

VAN BÖLGESİ SU KAYNAKLARINDA AĞIR METAL KİRLİLİK DÜZEYLERİ*

Süleyman Alemdar^{@1} Sema Ağaoğlu¹ Mustafa Alişarlı¹ Semiha Dede²

Evaluation of Heavy Metal Pollution in the Water Resources of Van Province

Özet: Bu çalışmada, Van merkez ve ilçelerinde (Erciş, Özalp, Saray, Muradiye, Çaldıran, Gürpınar, Gevaş ve Edremit) bulunan kuyu, dere, kaynak/çeşme, musluk ve depo sularında ağır metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Ni ve Co) düzeyleri araştırıldı. Bu amaçla ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış dönemlerinde 100 farklı kaynaktan sağlanan toplam 366 örnek materyal olarak kullanıldı. Araştırma bulgularına göre; incelenen su kaynaklarının tamamında Mn ve Cd değerleri, merkez ve ilçelerdeki kuyu ve kaynak/çeşme sularında Fe, merkezdeki kuyu sularında ise Zn düzeyi İçme ve Kullanma Suları Standardı'nda bildirilen kriterlere uygun bulunmadı. Ayrıca, merkez ve ilçelerdeki kaynak/çeşme sularında Fe, Mn, Cd ve Ni; musluk sularında Mn, Cd ve Ni; depo sularında Mn ve Cd, ilçelerdeki depo sularında ise Ni düzeyi ilgili yönetmelikte bildirilen değerlere uygunluk göstermedi.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Su Kaynağı, Van

Summary: In the present study, heavy metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Ni and Co) levels of the water resources such as well, stream, fountain, tap and tank water obtained from the city of Van and its provinces were investigated. For this purpose, from 100 locations, four times from each locations being at spring, summer, autumn and winter, 366 samples were used as material. According to results; Mn and Cd values in all water samples, Fe values taken from well and fountain samples obtained from city center and its provinces and Zn values taken from wells obtained from city center were not in accordance given in the Turkish Drinking Water Standards. Furthermore, Fe, Mn, Cd and Ni concentrations in fountain samples obtained from city center and its provinces, Mn, Cd and Ni in tap water samples, Mn and Cd in tank water samples and Ni levels in tank water samples obtained from towns were not appropriate given in the related regulations.

Key Words: Heavy Metal, Water Resource, Van

Giriş

Sularda inorganik kirlenmenin en önemli kaynağını oluşturan metaller, biyolojik sistemlere yönelik etkileri ve çevre koşullarına dayanıklı olmaları nedeniyle diğer kimyasal kirleticilerden daha farklı bir özellik taşımaktadır (Egemen ve Sunlu, 1999). Metallerin büyük bir bölümü canlı organizmada birikme özelliğinde ve belirli derişimler üzerinde toksik etkilidir. Ayrıca kanserojen ve mutajen etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Sirover, 1981; Saldamlı, 1998). Suda metal iyonlarının artması su canlılarının bağışıklık sistemi, iyon dengeleri ve hayati önemi olan fizyolojik fonksiyonları üzerinde de olumsuz etkilidir (Munsuz ve Ünver, 1995; Atay ve Pulatsü, 2000).

Keban Baraj Gölü'nün kirlilik düzeyi ile ilgili yapılan bir çalışmada (Anonim, 1995a), ortalama çinko, demir, bakır ve krom düzeyleri sırasıyla 0,024, 0,24, 0,015 ve 0,06 µg/l olarak belirlenmiştir. Ekin ve Bildik (1997), Van merkez ve çevresinde bulunan içme ve kuyu sularında demir düzeyini sırasıyla 0,01-3 ve 0,03-1,30, çinko düzeyini 0,005-0,220 ve 0,006-0,257, bakır düzeyini ise 0,005-0,035 ve 0,005-0,013 mg/l arasında tespit etmişlerdir. Çelik ve Kayar (2003) Gediz nehrinin kirlilik durumunu belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, inceledikleri örneklerde krom, kadmiyum, bakır, demir, çinko ve nikel düzeylerini sırasıyla 0,09, 0,04, 0,39, 1, 3,15 ve 0,90 mg/l olarak saptamışlardır.

Geliş Tarihi: 13.04.2007

@: salemdar@yyu.edu.tr

* Bu çalışma TÜBİTAK Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri (ÇAYDAG) Araştırma Grubu (Proje No: YDABAG-101Y096) tarafından desteklenmiştir.

1. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi ABD, VAN

2. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya ABD, VAN

Doğal Kaynak, Maden ve İçme Suları ile Tıbbi Suların İstihsalı, Ambalajlanması ve Satışı Hakkında Yönetmelik (Anonim, 2000a)'te; doğal kaynak sularında demir 0.05, bakır 0.1, çinko 0.1, mangan 0.02, kadmiyum 0.005, krom 0.05 ve nikel 0.02 mg/l olarak bildirilmiştir. Aynı yönetmelikte; içme sularında demir 0.3, bakır 1.5, çinko 3.0, mangan 0.05, kadmiyum 0.003, krom 0.05 ve nikel 0.02 mg/l olarak sınırlandırılmıştır.

İçme ve Kullanma Suları Standardı (Anonim, 1997)'nda; kaynak (memba) suları dışındaki içme ve kullanma suları (dere, nehir, göl ve baraj) sınıf 1 grubu, kaynak suları (göze, pınar, kuyu ve galeri) ise sınıf 2 grubu sular şeklinde sınıflandırılmış; sınıf 1 grubu sulara fiziko-kimyasal nitelikler açısından tavsiye edilen (GL) ve müsaade edilebilecek maksimum değerler (MAC), sınıf 2 grubu sulara ise yalnızca maksimum değerler bildirilmiştir. Buna göre; sınıf 1 ve 2 grubu sulara demir sırasıyla 50 (200) ve 50, bakır 100 veya 3000 (3000) ve 100, çinko 100 veya 5000 (5000) ve 100, mangan 20 (50) ve 20, kadmiyum bulunmamalı (5) ve 5, krom bulunmamalı (50) ve 50, nikel bulunmamalı (50) ve 50 µg/l olarak bildirilmiştir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004)'nde; kıta içi su kaynakları kalite özelliklerine göre yüksek kaliteli sular (sınıf 1), az kirlenmiş sular (sınıf 2), kirliliği sular (sınıf 3) ve çok kirlenmiş sular (sınıf 4) olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. Bu sularla ilgili kalite kriterleri Tablo 1'de verilmiştir.

Van ilinde, özellikle göçlerden kaynaklanan nüfus artışına paralel olarak son yıllarda içme ve kullanma suyu gereksinimi artmıştır. Bölgenin potansiyel su kaynakları yılda 3.005.87 hm³ hacme sahiptir. Bunun yaklaşık %97'si (2915 hm³/yıl) yüzeysel kaynaklardan (nehirler, göller), diğer kısmı

ise yeraltı sularından sağlanmaktadır. Devlet Su İşleri Van Bölge Müdürlüğü'nün verilerine göre; mevcut su kaynaklarının 2025 yılına kadar yeterli olduğu, ancak daha sonraki yıllarda ciddi bir içme suyu sıkıntısı probleminin olabileceği bildirilmiştir (Anonim, 2003).

Bu çalışma, Van merkez ve ilçelerinde bulunan kuyu, dere, kaynak/çeşme, musluk ve depo sularında ağır metal düzeylerinin mevsimsel olarak incelenmesi, belirlenen verilerin ilgili standart ve yönetmeliklerde bildirilen değerlerle karşılaştırılması, tespit edilecek problemler ve çözümleri konusunda yetkili mercilerin bilgilendirilmesi amacıyla planlanmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada, Van merkez ve ilçelerinde (Erciş, Özalp, Saray, Muradiye, Çaldıran, Gürpınar, Gevaş ve Edremit) bulunan kuyu, dere, kaynak/çeşme, musluk ve depo sularından sağlanan toplam 366 örnek materyal olarak kullanıldı.

