

## ARAŞTIRMA MAKALESİ

Muammer Yılmaz<sup>1</sup>  
Filiz Bolu<sup>2</sup>  
Atilla Senih Mayda<sup>2</sup>  
Bayram Poyraz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Düzce Toplum Sağlığı Merkezi  
Merkez/Düzce

<sup>2</sup>Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Halk Sağlığı Anabilim Dalı,  
Konuralp/Düzce

<sup>3</sup>Düzce Üniversitesi Merkez  
Araştırma Laboratuvarı, DÜBİT,  
Düzce

### Yazışma Adresi:

Dr. Muammer Yılmaz  
Düzce Toplum Sağlığı Merkezi  
Merkez/Düzce  
Tel: 05055446365  
E-mail: zerkesa@gmail.com

1. Ulusal Su ve Sağlık Kongresi'nde  
poster bildiri olarak sunulmuştur.

Geliş Tarihi: 10.02.2017  
Kabul Tarihi: 01.03.2017  
DOI: 10.18521/kt.291267

Konuralp Tıp Dergisi  
e-ISSN1309-3878  
konuralptipdergi@duzce.edu.tr  
konuralptipdergisi@gmail.com  
www.konuralptipdergi.duzce.edu.tr

## Düzce'de Satılan Şişe Suları İle Musluk Sularının Ağır Metal Düzeylerinin İncelenmesi

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmada şişelenmiş kaynak suları ile Düzce şebeke suyunun ağır metal içeriği açısından karşılaştırılması amaçlanmıştır.

**Yöntem:** Musluk suyunu analiz etmek için belirlenen 14 ayrı noktadan aynı tarihte numune alınmıştır. Ticari doğal kaynak suyu numuneleri 500 ml pet şişelerde satışa sunulan 10 farklı markadan alınan örneklerdir. Su örneklerindeki ağır metal değerleri; Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS) cihazı ile ölçülmüştür. Sonuçlar ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından önerilen kriterlere göre değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** Alınan musluk suyu ve ticari su numunelerinde ağır metal düzeyleri DSÖ, EPA ve T.C. Sağlık Bakanlığı'nın önerdiği limit değerlerden düşük bulunmuştur. Ticari su ağır metal düzeyi ortalaması ile musluk suyu örneklerinin ağır metal düzeyi ortalaması karşılaştırıldığında bor (B), alüminyum (Al), krom (Cr), mangan (Mn), demir (Fe), nikel (Ni), arsenik (As), stronsiyum (Sr), molibden (Mo), kadmiyum (Cd), civa (Hg) ve kurşun (Pb) düzeyleri ticari su numunelerinde musluk sularına göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur.

**Sonuç:** Ağır metal düzeyleri açısından musluk suyu ve ticari şişe sularının içilmesinde bir sakınca bulunmadığı görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ticari Su, Musluk Suyu, Ağır Metal

## Investigation of Heavy Metal Levels in Tap Water and Bottled Waters Sold in Düzce

### ABSTRACT

**Objective:** The aim of the study is to compare bottled spring water with Düzce tap water in terms of heavy metals content.

**Methods:** To analyze the tap water samples were taken from 14 different determined locations at the same date. Commercial natural spring water samples were in 500 ml plastic bottles sold 10 examples from different brands. Heavy metal concentrations in water samples were measured by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS). Results were evaluated based on the specified criteria of the US Environmental Protection Agency (EPA), the World Health Organization (WHO) and the Ministry of Health of Turkey.

**Results:** Heavy metal levels in tap water and commercial water samples were lower than limits set by EPA, WHO and the Ministry of Health of Turkey. Average heavy metal content of the commercial water was found to be statistically significantly lower than average tap water heavy metal level, including boron (B), aluminum (Al), chromium (Cr), manganese (Mn), iron (Fe), nickel (Ni), arsenic (As) strontium (Sr), molybdenum (Mo), cadmium (Cd), mercury (Hg) and lead (Pb).

**Conclusion:** In terms of heavy metal levels it is safe to drink tap water and commercial bottled waters.

**Keywords:** Commercial Water, Tap Water, Heavy Metal

## GİRİŞ

Temel sağlık hizmetlerinin öneminin tam olarak ortaya konduğu uluslararası bir sağlık sözleşmesi niteliğinde olan Alma-Ata bildirgesinde temiz su sağlanması ve sanitasyon en önemli konulardan biri olmuştur (1). Buna göre sağlıklı ve yeterli suyu topluma ulaştırmak kamununun asli bir görevidir. Yerel yönetimler musluktan temiz, sağlıklı ve güvenilir suyun yeterli miktarda akmasını sağlamalı ve bunu önemli bir vazife olarak görmelidir (2).

