



**T.C.
TUNCELI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TUNCELİ İLİ İÇME VE KULLANMA SULARINDA AĞIR METAL
KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Sezai ERGİN**

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

- 1. DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Veysel DEMİR**
- 2. DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Turgay DERE**

OCAK – 2015

**T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TUNCELİ İLİ İÇME VE KULLANMA SULARINDA AĞIR METAL
KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Sezai ERGİN
(Enstitü No: 101102103)**

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

- 1. DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Veysel DEMİR**
- 2. DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Turgay DERE**

OCAK – 2015

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, Tunceli ilinde insanlar tarafından yoğun olarak kullanılan içme ve kullanma sularında ağır metal kirliliğinin tespit edilmesi ve bu özelliklerin halk sağlığı açısından öneminin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla, alınan su örneklerinde siyanür, antimon, kadmiyum, arsenik, krom, bakır, selenyum, kurşun, nikel, civa gibi kimyasal kirlleticiler ölçülerek çıkan sonuçların Türkiye'deki mevzuat değerleri ile karşılaştırılması, insani tüketim amaçlı kullanılıp kullanılmayacağı, kullanılmayacak ise ne gibi önlemler ile kullanılabilir hale getirileceği değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın planlanması, hayata geçirilmesi, tezimin yazımı ve deneysel aşamada sabırla yanımda olan Danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Veysel Demir'e ve değerli katkılarından dolayı ayrıca tez 2. Danışmanım Yrd. Doç. Dr. Turgay DERE ile Yrd. Doç. Dr. Mehtap Tanyol, Yrd. Doç. Dr. Yeliz Çakır, Yrd. Doç. Dr. Durali Danabaş ve Yrd. Doç. Dr. Fatih Çelik'e teşekkür ederim.

Tez çalışmamda sağlanan imkânlar için, Tunceli İli Halk Sağlığı Müdürlüğü ve Tunceli Belediyesi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Sezai ERGİN
TUNCELİ-2015

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ	IX
SEMBOLLER LİSTESİ	X
1. GİRİŞ	1
1.1. Sularla İlgili Genel Bilgi.....	2
1.2. İçme Kullanma Sularının Sınıflandırılması ve Mevzuat.....	6
1.3. Su Kirliliği.....	9
1.4. Metaller ve Sularda Metal Kirliliği.....	12
1.4.1. Arsenik (As).....	15
1.4.2. Bakır (Cu).....	18
1.4.3. Kadmiyum (Cd).....	21
1.4.4. Antimon (Sb).....	23
1.4.5. Krom (Cr).....	24
1.4.6. Siyanür (CN ⁻).....	25
1.4.7. Kurşun (Pb).....	27
1.4.8. Nikel (Ni).....	29
1.4.9. Civa (Hg).....	31
1.4.10. Selenyum (Se).....	33
2. MATERYAL ve METOD	36
2.1. Materyal.....	36
2.1.1. Numune Alma Noktalarının Belirlenmesi.....	36
2.1.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	41
2.1.3. Kullanılan Malzeme ve Cihazlar.....	41

2.2. Metod.....	41
3. BULGULAR.....	44
3.1. Verilerin İstatistiksel Analizi.....	48
4. TARTIŞMA.....	54
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ÖZET

Tunceli genelinde içme ve kullanma sularının ağır metal miktarlarının belirlenmesi ile ilgili çalışmalar yapılmasına rağmen bunlar eksik ve dağınık olup, Tunceli coğrafyasındaki suların özelliklerinin karşılaştırılması ile ilgili şimdiye kadar ayrıntılı olarak herhangi bir bilimsel çalışma yapılmamıştır. Bu çalışma neticesinde bakılan içme ve kullanma sularının ağır metal kirlilik parametreleri ilin su kalitesi hakkında bilgi vereceği gibi, insan sağlığı açısından su ile bağlantılı hastalıkların değerlendirilmesinde ve halk sağlığının korunmasında faydalar sağlayacaktır.

Bu çalışmada 1 Ocak 2011-31 Aralık 2012 tarihleri arasında, Tunceli ili merkez ve ilçelerde insani tüketim amaçlı olarak kullanılan sulardan 100 farklı noktadan tekniğine uygun örnekler alınıp gerekli ön işlemler uygulandıktan sonra As, CN⁻, Sb, Cr, Se, Ni, Hg, Pb, Cu ve Cd gibi ağır metallerinin analizleri yapılmıştır. Sularda Sb, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni ve Se ölçümü ICP-MS ile EPA 6020 A metoduna göre yapılmıştır. CN⁻ EPA OIA-1677 metodu ile spektrofotometrik yöntemle çalışılmıştır. Su analizleri akredite olmuş laboratuarda çalışılmıştır ve istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar ülkemiz standardı olan İTASHY, ABD, Avrupa Birliği sınır değeri ve WHO kılavuz değeri ile karşılaştırılmış buna göre toplanan 100 adet su numunesinden 8 (% 8) tanesinde bir parametrenin ağır metal yönünden olması gereken standartların üzerinde olduğu saptanmıştır.

Bu 8 nokta için kirlilik tespit edildikten hemen sonra kaynaklardan teyit numuneleri alınmış, bakır seviyesi normal fakat arsenik miktarı yüksek çıkmıştır. Valilik kanalı ile il özel idaresi ve belediye ile birlikte çalışılarak yeni kaynaklar bulunup tüketime sunulmuştur. Arsenik tespit edilen eski kaynaklar kullanımdan kaldırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tunceli, Ağır Metal, İçme Suları, Arsenik, Bakır

SUMMARY

Investigation Of Heavymetal Pollution In Potable Water Of Tunceli

Although there are some limited studies on the determination of the amount of heavy metals in drinking and potable water throughout Tunceli, they were mostly insufficient and scattered. There has been no complete scientific study concerning the comparison of the characteristics of the water in details in the Tunceli region so far. Drinking and potable water heavy metal pollution parameters examined as the results of this study will provide information about the city's water quality and give benefits in the evaluation of diseases associated with water and in the protection of public health.

In this study, water samples were taken with appropriate techniques from the water used for the purpose of human consumption from 100 different points in Tunceli province and districts between 1 January 2011 and 31 December 2012. After applying the required pre-treatment, heavy metal analyzes were conducted for As, CN⁻, Sb, Cr, Se, Ni, Hg, Pb, Cu and Cd. Measurements of Sb, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni and Se in water was performed according to EPA method 6020 with ICP-MS measurements. CN⁻ was studied by spectrophotometric assay with the EPA OIE-1677 method. Water analyses were conducted in the accredited laboratories and the statistical evaluations were performed.

The results obtained in this study have been compared with the national ITASHY standards, the US, the European Union prescribed limit values and the WHO guideline values. From 100 samples, in 8 samples (8%), a parameter in terms of heavy metal content was above the compared national and international standard parameters.

For this 8 point, after detection of pollution, confirmation samples from the source were taken, copper level is found below standard levels, but the amount of arsenic was higher. In collaboration with Provincial Administrations through the Governorship and Municipality, new water resources were found and supplied for consumption. Old sources in which arsenic was detected were closed.

Key words: Tunceli, Heavy Metal, Drinking Water, Arsenic, and Copper.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Yeryüzündeki su kaynaklarını dağılımı.....	4
Şekil 1.2. Tunceli İlinde 2013 yılında Belediyeler tarafından içme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılmak üzere temin edilen su miktarının kaynaklara göre dağılımı.....	6
Şekil 2.1. Çalışma alanı ve örnek noktaları.....	37
Şekil 2.2. Su numunelerinin etiketlenmesi ve transfer kaplarına konması.....	40
Şekil 2.3. Perkin Elmer Sciex Nexion 300X marka ICP-MS cihazı.....	42
Şekil 2.4. Agilent 7700 marka ICP-MS cihazı.....	42
Şekil 3.1. Tunceli İlinde İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre sınır değerlerin üzerinde çıkan arsenik ve bakırın bulunduğu bölgeler.....	48

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Su kalitesi standartlarının karşılaştırılması.....	7
Tablo 1.2. Türkiye'de su yönetimi konuları ile görevli kurum ve kuruluşlar.....	8
Tablo 1.3. Su kirliliğın genel tipleri.....	10
Tablo 1.4. Belediye tarafından sağlanan suyun sektörel tarafından kullanımı.....	12
Tablo 1.5. Enzimlerin aktivitesine etki eden eser elementler.....	14
Tablo 2.1. Su numunelerinin toplandığı yerler.....	38
Tablo 2.2. Ağır metal analizleri ölçüm limitleri (Agilent 7700 marka ICP-MS cihazı).43	43
Tablo 3.1. İçme suyu örneklerinde ölçülen ağır metal miktarları.....	45
Tablo 3.2. İlçeler bazında alınan su örneklerinde tesbit edilen ağır metal miktarları ile ilgili bazı istatistiksel parametreler.....	50
Tablo 3.3. Bakır ve Arsenik konsantrasyonları izin verilen değerlerin üzerinde çıkan lokasyonlar.....	51
Tablo 3.4. Tunceli ilçelerinden elde edilen su örneklerinde kimyasal parametrelerin karşılaştırılması.....	52
Tablo 3.5. Su parametrelerine ait korelasyon matrisi.....	53

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
DSİ	: Devlet Su İşleri
EPA	: ABD Çevre Koruma Kurumu
IARC	: The International Agency for Research on Cancer
ICP MS	: İndiktüf Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrofotometresi (Inductively Coupled: Plasma – Mass Spectrometer)
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
İTASHY	: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
THSK	: Türkiye Halk Sağlığı Kurumu
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TÜSİAD	: Türk Sanayicileri ve İş Adamları Derneği
WHO (DSÖ)	: Dünya Sağlık Örgütü

SEMBOLLER LİSTESİ

As	: Arsenik
Ba	: Baryum
Bi	: Bizmut
Cd	: Kadmiyum
CN⁻	: Siyanür
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
Hg	: Civa
mg	: Miligram
µg	: Mikrogram
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
pH	: Hidrojenin Gücü
Ppm	: Milyonda Bir (Mikro)
Sb	: Antimon
Se	: Selenyum
Sn	: Kalay
V	: Vanadyum
Zn	: Çinko

1. GİRİŞ

Su yeryüzünde bilinen tüm yaşam formları için gerekli olan en önemli doğal kaynaklardan biri olup renksiz, kokusuz ve tatsız bir madde olarak tanımlanmaktadır. İnsanoğlunun yeryüzünde varlığını devam ettirebilmesi için yeterli ve sağlıklı suya ihtiyacı vardır (Var, 2008; TÜSİAD, 2008).

Su, değdiği her yere yaşam veren, birçok yönüyle yeni yaşamlar oluşturan bir madde, doğanın temel yapıtaşlarından birisidir. Doğa bir canlı olarak varsayılırsa, bu canlıya hayat veren varlığın, dolaşımındaki su olduğunu (nehirler, havzalar, göller, denizler) düşünmek mümkündür. İnsan ve doğa için yaşamsal önemde olan su, tarih boyunca insan ve doğa arasındaki ilişkinin temel belirleyenlerinden birisi olmuştur (Anonim, 2014).

Çeşitli yaş gruplarına göre farklılıklar göstermekle birlikte insan vücudunda ortalama % 70 oranında su vardır (Anonim, 2014). İnsan organizmasındaki suyun 2/3'ü hücre içerisinde, geriye kalan kısmı ise dokular arası sıvıda ve kanda bulunur. Su, sindirim sisteminde besinlerin hareketinden, bağırsakta sindirilmesi, emilip karaciğere taşınması, burada birçok enzimin etkisiyle karbonhidrat, protein ve yağ gibi canlı için yaşamsal yapıların oluşması ve birbirine dönüşmesinde temel ortamı oluşturur. Vücudumuzun pH dengesinin korunmasından başlayarak, hücrelerdeki moleküllere ve organellere dağılma ortamı oluşturmasına, kısaca vücuttaki bütün fizyolojik olayların yürütülmesinde su ya doğrudan ya da dolaylı olarak metabolik işlemlere katılır (Akın ve Akın, 2007; Tofan, 2008; Çağlaroğlu, 2011).

Canlılığın devamı için su ne kadar gerekli ise inorganik maddeler, aminoasitler ve vitaminler gibi canlılığın yapısını oluşturan birçok maddenin de düzenli olarak organizmaya alınması o oranda gereklidir. Su, bir besin maddesi olmasının yanında içme suyu olarak kullanıldığında da içinde erimiş halde birçok madde taşımaktadır. İnsanlar su ihtiyacını genel olarak tatlı su kaynaklarından (nehir, dere, çay vb.) ve kuyu gibi yer altı sularından karşılanmaktadır. Bu su kaynaklarının bazılarının insan sağlığı için gerekli, bazılarının ise insan sağlığını olumsuz etkileyen çeşitli elementleri içerdiği bilinmektedir. Bu elementler; kobalt (Co), krom (Cr), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), nikel (Ni), selenyum (Se), kalay (Sn), vanadyum (V) ve çinko (Zn) gibi insan organizmasının gelişimi için gerekli olanlar, arsenik (As) ve Baryum (Ba) gibi daha az gerekli olanlar ve gereksiz diye adlandırılan ve hiçbir metabolik fonksiyonu bilinmeyen bizmut (Bi), kadmiyum (Cd), civa

(Hg) ve kurşun (Pb) gibi elementlerdir (Asubiojo vd., 1997; Farghaly, 2003; Kovancı, 2008). Dinamik döngüsü nedeniyle su bir taraftan yapısına giren maddeleri taşıırken, diğer taraftan kimyasal ve fiziksel kirlenmelere son derece elverişli olması nedeniyle, yaşamı tehdit edebilen birçok hastalığın da kaynağı olabilmektedir (Dönderici vd., 2010).

Sağlıklı suda mikrobiyolojik (bakteri, virüs, parazitler vs.), fiziksel (pH vs.), radyoaktivite ve kimyasal yönden (Cu, Fe vs.) içerdiği madde konsantrasyonları belli limitler içerisinde olması gereklidir. Su yapısında bulunan ve insanda zararlı etki oluşturabilecek maddelerin arasında metaller önemli yer tutmaktadır. Metallerin birçoğu (As, Cd, Se, Pb) son derece zehirli olmalarının yanında, bazıları (As, Cd, Cr, Pb, Hg, Ni, Se vs.) kanserojen; bazıları ise mutajenik ve teratojenik etkilere sahiptir (Tofan, 2008).

Günümüzde içme suları içindeki ağır metallerin birçoğunun insan sağlığına kısa ve uzun dönemli etkileri bilinmekte olup, bu maddelerin limit düzeyleri yasal düzenlemelerle belirlenmiş, içme sularında metal düzeylerinin (CN⁻, Sb, Cd, As, Cr, Cu, Se, Pb, Ni, Hg vs.) bakılması rutinleşmiş ve zorunlu hale gelmiştir.

Bu çalışma ile Tunceli ilinde insanlar tarafından tüketilen su kaynaklarından alınan numunelerdeki CN⁻, Sb, Cd, As, Cr, Cu, Se, Pb, Ni, Hg gibi ağır metal düzeyleri belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen değerler, ülkemizde ve dünyada içme sularında izin verilen üst sınır değerleri ile karşılaştırılarak halk sağlığı açısından önemi tartışılmıştır.

1.1. Sularla İlgili Genel Bilgi

Doğada en bol bulunan ve günlük hayatımızda en çok rastlanan bileşiklerden biri olan suyu Yunan felsefeci Miletus'lu Thales suyun her şeyin başladığı ve en sonunda geri döndüğü kaynak olarak tanımlamıştır. Atmosferde meydana gelen bütün meteorolojik olaylarında temelini oluşturan su atmosferde bulunan diğer bütün gazlardan farklı olarak homojen dağılmamıştır. Bu farklılık ve enerji alışverişi ile birlikte yürüyen faz değişimleri ekolojik dengenin kurulmasında önemli rol oynar. Isı kapasitesi çok yüksek bir değere sahip olması nedeniyle fazla miktarda enerji depolayabilmesini sağlar. Bundan dolayı suyun ısı kalkanı ve ısı deposu olarak kullanılmasına, her şeyden daha önemlisi suyun bu özelliği sayesinde insanların ve diğer canlıların vücut sıcaklıklarında büyük değişme olmamasını sağlar. Özgül ısısı ve buharlaşma entalpisi oldukça yüksek bir akışkan olan su, aynı zamanda yeryüzüne düşen güneş enerjisinin depolayıp gündüzden geceye ve yazdan

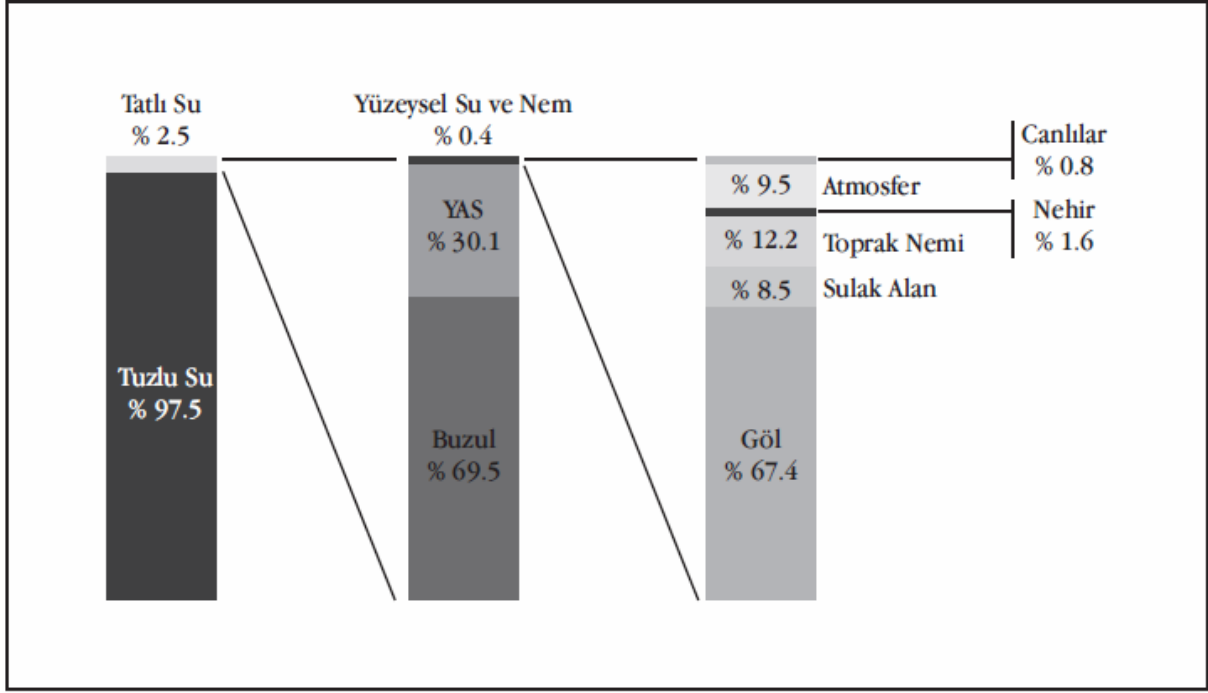
kısa transferinde ve böylece iklim koşullarının yumuşatılmasında da etkili rol oynar. Ekosistemlerin devamlılıklarında suyun yüksek ısı kapasitesinin etkisi büyüktür (Yalçın ve Gürü., 2002; Ünalın, 2011; Sağırdadı, 2011; Yanço, 2013).

Su güneş enerjisinden kaynaklanan hidrolojik çevrimle sürekli karalarla denizler arasında hareket halinde olup yaşam için sürdürülebilir olma özelliğini korur. Olay, yalnızca büyük bir döngü değil; kıtasal, bölgesel ve yerel boyutta birbiriyle bağlantılı birçok döngüden meydana gelir. Küresel hidrolojik döngüde toplam su hacmi esasen sabit kalmasına rağmen değişmektedir. İnsanoğlunun kurduğu şehirlerde su borularında, evlerde, kanalizasyonda öte yandan canlıların damarlarında, dokularında, hücrelerinde hareket halinde olup yaşamsal öneme sahip fonksiyonları yerine getirmekte ve giderek değeri artmaktadır. Günümüzde bir zenginlik kaynağı haline gelmiş, sayısız kullanım alanının (enerji, tarım, sanayi, evsel vs.) yanında şişeye konup satılabilecek kadar değeri artmıştır (Yolcubal, 2006; Anonim, 2014).