Örnek alımında TS 266 (Anonim, 1997)'da bildirilen kurallar uygulandı. Örnekler ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış dönemlerini içeren 1 yıllık süreçte periyodik olarak toplandı. Önceden belirlenen 100 ayrı kaynaktan alınan örnekler, soğuk zincirde Y.Y.Ü. Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı laboratuvarına getirilerek kimyasal yönden (demir, bakır, çinko, mangan, kadmiyum, krom, nikel ve kobalt) incelendi. Örneklerde ağır metal tayini Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrik yöntemle (Anonim, 1995b; Anonim, 2000b) yapıldı. Örneklerin alındığı kaynaklar ve örnek sayısı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Demir (µg Fe/l)	300	1000	5000	> 5000
Bakır (µg Cu/l)	20	50	200	> 200
Çinko (µg Zn/l)	200	500	2000	> 2000
Mangan (µg Mn/l)	100	500	3000	> 3000
Kadmiyum (µg Cd/l)	3	5	10	> 10
Krom (toplam) (µg Cr/l)	20	50	200	> 200
Nikel (µg Ni/l)	20	50	200	> 200
Kobalt (µg Co/l)	10	20	200	> 200

Tablo 2. Örnek alınan kaynakların Van merkez ve ilçelerine göre dağılımı

Kaynak	Van									
	merkez	Gevaş	Gürpınar	Edremit	Erciş	Muradiye	Çaldıran	Özalp	Saray	Toplam
Kuyu	13		1		2		2	3	2	23
Dere	3	3	1		3	1				11
Kaynak/Çeşme	9	1	3	1	2	1			2	19
Musluk	8	5	2	4	4	6	5	3	1	38
Depo	1	1		2	1	1	2	1		9
Toplam	34	10	7	7	12	9	9	7	5	100

Bulgular

Van merkez ve ilçelerindeki kuyu, dere, kaynak/çeşme, musluk ve depo sularında belirlenen ağır metal düzeylerinin mevsimsel dağılımı Tablo 3-6'da verilmiştir.

Van merkez ve ilçelerinde bulunan kuyu sularında ortalama demir miktarları sırasıyla 0.16 ± 0.022 ve 0.06 ± 0.010 mg/l olarak belirlenmiştir. Merkez ve ilçelerdeki diğer su kaynaklarında ortalama değerler sırasıyla 0.17 ± 0.045 ve 0.14 ± 0.032 (dere), 0.14 ± 0.025 ve 0.12 ± 0.014 (kaynak/çeşme), 0.19 ± 0.037 ve 0.12 ± 0.013 (musluk), 0.06 ± 0.030 ve 0.11 ± 0.017 mg/l (depo) olarak saptanmıştır. En yüksek demir ortalaması kuyu sularında merkez ve Gürpınar (0.15 ± 0.035); derelerde merkez ve Erciş (0.18 ± 0.070); kaynak/çeşme sularında merkez, Gevaş (0.16 ± 0.033) ve Muradiye (0.17 ± 0.078); musluk sularında merkez, Muradiye (0.17 ± 0.035), Özalp (0.16 ± 0.063) ve Saray (0.15 ± 0.053); depo sularında ise Edremit (0.15 ± 0.052) ve Muradiye (0.15 ± 0.015) ilçelerinde tespit edilmiştir. En düşük ortalama değerler kuyu sularında Çaldıran (0.03 ± 0.014) ve Saray (0.04 ± 0.010); derelerde Gürpınar (0.09 ± 0.041); kaynak/çeşme sularında Edremit (0.08 ± 0.017) ve Saray (0.08 ± 0.023); musluk sularında Çaldıran (0.05 ± 0.016); depo sularında ise merkez ve Erciş ilçesinde (0.06 ± 0.006) belirlenmiştir.

Van merkezde bulunan kuyu sularında ortalama bakır düzeyi 0.05 ± 0.008 mg/l olarak tespit edilmiştir. Merkezdeki diğer su kaynaklarında ortalama değerler 0.06 ± 0.022 (dere), 0.05 ± 0.010 (kaynak/çeşme), 0.06 ± 0.012 (musluk) ve 0.06 ± 0.030 mg/l (depo) olarak saptanmıştır. Ortalama bakır değerleri ilçelerdeki kuyu sularında 0.06 ± 0.011 , derelerde 0.06 ± 0.012 , kaynak/çeşme sularında 0.07 ± 0.010 , musluk sularında 0.05 ± 0.005 ve depo sularında 0.05 ± 0.011 mg/l olarak be-

lirlenmiştir. İncelenen su kaynaklarında ortalama bakır düzeyleri $100 \mu\text{g/l}$ 'den daha düşük bulunmuştur. En düşük ve yüksek ortalama değerler kuyu sularında sırasıyla Erciş (0.04 ± 0.023) ve Çaldıran (0.07 ± 0.024); derelerde Gevaş (0.06 ± 0.021) ve Muradiye (0.08 ± 0.057); kaynak/çeşme sularında Gevaş (0.05 ± 0.034) ve Saray (0.10 ± 0.033); musluk sularında Çaldıran (0.03 ± 0.009) ve merkez; depo sularında ise Erciş (0.03 ± 0.016) ve Özalp (0.08 ± 0.041) ilçelerinde tespit edilmiştir.

Ortalama çinko değerleri merkez ve ilçelerde bulunan kuyu sularında sırasıyla 0.14 ± 0.049 ve 0.06 ± 0.008 , derelerde 0.05 ± 0.009 ve 0.06 ± 0.008 , kaynak/çeşme sularında 0.05 ± 0.005 ve 0.04 ± 0.004 , musluk sularında 0.10 ± 0.020 ve 0.11 ± 0.011 , depo sularında ise 0.04 ± 0.006 ve 0.07 ± 0.019 mg/l olarak saptanmıştır. Kuyu sularında en düşük çinko ortalaması Saray (0.05 ± 0.008) ve Gürpınar (0.05 ± 0.012) ilçelerinde, en yüksek ortalama değer merkezde tespit edilmiştir. Kaynak/çeşme sularında en düşük ortalama değerler Gürpınar (0.04 ± 0.003) ve Erciş (0.04 ± 0.009) ilçelerinde belirlenmiş, Edremit ve Muradiye'de bulunan kaynak/çeşme sularında çinko düzeyleri daha yüksek bulunmuştur. En düşük ve yüksek ortalama değerler derelerde sırasıyla Muradiye (0.04 ± 0.005) ve Erciş (0.06 ± 0.020); musluk sularında Edremit (0.05 ± 0.009) ve Özalp (0.22 ± 0.057); depo sularında ise merkez ve Çaldıran ilçesinde (0.12 ± 0.079) tespit edilmiştir. İncelenen su kaynaklarından merkezdeki kuyu suları, Erciş, Muradiye, Çaldıran ve Özalp ilçelerinde bulunan musluk suları ve Çaldıran ilçesindeki depo sularında ortalama çinko düzeyleri $100 \mu\text{g/l}$ 'den yüksek bulunmuştur.

