleri ise bağırsaklardan emilerek karaciğere ulaşır. Karaciğere tekrarlanan yüksek miktarlarda kurşun ulaşırsa (akut ya da kronik zehirlenme) detoksifikasyon olayı tam olarak yapılamayacağı için kurşunun bir kısmı kana geçer ve organizmaya dağılarak zararlı etkilere yol açar. Dolaşımında kurşun büyük ölçüde alyuvarlara (%80-90) ve az bir kısmı da plazma proteinlerine bağlanır. Organizmaya giren kurşun karaciğer, dalak, kemik iliği, böbrekler, kas, MSS ve keratinize yapılarda birikir. Daha sonra buralardan serbest hale geçen kurşun, kalsiyuma bağlanarak kemik dokuda birikir. Kurşun, uzun süre organizmada kalabilen bir maddedir. İçeceklerle alındığı zaman daha çok çözünür formda olduğu için besinlerle alındığından daha toksik olabilmektedir. Bu durum içeceklerden ileri gelen kurşun zehirlenmelerinin daha sık ve kolay olmasının nedenini açıklamaktadır. Çocuklar, kadınlar ve böbrek yetmezliği olanlar kurşuna daha duyarlıdır (Dökmeci 2001).

Kronik kurşun zehirlenmeleri gastrointestinal, nöromuskuler, MSS, hematolojik ve renal bozukluklarla kendini gösterir. Belirtiler ayrı ya da birlikte meydana gelebilir. MSS semptomları genelde çocuklar arasında daha yaygın iken gastrointestinal sendrom yetişkinlerde görülür (Klaassen 2001). Ratlarda uzun süre kurşuna maruz kalma ile renal tümörlerin oluşumu arasında pozitif bir ilişki olduğu bulunmuştur (Goyer 1985). Uluslararası Kanser Araştırmaları Örgütü'ne göre kurşunun insanlarda kanserojenik olduğuna dair deliller yetersizdir (WHO EURO 2001).

Kurşunun kan üzerinde olumsuz etkileri belirtilmiştir. Na,K-ATPaz pompasını ve eritrositlerin membranının yapısını bozarak eritrositlerin yaşam süresini kısaltır. Buna ek olarak kurşun, hemoglobine yüksek oranda bağlanarak hemoglobinin görev yapmasını

engeller. Kurşunun oluşturduğu bu etkiler sonucu anemi oluşur (Dökmeci 2001). Özçelik ve ark (2000) yapmış oldukları çalışmada sıçanlara 4 hafta süreyle içerisinde 20 ppm kurşun olacak şekilde kurşun asetat kattıkları içme suyunu vermeleri sonucunda, içecek ile alınan kurşunun kan kurşun düzeyini arttırdığını, eritrositlerin osmotik direncini ve kan viskozitesini azalttığını tespit etmişlerdir.

2.3.10. Mangane (Mn)

Mangan insan vücudu için gerekli elementlerden biridir. Başlıca bağ ve kemik doku oluşumu, büyüme ve üreme fonksiyonları, karbonhidrat ve lipid metabolizmasıyla ilişkili olan Mn, biyolojik sistemlerde +2 veya +3 değerlikli olarak bulunmaktadır. Manganın metalloenzimlerin bileşeni ve enzim aktivatörü olarak fonksiyonu bulunmaktadır (Belce 2002).

Dünya Sağlık Örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimum mangan düzeyini 500 µg/L olarak belirlemiştir. Mangan başta gelişmiş canlılar olmak üzere, pek çok canlı organizma için esansiyel olan iz elementlerden biridir. Ancak, günlük gereksinmeden fazla miktarda alındığında veya uzun süreli maruz kalındığında yüksek düzeyde zehir etkisi göstererek şiddetli kramplar, tremorlar ve farklı derecelerde hallüsinasyonlarla kendini gösteren zehirlenmelere neden olur (Şanlı 2002). Mangan zehirlenmesinin başlıca belirtileri, MSS'de ve solunum sisteminde (kostik etki) görülür. Davranış bozuklukları, mental gerileme ve ayrıca akut bronşit, pnömoni, baş ağrısı, cilt lezyonları ve karaciğer büyümesi gibi belirtilere yol açabilir (Dökmeci 2001).

Yunanistan'da yapılan bir çalışmada içme suyundaki mangan düzeyi ile yaşlılarda nörolojik belirtiler arasındaki ilişki incelenmiştir. Kontrol alanındaki mangan düzeyi 3.6-14.6 µg/L, deneme bölgelerinde 81-282 µg/L ve 1800-2300 µg/L olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar içme suyundaki mangan düzeyindeki artışların, nörolojik belirtilerle ortaya çıkan kronik mangan zehirlenmesinin yaygınlığında artışa ve yaşlı insanların saçlarında daha yüksek mangan konsantrasyonuna neden olduğu sonucuna varmışlardır (Kondakis ve ark 1989). Diğer bir çalışmada Japonya'nın bir bölgesinde içme suyundaki 0.75 mg/L'lik mangan düzeyi tüketicilerin sağlığında herhangi olumsuz bir etkiye yol açmamıştır. 20 mg/L'ye kadar mangan alımı herhangi bir olumsuz etki göstermemektedir. 60 kg'lık bir yetişkinin her gün vücut ağırlığının 0.2 mg/kg'ı kadar (12 mg/gün) mangan alabileceği bildirilmektedir (WHO 1996).

2.3.11. Nikel (Ni)

Nikel pek çok canlı için gerekli olan iz elementlerden biridir (Şanlı 2002). İnsanların nikel gereksinimlerinin günde 150 µg civarında olduğu belirlenmiştir (Belce 2002). Nikel eksikliğinde karaciğer dehidrogenaz (DH) enzimlerinin azaldığı bilinmektedir. Nikel yetersizliğinin, hepatositlerde; mitokondri ve endoplazmik retikulum üzerinde olumsuz etkisi olduğu bildirilmiştir. Karaciğer lipid içeriğini değiştirmesinden dolayı, lipid metabolizmasında da kısmen yer aldığı sanılmaktadır (Aksoy 2000).

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre belirlenen TDI değerinin %10'unun içme suyu ile alındığı varsayılarak, nikel duyarlı bireyler için yeterli koruma sağlaması gereken referans değer 20 µg/L olarak belirlenmiştir (WHO 1996).

Nikel hemen her türden canlıda yüksek düzeylerde alınma durumunda veya uzun süreli maruziyetlerde zehir etkisi gösterir. Etkilenen hayvanlarda ve insanlarda dermatitler ve solunum sistemi bozukluklarıyla kendini gösteren zehirlenmelere neden olur (Şanlı 2002). Nikel yüzey ve yer altı sularında az miktarlarda (100 ppb'nin altında) bulunur ve içme sularındaki düzeyi 1-200 ppb (ortalama 40 ppb) arasında değişir (Kaya ve ark 1998). Nikel bileşiklerinde en toksik olanı nikel karbonil (Ni[CO]₄)'dir. Kronik nikel karbonil zehirlenmeleri kalp ve karaciğer bozuklukları ve dermatitlere neden olur (Dökmeci 2001).

Akut nikel toksikasyonu nadir görülmektedir ve kaydedilmiş vakaların çoğu nikel karbonile maruz kalmanın bir sonucudur. Yoğun olarak nikel sülfat ve klor (litre başına 1.63 g nikel) bulaşmış sudan yanlışlıkla içen 32 işçiden 20'si birkaç saatte son bulan semptomlar göstermiş, fakat 7 tanesi 1-2 gün devam eden semptomlar (mide bulantısı, kusma, karında sancı, ishal, baş dönmesi, dermansızlık, baş ağrısı, öksürük, nefes darlığı) göstermiştir. Bu semptomlara neden olan nikel dozları 7.1-35.7 mg/kg arasında olduğu tahmin edilmektedir. Zehirlenen bireylerde yüksek düzeyde kan retikulosit, idrar albümini ve serum bilirubini tespit edilmiştir. Bütün işçiler hızla iyileşmiş ve sonradan bir nüks olayı gözlenmemiştir (Sunderman ve ark 1988). Hemodiyaliz esnasında nikel içeren suya maruz kalan 23 hastada benzer semptomlar görülmüştür. Bu hastalarda yaklaşık 3 mg/L plazma nikel konsantrasyonu tespit edilmiştir. Başka bir kazada ise sülfat kristali olarak 2.2-3.3 g nikel yutan 2 yaşındaki bir kız çocuğunun öldüğü kaydedilmiştir (WHO 1996).

Çeşitli nikel bileşiklerinin ve tuzlarının karsinogenik olduğu gösterilmiştir. Nikel karbonilin parenteral verilmesi ratlarda iki ile dört hafta içinde çeşitli tümörler oluşturmuştur. Nikel karbonilin çeşitli enzim aktivitelerini inhibe ettiği ve protein sentezini

engellendiği bildirilmiştir (Aksoy 1984). Oral yolla verilen nikelin fare ve ratlarda LD₅₀ değeri 67–139 mg/kg arasında olduğu bildirilmiştir (WHO 1996).