Nüfus artışı aynı zamanda sulama, içme ve kullanma suyu yanında endüstriyel su kullanımını da arttırmaktadır. Bu sebeple toplam su tüketimi sürekli bir şekilde artmaktadır. Çok fazla kullanım alanına sahip olan suyun kullanım amacını o bölgede yaşayan toplumların ihtiyacı belirler. Su gıda ve enerji kaynağı olarak (hidroelektrik santrali ve jeotermal enerji) sulama kaynağı olarak tarımda, solvent, temizleyici ve soğutucu, ulaşımda veya atıkların deşarj sistemi olarak kullanılabilir (Sargın, 2010; Yanço, 2013).

Yerkürenin dörtte üçünü kaplayan ve yerkürede sınırsız bir kaynak gibi görünen suların % 97,5 ni tuzlu su oluşturmakta olup geriye kalan suyun çok az bir kısmına insan ulaşabilme imkânına sahiptir. Yeryüzündeki su kaynaklarının dağılımı Şekil 1.1. de gösterilmiştir.

Kullanılabilir suyun yeryüzündeki dağılımı coğrafyaya ve zamana göre farklılık göstermekte olup eşit dağılmamıştır. Dünyada bazı bölgelerinde su sıkıntısı yaşanmaktadır. Yerkürede bu kadar çok bulunan su ile ilgili kıtlığın yaşanması da ilginçtir. 1,4 milyar km³ olan dünya su rezervinin % 97,5'i içme ve kullanma suyu olarak bugün için kullanımı ekonomik olarak mümkün olmayan tuzlu sudur. Geriye kalan %2,5'luk tatlı suyun çok büyük bir bölümü ise kutuplarda buzul halinde veya yüzey seviyesinden bin metreyi aşan derinliklerde bulunmaktadır. Kullanılabilir durumdaki tatlı su miktarı, toplam tatlı su rezervinin yalnızca % 1'i kadardır (İşgenç, 2005).



Şekil 1.1. Yeryüzündeki su kaynaklarını dağılımı (TÜSİAD, 2008).

Türkiye'nin su potansiyeli yılda ortalama 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Bu su çeşitli bileşenlerden oluşur; 274 milyar m³'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m³'lük suyun 28 milyar m³'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelere gelen yılda ortalama 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü su potansiyeli 193 milyar m³ olmaktadır. Yer altı suyunu besleyen 41 milyar m³ de dikkate alındığında, ülkemizin suyunun toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Ancak günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli maksatlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü su potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m³, komşu ülkelere yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m³ olmak üzere, yılda ortalama toplam 98 milyar m³'tür. 14,7 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı su potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olup, 44 milyar m³'ü kullanılmaktadır (Burak vd., 1997; Akın ve Akın, 2007; TÜSİAD, 2008).

Ülkemizin birçok su kaynağına sahip olması ve haritada serpilmiş şekilde doğal ve yapay baraj göllerin bulunması ilk bakışta su zengini algısı oluşturmaktadır. Bu düşünüldüğü gibi olmayıp su varlığına göre ülkeler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır:

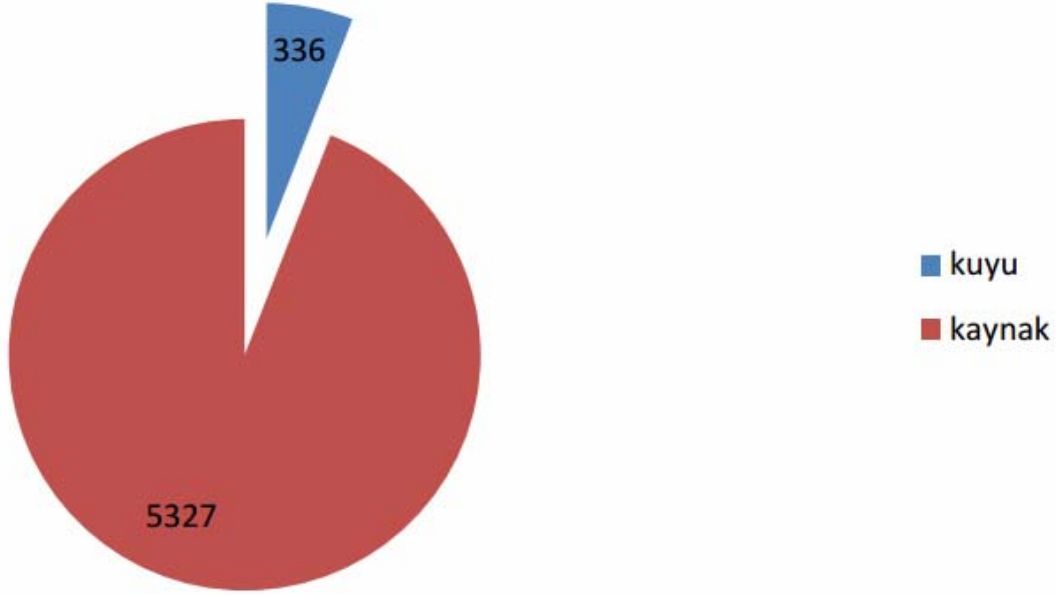
1. Su fakiri ülkeler yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.000 m^3 'ten daha az.
2. Su azlığı olan ülkeler yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 2.000 m^3 'ten daha az.
3. Su zengini ülkeler yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı $8.000-10.000 \text{ m}^3$ 'ten daha fazla olan ülkelerdir.

Türkiye su zengini bir ülke değildir. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519 m^3 civarındadır. Türkiye İstatistik Kurumu 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının $1.120 \text{ m}^3/\text{yıl}$ civarında olacağı söylenebilir (DSİ, 2012).

Ülkemizde içme ve kullanma suları ile ilgili olarak suyun tüketime sunulmasında iki faktör dikkate alınır. Bunlardan birincisi suyun kalitesidir, ikincisi de suyun miktarı ve yararlanan nüfustur. Suyun kalitesinin tespiti için yönetmeliğe göre belirlenmiş parametrelere bakılır. Bu mikrobiyolojik, kimyasal, gösterge ve radyoaktivite parametrelerinden oluşur. Suyun miktarında ise suyun tüketim amaçlı kullanıma yetecek miktarda olmalı ve yıl içinde mevsimler, aylar boyunca debi değişiminin kullanım amacına uygun olmasıdır. Yönetmelikte suyun debisi ve kullanan nüfus dikkate alınmış olup, günlük ortalama 10 m^3 den fazla su sağlayan veya 50 den fazla kişi tarafından kullanılan suların analizlerinin yapılması gerektiği belirtilmiştir (İTASHY, 2005; TÜSİAD, 2008).

Tunceli ilinin de bulunduğu Fırat Havzası, Türkiye akarsu havzalarının en büyüğü olup, ülke yüzölçümünün % 16,31'ini kapsamaktadır (Mor ve Çitçi, 2002). Ülkemizde ortalama yıllık yağış miktarı 643 mm , ilimizde $808,9 \text{ mm}$ olup Türkiye ortalamasının üstündedir. Tunceli ilinde merkezinde en büyük yerüstü su kaynakları olan Munzur suyu ve Pülümür çayı birleşir. Bunun yanında Tahar Çayı, Mercan Çayı, Peri Suyu, Singeç Deresi, Havaçor Çayı, Büyükdere, Karolar Çayı ve çok sayıda göl olup yeryüzü şekilleri, bitki örtüsünün varlığı ve yağış rejimi nedeniyle çok sayıda küçük su kaynakları mevcuttur. Doğu Anadolu orman kuşağı içinde yer alan Tunceli ili topraklarının %27'sini kaplayan ormanlar ilin orta ve kuzey kesimlerinde yoğunlaşmaktadır. İlin kuzeyi batıdan

doğuya doğru sıralar halinde uzanan dağları 1800-2000 metreden daha yüksek olup, yağın kar yer altı kaynaklarını beslemektedir (Yeşil, 2014). Tunceli ilinin içme suyu birçok kaynaktan sağlanmaktadır. Tunceli de 2013 yılı belediyeler tarafından içme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılmak üzere temin edilen su miktarının kaynaklara göre dağılımı Şekil.1.2. de görülmektedir. Tunceli ilinde farklı büyüklüklerde çok sayıda kaynak bulunmaktadır.



Şekil 1.2. Tunceli ilinde 2013 yılı belediyeler tarafından içme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılmak üzere temin edilen su miktarının kaynaklara göre dağılımı (TUİK, 2013)

1.2. İçme Kullanma Sularının Sınıflandırılması ve Mevzuat

İçme suyu ile ilgili dünyada birçok ülkenin kendi standartları olup bu standartlar genellikle Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Avrupa Birliği (AB) gibi uluslararası kuruluşlarca içme ve kullanma suları ile ilgili belirlenen standartlar göre yapılmıştır. Su kalitesi standartlarının karşılaştırılması Tablo 1.1. de verilmiştir. Genellikle parametrelerin limit değerleri birbirine benzemekte olsa da farklılıklar bulunmaktadır. Ülkemizde de dünya standartlarına paralel İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İ.T.A.S.H.Y. 2005) ve TS266 standardı mevcuttur.

Tablo 1.1. Su kalitesi standartlarının karşılaştırılması (İSKİ, 2014).

PARAMETRE	BİRİM	TS 288 2006	WHO 1993	EPA 2003	EC 1998	İTASHY 2005
Alüminyum	mg/l	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Arsenik	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Kadmiyum	mg/l	0,005	0,003	0,005	0,005	0,005
Krom	mg/l	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05
Siyanür	mg/l	0,05	0,07	0,20	0,05	0,05
Kurşun	mg/l	0,010	0,010	0,015	0,010	0,010
Civa	mg/l	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
Selenyum	mg/l	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01
Antimon	mg/l	0,005	0,020	0,006	0,005	0,005
Bakır	mg/l	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0

Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nda (Madde 168) – Tabii servetler ve kaynaklar Devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkı Devlete aittir. Devlet bu hakkını belli bir süre için, gerçek ve tüzel kişilere devredebilir. Hangi tabii servet ve kaynağın arama ve işletmesinin, Devletin gerçek ve tüzel kişilerle ortak olarak veya doğrudan gerçek ve tüzel kişiler eliyle yapılması, kanunun açık iznine bağlıdır. Bu durumda gerçek ve tüzel kişilerin uyması gereken şartlar ve Devletçe yapılacak gözetim, denetim usul ve esasları ve müeyyideler kanunda gösterilir (Resmi Gazete, 1981).

Anayasadan başlamak üzere yasalar (Çevre Kanunu, 6200 sayılı DSİ kanunu, 167. sayılı yer altı suları kanunu) ve daha aşağı mevzuat da su ile ilgili birçok kuruma görev verilmiş ve birçok yasal düzenleme yapılmıştır. Ülkemizde su ile ilgili birçok kuruma görev verilmiş ve çok sayıda yasal düzenleme olduğu için bir dağınıklık söz konusudur. Türkiye de su yönetimi konuları ile görevli kurum ve kuruluşlar Tablo 1.2. de gösterilmiştir. AB su çerçeve direktifinde Türkiye'den su yönetiminin tek elde toplanması istenmekte olup ülkemizde de su ile ilgili kanun çalışmaları devam etmektedir.

Tablo 1. 2. Türkiye’de su yönetimi konuları ile görevli kurum ve kuruluşlar (Anonim, 2009).

Kurumlar	Ağırlıklı Çalışma Konuları
Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü	Su toplama, iletim yatırımlarını gerçekleştirmek ve su tahsisi, Yer altı suları, Taşkın kontrolü
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Su kirliliği Kontrolü
Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı	Sulama
Sağlık Bakanlığı	Umumi Hıfzıssıhha, İçme Suyunun Denetim
Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü	Enerji amaçlı su ölçümleri, temini ve projeleri
İller Bankası	Belediyeler yönelik içme-kullanma-atık su arıtımı ve iletimi yatırımları finansı
İl Özel İdareleri	Köylere içme suyu temini ve küçük su alma yapıları
Belediyeler	İçme, kullanma, atık su arıtımı, iletimi, tüketicilere dağıtımı ve gerektiğinde su toplama yatırımlarını gerçekleştirmek.

Dünya genelinde sular birçok özelliğine göre sınıflandırılmaktadır. Ülkemizde de su kalitesinin tanımlanması su kirliliği kontrol yönetmeliği, insanın tükettiği su esas alındığında yasal sınıflandırma İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik ve TS266’ya göre yapılmıştır. Su kirliliği kontrol yönetmeliğinin kıta içi yüzeysel suların sınıflandırılması ile 4 temel su kalite sınıfı 45 parametre ile tanımlanmıştır.

İnsanın tükettiği su esas alındığında yasal sınıflandırma İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe (İTASHY, 2005) göre yapılır. İçme ve kullanma amacıyla kullanılacak sular aşağıda belirtildiği şekilde sınıflandırılmıştır;

Bu Yönetmelik, kaynak suları, içme suları ve içme-kullanma suları ile ilgili hükümleri içermekte, doğal mineralli sular, kaplıca ve içmece suları ile tıbbi amaçlı suları kapsamamaktadır.

İnsani Tüketim Amaçlı Su: Orijinal haliyle ya da işlendikten sonra, dağıtım ağı, tanker, şişe veya kaplar ile tüketime sunulan içme, pişirme, gıda hazırlama ya da diğer

evsel amaçlar için kullanılan bütün sular ile suyun kalitesinin, gıda maddesinin nihai halinin sağlığa uygunluğunu etkilemeyeceği durumlar haricinde insani tüketim amaçlı ürünlerin veya gıda maddelerinin imalatında, işlenmesinde, saklanması veya pazarlanmasında kullanılan bütün suları,

Kaynak Suyu: Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir veya daha fazla çıkış noktasından yer yüzüne kendiliğinden çıkan veya teknik usullerle çıkartılan İTASHY nin 36'ncı maddesinde izin verilenler dışında her hangi bir işleme tabi tutulmaksızın yönetmelikte belirtilen nitelikleri taşıyan, etiketleme gerekliliklerini karşılayan ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı sularını,

İçme Suyu: Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir çıkış noktasından sürekli akan veya teknik usullerle çıkarılan ve (Değişik ibare: RG-7/3/2013-28580) kurumca uygun görülen dezenfeksiyon, filtrasyon, çöktürme, saflaştırma ve benzeri işlemler uygulanabilen ve parametre değerlerinin eksiltilmesi veya artırılması suretiyle yönetmelikte belirtilen parametre değerleri elde edilen, etiketleme gerekliliklerini karşılayan ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı sularını,

İçme-Kullanma Suyu: Genel olarak içme, yemek yapma, temizlik ve diğer evsel amaçlar ile, gıda maddelerinin ve diğer insani tüketim amaçlı ürünlerin hazırlanması, işlenmesi, saklanması ve pazarlanması amacıyla kullanılan, orijinine bakılmaksızın, orijinal haliyle ya da arıtılmış olarak ister kaynağından isterse dağıtım ağından temin edilen ve yönetmelikte belirtilen parametre değerlerini sağlayan ve ticari amaçlı satışa arz edilmeyen sular tanımı yapılmıştır (İTASHY).

1.3.Su Kirliliği

Tabiatta kimyasal saf su yoktur. Her su, çevirimi esnasında geçtiği yerlerden az ya da çok sıvı, gaz veya katı maddelerini çözünmüş olarak ihtiva eder (Mutluay ve Demirak, 1996). Su yeraltından çıktığında genellikle temizdir. Yeraltı suları çoğunlukla yağış suları ile beslenirler. Bu sular akifere ulaşmadan önce süzülükleri ortamlarla iyon değişiminde bulunur ve yapısına birçok madde girer. Dolayısıyla yeraltı sularının kimyasal bileşimleri büyük oranda akifer kayalarının bileşimleri ile belirlenir. Kaynağından çıkıp kullanılacağı ana kadar en kolay ve en çok kirlenen madde sudur. Çünkü su yanından geçtiği maddeleri eritir ve taşır. Bu maddeler kirletici ise su kalitesinde değişikliklere neden olur ve canlıların

yaşamını olumsuz yönde etkileyen birçok maddeden dolayı kirlenir (Oğur ve Tektaş, 2005; Kovancı, 2008; Var, 2008).

Su yeraltında geçtiği jeolojik formasyonlarla ve yüzeye çıktıktan sonra geçtiği yerlerdeki maddelerle etkileşimden dolayı, toprak kaynaklı anorganik kirlenmeye maruz kalır. Toprakta suya geçen başlıca metaller şunlardır; Na, K, Ca, Mg, Bi, Sb, Fe ve kısmen Al'dır. Endüstri ve evsel atıklar yoluyla birçok toksik metal suyu kirletmektedir. Bunlar Al, Pb, Cd, Ni, Cu, Hg, As, Cr, Co, Mn, Zn gibi metallerdir (Sağırdağ, 2011).

Su kirlenmesi, su kaynağının fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde tarif edilebilir. Günümüzde su içinde ağırlıklı olarak antropojenik kökenli olduğu tespit edilen binlerce maddenin varlığı tespit edilmiştir (Sönmez vd., 2012; Yanço, 2013).

Yerkürenin yapısında bulunan maddeler ile insanoğlunun ürettiği yapay maddeler bir şekilde suyla temas etmekte ve bunların bir kısmı su kirliliğine neden olabilmektedir. Su kirliliğinin genel tipleri Tablo 1.3. de verilmiştir. Su kirleticileri sayısı her geçen gün artmaktadır.

Tablo 1.3. Su kirliliğinin genel tipleri (Manohan, 2000; Revenga ve Mock, 2000)

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

Suyun yapısındaki kimyasalların tespiti için kullanılan parametreler suların jeokimyasal açıdan tanımlanmasına ve bazı zirai ya da evsel kirliliklerin kaynağının araştırılmasına yardımcı olmaktadır. Miktarı yüksek bu anyonların araştırılması suların kimyasal yapılarına ilişkin bilgilerin toplanması ve insani tüketim amaçlı suların içilebilirlikleri açısından standartlara uygunluğunun denetlenmesi açısından çok önemlidir (THSK, 2008).

Sanayi devrimi ile birlikte sanayileşmenin, şehirleşmenin ve tarımsal üretimin artması büyük bir savurganlık ve ürkütücü boyutta su kirliliği ortaya çıkmıştır. Dünya genelinde günde 25-30 bin kişi sağlıksız su kullanımı nedeniyle ölmekte tüm dünyadaki ölümlerin üçte biri ve hastalıkların % 80'ni kirli sulardan (özellikle patojenler; virüsler, bakteriler, parazitler) kaynaklanmaktadır (Oğur ve Tektaş, 2005).

İçme sularındaki kirleticiler kısa ve uzun dönemli etkilenimlere bağlı olarak önemli sağlık sorunlarına yol açabilir. Sudan kaynaklanan riskler, temelde fiziksel riskler (sıcaklık, radyasyona maruz kalma vb.), kimyasal riskler (toksik mineraller, organik maddeler, toksinle vb.) ve mikrobiyolojik riskler (patojenler: virüsler, bakteriler, parazitler vb.) olup, bu risklere maruziyet düzeyi tehlikeyi belirleyen ana etmendir. Bu risklerin bir kısmı hemen etkisini gösterirken (toksin), bir kısmı 15-20 yıl sonra etkisini gösterebilir.

Riskleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz;

-Kısa vadeli riskler, sadece tek bir "bardak" lık miktara denk gelen ölçüde su yutulması veya suyla tek bir defa temas edilmesinden kaynaklanan risklerdir. Dolayısıyla, bu risklere karşı korumanın 24/24 saat ve 365/365 gün aralıksız sürdürülmesi gereklidir.

-Orta vadeli riskler, aylarca, hatta bir yıl veya daha uzun süre defalarca suyun tüketilmesini veya suyla teması gerektirmektedir.

-Uzun vadeli riskler ise, çok uzun süreler suyun tüketilmesini gerektirmektedir (THSK, 2008).

Tunceli'de su kaynaklarının kirlilik kaynakları çoğunlukla evsel olup endüstriyel ve tarımsal kirlilik çok azdır. Belediye tarafından sağlanan suyun sektörler tarafından kullanımı Tablo 1.4. de gösterilmiştir. Endüstrisi genel olarak madencilik, enerji yatırımları, tarım ve gıda sektörlerinden oluşmaktadır. Enerji yatırımları baraj ve Hidroelektrik Santrali projelerinden oluşmaktadır. Bu sektörden kaynaklı atık sular ise evsel nitelikli atık sular olmakta ve çoğu proje için paket atık su arıtma tesisleri planlanmış/kurulmuş bulunmaktadır. Madencilik alanında ise, açık işletme yöntemi

kullanılmakta olup zenginleştirme tesisi bulunmadığından endüstriyel kaynaklı atık su oluşumu söz konusu olmamaktadır. İlimizde gıda sektöründe ise yaygın olarak Alabalık üretim çiftlikleri yer almakta olup baraj gölleri üzerine kurulu bulunduğundan su kaynağı olarak baraj gölet suları kullanılmaktadır. İlimizde sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan atık su miktarının belirlenmesi amacıyla herhangi bir çalışma yapılmamıştır (Yeşil, 2014).