Van merkez ve ilçelerinde bulunan kuyu sularında ortalama mangan düzeyleri sırasıyla 0.08 ± 0.011 ve 0.47 ± 0.345 mg/l olarak belirlenmiştir. Ortalama değerler merkez ve ilçelerdeki

derelerde sırasıyla 0.09 ± 0.037 ve 0.12 ± 0.026 , kaynak/çeşme sularında 0.06 ± 0.016 ve 0.08 ± 0.011 , musluk sularında 0.09 ± 0.018 ve 0.09 ± 0.010 , depo sularında ise 0.11 ± 0.054 ve 0.09 ± 0.015 mg/l olarak saptanmıştır. Kuyu sularında en yüksek mangan ortalaması Çaldıran ilçesinde (2.23 ± 1.928) tespit edilmiştir. Bu su kaynaklarında minimum ve maksimum değerler arasındaki farklılık oldukça yüksek bulunmuştur. En düşük ve en yüksek ortalama değerler derelerde sırasıyla Gürpınar (0.05 ± 0.022) ve Muradiye (0.22 ± 0.172); kaynak/çeşme sularında Muradiye (0.06 ± 0.022) ve Edremit (0.10 ± 0.030); musluk sularında Çaldıran (0.06 ± 0.016) ve Gevaş (0.12 ± 0.048); depo sularında ise Erciş (0.07 ± 0.015) ve merkezde tespit edilmiştir.

Van merkezde bulunan kuyu, dere, kaynak/çeşme, musluk ve depo sularında ortalama kadmiyum düzeyleri sırasıyla 0.09 ± 0.019 , 0.07 ± 0.016 , 0.08 ± 0.009 , 0.07 ± 0.008 ve 0.08 ± 0.017 mg/l olarak saptanmıştır. Genel ortalama değerler ilçelerdeki su kaynaklarında 0.08 ± 0.007 (kuyu), 0.07 ± 0.009 (dere), 0.07 ± 0.008 (kaynak/çeşme), 0.08 ± 0.009 (musluk) ve 0.08 ± 0.008 mg/l (depo) olarak belirlenmiştir. En yüksek kadmiyum ortalaması Özalp ilçesinde bulunan musluk sularında (0.14 ± 0.072) tespit edilmiştir. Muradiye ilçesindeki kaynak suyu dışında, incelenen diğer su kaynaklarında ortalama kadmiyum değerleri $50 \mu\text{g/l}$ 'den daha yüksek bulunmuştur. Kuyu sularında en düşük kadmiyum ortalaması Gürpınar ilçesinde (0.06 ± 0.015), en yüksek ortalama değerler Van merkez ve Erciş ilçesinde (0.09 ± 0.024) tespit edilmiştir. Özalp, Çaldıran ve Saray ilçelerinde bulunan kuyu sularında ortalama kadmiyum düzeyleri kısmen benzer bulunmuştur. İncelenen diğer su kaynaklarında en düşük ve yüksek ortalama değerler derelerde sırasıyla Erciş (0.06 ± 0.014) ve Gürpınar (0.09 ± 0.027); kaynak/çeşme sularında Muradiye (0.04 ± 0.026) ve Gürpınar (0.08 ± 0.017); musluk sularında Çaldıran (0.05 ± 0.011) ve Özalp; depo sularında ise Erciş (0.06 ± 0.021) ve Edremit (0.09 ± 0.021) ilçelerinde belirlenmiştir.

Ortalama krom değerleri merkez ve ilçelerde bulunan kuyu sularında sırasıyla 0.03 ± 0.002 ve 0.04 ± 0.004 , derelerde 0.04 ± 0.005 ve 0.03 ± 0.003 , kaynak/çeşme sularında 0.04 ± 0.004 ve 0.04 ± 0.004 , musluk sularında 0.03 ± 0.003 ve 0.03 ± 0.001 , depo sularında ise 0.03 ± 0.013 ve 0.03 ± 0.004 mg/l olarak belirlenmiştir. En düşük ve yüksek ortalama değerler kuyu sularında sırasıyla Çaldıran (0.02 ± 0.003) ve Saray (0.06 ± 0.009); derelerde Gürpınar (0.02 ± 0.006) ve merkez; kaynak sularında Edremit (0.03 ± 0.013) ve Saray

(0.05 ± 0.017), musluk sularında merkez ve Saray (0.06 ± 0.009); depo sularında ise Muradiye (0.02 ± 0.009) ve Özalp (0.06 ± 0.011) ilçelerinde tespit edilmiştir.

Van merkez ve ilçelerinde bulunan kuyu sularında ortalama nikel düzeyleri sırasıyla 0.04 ± 0.008 ve 0.04 ± 0.008 mg/l olarak belirlenmiştir. Ortalama değerler merkez ve ilçelerdeki derelerde sırasıyla 0.04 ± 0.018 ve 0.02 ± 0.005 , kaynak/çeşme sularında 0.04 ± 0.009 ve 0.04 ± 0.007 , musluk sularında 0.04 ± 0.010 ve 0.03 ± 0.004 , depo sularında ise 0.01 ± 0.006 ve 0.04 ± 0.012 mg/l olarak tespit edilmiştir. İncelenen su kaynaklarından bazılarında (kuyu suları-Erciş, kaynak/çeşme suları-Edremit ve Erciş, depo suları-Edremit ve Muradiye) ortalama nikel düzeyleri $50 \mu\text{g/l}$ 'den yüksek bulunmuştur. Kuyu sularında en düşük nikel ortalaması Saray ilçesinde (0.03 ± 0.014) tespit edilmiştir. Çaldıran, Gürpınar ve Erciş ilçelerinde bulunan kuyu sularında ortalama değerler daha yüksek bulunmuştur. En düşük ortalama değerler derelerde Gürpınar (0.02 ± 0.009) ve Gevaş (0.02 ± 0.006); kaynak/çeşme sularında Muradiye (0.02 ± 0.013) ve Saray (0.02 ± 0.014); musluk sularında Edremit (0.02 ± 0.008) ve Saray (0.02 ± 0.013); depo sularında ise merkezde saptanmıştır. İncelenen su kaynaklarında en yüksek nikel düzeyleri derelerde Van merkez; musluk sularında Gevaş (0.05 ± 0.016) ve Özalp (0.05 ± 0.013); kaynak/çeşme ve depo sularında ise Edremit ilçesinde (sırasıyla 0.06 ± 0.026 ve 0.08 ± 0.082) belirlenmiştir.

Van merkezde bulunan kuyu, dere, kaynak/çeşme, musluk ve depo sularında ortalama kobalt düzeyleri sırasıyla 0.10 ± 0.006 , 0.09 ± 0.011 , 0.08 ± 0.008 , 0.12 ± 0.010 ve 0.05 ± 0.014 mg/l olarak saptanmıştır. Bu değerler ilçelerdeki kuyu sularında 0.08 ± 0.009 , derelerde 0.09 ± 0.009 , kaynak/çeşme sularında 0.08 ± 0.007 , musluk sularında 0.13 ± 0.009 , depo sularında ise 0.09 ± 0.008 mg/l olarak belirlenmiştir. İncelenen su kaynaklarında ortalama kobalt değerleri genelde $50 \mu\text{g/l}$ 'den yüksek bulunmuştur. Ancak, Van merkez ve Çaldıran ilçesindeki kuyu suları, Gevaş ilçesindeki dereler, Edremit ve Muradiye ilçelerindeki kaynak/çeşme suları, Gevaş ve Çaldıran ilçelerindeki depo suları ve Saray ilçesi dışındaki musluk sularında ortalama değerlerin $100 \mu\text{g/l}$ ve daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kuyu ve kaynak/çeşme sularında en düşük ortalama değerler Erciş ilçesinde (sırasıyla 0.07 ± 0.026 ve 0.08 ± 0.015); dere, musluk ve depo sularında ise sırasıyla Muradiye (0.04 ± 0.021) ve Saray (0.09 ± 0.016) ilçeleri ile merkezde tespit edil-

miştir. En yüksek ortalama değerler kuyu sularında merkez, Çaldıran (0.10±0.018) ve Gürpınar (0.10±0.024); derelerde Gevaş (0.11±0.018), kaynak/çeşme sularında Edremit (0.10±0.022) ve Mu-

radiye (0.11±0.035); musluk sularında Gevaş (0.16±0.038) ve Özalp (0.15±0.022); depo sularında ise Gevaş (0.10±0.029) ve Çaldıran (0.12±0.018) ilçelerinde saptanmıştır.

