

Konya Bölgesi İçme Sularındaki Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması

Mustafa YALÇIN^{1*} Halis OĞUZ²

¹Ürgüp Mazıköy İlköğretim Okulu, Nevşehir

²Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji ABD, Konya

Özet: Bu çalışmada 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.

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, İçme suyu, ICP-AES, Konya.

Investigation of Heavy Metal Levels in Drinking Water of Konya Province

Abstract: 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 starting point of cleaning 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 the 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.

Key words: Heavy metals, Drinking water, ICP-AES, Konya.

Giriş

Canlıların yaşayabilmesi için gerekli temel ihtiyaçlardan biri sudur. Su canlıların varoluşundan bugüne önemini hiç kaybetmemiş ve gelecekte de önemini koruyacaktır. Su vücuttaki bütün fizyolojik olayların yürütülmesinde ya doğrudan ya da dolaylı olarak metabolik işlemlere katılır. Bütün yaşamsal olaylar için gerekli olan suyun insanlara hijyenik olarak

* Aynı başlıklı Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2005.

(içerisinde zararlı kimyasal maddeleri ve patojen mikroorganizmaları içermeyecek özellikte) sağlanması gerekmektedir. Su içerisinde bulunan ve canlı organizmasında zararlı etki oluşturabilecek maddeler arasında metaller önemli bir yer tutmaktadır [1]. Metallerin canlı organizmalarındaki olumsuz etkilerinin belirlenmesiyle, bu elementlerin analizlerinin önemi de artmıştır. Günümüzde içme sularında metal düzeylerinin belirlenmesi halk sağlığı açısından önemli ve zorunlu hale gelmiştir.

Bu çalışma ile, Konya bölgesinde tüketilen içme suyu numunelerindeki Al, Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, ve Zn 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.

Materyal ve Metot

Materyal

Çalışmamızda kullanılan malzemeler: cam şişeler (Şişe Cam; plastik iç ve dış kapaklı, renkli), nitrik asit (HNO₃; Merck; No: 443), bidistile su, filtre kağıdı (Schleicher & Schuell; Ø 125 mm, Ref. No. 300211) ve argon gazı (Yüksek Saflıkta; Karbogaz)'dır. Çalışmamızda kullanılan cihazlar: ICP–AES (Inductively Coupled Plasma–Atomic Emission Spektrometer; VISTA AX CCD Simultaneous Model; VARIAN, Australia) ve buzdolabı (AEG)'dir. Su numunelerinin alındığı kaynaklar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 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	Yarımcı 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	ÇİHANBEYLİ	İnsuyu Kaynağı – Kaynağın Beslediği Depo Çıkışı
10	ÇELTİK	Kuyu Suları – İki Kuyunun Beslediği Depo Çıkışı
11	ÇUMRA – 1	Kuyu Suyu (Tımarş) - 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	Hartak ve Aksu Kaynak Suları - Kaynakların Beslediği Depo Çıkışı
19	DOĞANHİSAR - 2	İlipınar Kaynak Suyu – Kaynağın Beslediği Depo Çıkışı
20	EMİRGAZI	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
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

Tablo 1'in devamı

No	Numune Adı	Numunenin Kaynağı – Alındığı Yer
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 (Menekönü 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

Toplanan su numunelerine aşağıdaki işlemler uygulanarak analize hazır hale getirildi:

- Su numunelerinin alınacağı cam şişeler ile plastik iç ve dış kapakları 1:1 (v/v)'lik nitrik asit (HNO₃) çözeltisinden geçirildi. Daha sonra cam şişeler ve kapakları bidistile su ile yıkandı [2]. Şişeler kuruduktan sonra kapakları kapatılarak kullanıldı.
- Su numuneleri toplandıktan sonra buzdolabında (+4° C) analiz yapılmaya kadar saklandı [3].
- Su numuneleri analiz öncesinde Ø 125 mm'lik filtre kağıdından (Schleicher & Schuell, Ø 125 mm, Ref. No. 300211) süzüldü.