Tablo 1.4. Belediye tarafından sağlanan suyun sektörel tarafından kullanımı (Yeşil, 2014)

	1994 1000 m/yıl	2004 1000 m/yıl	2008 1000 m/yıl	2010 1000 m/yıl	2012 1000 m/yıl
Toplam	4156	6597	4071	5355	5663
Sulama	0	0	0	0	0
İçme Kullanma	4156	6597	4071	5355	5663
Sanayi	0	0	0	0	0

İlimiz merkezde evsel nitelikli atıksuların bertarafı için Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi mevcut olup il merkezindeki evsel nitelikli atık sular arıtıldıktan sonra alıcı ortam olarak Munzur Suyu'na deşarj edilmektedir. Alıcı ortama deşarj edilen ortalama atık su miktarı yaklaşık 9000 m³/gün dür.

İlimizde katı atık depolama sahalarının tamamında vahşi depolama yöntemi kullanılmaktadır. Tunceli'nin önemli su kaynaklarından olan Pülümür Çayı ise vahşi depolamadan kaynaklı sızıntı suları ile kirlenmeye devam etmektedir. Tunceli yeraltı suları bakımından zengin kaynaklara sahip olduğundan diğer ilçe ve beldeler de vahşi depolama alanlarından kaynaklı sızıntı suları sebebi ile sular tehdit altındadır (Yeşil, 2014).

1.4. Metaller ve Sularda Metal Kirliliği

Periyodik tablodaki 105 elementin yaklaşık 80'ini metaller oluşturur. Metalleri diğer toksik maddelerden ayıran en önemli özellikleri, insanlar tarafından ne oluşturulabilir ne de yok edilebilir olmalarıdır. Metaller yüksek elektrik iletkenliğine, karakteristik bir parlaklığa ve basınç altında kırılmadan şekil değiştirebilme yeteneğine sahip elementlerdir. Al, Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Hg, Pb, Zn gibi elementler metaldir (Mortimer,1999; Güven, 2014).

Ağır metal terimi yoğunluğu 5 g/cm³ ten daha ylıksek olan metallere iwin kullanılıp bilimsel olmayan bir tanımdır. Bu gruba Pb, Cd, Cr, Fe, Co, Cu, Ni, Hg ve Zn olmak üzere 60 tan fazla metal dahildir. Bu elementler doğaları gereği jeolojik yapıda genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde hapis olarak bulunurlar. Her ne kadar metallere yoğunlukları üzerinden hareketle canlı ve cansız sistem üzerindeki etkileri tanımlanmaya ve gruplandırılmaya çalışılmıyorsa da gerwek anlamda metallere yoğunluk değerleri onların biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok uzaktır. Bir elementin yoğunluğu aslında periyodik sistemdeki (grup ve gruptaki sıra) yerinin, kimyasal özellikleri de elementin ait olduğu grubun fonksiyonudur. Metallerin ekolojik sistem üzerine etkilerinden bahsederken aslında metalin ait olduğu grubun ele alınması ve bu özelliğin vurgulanması biyolojik etki aawısından çok daha anlamlıdır (Martin ve Coughtrey, 1985; Atilla, 2009).

Suyu kirleten metallere topraktan doğal olarak su kaynaklarına yansıyabileceği gibi endüstriyel, kentsel ve tarımsal atıklar aracılığı ile de suyu kirletebilmektedirler. Suyu kirleten ve topraktan suya gewen başlıca metallere; Na, K, Ca, Mg, Bi, Sb, Fe ve kısmen Al' dir. Endüstri ve evsel atıklar yoluyla suyu kirleten toksik metallere ise Al, Pb, Cd, Ni, Cu, Hg, As, Cr, Co, Mn ve Zn gibi metallere dir. En tehlikelileri Hg, Cd, Bi, Sb, Pb ve As' tir (Mutluay ve Demirak, 1996; Tofan, 2008).

Facchinelli vd. (2001), son zamanlarda ağır metallere, sahip oldukları kendilerine özgü özelliklerinden dolayı büyük bir ilgi duyulmaya başlandığını belirtmiştir. Bu özellikler;

- a. Radyonüklidler gibi bozunmazlar. Bunun yanı sıra birçok organik madde gibi zaman içinde parçalanmazlar,
- b. Bazı ağır metallere canlılar için gerekli ve yararlıdırlar. Fakat spesifik eşik değerlerini aştıkları zaman toksik etki meydana getirirler,
- c. Bir takım mekanizmalarla kirlenmemiş bölgelerde doğal seviyede bulunurlar. Çevrede, bu doğal seviyelerin artması çeşitli insan aktiviteleri ile meydana gelmektedir,
- d. Yoğunlukla katyon durumundadırlar. Kimyasal formuna, tutunduğu partikülün büyüklüğüne ve atmosferik koşullara bağlı olarak biyosferde ve biyosferi oluşturan alt birimlerde birikebilirler (Cayır, 2005).

Metaller, solunum yolu, besinler ve iwe me suları ile organizmaya girebilirler. Birçok metal, insan ve hayvanlar için esansiyeldir. Esansiyel olanlar, eksikliklerinde olduğu gibi

fazla miktarlarda alındıklarında da vücut homeostazını bozarak toksik etki oluşturabilirler. Genellikle enzimler ve vitaminlerin yapısında bulunurlar. Enzim aktivitesini düzenleyici veya harekete geçirici rol oynarlar. Enzimlerin aktivitesine etki eden eser elementler Tablo 1.5. de verilmiştir. Enzimatik aktivitelerin düzenlenmesinde kofaktör olarak görev yaparlar (Tofan, 2008; Güven, 2014).

Tablo 1.5. Enzimlerin aktivitesine etki eden eser elementler (Thomas, 1998; Tunç, 2006).

Enzimler	Eser Elementler
Amino peptidaz	Mg, Mn
Aldehit oksidaz	Cu, Mo
Alkalin fosfataz	Zn
Arginaz	Ca, Mg, Mn
Karboksi-peptidaz A	Co, Fe, Mn, Ni, Zn
Karboksi-peptidaz B	Co, Zn
Sitokrom C oksidaz	Co, Cu
Enolaz	Fe, Mn, Zn
Dipeptidaz	Ca, Mg, Ni
Glukokinaz	Ca, Co, Mg, Mn, Zn
Glutamat dehidrogenaz	Zn
Laktat dehidrogenaz	Ni
Malat dehidrogenaz	Ni
NADP sitokrom reduktaz	Fe
Nukleosit fosforilaz	Zn
Suksinat dehidrogenaz	Fe
Fosfataz	Ca, Cu, Fe, Mg, Ni, Zn
Tiraminaz	Cu
Tirosinaz	Cu
Xantin oksidaz	Cu, Mo

Metal toksisitesini hücre sel hedeflerde, proteinler ve enzimlerde, nükleik asitlerde, hücre membranlarında, organellerinde gösterebilmektedir. Birçok hastalığa sebep olmakta, kanser oluşumunda rol almaktadır. International Agency for Research on Cancer (IARC) kimyasal maddeleri insandaki kanserojenik etki risklerine göre beş gruba ayırmıştır:

Grup 1. İnsanda kanserojenik etkililer

Arsenik ve bileşikleri, Cd, Cr (+6 değerli), Ni ve bileşikleri bu gruptadır.

Grup 2A. İnsanda kanserojenik etki olasılığı bulunanlar

Grup 2B. İnsanda muhtemelen kanserojenik etkili olanlar

Pb ve anorganik bileşikleri bu gruptadır.

Grup 3. İnsandaki kanserojenik etkileri yönünden sınıflandırılabilir olmayanlar.

Grup 4. İnsanda kanserojenik etkisi olmayanlar (Güven, 2014).

Genelde ağır metaller erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarın taşıdığı tozlarla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanmasıyla ve bitki örtüsüyle sulara taşınmakla birlikte bu yüzyılın ortalarından itibaren teknolojinin hızla artışı antropojenik kaynakların doğal sulara etkisini ve bunun sonucunda doğal sularda eser element konsantrasyonlarını gittikçe arttırmıştır (Şahmurova vd., 2005; Kır vd., 2007).

Tunceli ilinde de antropojenik kaynakların doğal sulara etkisi sınırlı olup su kirliliği yeraltı sularının kimyasal bileşimlerinden yani bölgenin jeolojik, jeomorfolojik, iklim vb. özelliklerine bağlı olarak şekillenmektedir.

1.4.1. Arsenik (As)

Arsenik Dünya Sağlık Örgütü tarafından içme sularındaki en tehlikeli kimyasallardan biri olarak belirlenmiştir (Özdemir, 2010). Yerkürenin kabuğunda çok az bulunur. Fakat geniş dağılım alanına sahiptir. Arsenik saf olarak yer kabuğunda çok fazla bulunmamakla birlikte 200'den fazla mineral türünde bulunmakla (en çok bilinen minerali arsenopirittir) beraber doğada jeolojik olarak geniş bir alana yayılmış trivalent ve pentavalent formlarda yiyecek ve yeraltı sularında mevcut olup daha çok kükürtlü madenler içinde, demir oksitlerde ve sülfür bileşiklerinde konsantre olarak bulunabilir (Chou ve Rosa, 2003; Kahvecioğlu vd., 2003; Kovancı, 2008).

Arseniğin pek çok forma sahip olması nedeniyle kimyasal yapısı karmaşıktır. Doğada, +5 (arsenat), +3 (arsenit), 0 ve -3 oksidasyon basamaklarında bulunur. Arseniğin -3 ve 0 değerlikli olanı doğada nadiren bulunur (Bissen ve Frimmel, 2003). Arseniğin iki bilinen formu arsenit (As III) ve arsenat (As V) dır.

Suda bulunan arseniğin % 90'ı inorganik haldedir. İyi oksijenlendirilmiş sularda, Arsenik (V) (H_2AsO_4 ve $HAsO_3$) olarak bulunmaktadır. Seyreltik ortamlarda, Arsenik (III) (H_3AsO_4) olarak bulunmaktadır. pH oranındaki bir artış suda çözülmüş arsenik oranını

arttırabilmektedir. Metilleştirilmiş MMAA (arsinik metilaset) türler ve DMAA (arsinik dimetilaset) suda yer alabilmektedir (THSK, 2008; Özdemir, 2010).

İnsanın maruz kaldığı arseniğin iki kökeni vardır; Birincisi endüstriyel atıklardan kaynaklanır ve ikincisi doğal olarak toprakta bulunabilir. Her yıl dünyada 50 000 tonun üzerinde üretilen arsenik türevlerinin çok sayıda kullanım alanları bulunmaktadır. Antik çağlardan beri zehir olarak kullanım alanı olan arsenik bileşiklerinin en bilinen uygulamaları yarı iletken teknolojilerinde ve laser üretimi, tarımda ve eczacılıkta bazı organik bileşikler ile potasyum ve kurşun arsenit gibi alkali tuzları herbisit olarak kullanılmasıyla, yabancı tohum ve filiz öldürücü özelliklerinin yanında, pamuk ve meyve ağaçlarında defoliant olarak ayrıca Bakır asetoarsenit ve kurşun arsenat kuvvetli insektisid olarak da çeşitli endüstri dallarında (cam, elektronik üretim tesisleri bazı deterjanların yapısında, boya pigmentlerinde, deri ve kağıt endüstrisinde ve lastik imalatında) hammadde olarak kullanılmakta, endüstriyel süreçlerle, fosil yakıtların ve atıkların yakılmasıyla oluşabilmekte ve çevreye yayılmaktadır. Sulara atık suyun deşarjı ve atık suyun su kaynağına (yüzeysel sulara, yeraltı suyuna) sızması ile ya da tarım alanlarında kullanılan böcek öldürücülerden (örneğin bakır asetoarsenit) suya karışır ve su kalitesi bozulur (Chou ve Rosa, 2003; Yılmaz ve Ekinci, 2004; Kovancı, 2008; Bakar ve Baba, 2009; Özdemir, 2010; Vaizoğlu, 2014).

Arsenik doğal olarak da (örneğin organik maddelere bağlı ya da element olarak) toprakta bulunabilir ve suyla (yağış ya da sulama suyu etkisi ile) çözülerek su kaynağında arsenik oranının artmasına neden kır olabilir (Özdemir, 2010). Arsenik toprakta, bazı kaya türlerinde, özellikle kurşun ve baryum içeren mineral ile cevherlerde doğal olarak bulunur. Arseniğin doğal kaynakları arasında kaplıcalar, ılıcalar, volkanik kayalar, çöküntü kayaları (organik /inorganik killer), başkalaşım kayaları, deniz suyu ve mineral çökeller yer alır. Ayrıca volkanik hareketler, kaya erozyonu ve orman yangınları da arseniğin doğal kaynakları arasındadır. Özellikle yeraltı suyunun toprak ve kaya içerisinden geçerken arsenik gibi bazı bileşikler ve mineralleri çözmesinin bir sonucu olarak sulara arsenik bulunabilmektedir. Ayrıca rüzgârın taşıdığı toz, yüzeysel akış ve yeraltına sızma sonucu havaya ve suya geçebilir (Chou ve Rosa, 2003; EPA, 2003; Başkan, 2009).

Kütahya'da içme ve kullanma sularında arseniğin yüksek olduğu bilinmekte olup bunun en önemli nedenlerinde birisi bölgede yer alan tersiyer çökellerdeki alünit, çört, kolemanit ve jips gibi minerallerdir. Ayrıca karbonatlı kayalar, kireçtaşı/dolomit ve travertendeki kırık zonlar boyunca oluşan realgar ve orpiment formundaki epitermal jipsler

ve volkano-sedimanter istiflerdeki volkanik kayalar da önemli Arsenik kaynakları arasında bulunmaktadır (Doğan ve Doğan, 2007).

Düşük miktarlardaki Arsenik (yetişkinler için 20 µg/gün) insan vücudu için gerekli bir mineraldir (Güven vd., 2004). Arsenik vücuda alımı süresinin uzunluğuna bağlı olarak kısa, orta ve uzun vadeli farklı sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir. Bu sorunlar:

- Kromozom anomalileri, gen yapılanmasında dizilim bozukluğu, hücre proliferasyonu
- Cilt hasarı ve ciltte kalınlaşma, saç dökülmesi ve tırnaklarda kırılma
- Kemik iliği etkilenimi ve buna bağlı anemi
- Kalpte ritim bozukluğu
- Kornea ve konjoktiva hasarına bağlı göz sorunları
- Karaciğer ve böbrek işlevlerinde bozulma
- Solunum sistemi harabiyetine bağlı bronşit
- Kılcal damarlarda dolaşımın bozulması sonucu kangren gelişimine kadar giden sorunlar
- Diyabet
- Farklı organ ve sistem kanserleri (Özdemir, 2010).

Kronik maruziyette derideki etkisi çok belirgindir. İçme suyunda yüksek oranda arsenik bulunan Arjantin'in Girdaba bölgesinde yapılan araştırmada herkeste keratodermo bulunmuştur. Ayrıca hastaların büyük bir kısmında hiperhidrozis ve pigment anormallikleri izlenmiştir. Özellikle güneş almayan gövde üzerinde 1-10 mm çaplı ve birbiriyle birleşme eğilimli siyah lekeler izlenmiştir (Kovancı, 2008).

İnsanda saç ve tırnak vücudun diğer dokularıyla kıyaslandığında arsenik oranının en yüksek olduğu bölgelerdir. Bunun nedeni bu bölgelerin trivalan arsenikle kolayca bağlanabilen sülfidril (SH) grupları içeren keratince zengin olmasıdır. Adli olaylarda bu materyaller kullanılmaktadır. Saç daha çok inorganik arsenik maruziyetinin ölçülmesinde kullanılır (Özdemir, 2010).

Yerkabuğunda bulunan arseniğin ortalama olarak 6 mg/kg bulunmakta olup topraktaki organik maddelere bağlı olarak da bulunan arsenik, organik maddelerin okside olmasıyla suya ve oradan besin zinciriyle diğer canlılara geçer (Kovancı, 2008). Deniz suyundaki arsenik konsantrasyonu 0,09-24 g/l arasında değişmektedir. Yüzeysel sularda ise bu değer 0,15 – 0,45 g/l arasındadır (Bissen ve Frimmel, 2003).

Son birkaç on yıldan bu yana yeraltı sularının ve az miktardaki yüzey sularının yerel arsenik ile kirlenmiş olması Meksika, Peru, Tayvan ve Şili gibi ülkelerde ve Avrupa kıtasındaki bazı küçük bölgelerde bilinmekteydi. Ancak son zamanlara kadar arsenik

sorununun bu ülkelerle sınırlı olduğu sanılıyordu. Dünyanın pek çok ülkesinde yapılan çalışmalar ve ölçümler bunun doğru olmadığını göstermiştir. Nikaragua 1996, 2001, Nepal 2001, Tayland 2001, Vietnam 2001, Assam (Hindistan) 2004, Myanmar 2004, El Salvador 2005, Ekvator 2005, Honduras 2006, Meksika 2006, Manipur 2007 ve son zamanlarda İzmir ve çevresi bunlara örnek gösterilebilir. Birkaç on yıl öncesinde, Bangladeş’de nüfusun sudaki yüksek arsenik derişiminden (1320 µg/l) dolayı iki yıl boyunca zehirlendiği ortaya çıkmıştır ayrıca yapılan çalışmada Bangladeş’teki 25 binden fazla kuyu suyunda arsenik düzeyi 0.05 mg/l nin üzerinde bulunmuştur (Espinoza ve Bundschuh, 2009; Özdemir, 2010; Vaizoğlu, 2014).

Gündüz vd. (2010), Kütahya ili Simav ovasında yaptıkları çalışmada yer altı sularında ortalama 99 µg/l, maksimum 561 µg/l arsenik seviyeleri tespit edilmiştir. Aynı çalışmada 1998 ile 2005 yılları arasında bölgede gözlenen 221 ölüm nedeni incelenmiş; ölüm nedenleri arasında % 45,2 ile kardiyovasküler hastalıkların birinci sırada, %15,8 ile kanserlerin ikinci sırada yer almıştır. Kansere bağlı ölüm nedenleri arasında ise en fazla akciğer kanseri (% 34,1), mide kanseri (% 20), kolon ve prostat kanseri (% 20) ve karaciğer kanseri (% 17,1) gözlenmiştir

2005 yılında İstanbul’un değişik semtlerinden İSKİ tarafından içme suyu örnekleri alınmış ve metal konsantrasyonlarına bakılmıştır ve arsenik tesbit edilmemiştir (Kovancı, 2008). Xia vd. (2004), yaptıkları çalışmada Çin’de, kronik arsenik zehirlenmesi tanısı konan 10 000 kişinin yaşadığı bölgedeki içme suyu arsenik düzeyinin 0,05-2 ppm arasında olduğu saptanmıştır.

İTASHY Avrupa Birliği sınır değeri ve WHO göre sınır değerler 10 µg/l’dir. Bu kılavuz değerler ülkelere göre farklı olabilmekte ve zamanla revize edilebilmektedir. Amerika Çevre Koruma Ajansı tarafından içme sularında arsenik için kabul edilen maksimum kirletici seviyesi 0,05 mg/l’den 0,01 mg/l’ye düşürülmüştür (Lee vd., 2003).

1.4.2. Bakır (Cu)

Esansiyel bir element olan bakır, doğal çevrede yaygın olarak bulunur. Bakır topraklarda genellikle Cu^{2+} iyonu şeklinde bulunur. Toprak çözeltisindeki bakır’ın % 98’inden fazlası organik maddelerle kompleks oluşturmuş formdadır. Bakır diğer mikro elementlere (Zn^{2+} ve Mn^{2+} gibi) göre organik maddeye daha sıkı bir şekilde bağlanmıştır (Deveci, 2012). Doğada 200’ den fazla bakır minerali bulunmakla beraber yalnızca 20

mineral bakır cevheri olarak endüstriyel öneme sahiptir (Kartal vd., 2004). Suda bakır klorür (CuCl_2), bakır hidroksit ($\text{Cu}(\text{OH})_2$), bakır sülfat (CuSO_4) veya bakır karbonat (CuCO_3) olarak bulunur (THSK, 2008).

Endüstride bakırın önemli rol oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılmasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özelliklerinin arasında elektrik ve ısı iletkenliğin yüksek oluşu, aşınmaya ve korozyon direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sıralanabilir. Alaşımları çok çeşitli olup endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik vd.), fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır. Pestisidlerde yer alan bakır iyonları sağlık açısından çok tehlikelidir. Bakır işletmelerine ait atıklar, bakır kaplar ve bakır yönünden zengin bölgelerden kaynaklanan endüstriyel sular bakırın en önemli kaynaklarıdır (Sayılı ve Akman, 1994; Kartal vd., 2004; Alemdar vd., 2007).