Tablo 3. Van merkez ve ilçelerindeki su kaynaklarında belirlenen ağır metal düzeylerinin ilkbahar dönemindeki dağılımı (mg/l)

Kaynak	İncelenen Parametreler							
	Demir (Fe)	Bakır (Cu)	Çinko (Zn)	Mangan (Mn)	Kadmium (Cd)	Krom (Cr)	Nikel (Ni)	Kobalt (Co)
Van merkez								
Kuyu	0.14 ± 0.033	0.03 ± 0.003	0.02 ± 0.005	0.05 ± 0.006	0.02 ± 0.005	0.03 ± 0.003	0.05 ± 0.008	0.09 ± 0.005
Dere	0.20 ± 0.073	0.03 ± 0.012	0.02 ± 0.007	0.05 ± 0.004	0.02 ± 0.012	0.04 ± 0.004	0.01 ± 0.007	0.09 ± 0.006
Kaynak/Çeşme	0.15 ± 0.021	0.03 ± 0.006	0.03 ± 0.006	0.05 ± 0.011	0.02 ± 0.005	0.05 ± 0.008	0.03 ± 0.010	0.10 ± 0.008
Musluk	0.10 ± 0.023	0.03 ± 0.007	0.02 ± 0.004	0.06 ± 0.007	0.03 ± 0.007	0.02 ± 0.005	0.02 ± 0.009	0.09 ± 0.006
Depo	0.12 ± 0.000	0.05 ± 0.000	0.04 ± 0.000	0.06 ± 0.000	0.03 ± 0.000	0.03 ± 0.000	0.01 ± 0.000	0.06 ± 0.000
İlçeler								
Kuyu	0.06 ± 0.019	0.04 ± 0.013	0.03 ± 0.007	0.16 ± 0.122	0.03 ± 0.008	0.03 ± 0.007	0.01 ± 0.006	0.08 ± 0.005
Dere	0.09 ± 0.025	0.06 ± 0.022	0.03 ± 0.005	0.04 ± 0.005	0.03 ± 0.011	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.005	0.08 ± 0.006
Kaynak/Çeşme	0.14 ± 0.031	0.06 ± 0.027	0.01 ± 0.004	0.06 ± 0.004	0.02 ± 0.004	0.03 ± 0.004	0.04 ± 0.012	0.08 ± 0.003
Musluk	0.12 ± 0.019	0.03 ± 0.003	0.04 ± 0.009	0.06 ± 0.007	0.02 ± 0.003	0.03 ± 0.003	0.02 ± 0.005	0.09 ± 0.003
Depo	0.11 ± 0.033	0.04 ± 0.005	0.03 ± 0.004	0.04 ± 0.011	0.03 ± 0.006	0.02 ± 0.005	0.03 ± 0.006	0.08 ± 0.003

Tablo 4. Van merkez ve ilçelerindeki su kaynaklarında belirlenen ağır metal düzeylerinin yaz dönemindeki dağılımı (mg/l)

Kaynak	İncelenen Parametreler							
	Demir (Fe)	Bakır (Cu)	Çinko (Zn)	Mangan (Mn)	Kadmium (Cd)	Krom (Cr)	Nikel (Ni)	Kobalt (Co)
Van merkez								
Kuyu	0.05 ± 0.016	0.04 ± 0.007	0.16 ± 0.060	0.04 ± 0.011	0.17 ± 0.058	0.02 ± 0.004	0.06 ± 0.020	0.09 ± 0.011
Dere	0.03 ± 0.026	0.02 ± 0.006	0.07 ± 0.001	0.06 ± 0.015	0.14 ± 0.013	0.04 ± 0.022	0.09 ± 0.020	0.06 ± 0.016
Kaynak/Çeşme	0.07 ± 0.030	0.05 ± 0.009	0.04 ± 0.008	0.01 ± 0.005	0.12 ± 0.009	0.02 ± 0.006	0.04 ± 0.019	0.08 ± 0.015
Musluk	0.03 ± 0.015	0.05 ± 0.011	0.13 ± 0.052	0.03 ± 0.012	0.10 ± 0.009	0.02 ± 0.003	0.04 ± 0.013	0.09 ± 0.016
Depo	0.01 ± 0.000	0.03 ± 0.000	0.06 ± 0.000	0.06 ± 0.000	0.09 ± 0.000	0.07 ± 0.000	0.005 ± 0.00	0.06 ± 0.000
İlçeler								
Kuyu	0.06 ± 0.014	0.04 ± 0.009	0.08 ± 0.006	0.13 ± 0.023	0.13 ± 0.007	0.05 ± 0.008	0.07 ± 0.011	0.10 ± 0.021
Dere	0.07 ± 0.010	0.04 ± 0.011	0.06 ± 0.005	0.12 ± 0.046	0.13 ± 0.007	0.03 ± 0.008	0.04 ± 0.007	0.10 ± 0.019
Kaynak/Çeşme	0.07 ± 0.012	0.06 ± 0.014	0.06 ± 0.005	0.08 ± 0.025	0.12 ± 0.006	0.04 ± 0.012	0.05 ± 0.006	0.11 ± 0.016
Musluk	0.07 ± 0.009	0.04 ± 0.005	0.13 ± 0.028	0.10 ± 0.028	0.14 ± 0.027	0.03 ± 0.004	0.06 ± 0.006	0.10 ± 0.008
Depo	0.07 ± 0.020	0.04 ± 0.008	0.12 ± 0.068	0.09 ± 0.021	0.12 ± 0.009	0.03 ± 0.010	0.06 ± 0.015	0.13 ± 0.010

Tablo 5. Van merkez ve ilçelerindeki su kaynaklarında belirlenen ağır metal düzeylerinin sonbahar dönemindeki dağılımı (mg/l)

Kaynak	İncelenen Parametreler							
	Demir (Fe)	Bakır (Cu)	Çinko (Zn)	Mangan (Mn)	Kadmiyum (Cd)	Krom (Cr)	Nikel (Ni)	Kobalt (Co)
Van merkez								
Kuyu	0.11 ± 0.034	<0.001	0.09 ± 0.020	0.06 ± 0.013	0.03 ± 0.005	0.03 ± 0.007	<0.001	0.14 ± 0.017
Dere	0.10 ± 0.052	<0.001	0.05 ± 0.019	0.01 ± 0.001	0.03 ± 0.012	0.04 ± 0.005	<0.001	0.08 ± 0.031
Kaynak/Çeşme	0.12 ± 0.027	<0.001	0.07 ± 0.007	0.02 ± 0.010	0.05 ± 0.006	0.04 ± 0.008	<0.001	0.09 ± 0.018
Musluk	0.29 ± 0.092	<0.001	0.11 ± 0.025	0.03 ± 0.010	0.06 ± 0.007	0.04 ± 0.006	<0.001	0.12 ± 0.024
Depo	0.01 ± 0.000	<0.001	0.03 ± 0.000	0.06 ± 0.000	0.09 ± 0.000	0.004 ± 0.00	<0.001	0.01 ± 0.000
İlçeler								
Kuyu	0.05 ± 0.019	<0.001	0.09 ± 0.022	1.22 ± 1.181	0.04 ± 0.005	0.03 ± 0.004	<0.001	0.05 ± 0.012
Dere	0.04 ± 0.022	<0.001	0.05 ± 0.009	0.04 ± 0.012	0.03 ± 0.007	0.02 ± 0.005	<0.001	0.04 ± 0.009
Kaynak/Çeşme	0.10 ± 0.024	<0.001	0.05 ± 0.012	0.03 ± 0.012	0.03 ± 0.008	0.03 ± 0.009	<0.001	0.06 ± 0.015
Musluk	0.05 ± 0.012	<0.001	0.16 ± 0.022	0.03 ± 0.004	0.04 ± 0.003	0.03 ± 0.004	<0.001	0.15 ± 0.016
Depo	0.09 ± 0.016	<0.001	0.05 ± 0.007	0.03 ± 0.012	0.05 ± 0.005	0.03 ± 0.008	<0.001	0.05 ± 0.016