Metot

Su numunelerinde ağır metal analizleri Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarı'nda bulunan ICP–AES (Inductively Coupled Plasma–Atomic Emission Spektrometer) cihazı ile yapıldı [2-6]. ICP cihazında yüksek saflıkta argon gazı kullanılmıştır. Cihazın ölçüm hassasiyeti 0.1 µg/L'dir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda kuyu sularından toplanan numunelerde [10], nehir ve deniz sularından toplanan numunelerde [11,12], yüzey sularından toplanan numunelerde [13] ve şişelenmiş içme sularında [14], metal analizlerinin yapılmasında ICP–AES metodu tercih edilmiştir. Öte yandan şalgam suyunda [15] ve ratlardaki farklı dokularda [16] yapılan metal analizlerinde de ICP–AES metodu kullanılmıştır.

Araştırma Sonuçları

Su numunelerinde gerçekleştirilen metal analizleri sonucunda bulunan değerler Tablo 2 ve 3'de gösterilmiştir. Tablo 2'de Ag, Al, Ba, Cd, Cr ve Cu, Tablo 3'de Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn için bulunan değerler gösterilmiştir.

Tablo 2. Analiz sonuçları (Ag, Al, Ba, Cd, Cr, Cu).

No	Numune Adı	Ag (µg/L)	Al (µg/L)	Ba (µg/L)	Cd (µg/L)	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)
1	AHIRLI	0.00	11.66	0.00	0.60	1.94	2.85
2	AKÖREN – 1	0.00	22.00	40.09	0.88	1.72	4.28
3	AKÖREN – 2	0.00	30.84	117.67	0.78	3.62	6.05
4	AKŞEHİR	0.00	33.11	0.00	1.34	1.67	6.38
5	ALTINEKİN	0.00	20.16	0.00	0.77	2.80	1.28
6	BEYŞEHİR	0.00	41.25	0.00	0.69	1.91	6.49
7	BOZKIR – 1	0.00	14.67	0.00	0.97	2.10	2.69
8	BOZKIR – 2	0.00	11.35	0.00	0.65	2.90	1.52
9	CİHANBEYLİ	0.00	13.30	0.00	0.87	9.04	6.09
10	ÇELTİK	0.00	26.52	0.00	1.10	1.90	3.15
11	ÇUMRA – 1	0.00	13.23	0.00	0.70	2.05	1.37
12	ÇUMRA – 2	0.00	15.16	0.00	1.42	2.48	0.47
13	ÇUMRA – 3	0.00	14.95	25.90	1.10	2.22	2.05
14	ÇUMRA – 4	0.00	17.02	0.00	0.93	2.23	1.12
15	ÇUMRA – 5	0.00	32.19	0.00	1.15	2.40	5.69
16	DERBENT	0.00	12.76	0.00	0.53	1.03	0.29
17	DEREBUCAK	0.00	30.81	0.00	0.65	2.01	4.80
18	DOĞANHİSAR - 1	0.00	29.56	0.00	0.71	1.21	4.19
19	DOĞANHİSAR - 2	0.00	16.03	0.00	1.01	1.86	2.90
20	EMİRGAZİ	0.00	13.84	12.30	1.19	1.12	0.75
21	EREĞLİ	0.00	35.80	0.00	0.78	1.67	6.93
22	GÜNEYSINIR - 1	0.00	10.38	40.97	0.29	1.73	1.83
23	GÜNEYSINIR - 2	0.00	33.37	0.00	0.85	2.87	4.37
24	GÜNEYSINIR - 3	0.00	13.91	0.00	0.25	3.06	1.40
25	HADİM – 1	0.00	15.78	0.00	0.59	1.77	3.17
26	HADİM – 2	0.00	39.32	0.00	1.25	2.19	7.92
27	HADİM – 3	0.00	28.64	0.00	0.57	1.83	5.10
28	HALKAPINAR	0.00	37.38	0.00	0.54	1.79	7.94
29	HÜYÜK – 1	0.00	33.11	0.00	1.04	1.86	6.34
30	HÜYÜK – 2	0.00	15.66	135.07	0.66	1.30	0.38
31	HÜYÜK – 3	0.00	9.18	91.26	0.46	0.76	1.67
32	ILGIN – 1	0.00	21.22	45.75	1.21	3.49	4.33
33	ILGIN – 2	0.00	26.02	46.81	0.87	3.87	6.99
34	KADINHANI	0.00	25.58	0.00	0.70	2.41	7.55
35	KARAPINAR	0.00	34.59	0.00	0.50	2.10	5.75
36	KULU – 1	0.00	10.62	0.00	0.26	5.70	1.21
37	KULU – 2	0.00	15.00	0.00	0.63	6.96	2.01
38	SARAYÖNÜ	0.00	25.27	0.00	0.73	1.83	5.18
39	SEYDİŞEHİR	0.00	8.31	0.00	0.35	1.68	0.58
40	TAŞKENT	0.00	20.20	0.00	0.88	1.85	1.84
41	TUZLUKÇU	0.00	11.62	116.04	0.78	5.64	0.88
42	YALIHÜYÜK	0.00	35.19	0.00	0.91	1.59	6.54
43	YUNAK - 1	0.00	24.27	0.00	0.26	6.77	6.89
44	YUNAK - 2	0.00	25.04	0.00	0.65	20.71	5.17
45	KONYA MERKEZ – 1	0.00	15.24	0.00	0.78	1.85	3.01
46	KONYA MERKEZ – 2	0.00	7.99	0.00	0.76	3.49	1.34
47	KONYA MERKEZ – 3	0.00	24.98	0.00	0.71	3.78	5.44
48	KONYA MERKEZ – 4	0.00	22.08	0.00	0.25	3.77	4.23
49	KONYA MERKEZ – 5	0.00	6.24	0.00	1.00	4.32	0.75
50	KONYA MERKEZ – 6	0.00	26.45	0.00	1.23	1.93	4.08