Bakırın doğada dağılımı farklılık gösterir. Kimyasal özelliklerinden dolayı doğaya dağılımı açısından atmofil (hava sever) grupta yer almasına rağmen, havada bulunan bakır konsantrasyonu üretim yapan sanayi birimine uzaklığı ile azalır. Bakır lithofil (kaya sever) elementler gibi suda çözünerek geniş bir alana dağılabilir. Atmosfere yayılan bakırın ancak % 1'i biyolojik kullanılabilir iyon halinde kalırken diğer kısım sedimente olarak çökelir (Kartal vd., 2004).

Bakır suda diğer maddelerle etkileşime girebilir. Alüminyum, çinko gibi boruların korozyonunu artırır. Suda litrede 1 mg'dan daha fazla bakır olması çamaşırlarda leke yapar, 1 mg/l den fazla olması metalik lezzet oluşmasına neden olur ve bu değer 5 mg/l olması halinde bakır suya belirgin bir şekilde acı bir lezzet verir. Doğal sularda ender rastlanan bir element olmasıyla birlikte suda bulunan bakır zararlı değildir (Güler, 1997).

Esansiyel element olan bakır, biyolojik işlevi bulunan önemli bir metaloenzim bileşenidir. Sitokrom Oksidaz, Askorbik Asit Oksidaz, Süperoksit Dismutaz gibi enzimlerde bulunur. Erişkin insanın günde 2,0 mg bakır ya ihtiyaç duyduğu tahmin edilmektedir. Yetişkinlerin ortama 50 – 120 mg bulunan bakır, amino asitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının vazgeçilmez ögesidir. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunan bakır, demirin vücuttaki işlevini yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir vücuttaki bakır miktarı az ise demir bağırsaklarda emilmesi ve hemoglobin yapımında kullanımının azalmasına bağlı olarak demir yetersizliği anemisi görülmektedir (Güler, 1997; Baysal, 2000).

Bakır ile ilgili yapılan çalışmalarda bağışıklık sisteminin düzenlenmesinde, kemik dokusu oluşumunda, bağ doku gelişiminde ve doku pignemtasyonunda görevleri olduğu belirlenmiştir. Bakır eksikliği belli enzimlerin aktivitesini düşürmekte, anemiye, depigmentasyona ve kardiovaskuler defektlere neden olmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalarda, bakır içeriği düşük beslenmenin kolesterol artışına ve kardiyak anomalilere neden olduğu belirlendiği için bakır eksikliğinin kardiyovasküler hastalıklarda risk faktörü olabileceği düşünülmektedir (Belce, 2002; Kalay vd., 2003; Kovancı, 2008).

Bakır elementi eksikliğinde Menkes Sendromu görülebilmektedir. Menkes Sendromu bakır eksikliğinin uç bir seklidir ve bakırın taşınması ve depolanması işlevi gerçekleştirilemez. Klinik belirtiler yaşamın erken evrelerinde (3 aylıkken) görülür ve 5 yaşlarında ölürlür.

Wilson's hastalığı genellikle 6 – 40 yaşlarda görülen genetik olarak belirlenmiş bakır birikim hastalığıdır. Wilson' s hastalığı daha sık görülürken yüksek dozlarda ise toksik etki gözlenmektedir. Bakır karaciğer, beyin, böbrek ve korneada birikir (Tunç, 2006).

Avrupa, Kanada ve Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan birçok çalışmanın sonucu olarak içme sularındaki bakır konsantrasyonu 0,005-30 mg/l olarak bulunmuştur. En önemli kontaminasyon kaynağı olarak bakır boru tesisatının paslanması gösterilmiştir. Su debisinin yüksek olduğu ve coşkun akan musluk suyunda bakır konsantrasyonu düşük iken, hafif ya da kısmen hızlı akan sularda bakır konsantrasyonunun daha fazla olduğu görülmüştür (WHO, 2004; Kovancı, 2008).

Arıman vd. (2007), yaptıkları çalışmalarda Yeşilirmak, Abdal Irmağı, Mert, Kürtün, Engiz ve Kızılırmak'ta bakır metalinin ortalamalarını sırasıyla; 0,013 mg/l, 0,009 mg/l, 0,009 mg/l, 0,07 mg/l, 0,428 mg/l ve 0,085 mg/l olarak bildirilmişlerdir (Sönmez vd., 2012).

Yalçın (2005), Konya il merkezi ve ilçelerinde yapılmış olduğu çalışmada 50 adet içme suyu numunesi alınmış ve yapılan analiz sonuçlarında Cu konsantrasyonu 0,29-7,94 µg/l arasında olduğu tespit edilmiştir. Akçay vd. (2003), Büyük Menderes nehri suları üzerine yapılan bir araştırmada ağır metal ölçümlerinde Cu ortalaması 0,010–0,012 mg/l olarak belirtilirken, Gediz nehrinde ise 0,011-0,013 mg/l arasında olduğu bildirilmiştir (Sönmez vd., 2012). Toroğlu vd. (2006), yaptıkları çalışmada Aksu Çayı ve besleyen kollarından aldıkları sularda Cu değerlerini Aksu I'de 0,063 ppm, Erkenez'de 0,031 ppm, Oklu'da 0,063 ppm, Karasu'da 0,031 ppm ve Aksu II'de 0,063 ppm olarak tespit etmişlerdir (Sönmez vd., 2012).

1.4.3. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum zehirli bir ağır metal olup, doku toksikolojisi açısından aşırı toksik gruba girer. Kadmiyum civadan sonra en toksik ikinci metaldir (Sağırdağ, 2011; Kahraman vd., 2012). Kadmiyum doğada başlıca sülfür tuzu halinde, serbest şekilde ya da bazı maden filizleriyle birlikte bulunur, gümüş grisi renginde, sert, iyi şekillendirilebilen, korozyona dayanıklı bir metaldir (Almeida vd., 2004; Sağırdağ, 2011; Kahraman vd., 2012).

Kayaçların aşınması, volkanik olaylar ve orman yangınları sonucu çevredeki yoğunluğu ve sirkülasyonu artar. Kadmiyum, çinko üretimiyle birlikte üretilmeye başlanmıştır. Çinko üretiminde ortaya çıkıncaya kadar havaya ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmamıştır. Ancak günümüzde kadmiyum da çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasında yerini almıştır (Cook ve Morrow, 1995; Kahvecioğlu vd., 2003; Kovancı, 2008).

Endüstriyel olarak elektirik, seramik, pil ve akü sanayisinde kullanılmakta, hava kirliliği, sigara dumanı, atık sular, doğal birikintilerden aşınma, metal rafinerileri, sıvı atıklar, boya sızıntıları, yapay fosfatlı gübreleri, arıtım çamuru, asitli toprak, çinko ya da galvanizli boruların aşınması, çelik endüstrisi, gübreler, metal rafinerilerden plastik üretimi, otomobil yağı, boya, kauçuk sanayi, lak yapımı kaynakları arasındadır. Sanayi kirliliğinin olduğu durumlar hariç (özellikle de galvanizli borulara bağlı olarak bulunabilmekte veya plastik malzemenin çözülmesinden dolayı da bulunabilmektedir) doğal sularda çok az miktarda bulunur. Sulara genellikle endüstriyel atık sularından karışır. Suda çözünmez, asitlerde çözünür. Çözünebilen kadmiyum tuzları genellikle çok zehirlidirler. Toprak ve suda biriken kadmiyum ise sudaki organizmalara geçmekte, buradan da besin zinciriyle balık ve insanlara ulaşabilmektedir. Zehir etkisi gıda zehirlenmesine benzemektedir (Kahvecioğlu vd., 2003; THSK, 2008; Kahraman vd., 2012; Vaizoğlu, 2014).

Kimyasal olarak çinkoya benzemesinden dolayı organizmadaki fizyolojik faaliyetlerde çinkonun yerine geçebilmektedir. Özellikle bazı enzimlerde çinkonun yerine geçer, böylece enzimin yapısı değişir ve aktivitesi düşer. En sonunda hastalık belirtileri görülür (Manohan, 2000; Kovancı, 2008). Kadmiyum ile zehirlenmede, böbrek, kan, solunum yolları, mide, bağırsak, kemik yapılar etkilenmektedir. Hipokromik anemi, gelişim geriliği, dalakta büyüme, sarılık, mide ülseri, böbrek ve karaciğerde yağ

dejenerasyonu, kemik iliğinde hiperplazi, kalpte büyüme, kemiklerde yumuşama testislerde hasar ve küçülme gibi belirtiler görülür. Kadmiyum kanda proteinlere ve alyuvarlara bağlanır ve bu şekilde taşınır. Çevre ortamında kadmiyuma sürekli maruz kalındığında vücutta birikir. Kadmiyumun % 50-70'i karaciğer ve böbreklerde birikmektedir. Özellikle zararlı olmaya başladığında böbreklerle dışarı atılır. Biyolojik yarı ömrü 10-35 yıldır. Uzun süreli maruziyette böbrek, prostat ve akciğer kanserlerine neden olmaktadır (Kaya ve Akar., 1998; Nordberg vd., 2000; Kovancı, 2008; Sağırdağ, 2011; Vaizoğlu, 2014).

Kronik kadmiyum zehirlenmesinin en şiddetli şekli “ itai-itai” (sendromu) hastalığıdır. Itai-itai hastalığı denilen bu rahatsızlıkta özellikle kemik yapısı çözünür ve insan vücudu eğilip, bükülür. İnsanı sonunda ölüme götürür. Bu hastalık ilk olarak Japonya Toyama bölgesinde yapılan madencilige bağlı olarak gözlenmiştir. Japonya’da pirinç yetiştirme alanlarını sulayan nehrin kirlenmesi ile meydana gelmiştir (Yalçın ve Gürü, 2002).

Yalçın (2005), Konya il merkezi ve ilçelerinde yapılmış olduğu çalışmada 50 adet içme suyu numunesi alınmış ve yapılan analizler sonucu Cd konsantrasyonu 0,25-1,42 µg/l arasında olduğu tespit edilmiştir. Kovancı (2008), Çanakkale ilinde yapmış olduğu çalışmada şebeke suyunun farklı 40 noktasından örnekler alınıp analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kadmiyum belirleyebilme limitinin altında olduğu tespit edilmiştir. Kayar ve Çelik (2003), Gediz Irmağında belirlenen 5 istasyonda yapılan bir çalışmada kadmiyum konsantrasyonları on iki ay boyunca Nif Çayı istasyonunda 1-13 mg/l arasında, İstanbul Köprüsü istasyonunda 3-40 mg/l arasında, Karaçay istasyonunda 9-15 mg/l arasında, Muradiye Köprüsü istasyonunda 3-20 mg/l arasında ve Menemen Yolu istasyonunda 1-9 mg/l arasında değiştiğini bildirilmişlerdir (Sönmez vd., 2012).

Berdan vd. (2009), yaptıkları çalışmada Seyhan Baraj Gölü sedimentinde belirledikleri yüksek kadmiyum düzeyinin tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığını tespit etmişlerdir. Çalışma sonuçlarında ortalama kadmiyum birikim düzeyinin tüm istasyonlarda sınır değer olan 3 mg/kg değerini aştığı, bu yüksek birikim düzeyinin, Berdan Havzası boyunca gerçekleştirilen tarımsal aktivitelerden (gübreleme ve ilaçlama) kaynaklandığını düşünülmektedir. Arıman vd. (2007), Karadeniz kıyı şeridinde Yeşilirmak, Abdal, Mert, Kürtün, Engiz ve Kızılırmak'ta yaptıkları bir çalışmada Cd düzeyleri sırası ile <0,01, 0,006, 0,006, <0,01, 0,025 ve 0,006 mg/l olarak tespit etmişlerdir (Sönmez vd., 2012).

1.4.4. Antimon (Sb)

Eski çağlardan beri bilinen antimonu ilk kez Mısır'lılar Sb_2O_3 (Stibnit) formunda makyaj malzemesi olarak kullanmışlardır (Habashi, 1997; Güven vd., 2004). Oldukça uçucu bir element olan antimon, periyodik tablo da arsenik ile bizmut arasında bulunmaktadır. (-III), (0), (+III) ve (+V) olmak üzere dört yükseltgenme kademesi bulunmaktadır. Bulunabildiği bu iki oksidasyon basamağına (+3, +5) ait bileşikler zehirlidir. Genellikle çevresel, biyolojik ve jeokimyasal örneklerde (+III) ve (+V) değerlikli olarak bulunmaktadır. Sb^{3+} en yaygın olanı ve en kararlı olanıdır. Doğada en çok bulunan antimon bileşikler, Sb (III) sülfür (Sb_2S_3) ve Sb (III) oksit (Sb_2O_3) dir. Antimon çok kırılğan bir ağır metaldir. Normal koşullar altında kararlıdır. Havadan ve sudan etkilenmez, elektriği ve ısı iletkenliği düşüktür. Sulu ortamda antimon genellikle $Sb(OH)_6^-$ şeklinde çözülmüş kompleks olarak bulunmaktadır. Elektrokimyasal serilerde hidrojen sonra bulunduğundan, seyreltilmiş asit çözeltilerinde, hidrojen iyonları ile yer değiştirmemektedir (Montserrat, 2002; Yılmaz, 2006; THSK, 2008).

Antimon ve bileşikler yer kabuğunda doğal olarak bulunur fakat nadir olarak rastlanmaktadır. Çoğunlukla galen ve pirit, taşa ve hidrotermal damarlarda kuvars ile ilişkilendirilmektedir. Antimon mineral sülfür açısından zengin olan yeraltı sularında bulunabilmektedir (THSK, 2008). Rüzgârın taşınması, volkanik patlamalar, orman yangınları gibi doğal olaylarla ve antropojenik aktiviteler sonucunda çevremize yayılmaktadırlar (Yılmaz, 2006).

Antimonun çoğu, çevreye antropojenik kaynaklardan salınır. 18. yy'a kadar antimon bileşikler bakır, altında dahil olmak üzere birçok metali çözebildiğinden, bu özelliğinden yararlanılarak gümüş ve bakırdan altın saflaştırılması için kullanılmıştır (Yılmaz, 2006). Günümüzde ise ilaç sanayinde, yarı iletkenlerin, plastiklerin, kimyasal ürünlerinin üretiminde, pil endüstrisinde ve elektronik sanayinde yoğun kullanılır. Petrol rafinerilerinin sıvı atıklarından, metal eritme ve rafine işlemleri yapan tesislerden, Kurşun alaşımlarından, kömür yakılan güç santralleri ve çöp küllendirme merkezlerinden salınmaktadır. Sbun insanlar üzerindeki negatif etkileri en fazla bu metal ve bileşiklerinin üretildiği bölgelerde ve termik santraller yakınlarında yaşayanlarda görülmektedir (Habashi, 1997; Güven vd., 2004; Yılmaz, 2006; THSK, 2008; Vaizoğlu, 2014).

Antimon insan vücudu için gerekli bir metal değildir. Vücuda hangi yolla girmiş olursa olsun özellikle ciğerler, mide ve bağırsak bölgesinde toplanan antimonun, akut

etkileri temel olarak mide kasılmaları, mide ağrıları, kusma, deride kızarıklık ve açılan yaralardır. Kronik maruziyet durumunda ciğerlerde ve bronşitler üzerinde negatif etkileri görülmektedir ve kansere neden olmaktadır. Ancak antimon bileşiklerine ait en çarpıcı etki kalp ritmini bozması ve sinir sistemi üzerinde düzeltilemez tahribatlara yol açmasıdır. Bunun yanında sürekli maruz kalındığında kilo kaybına, metabolizmanın hızlanmasına Kolesterolde artışa, kan şekerini düşmesine neden olabilir (Habashi, 1997; Güven vd., 2004; Vaizoğlu, 2014).

Birleşmiş Milletler Jeolojik İncelemeler Kurumu tarafından su kaynaklarındaki çözülmüş antimon miktarlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada 1077 bölgeden alınan su örneklerindeki ölçümlerin sadece % 6 sı belirlenen alt limiti olan 5 µg/l 'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Yılmaz, 2006).

1.4.5. Krom (Cr)

Krom yeryüzünde en çok bulunan yedinci elementtir (Mcgrath ve Smith, 1990). Krom hava, toprak ve su ekosistemlerinde doğal olarak bulunmaktadır. Topraktaki doğal bulunurluğu kilogramda 10- 50 mg arasındadır. Tatlı sulardaki konsantrasyonu genellikle 0,1–117 µg/l arasındayken denizlerdeki konsantrasyonu 0,2–50 µg/l arasındadır (Nriagu, 1988; Atilla, 2009).

Krom amfoter bir element olduğu için birden fazla şekilde bulunmaktadır. Doğal sularda (+3) değerlikli halde bulunur. Bu iyon pH 4'ten düşük olduğundan katyon halinde bulunur. Daha yüksek pH değerlerinde hidroliz olur. Çok yükseltgen bir madde olan altı değerlikli kromun suda çözünürlüğü fazla olduğu için daha fazla bulunur ve zehirleyici etkisi büyüktür Cr⁺⁶ nin toksik etkisi Cr⁺³ nin yaklaşık yüz katı fazladır. Endüstri atık suları ile suya karışabilir (Yalçın ve Gürü, 2002; THSK, 2008; Atilla, 2009).

Kayalar, hayvan ve bitkiler, toprak ve volkan tuz ve küllerinde bulunan krom suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akar ve okyanus tabanında çöker (Atilla, 2009; Vaizoğlu, 2014). Çelik ve maden endüstrisi, doğal birikintilerin erozyonu, tabak yapımı, boyama, alaşım, kimyasal maddelerin yapımı, pigment, tekstil ve elektro kaplamacılık galvonoplastik atıklarla, yaygın kullanımına bağlı olarak çeşitli endüstriyel alanlardan doğal su ekosistemlerine girmektedir (Palmer ve Wittbrodt, 1991; Vajpayee vd., 1999; THSK, 2008; Atilla, 2009; Vaizoğlu, 2014).

Kromun muhtemel kronik etkileri; solunum yoluyla alındığında akciğerlerde tümör oluşurması ile dalak, kemikler, böbrek ve karaciğerde birikmesidir (Bradshaw ve Powell, 2000). Laboratuvar denemelerinde kromun kanserojen özelliği tespit edilmiştir ve kanserojen etki özellikle bronş sisteminde etkindir (Atilla, 2009). Kanser Araştırmaları Ajansının Cr^{+6} y1 Grup 1'de (insanlara kanserojenik), metalik Cr ve Cr^{+3} 'ü Grup 3'de (insanlara karsinojenik olarak sınıflandırılmaz) olarak değerlendirmiştir (Tofan, 2008). Kromun damar sertliğine karşı koruyucu etkisi olduğu da kaydedilmektedir. Krom pek çok canlı organizmada yağ ve karbonhidrat metabolizması için gerekli olan elementlerden biri olup kandaki glikoz ve lipit mekanizmaların düzenlenmesinde önemli rol oynayan Cr^{3+} , insülin etkisini güçlendirmektedir. Cr^{3+} yetmezliğine bağlı olarak insüline direnç göstermekte, glikoz metabolizması bozulmaktadır. İnsan vücudundaki krom eksikliği, şeker hastalığı olarak kendini gösterir (Yensan, 1995; Sanlı, 2002; Atilla, 2009).

Yalçın (2005), Konya il merkezi ve ilçelerinde yapılmış olduğu çalışmada 50 adet içme suyu numunesi alınmış ve yapılan analiz sonuçlarında Cr 0,76-20,71 $\mu\text{g/l}$ arasında olduğu tespit edilmiştir. Dombaycı (2009), yapmış olduğu çalışmada Erzurum ili şehir merkezinde 11 adedi kapalı mesken ve 4 adedi de çeşme olmak üzere 15 istasyon belirlenmiştir. 2008 yılı aralık ayından 2009 yılı haziran ayına kadar yapılan analizlerde Cr ortalama 0,29 $\mu\text{g/l}$, en büyük değer 3,49 $\mu\text{g/l}$ çıkmıştır.

1.4.6. Siyanür (CN^-)

Suda siyanür, hidrosiyanür asit veya alkali metal tuzları halinde bulunur. Bunlar su içinde kolay çözünen bileşiklerdir. Hidrosiyanür asit zayıf bir asit olup, pH ın düşük olduğu değerlerinde molekül halinde bulunur. pH yüksek değerlerinde ise, siyanür iyonu haline dönüşür. Siyanürün en zehirli şekli hidrojen siyanürdür. Birçok organik bileşik siyanür grubu taşır. Bunların ayrışması sonucu da suya siyanür karışır (THSK, 2008; Sağırdağ, 2011).