2.4. İçme suyu standartları

Sağlık Bakanlığı, Türk Standartları Enstitüsü, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü'nce içme sularında Al, Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn metalleri için belirlenen üst sınır değerleri Tablo 2.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Çeşitli kuruluşlara göre içme sularında metaller için üst sınır değerleri (µg/L)

Metal	Sağlık Bakanlığı (Resmi Gazete 2005)	TS – 266 (TSE 1997)	98/83/EC (EC 1998)	WHO (WHO 1996)
Alüminyum (Al)	200	200	200	200
Bakır (Cu)	2000	3000	2000	2000
Baryum (Ba)	-	300	-	700
Çinko (Zn)	-	5000	-	3000
Demir (Fe)	200	200	200	2000
Gümüş (Ag)	-	10	-	100
Kadmiyum (Cd)	5	5	5	3
Krom (Cr)	50	50	50	50
Kurşun (Pb)	10	50	10	10
Mangan (Mn)	50	50	50	500
Nikel (Ni)	20	50	20	20

İnsan vücudu için gerekli olan metallerin Türk Standartları Enstitüsü'nce içme suyunda bulunması önerilen miktarları Tablo 2.5.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.5. İnsan vücudu için gerekli olan metallerin TSE'ye göre içme suyunda bulunması önerilen düzeyleri ($\mu\text{g/L}$)

Metal	TS – 266 (TSE 1997)
Bakır (Cu)	100
Çinko (Zn)	100
Demir (Fe)	50
Mangan (Mn)	20



3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Su numunelerinin toplanması

Su numuneleri, 2004 yılı Haziran ayında Konya iline bağlı 28 ilçe ile il merkezindeki içme suyu sağlayıcılarından (kuyu suları, kaynak suları, arıtma tesisleri) toplam 50 adet temin edilmiştir. Bazı ilçeler içme suyunu tek bir kaynaktan karşılarırken bazıları birden fazla kaynaktan karşılamaktadır. Numunelerin hangi kaynaktan sağlandığı ve alındığı yerler Tablo 3.1.'de gösterilmiştir. Su numuneleri 1:1'lik (v/v) nitrik asit (HNO_3) özeltisinden geçirildikten sonra bidistile su ile yıkanan ve kurutulan renkli cam şişelere alınmıştır (Loon 1985).



Tablo 3.1. Su numunelerinin alındığı kaynaklar

No	Numune Adı	Numunenin Kaynağı – Alındığı Yer
1	AHIRLI	Kuyu Suyu – Kuyu Çıkışı
2	AKÖREN – 1	Çukurçimen Kaynak Suyu – Su Şebekesine Giriş Yeri
3	AKÖREN – 2	Yarımca Su Kuyusu – Kuyu Çıkışı
4	AKŞEHİR	Sultan Dağı Pınarları – Pınarların Beslediği Depo Çıkışı
5	ALTINEKİN	Kuyu Suyu – Kuyu Çıkışı
6	BEYŞEHİR	Beyşehir Gölü – Arıtma Tesisi Çıkışı
7	BOZKIR – 1	Soğuksu Kaynak Suyu – Kaynağın Beslediği Depo Çıkışı
8	BOZKIR – 2	Kuyu Suları – İki Kuyunun Beslediği Depo Çıkışı
9	CİHANBEYLİ	İnsuyu Kaynağı – Kaynağın Beslediği Depo Çıkışı
10	ÇELTİK	Kuyu Suları – İki Kuyunun Beslediği Depo Çıkışı
11	ÇUMRA – 1	Kuyu Suyu (Timraş) - Kuyu Çıkışı
12	ÇUMRA – 2	Kuyu Suyu (DSİ içindeki) - Kuyu Çıkışı
13	ÇUMRA – 3	Kuyu Suyu (DSİ dışındaki) - Kuyu Çıkışı
14	ÇUMRA – 4	Kuyu Suyu (Sırçalı Dalgıç Pompa) - Kuyu Çıkışı
15	ÇUMRA – 5	Kuyu Suyu (Sırçalı Milli Pompa) - Kuyu Çıkışı
16	DERBENT	Güvercinlik, Yağlıpınar ve Üçpınar Kaynak Suları – Kaynakların Beslediği Depo Çıkışı
17	DEREBUCAK	Kozoluk ve Elmapınar Kaynak Suları – Kaynakların Beslediği Depo Çıkışı
18	DOĞANHİSAR - 1	Harlak ve Aksu Kaynak Suları - Kaynakların Beslediği Depo Çıkışı
19	DOĞANHİSAR - 2	İlipınar Kaynak Suyu – Kaynağın Beslediği Depo Çıkışı
20	EMİRGAZİ	Kuyu Suları – İki Kuyunun Beslediği Depo Çıkışı
21	EREĞLİ	İvriz Kaynak Suyu – Su Şebekesine Giriş Yeri
22	GÜNEYSINIR - 1	Dudağaç Kaynak Suyu - Kaynağın Beslediği Depo Çıkışı
23	GÜNEYSINIR - 2	Dudağaç Kaynağı ve Kuyu Suyu – Kaynak ve Kuyunun Birlikte Beslediği Depo Çıkışı
24	GÜNEYSINIR - 3	Kuyu Suyu (Karasınır Kuyusu) – Kuyu Çıkışı
25	HADİM – 1	Çataloluk Kaynak Suyu - Kaynağın Beslediği Depo Çıkışı
26	HADİM – 2	Kozağaç Kaynak Suyu - Kaynağın Beslediği Depo Çıkışı
27	HADİM – 3	Ulupınar Kaynak Suyu - Kaynağın Beslediği Depo Çıkışı
28	HALKAPINAR	İvriz Kaynak Suyu – Su Şebekesine Giriş Yeri

Tablo 3.1.'in devamı

No	Numune Adı	Numunenin Kaynağı – Alındığı Yer
29	HÜYÜK – 1	Cazibe İle Gelen Su – Su Şebekesine Giriş Yeri
30	HÜYÜK – 2	Kuyu Suyu (Mavaş Kuyusu) - Kuyu Çıkışı
31	HÜYÜK – 3	Kuyu Suyu (Zıvarık Kuyusu) - Kuyu Çıkışı
32	ILGIN – 1	Kuyu Suyu (27 Nolu Su Kuyusu) - Kuyu Çıkışı
33	ILGIN – 2	Kuyu Suyu (14 Nolu Su Kuyusu) - Kuyu Çıkışı
34	KADINHANI	Dellal, Alabağ ve Soğukpınar Kaynak Suları – Kaynakların Beslediği Depo Çıkışı
35	KARAPINAR	Kuyu Suları (Andıklık Mevkii) – Arıtma Tesisi Çıkışı
36	KULU – 1	Kuyu Suları (Gökmere Mevkii Gidiş Yönüne Göre Yolun Sağındaki Kuyular) – İki Kuyunun Beslediği Depo Çıkışı
37	KULU – 2	Kuyu Suları (Gökmere Mevkii Gidiş Yönüne Göre Yolun Solundaki Kuyular) – İki Kuyunun Beslediği Depo Çıkışı
38	SARAYÖNÜ	Kuyu Suyu (Bakırpınar Mevkii) – Kuyu Çıkışı
39	SEYDİŞEHİR	Kuğulu Kaynak Suyu - Su Şebekesine Giriş Yeri
40	TAŞKENT	Sülünen Kaynak Suyu - Su Şebekesine Giriş Yeri
41	TUZLUKÇU	Kuyu Suları (Menneközü Mevkii) - İki Kuyunun Beslediği Depo Çıkışı
42	YALIHÜYÜK	Yayla Suyu ve Kuyu Suyu – Kaynak ve Kuyunun Birlikte Beslediği Depo Çıkışı
43	YUNAK - 1	Cazibe İle Gelen Su – Su Şebekesine Giriş Yeri
44	YUNAK - 2	Kuyu Suları – Su Şebekesine Giriş Yeri
45	KONYA MERKEZ –1	Altınapa Baraj Suyu – Arıtma Tesisi Çıkışı
46	KONYA MERKEZ –2	Mukbil Tatlı Su Kaynağı – Kaynak Çıkışı
47	KONYA MERKEZ –3	Dutlukırı ve Kırankaya Tatlı Su Kaynakları – Kaynakların Beslediği Depo Çıkışı
48	KONYA MERKEZ –4	Beypınarı Tatlı Su Kaynağı – Kaynak Çıkışı
49	KONYA MERKEZ –5	Çayırbağı Tatlı Su Kaynağı – Kaynak Çıkışı
50	KONYA MERKEZ –6	Kuyu Suyu – Kampüs

3.1.2. Malzemeler ve cihazlar

3.1.2.1. Malzemeler

- Cam şişeler; plastik iç ve dış kapaklı, renkli, 300 ml'lik (Şişe Cam).
- Nitrik asit (HNO₃; Merck; No: 443)
- Bidistile su
- Filtre kağıdı (Schleicher & Schuell; Ø 125 mm, Ref. No. 300211)
- Argon gazı (Yüksek Safılıkta; Karbogaz)

3.1.2.2. Cihazlar

- ICP–AES (Inductively Coupled Plasma–Atomic Emission Spektrometer; VISTA AX CCD Simultaneous Model; VARIAN, Australia)
- Buzdolabı (AEG)

3.1.2.3. Su numunelerinin analize hazır hale getirilmesi

- Su numuneleri renkli, kullanılmamış cam şişelerle toplandı.
- Su numunelerinin alınacağı cam şişeler ile plastik iç ve dış kapakları 1:1'lik nitrik asit (HNO₃) çözeltisinden (v/v) geçirildi. Daha sonra cam şişeler ve kapakları bidistile su ile yıkandı (Loon 1985). Şişeler kurduktan sonra kapakları kapatılarak kullanıldı. Nitrik asit (HNO₃) ve bidistile su Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji–Toksikoloji Anabilim Dalı Farmakoloji Laboratuvarı'ndan temin edildi.
- Su numuneleri toplandıktan sonra Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji–Toksikoloji Anabilim Dalı Toksikoloji Laboratuvarı'nda bulunan buzdolabında (+4° C) analiz yapıncaya kadar saklandı (Fifield ve Haines 1995).
- Su numuneleri analiz öncesinde Ø 125 mm'lik filtre kağıdından (Schleicher & Schuell, Ø 125 mm, Ref. No. 300211) süzüldü.