Tablo 3. Analiz sonuçları (Fe, Mn, Ni, Pb, Zn).

No	Numune Adı	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
1	AHIRLI	0.88	1.15	0.00	11.44	12.26
2	AKÖREN – 1	15.37	1.10	0.00	10.73	13.86
3	AKÖREN – 2	18.54	1.01	0.52	11.16	12.54
4	AKŞEHİR	23.04	1.17	0.00	11.61	7.63
5	ALTINEKİN	0.86	1.06	0.00	6.92	32.08
6	BEYŞEHİR	16.87	2.91	15.20	10.44	10.69
7	BOZKIR – 1	6.67	1.11	3.46	6.97	10.44
8	BOZKIR – 2	6.28	1.17	0.61	7.08	5.72
9	CİHANBEYLİ	0.27	1.37	1.44	10.86	23.10
10	ÇELTİK	6.53	1.07	0.31	6.53	10.93
11	ÇUMRA – 1	4.03	1.06	0.44	3.79	21.29
12	ÇUMRA – 2	5.68	0.82	0.00	5.14	4.60
13	ÇUMRA – 3	6.83	0.93	0.00	4.71	6.66
14	ÇUMRA – 4	8.34	1.16	0.00	7.05	6.37
15	ÇUMRA – 5	23.87	1.16	0.45	8.13	8.38
16	DERBENT	0.00	0.99	0.00	6.40	4.89
17	DEREBUCAK	20.60	1.13	0.00	8.92	7.10
18	DOĞANHISAR - 1	18.04	1.00	0.00	5.76	6.53
19	DOĞANHISAR - 2	0.00	1.21	0.18	5.69	10.15
20	EMİRGAZİ	10.26	6.13	0.00	10.72	0.00
21	EREĞLİ	23.32	1.43	0.00	14.40	11.13
22	GÜNEYSINIR - 1	4.22	0.99	0.01	6.11	6.33
23	GÜNEYSINIR - 2	22.80	1.40	0.00	8.93	4.11
24	GÜNEYSINIR - 3	2.99	1.09	0.00	4.71	6.25
25	HADİM – 1	4.29	0.94	0.55	10.74	36.59
26	HADİM – 2	21.90	1.34	0.00	20.78	11.18
27	HADİM – 3	19.67	1.01	0.00	10.21	7.37
28	HALKAPINAR	25.42	1.27	0.04	9.12	10.89
29	HÜYÜK – 1	25.95	1.55	0.00	15.39	17.02
30	HÜYÜK – 2	0.00	2.08	0.00	3.59	7.50
31	HÜYÜK – 3	0.00	0.88	0.13	10.34	10.26
32	ILGIN – 1	8.27	1.01	0.50	11.45	5.59
33	ILGIN – 2	12.22	1.02	0.93	9.95	9.34
34	KADINHANI	12.18	1.20	0.00	5.09	4.15
35	KARAPINAR	30.03	23.81	0.00	9.83	29.94
36	KULU – 1	1.54	1.28	0.00	11.49	5.00
37	KULU – 2	5.60	2.11	0.00	9.81	2.76
38	SARAYÖNÜ	18.87	0.91	0.00	4.00	6.02
39	SEYDİŞEHİR	0.00	0.91	0.00	25.24	6.50
40	TAŞKENT	9.13	0.93	0.00	6.76	24.69
41	TUZLUKÇU	0.00	0.87	0.00	8.89	8.77
42	YALIHÜYÜK	26.55	2.44	0.00	12.22	11.76
43	YUNAK - 1	10.19	1.17	0.43	6.79	13.95
44	YUNAK - 2	12.71	1.14	1.42	7.81	20.06
45	KONYA MERKEZ – 1	5.89	1.15	0.83	5.89	0.70
46	KONYA MERKEZ – 2	9.56	1.09	0.00	12.33	1.03
47	KONYA MERKEZ – 3	20.66	1.32	0.59	10.15	8.97
48	KONYA MERKEZ – 4	24.84	1.20	0.09	13.97	2.31
49	KONYA MERKEZ – 5	0.68	1.01	0.31	3.07	24.13
50	KONYA MERKEZ – 6	20.28	7.60	0.06	13.57	1135.55