Siyanür miktarı pH'ye, sıcaklığa ve suyun iyonik gücüne göre değişmektedir. Siyanürün zehirleyici etkisi pH'nin düşmesiyle artmaktadır. Klor, peroksit veya ozon gibi oksidanların ilave edilmesi siyanürün oksidasyonuna yol açmakta ve siyanat oluşumu ile zehirleyici etkisi 1000 kat azalmaktadır (THSK, 2008). Gaz şekli olan hidrojen siyanür renksiz, acı badem kokuludur. Sıvı siyanür de gaz hali gibi renksizdir; ancak, sodyum ve

potasyum tuzları beyaz renklidir. Zehirlenmede görülen klasik acıbadem kokusunu herkes hissedemez. Toplumun % 80'i genetik olarak bu kokuyu algılayamaz (Vural, 1996).

Siyanür çevrede bulunan zehirli bir madde olup altın ve gümüş üretiminde kullanımı en bilinenidir. Lastik, kauçuk, elektro kaplamacılığı, kok tesislerinde, plastik ve bazı kimyasal maddelerin yapımında, deri işletmelerinde, gübre, fare ve böcek ilaçları üretiminde yaygın kullanılır. Bunun yanı sıra sigara tütününde, nitrojen içeren polimerik materyallerin yanması sonucu oluşan dumanda ve bazı bitkilerin yapısında da bulunmaktadır. Öte yandan siyanür bazı bitkiler ve hayvanlarca da üretilmektedir. Siyanürü doğal olarak üreten bitki, bakteri ve böcek vardır. Kiraz, badem, kaysı, şeftali, fasulye, patates, brokoli ve mısır siyanürlü bileşikleri doğal olarak üretmektedir (Fernández vd., 2003).

Siyanürün zehir etkisi vücuda alındıktan sonra hızlı gelişir. Siyanürün zehirleyici etkisi esas olarak oksijen metabolizmasını etkilemesinden ileri gelir. Oksijen yerine geçerek hemoglobin ile siyanür kompleksi oluşur. Böylece kanın oksijen taşıma kapasitesi kalmaz (Sağırdağ, 2011). Vücutta 40 enzim sistemini inaktive ettiği bildirilmiştir. Siyanürle oksijenin hücre tarafından kazanılmasını sağlayan Sitokrom Oksidaz (CN⁻ iyonu sitokrom oksidaz enziminin ferri demirine dönüşümlü olarak bağlanarak elektron transportunu inhibe eder ve moleküler oksijen bloke olur) işlev görmediği için boğulma ortaya çıkar. Siyanür, oksijen yokluğuna benzer fizyolojik etkilerle kendini göstermektedir. Oksijen dokulara normal olarak taşınmakta, ancak burada tüketilememesine bağlı olarak, bir histotoksik (hücresel) hipoksi ortaya çıkmaktadır. Beyin hipoksisi sonucu ölüm oluşur (Renklidağ ve Karaman, 2003).

Oksijence doymuş sudaki siyanür aerobik bakteriler etkisiyle parçalanır içinde bulunan siyanür iyonu, permanganat ve klor gibi kuvvetli yükseltgen maddeler ile oksitlenerek, CO₂ ve NH₃ haline dönüşür. Eğer çözelti asidik ise, gaz halinde HCN⁻ çıkışı olur (Yalçın ve Gürü, 2002; Gündüz, 2008; Sağırdağ, 2011). Toksisitesi yüksek olan siyanür ağız yoluyla alınması ile zehirlenme meydana gelmekle birlikte solunum ve deriden emilim yoluyla da olabilir. Hidrojen siyanürün insanlarda öldürücü dozu 50 mg, sodyum ve potasyum tuzları için ise 200-300 mg'dır (Vural, 1996). Serbest hidrosiyanik asit ve alkali tuzlarının tüm hayvan türlerinde ağızdan en küçük öldürücü miktarları 2-2,3 mg/kg'dır (Kaya ve Pirinçi., 2002).

Gomes vd. (1998), yaptıkları çalışmalarda Portekiz'de kaplama fabrikalarından alınan atık su örneklerinde 0,931-853 mg/l arasında CN⁻ olduğunu tespit etmişlerdir.

Sağırdağ (2011), yılında yaptığı çalışmada Diyarbakır ili ve merkez ilçelere bağlı 30 ayrı yörenin içme su ihtiyacını karşılayan sondaj kuyularından alınan numunelerde $CN^- < 10-26 \mu\text{g/l}$ arasında çıkmıştır.

1.4.7. Kurşun (Pb)

Kurşun antropojenik faaliyetler sonucunda ekolojik sisteme en çok zarar veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metallerin olarak bilinmektedir (Kahvecioğlu, 2003). Toprağın doğal elementi olan kurşun en çok rastlanılan cevherleri, sülfür minerali galen (PbS) ve onun oksitlenmiş ürünleri olan serüsit ($PbCO_3$) ve anglezittir. Toprakta yaklaşık 16 mg/kg oranında kurşun bulunur. Dünya genelinde yüzeysel suların ortalama kurşun içeriği ise 1-10 $\mu\text{g/l}$ dir. İçme suyu iletim hatlarında kurşun ihtiva eden tesisat kullanılması sebebiyle, içme sularına kurşun bulaşması olabilir. Bu gibi durumlarda ortama bağlı olarak korozyonun meydana gelmesi halinde bulaşma daha fazla olmaktadır (Güler, 1997; Dombaycı, 2009).

Endüstrideki kullanımı nedeniyle kurşun biyosferde yoğun olarak bulunmaktadır. Özellikle kuzey yarım kürede, havada 1000 ton civarında kurşun sirkülasyonu söz konusudur. Otomobillerin kurşunlu yakıtları, kurşun içeren boyalar, bu boyaların kullanıldığı oyuncak ve diğer malzemeler, sirli porselen ve seramik malzemeler, kurşun içeren kap ve cam ürünleri, otomobillerde kullanılan kurşun-asit bataryalar, endüstriyel atık kirliliği ile çevreye kurşun yayılabildiği gibi kurşun lehimli ambalajlardaki konserveler, mama, gıda ve içecekler, kurşun ile kontamine olmuş su ve arazilerden elde edilen sebze ve meyveler, tütün mamülleri, alkollü içecekler, beyaz ve kırmızı et, sakatat türleri, süt ve süt ürünleri kurşunun başlıca kaynaklarıdır (EPA, 2003; Yapıcı vd., 2004; Dunder ve Aslan, 2005; Hızel ve Sanlı, 2006; Kovancı, 2008).

İnsanın yaşadığı ortam göre kurşuna maruziyet düzeyi çok değişken olabilir. İnsan vücudundaki kurşun miktarı tahmini ortalama olarak 125-200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1-2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir. Birçok kişinin maruz kaldığı günlük miktar 300-400 mg'ı geçmemektedir. Bununla birlikte çok eski iskeletler üzerinde yapılan kemik analizleri günümüz insanı kemiklerinde, atalarımızdakinin 500-1000 katı kadar fazla kurşun bulunduğunu göstermektedir (Duffus, 1980; Kahvecioğlu vd., 2003).

Düşük pH'lı sular, tesisat malzemelerindeki aşınma ile kurşun içeren borulardan kurşun suya geçebilmektedir. Onlarca yıl önce kullanılan kurşun borulardan akan içme suyu şebekelerindeki sular, Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen 10 µg/l düzeyinin çok üzerinde kurşun içermekteydi. 1960 'lı yıllardan sonra terk edilen bu borular yerine kullanılan bakır alaşımlı borular ise, bağlantı noktalarındaki kurşun lehimler ve metal korozyonu nedeniyle, içme suyu yoluyla toksikasyonun devam etmesini engelleyememiştir (Dündar ve Aslan, 2005; Kovancı, 2008; Vaizoğlu, 2014).

Kurşunun araba yakıtlarına konmasından sonra havaya karışması artmıştır. Endüstriyel öğütme işlemleri sırasında oluşan tozlar ve kurşun içeren yakıt dumanları havadaki kurşunun önemli kaynaklarıdır. Hava çevresel kurşun sirkülasyonunun en önemli yoludur. Havada yoğun olarak bulunmasına rağmen duyularımızla hissedemediğimiz bu materyal, canlılarca solunur. Çok küçük partiküler yapısı, insanda burun ve solunum yollarındaki bariyerlere takılmadan alveoler ortama ulaşmasını sağlar. Alveoler yüzeyler oksijene geçirgen olduğu kadar diğer kontaminantlara da geçirgen olması nedeniyle bir risk kapısıdır (Rooney vd., 1994; Yapıcı vd., 2002).

Kurşun çocuk ve gebeler için ileri derece toksik özelliktedir. Annenin aldığı kurşun, bebekte sinir sistemi bozukluklarına ve gelişme geriliklerine yol açmaktadır. Merkezi sinir sistemi işlevlerini baskılar, erken doğum ve düşük doğum ağırlıklı bebek için risk faktörü, fiziksel ve mental gelişmenin gecikmesi, bebek ve çocuklarda zeka düzeyini olumsuz etkiler. Vücutta kalsiyum işlevlerini ve dengesini bozar. Çocuklar üzerinde yapılan araştırmalarda kanda kurşun miktarı arttıkça IQ seviyesinin düştüğü tespit edilmiştir. Öte yandan kurşun nörotoksik özelliğinden dolayı sinir sisteminde iletimin azalmasına da yol açmaktadır. Kanda 40 mg/l seviyesini aşınca tansiyon artırıcı etki yapar. Diğer taraftan kronik Kurşun alınımı ile sperm sayısı ve morfolojisinde sınırlanır. Dünya Sağlık Örgütü sınıflandırmasına göre kurşun 2. sınıf kanserojen gruptadır (Mayan vd., 2001; Mameli vd., 2001; Vaizoğlu, 2014).

Kurşun toksik etkisini çeşitli mekanizmalar ile gösterir. Kurşunun klinik önemi kan hücreleri ve sinir hücrelerindeki kronik etkilerinden kaynaklanmaktadır (Grandjean, 1992). Kurşun sentezleyici enzim olan redüktazı engeller. Redüktazın inhibisyonu, kurşuna maruz kalmanın önemli bir belirteci olarak eritrositlerde protoporfirin birikimine yol açar (Tunç, 2006). Protoporfirin metabolizmasının etkilenmesi anemiyi; hücresel oksidasyon ve redüksiyon dengesinin kaybolması sinaptik performans kaybını bütün bu fonksiyonel yetmezlikler ise, zeka ve hafıza kaybı, konsantrasyon güçlüğü gibi sinirsel semptomlar ile

kalp, böbrek ve karaciğer sorunlarını getirmektedir (Kenntner vd., 2001; Needleman, 1986). Kurşun Na^+ , K^+ , ATP az pompasını ve eritrositlerin membran yapısını bozarak eritrositlerin yaşam süresini kısalttığı gibi önemli bir enzim inhibitörü olarak hücrelerde selenyum ve sülfür içeren enzimlerin antioksidan etkinlik göstermesini engellemektedir (Göker, 1996; Dökmeci 2001; Sağırdağ, 2011).

Ülkemiz de bazı illerde, değişik zamanlarda içme ve kullanma suyunun kalitesini saptamak amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Örneğin 2001 yılında Yozgat'ta yapılan bir çalışmada içme sularının metal kontaminasyonuna bakılmış ve Pb konsantrasyonlarının 0,18-0,99 mg/l değerleri arasında olduğu saptanmıştır (Soylak vd., 2001; Kovancı, 2008).

Ilgar (2000), doktora tezi çalışması olarak Sarıçay sediment çökeltilerinden aldığı örneklerde ağır metal konsantrasyonlarını saptamıştır. Çanakkale Boğazı'na dökülen 13 akarsu sedimentinden alınan örneklerde genel olarak en yüksek ağır metal değerlerine aynı kaynaktan çıkan Umurbey, Yapıldak, Musaköy'de rastlanmıştır. Yukarı kesimlerinde kurşun ve çinko madeni işleten tesislerin olması nedeniyle Sarıçay'da da ağır metal konsantrasyonları yüksek değerlere ulaşmıştır. Arıman vd. (2007), tarafından yapılan bir başka çalışmada Pb ortalamaları Kızılırmak'ta 0,357 mg/l, Yeşilirmak'ta 0,148 mg/l, Abdal çayında 0,237 mg/l, Mert çayında 0,675 mg/l, Kürtün ırmağında 0,171 mg/l ve Engiz ırmağında 0,130 mg/l olarak bildirmişler (Sönmez vd., 2012).

1.4.8. Nikel (Ni)

Nikel doğada yeryüzünün kayalıklı yerlerinde sıklıkla rastlanılan bir element olup miktarı genelde 1 $\mu\text{g/l}$ 'den azdır. Nikel, doğada organik sedimanlar, asfaltitler bazen sedimanter demir oksitler içerisinde konsantre olarak, serpantinleşmiş peridotitler üzerinde, şistli formasyonlar içerisinde, granitik plütonlara bağlı, bazik ve ultra bazik kayalar ile bağlantısı olan ve metamorfik kayalar içerisindeki yataklarda bulunur (Routhier, 1963; THSK, 2008). Nikel bazı bazaltik volkanik ve mineralize damarlara yakın bölgelerde miktarı daha yüksek oranda bulunmaktadır. Nikel maden çıkarma, demirli olmayan metallerin değişimi, maddelerin geri dönüşümü, cam, seramik, mücevher ve tıbbi protez üretimi gibi pek çok endüstri alanında kullanılmaktadır (THSK, 2008). Nikel kirliliğinin çok yoğun olduğu bölgelerde nikel içeren çaydanlık kullanımı, kromla kaplanmış musluklar, paslanmaz çelik ve nikel malzeme üretimi sudaki nikel konsantrasyonunu artırabilir (Vaizoğlu, 2014).

Nikel canlı gruplarına göre farklı etki göstermektedir. Nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz elementi olarak bulunması gerekir. Bazı sistemlerde ağır metallerin etki mekanizması konsantrasyona bağlı olarak değişir (Kahvecioğlu vd., 2003). Bitkisel yağların hidrojenizasyonunda en önemli kontaminasyon kaynaklarından biridir. Ağız yoluyla alınan nikelin büyük kısmı vücut tarafından absorplanmadan dışkı ile dışarı atılır, bir kısmı akciğer, bağırsak ve deri gibi dokularda birikebilir. Nikel bileşikleri Grup 1 yani insanlara kanserojenik olarak değerlendirilmiştir. Ağızdan alınması ile kanser riski çok düşüktür, nikel organizmada ribonükleik asit gibi moleküllerle kuvvetlice bağlanabilir. Sistin, metiyonin ve histidin gibi aminoasitler, fosfolipidler, asetil Co A ve sitrik asit gibi komponentlerle birleşebilir (Vural, 1993). Kadın ve erkek üreme sistemini, büyümeyi ve gelişmeyi etkileyip, perinatal ölüme, alerjik kontakt dermatitte yol açabilir (Vaizoğlu, 2014).

Doğal sularda nikel çok az rastlanır. Günlük olarak sudan alınan miktar çok azdır (Vaizoğlu, 2014). Ancak az miktardaki nikel, demirin canlılar tarafından daha iyi değerlendirilmesini sağlar. Yiyecekler ve içme suyundan başka daha çok deri teması ve solunum yoluyla canlı bünyeye geçer. İnsanda fizyolojik bozukluklara yol açar. Nikel hemen her türden canlıda yüksek düzeylerde alınma durumunda veya uzun süreli maruziyetlerde zehir etkisi gösterir (Sanlı, 2002). Nikelin toksikolojik etkileri temel olarak kanserojen etki, solunum sistemine etkisi ve dermatolojik (alerjik) etkidir.

Nikelin dermatolojik (alerjik) etkisi fazladır. Kadınlar tarafından sık ve sürekli olarak kullanılan takıların nikel veya nikel alaşımları içermesi nedeniyle özellikle kadınlar nikel alerjisi tehlikesi altındadır. 1970 'li yılların sonlarından itibaren bu alerjinin yaygınlaşarak artmakta olduğunu ve günümüzde bazı araştırmacılara göre kadınlarda % 40, erkeklerde % 5-10 seviyelerine ulaştığını ileri sürmektedir. Bu nedenle, küpe, kolye, bilezik, saat kayışı gibi deriyle sürekli ve yakın teması olan eşyalarla ilgili olarak Avrupa'da bir takım yasal düzenlemeler yapılmıştır. Örneğin, Danimarka Haziran 1989'dan itibaren, çözünen nikel miktarının $0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ değerinden fazla olan mücevherlerin satışını yasaklamıştır. İsveç ise küpelerde kullanılacak nikel miktarını maksimum % 0,05 ile sınırlandırmıştır (Emre, 2000; Kartal, 2004).

Arıman vd. (2007), tarafından yapılan bir diğer çalışmada Orta Karadeniz kıyı şeridinde bulunan 6 ırmakta Ni verileri en yüksek Engiz Irmağın'da $0,725 \text{ mg}/\text{l}$ olarak bulunurken en düşük ortalama $0,089 \text{ mg}/\text{l}$ ile Yeşilırmak'ta ölçülmüşlerdir (Sönmez vd., 2012).

Sağırdağ (2011), yaptığı çalışmada Diyarbakır il ve merkez ilçelere bağlı 30 ayrı yörenin içme su ihtiyacını karşılayan sondaj kuyularından alınan numunelerde Ni <0,05 mg/l çıkmıştır. Özer (2007), Berdan Ovası kuyu sularında yüksek düzeyde nikel tespit etmiştir. Bu yüksek düzeydeki nikel kirliliğine nedenlerini kimyasal ürünler ve suni gübrelerin yağmur suları ile yıkanarak çaya karışması ile açıklanabileceğini vurgulamıştır. Toroğlu vd. (2006), Aksu Çayı ve kolları üzerindeki ağır metal kirliliğinin tespiti üzerine yapılan bir başka çalışmada, Ni Aksu I.'de 0,096 ppm, Erkenez'de 0,485 ppm, Oklu'da 0,28 ppm, Karasu'da 0,126 ppm ve Aksu II.'de 0,90 ppm olarak tespit etmişlerdir (Sönmez vd., 2012).

1.4.9. Civa (Hg)

Periyodik cetvelin 2B grubunda bulunan bir geçiş elementidir. Oda sıcaklığında sıvı durumda $13,534 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğu ile ağır metaller grubunun bir üyesi olan civa hava, su ve toprakta farklı şekilde bulunur. Bunlar, elementel civa, inorganik bileşikler ve organik civa bileşikleri şeklindedir (Şener, 2010). Civa ve bileşiklerinin insan için zehirli olduğu bilinmektedir (THSK, 2008). Bununla birlikte civa elementel formda (Hg^0) toksik özellikte değildir. Hg 'nin kimyasal yapısını değiştirecek herhangi bir kimyasal veya biyolojik sistemin yokluğunda, oral alınımı yan etkilere yol açmaz. Buna karşın Hg^0 , kimyasal olarak iyonize inorganik Hg^{2+} türüne dönüşünce toksik özellik kazanır (Tunç, 2006). Özellikle de civanın bakteriler ile değişikliğe uğramasından kaynaklanan metil-civa toksik olup sulak ortamda organizmalarda ve besin zinciri boyunca birikir (THSK, 2008).

Yer kabuğunda ortalama 0,08 ppm oranında, havada 0,005–0,06 ng/m^3 civarında bulunmaktadır. Doğada en büyük civa kaynağı granit kayalardan olan sızıntılardır; bu kaynak doğadaki civa birikiminin % 50'sinden sorumludur (Bakar ve Baba, 2009; Tunç, 2006). İnsan faaliyetleri sonucunda yılda 20 000 ton civa çevreye yayılmaktadır (Şener, 2010). Endüstride, gerek metalik gerekse organik ve inorganik civa bileşikleri olarak termometrelerde, bazı metallerin üretim proseslerinde, rafineri, ilaç sanayinde, diş tedavilerinde dolgu malzemesi olarak, laboratuvar uygulamalarında, boya sanayinde ve kâğıt sanayinde kullanılmaktadır. Fosil yakıtların yanması, madencilik sektöründe civa içeren kayaçların kırılması, çöplük ve ekim alanlarından akıntılarla, atık pillerin rastgele atılması, diş hekimliğinde kullanılan amalgam dolgular, metal civa klor gazı ve kostik soda elde etmek için ve evde kullanılan civa içeren aletlerin (elektrik düğmeleri, barometre,

floresan lamba, kan basıncı ölçüm aletlerinde) kırılması civanın çevreye yayılması ile sonuçlanmaktadır. Kırmızı civa "(2)" sülfür (HgS) vermilion adı altında kırmızı boya olarak kullanılır. Gemi teknelerinin su altındaki kısmı, bu boyayla boyanarak midye ve istiridyelerin tekneye yapışarak toplanmaları önlenir. Birçok metallerle "amalgam" adı verilen alaşımlar yapar (Sienko, 1983; Eto, 2000; Sarkar, 2002; Dökmeci ve Dökmeci, 2005; Klaassen, 2009; Vaizoğlu, 2014). Ancak yarattığı riskler nedeniyle kullanım alanları giderek daralmaktadır.