3.2. Metot

Su numunelerinde metal analizleri Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarı'nda bulunan ICP–AES (Inductively Coupled Plasma–Atomic Emission Spektrometer) cihazı ile yapılmıştır (Ewing 1985, Loon 1985, Fifield ve Haines 1995, WHO 1996, Skoog ve ark 1998, Australian Drinking Water Guidelines 2002). ICP cihazında yüksek saflıkta argon gazı kullanılmıştır. Cihazın ölçüm hassasiyeti 0.1 µg/L'dir.

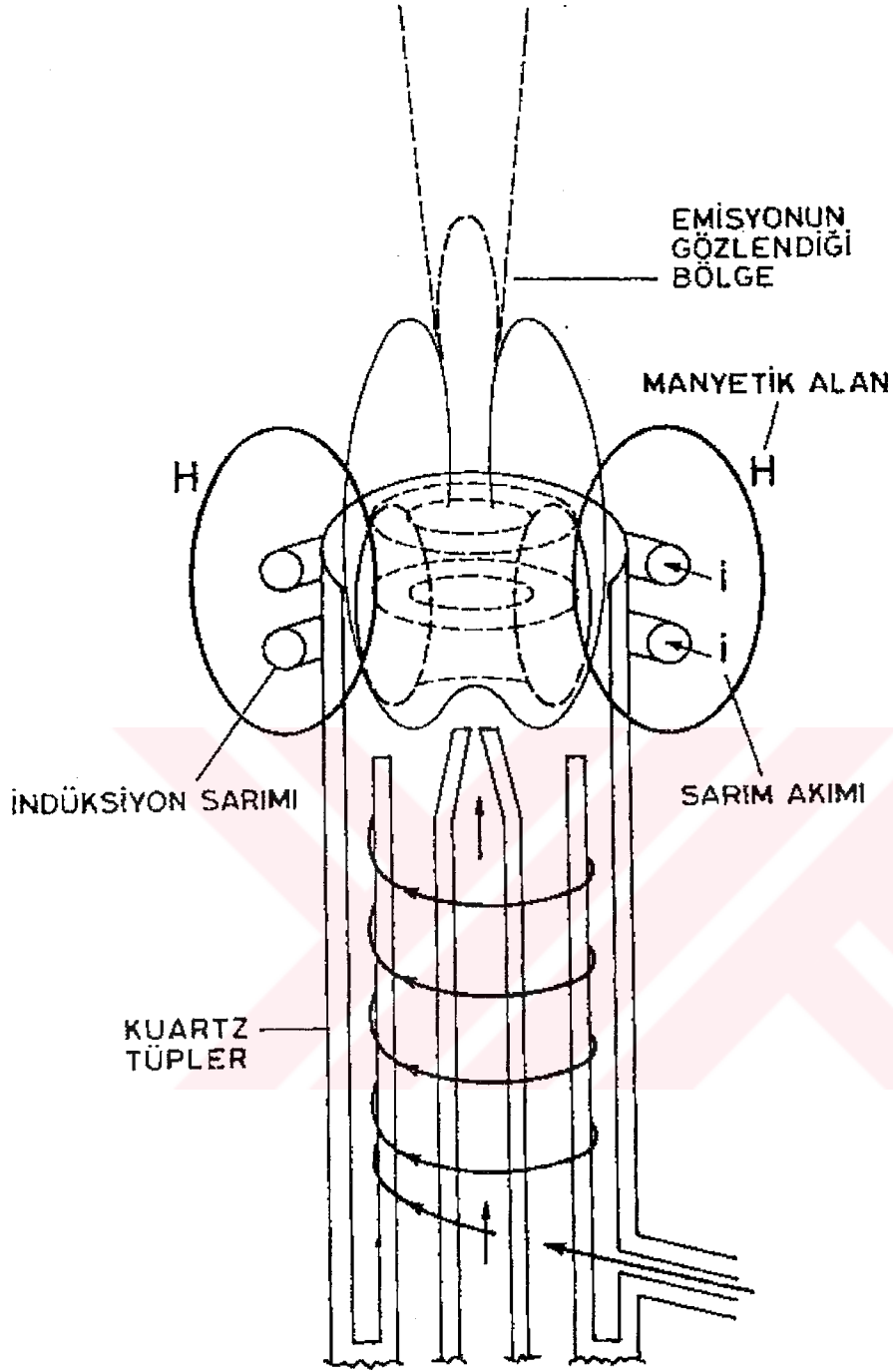
3.2.1. ICP–AES (İndüktif Eşleşmiş Plazma–Atomik Emisyon Spektroskopisi)

Uyarılmış enerji düzeyine çıkarılan atomların ve tek atomlu iyonların daha düşük enerjili düzeylere geçişlerinde yaydıkları ultraviyole ve görünür bölge ışınmasının ölçülmesi, atomik spektroskopî yönteminin temelini oluşturur. Atomik emisyon spektroskopisi, uyarmayı sağlayan enerji kaynağının türüne göre sınıflandırılır. Analiz örneğini atomlaştırmak ve uyararak için alevin kullanıldığı yöntem, alev emisyon spektroskopisi adını alır. Atomlaştırmanın ve uyarmanın elektriksel boşalım veya plazma gibi bir enerji kaynağı ile gerçekleştirildiği yöntem ise atomik emisyon spektroskopisi (AES) veya optik emisyon spektroskopisi (OES) olarak adlandırılır. Atomik emisyon spektroskopisinde atomlaştırmak kaynağı olarak indüktif eşleşmiş plazma kullanılan yöntemde indüktif eşleşmiş plazma–atomik emisyon spektroskopisi (ICP–AES) denir. Çeşitli elementler için alev emisyon spektroskopisi ve atomik emisyon spektroskopilerinde (elektrik boşalım, plazma) elde edilen gözlenebilir sınırları Tablo 3.2.'de verilmiştir (Yıldız ve Genç 1993).

Tablo 3.2. Çeşitli elementler için alev emisyon spektroskopisi ve atomik emisyon spektroskopilerinde (elektrik boşalımı, plazma) elde edilebilen gözlenebilir sınırları ($\mu\text{g/L}$)

Element	Alev emisyon spektroskopisi	Atomik emisyon spektroskopisi	
		Elektrik boşalımı	Plazma
Ag	20	0.6	4
Al	50	50	0.08
Ba	20	5	0.01
Cd	1000	20	0.2
Cr	50	10	0.8
Fe	500	10	0.09
Mn	10	3	0.02
Ni	50	20	0.1
Pb	100	5	1
Zn	500	10	0.01

Atomik emisyon spektroskopisinde elektrik boşalımına dayanan atomlaştırma, uyarma kaynakları, son yıllarda yerini plazmalara bırakmıştır. En çok kullanılan plazma türü, ICP (İndüktif Eşleşmiş Plazma)'dir. Plazma, gaz halindeki iyon akımı olarak tanımlanabilir. Kolay iyonlaştırılabilmesi ve inert olması nedeniyle, ICP tekniğindeki plazma, argon gazı ile oluşturulur. Çeşitli yöntemlerle plazma oluşturmak mümkün olmakla beraber bu yöntemde elektromanyetik olarak, argon gazının indüksiyon sarımlarında bir radyofrekans (rf) jeneratörü ile etkileştirilmesiyle elde edilir. Bu sistemin çalışması Şekil 1'de şematize edilmiştir (Yıldız ve Genç 1993).



Şekil 3.1. İndüktif eşleşmiş plazma (ICP; Yıldız ve Genç 1993).

Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi, numune çözeltisi argon gazı ile birlikte silindirik bir kuartz tüp içinden plazmaya doğru pompalanır. Çapı bu silindirik tüpten biraz daha büyük olan ikinci bir kuartz silindirin içinden ise, plazmayı oluşturacak argon gazı geçer. Dış silindirin uç kısmına değişik sayıda indüksiyon sarımı sarılır ve bu sarımlar bir radyofrekans jeneratörüne bağlanır. Dıştaki silindirin ucunda, radyofrekans jeneratöründen

gelen ve indüksiyon sarımlarından geçen akım nedeniyle bir elektromanyetik alan oluşur. Radyofrekans jeneratörünün frekansı, 3–75 MHz arasında değişmekle beraber, ticari ICP–atomik emisyon spektrometrelerinde frekans, 27 MHz’lik sabit bir değerde tutulur. Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması, bir elektron kaynağı (Tesla boşalımı) ile sağlanır ve elektronlar, indüksiyon sarımının oluşturduğu manyetik alanda hızlanarak, argon atomlarıyla çarpışırlar ve argon iyonları ile daha fazla sayıda elektronun oluşmasını sağlarlar. Bu sürecin sürekli olarak tekrarlanmasıyla, ortamdaki argon iyonu ve elektron sayısının artması sonucu oluşan plazma, manyetik alanda enerji absorbe ederek 6000–10000 Kelvin arasında değişen bir sıcaklığa ulaşır. Plazmanın manyetik alanda enerji absorbe etmesi, elektrik transformatörlerinde, birincil sarımdan ikincil sarıma enerji aktarımına benzer bir süreçtir. Bu plazmanın içine giren örnek çözeltisi, atomlaşır ve uyarılır (Yıldız ve Genç 1993).



4. BULGULAR

Su numunelerinde gerçekleřtirilen metal analizleri sonucunda bulunan değerler Tablo 4.1., 4.2. ve 4.3.'de gösterilmiştir. Tablo 4.1.'de Al, Ag, Ba, Cd, Tablo 4.2.'de Cr, Cu, Fe, Mn, Tablo 4.3.'de Ni, Pb ve Zn için bulunan değerler gösterilmiştir.