Analiz sonuçları Tablo 4'de verilen 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 ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 4. Çeşitli kuruluşlara göre içme sularında metaller için üst sınır değerleri ($\mu\text{g/L}$).

Metal	Sağlık Bakanlığı [6]	TS – 266 [7]	98/83/EC [8]	WHO [4]
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

Yapılan analizler sonucunda Al, Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn değerlerinin Sağlık Bakanlığı, Türk Standartları Enstitüsü, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği üst sınır değerlerin altında olduğu belirlendi. Ahırlı, Akören – 1, Akören – 2, Akşehir, Cihanbeyli, Emirgazi, Ereğli, Hadim – 1, Hadim – 2, Hüyük – 1, Ilgın – 1, Kulu – 1, Seydişehir, Yalılıyük, Konya Merkez – 2, Konya Merkez – 4 ve Konya Merkez – 6 numunelerindeki kurşun (Pb) düzeylerinin ise Türk Standartları Enstitüsünce belirlenen üst sınır değeri ($50 \mu\text{g/L}$) aşmadığı, ancak Sağlık Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği üst sınır değer ($10 \mu\text{g/L}$) üzerinde olduğu görüldü [5,7,8,9]. Bu numuneler ve kurşun düzeyleri Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Analiz sonuçlarına göre ilgili 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	Pb	11.44	50	10
AKÖREN – 1	Pb	10.73	50	10
AKÖREN – 2	Pb	11.16	50	10
AKŞEHİR	Pb	11.61	50	10
CİHANBEYLİ	Pb	10.86	50	10
EMİRGAZI	Pb	10.72	50	10
EREĞLİ	Pb	14.40	50	10
HADİM – 1	Pb	10.74	50	10
HADİM – 2	Pb	20.78	50	10
HÜYÜK – 1	Pb	15.39	50	10
ILGIN – 1	Pb	11.45	50	10
KULU – 1	Pb	11.49	50	10
SEYDİŞEHİR	Pb	25.24	50	10
YALILHÜYÜK	Pb	12.22	50	10
KONYA MERKEZ – 2	Pb	12.33	50	10
KONYA MERKEZ – 4	Pb	13.97	50	10
KONYA MERKEZ – 6	Pb	13.57	50	10

Tartışma

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.