İnsan vücudunda civa toksik etkisini üç yol ile gösterir (Tunç, 2006).

1. Hg²⁺ proteindeki sülfidril grupları ile reaksiyona girer, proteinin tersiyer yapısında değişikliğe yol açar, bunu da protein ile ilişkili biyolojik fonksiyon kaybı izler. Hg²⁺ düzenli klirens olayları sırasında, böbreklerde konsantre olduğundan en fazla toksisite bu organlarda yaşanır.

2. Tersiyer yapıdaki değişiklik ile beraber, bazı proteinler immünojenik özellikler kazanırlar ve yeni antijeni bağlayacak immünoglobulinleri üreten B lenfositlerin artışına neden olurlar.

3. Alkil civa türleri, özellikle lipofilik olup, nöronlar gibi lipit bakımından zengin dokularda proteinlere bağlanıp, sinir sisteminde ve beyin üzerinde fonksiyon kayıplarına neden olurlar.

Sinir sistemi, beyin ve böbrekler üzerinde de ağır tahribatlar yarattığı yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir. Farklı civa bileşikleri insan metabolizması üzerinde farklı etkiler yapar. Bunun nedeni olarak, vücuda alınan civanın metalik, organik veya inorganik bileşik olmasına göre, vücut içerisinde metabolik olarak izleyeceği yolun farklılık göstermesidir. Metalik ve metil civa vücuda alındığında kana karışarak beyine kadar gider ve beyinde birikir. Buna karşın inorganik civa bileşiklerinin alınması durumunda bu bileşikler beyine gidemezler ancak bunlarda böbreklerde birikerek böbreklerin çalışmasını engellerler. Kısa süre yüksek dozlarda maruz kalınması durumunda civanın ciğerlerde, ağız ve boğaz ile solunum yollarında hasar yarattığı tespit edilmiştir. Bunun yanında civa konsantrasyonunun vücutta yükselmesi, tansiyon yükselmesine, kalp krizine, derilerde kızarıklık ve yaralanmaların oluşmasına ve gözlerin zarar görmesine neden olabilmektedir (Duffus vd., 1996; Kahvecioğlu vd., 2003; Güven vd., 2004).

Diğer metallerde olduğu gibi doğada ve canlı sistemlerde civanın karmaşık bir döngü halinde olduğu bilinmektedir. 1950'li yıllarda Japonya'nın Minamata Körfezin'de atıklarını doğrudan denize boşaltan kimyasal fabrikalar bulunmaktaydı. Bu fabrikalardan

bazıları katalizatör olarak inorganik civa kullanmaktaydı ve bunun bir kısmı denize dökülmeden metilleniyordu. Mikroorganizmalar inorganik civayı, metil civaya dönüştürmektedirler. Daha sonra metillenmiş civada planktonlar tarafından tutulmaktadır. Planktonlar aracılığı ile balıklara geçen metil civa besin zinciri yolu ile insanlara ulaşmaktadır. Bu yolla 1953 yılında görülen zehirlenmede 46 ölüm olmuştur (Bakar ve Baba, 2009).

Doğal su kaynakları içinde civa bileşiklerine nadiren rastlanılır. Konsantrasyon genellikle 0,1 µg/l'den daha düşüktür, atık sularda bulunabilir. Sularda civa bulunması, sanayi veya ilaç kirliliğinin işaretidir. Irak'ta tarım alanlarında metil civa içerikli ilaç kullanılması ve tohumların besin maddesi olarak tüketilmesiyle pek çok ölüm vakası olmuştur (Bingham vd., 2001; Güven vd., 2004; Tofan, 2008). Sağırdağ (2011), yapmış çalışmada Diyarbakır il ve merkez ilçelere bağlı 30 ayrı yörenin içme su ihtiyacını karşılayan sondaj kuyularından alınan numunelerde Hg < 0,001 mg/l çıkmıştır.

1.4.10. Selenyum (Se)

Doğada nadir elementlerden biri olan Selenyumun yerkabuğunda ortalama konsantrasyonu 0,05 ppm' dir. Selenyum özellikle kükürt içeren minerallerin bulunduğu toprakta bulunur (Vaizoğlu, 2014). Periyodik cetvelde ametal kükürt ile metalloid tellür arasında yer alır. Selenyumun üç tane alotropik formundan gri hegzagonal yapısı fotoiletkenlik ve yarı iletkenlik özelliğine sahiptir (Güven vd., 2004). Genelde sularda selenat (SeO_4^{2-}) veya selenit (SeO_3^{2-}) şeklinde bulunmaktadır (THSK, 2008).

Selenyum, Cu, Zn ve Pb gibi metallerin üretimi sırasında yan ürün olarak üretilir. Selenyum ana üretim kaynağını ise, bakır anot çamurlarıdır ve bu çamurların soda veya sülfürik asit ile kavrulması ile geri kazanılır. Kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı, başta fotoelektrik hücreler olmak üzere, elektronik, cam, metalürji, tarımsal ve biyolojik alanlarda endüstriyel uygulamaya sahiptir. Yüzey sularında selenyum varlığının doğal kaynağı toprağın yıkanmasıdır. Selenyum kirliliğinin en önemli nedeni selenyum içeren katı atık depo sahaları ve bu tür sahaların bulunduğu bölgelerde yetişen tarım ürünleri ile de besin zincirine girer ve insan vücuduna kadar ulaşır (Habashi, 1997; Bingham vd., 2001; Güven vd., 2004; THSK, 2008).

Selenyum, hücrelerin antioksidan savunma sistemlerinde anahtar bir rol alan GSH-Px in aktivitesinde elzem bir elemettir (Orhman ve El Missiry., 1998; Çaylak ve Halifeoğlu,

2010). Selenyum, Glutatiyon Peroksidaz ve İyodatironin Deiyodinazların bir bileşenidir ve insan metabolizması için gerekli bir elementtir. Selenyum, dokularda genellikle seleno sistein ve seleno metiyonin olmak üzere iki formda bulunur. Seleno metiyonin, vücut içinde sentezlenemez ve beslenme yolu ile alınır. Seleno metiyonin, selenyum elementini depolayan bir yapı olarak düşünülür ve vücuda bu elementin alımı kesildiğinde organizmanın selenyum kaynağı olarak görev yapar (Tunç, 2006).

Epidemiolojik çalışmalar neticesinde insanlarda selenyumun eksikliğinden kaynaklanan kalp rahatsızlıkları riski selenyum fazlalığından kaynaklanana oranla 2-3 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Çok az sayıdaki selenyum bileşiği ani ölümlere neden olmaktadır. Sindirim sistemindeki müköz mebranlarında tahrişe, karaciğer hasarına, saç ve tırnaklarda, böbrek, sinir sisteminde ve dolaşım sisteminde bozukluklarına, akciğerde toksik ödemlere neden olduğu gözlenmiştir (Güven vd., 2004; EPA, 2006; Temamoğulları ve Dinçoğlu, 2010).

Selenyumun yaşlanma etkilerini geciktirici ve bağışıklığı güçlendirici etkisi bilinmektedir. Protein ve DNA sentezine katkıda bulunur. Selenyum vücutta bazı proteinlerin yapısına girer ve bunlara selenoprotein denir. Bunlar antioksidan özelliği olan proteinlerdir ve hücreyi hasardan korurlar. Bağışıklık sistemini güçlendirir (Özata, 2008; Sağırdağ, 2011). İnsan sağlığı üzerinde çok sayıda etkisi vardır. Selenyum, karaciğerimizin iyi çalışmasını sağladığı gibi, antioksidan özelliği ile kanserden ve bazı metal zehirlenmelerinden bizi korur. Selenyumun beyin çalışmasında da etkileri vardır ve tiroid bezinin iyi çalışmasını sağlar. İyot yetmezliği ile beraber selenyum eksikliği varsa guatr daha fazla görülür. Günlük 55 mikro gram kadar selenyum gereklidir (Özata, 2008; Sağırdağ, 2011). Selenyum oranı yüksek topraklarda yetişen bitkilerde selenyum akkümüle olur. Hayvan ve insanlara geçerek keratindeki kükürdün yerini alarak birikir. İnsan için gıdalar, özellikle balık en önemli kaynaklarından (Vaizoğlu, 2014).

Temamoğulları vd. (2010), yapmış oldukları çalışmada Şanlıurfa ili ve ilçelerindeki 50 kuyudan temin edilen su örneklerinde selenyum düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Şanlıurfa merkezinden alınan ve sulama amaçlı kullanılan kuyu suyu örneklerinde selenyum yasal limitlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Ancak, ilçelerden alınan kuyu suyu örneklerinden 13'ü selenyum yönünden sulama sularında izin verilen limitlerin üzerindedir (>20 µg/l). Şanlıurfa'nın Suruç ve Siverek ilçelerindeki 5 kuyudan alınan örneklerde 50 µg/l üzerinde selenyum tespit edilmiştir. Araştırma örneklerinin %

54'ü (>10 µg/l) kıta içi su kaynakları sınıflandırmasına göre selenyum yönünden kirli olduğu tespit edilmiştir.

Dünyada yer altı su kaynaklarında ağır metal kirliliğinin belirlenmesine yönelik bir çok çalışma bulunmaktadır; Selenyum düzeyleri Amerika Birleşik Devletleri'nde 400-9000 µg/l, Finlandiya'da 50-1000 µg/l, Hindistan'da yapılan 80 kuyu suyu örneğine dayanan bir çalışmada, 0,01 mg/l üzerinde bildirilirken, Güney Teksas'ta sulama amaçlı kullanılan 112 kuyu suyu örneğinin % 5'inde içme suyu için (50 µg/l), % 21'inde ise sulama suları için (20 µg/l) belirlenen limitlerin üstünde selenyum olduğu belirlenmiştir (Valentine vd., 1994; Lahermo vd., 1998; Dixit vd., 2003; Hudak, 2004; Temamoğulları vd., 2010).

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Materyal

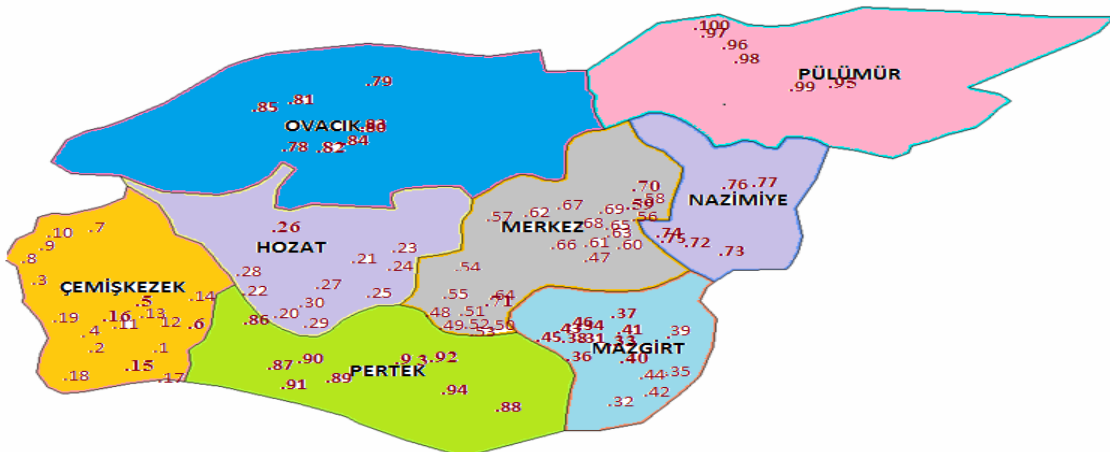
2.1.1. Numune Alma Noktalarının Belirlenmesi

Tunceli, Doğu Anadolu Bölgesi'nde, Fırat Havzasında yer almaktadır. Araştırmada Tunceli il merkezi ile 7 ilçesinden olmak üzere toplam 100 noktadan (çeşmelerden, depo çıkışından ve evlerden şebeke çıkışından) alınmış olan su numuneleri araştırma materyalini oluşturmaktadır. Şekil 2.1.'de çalışma alanı ve örnek noktaları gösterilmiştir.

Örnek alma noktaları belirlenirken o bölgede yaşayan nüfusun su ihtiyacını karşılayan kaynaklar alınmıştır. Bu noktaların bir kısmı tek bir kaynaktan oluşurken bir kısmı birden fazla kaynağın bir depoya bağlanması ile oluşan depoyu temsil etmektedir.

Örnek alma noktaları İTASHY uygun olarak kayıtlı nüfus olarak 50'den fazla kişi tarafından kullanılan veya günlük ortalama 10 m³ den fazla su sağlayan kaynaklardan alınmıştır.

Tunceli ilinde coğrafik yapısından dolayı çok sayıda kaynak mevcuttur. İçme suyu kaynakları genelde ilin tümüne dağılmış küçük kaynaklardır. Alınan su örnekleri özellikle insanların çok tükettiği noktalardan alınmıştır. Su numunelerinin toplandığı yerlerin isimleri (ilçe/köy/mahalle) Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma alanı ve örnek noktaları

Tablo 2.1. Su numunelerinin toplandığı yerler

NO	İLÇE	KÖY/MAHALLE
1	Çemisgezek	Akçapınar
2	Çemisgezek	Asağıbudak
3	Çemisgezek	Asağıdemırbük
4	Çemisgezek	Bagsuyu
5	Çemisgezek	Tepebası
6	Çemisgezek	Dogan
7	Çemisgezek	Doganalan
8	Çemisgezek	Erkalkan
9	Çemisgezek	Gedikler
10	Çemisgezek	Gülbahçe
11	Çemisgezek	Örenceler
12	Çemisgezek	Payamdüzü
13	Çemisgezek	Sarıbalta
14	Çemisgezek	Ulukale
15	Çemisgezek	Uzungöl
16	Çemisgezek	Vısnelı
17	Çemisgezek	Yemisdere
18	Çemisgezek	Yukarıbudak
19	Çemisgezek	Yünbüken
20	Hozat	Akpınar
21	Hozat	Balkaynar
22	Hozat	Çağlarca
23	Hozat	Çığırlı
24	Hozat	Devırsce mal
25	Hozat	Geçımlı
26	Hozat	Hamıdıye
27	Hozat	Inköy
28	Hozat	Kalecık
29	Hozat	Karabakır
30	Hozat	Yenıdogdu
31	Mazgırt	Agaçardı
32	Mazgırt	Akpazar Belediyesi
33	Mazgırt	Alanyazı
34	Mazgırt	Asağıoyumca
35	Mazgırt	Ayvatlı
36	Mazgırt	Beylermezrası
37	Mazgırt	Bulgurcular
38	Mazgırt	Danaburan
39	Mazgırt	Darıkent Belediyesi
40	Mazgırt	Demirkazık
41	Mazgırt	Doganlı
42	Mazgırt	Kayacı
43	Mazgırt	Mazgırt Belediyesi
44	Mazgırt	Ortaharman
45	Mazgırt	Temürttaht
46	Mazgırt	Yukarıoyumca
47	Merkez	Atlantı
48	Merkez	Basakcı
49	Merkez	Baylık
50	Merkez	Bögürtlen

Tablo 2.1.'in devamı

NO	İLÇE	KÖY/MAHALLE
51	Merkez	Bugulu
52	Merkez	Burmageçit
53	Merkez	Çimenli
54	Merkez	Demirkapı
55	Merkez	Doluküp
56	Merkez	Erdogdu
57	Merkez	Geyiksuyu
58	Merkez	Gökçek
59	Merkez	Gömemis
60	Merkez	Güleç
61	Merkez	Kanoglu
62	Merkez	Karsılar
63	Merkez	Kocakoç
64	Merkez	Kopuzlar
65	Merkez	Meseyolu
66	Merkez	Sinan
67	Merkez	Cumhuriyet
68	Merkez	Esentepe
69	Merkez	Tüllük
70	Merkez	Yesilkaya
71	Merkez	Yolkonak
72	Nazımiye	Çevrecik
73	Nazımiye	Dallıbahçe
74	Nazımiye	Geris
75	Nazımiye	Günlüce
76	Nazımiye	Merkez
77	Nazımiye	Turnayolu
78	Ovacık	Çakmaklı
79	Ovacık	Gözeler
80	Ovacık	Konaklar
81	Ovacık	Köseler
82	Ovacık	Pulur
83	Ovacık	Konaklar
84	Ovacık	Öveçler
85	Ovacık	Pasadüzü
86	Pertek	Akdemir
87	Pertek	Asağıgülbahçe
88	Pertek	Bıçmekaya
89	Pertek	Çakırbahçe
90	Pertek	Dorutay
91	Pertek	Geçtyaka
92	Pertek	Sogukpınar
93	Pertek	Camıkebır
94	Pertek	Pınarlar
95	Pülümür	Dagyolu
96	Pülümür	Dereköy
97	Pülümür	Doganpınar
98	Pülümür	Kırmese
99	Pülümür	Merkez
100	Pülümür	Salkımözü

Numune alınması ve analize hazır hale getirilmesi:

Su numuneleri alınırken ve laboratuara gönderirken “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği ve “TS EN ISO 5667-3 Su Kalitesi- Numune Alma- Bölüm-3: Su Numunelerinin Muhafaza, Taşıma ve Depolanması İçin Kılavuz” esas alınmıştır (Resmi Gazete, 2009).

Bölgede kullanılan sabit noktalardan ağır metal bakmak için numune almadan önce sistematik bir temizleme yapılmış, varsa musluk bütün aksesuarlardan arındırılmıştır. Musluk açılır ve suyun sabit bir sıcaklık derecesine ulaşması için beklenilmiştir. 5 litrelik pet şişeler doldurulur. Su numunelerinin alınacağı plastik kaplar 1:1’ lik Nitrik Asit (HNO_3) çözeltisinden (v/v) geçirilmiş ve daha sonra kaplar distile su ile yıkanmıştır (Loon, 1985). Pet şişeler kurulanmış, etiketlenmiş ve soğuk zincire uygun şekilde analiz yerine ulaştırmak için Şekil 2.2. deki gibi soğutulmuş bir kaba konulmuştur. Şişeler sıcaklığı $5\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$ olan kaplar ile taşınmalıdır. Şişeler en hızlı şekilde laboratuvara götürülmüştür. Çünkü sular, numune alımı ile analiz arasında geçen sürede hızlı bir şekilde kimyasal (çökme, çözülmüş gazın kaçması vb.) değişime uğrayabilir (THSK, 2008).



Şekil 2. 2. Su numunelerinin etiketlenmesi ve transfer kaplarına konması.

Laboratuvara gelen su numuneleri kabul kriterlerine uygun olup olmadıkları kontrol edilir (şişelerin iyi durumda olması, şişelerin dış görünüşü, analiz için gereken miktarın olup olmadığı, su numunesinin sıcaklığı vb.). Su numuneleri toplandıktan sonra laboratuvar buzdolabında (+4°C) analiz yapılncaya kadar saklanmıştır (Fifield ve Haines, 1995).

2.1.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Analitik saflıkta nitrik asit, stok mix standart solüsyonu, stok antimon standardı, stok civa standardı, kalibrasyon çözeltileri, Hach marka kitlerle ve deiyonize su.

2.1.3. Kullanılan Malzeme ve Cihazlar

Agilent 7700 marka ICP-MS ve Perkin Elmer Sciex Nexion 300X marka ICP-MS, Spektrofotometre (MERCK/PHARO300), 5 litrelik tek kullanımlık plastik kaplar, Soğuk zincir transfer kapları, Otomatik pipet, 500 ml'lik plastik balon joje, 50 ml'lik kalibrasyonlu numune kabı.

2.2. Metod

Sularda Sb, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Se ölçümü Şekil 2.3. de gösterilen Perkin Elmer Sciex Nexion 300X marka ICP-MS cihazı ile ve Şekil 2.4. de gösterilen Agilent 7700 marka ICP-MS cihazı ile EPA 6020 A metoduna göre yapılmıştır.