Türkiye su kaynakları bakımından dünyanın verimli kullanıldığında yeterli olarak nitelendirilen bir bölgesinde yer almasına rağmen, kentleşme sürecine hazırlıksız yakalanılması, plansız kentleşme nedeniyle alt yapı yetersizlikleri, suyun temininde ve temiz su kaynaklarının korunmasında çeşitli sıkıntılara yol açmıştır. Ormanların yok edilmesi, su havzalarının yerleşime açılması su kaynaklarının kendini yenilemesini engellemektedir. İçme ve kullanma suyu ihtiyacına yönelik sağlıklı çözümlerin yıllarca geliştirilememesi, alt yapı eksikliklerinin giderilememesi toplumu içme suyu ihtiyacını karşılamak için alternatif çözümlere yönelmiştir (3,4).

Sadece ülkemizde değil birçok gelişmiş ülkede şişelenmiş su, su ihtiyacını gideren bir içecek olmanın ötesinde sağlıklı yaşamın en önemli parçalarından biri olarak algılanmaktadır. Bugün gelişmekte olan bazı ülkelerde de şişelenmiş su, daha hijyenik olduğu için musluk suyuna alternatif olarak görülmektedir. Nitekim Türkiye’de de ambalajlı su ticareti uzun yıllar hijyen sorununu sürekli olarak gündemde tutan yöntemlerle gelişmiştir (4). Göç, nüfus artışı ve bunların sonucunda yaşanan sağlıksız kentleşme, zaman zaman şehir musluk sularının kirli su olarak görülmesi, gelir düzeyinin yükselmesi, tüketim tercihlerinin değişmesi, “daha hijyenik ve sağlıklı” lezzetli ve güvenilir içme suyu talebi sonucunda ülkemizde, özellikle kentleşmiş bölgelerde ambalajlı su tüketimi hızla artmaktadır. Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgeleri tüketimin en yoğun olduğu kesimlerdir (4,5).

Ülkemizin doğal kaynak suyu rezervleri açısından dünyanın en zengin üçüncü ülkesi olduğu ifade edilmektedir (4). Kayaç ve akiferler içerisinde toplanan, bir çıkış noktasından sürekli olarak kendiliğinden akan sular doğal kaynak suyu olarak tanımlanır (6).

Su sektöründeki büyüme devam etmektedir ve AB ülkeleri ile karşılaştırıldığında, Türkiye’de ambalajlı su tüketimi 2014 itibarıyla bazı AB ülkelerine yaklaşmış, bazılarını da geçmiştir (4). Hayatın temel maddesi olan su, kaynağından kullanım aşamasına kadar kimyasal ve fiziksel kirlenmelere çok elverişli olması nedeniyle, yaşamı tehdit edebilen birçok hastalığın da kaynağı olabilmektedir (7). Sağlıklı su dengeli mineral dağılımı olan, pestisid kalıntıları ve organik

maddeler içermeyen, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirli kalite parametrelerine uyan ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemeyen su olarak kabul edilir (8). Su kirliliği fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere 3’e ayrılmaktadır.

Suda meydana gelen kirliliğin büyük bir çoğunluğu kimyasal kirlenme ile meydana gelmektedir. Sanayi atıkları, tarımsal ilaç atıkları, petrol, deterjan atıkları su kimyasında önemli değişiklikler yapmaktadır (9). Ayrıca doğal sular, mineral, cevher ve kayalarda etkileşim yoluyla ayrışmalara ve bu şekilde metallerin suya karışmasına sebep olabilirler. Bu nedenle bazen yer altı suları çeşitli toksik metaller içerebilir. İçme suları da bu kaynaklardan temin edildiğinden kimyasal bileşimleri sürekli değişir. Toksik etkiye sahip ağır metalleri içeren suların uzun süreli içme amaçlı olarak tüketilmesi insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir (10). Sözelimi içme amacıyla kullanılan sulara As, Pb, Mn, Cd, Cu, Hg Cr gibi ağır metallerin bulunması ciltte incelleme, böbrek hasarı, karaciğer sirozu, sinir sisteminde ileti bozuklukları, gibi sorunlara yol açabilmektedir (11). Bu nedenle suların içilebilir olup olmadığına karar verebilmek açısından çeşitli kuruluşlar metal yoğunluğu bakımından bazı değerleri sınır değer olarak kabul etmiştir (12,13).