Tablo 6. Van merkez ve ilçelerindeki su kaynaklarında belirlenen ağır metal düzeylerinin kış dönemindeki dağılımı (mg/l)

Kaynak	İncelenen Parametreler							
	Demir (Fe)	Bakır (Cu)	Çinko (Zn)	Mangan (Mn)	Kadmiyum (Cd)	Krom (Cr)	Nikel (Ni)	Kobalt (Co)
Van merkez								
Kuyu	0.35 ± 0.039	0.15 ± 0.006	0.33 ± 0.197	0.18 ± 0.006	0.10 ± 0.016	0.02 ± 0.004	0.05 ± 0.019	0.10 ± 0.015
Dere	0.35 ± 0.076	0.18 ± 0.008	0.08 ± 0.018	0.25 ± 0.121	0.09 ± 0.028	0.03 ± 0.009	0.07 ± 0.067	0.12 ± 0.028
Kaynak/Çeşme	0.27 ± 0.090	0.15 ± 0.010	0.07 ± 0.010	0.20 ± 0.043	0.12 ± 0.022	0.04 ± 0.010	0.10 ± 0.021	0.07 ± 0.022
Musluk	0.36 ± 0.079	0.17 ± 0.007	0.13 ± 0.049	0.24 ± 0.032	0.10 ± 0.018	0.03 ± 0.007	0.08 ± 0.033	0.16 ± 0.022
Depo	0.11 ± 0.000	0.14 ± 0.000	0.05 ± 0.000	0.28 ± 0.000	0.10 ± 0.000	0.04 ± 0.000	0.03 ± 0.000	0.07 ± 0.000
İlçeler								
Kuyu	0.10 ± 0.032	0.17 ± 0.013	0.03 ± 0.006	0.21 ± 0.020	0.10 ± 0.006	0.05 ± 0.010	0.08 ± 0.020	0.09 ± 0.022
Dere	0.35 ± 0.094	0.16 ± 0.014	0.08 ± 0.028	0.27 ± 0.068	0.09 ± 0.013	0.04 ± 0.007	0.05 ± 0.014	0.13 ± 0.023
Kaynak/Çeşme	0.15 ± 0.041	0.17 ± 0.004	0.05 ± 0.007	0.15 ± 0.019	0.11 ± 0.014	0.04 ± 0.008	0.07 ± 0.024	0.08 ± 0.015
Musluk	0.28 ± 0.041	0.15 ± 0.004	0.10 ± 0.010	0.19 ± 0.016	0.11 ± 0.007	0.03 ± 0.003	0.06 ± 0.015	0.20 ± 0.032
Depo	0.17 ± 0.065	0.16 ± 0.017	0.08 ± 0.036	0.22 ± 0.034	0.12 ± 0.019	0.05 ± 0.010	0.11 ± 0.047	0.10 ± 0.023

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Van merkez ve ilçelerinde bulunan kuyu, dere, kaynak/çeşme, musluk ve depo sularında ağır metal kirlilik düzeyleri ve mevsimsel değişimi araştırılmıştır.

İncelenen su kaynaklarında en yüksek demir

ortalaması merkezdeki musluk suları, Erciş ilçesinde bulunan dereler ve Muradiye ilçesindeki kaynak/çeşme suyunda belirlenmiş, en düşük ortalama değerler Çaldıran ve Saray ilçelerindeki kuyu sularında tespit edilmiştir. Mevsimsel değişkenler incelendiğinde, ortalama değerlerin merkezdeki depo sularında ilkbahar, diğer su kaynaklarında ise kış mevsiminde daha yüksek olduğu

görülmektedir. İlçelerdeki kuyu, dere ve musluk suları ile merkezde bulunan depo sularında en düşük ortalama değerler sonbaharda belirlenmiş, diğer su kaynaklarında mevsim ortalamaları yaz mevsiminde daha düşük bulunmuştur (Tablo 3-6).

Organizma için esansiyel bir element olan demir, sulara iki değerlikli çözünmüş halde, daha çok hidrojen karbonat ve sülfat şeklinde bulunur. Sulara az miktarda bulunması sağlık açısından sakınca oluşturmaz. Ancak, fazla miktarları içme sularında istenmeyen renk ve bulanıklığa neden olur. Bu özellikteki sular buhar kazanlarında tortu oluşumuna, su dağıtım sistemlerinde demir bakterilerinin çoğalmasına ve su borularının tıkanmasına neden olduğundan endüstriyel kullanıma da uygun değildir (Tekinşen ve Yalçın, 1990; Balkaya ve Açıköz, 2004).

Bu çalışmada, merkez ve ilçelerdeki kuyu, musluk ve depo sularında tespit edilen ortalama demir düzeyleri Ekin ve Bildik (1997)'in sonuçlarıyla kısmen uyumlu bulunmuştur. Ancak, derelerde belirlenen ortalama değerler Çelik ve Kayar (2003)'in bulgularıyla benzerlik göstermemektedir.

Van merkez ve ilçelerindeki derelerde belirlenen ortalama demir düzeyleri Standart (Anonim, 1997)'ta sınıf 1 grubu sular için bildirilen maksimum değere uygun bulunmuştur. Musluk ve depo sularında tespit edilen değerler Yönetmelik (Anonim, 2000a)'te belirlenen kriterlere uygunluk göstermiştir. Ancak kuyu ve kaynak/çeşme sularında belirlenen ortalama demir miktarları Standart (Anonim, 1997)'ta sınıf 2 grubu sular için bildirilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Kaynak/çeşme sularında tespit edilen ortalama değerler Yönetmelik (Anonim, 2000a)'te bildirilen kriterlere uygun bulunmamıştır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004)'ne göre; merkez ve ilçelerde bulunan dereler ortalama demir düzeyi açısından yüksek kaliteli sular (sınıf 1) içerisinde yer almaktadır.

Su kaynaklarında en düşük bakır ortalaması Erciş ilçesinde bulunan depo suyunda, en yüksek ortalama değer Saray ilçesindeki kaynak/çeşme sularında tespit edilmiştir. Tablolar (3-6) incelendiğinde; ortalama bakır düzeyinin merkezdeki kuyu, kaynak/çeşme ve musluk sularında ilkbahar, dereler ve depo sularında ise yaz mevsiminde daha düşük olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ilçelerde bulunan kuyu, dere ve kaynak/çeşme sularında yaz mevsiminde, musluk ve depo sularında ise ilkbaharda daha düşük bulunmuştur. Merkez ve ilçelerdeki su kaynaklarında en yüksek ortalama

değerler kış mevsiminde belirlenmiştir. İncelenen su kaynaklarında sonbahar mevsiminde bakır tespit edilememiştir.

Esansiyel bir element olan bakır, doğal çevrede yaygın şekilde bulunur. Organizmada bağ doku sentezi, iskelet mineralizasyonu, kolesterol metabolizması, bağışıklık sistemi ve hemoglobin oluşumunda önemli rol oynar (Saldamlı, 1998). Bazı bileşikler (sülfat, subasetat, klorür ve oksit gibi) ziraî mücadelede ve veteriner sahasında kullanılır. En önemli kullanım alanı elektrik-elektrolitik sanayidir. Bakır işletmelerine ait atıklar, bakır kaplar ve bakır yönünden zengin bölgelerden kaynaklanan akarsular bulaşıda en önemli kaynaklardır (Kaya, 1995). Doğal sulara çok ender rastlanan bir elementtir. Pirinç, bakır ve bronz içeren su borularının korozyonu ile içme sularına karışabilir. İçme amaçlı kullanılan sulara bakır düzeyinin litrede 1mg'dan fazla olması suyun renginin ve tadının değişmesine yol açar (Tekinşen ve Yalçın, 1990; Balkaya ve Açıköz, 2004). Organizmaya alınan bakır özellikle karaciğerde birikme özelliğindedir. Bakırın düşük dozda uzun süre alınması akut ve kronik zehirlenmelere neden olur. Bakır su canlıları üzerinde de toksik etkilidir (Kaya, 1995; Atay ve Pulatsü, 2000).