Şekil 2.3. Perkin Elmer Sciex Nexion 300X marka ICP-MS cihazı



Sekil 2.4. Agilent 7700 marka ICP-MS cihazı

Sb, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni ve Se analizi için su numunesi yeteri kadar alınıp hazırlandıktan sonra, % 2'lik nitrik asit ilave edilir, eğer numune bulanık ise asitlendirmeden önce süzölmüştür.

As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Se için stok mix kalibrasyon standardından kalibrasyon standartları hazırlanır. Sb için stok Sb standardından kalibrasyon standartları hazırlanır. Hg için stok Hg standardından kalibrasyon standartları hazırlanır.

Önce kalibrasyon standartları verilerek kalibrasyon oluşturulur. Analit derişimi kesin olarak bilinen standart çözelti cihaza verilerek sinyal ölçölür. Analit derişimine karşı sinyal grafiğe geçirilir. Sonra numuneler cihaza verilerek oluşturulan kalibrasyona göre analiz sonuçları değerlendirilir. CN⁻ EPA OIA-1677 metodu ile spektrofotometrik yöntemle MERCK/PHARO 300 cihaz ile Hach marka kitlerle çalışılmıştır. Agilent 7700 marka ICP-MS cihazı için dedeksiyon limitleri Tablo 2.2. de verilmiştir.

Tablo 2.2. Ağır metal analizleri ölçüm limitleri (Agilent 7700 marka ICP-MS cihazı)

Parametre	Ölçüm Limiti
1. Arsenik	3 µg/L
2. Bakır	0,005 mg/L
3. Nikel	3 µg/L
4. Selenyum	3 µg/L
5. Antimon	2 µg/L
6. Civa	0.20 µg/L
7. Kadmiyum	2 µg/L
8. Siyanür	2.000 µg/L
9. Krom	5 µg/L
10. Kurşun	3µg/L

3. BULGULAR

2011-2012 yıllarını kapsayan bu çalışmada su numunelerinin 25 tanesi il merkezinden, 19 tanesi Çemişgezek ilçesinden, 16 tanesi Mazgirt ilçesinden, 11 tane Hozat ilçesinden, 8 tane Ovacık ilçesinden, 9 tane Pertek ilçesinden, 6 tane Nazimiye ilçesinden ve 6 tane Pülümür ilçesinden olmak üzere toplam 100 noktadan alınmış olup, numunelerden CN⁻, Sb, Cd, As, Cr, Cu, Se, Pb, Ni, Hg bakılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda Mazgirt ilçesinde Ayvatlı, Danaburan ve Kayacı olmak üzere 3 noktada, Pertek ilçesi Biçmekaya ve Çakırbahçe olmak üzere 2 noktada As ülkemiz standardı olan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik değeri olan 10 µg/l nin üstünde çıkmıştır. Ayrıca Cu Çemişgezek ilçesi Tepebaşında, Mazgirt ilçesi Bulgurcularda ve Darıkent de İTASHY değeri olan 2 mg/l üstünde çıkmıştır. Su numunelerinde yapılan metal analizleri neticesinde tespit edilen değerler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. İçme suyu örneklerinde ölçülen ağır metal miktarları.

No	Location	Sb (µg/l)	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (mg/l)	(CN) (µg/l)	Pb (µg/l)	Hg (µg/l)	Ni (µg/l)	Se (µg/l)
1	Akçapınar	0.14	2.57	0.51	3.54	0.17	4	0.13	0.03	2.43	0.34
2	Asağıbudak	2	3	2	10.45	0.005	4	3	0.2	4.78	3
3	Asağıdemırbük	2	3.07	2	7.66	0.005	3	3	0.2	4.48	3.26
4	Bagsuyu	2	3	2	7.16	0.005	5	3	0.2	3	3
5	Tepebaşı	0.18	2.42	0.51	8.76	4.48	6	0.18	0.2	5.81	1.23
6	Dogan	2	3	2	5	0.005	4	3	0.2	3	3
7	Doganalan	2	3.19	2	8.88	0.005	3	3	0.2	4.47	3.77
8	Erkalkan	2	3	2	5	0.005	3	3	0.2	4.42	4.1
9	Gedikler	2	3	2	5.38	0.005	3	3	0.2	4.74	3
10	Gülbağçe	2	3.11	2	8.59	0.005	3	3	0.2	4.58	3.73
11	Örenceler	2	3	2	6.97	0.005	10	3	0.2	3.1	3
12	Payamdüzü	0.05	0.2	0.51	2.39	0.69	4	0.99	0.2	2.56	0.2
13	Sarıbalta	2	3	2	5	0.005	4	3	0.2	3	3
14	Ulukale	2	3	2	5	0.005	3	3	0.2	4.17	3
15	Uzungöl	2	3	2	5	0.005	4	3	0.2	3.75	3
16	Vısneli	2	3	2	5	0.005	3	3	0.2	3.98	3
17	Yemisdere	2	3	2	5	0.005	3	3	0.2	3.51	3
18	Yukarıbudak	2	3	2	11.19	0.005	6	3	0.2	5.44	3
19	Yünbüken	2	3	2	7.4	0.005	8	3	0.2	3	3
20	Akpınar	2	3	2	5	0.005	4	3	0.2	7.39	3
21	Balkaynar	2	3	2	6.23	0.005	6	3	0.2	3.1	3
22	Çağlarca	2	3	2	5	0.005	4	3	0.2	19.96	3
23	Çıgırlı	2	3	2	6.14	0.005	6	3	0.2	3.89	3
24	Devrısce mal	2	3	2	5.55	0.005	5	3	0.2	3.3	3
25	Geçimli	2	3	2	6.74	0.005	6	3	0.2	3.27	3
26	Hamıdıye	2	3	2	5	0.005	5	3	0.2	3	3
27	Inköy	2	3	2	5.65	0.005	5	3	0.2	3	3
28	Kalecik	2	3	2	5	0.005	4	3	0.2	3.25	3
29	Karabakır	2	3	2	5	0.005	12	3	0.2	4.79	3
30	Yenıdogdu	0.14	1.02	0.51	2.91	0.69	4	0.99	0.2	1.44	0.26
31	Ağaçardı	2	3	2	5.02	0.005	2	3	0.2	3	3
32	Akpazar Beld.	2	3	2	5	0.005	9	3	0.2	3.4	3
33	Alanyazı	2	3	2	6.24	0.005	5	3	0.2	6.92	3

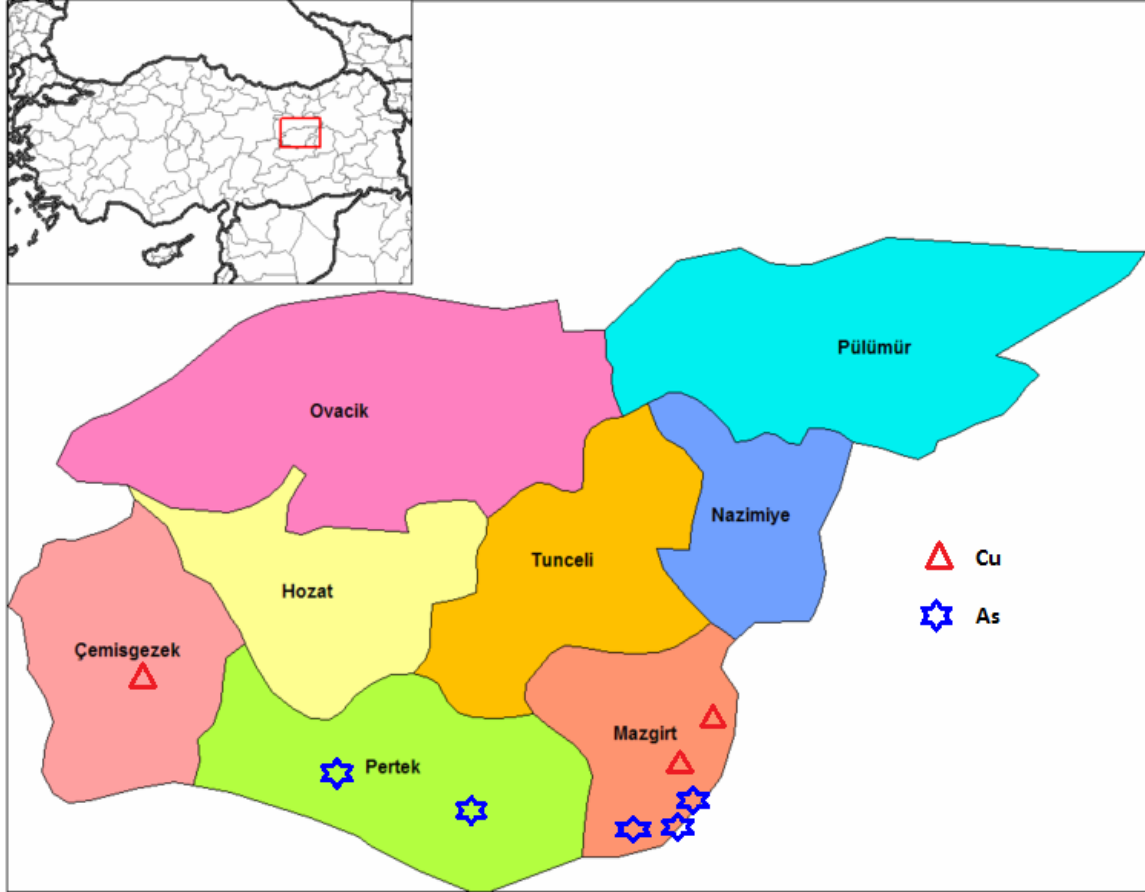
Tablo 3.1.' in devamı

No	Location	Sb (µg/l)	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (mg/l)	(CN) ⁻ (µg/l)	Pb (µg/l)	Hg (µg/l)	Ni (µg/l)	Se (µg/l)
34	Asağıyomca	2	3	2	8.2	0.005	9	3	0.2	4.27	3
35	Ayvathı	2	78	2	5	0.005	8	3	0.2	3	3
36	Beylermezrası	2	4.62	2	6.48	0.005	4	3	0.2	3	3
37	Bulgurcular	0.46	1.56	0.51	3.58	11.54	5	0.7	0.03	6.98	0.81
38	Danaburan	2	10.48	2	5	0.005	3	3	0.2	4.3	3
39	Darıkent Beled.	0.07	1.36	0.51	12.37	2.11	5	0.99	0.2	8.25	1.33
40	Demirkazık	2	3	2	5	0.005	7	3	0.2	3	3
41	Doganlı	2	3	2	5	0.005	10	3	0.2	4.14	3
42	Kayacı	2	77.6	2	5	0.005	8	3	0.2	3	3
43	Mazgirt Beled.	0.11	1.34	0.51	15.52	1.39	4	0.99	0.2	6	1.04
44	Ortaharman	2	3	2	5	0.005	9	3	0.2	3.2	3
45	Temürtaht	2	3	2	5.24	0.005	3	3	0.2	3	3
46	Yukarıyomca	2	3	2	5	0.005	9	3	0.2	3	3
47	Atlantı	2	3.95	2	5	0.005	5	3	0.2	5.26	3
48	Basakçı	2	3	2	7.63	0.005	7	3	0.2	4.68	3
49	Baylık	2	3	2	12.94	0.005	23	3	0.2	5.14	3
50	Bögürtlen	2	3	2	5	0.005	7	3	0.2	3	3
51	Bugulu	2	3	2	5	0.005	7	3	0.2	4.45	3
52	Burmageçit	0.06	0.55	0.51	6.14	0.86	5	0.99	0.06	2.84	0.35
53	Çimenli	2	3	2	5	0.005	4	3	0.2	3	3
54	Demirkapı	2	3	2	5	0.005	11	3	0.2	3	3
55	Doluküp	2	3	2	13.01	0.005	7	3	0.2	7.38	3
56	Erdogdu	2	3	2	9.45	0.005	5	3	0.2	5.98	3
57	Geyiksuyu	2	3	2	7.78	0.005	9	3	0.2	7.21	3
58	Gökçek	2	3	2	5.82	0.005	4	3	0.2	3	3
59	Gömemis	2	3	2	7.22	0.005	5	3	0.2	3.9	3
60	Güleç	2	3	2	5	0.005	6	3	0.2	5.15	3
61	Kanoglu	0.09	1.79	0.51	4.3	0.73	5	0.99	0.04	3.63	0.49
62	Karsılar	2.15	3	2	9.1	0.005	15	3	0.2	9.7	3
63	Kocakoç	2	3	2	5	0.005	5	3	0.2	5.28	3
64	Kopuzlar	2	3.83	2	5	0.005	4	3	0.2	3.18	3
65	Meseyolu	2	3	2	5	0.005	2	3	0.2	3	3
66	Sinan	2	3	2	5	0.005	5	3	0.2	4.55	3

Tablo 3.1.'in devamı

No	Location	Sb (µg/l)	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (mg/l)	CN ⁻ (µg/l)	Pb (µg/l)	Hg (µg/l)	Ni (µg/l)	Se (µg/l)
67	Cumhuriyet	2	3	2	5	0.005	6	3	0.2	3	3
68	Esentepe	2	3	2	5	0.005	6	3	0.2	3	3
69	Tüllük	2	3	2	5	0.005	3	3	0.2	4.29	3
70	Yesilkaya	2	3	2	5.42	0.005	2	3	0.2	3	3
71	Yolkonak	2	3	2	5	0.005	4	3	0.2	3	3
72	Çevrecik	2	3	2	5	0.005	4	3	0.2	3	3
73	Dalıbahçe	2	3	2	5	0.005	5	3	0.2	4.71	3
74	Geris	2	3	2	5	0.005	4	3	0.2	4.39	3
75	Günlüce	2	3	2	5	0.005	4	3	0.2	5.91	3
76	Merkez	0.08	0.49	0.51	2.22	0.24	5	0.99	0.2	1	0.79
77	Turnayolu	2	3	2	5	0.005	4	3	0.2	3.43	3
78	Çakmaklı	0.14	1.69	0.51	4.05	0.91	3	0.99	0.08	11.65	0.75
79	Gözeler	2	3	2	5	0.005	7	3	0.2	3	3
80	Konaklar	2	3	2	6.2	0.005	8	3	0.2	3	3
81	Köseler	2	3	2	5	0.005	8	3	0.2	3	3
82	Pulur	2.05	3	2	5	0.005	6	3	0.2	3	3
83	Konaklar	2	3	2	5.72	0.005	8	3	0.2	3.88	3
84	Öveçler	2	3	2	5	0.005	9	3	0.2	3	3
85	Pasadüzü	2	3	2	5	0.005	9	3	0.2	3	3
86	Akdemir	2	3	2	5	0.005	8	3	0.2	3.7	3
87	Aşağıgöl bah.	2	3	2	5	0.005	9	3	0.2	3	3
88	Bıçmekaya	2	22.11	2	7	0.005	8	3	0.2	3	3
89	Çakırbahçe	2	11.58	2	5	0.006	10	3	0.2	7.33	3
90	Dorutay	2	3	2	5	0.005	9	3	0.2	3.29	3
91	Geçityaka	2	3	2	5	0.005	9	3	0.2	4.93	3
92	Sogukpınar	2	3	2	5	0.005	6	3	0.2	3	3
93	Camikebır	2	3.16	2	5	0.005	7	3	0.2	3	3
94	Pınarlar	2	8.46	2	7.92	0.005	9	3	0.2	8.43	3
95	Dagyolu	2	3	2	13.96	0.005	4	3	0.2	3	3
96	Dereköy	2	3	2	5	0.005	3	3	0.2	3	3
97	Doganpınar	2	3	2	6.33	0.005	7	3	0.2	3.56	3
98	Kırmese	2	3	2	5	0.005	5	3	0.2	3	3
99	Merkez	0.06	0.15	0.51	6.13	0.27	4	0.99	0.2	1.91	0.08
100	Salkımözü	2	3	2	5.72	0.005	5	3	0.2	3.89	3

Yapılan çalışmada 8 lokasyonda ağır metal düzeyi mevzuat limitlerinin üstünde çıkmıştır. Şekil 3.1. Tunceli İlinde sınır değerlerin üzerinde çıkan arsenik ve bakırın bulunduğu bölgeler gösterilmektedir. Bu bölgeler ilin güneyinde yer alıp Mazgirt, Pertek ve Çemişgezek ilçelerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.1. Tunceli İlinde İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre sınır değerlerin üzerinde çıkan arsenik ve bakırın bulunduğu bölgeler

3.1. Verilerin İstatistiksel Analizi

İstatistiksel analizlerde SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 18.0 paket programı kullanılmıştır. Verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotlar (Ortalama, Standart sapma, standart hata, max. Min. Değerler) kullanılmıştır. Su örnekleriyle ilgili ilçeler bazında bazı istatistik parametreleri tablo 3.2. de verilmiştir. Tablo 3.3.'de de ölçümleri yapılan istasyonlardan Cu veya As değerleri İ.T.A.S.H.Y. ile izin verilen değerlerin üzerinde çıkan lokasyonlar ve bulunan konsantrasyonlar belirtilmiştir.

Tunceli'deki içme ve kullanma sularındaki metal miktarının ilçeler arasındaki farklılıklarının belirlenmesinde Varyans analizi (Tek Yönlü Manova) metodu uygulanmıştır. İlçelerin su parametrelerine ait ortalamalar arasında görülen farklılıkların tespitinde Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır. Ölçülen ağır metaller arasındaki ilişkileri tespit etmek için $P < 0.05$ ve $P < 0.01$ anlamlılık düzeyinde Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır.

Tablo 3.4.'de Tunceli genelinde analiz edilen içme ve kullanma sularındaki ağır metal konsantrasyonları ortalamalarının ilçeler arasındaki karşılaştırmaları özetlenmektedir. Genel olarak ilçeler arasında bütün ağır metal konsantrasyon ortalamalarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ($p > 0.05$). Sadece Pülümür ilçesindeki Cr seviyesi, Nazimiye ilçesindeki Cr seviyesinden istatistiksel olarak farklı yüksek bulunmuştur. Ayrıca Ovacık ilçesindeki CN^- seviyesi, Çemişgezek, Nazimiye ve Pülümür ($p \leq 0.05$) ilçelerinden istatistiksel olarak farklı ve yüksek bulunmuştur. Pülümür ilçesindeki bu yüksek Cr seviyesi ilçede yapılan Cr madenciliği aktivitelerinden kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir.

Tablo 3.5.'de bütün çalışılan alandaki su örnekleri için analiz edilen ağır metaller ile ilgili Korelasyon Matrisi gösterilmektedir. Bazı ağır metaller değerleri arasında, Sb-Cd ($r=0.998$), Sb-Pb ($r=0.983$), Sb-Se ($r=0.967$), Cd-Pb ($r=0.989$), Cd-Se ($r=0.967$), ve Pb-Se ($r=0.951$)'de olduğu gibi $p < 0,01$ önem seviyesinde, çok yüksek, pozitif korelasyon mevcuttur. Bazılarında da Pb-Hg ($r=0.639$), Hg-Se ($r=0.623$), Sb-Hg ($r=0.594$) ve Cd-Hg ($r=0.616$) gibi $p < 0,01$ önem seviyesinde, orta düzeyde, pozitif ilişki mevcuttur. Bazı ağır metal seviyelerinde Cd-Cu ($r=0.519$), Cu-Pb ($r=0.549$), Cu-Hg ($r=0.514$) ise $p < 0,01$ önem seviyesinde, orta düzeyde, negatif korelasyon görülmüştür. Sb-Cu ($r=0.470$) ve Cu-Se ($r=0.446$) arasında $p < 0,01$ önem seviyesinde, düşük, negatif korelasyon mevcuttur. Ayrıca Cr- CN^- ($r=0.217$) ve Cr-Ni ($r=0.246$) için de pozitif ancak zayıf korelasyon ($p < 0,01$) görülmüştür.

Tablo 3.2. İlçeler bazında alınan su örneklerinde tesbit edilen ağır metal miktarları ile ilgili bazı istatistiksel parametreler.