Ahırlı, Akören – 1, Akören – 2, Akşehir, Cihanbeyli, Emirgazi, Ereğli, Hadim – 1, Hadim – 2, Hyk – 1, Ilgın – 1, Kulu – 1, Seydişehir, Yalıhtyk, Konya Merkez – 2, Konya Merkez – 4 ve Konya Merkez – 6 numunelerindeki kurşun düzeyi Sağlık Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık rgt'nce belirlenen üst sınır değerin (10 $\mu\text{g/L}$) zerinde değerler bulunmuştur.



Tablo 4.1. Analiz sonuçları (Ag, Al, Ba, Cd)

No	Numune Adı	Ag (µg/L)	Al (µg/L)	Ba (µg/L)	Cd (µg/L)
1	AHIRLI	0.00	11.66	0.00	0.60
2	AKÖREN - 1	0.00	22.00	40.09	0.88
3	AKÖREN - 2	0.00	30.84	117.67	0.78
4	AKŞEHİR	0.00	33.11	0.00	1.34
5	ALTINEKİN	0.00	20.16	0.00	0.77
6	BEYŞEHİR	0.00	41.25	0.00	0.69
7	BOZKIR - 1	0.00	14.67	0.00	0.97
8	BOZKIR - 2	0.00	11.35	0.00	0.65
9	CİHANBEYLİ	0.00	13.30	0.00	0.87
10	ÇELTİK	0.00	26.52	0.00	1.10
11	ÇUMRA - 1	0.00	13.23	0.00	0.70
12	ÇUMRA - 2	0.00	15.16	0.00	1.42
13	ÇUMRA - 3	0.00	14.95	25.90	1.10
14	ÇUMRA - 4	0.00	17.02	0.00	0.93
15	ÇUMRA - 5	0.00	32.19	0.00	1.15
16	DERBENT	0.00	12.76	0.00	0.53
17	DEREBUCAK	0.00	30.81	0.00	0.65
18	DOĞANHİSAR - 1	0.00	29.56	0.00	0.71
19	DOĞANHİSAR - 2	0.00	16.03	0.00	1.01
20	EMİRGAZİ	0.00	13.84	12.30	1.19
21	EREĞLİ	0.00	35.80	0.00	0.78
22	GÜNEYSINIR - 1	0.00	10.38	40.97	0.29
23	GÜNEYSINIR - 2	0.00	33.37	0.00	0.85
24	GÜNEYSINIR - 3	0.00	13.91	0.00	0.25
25	HADİM - 1	0.00	15.78	0.00	0.59
26	HADİM - 2	0.00	39.32	0.00	1.25
27	HADİM - 3	0.00	28.64	0.00	0.57
28	HALKAPINAR	0.00	37.38	0.00	0.54
29	HÜYÜK - 1	0.00	33.11	0.00	1.04
30	HÜYÜK - 2	0.00	15.66	135.07	0.66

Tablo 4.1.'in devamı

No	Numune Adı	Ag (µg/L)	Al (µg/L)	Ba (µg/L)	Cd (µg/L)
31	HÜYÜK – 3	0.00	9.18	91.26	0.46
32	ILGIN – 1	0.00	21.22	45.75	1.21
33	ILGIN – 2	0.00	26.02	46.81	0.87
34	KADINHANI	0.00	25.58	0.00	0.70
35	KARAPINAR	0.00	34.59	0.00	0.50
36	KULU – 1	0.00	10.62	0.00	0.26
37	KULU – 2	0.00	15.00	0.00	0.63
38	SARAYÖNÜ	0.00	25.27	0.00	0.73
39	SEYDİŞEHİR	0.00	8.31	0.00	0.35
40	TAŞKENT	0.00	20.20	0.00	0.88
41	TUZLUKÇU	0.00	11.62	116.04	0.78
42	YALIHÜYÜK	0.00	35.19	0.00	0.91
43	YUNAK – 1	0.00	24.27	0.00	0.26
44	YUNAK – 2	0.00	25.04	0.00	0.65
45	KONYA MERKEZ – 1	0.00	15.24	0.00	0.78
46	KONYA MERKEZ – 2	0.00	7.99	0.00	0.76
47	KONYA MERKEZ – 3	0.00	24.98	0.00	0.71
48	KONYA MERKEZ – 4	0.00	22.08	0.00	0.25
49	KONYA MERKEZ – 5	0.00	6.24	0.00	1.00
50	KONYA MERKEZ – 6	0.00	26.45	0.00	1.23

Tablo 4.2. Analiz sonuçları (Cr, Cu, Fe, Mn)

No	Numune Adı	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)
1	AHIRLI	1.94	2.85	0.88	1.15
2	AKÖREN – 1	1.72	4.28	15.37	1.10
3	AKÖREN – 2	3.62	6.05	18.54	1.01
4	AKŞEHİR	1.67	6.38	23.04	1.17
5	ALTINEKİN	2.80	1.28	0.86	1.06
6	BEYŞEHİR	1.91	6.49	16.87	2.91
7	BOZKIR – 1	2.10	2.69	6.67	1.11
8	BOZKIR – 2	2.90	1.52	6.28	1.17
9	CİHANBEYLİ	9.04	6.09	0.27	1.37
10	ÇELTİK	1.90	3.15	6.53	1.07
11	ÇUMRA – 1	2.05	1.37	4.03	1.06
12	ÇUMRA – 2	2.48	0.47	5.68	0.82
13	ÇUMRA – 3	2.22	2.05	6.83	0.93
14	ÇUMRA – 4	2.23	1.12	8.34	1.16
15	ÇUMRA – 5	2.40	5.69	23.87	1.16
16	DERBENT	1.03	0.29	0.00	0.99
17	DEREBUCAK	2.01	4.80	20.60	1.13
18	DOĞANHİSAR – 1	1.21	4.19	18.04	1.00
19	DOĞANHİSAR – 2	1.86	2.90	0.00	1.21
20	EMİRGAZİ	1.12	0.75	10.26	6.13
21	EREĞLİ	1.67	6.93	23.32	1.43
22	GÜNEYSINIR – 1	1.73	1.83	4.22	0.99
23	GÜNEYSINIR – 2	2.87	4.37	22.80	1.40
24	GÜNEYSINIR – 3	3.06	1.40	2.99	1.09
25	HADİM – 1	1.77	3.17	4.29	0.94
26	HADİM – 2	2.19	7.92	21.90	1.34
27	HADİM – 3	1.83	5.10	19.67	1.01
28	HALKAPINAR	1.79	7.94	25.42	1.27
29	HÜYÜK – 1	1.86	6.34	25.95	1.55
30	HÜYÜK – 2	1.30	0.38	0.00	2.08

Tablo 4.2.'nin devamı

No	Numune Adı	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)
31	HÜYÜK – 3	0.76	1.67	0.00	0.88
32	ILGIN – 1	3.49	4.33	8.27	1.01
33	ILGIN – 2	3.87	6.99	12.22	1.02
34	KADINHANI	2.41	7.55	12.18	1.20
35	KARAPINAR	2.10	5.75	30.03	23.81
36	KULU – 1	5.70	1.21	1.54	1.28
37	KULU – 2	6.96	2.01	5.60	2.11
38	SARAYÖNÜ	1.83	5.18	18.87	0.91
39	SEYDİŞEHİR	1.68	0.58	0.00	0.91
40	TAŞKENT	1.85	1.84	9.13	0.93
41	TUZLUKÇU	5.64	0.88	0.00	0.87
42	YALIHÜYÜK	1.59	6.54	26.55	2.44
43	YUNAK – 1	6.77	6.89	10.19	1.17
44	YUNAK – 2	20.71	5.17	12.71	1.14
45	KONYA MERKEZ – 1	1.85	3.01	5.89	1.15
46	KONYA MERKEZ – 2	3.49	1.34	9.56	1.09
47	KONYA MERKEZ – 3	3.78	5.44	20.66	1.32
48	KONYA MERKEZ – 4	3.77	4.23	24.84	1.20
49	KONYA MERKEZ – 5	4.32	0.75	0.68	1.01
50	KONYA MERKEZ – 6	1.93	4.08	20.28	7.60

Tablo 4.3. Analiz sonuçları (Ni, Pb, Zn)

No	Numune Adı	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
1	AHIRLI	0.00	11.44	12.26
2	AKÖREN - 1	0.00	10.73	13.86
3	AKÖREN - 2	0.52	11.16	12.54
4	AKŞEHİR	0.00	11.61	7.63
5	ALTINEKİN	0.00	6.92	32.08
6	BEYŞEHİR	15.20	10.44	10.69
7	BOZKIR - 1	3.46	6.97	10.44
8	BOZKIR - 2	0.61	7.08	5.72
9	ÇİHANBEYLİ	1.44	10.86	23.10
10	ÇELTİK	0.31	6.53	10.93
11	ÇUMRA - 1	0.44	3.79	21.29
12	ÇUMRA - 2	0.00	5.14	4.60
13	ÇUMRA - 3	0.00	4.71	6.66
14	ÇUMRA - 4	0.00	7.05	6.37
15	ÇUMRA - 5	0.45	8.13	8.38
16	DERBENT	0.00	6.40	4.89
17	DEREBUCAK	0.00	8.92	7.10
18	DOĞANHİSAR - 1	0.00	5.76	6.53
19	DOĞANHİSAR - 2	0.18	5.69	10.15
20	EMİRGAZİ	0.00	10.72	0.00
21	EREĞLİ	0.00	14.40	11.13
22	GÜNEYSINIR - 1	0.01	6.11	6.33
23	GÜNEYSINIR - 2	0.00	8.93	4.11
24	GÜNEYSINIR - 3	0.00	4.71	6.25
25	HADİM - 1	0.55	10.74	36.59
26	HADİM - 2	0.00	20.78	11.18
27	HADİM - 3	0.00	10.21	7.37
28	HALKAPINAR	0.04	9.12	10.89
29	HÜYÜK - 1	0.00	15.39	17.02
30	HÜYÜK - 2	0.00	3.59	7.50

Tablo 4.3.'ün devamı .