Bu çalışmada, merkez ve ilçelerdeki kuyu, musluk ve depo sularında tespit edilen ortalama bakır düzeyleri Ekin ve Bildik (1997)'in sonuçlarıyla benzer bulunmuştur. Ancak, derelerde belirlenen değerler Çelik ve Kayar (2003)'in bulgularıyla paralellik göstermemektedir.

Van merkez ve ilçelerindeki su kaynaklarında belirlenen ortalama bakır düzeyleri Yönetmelik (Anonim, 2000a) ve Standart (Anonim, 1997)'ta bildirilen değerlere uygunluk göstermiştir. Ancak, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004)'ne göre; merkez ve ilçelerdeki dereler ortalama bakır düzeyi açısından kirli sular (sınıf 3) içerisinde yer almaktadır.

İncelenen su kaynaklarında en yüksek çinko ortalaması merkezde bulunan kuyu suları, Erciş ve Özalp ilçelerindeki musluk suları ve Çaldıran ilçesindeki depo sularında belirlenmiş, en düşük ortalama değerler Gürpınar ve Erciş ilçelerinde bulunan kaynak/çeşme suları ve Muradiye ilçesinde bulunan dereye tespit edilmiştir. Mevsimsel değişkenler incelendiğinde; ortalama değerlerin merkezdeki depo sularında sonbahar, diğer su kaynaklarında ise ilkbahar mevsiminde daha düşük olduğu görülmektedir. İlçelerde bulunan su kaynaklarında en düşük ortalama değerler ilkbaharda

tespit edilmiştir. Mevsim ortalamaları merkezdeki kuyu suları ve derelerde kış, kaynak/çeşme sularında sonbahar, musluk ve depo sularında ise yaz mevsiminde daha yüksek bulunmuştur. Ortalama değerlerin ilçelerdeki kuyu ve musluk sularında sonbahar, kaynak/çeşme ve depo sularında yaz, derelerde ise kış mevsiminde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 3-6).

Esansiyel iz elementlerden çinko, doğada genellikle kadmiyumla birlikte bulunur (Kaya, 1995). Organizmada protein sentezi, karbonhidrat metabolizması ve enzimatik reaksiyonlarda önemli etkinliğe sahiptir. Ayrıca, bazı enzimlerin yapısında yer alır (Saldamlı, 1998). Element şeklinde zehirleyici özellikte değildir. Ancak, asit veya asitli maddelerin varlığında çözünabilir çinko tuzlarının şekillenmesiyle zehirlenmeye neden olur. Genelde doğal sularda bulunmaz, ancak endüstri atıkları ve su borularının (plastik, galvanizli ve bakırlı) korozyonu ile su sistemine karışabilir (Tekinşen ve Yalçın, 1990; Kaya, 1995). Çinko tuzlarının ürettiği sanayi dalları, çinko oksit içeren boyalar, çinko ve galvanizli ekipman, insan hekimliği ve veteriner hekimlikte tedavi amaçlı kullanılan çinko içeren preparatlar, antifungal ilaçlar ve insülin uygulamaları çinko bulaşısında önemli kaynaklardır (Kaya, 1995). Aşırı çinko alımında akciğer anizemi, arterioskleroz, anemi, karaciğer, böbrek, dalak, kalp ve beyinde kanama odakları ve dejeneratif bozuklukların şekillendiği bildirilmiştir (Kaya, 1995; Saldamlı, 1998).

Bu çalışmada, merkez ve ilçelerdeki musluk, depo ve kuyu sularında belirlenen çinko düzeyleri Ekin ve Bildik (1997)'in bulgularıyla paralellik göstermektedir. Ancak, derelerde tespit edilen ortalama değerler Çelik ve Kayar (2003)'ün sonuçlarından daha düşük bulunmuştur.

Van merkez ve ilçelerindeki kaynak, musluk ve depo sularında belirlenen ortalama çinko düzeyleri Yönetmelik (Anonim, 2000a)'te doğal kaynak ve içme suları için bildirilen değerlere uygun bulunmuştur. Merkezdeki kuyu suları dışında, incelenen su kaynaklarında tespit edilen ortalama değerler Standart (Anonim, 1997)'ta bildirilen kriterlere uygunluk göstermiştir. Merkez ve ilçelerdeki dereler ortalama çinko düzeyi açısından yüksek kaliteli sular (sınıf 1) içerisinde yer almaktadır (Anonim, 2004).

İncelenen su kaynaklarında en yüksek mangan ortalaması Çaldıran ilçesindeki kuyu sularında belirlenmiştir. En düşük ortalama değerler Gürpınar (dere), Muradiye (kaynak/çeşme) ve Çaldıran (mus-

luk) ilçelerinde tespit edilmiştir. Ortalama değerler ilçelerdeki kuyu sularında sonbahar, diğer su kaynaklarında ise kış mevsiminde daha yüksek bulunmuştur. Tablolar (3-6) incelendiğinde; ortalama mangan düzeyinin merkezdeki kuyu ve kaynak/çeşme sularında yaz, dere ve musluk sularında sonbahar, depo sularında ise ilkbahar mevsiminde daha düşük olduğu görülmektedir. İlçelerdeki kuyu suları ve derelerde en düşük ortalama değerler sırasıyla yaz ve ilkbahar mevsiminde, diğer su kaynaklarında ise sonbaharda tespit edilmiştir.

Organizma için esansiyel olan mangan sularda iki değerlikli çözülmüş şekilde, daha çok demirle birlikte bulunur. İçme sularında 0.1 mg/l'den daha fazla miktarda bulunması suyun lezzetinin bozulmasına neden olur. Sularda mangan düzeyinin artması balıklar ve diğer su canlıları üzerinde de olumsuz etkilidir (Tekinşen ve Yalçın, 1990; Saldamlı, 1998; Atay ve Pulatsü, 2000).

Bu çalışmada, Van merkez ve ilçelerindeki su kaynaklarında belirlenen ortalama mangan düzeyleri Yönetmelik (Anonim, 2000a) ve Standart (Anonim, 1997)'ta bildirilen değerlere uygunluk göstermemiştir. Merkezdeki dereler ortalama mangan düzeyi açısından yüksek kaliteli sular (sınıf 1), ilçelerdeki dereler ise az kirlenmiş sular (sınıf 2) içerisinde yer almaktadır (Anonim, 2004).

Su kaynaklarında en yüksek kadmiyum ortalaması Özalp ilçesinde bulunan musluk sularında, en düşük ortalama değer Muradiye ilçesindeki kaynak/çeşme suyunda saptanmıştır. Mevsimsel değişkenler incelendiğinde; merkez ve ilçelerdeki su kaynaklarında ortalama değerlerin yaz ve kış mevsimlerinde daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu kaynaklarda mevsim ortalamaları ilkbaharda daha düşük bulunmuştur (Tablo 3-6).