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 [1, 17-20].

Kurşunun kümülatif bir zehir olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle vücutta biriken toplam kurşun miktarındaki artışın engellenmesi gerekmektedir. Bu gerçeği göz önüne alarak Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü/Dünya Sağlık Örgütü (FAO/WHO) Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA) 1986'da, bebek ve çocuklar için vücut ağırlığının kg'ı başına 25 µg geçici kabul edilebilir haftalık alım miktarı (PTWI) değerini (3.5 µg/kg/gün) 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 çalışmalarla dayandırılmıştır. Bu PTWI değeri JECFA tarafından 1993'te tekrar doğrulanmış ve bütün yaş gruplarına genişletilmiştir [5].

FAO/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA) tarafından belirlenen PTWI kurşun değerinin %50'si içme suyu ile alındığı düşünülürken 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 düşünülürken, bu referans değer diğer yaş grupları için de koruyucu olacaktır [5].

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 teorik olarak şu hesaplamaların yapılması mümkündür:

Tablo 6. 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 x %50 = 2.25 µg/kg
5 kg ağırlığındaki bir bebeğin içme suyu ile alabileceği geçici kabul edilebilir kurşun miktarı	2.25 x 5 = 11.25 µg 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 µg/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 Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Teşkilatı (USEPA) tarafından belirlenen içme suyu standartlarına bakıldığında kurşun için belirlenen üst sınır değerinin 15 µg/L olduğu görülmektedir [21]. Tablo 5 incelendiğinde iki numunede 15 µg/L'nin üstünde bir değer görülmektedir. Bunlar (Hadim – 2, Seydişehir) Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. WHO ve USEPA'ya göre kurşun üst sınır değerini aşan numuneler ($\mu\text{g/L}$).

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

Yetişkin bir insan günde ortalama 2.5 L suya ihtiyaç duymakta ve bunun 500–600 ml'sini besinlerle almaktadır [18]. Referans erkek 65–70 kg ağırlığında, referans kadın ise 55–58 kg ağırlığındadır [22]. 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 8. Yetişkinler için içme suları ile alınabilecek kurşun düzeyinin teorik olarak hesaplanması.

Kabul edilebilir günlük kurşun alım miktarı	4.5 $\mu\text{g/kg}$
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 $\mu\text{g/L}$

Tablo 7'deki değerler 45 $\mu\text{g/L}$ 'nin altında değerlerdir. Dolayısı ile bu iki kaynaktaki kurşun düzeyi yetişkinlerde sağlık açısından olumsuz bir etkiye yol açmayacağı düşünülebilir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile Konya il ve ilçe merkezlerindeki nüfusun büyük bir kısmının kullandığı içme sularındaki, ağır 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: Kuşulu kaynaklarının ilçe su şebekesine pompalandığı istasyondan alınmıştır. Seydişehir ilçesinin içme suyunu karşılamaktadır.

Her iki numune de kaynak suyudur. Dolayısıyla 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 uygun olacaktır.

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. Yetişkin grubunda ise sinir sistemi ve böbrek hastaları ile hematolojik bozukluğu olanlara 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 [23]. Bu nedenle bu kaynaklardaki sulara ilçe şebekesine verilmeden önce ters osmoz yöntemi ile filtrasyon uygulanmalıdır.

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

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. Konya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (KOSKİ)'nin ise bu konuda nispeten daha titiz olduğu görülmektedir. Belediyeler bu konuda Selçuk Üniversitesi, TÜBİTAK, Refik Saydam Hıfzı Sıha Merkezi, ASKİ ve İSKİ ile işbirliğine gitmesi halk sağlığı açısından oldukça önemli görülmektedir. Bu konuda belediyeler ile ilgili kuruluşlar arasında sağlıklı bir işbirliği yapılması ve düzenli periyotlar da analizlerin gerçekleştirilmesi önerilir.