Toplumun bir bölümünün, su ihtiyacını sağlıklı olduğuna güvenemediği için musluk suyu yerine ambalajlı sulardan karşıladığı bir gerçektir. Ambalajlanarak tüketime sunulan doğal kaynak suları ve içme sularının bakteri içermemesi kadar ağır metal bulunma durumu ve konsantrasyonu da önem arz etmektedir. Bu çalışmada şişelenmiş kaynak suları ile Düzce şebeke suyunun ağır metal içeriği açısından karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## MATERYEL VE METOD

Musluk suyunu analiz etmek için numuneler Düzce il merkezinde belirlenen 14 ayrı lokasyondan 31.10.2014 tarihinde 50 ml’lik polipropilen kaplara alınmış ve kapakları kapatılıp numaralandırılarak Düzce Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarına gönderilmiştir.

Laboratuvara gönderilen numunelerin pH’ları uzun süre saklamak adına %67’lik konsantrasyona sahip supra pure HNO<sub>3</sub> (Merck, Germany) ile 2 olarak ayarlanmış ve analiz zamanına kadar +4 °C de saklanmıştır. Analizde ICP-MS cihazı olarak Thermo Scientific Element X2 (USA), Ultra saf su cihazı olarak Thermo Scientific TKA smart pure 2(USA), pH metre olarak HANNA HI 2221(Germany) cihazları kullanılmıştır. Kalibrasyon için ana stok ve ara stok olarak hazırlanan standart çözeltiler 1000 mg/L’lik konsantrasyona sahip olmakla birlikte ICP-MS cihazı için özel olarak kullanılan trace özelliktedir ve Fluka (Switzerland) markasından temin edilmiştir. Analiz sonuçlarının doğruluğunu kontrol etmek amacıyla Sertifikalı referans içme suyu çözeltilisi olarak LGC (UK) firmasından ERM-

CA011b kod'lu Hard Drinking water UK isimli referans içme suyu çözeltilisi kullanılmıştır. Çalışma boyunca kalibrasyon ve standart çözeltileri hazırlamak amacıyla kullanılan ultra saf suyun iletkenlik değeri 0.055  $\mu\text{S}$ 'dir. Analizde Çevre Koruma Örgütü (EPA)'nın uyguladığı EPA 6020 yöntemi kullanılmıştır.

Ticari doğal kaynak suyu numuneleri kaynağı Sakarya, Bursa, Gölçük, Düzce, Bolu ve Kocaeli olan 10 farklı markadan elde edilmiştir. Bu amaçla 500 ml pet şişelerde satışı sunulan örnekler alınarak polipropilen tüplere doldurulmuş ve laboratuvara gönderilmiştir. Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (DÜBIT) bor (B), alüminyum (Al), vanadyum (V), krom (Cr), mangan (Mn), demir (Fe), nikel (Ni), bakır (Cu), arsenik (As), stronsiyum (Sr), kadmiyum (Cd), antimon (Sb), civa (Hg) ve kurşun (Pb) ağır metalleri EPA 6020 yöntemi kullanılarak çalışılmıştır. Su örneklerindeki ağır metal değerleri; Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS) cihazı ile ölçülmüştür. Sonuçlar T.C. Sağlık Bakanlığı, DSÖ ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından kabul edilmiş kriterlere göre değerlendirilmiştir (11,12,14). 19 Ağustos 2011 tarih ve 28030 Sayılı "Klinik araştırmalar hakkında yönetmelik" gereği çalışma için etik kurul onayı alınmamıştır.

**İstatistiksel Analizler:** Verilerin değerlendirilmesinde SPSS 18 istatistik programı kullanılmıştır. Nicel veriler aritmetik ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir. Bağımsız gruplarda parametrik test koşulları sağlanmadığı için değişkenlerin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerde, anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak alınmıştır.

### BULGULAR

Tablo 1 ve 2'de ticari şişe suyu ve musluk suyu numunelerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları ile DSÖ, EPA ve Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te (7.3.2012) verilen sınır değerler gösterilmiştir. Alınan tüm numunelerde ağır metal düzeyleri DSÖ, EPA ve Sağlık Bakanlığı tarafından önerilen limit değerlerden düşük bulunmuştur.

Tablo 3'de numune alınan 10 ticari su markasının ağır metal düzeyi ortalaması ile Düzce ilinde 14 farklı noktadan alınan musluk suyu örneklerinin ağır metal düzeyi ortalaması karşılaştırılmıştır. Bor (B), alüminyum (Al), krom (Cr), mangan (Mn), demir (Fe), nikel (Ni), bakır (Cu), arsenik (As), stronsiyum (Sr), kadmiyum (Cd), civa (Hg) ve kurşun (Pb) ticari su numunelerinde musluk sularına göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur.