Toksik elementlerden kadmiyum, başta karaciğer ve böbrek olmak üzere tüm dokularda değişen düzeylerde birikme özelliğindedir. Endüstriyel atıklar ve zirai amaçlı kullanılan fosfatlı gübreler kadmiyum kirliliğini arttıran başlıca faktörlerdir. Kurşun, bakır, demir ve çelik üretiminde uygulanan işlemler, çinko galvanizlenmiş ekipman ve bileşiminde kadmiyum içeren gıda işleme makineleri kadmiyum bulaşısının en önemli kaynağını oluşturur (Kaya, 1995; Saldamlı, 1998; Egemen ve Sunlu, 1999). Sularda partiküller üzerinde absorbe olarak, bileşiklerin yapısına katılmış ya da dibe çökelmiş şekilde bulunur. Atmosferden presipitasyon yoluyla, yağmur ve sel suları, atık sular ya da galvanize boruların korozyonuyla alıcı sulara kaşır (Egemen ve Sunlu, 1999; Atay ve Pulatsü, 2000).

Yüksek dozda alımı; böbrek ve karaciğer hasarı, solunum ve dolaşım sistemi yetersizlikleri, kalp hipertrofisi, kemik iliği hiperplazisi, hipertansiyon, anemi ve diğer sistemik bozukluklara neden olmaktadır. Ayrıca kanserojen, mutajen ve teratojen etkisinin olduğu bildirilmiştir. Kadmiyum su canlıları üzerinde de olumsuz etkilidir (Kaya, 1995; Saldamlı, 1998).

Bu çalışmada, merkez ve ilçelerdeki derelerde tespit edilen ortalama kadmiyum değerleri Çelik ve Kayar (2003)'ün bulgularıyla paralellik göstermemektedir.

İncelenen su kaynaklarında belirlenen ortalama kadmiyum düzeyleri Yönetmelik (Anonim, 2000a) ve Standart (Anonim, 1997)'ta bildirilen kriterlere uygunluk göstermemiştir. Van merkez ve ilçelerinde bulunan dereler ortalama kadmiyum düzeyi açısından çok kirlenmiş sular (sınıf 4) içerisinde yer almaktadır (Anonim, 2004).

Van merkez ve ilçelerindeki su kaynaklarında en yüksek krom ortalaması Saray ilçesinde bulunan kuyu, kaynak/çeşme ve musluk suları ile Özalp ilçesindeki depo suyunda belirlenmiştir. En düşük ortalama değer Muradiye ilçesinde bulunan depo suyunda tespit edilmiştir. Ortalama değerler merkezde bulunan kuyu suları ve derelerde kış, depo sularında sonbahar, kaynak/çeşme ve musluk sularında ise yaz mevsiminde daha düşük bulunmuştur. En yüksek ortalama değerler merkezdeki kuyu ve kaynak/çeşme sularında ilkbahar, dere ve musluk sularında sonbahar, depo sularında ise yaz mevsiminde tespit edilmiştir. Mevsimsel değişkenler incelendiğinde; kobalt düzeyinin ilçelerdeki kuyu ve depo suları ile derelerde kış, kaynak/çeşme ve musluk sularında ise sırasıyla yaz ve sonbahar mevsimlerinde daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu su kaynaklarında ortalama değerler genelde ilkbahar mevsiminde daha düşük bulunmuştur (Tablo 3-6).

Krom, canlı organizmada birikme özelliğinde olan bir metaldir. Doğal sulara çok düşük düzeylerde bulunur. Paslanmaz çelik üretimi, metal pikaj işlemleri ve kesici aletlerde korozyon önleyici olarak yaygın şekilde kullanılır. Krom içeren endüstriyel atıklarla su sistemine karışır. Özellikle deri endüstrisi atık suları fazla miktarda krom (Cr^{+3} ve Cr^{+6}) içerir. Altı değerlikli krom bileşikleri toksik ve kanserojenik özelliğe sahiptir. Yüksek dozda alımı böbrek ve karaciğer hasarı, akciğer kanseri, deride ülser ve allerjik dermatite neden olur. Krom, balıklar ve diğer su canlıları üzerinde de toksik etkilidir (Anonim, 1995a; Saldamlı, 1998;

Atay ve Pulatsü, 2000).

Bu çalışmada, Van merkez ve ilçelerindeki derelerde belirlenen krom düzeyleri Çelik ve Kayar (2003)'ün sonuçlarından daha düşük bulunmuştur.

Merkez ve ilçelerdeki su kaynaklarında belirlenen ortalama krom düzeyleri Yönetmelik (Anonim, 2000a) ve Standart (Anonim, 1997)'ta bildirilen değerlere uygunluk göstermiştir. Van merkez ve ilçelerinde bulunan dereler ortalama krom düzeyi açısından az kirlenmiş sular (sınıf 2) içerisinde yer almaktadır (Anonim, 2004).

Su kaynaklarında en yüksek nikel ortalaması Edremit ilçesinde bulunan kaynak/çeşme ve depo sularında, en düşük ortalama değer merkezdeki depo suyunda belirlenmiştir. Mevsimsel değişkenler incelendiğinde; ortalama değerlerin ilçelerdeki musluk suları ile merkezdeki kuyu suları ve derelerde yaz, diğer su kaynaklarında ise kış mevsiminde daha yüksek olduğu görülmektedir. Mevsim ortalamaları merkezdeki depo sularında yaz mevsiminde, diğer su kaynaklarında ise ilkbaharda daha düşük bulunmuştur. İncelenen su kaynaklarında sonbahar mevsiminde nikel tespit edilememiştir (Tablo 3-6).

Organizma için esansiyel olan nikel, çevresel ortamda çok az miktarlarda bulunur. Elektrolitik kaplamada yaygın kullanılan bir metaldir. Fazla miktarda alındığında (max. 100-300 µg/gün) toksik etkili ve kanserojen özellikte olduğu bildirilmiştir. Nikel tatlı su ve deniz balıkları ile diğer su canlıları üzerinde de olumsuz etkilidir (Saldamlı, 1998; Bal-kaya ve Açıkgoz, 2004).

Bu çalışmada, Van merkez ve ilçelerindeki derelerde belirlenen nikel düzeyleri Çelik ve Kayar (2003)'ün sonuçlarıyla benzerlik göstermemektedir.

Merkez ve ilçelerdeki kaynak/çeşme suları ile merkezdeki depo suları dışındaki içme sularında (musluk suları-merkez ve ilçe, depo suları-ilçe) belirlenen ortalama nikel düzeyleri Yönetmelik (Anonim, 2000a)'te bildirilen kriterlere uygunluk göstermemiştir. İncelenen su kaynaklarında saptanan ortalama nikel değerleri Standart (Anonim, 1997)'ta sınıf 1 ve 2 grubu sular için bildirilen maksimum değere uygun bulunmuştur. Merkez ve ilçelerdeki dereler ortalama nikel düzeyi açısından az kirlenmiş sular (sınıf 2) içerisinde yer almaktadır (Anonim, 2004).

İncelenen örneklerde en yüksek kobalt ortalaması Gevaş ve Özalp ilçelerinde bulunan musluk sularında, en düşük ortalama değer Muradiye ilçesindeki dereye belirlenmiştir. Ortalama de-

ğerler ilçelerdeki kuyu, kaynak/çeşme ve depo sularında yaz mevsiminde, dere ve musluk sularında ise kış aylarında daha yüksek bulunmuştur. Tablolar (3-6) incelendiğinde; kobalt düzeyinin merkezdeki dere, musluk ve depo sularında kış, kuyu ve kaynak/çeşme sularında ise sırasıyla sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde daha yüksek olduğu, bu su kaynaklarında en düşük değerlerin belirlendiği mevsimlerin farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. İlçelerde bulunan su kaynaklarında ortalama değerler genelde sonbahar mevsiminde daha düşük bulunmuştur.

Organizma için esansiyel olan kobalt, B₁₂ vitamini yapısında bulunur. Vücutta demirin kullanımı ve tiroid hormonlarının sentezinde önemli rol oynar. Bazı metallerle (demir ve nikel gibi) birlikte alaşım yapımında ve elektrolitik kaplamada kullanılır. Endüstri atıklarıyla su ortamına karışır. Toprağın yapısı da suyun kobalt içeriği üzerinde etkilidir Yüksek dozda alımı toksisiteye neden olur (Munsuz ve Ünver, 1995; Saldamlı, 1998).