Kaynaklar

- [1] Klaassen, C.D. **Heavy Metals And Heavy-Metal Antagonist, Goodman & Gilman's The Pharmacological Basis Of Therapeutics**, Gilman AG, Hardman JG and Limbird LE, Tenth Edition, McGraw Hill Inc, New York (2001).
- [2] Loon, J.C.V. **Selected Methods of Trace Metal Analysis: Biological and Enviromental Samples**, John Wiley & Sons Inc., USA (1985).
- [3] Fifield, F.W. and Haines, P.J. **Enviromental Analytical Chemistry**, Blackie Academic & Professionel, London (1995).
- [4] Ewing, G.W. **Instrumental Methods Of Chemical Analysis**, Fifth Edition, Mc Graw Hill Book Company, New York (1985).
- [5] WHO – World Health Organization, **Health Criteria And Other Information In: Guidelines For Drinking – Water Quality**, Vol.:2, Geneva (1996).
- [6] Skoog, D.A., Holler, F.J. and Nieman, T.A. **Principles Of Insturmental Analysis**, Fifth Edition, Saunders Golden Sunburst Series, Philadelphia (1998).
- [7] Resmi Gazete, **İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik**, Tarih: 17.02.2005, Sayı: 25730, (2005).
- [8] TSE - Türk Standartları Enstitüsü, **İçme ve Kullanma Suları Standartları**, Türk Standartları Enstitüsü (1997).
- [9] EC – European Community, **Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 On The Quality Of Water İntended For Human Consumption**, Official Journal of the European Communities, www.europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/1998 (1998).
- [10] Öztürk, E. **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 (2003).
- [11] Li, X.J., Schramel, P., Wang, H.Z., Grill, P. and Kettrup, A., **Determination Of Trace İons Co, Cu, Mo, Mn, Fe, Ti, V İn Reference River Water And Reference Seawater Samples By İnductively Coupled Plasma Emission Spectrometry Combined With The Third Phase Preconcentration**, Anal Bioanal Chem., 356(1), 52-56 (1996).
- [12] Casper, S.T., Mehra, A., Farago, M.E. and Gill, R.A. **Contamination Of Surface Soils, River Water And Sediments By Trace Metals From Copper Processing İndustry İn The Churnet River Valley**, Staffordshire, UK., Environ Geochem Health, 26(1), 59-67 (2004).
- [13] Lekkas, T., Kolokythas, G., Nikolaou, A., Kostopoulou, M., Kotrikla, A., Gatidou, G., Thomaidis, N.S., Goufopoulos, S., Makri, C., Babos, D., Vagi, M., Stasnakis, A., Petsas, A. and Lekkas, D.F. **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 (2004).

- [14] Misund, A., Frengstad, B., Siewers, U. and Reimann, C. **Variation Of 66 Elements İn European Bottled Mineral Waters**, Sci Total Environ, 15: 243-244 (1999).
- [15] Şahin, İ. **Voltammetri ve ICP–AES Yöntemleriyle Şalgam Suyunda Ağır Metal Tayini**, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi (2001).
- [16] Ateş, S. **Farklı Dokulardaki Eser Elementlerin ICP Atomik Emisyon Spektrofotometresi İle Tayini**, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi (2002).
- [17] Gündüz, T. **Çevre Sorunları**, Bilge Yayıncılık, Ankara, (1994).
- [18] Kaya, S. Ve Akar, F. **Metaller, Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji**, Kaya, S., Pirinççi, İ. ve Bilgili, A., Medisan Yayıncılık, Ankara (1998).
- [19] Dökmeci, İ. **Toksikoloji**, Palme Yayıncılık, İstanbul (2001).
- [20] Barton, H., Zachwieja, Z. and Folta, M. **Predicted İntake 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 (2002).
- [21] USEPA – United States Environmental Protection Agency, **EPA National Primary Drinking Water Standards**, Office of Water, June 2003, www.epa.gov/safewater/cosumer/mc1.pdf, (2003).
- [22] Merdol, T.K., Başoğlu, S. ve Örer, N. **Beslenme ve Diyetetik Açıklamalı Sözlük**, Hatiboğlu Yayınları, 2. Baskı, Ankara (1999).
- [23] Genter, M.B. and Zaslow, S.A. **Lead in Drinking Water**, North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina State University, Acts of Congress of May 8 an.