**Tablo 1.** Ticari su numunelerinde ağır metal düzeyleri ( $\mu\text{g/L}$ )

Ticari Su	B	Al	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	As	Sr	Cd	Sb	Hg	Pb
1	6,51	ÖL	0,41	0,17	ÖL	4,23	0,32	0,04	0,11	64,78	0,03	0,24	0,05	ÖL
2	3,43	ÖL	2,46	0,19	ÖL	5,68	0,16	ÖL	0,21	14,45	0,01	0,13	0,03	ÖL
3	ÖL	ÖL	0,23	0,08	0,11	7,12	0,21	0,02	0,20	43,54	0,02	0,13	0,03	ÖL
4	ÖL	ÖL	1,30	0,22	ÖL	4,69	0,35	0,03	0,09	17,74	0,02	0,12	0,02	0,01
5	9,55	ÖL	ÖL	ÖL	0,02	1,89	0,09	0,02	0,16	7,09	0,01	0,07	0,02	0,01
6	ÖL	ÖL	0,08	0,11	0,04	0,75	0,08	0,01	0,25	15,68	ÖL	0,17	0,02	0,01
7	6,98	0,05	ÖL	0,04	0,60	1,45	0,20	0,60	0,16	40,44	0,01	0,01	0,02	0,01
8	0,02	ÖL	ÖL	0,04	ÖL	1,85	0,14	ÖL	0,49	35,37	0,01	0,18	0,01	0,01
9	ÖL	ÖL	0,01	0,09	0,87	13,14	0,29	0,19	0,29	26,88	0,01	0,20	0,02	0,05
10	ÖL	ÖL	ÖL	0,07	0,49	8,56	0,21	0,10	0,36	31,35	0,01	0,20	0,02	0,03
DSÖ/EPA <sup>a</sup>	-	200	10	50	500	-	70	2000	10	4000	3	6	10	-
SB <sup>b</sup>	1000	200	-	50	50	200	20	-	10	-	5	-	1	10

a. Dünya Sağlık Örgütü / ABD. Çevre Koruma Ajansı,

b. TC. Sağlık Bakanlığı, ÖL: Ölçüm limitlerinin altında

**Tablo 2.** Musluk suyu numunelerinde ağır metal düzeyleri ( $\mu\text{g/L}$ )

Musluk suyu numunesi	B	Al	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	As	Sr	Cd	Sb	Hg	Pb
1	60,98	113,3	0,741	0,739	0,414	12,38	1,819	9,61	0,367	219,7	0,046	0,142	0,607	0,1
2	71,16	42,59	0,386	0,591	0,497	14,46	3,416	12,25	0,515	210	0,027	0,124	0,128	0,043
3	18,94	ÖL	0,844	0,62	1,388	16,34	1,581	3,46	0,475	228,2	0,043	0,171	0,107	0,526
4	12,23	9,779	1,014	0,659	0,189	14,29	1,836	11,87	0,74	287,3	0,043	0,045	0,074	0,215
5	81,78	ÖL	0,523	0,92	ÖL	12,37	1,454	19,58	0,472	236,6	0,032	0,14	0,05	0,392
6	89,96	64,34	0,499	0,892	0,579	12,08	1,9	8,46	0,627	225	0,028	0,12	0,042	0,18
7	81,2	5,586	0,516	0,797	1,028	11,46	1,491	11,21	0,732	199,7	0,029	0,109	0,029	0,119
8	56,87	11,69	0,397	0,542	0,528	36,47	0,806	10,28	0,577	131,2	0,015	0,078	0,037	0,08
9	67,34	72,67	0,318	0,78	0,325	26,26	1,387	36,58	0,645	150,2	0,02	0,079	0,04	0,065
10	99,55	17,03	1,763	0,119	0,325	31,89	1,851	12,28	0,978	49,66	0,011	0,377	0,031	0,43
11	91,19	ÖL	0,339	0,636	3,068	11,25	2,87	100,13	0,342	203,7	0,045	0,115	0,023	0,746
12	54,49	22,4	0,241	0,392	1,417	26,87	0,79	35,64	ÖL	108,4	0,022	0,075	0,02	0,156
13	82,17	22,95	0,313	1,465	0,498	44,69	1,622	46,7	0,525	172,2	0,029	0,109	0,017	0,125
14	28,35	34,88	0,062	0,167	0,037	5,23	5,431	14,58	0,785	50,95	0,008	0,047	0,019	0,019
DSÖ/EPA <sup>a</sup>	-	200	10	50	500	-	70	2000	10	4000	3	6	10	-
SB <sup>b</sup>	1000	200	-	50	50	200	20	-	10	-	5	-	1	10