İçme ve Kullanma Suları Standardı (Anonim, 1997) ve ilgili Yönetmelik (Anonim, 2000a)'te doğal kaynak ve içme sularında kobalt düzeyleri ile ilgili limit değerler verilmediği için, bu konuda bir karşılaştırma yapılamamıştır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004)'ne göre; merkez ve ilçelerdeki dereler ortalama kobalt düzeyi açısından kirli sular (sınıf 3) içerisinde yer almaktadır.

Araştırma bulgularına göre; Van merkez ve ilçelerinde bulunan dere, kuyu ve kaynak/çeşme sularında bakır, krom ve nikel, derelerde demir, merkez ve ilçelerdeki kaynak/çeşme suları ile ilçelerdeki kuyu sularında ise çinko düzeyleri Standart (Anonim, 1997)'ta bildirilen kriterlere uygun bulunmuştur.

Merkez ve ilçelerdeki kaynak/çeşme sularında bakır, çinko, krom ve nikel; musluk ve depo sularında demir, bakır, çinko ve krom; merkezdeki depo sularında ise nikel düzeyleri Yönetmelik (Anonim, 2000a)'te bildirilen değerlere uygunluk göstermiştir. Ancak, merkez ve ilçelerdeki dere, kuyu ve kaynak/çeşme sularında mangan ve kadmiyum; merkez ve ilçelerdeki kuyu ve kaynak/çeşme sularında demir, merkezdeki kuyu sularında ise çinko düzeyleri Standart (Anonim, 1997)'ta bildirilen kriterlere uygun bulunmamıştır. Ayrıca, merkez ve ilçelerdeki depo sularında mangan ve kadmiyum; kaynak/çeşme sularında demir, mangan ve kadmiyum; musluk sularında mangan, kadmiyum ve nikel; ilçelerdeki depo sularında ise

nikel düzeyleri Yönetmelik (Anonim, 2000a)'te bildirilen değerlere uygunluk göstermemiştir.

İlçe ortalamaları dikkate alındığında; incelenen su kaynaklarının tamamında mangan ve kadmiyum; Van merkezde bulunan kuyu sularında demir ve çinko, kaynak/çeşme sularında demir; Gevaş ilçesinde bulunan kaynak/çeşme suyunda demir; Gürpınar ilçesinde bulunan kuyu ve kaynak/çeşme sularında demir; Edremit ilçesinde bulunan kaynak/çeşme suyunda demir ve nikel; Erciş ilçesinde bulunan kuyu ve kaynak/çeşme sularında demir ve nikel; Muradiye ilçesinde bulunan kaynak/çeşme suyunda demir; Özalp ilçesinde bulunan kuyu sularında demir; Saray ilçesinde bulunan kaynak/çeşme sularında demir, kuyu sularında ise ortalama krom düzeylerinin Standart (Anonim, 1997)'ta bildirilen sınır değerlere uygunluk göstermediği belirlenmiştir.

Toprağın yapısı, evsel ve endüstriyel atıklar, radyoaktif kalıntılar, fosil yakıtları ve maden işleme aktiviteleri toksik özellikteki metallerin çevreye yayılmasında etkili olan unsurlardır (Anonim, 1995a; Atay ve Pulatsü, 2000).

Yörede su kirliliğine neden olabilecek faktörler irdelendiğinde;

1-Van merkez ve ilçelerinde bulunan 18 belediyeden 12'sinde (%66.7), köylerin ise sadece %18'inde içme suyu şebekesinin bulunduğu, ancak bunların hiçbirinde arıtma sisteminin olmadığı,

2- Van ili'nin kanalizasyon sistemi ve su dağıtım şebekesi gibi alt yapı olanaklarının oldukça yetersiz olduğu,

3- Kentsel atıkların bölgede önemli bir çevre kirliliğine neden olduğu, çöplerden kaynaklanan sızıntı sularının sağlık açısından potansiyel risk oluşturabileceği bildirilmiştir (Kılınçaslan ve ark., 2003; Anonim, 2003).

Bu durum bölgedeki doğal su kaynaklarının kirlenmesinde önemli derecede etkili olmaktadır. Nitekim bu çalışmada incelenen kuyu, dere, kaynak/çeşme, musluk ve depo sularında ağır metal düzeyleri genelde yüksek bulunmuştur.

Araştırma sonuçları ve yukarıda açıklanan problemler dikkate alındığında; Van merkez ve ilçelerinde bulunan mahalli idarelerin bölgedeki mevcut su kaynaklarının korunması, sağlıklı içme suyu temini ve tespit edilen problemlerin çözümünü konularında acilen önlem alınmasının zorunlu olduğu kanısına varılmıştır.

Kaynaklar

Anonim (1995a). "Türkiye'nin Çevre Sorunları 95". Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Önder Matbaa, Ankara.

Anonim (1995b). "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 19th Ed., American Public Health Association, A.P.H.A. AWWA & WEF, Washington.

Anonim (1997). İçme ve Kullanma Suları Standardı. TS 266, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim (2000a). Doğal Kaynak, Maden ve İçme Suları ile Tıbbi Suların İstihsalı, Ambalajlanması ve Satışı Hakkında Yönetmelik, T.C. Sağlık Bakanlığı, Resmi Gazete Tarih: 26.07.2000, Sayı: 24121, Ankara.

Anonim (2000b). "Official Methods of Analysis of AOAC International". 17th Edition, W. Horwitz (Ed.), AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

Anonim (2003). "Van Tarım Master Planı", T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarım İl Müdürlüğü, Van.

Anonim (2004). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 31 Aralık 2004/25687 sayılı Resmi Gazete, Başbakanlık Basımevi, Ankara.

Atay, D., Pulatsız, S. (2000). "Su Kirlenmesi ve Kontrolü". Ankara Üniv. Zir. Fak. Su Ürünleri Yay. No: 1513, Ankara.

Balkaya, N., Açıkgöz, A. (2004). İçme suyu kalitesi ve

Türk içme suyu standartları. Standard Derg., 29-37.

Çelik, A., Kayar, V.N. (2003). Gediz nehri kıyısı kirlilik parametrelerinin tayini ve su kalitesinin belirlenmesi. Ekoloji Çevre Derg., 12, 47, 17-22.

Egemen, Ö., Sunlu, U. (1999). "Su Kalitesi". Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yay. No: 14, İzmir.

Ekin, S., Bildik, A. (1997). Van merkez ve çevresindeki sulara bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması. Yüzüncü Yıl Üniv. Sađ. Bil. Derg., 3, 1, 58-63.

Kaya, S. (1995). "Veteriner Klinik Toksikoloji". Medisan Yay. No: 21, Ankara.

Kılınçaslan, T., Gülersoy, N.Z., Levent, T.B., Adızel, Ö., Çiftçi, Y. (1995). Sürdürülebilir Gelişme Kapsamında Van Gölü Kapalı Havzası İçin Yatırım Alanlarının İrdelenmesi. Proje No: YDABAG-101Y094, İstanbul.

Munsuz, N., Ünver, İ. (1995). "Su Kalitesi". Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay. No: 1389, Ders Kitabı: 403, Ankara.

Saldamlı, İ. (1998). "Gıda Kimyası". Hacettepe Üniv. Gıda Müh., Ankara.

Sirover, M.A. (1981). Effects of metals in invitro bioassays. Environ. Health Perspect., 40, 163-172.

Tekingen, O.C., Yalçın, S. (1990). "Su Hijyeni ve Muayenesi". Selçuk Üniv. Aksaray Meslek Yüksek Okulu Ders Notları, Teksir No: 2, Aksaray.