No	Numune Adı	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
31	HÜYÜK – 3	0.13	10.34	10.26
32	ILGIN – 1	0.50	11.45	5.59
33	ILGIN – 2	0.93	9.95	9.34
34	KADINHANI	0.00	5.09	4.15
35	KARAPINAR	0.00	9.83	29.94
36	KULU – 1	0.00	11.49	5.00
37	KULU – 2	0.00	9.81	2.76
38	SARAYÖNÜ	0.00	4.00	6.02
39	SEYDİŞEHİR	0.00	25.24	6.50
40	TAŞKENT	0.00	6.76	24.69
41	TUZLUKÇU	0.00	8.89	8.77
42	YALIHÜYÜK	0.00	12.22	11.76
43	YUNAK – 1	0.43	6.79	13.95
44	YUNAK – 2	1.42	7.81	20.06
45	KONYA MERKEZ – 1	0.83	5.89	0.70
46	KONYA MERKEZ – 2	0.00	12.33	1.03
47	KONYA MERKEZ – 3	0.59	10.15	8.97
48	KONYA MERKEZ – 4	0.09	13.97	2.31
49	KONYA MERKEZ – 5	0.31	3.07	24.13
50	KONYA MERKEZ – 6	0.06	13.57	1135.55

Not: Kurşun (Pb) sütununda **koyu** yazılan değerler Sağlık Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü'nce belirlenen üst sınır değerinin üzerindedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Günümüzde hızlı nüfus artışı ve sanayideki gelişmeler çevre kirliliğini önemli oranda artırmıştır. Bu hızlı artışın nüfus boyutu temiz su kullanımının ve artık maddelerin artmasına, sanayi boyutu ise çevrenin tüm elemanlarının (toprak, hava, su) daha fazla kirlenmesine neden olmaktadır. Şüphesiz nüfus ve sanayideki bu hızlı artış dünyadaki su sistemlerini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla günümüzde su kirliliğinin kontrolü daha da önemli hale gelmiştir. Sulardaki metal kirliliği su kaynağının bulunduğu yerin jeolojik yapısından kaynaklanabileceği gibi o bölgedeki sanayi faaliyetleriyle de oluşabilir. Metallerin bir çoğu canlı organizmalarda toksik etkiler oluşturmaktadır. Bu nedenle sulardaki metal düzeylerinin belli aralıklarla ölçülmesi önemli ve zorunlu hale gelmiştir.

Günümüzde içme suyu analizlerinin yapılmasında yerel yönetimlerin yeterince hassas ve bilinçli olmadığı görülmektedir. İlçelerde sağlık ocakları tarafından düzenli olarak alınan numunelerde mikrobiyolojik analizler yaptırılarak takip edilmektedir. Ancak içme sularındaki elementlerin analizleri ihmal edilmektedir. Çalışma sırasında numune toplamak amacıyla gidilen ilçe belediyelerinde geçmişte yaptırılmış analiz sonuçlarının bulunmadığı görülmüştür. Aynı durumun tüm belde belediyeleri için de geçerli olduğu bilinmektedir.

5.1. Kullanılan metodun (ICP-AES) değerlendirilmesi

AOAC (2000) içme sularındaki Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, ve Zn metallerinin analizlerinin AAS (Atomic Absorption Spectrophotometric) metodu ile yapılmasını uygun görmektedir. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar ICP-AES'nin AAS'ye göre bazı üstünlükleri olduğunu ortaya koymuştur (Yıldız ve Genç 1993). Bunlar;

- Elde edilebilen yüksek sıcaklık nedeniyle, çok karalı bileşikler bile, plazma sıcaklığında atomlarına ayrışır.
- Alevin kullanıldığı absorpsiyon ve emisyon spektroskopisi yöntemlerinde, oksijenin yüksek kısmi basıncı nedeniyle, toprak alkali metalleri, nadir toprak elementleri ve bor, silisyum oksit ve hidroksit radikaller oluşturan elementlerin analizinde duyarlılık düşüktür. Fakat argon gazı ile oluşturulan plazmada bu elementlerin atomlaştırılmasında böyle bir sorun yoktur.
- Plazmadaki yüksek elektron yoğunluğu, iyonlaşmayı büyük ölçüde engeller. Alev ve diğer atomlaştırıcılarda analiz elementinin iyonlaşması, önemli bir

engelleme türüdür, çünkü iyonlaşan atomların emisyon ve absorpsiyon yaptıkları dalgaboyu değerleri, nötral haldeki atomların emisyon ve absorpsiyon dalgaboyu değerlerinden farklıdır.

- Atomlaştırma ve uyarma işlemlerinin inert bir kimyasal çevrede gerçekleşir.
- Atomik absorpsiyon yönteminde, spektrofotometrenin optimum koşullara ayarlanmasından sonra, örnekte bulunan tek bir elementin analizi yapılabilir. Atomik emisyon yöntemi ile aynı anda analizi mümkün olan tüm elementlerin nitel ve nicel tayinleri yapılabilir.

Yaklaşık 20 yıldır kullanılan plazma emisyon spektroskopisi metallerin nicel analizlerinde popüler bir teknik olmuş ve atomik absorpsiyonun yerine geçmiştir (Ewing 1985).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda kuyu sularından toplanan numunelerde (Öztürk 2003), nehir ve deniz sularından toplanan numunelerde (Li ve ark 1996, Casper ve ark 2004), yüzey sularından toplanan numunelerde (Lekkas ve ark 2004) ve şişelenmiş içme sularında (Misund ve ark 1999) metal analizlerinin yapılmasında ICP–AES metodu tercih edilmiştir.

Öte yandan şalgam suyunda (Şahin 2001) ve ratlardaki farklı dokularda (Ateş 2002) yapılan metal analizlerinde de ICP–AES metodu kullanılmıştır.

5.2. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Bu çalışmada, Konya il merkezi ve ilçelerinden 50 adet içme suyu numunesi alınmıştır. Alınan numunelerde alüminyum (Al), bakır (Cu), baryum (Ba), çinko (Zn), demir (Fe), gümüş (Ag), kadmiyum (Cd), krom (Cr), kurşun (Pb), mangan (Mn) ve nikel (Ni) metallerinin düzeyleri belirlenmiştir.

Tablo 2.4.'de içme suları için çeşitli kuruluşlar tarafından belirlenen üst sınır değerleri verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde, kuruluşlar arasında izin verilen düzeyler arasında önemsiz farklılıklar görülmektedir. Bunun nedeninin günlük kabul edilebilir metal alımı ile ilgili yapılan deneysel çalışmaların sonuçlarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu standart değerler bilimsel veriler ışığında yıllar içerisinde yenilenmektedir. Örneğin TSE 1986 yılında belirlediği düzeyleri 1997 yılında yenilemiştir. Son olarak da T.C. Sağlık Bakanlığı 1997 yılında belirlediği düzeyleri 17 Şubat 2005 gün

ve 25730 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan yönetmelikle yenileyerek Avrupa Birliğince belirlenen düzeyleri kabul etmiştir.

Tablo 4.1., 4.2. ve 4.3.’de analiz sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlar Tablo 2.4.’de içme suları için verilen üst sınır değerleri ile karşılaştırılarak üst sınır değerleri aşan numuneler için Tablo 5.1. oluşturulmuştur.

Tablo 5.1. Analiz sonuçlarına göre kuruluşlar tarafından belirlenen üst sınır değerleri aşan numuneler ($\mu\text{g/L}$)

Numune Adı	Metal	Analiz Sonucu	Üst Sınır Değerleri	
			TSE	Sağlık Bakanlığı, AB, WHO
AHIRLI	Kurşun (Pb)	11.44	50	10
AKÖREN – 1	Kurşun (Pb)	10.73	50	10
AKÖREN – 2	Kurşun (Pb)	11.16	50	10
AKŞEHİR	Kurşun (Pb)	11.61	50	10
CİHANBEYLİ	Kurşun (Pb)	10.86	50	10
EMİRGAZİ	Kurşun (Pb)	10.72	50	10
EREĞLİ	Kurşun (Pb)	14.40	50	10
HADİM – 1	Kurşun (Pb)	10.74	50	10
HADİM – 2	Kurşun (Pb)	20.78	50	10
HÜYÜK – 1	Kurşun (Pb)	15.39	50	10
ILGIN – 1	Kurşun (Pb)	11.45	50	10
KULU – 1	Kurşun (Pb)	11.49	50	10
SEYDİŞEHİR	Kurşun (Pb)	25.24	50	10
YALIHÜYÜK	Kurşun (Pb)	12.22	50	10
KONYA MERKEZ – 2	Kurşun (Pb)	12.33	50	10
KONYA MERKEZ – 4	Kurşun (Pb)	13.97	50	10
KONYA MERKEZ – 6	Kurşun (Pb)	13.57	50	10

Yapılan analizler sonucunda alüminyum (Al), bakır (Cu), baryum (Ba), çinko (Zn), demir (Fe), gümüş (Ag), kadmiyum (Cd), krom (Cr), mangan (Mn) ve nikel (Ni) değerlerinin Sağlık Bakanlığı, Türk Standartları Enstitüsü, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık

Örgütü'nün belirlediği üst sınır değerlerin altında olduğu belirlendi. Bazı kaynaklardaki kurşun (Pb) düzeylerinin ise Türk Standartları Enstitüsünce belirlenen üst sınır değeri (50 µg/L) aşmadığı, ancak Sağlık Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği üst sınır değer (10 µg/L) üzerinde olduğu görüldü (WHO 1996, Resmi Gazete 2005, TSE 1997, EC 1998).