a. Dünya Sağlık Örgütü / ABD. Çevre Koruma Ajansı

b. TC. Sağlık Bakanlığı

**Tablo 3.** Ticari sulardaki ağır metal ortalama değerleri ile musluk sularının karşılaştırılması

Ağır Metal	Ticari Su (µg/L)	Musluk Suyu (µg/L)	p
Bor (B)	2,649±3,71	64,015±27,47	<0,001
Alüminyum (Al)	0,005±0,01	29,801±33,3	0,001
Vanadyum (V)	0,449±0,81	0,568±0,42	0,48
Krom (Cr)	0,101±0,71	0,665±0,33	<0,001
Mangan (Mn)	0,213±0,31	0,735±0,80	0,031
Demir (Fe)	4,936±3,87	19,717±11,5	<0,001
Nikel (Ni)	0,205±0,09	2,018±1,20	<0,001
Bakır (Cu)	0,010±0,18	23,75±25,3	<0,001
Arsenik (As)	0,232±0,12	0,598±0,17	<0,001
Stronsiyum (Sr)	29,732±17,2	176,629±70,4	<0,001
Kadmiyum (Cd)	0,13±0,008	0,028±0,01	0,004
Antimon (Sb)	0,145±0,06	0,123±0,08	0,154
Cıva (Hg)	0,02±0,01	0,087±0,15	0,036
Kurşun (Pb)	0,013±0,01	0,228±0,21	<0,001

### TARTIŞMA

İçme suları içerisinde bulunmaması gereken ya da belirli miktarı geçmemesi gereken ağır metallerin içme ve kullanma sularındaki periyodik ölçüm ve kontrollerinin önemi, metallerin canlı organizmalarındaki olumsuz etkilerinin belirlenmesiyle artmıştır (15). Bu nedenle içme sularında ağır metal düzeylerinin belirlenmesi halk sağlığı açısından önemli ve zorunlu hale gelmiştir. Türkiye’de içme amaçlı olarak tüketilen şişe sularının kalitelerinin ve ağır metal düzeylerinin belirlenmesine yönelik az sayıda araştırma yapılmıştır.

Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerinden alınan kaynak suyu numunelerinde yapılan bir araştırmada bazı doğal kaynak suyu örneklerinde bromat, mangan ve arsenik yüksek bulunmuştur (7). Düzce’de yapılan bu çalışmada ise alınan tüm ticari şişe suyu numunelerinde ve tüm musluk suyu numunelerinde ağır metal konsantrasyonları DSÖ ve Sağlık Bakanlığı tarafından önerilen limit değerlerden düşük bulunmuştur. Özellikle kadmiyum, arsenik, cıva ve kurşun gibi canlılar için eser miktarları bile toksik etki gösterebilen ağır metallerin sınır değerlerin çok altında olması sevindirici bir sonuçtur. Ağır metal düzeyleri açısından musluk suyu ve ticari şişe sularının içilmesinde bir sakınca bulunmadığı görülmektedir.

Düzce’nin içme suyu tek arıtma sisteminden sağlanmaktadır. İçme suyu arıtma tesisinde arıtılan su yine tek kaynaktan beslenmektedir. Aşırı kuraklık olması durumunda devreye girmesi için açılmış kuyular arıtma tesisine su temininde rutin olarak kullanılmamaktadır. Çalışmada musluk suyu numuneleri aynı yöntem ile aynı gün içinde alınmış olmasına rağmen ağır metal ölçüm sonuçları birbirinden oldukça farklı olarak bulunmuştur. Örneğin bazı numunelerde

ölçülemeyecek düzeyde bulunan Alüminyum, beşinci numunede 5.5 µg/L, birinci numunede 113 µg/L olarak ölçülmüştür. Kurşun, cıva, mangan, bor ve diğer ağır metaller için de aynı durum söz konusudur. İçme suları kaynağında standartlara uygun arıtım işleminin ardından tüketiciye şebeke ile ulaştırılmaya çalışılmaktadır. Ancak tesisatta kullanılan malzeme ya da şebekeyi oluşturan bileşenlerde oluşabilecek kırılma ve çatlaklar, içme suyunun kalitesini ve ağır metal içeriğini etkileyebilmektedir (16). Bu çalışmada sınır değerlerin altında bulunsun dahi musluk sularında ağır metal konsantrasyonlarının birbirlerinden farklı olmasının nedeninin araştırılması gerekir. Bu amaçla ana su kaynağı olan derenin, zaman zaman kullanılan kuyuların ve arıtma işleminden geçirildikten sonra şebekeye verilen suyun ağır metal içerikleri incelenebilir. Bu ağır metal konsantrasyonları şebekenin uç noktaları ile karşılaştırılarak tesisat kaynaklı sorunların hangi ağır metal düzeyini ne kadar etkilediği tespit edilebilir. Çünkü yaşam için temel madde olan su, temiz ve sağlıklı olduğu durumda yararlı olabilir. Sudan kaynaklanan hastalıkların kontrol altında tutulması, musluklarla veya ambalaj ile tüketiciye ulaşmaya kadar en başta su kaynaklarının kirlenmemesinin sağlanması olmak üzere her aşamada gerekli tedbirlerin alınması ile mümkün olabilir.

Ticari su numuneleri arasında da farklı ağır metal ölçüm sonuçları bulunmuştur. Ancak kayaç ve akiferler içerisinde toplanan, bir çıkış noktasından sürekli olarak kendiliğinden akan sular olarak tanımlanan doğal kaynak sularının farklı kaynaklardan numune alınması sebebiyle ağır metal içeriklerinin farklı olması beklenen bir durumdur (6).

Bu çalışmada Düzce'de satılan ticari şişe sularından alınan numunelerin ağır metal düzeyi ortalaması ile Düzce ili musluk suyu numuneleri ağır metal düzeyi ortalaması karşılaştırıldığında Antimon ve vanadyum dışındaki ağır metaller ticari şişe suyu numunelerinde musluk sularına göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur. Ticari sular ile musluk suyu arasında en büyük fark alüminyumda görülmüştür. Musluk sularında Al düzeyleri limit değerleri aşmamakla birlikte ticari sulara göre oldukça yüksek bulunmuştur. Mısır'da yapılmış benzer bir çalışmada aynı şekilde musluk ve ticari şişe sularında Al sınır değerler içinde ve muslukta daha yüksek bulunmuştur (17). Suda alüminyum doğal ve yapay nedenlerle mevcut olabilir. Alüminyumun sulara doğal olarak bulunuşu asidik suların mineralleri çözmesi ile olurken, yapay olarak bulunma nedeni su arıtımında koagülasyon işlemi için Al tuzlarının kullanımınıdır. Düzce Belediyesi içme suyu arıtma tesislerinde özellikle suyun bulanık olarak geldiği zamanlarda Al koagülan olarak kullanılmaktadır (18). Al'un suya karışmasını engellenmek için Al tuzları yerine kullanılabilir alternatifler Fe'li ve organik koagülanlardır (19). Yüksek Al düzeylerinin Alzheimer, Parkinson, amiotrofik lateral sklerozis (ALS) anemi gibi sağlık üzerine ciddi etkileri olabilmektedir (20).

Bu çalışmada Fe değerleri hem ticari su numunelerinde hem de musluk suyu numunelerinde sınır değerlerin altında bulunmuştur. Poyraz ve arkadaşlarının Marmara Bölgesi'nde içme sularını inceledikleri çalışmada da Fe değerlerinin sınır değerlerin altında olduğu ortaya konmuştur (21). Başka bir çalışmada ise Fe değerleri sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur (22). DSÖ tarafından önerilen sınır değerlerin altındaki miktarlar sağlık için herhangi bir risk oluşturmaz. Ancak suda demir düzeyi 1000-3000 ug/L olduğunda tat ve renk bozukluğu meydana gelir (23).

Kadmiyum düzeyleri bu çalışmada ve Mısır'da yapılmış olan bir çalışmada musluk sularında ticari sulara göre yüksek olmakla birlikte normal sınırlarda bulunmuştur (17). Yapılan diğer bir çalışmada da Cd sınır değerlerin altında bulunmuştur (21). Galvanize borular veya kadmiyum içerebilen çinko borular suda kadmiyumun kaynağı olabilmektedirler.

Kurşun düzeyleri bu çalışmada ve Mısır'da yapılmış olan çalışmada tüm numunelerde sınır değerlerin altında bulunmuştur (17). Yunanistan'da yapılmış bir çalışmada da tüm ticari su numunelerinde kurşun ve diğer ağır metaller sınır değerlerden düşük bulunmuştur (24). Ancak DSÖ kurşunun kan düzeyinin güvenli olduğu net bir