Bu çalışmada Konya ve ilçelerinden toplanan 50 adet su numunesinde yapılan metal analizlerinde bazı kaynaklarda elde edilen kurşun düzeyleri dışındaki metallerin (Ag, Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn) düzeylerinin ilgili kuruluşlar tarafından izin verilen üst sınır değerlerin altında çıkması halk sağlığı açısından olumlu ve sevindirici bir durumdur. Ancak bu tür analizlerin belli aralıklarla yapılması, kaynakların yıllara ve mevsimlere göre değişimler göstermesi açısından uygun görülmektedir. Bu ölçümlerin özellikle üst sınır değeri geçmemiş, fakat sınıra yakın değerler için önemli olacağı düşünülmektedir.

Yapılan analizler sonucunda insan vücudu için gerekli olan bakır (Cu), çinko (Zn), demir (Fe) ve mangan (Mn) düzeylerinin Tablo 2.5.'de gösterilen TSE tarafından bulunması önerilen değerlerin altında olduğu görülmektedir. Sadece Konya Merkez-6 numunesinde çinko (Zn) düzeyi (1135.55 µg/L) ve Karapınar numunesinde mangan (Mn) düzeyi (23.81 µg/L) bulunması önerilen miktarı karşılamaktadır (TSE 1997). İçme sularında bulunması istenen bu metallerin diğer besinlerle de alınması mümkündür.

5.3. Kurşun düzeylerinin değerlendirilmesi

Kurşun çok yönlü etkileri olan zehirli bir metaldir. Kronik kurşun zehirlenmeleri gastrointestinal, nöromuskuler, MSS, hematolojik ve renal bozukluklarla kendini gösterir. Bu sistemlerle ilgili pek çok enzim veya biyokimyasal tepkimeyi etkiler ve bunları engeller. Kurşun, uzun süre organizmada kalabilen bir metaldir. Çocuklar kurşuna daha duyarlıdır. Çocukların uzun süre az miktarda kurşuna maruz kalmaları fiziksel ve psikolojik gelişim düzensizliği ile psikomotor bozukluklara neden olmaktadır. Ayrıca genç yaşlarda konsantrasyon ve hafıza bozuklukları, öğrenme güçlükleri ve IQ düşüşü gözlemlendiği bildirilmiştir. Kurşunun insan vücudunda yarılanma ömrü 1460 (4 yıl) gün'dür (Gündüz 1994, Kaya ve Akar 1998, Dökmeci 2001, Klaassen 2001, Barton ve ark 2002).

Genter ve Zaslou (1995)'a göre içme sularına ters osmoz yöntemi ile filtrasyon uygulanarak kurşun düzeyleri azaltılabilir.

Kurşunun kümülatif bir zehir olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle vücutta biriken toplam kurşun miktarındaki artışın engellenmesi gerekmektedir. Bu gerçeği göz önüne alarak FAO/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA) 1986'da, bebek ve çocuklar için vücut ağırlığının kg'ı başına 25 µg PTWI (3.5 µg/kg/gün) değerini belirlemiştir. PTWI değeri, çocuklarda ortalama 3-4 µg/kg/gün kadar kurşun alımının kandaki kurşun düzeyinde etkili olmadığı, ancak 5 µg/kg/gün veya daha fazlasının alımı kurşunun alıkonmasına sebep olduğunu gösteren metabolik çalışmalara dayandırılmıştır. Bu PTWI değeri JECFA tarafından 1993'te tekrar doğrulanmış ve bütün yaş gruplarına genişletilmiştir (WHO 1996).

FAO/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA) tarafından belirlenen PTWI kurşun değerinin %50'si içme suyu ile alındığı düşünüldüğünde 5 kg ağırlığında, biberonla beslenen bir bebeğin günlük 0.75 litre su tükettiği varsayımına göre 10 µg/L referans kurşun değerine ulaşılır. Bebekler halk sağlığı açısından nüfusun en hassas alt grubu olarak düşünüldüğünden, bu referans değer diğer yaş grupları için de koruyucu olacaktır (WHO 1996). Tablo 5.2.'de bebeklerin günlük ortalama su ihtiyaç değerleri verilmiştir.

Tablo 5.2. Bebeklerin günlük ortalama su ihtiyaç değerleri (Köksal 2001)

Yaş	Vücut Ağırlığı (kg)	Kilo Başına İhtiyaç (mL)	Toplam Günlük Su İhtiyacı (mL)
3 günlük	3.0	80–100	250–300
10 günlük	3.2	125–150	400–500
3 aylık	5.4	140–160	750–850
6 aylık	7.3	130–155	950–1100
9 aylık	8.6	125–145	1100–1250
12 aylık	9.5	120–135	1150–1300

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre çocuklarda ortalama 5 µg/kg/gün veya daha fazla kurşun alımı vücutta kurşunun alıkonmasına ve sağlık açısından olumsuz etkilerin oluşmasına neden olabilmektedir. Öte yandan, 3.5–4 µg/kg/gün düzeyindeki kurşun alımı kandaki ve vücuttaki kurşun miktarını değiştirmemektedir. Dolayısıyla günlük kabul edilebilir kurşun alım miktarı 4.5 µg/kg/gün kabul edilirse şu hesaplamaların yapılması mümkündür:

Tablo 5.3. Bebekler için içme suları ile alınabilecek kurşun düzeyinin teorik olarak hesaplanması

Kabul edilebilir günlük kurşun alım miktarı	4.5 µg/kg
Günlük alımın %50'si içme suyu ile alındığı varsayımına göre içme suyu ile alınabilecek kabul edilebilir kurşun miktarı	$4.5 \times \%50 = 2.25 \mu\text{g/kg}$
5 kg ağırlığındaki bir bebeğin içme suyu ile alabileceği geçici kabul edilebilir kurşun miktarı	$2.25 \times 5 = 11.25 \mu\text{g günlük alım}$
5 kg ağırlığındaki bebeğin günlük 0.75 L su tüketimine dayanarak içeceği suda bulunabilecek kabul edilebilir kurşun düzeyi	$11.25 / 0.75 = 15 \mu\text{g/L}$
Üst sınır değeri	15 µg/L

WHO'ya göre içme suyunda bulunabilecek kurşunun üst sınır değeri 10 µg/L'dir. Bu değer yukarıdaki hesaplamayla 15 µg/L değerine genişletilebilir. Ayrıca, USEPA (2003) tarafından belirlenen içme suyu standartlarına bakıldığında kurşun için belirlenen üst sınır değer 15 µg/L olduğu görülmektedir. Tablo 5.1. incelendiğinde iki numunede 15 µg/L'nin üstünde bir değer görülmektedir. Bunlar (Hadim-2, Seydişehir) Tablo 5.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 5.4. WHO ve USEPA'ya göre kurşun üst sınır değerini aşan numuneler (µg/L)

Kaynak	Metal	Analiz Sonucu	Üst Sınır Değeri
HADİM – 2	Kurşun (Pb)	20.78	15
SEYDİŞEHİR	Kurşun (Pb)	25.24	15

Yetişkin bir insan günde ortalama 2.5 L suya ihtiyaç duymakta ve bunun 500–600 ml'sini besinlerle almaktadır (Kaya ve ark 1998). Referans erkek 65–70 kg ağırlığında, referans kadın ise 55–58 kg ağırlığındadır (Merdol ve ark 1999). Buna göre değişik ağırlıktaki yetişkinler için güvenilir bir değer oluşturması açısından yukarıdaki hesaplama 50 kg vücut ağırlığına sahip günde ortalama 2.5 L su tüketen bir yetişkin için yapılacak olursa bebeklerdeki düzeyin yaklaşık 3 katı elde edilir. Şöyle ki:

Tablo 5.5. Yetişkinler için içme suları ile alınabilecek kurşun düzeyinin teorik olarak hesaplanması

Kabul edilebilir günlük kurşun alım miktarı	4.5 µg/kg
Günlük alımın %50'si içme suyu ile alındığı varsayımına göre içme suyu ile alınabilecek kabul edilebilir kurşun miktarı	$4.5 \times \%50 = 2.25 \mu\text{g/kg}$
50 kg ağırlığındaki bir yetişkinin içme suyu ile alabileceği kabul edilebilir kurşun miktarı	$2.25 \times 50 = 112.5 \mu\text{g}$ günlük alım
50 kg ağırlığındaki yetişkinin günlük 2.5 L su tüketimine dayanarak içeceği suda bulunabilecek kabul edilebilir kurşun düzeyi	$112.5 / 2.5 = 45 \mu\text{g/L}$
Üst sınır değeri	45 µg/L

Tablo 5.4.'deki değerler 45 µg/L'nin altında değerlerdir. Dolayısı ile bu iki kaynaktaki kurşun düzeyi yetişkinlerde sağlık açısından olumsuz bir etkiye yol açmayacağı düşünülebilir.

5.4. Sonuçlar ve öneriler

Sonuç olarak, bu çalışma ile Konya il ve ilçe merkezlerindeki nüfusun büyük bir kısmının (2000 yılı nüfus sayımına göre yaklaşık 1 000 000 kişi; toplam nüfusun yaklaşık %45'i) kullandığı içme sularındaki, metal elementlerinin düzeyleri araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda alınan numunelerdeki metal düzeylerinin Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen üst sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür. Ancak Hadim-2 ve Seydişehir numunelerinde kurşun düzeyi Sağlık Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü'nce belirlenen sınır değerinin üstünde olduğu görülmüştür. Bu numuneler:

- Hadim-2: Kozağaç kaynak suyunun beslediği deponun çıkışından alınmıştır. Hadim ilçesi Merkez, Taşpınar ve Armağanlar mahallelerinin içme suyunu karşılamaktadır.
- Seydişehir: Kuğulu kaynaklarının ilçe şü şebekesine pompalandığı istasyondan alınmıştır. Seydişehir ilçesinin içme suyunu karşılamaktadır.

Her iki numunede kaynak suyudur. Dolayısıyla ile bu su kaynaklarında buldukları yerin jeolojik yapısından kaynaklanan bir kurşun kirliliği olabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca yağmur ve kar sularıyla yeryüzüne inen kurşunun da topraktan sızma suretiyle bu kaynakları kirletebileceği düşünülebilir. Bu nedenle Seydişehir ilçesinde bulunan endüstri kuruluşları nedeniyle hava analizlerinin mevsimsel olarak yapılması önerilir.

Bu iki kaynaktaki kurşun düzeyleri yukarıda yapılan teorik hesaplama göre bebek ve çocuklarda sağlık açısından olumsuz etkiler oluşturabilir. Bu nedenle kaynakların kullanıldıkları bölgelerde bebek ve çocuklara şişelenmiş içme sularının verilmesi önerilir.

Günümüzde içme suyuna tesisatlardan az miktarda da olsa kurşun karıştığı bilinmektedir. Bu da sudaki kurşun miktarını arttırmaktadır. Bu nedenle, bu iki kaynağın kullanıldığı bölgelerde yetişkinlerin özellikle sabahları çeşmeyi bir süre açık tuttuktan sonra suyu tüketmeleri ve tesisatlarda plastik boruların kullanılması önerilir.

Bu sulara ters osmoz yöntemi ile filtrasyon uygulanarak kurşun düzeyi azaltılabilir. Bu nedenle bu kaynaklardaki sulara ilçe şebekesine verilmeden önce ters osmoz yöntemi ile filtrasyon uygulanması önerilir.

Bu ve benzeri çalışmaların bölgemizde, bizim çalışmamızda yer almayan arsenik (As), civa (Hg), antimon (Sb), selenyum (Se) ve siyanür (CN) parametreleri yönünden genişletilerek yapılması önerilir.

Bu çalışmada, tespit edilen önemli bir husus da, ilçe belediyelerinin içme sularındaki elementlerin analizinde gerekli önemi göstermemesidir. Aynı durumun tüm belde belediyelerinde geçerli olduğu bilinmektedir. KOSKİ'nin ise bu konuda nispeten daha titiz olduğu görülmektedir. Belediyeler bu konuda Selçuk Üniversitesi, TÜBİTAK, Refik Saydam Hıfzı Sıha Merkezi, ASKİ (Ankara Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşleri Genel Müdürlüğü) ve İSKİ (İstanbul Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşleri Genel Müdürlüğü) ile işbirliğine gitmesi halk sağlığı açısından oldukça önemli görülmektedir. Bu konuda belediyeler ile ilgili kuruluşlar arasında sağlıklı bir işbirliği yapılması ve düzenli periyotlarda analizlerin gerçekleştirilmesi önerilir.

6. ÖZET

Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Farmakoloji – Toksikoloji (Vet) Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi / Konya - 2005

Mustafa YALÇIN

Konya Bölgesi İçme Sularındaki Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması

Bu çalışma ile Konya bölgesi içme sularındaki bazı ağır metallerin (Al, Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) düzeyleri araştırılmıştır. Konya iline bağlı 28 ilçe merkezi ve il merkezinin içme suyunu karşılayan kuyulardan, kaynaklardan, bunların beslediği depolardan ve arıtma tesisleri çıkışlarından 50 adet numune alınmıştır. Alınan numuneler ICP–AES metodu ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçları TS–266 (TSE) içme suyu standartlarında belirlenen üst sınır değerlerin altında çıkmıştır. Ancak Hadim–2 (20.78 µg/L) ve Seydişehir (25.24 µg/L) numunelerindeki kurşun düzeyinin Sağlık Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü’nce belirlenen üst sınır değer (10 µg/L) üzerinde olduğu görülmüştür. Bu numunelerin alındığı suların içme suyu olarak tüketildiği yerlerde (Hadim–2: Merkez, Taşpınar ve Armağanlar mahallelerinin içme suyunu karşılamaktadır, Seydişehir: Seydişehir ilçesinin içme suyunu karşılamaktadır) sağlık açısından olumsuz etkilerin görülmemesi için bebek ve çocuklara şişelenmiş içme sularının verilmesinin uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

7. SUMMARY

Selcuk Universty Institue of Health Sciences
Department of Pharmacology and Toxicology
MSc Thesis / KONYA 2005

Mustafa YALÇIN

Investigation of Heavy Metal Levels in Drinking Water of Konya Province

In this study, some heavy metal (Al, Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) levels in the drinking water of Konya province were investigated. A total of 50 drinking water samples were collected from wells, springs, water depots and scolding of clean systems. Konya province and 28 districts related the Konya city. The samples were analyzed by ICP–AES method. The obtained levels were compared by TS–266 (Turkish Standards Institute) and found below to maximum tolerable levels for drinking water by TSE. However, the Pb level in the samples collected from Hadim–2 (20.78 µg/L) and Seydişehir (25.24 µg/L) were found to be higher than the maximum tolerable levels (10 µg/L) set up by Ministry of Health of Turkey, EU and WHO. These exceeded samples in terms of Pb are still providing drinking water of (Hadim–2: Merkez, Taşpınar and Armağanlar neighbourhoods drinking water depots; Seydişehir: Seydişehir district). Bottled spring water is recommended for babies and children for health protection in these regions.

8. LİTERATÜR LİSTESİ

- Akgiray Ö (2003)** “İçme Suyu ve Su Arıtımı”, Su Paneli, 23 Mart, İstanbul, 11 - 12.
- Akman Y, Ketenoğlu O, Everen H, Kurt L ve Düzenli S (2000)** Su Kirliliği, Palme Yayıncılık, Ankara, 168.
- Aksoy M (1984)** Beslenme ve Kanseri, Çağ Matbaası, Ankara, 54 - 58.
- Aksoy M (2000)** Beslenme Biyokimyası, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 554 - 561.
- Algan G (2002)** Konya Yöresi Sütlerinde Bazı Ağır Metallerin İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 3.
- Alley RE (2000)** Water Quality Control Handbook, Mc Graw Hill Inc., New York, Chapter 3, 11.
- AOAC - The Association Of Official Analytical Chemists (2000)** Official Methods Of Analysis Of AOAC International Volume 1, William Horwitz (Eds), Seventeenth Edition, Maryland, Chapter 11, 16.
- Ateş S (2002)** Farklı Dokulardaki Eser Elementlerin ICP Atomik Emisyon Spektrofotometresi İle Tayini, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Australian Drinking Water Guidelines (2002)** National Health and Medical Research Council, Natural Resource Management Ministerial Council, Canberra, fact sheet 35 - 67.
- Aydemir S ve Özcan M (2003)** *Sıçanlarda Yüksek Bakır ve Çinkonun Bazı Hematolojik Parametreler Üzerine Etkileri*, Turk J Vet Anim Sci, TÜBİTAK, 23: 165 – 172.
- Bakar E ve Aktaş T (2001)** *Fare Böbrek ve Karaciğer Dokularında Alüminyuma Bağlı Histopatolojik Değişiklikler*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 17(1), 1 – 12.
- Barton H, Zachwieja Z and Folta M (2002)** *Predicted intake of trace elements and minerals via household drinking water by 6-year-old children from Kraków (Poland) Part 1: Lead (year 2000)*, Food Additives and Contaminants, 19(10), 906 - 915.
- Baysal A (1999)** Beslenme, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 131 - 147.

- Baysal A (2000)** Genel Beslenme, 10. Baskı, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 45 – 50.
- Belce A (2002)** *Mineraller*, In "İnsan Biyokimyası" Ed. by Onat T, Emerk K ve Sözmen EY, 529 – 537, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Bradshaw MH and Powell GM (2000)** Understanding Your Water Test Report, Kansas State University, January 2000, 7.
- Burgaz S (2000)** *Ağır Metal Zehirlenmeleri ve Kullanılan Antidotlar*, In "Farmakoloji Ders Kitabı" Ed. by Bökesoy A, Çakıcı İ ve Melli M, 105, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Casper ST, Mehra A, Farago ME and Gill RA (2004)** *Contamination of surface soils, river water and sediments by trace metals from copper processing industry in the Churnet River Valley, Staffordshire, UK.*, Environ Geochem Health, 26(1), 59 - 67.
- Dökmeci İ (2001)** Toksikoloji, Palme Yayıncılık, İstanbul, 333 - 370.
- EC – European Community (1998)** Official Journal of the European Communities, COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption, [www.europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/1998, 330/42](http://www.europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/1998/330/42) – 44.
- Ekşi A (1981)** *Bazı Toksik Metal İyonlarının Gıdalara Bulaşma Kaynakları*, Bilim ve Teknik Dergisi (168): 35, 36.
- Elinder CG (1986)** *Zinc*, In "Handbook On The Toxicology Of Metals" Ed. by Friberg L, Nordberg GF and Vouk VB, 664 – 679, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Eti K (2002)** Hızlı Kentleşme Sürecinde Su – Atıksu Hizmetlerinde Özel Sektörün Yeri, Çevre ve İnsan Dergisi, Ankara, 54, 28.
- Ewing GW (1985)** Instrumental Methods Of Chemical Analysis, Fifth Edition, Mc Graw Hill Book Company, New York, Chapter 9, 160 – 177.
- Fifield FW and Haines PJ (1995)** Environmental Analytical Chemistry, Blackie Academic & Professional, London, 337 - 339.
- Genter MB and Zaslow SA (1995)** Lead in Drinking Water, North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina State University, Acts of Congress of May 8 and June 30, 1914.