değer belirlenemediğini bildirmiştir (25). Kronik kurşun zehirlenmesi depresyon, konsantrasyon güçlüğü gibi bilişsel bozukluklara, periferik nöropatlere ve kronik interstisyel nefropatiye neden olabilir. Çocuklar kurşunun etkilerine daha duyarlıdır. Çocukların uzun süre az miktarda kurşuna maruz kalmaları fiziksel ve psikolojik gelişim düzensizliği ile psikomotor bozukluklara, öğrenme güçlüklerine ve IQ'da düşmeye neden olmaktadır. Kurşunun kümülatif bir zehir olduğu bildirilmektedir. Kurşunun bulunduğu dokuya bağlı olarak değişen uzun bir yarılanma ömrü vardır. Kanda 28-36 gün, yumuşak dokuda 40 gün, mineralize dokularda ise 25 yıldan fazla sürede atılmaktadır (26,27). Bu nedenle vücutta biriken toplam kurşun miktarındaki artışın engellenmesi gerekmektedir.

Vanadyum düzeyleri bu çalışmada ve benzer bir çalışmada sınır değerlerin altında bulunmuştur (22). Mısır'da yapılmış olan çalışmada ise musluk sularında ticari sulara göre yüksek olmakla birlikte normal sınırlarda bulunmuştur (17). Vanadyumun içme sularında bulunması ile ilgili herhangi bir olumsuz etki bildirilmemiş olup, özellikle meslek hastalığı olarak inhalasyon yoluyla aşırı yüksek dozlarda toksik etkiler oluşturduğu bilinmektedir (28).

Bu çalışmada tüm musluk suyu ve ticari su numunelerinde ağır metal düzeyleri T.C. Sağlık Bakanlığı ve uluslararası kuruluşlar tarafından verilen sınır değerlerin altında bulunmuştur. Bu açıdan bakıldığında doğal kaynak suları ile şebeke suyunun ağır metal bakımından benzer değerler taşıdığı düşünülmektedir.

#### SONUÇ

Suyu topluma ulaştırmak bir kamu hizmetidir ve suyun muslukta temiz, sağlıklı bir şekilde akması yerel yönetimlerin en önemli vazifesidir. Bu nedenle bireylerle temiz ve kaliteli suya ulaşma konusunda sorumluluk bırakılmamalıdır. Bu çalışmada Düzce şehir şebeke suyu ve ticari suların toplanan su numunelerinde yapılan analizlerde ağır metal düzeylerinin ilgili kuruluşlar tarafından izin verilen limit değerlerin altında çıkması halk sağlığı açısından olumlu bir durumdur. Analizi yapılan ticari ve musluk sularının ağır metal yoğunluğu bakımından içilebilir nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak musluk suyu numunelerinde aynı kaynağın uç noktalarından aynı gün içinde alınan örnekler olmasına rağmen ağır metal ölçüm sonuçlarının birbirinden farklı bulunması tesisatla ilgili sorun olduğunu düşündürmektedir. Şehir şebeke suyunu dağıtan tesisatın gözde geçirilerek daha kaliteli suyun sunulması sağlanabilir.

**KAYNAKLAR**

1. Güler Ç, Çobanoğlu Z. Su Kirliliği. 1. Baskı, Ankara: Sağlık Bakanlığı Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi- 12, 1994.
2. Tekbaş ÖF, Oğur R. Eysel Su Arıtma Cihazlarına Dikkat. TAF Preventive Medicine Bulletin. 2009;8(2):i-ii.
3. Güler Ç, Vaizoğlu SA. Ekosistemler ve Sağlık. Eds.: Güler Ç, Akın L. İn: Halk sağlığı Temel Bilgiler 2. Cilt. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 2012:574-87.
4. Ambalajlı Su Üreticileri Derneği. Sektör Hakkında- Genel Yapı ve rakamsal Büyüklük. <http://www.suder.org.tr/sector.html> (Erişim Tarihi: 10.03.2017).
5. Ayabakan S, Çelik A, Erdoğan E, et al. Damacana su pazar analizi ve dağıtım ağı tasarımı. Endüstri Mühendisliği Dergisi. 2007;18(3):2-12.
6. Pehlivan R. Şişe Sularının Kalitesi ve Tüketicinin Korunması. [www.gidahareketi.org/su/sise\\_sularinin\\_kalitesi.pdf](http://www.gidahareketi.org/su/sise_sularinin_kalitesi.pdf) (Erişim Tarihi:10.03.2017).
7. Dönderici ZS, Dönderici A, Başarı F. Kaynak sularının fiziksel ve kimyasal Kaliteleri üzerine bir araştırma. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi. 2010;67(4):167-72.
8. Begun A, Ramaiah M, Harikrishna S, et al. Analysis of Heavy Metals Concentration in Soil and Litchens from Various Localities of Hosur Road, Bangalore, India. E-J Chem. 2009;6(1):13-22.
9. Sönmez AY, Hisar O, Karataş M, et al. Sular Bilgisi. Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi. Ankara: Nobel Basımevi, 2008:64-201.
10. Gündüz T. Çevre Sorunları. Ankara: Bilge Yayıncılık, 1994:130-3.
11. National Primary Drinking Water Regulations. EPA 2009. <http://water.epa.gov/drink/contaminants/upload/mcl-2.pdf> (Erişim Tarihi: 07.12.2014).
12. WHO. Guidelines for drinking-water quality: incorporating first addendum Vol. 1, Recommendations. – 3rd ed. Electronic version for the Web, 2006. Available from [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq0506.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506.pdf) (Erişim Tarihi: 10.03.2017).
13. T.C. Sağlık Bakanlığı İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelik.7.3.2013 tarihli Resmi Gazete. Sayı 28580.
14. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) 2012. Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories EPA 822-S-12-001, Office of Water. Washington, DC.
15. Güler Ç. Su Kalitesi. 1. Baskı, Ankara: Sağlık Bakanlığı Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi-43, 1997:55-84.
16. Ling EJ, Benham B, Forrester S. Virginia Household Water Quality Program: Heavy Metals in Household Water. Available from [http://www.wellwater.bse.vt.edu/files/HeavyMetals442-657\\_pdf.PDF](http://www.wellwater.bse.vt.edu/files/HeavyMetals442-657_pdf.PDF) (Erişim Tarihi: 10.03.2017).
17. Saleh MA, Ewane E, Jones J, et al. Chemical Evaluation of Commercial Bottled Drinking Water from Egypt. J Food Compos Anal. 2001;14:127-152 Available online at <http://www.idealibrary.com> on doi.10.006/jfca.2000.0858 (Erişim Tarihi: 07.12.2014).
18. Düzce Belediyesi 2007 Mali Yılı İdare Faaliyet Raporu. Erişim <http://www.duzce.bel.tr/upload/tr/dosya/dokumanyonetimi/7/08072010143203-1.pdf> (Erişim Tarihi: 07.12.2014).
19. Sulardaki Al konsantrasyonlarının sınırlandırılması. <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/898.pdf> (Erişim Tarihi: 07.12.2014).
20. Akman Ö, Atasever S, Güçlü E, et al. Alüminyum ve İnsan. [tip.baskent.edu.tr/egitim/mezuniyetoncesi/calismagr/.../13.P1.pdf](http://tip.baskent.edu.tr/egitim/mezuniyetoncesi/calismagr/.../13.P1.pdf) (Erişim Tarihi: 07.12.2014).
21. Poyraz B, Taşpınar F. Analysis, Assesment and Principal Component Analysis of Heavy Metals in Drinking Waters of Industrialized Region of Turkey. Int. J. Environ. Res. 2014; 8(4):1261-1270.
22. Yılmaz M, Kara İH, Poyraz B, et al. Konuralp Beldesinde İçme Sularının Elementer Analizi ve İçerdiği Ağır Metaller: Şebeke Suyu, Doğal Kaynak Suyu ve Zemzem Suyunun Karşılaştırılması. Konuralp Tıp Dergisi 2014;6(3):54-8.
23. WHO. Health Criteria And Other Information In: Guidelines For Drinking – Water Quality, Vol.:2, Geneva (1996). Available from [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/2edvol2p2b.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol2p2b.pdf?ua=1)
24. Karamanis D, Stamoulis K, Ioannides KG. Natural radionuclides and heavy metals in bottled water in Greece. Desalination 213. 2007; 90-97.
25. Exposure to lead: a major public health concern. Public Health and Environment World Health Organization 2010 Available from <http://www.who.int/ipcs/features/lead..pdf?ua=1> (Erişim Tarihi: 10.03.2017).
26. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Case Studies in Environmental Medicine (CSEM): Lead Toxicity Cover Page. Available from [www.atsdr.cdc.gov/csem/lead/pbcover\\_page2.html](http://www.atsdr.cdc.gov/csem/lead/pbcover_page2.html) (Erişim Tarihi: 07.12.2014).
27. Yapıcı G, Can G, Şahin Ü. Çocuklarda Asemptomatik Kurşun Zehirlenmesi. Cerrahpaşa Tıp Derg. 2002;33(3):197-204.
28. Air Quality Guidelines - Second Edition chapter 6.12. Available from [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0016/123082/AQG2ndEd\\_6\\_12vanadium.PDF](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0016/123082/AQG2ndEd_6_12vanadium.PDF) (Erişim Tarihi: 10.03.2017).