- Goyer RA (1985)** *Renal Changes Associated With Lead Exposure*, In “Dietary and Environmental Lead: Human Health Effects” Ed. by Mahaffey KR, 315 – 335, Elsevier, New York.
- Güler Ç ve Çobanoğlu Z (1994)** Çevresel Etkenlere Bağlı Olarak Ortaya Çıkan Hastalıklar, 1. Baskı, Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Müdürlüğü, Ankara, 22 – 31.
- Gündüz T (1994)** Çevre Sorunları, Bilge Yayıncılık, Ankara, 130 - 133.
- İrez G (2002)** Temel Kimya-I, Muğla Üniversitesi Yayınları, Muğla, 24.
- Kaya S ve Akar F (1998)** *Metaller* In “Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji” Ed. by Kaya S, Pirinççi İ ve Bilgili A, 119 – 143, 1.Baskı, Medisan Yayıncılık, Ankara.
- Kaya S, Pirinççi İ ve Bilgili A (1998)** Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi, 1.Baskı, Medisan Yayıncılık, Ankara, 49 - 52.
- Klaassen CD (2001)** *Heavy Metals And Heavy-Metal Antagonist*, In “Goodman & Gilman’s The Pharmacological Basis Of Therapeutics” Ed. by Gilman AG, Hardman JG and Limbird LE, Chapter 67, 1851 – 1866, Tenth Edition, McGraw Hill Inc, New York.
- Kondakis XG, Makris N, Leotsinidis M, Prino M and Papapetropoulos T (1989)** *Possible health effects of high manganese concentration in drinking water*, Arch Environ Health 44(3): 175 - 178.
- Köksal O (2001)** Gıda ve Beslenme, Erciyes Üniversitesi Yayınları Yayın No: 130, Kayseri, 214, 225.
- Lekkas T, Kolokythas G, Nikolaou A, Kostopoulou M, Kotrikla A, Gatidou G, Thomaidis NS, Golfopoulos S, Makri C, Babos D, Vagi M, Stasnakis A, Petsas A and Lekkas DF (2004)** *Evaluation of the pollution of surface waters of Greece from the priority compounds of list II, 76/464/EEC directive and other toxic compounds*, Environ Int, 30(8), 995 - 1007.
- Li XJ, Schramel P, Wang HZ, Grill P and Kettrup A (1996)** *Determination of trace ions Co, Cu, Mo, Mn, Fe, Ti, V in reference river water and reference seawater samples by inductively coupled plasma emission spectrometry combined with the third phase preconcentration*, Anal Bioanal Chem., 356(1), 52 - 56.

- Liu DHF, Lipták BG and Bouis PA (1997)** *Environmental Engineer's Handbook*, Second Edition, Lewis Publishers, New York, 214 - 222.
- Loon JCV (1985)** *Selected Methods of Trace Metal Analysis: Biological and Environmental Samples*, John Wiley & Sons Inc., USA, Chapter 8, 229 – 235 .
- Menzer RE and Nelson JO (1986)** *Water and Soil Pollutants* In “Casarett and Doull's Toxicology” Ed. by Klaassen CD, Amdur MO and Doull J, Chapter 26, 842, Third Edition, USA.
- Merdol TK, Başoğlu S ve Örer N (1999)** *Beslenme ve Diyetetik Açıklamalı Sözlük*, Hatiboğlu Yayınları, 2. Baskı, Ankara, 305.
- Misund A, Frengstad B, Siewers U and Reimann C (1999)** *Variation of 66 elements in European bottled mineral waters*, *Sci Total Environ*, 15: 243 – 244.
- Mortimer CE (1999)** *Modern Üniversite Kimyası*, Cilt 2, Çev: Altınata T (Ed), Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 271 – 274.
- Mutluay H ve Demirak A (1996)** *Su Kimyası*, Beta Basım A.Ş. Yayın No : 624, İstanbul, 73 - 74.
- Özçelik D, Toplan S, Darıyerli N, Gülyaşar T ve Dursun Ş (2000)** *Dietle Alınan Kurşunun Eritrosit Osmotik Direnç ve Kan Viskozitesine Etkilerinin Araştırılması*, *Cerrahpaşa Tıp Dergisi*, 30(3): 129 – 133.
- Özdemir İ (1981)** *Genel Anorganik ve Temel Kimya*, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 506.
- Öztürk E (2003)** *Konya İl Merkezinde Bulunan İçme Suyu Kuyularının Florür Seviyelerinin Belirlenmesi ve Diğer Kimyasal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Pizarro R, Olivares M, Uauy R, Contreras P, Rebelo A and Gidi V (1999)** *Acute gastrointestinal effects of graded levels of copper in drinking water*, *Environmental Health Perspectives*, 107(2), 117 - 121.
- Prasad AS and Oberleas D (1976)** *Trace Elements In Human Health and Disease*, Vol 1: Zinc and Copper, New York, Academic Press, 470.

- Resmi Gazete (2005)** İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Tarih : 17.02.2005, Sayı : 25730.
- Samsunlu A (1999)** Çevre Mühendisliği Kimyası, Sam – Çevre Teknolojileri Yayınları, 4. Baskı, İstanbul, 373.
- Skoog DA, Holler FJ and Nieman TA (1998)** Principles Of Instrumental Analysis, Fifth Edition, Saunders Golden Sunburst Series, Philadelphia, Chapter 10, 230 - 251.
- Soylak M ve Doğan M (2000)** Su Kimyası, Erciyes Üniversitesi Yayınları Yayın No : 120, Kayseri, 79 - 83.
- Sunderman FW Jr, Dingle B, Hopfer SM and Swift T (1988)** *Acute nickel toxicity in electroplating workers who accidentally ingested a solution of nickel sulfate and nickel chloride*, Am J Ind Med, 14: 257 - 266.
- Şahin İ (2001)** Voltammetri ve ICP – AES yöntemleriyle Şalgam Suyunda Ağır Metal Tayini, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Şanlı Y (2002)** Veteriner Klinik Toksikoloji, Mesipres Yayıncılık, 2. Baskı, Ankara, 744 - 751.
- TSE - Türk Standartları Enstitüsü (1997)** İçme ve Kullanma Suları Standartları, Türk Standartları Enstitüsü.
- USEPA – United States Environmental Protection Agency (2003)** EPA National Primary Drinking Water Standards, Office of Water, June 2003, www.epa.gov/safewater/consumer/mc1.pdf, 3.
- Waalkes MP, Coogan TP and Barter RA (1992)** Toxicological principles of metal carcinogenesis with special emphasis on cadmium, Crit. Rev. Toxicol., 22: 175 - 201.
- WHO – World Health Organization (1996)** Health Criteria And Other Information In: Guidelines For Drinking – Water Quality, Vol.:2, Geneva, 136 - 271.
- WHO EURO - World Health Organization Regional Office for Europe (2001)** Lead In: Air Quality Guidelines - Second Edition, Chapter 6.7, Copenhagen, Denmark, 10.

Yalçın H ve Gürü M (2002) Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, Ankara, 2, 384.

Yaşar H ve Melek S (2000) Elementlerin Bilimsel ve Teknolojik Özellikleri, Pelin Ofset, Ankara, 10 – 112.

Yensan M (1995) İnsan Biyokimyası, Güneş Kitabevi, Genişletilmiş 7. Baskı, Ankara, 644 - 646.

Yıldız M ve Genç Ö (1993) Enstrümantal Analiz, Hacettepe Üniversitesi Yayınları A-64, Ankara, 205 - 215.



9. ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Konya’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Konya’da tamamladı. 1998 yılında Selçuk Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Bölümünü kazandı ve 2002 yılında mezun oldu. Aynı yıl Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmakoloji – Toksikoloji A.B.D (Vet)’nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2002 yılında Fen Bilgisi öğretmeni olarak Sarayönü Kadioğlu İlköğretim Okulu’na atandı. Halen Selçuklu Büyükşehir Belediyesi İlköğretim Okulunda Fen Bilgisi öğretmeni olarak görev yapmaktadır.



10. TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında yardımlarından dolayı Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji – Toksikoloji ABD’den Prof. Dr. Bünyamin TRAŞ, Prof. Dr. A. Levent BAŞ, Doç. Dr. Muammer ELMAS, Doç. Dr. Enver YAZAR, Arş. Gör. Kamil ÜNEY ve Arş. Gör. Ayşe KARABACAK’a teşekkür ederim.

Numunelerin toplanmasında yardımlarından dolayı KOSKİ Su Arıtma Şube Müdürü Bayram KAHVECİ’ye, Akşehir Belediyesi Su İşleri Müdürü Osman YILMAZ’a, Yunak Belediyesi Fen İşleri Müdürü Mehmet KEMERCİ’ye, Hadim Belediyesi Fen İşleri Müdürü Abdullah KUZGUN’a ve Derebucak Belediyesi Fen İşleri Müdürü Çetin DEDEOĞLU’na teşekkürlerimi sunarım.

Tezin hazırlanmasındaki katkılarından dolayı Hakan ATASEVER’e ve öğrenim hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme teşekkür ederim.