Element	İstatistik	Çemisgezek n ^a =19	Hozat n=11	Mazgirt n=16	Merkez n=25	Nazimiye n=6	Ovacık n=8	Pertek n=9	Pülümür n=6
Sb (µg/l)	Minimum	0,05	0,14	0,07	0,06	0,08	0,14	2,00	0,06
	Maksimum	2,00	2,00	2,00	2,15	2,00	2,05	2,00	2,00
	Ortalama	1,70	1,83	1,67	1,85	1,68	1,77	2,00	1,68
	Standard sapma	0,70	0,56	0,72	0,54	0,78	0,66	0,00	0,79
As (µg/l)	Minimum	0,20	1,02	1,34	0,55	0,49	1,69	3,00	0,15
	Maksimum	3,19	3,00	78,00	3,95	3,00	3,00	22,11	3,00
	Ortalama	2,82	2,82	12,62	2,92	2,58	2,84	6,70	2,53
	Standard sapma	0,66	0,60	25,53	0,61	1,02	0,46	6,57	1,16
Cd (µg/l)	Minimum	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	2,00	0,51
	Maksimum	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Ortalama	1,76	1,86	1,72	1,88	1,75	1,81	2,00	1,75
	Standard sapma	0,56	0,45	0,6	0,41	0,61	0,53	0,00	0,61
Cr (µg/l)	Minimum	2,39	2,91	3,58	4,30	2,22	4,05	5,00	5,00
	Maksimum	11,19	6,74	15,52	13,01	5,00	6,20	7,92	13,96
	Ortalama	6,49	5,29	6,42	6,35	4,54	5,12	5,55	7,02
	Standard sapma	2,34	1,00	3,15	2,42	1,13	0,63	1,11	3,44
Cu (mg/l)	Minimum	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
	Maksimum	4,48	0,69	11,54	0,86	0,24	0,91	0,01	0,27
	Ortalama	0,29	0,07	0,94	0,07	0,04	0,12	0,01	0,05
	Standard sapma	1,03	0,21	2,89	0,22	0,10	0,32	0,01	0,11
CN ⁻ (µg/l)	Minimum	3,00	4,00	2,00	2,00	4,00	3,00	6,00	3,00
	Maksimum	10,00	12,00	10,00	23,00	5,00	9,00	10,00	7,00
	Ortalama	4,37	5,55	6,25	6,48	4,33	7,25	8,33	4,67
	Standard sapma	1,92	2,30	2,65	4,41	0,52	1,98	1,22	1,37

Tablo 3.2. 'nin devamı

Element	İstatistik	Çemişgezek n ^a =19	Hozat n=11	Mazgirt n=16	Merkez n=25	Nazimiye n=6	Ovacık n=8	Pertek n=9	Pülümür n=6
Pb (µg/l)	Minimum	0,13	0,99	0,70	0,99	0,99	0,99	3,00	0,99
	Maksimum	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Ortalama	2,59	2,82	2,61	2,84	2,67	2,75	3,00	2,67
	Standard sapma	0,97	0,61	0,85	0,56	0,82	0,71	0,00	0,82
Hg (µg/l)	Minimum	0,03	0,20	0,03	0,04	0,20	0,08	0,20	0,20
	Maksimum	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	Ortalama	0,19	0,20	0,19	0,19	0,20	0,19	0,20	0,20
	Standard sapma	0,04	0,00	0,04	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00
Ni (µg/l)	Minimum	2,43	1,44	3,00	2,84	1,00	3,00	3,00	1,91
	Maksimum	5,81	19,96	8,25	9,70	5,91	11,65	8,43	3,89
	Ortalama	3,91	5,13	4,28	4,38	3,74	4,19	4,41	3,06
	Standard sapma	0,97	5,14	1,76	1,74	1,69	3,03	2,08	0,67
Se (µg/l)	Minimum	0,20	0,26	0,81	0,35	0,79	0,75	3,00	0,08
	Maksimum	4,10	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Ortalama	2,77	2,75	2,64	2,79	2,63	2,72	3,00	2,51
	Standard sapma	1,04	0,83	0,79	0,71	0,90	0,80	0,00	1,19

a. Su numunelerinin alındığı farklı lokasyon sayılarının toplamı

Tablo 3.3. Cu ve As konsantrasyonları izin verilen değerlerin üzerinde çıkan lokasyonlar

No	İlçeler	Numune lokasyonları	İzin verilen değerlerin üzerinde çıkan ağır metaller
5	Çemişgezek	Tepebaşı	Cu, 4,48 mg/l
35	Mazgirt	Ayvathlı	As, 78 µg/l
37	Mazgirt	Bulgurcular	Cu, 11,54 mg/l
38	Mazgirt	Danaburan	As, 10,48 µg/l
39	Mazgirt	DarıkentBelediyesi	Cu, 2,11 mg/l
42	Mazgirt	Kayacı	As, 77,6 µg/l
88	Pertek	Biçmekaya	As, 22,11 µg/l
89	Pertek	Çakırbahçe	As, 11,58 µg/l

Tablo 3.4.Tunceli ilçelerinden elde edilen su örneklerinde kimyasal parametrelerin karşılaştırılması

	Çemişgezek	Hozat	Mazgirt	Merkez	Nazimiye	Ovacık	Pertek	Pülümür
Sb($\mu\text{g/l}$)	1,7 \pm 0,16 ^a	1,8 \pm 0,17 ^a	1,7 \pm 0,18 ^a	1,9 \pm 0,11 ^a	1,7 \pm 0,32 ^a	1,8 \pm 0,23 ^a	1,9 \pm 0,01 ^a	1,7 \pm 0,32 ^a
As ($\mu\text{g/l}$)	2,8 \pm 0,15 ^a	2,8 \pm 0,18 ^a	12,6 \pm 6,38 ^a	2,9 \pm 0,12 ^a	2,6 \pm 0,42 ^a	0,8 \pm 0,16 ^a	6,7 \pm 2,19 ^a	2,5 \pm 0,48 ^a
Cd ($\mu\text{g/l}$)	1,8 \pm 0,13 ^a	1,9 \pm 0,14 ^a	1,7 \pm 0,15 ^a	1,9 \pm 0,08 ^a	1,8 \pm 0,25 ^a	1,8 \pm 0,19 ^a	2,0 \pm 0,00 ^a	1,8 \pm 0,25 ^a
Cr ($\mu\text{g/l}$)	6,5 \pm 0,54 ^{ab}	5,3 \pm 0,30 ^{ab}	6,4 \pm 0,79 ^{ab}	6,4 \pm 0,48 ^{ab}	4,5 \pm 0,46 ^a	5,1 \pm 0,22 ^{ab}	5,5 \pm 0,37 ^{ab}	7,0 \pm 1,40 ^b
Cu (mg/l)	0,29 \pm 0,24 ^a	0,07 \pm 0,06 ^a	0,90 \pm 0,72 ^a	0,07 \pm 0,04 ^a	0,04 \pm 0,04 ^a	1,12 \pm 0,11 ^a	0,01 \pm 0,00 ^a	0,05 \pm 0,04 ^a
CN ⁻ ($\mu\text{g/l}$)	4,4 \pm 0,44 ^a	5,5 \pm 0,69 ^{ab}	6,3 \pm 0,66 ^{ab}	6,5 \pm 0,88 ^{ab}	4,3 \pm 0,21 ^a	7,3 \pm 0,70 ^b	6,3 \pm 0,41 ^{ab}	4,7 \pm 0,56 ^a
Pb ($\mu\text{g/l}$)	2,6 \pm 0,22 ^a	2,8 \pm 0,18 ^a	2,6 \pm 0,21 ^a	2,8 \pm 0,11 ^a	2,7 \pm 0,33 ^a	2,7 \pm 0,25 ^a	3,0 \pm 0,0 ^a	2,7 \pm 0,34 ^a
Hg ($\mu\text{g/l}$)	0,19 \pm 0,01 ^a	0,20 \pm 0,0 ^a	0,19 \pm 0,01 ^a	0,19 \pm 0,01 ^a	0,20 \pm 0,0 ^a	0,19 \pm 0,02 ^a	0,20 \pm 0,0 ^a	0,20 \pm 0,0 ^a
Ni ($\mu\text{g/l}$)	3,9 \pm 0,22 ^a	5,1 \pm 1,55 ^a	4,3 \pm 0,44 ^a	4,4 \pm 0,35 ^a	3,7 \pm 0,69 ^a	4,2 \pm 1,07 ^a	4,4 \pm 0,69 ^a	3,1 \pm 0,28 ^a
Se ($\mu\text{g/l}$)	2,8 \pm 0,24 ^a	2,8 \pm 0,25 ^a	2,6 \pm 0,20 ^a	2,8 \pm 0,14 ^a	2,6 \pm 0,37 ^a	2,7 \pm 0,28 ^a	3,0 \pm 0,0 ^a	2,5 \pm 0,49 ^a

Aynı satırda farklı harfler arasındaki ortalamalar farklıdır (P < 0,05)

Tablo 3.5. Su Parametrelerine ait Korelasyon Matrisi.

	Sb	As	Cd	Cr	Cu	CN ⁻	Pb	Hg	Ni	Se
Sb	1,000	0,120	0,998**	0,005	-0,470**	0,184	0,983**	0,594**	-0,035	0,967**
As		1,000	0,120	-0,056	-0,056	0,126	0,116	0,065	-0,062	0,111
Cd			1,000	0,007	-0,519**	0,177	0,989**	0,616**	-0,050	0,967**
Cr				1,000	0,005	0,217*	0,010	0,176	0,246*	0,092
Cu					1,000	-0,061	-0,549**	-0,514**	0,173	-0,446**
CN ⁻						1,000	0,171	0,112	0,065	0,141
Pb							1,000	0,639**	-0,049	0,951**
Hg								1,000	-0,099	0,623**
Ni									1,000	0,006
Se										1,000

* ile gösterilenler ise $p < 0,05$ düzeyinde anlamlıdır.

** ile gösterilenler $p < 0,01$ düzeyinde anlamlıdır.

4. TARTIŞMA

Tunceli ili merkez ve ilçelerde insani tüketim amaçlı olarak kullanılan sulardan 100 farklı noktadan alınan sularda Sb, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, CN⁻ ve Se konsantrasyonları ICP-MS ve spektrofotometre ile tayin edilmiştir. Sonuçlar ülkemiz standardı olan İ.T.A.S.H.Y. ve uluslararası standartlar EPA (ABD), WHO ve Avrupa Birliği sınır değeri ile karşılaştırılmıştır.

Tunceli’de ölçülen su numunelerinin As içeriğinin 0,15-78 µg/l arasında değiştiği saptandı. Ülkemiz mevzuatı olan İ.T.A.S.H.Y. göre sınır değerler 10 µg/l olup Avrupa Birliği sınır değeri ve WHO kılavuz değeri ile aynıdır. Tunceli de ölçülen su numunelerinin As içeriğinin çoğunlukla 3 µg/l civarında olduğu tespit edildi. İl genelinde yapılan ölçümlerin çoğunun mevzuat limitleri içinde olduğu tespit edilmiş olmakla birlikte As yönünden Ayvatlı (78 µg/l), Kayacı (77,6 µg/l), Danaburan (10,48 µg/l), Biçmekaya (22,11 µg/l) ve Çakırbahçe’de (11,58 µg/l) mevzuat değerinden yüksek çıkmışlardır. En düşük değer Pülümür ilçe merkezinde (0,15 µg/l) ölçülmüştür.

Dombaycı (2009), yapmış olduğu çalışmada Erzurum ili şehir merkezinde 11 adedi kapalı mesken ve 4 adedi de çeşme olmak üzere 15 istasyon belirlenmiştir. 2008 yılı aralık ayından 2009 yılı Haziran ayına kadar yapılan analizlerde arsenik ortalama 2,16 µg/l, en büyük değer 7,05 µg/l çıkmıştır. Şebekeye dahil istasyonlarda düşük seviyelerde izlenen arsenik konsantrasyonlarında anormal bir değişikliğe rastlanmamıştır. Erdöl vd. (1997), Bursa’da şebeke suyu, kır çeşmeleri ve diğer içme sularının arsenikle kirlenme düzeylerini belirlemek için yapılan bir çalışmada 0,051-9,285 ppb arasında arsenik ölçülmüştür.

Tunceli ilinde yaptığımız çalışmada çıkan arsenik değerinin çoğu 3 µg/l olup, Bursa (0,051-9,285 ppb) ve Erzurum ilinde (ortalama 2,16) yapılan çalışmalarda elde edilen değerlere benzemektedir. Mazgirt ve Pertek ilçesinde bazı lokasyonlarda bir hat boyunca arsenik yüksek çıkmış olup (şekil 3.1.) bu bölgedeki kaynakların Arsenik yönünden taramalarını genişletilmesi gerekmektedir.

Tunceli’de ölçülen su numunelerinin Cu içeriğinin 0,005-11,54 mg/l arasında değiştiği saptandı. Ülkemiz mevzuatı olan İ.T.A.S.H.Y. göre sınır değerler 2 mg/l olup Avrupa Birliği, ABD’ de 5 mg/l ve WHO kılavuzda ise 3 mg/l’ dir. Tunceli de ölçülen su numunelerinin Cu içeriğinin çoğunlukla 0,005 mg/l civarında olduğu tespit edildi.

Yapılan analizlerde Mazgirt ilçesi Bulgurcularda 11,54 mg/l ve Darıkent Belediyesinde 2,11 mg/l ve Çemişgezek ilçesi Tepebaşı mevkiinde 4,48 mg/l olup mevzuat limitleri üzerinde çıkmıştır. Ayrıca Mazgirt ilçesinde merkezde 1,39 mg/l bulunmuş olup standartlara uygun olmakla birlikte diğer yerlere göre yüksek çıkmıştır. Şekil 3.1. deki haritada yüksek noktalar gösterilmiştir. Daha sonra yapılan ölçümlerde aynı noktalardan numune alınmış Cu miktarı sınırlar içinde çıkmıştır. Bu noktalarda yağışlardan kaynaklı dönemsel bir yükselme olduğunu tahmin edilmektedir.

Dombaycı (2009), yapmış olduğu çalışmada Erzurum ili şehir merkezinde 11 adedi kapalı mesken ve 4 adedi de çeşme olmak üzere 15 istasyon belirlenmiştir. 2008 yılı aralık ayından 2009 yılı haziran ayına kadar yapılan analizlerde Cu ortalama 4,57 µg/l, en büyük değer 36,81 µg/l çıkmıştır.

Tunceli ili değerleri çoğunlukla (çoğunlukla ölçülen değer 0,005 mg/l) ile Erzurum ili değerleri (ortalama 0,0046 mg/l) çok benzemektedir. İlimiz için bir halk sağlığı sorunu oluşturmamasına rağmen İlimizde sulara bakır ölçümünün mevsimlere yayılarak yapılması faydalı olacaktır.

Yaptığımız çalışmada su numunelerinin kadmiyum içeriğinin 0,51-2 µg/l arasında değiştiği saptandı. Ülkemiz mevzuatı olan İ.T.A.S.H.Y. göre ve Avrupa Birliği sınır değeri 5 µg/l olup ve WHO kılavuz değeri daha düşük 3 µg/l dir. İl genelinde yapılan ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olduğu tespit edilmiştir. Tunceli de ölçülen su numunelerinin Cd içeriğinin çoğunlukla 2 µg/l civarında olduğu tespit edildi.

Yapılan ölçüm sayısının ve örnek alınan noktaların il coğrafyasının genelini temsil ettiğini ve ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olmasını da düşünürsek kadmiyumun Tunceli ilinde bir halk sağlığı sorununa neden olmadığı tahmin edilmektedir.

Tunceli'de ölçülen su numunelerinin antimon içeriğinin 0,05-2,15 µg/l arasında değiştiği saptandı. Ülkemiz mevzuatı olan İ.T.A.S.H.Y. göre sınır değerler 5 µg/l olup, Avrupa Birliği sınır değeri ve D.S.Ö. kılavuz değeri ile aynıdır. İlimizde çoğu yerleşim yerinde 2 µg/l çıkmıştır. İl genelinde yapılan ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olduğu tespit edilmiştir. Limitler içinde olmakla birlikte en yüksek değere Merkez Karşılar'da 2,15 µg/l, en düşük değere Çemişgezek ilçesi Payamdüzü'nde 0,05 µg/l rastlanmıştır. Yapılan ölçüm sayısının ve örnek alınan noktaların il coğrafyasının genelini

temsil ettiğini ve ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olmasını da düşünürsek antimon Tunceli ilinde bir halk sağlığı sorununa neden olmadığı tahmin edilmektedir.

Tunceli de ölçülen su numunelerinin krom içeriğinin 2,22-15,52 µg/l arasında değiştiği saptanmıştır. Ülkemiz mevzuatı olan İ.T.A.S.H.Y. göre ve Avrupa Birliği sınır değerleri 50 µg/l olup, ABD de 100 µg/l dir.

İl genelinde yapılan ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte en yüksek değere Mazgirt merkez de 15,52 µg/l, en düşük değere Nazimiye ilçesi merkez’de 2,22 µg/l rastlanmıştır. Ağır metal konsantrasyonları ortalamalarının ilçeler arasındaki karşılaştırmaları Pülümür ilçesindeki Cr seviyesi, Nazimiye ilçesindeki Cr seviyesinden istatistiksel olarak farklı yüksek bulunmuştur. Pülümür ilçesindeki bu yüksek Cr seviyesi ilçede yapılan Cr madenciliği aktivitelerinden kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir

Sağırdağ (2011), yapmış çalışmada Diyarbakır il ve merkez ilçelere bağlı 30 ayrı yörenin içme su ihtiyacını karşılayan sondaj kuyularından alınan numunelerde Cr <0,05-0,065 mg/l arasında çıkmıştır. Çarıklıda krom seviyesi yüksek çıkmıştır. İlimizle karşılaştırıldığında suların krom içeriği daha fazladır.

Tunceli’de ölçülen su numunelerinin siyanür içeriğinin 2-23 µg/l arasında değiştiği saptanmıştır. Ülkemiz mevzuatı olan İ.T.A.S.H.Y. ve Avrupa Birliği sınır değeri 50 µg/l olup, WHO kılavuz değeri 70 µg/l ve ABD de 200 µg/l dir.

İl genelinde yapılan ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olduğu tespit edilmiştir. Limitler içinde olmakla birlikte en yüksek değerlere, Merkez Baylık 23 µg/l, Karşılar 15 µg/l, Demirkapı 11 µg/l ve Hozat ilçesi Karabakır’da 12 µg/l rastlanmıştır. Ağır metal konsantrasyonları ortalamalarının ilçeler arasındaki karşılaştırmaları Ovacık ilçesindeki CN⁻ seviyesi, Çemişgezek, Nazimiye ve Pülümür (p≤0.05) ilçelerinden istatistiksel olarak farklı ve yüksek bulunmuştur.

Pirinççi ve Tanyıldızı (1993), Elazığ ili ve çevresinde yaptıkları çalışmalarda temin ettikleri 70 adet su örneğinin 23’ünde (%32,85) 0,005-0,05 ppm düzeylerinde CN⁻ tespit edilmiş, 47 örnekte (% 67,15) ise tespit edememişlerdir. Siyanür belirlenen 23 örneğin 17’sinde (% 24,28) içme sularında izin verilen 0,01 mg/l sınırının üzerinde bulunmuştur. Ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olmasını nedeniyle siyanürün Tunceli ilinde bir halk sağlığı sorununa neden olmadığı tahmin edilmektedir.

Tunceli’de ölçülen su numunelerinin kurşun içeriğinin 0,13-3 µg/l civarında olduğu saptandı. Ülkemiz mevzuatı olan İ.T.A.S.H.Y. göre sınır değerler 10 µg/l’dir. İ.T.A.S.H.Y.’de kurşun için sınır değer 10 µg/l olmasına rağmen, içme, kullanma suları için 31 Aralık 2012 tarihine kadar 25 µg/l olarak uygulanmıştır. Avrupa Birliği sınır değeri ve WHO kılavuz değeri ile aynıdır.

İl genelinde yapılan ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olduğu tespit edilmiştir. Tunceli de ölçülen su numunelerinin Pb içeriğinin çoğunlukla 3 µg/l civarında olduğu tespit edildi, limitler içinde olmakla birlikte en düşük değere Çemişgezek ilçesi Akçapınar’da (0,13µg/l) rastlanmıştır.

Yalçın (2005), Konya il merkezi ve ilçelerinde yapılmış olduğu çalışmada 50 adet içme suyu numunesi alınmış ve yapılan analiz sonuçlarında Pb 3,07-25,24 µg/l arasında olduğu tespit edilmiştir. Hadim 20,78 µg/l ve Seydişehir’deki 25,24 µg/l olup Pb düzeyleri yüksek çıkmıştır. Sağırdağ (2011), yaptığı çalışmada Diyarbakır il ve merkez ilçelere bağlı 30 ayrı yörenin içme su ihtiyacını karşılayan sondaj kuyularından alınan numunelerde Pb < 0,05-0,054 mg/l arasında çıkmıştır. Develi, Erimli ve Gözegöl kuyularındaki kurşun seviyesi yüksek çıkmıştır.

İlimizdeki çalışmada diğer illerde yapılan çalışmalara göre içme suyu daha düşük düzeyde kurşun içermektedir. Ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olmasını nedeniyle kurşunun Tunceli ilinde bir halk sağlığı sorununa neden olmadığı tahmin edilmektedir.

Tunceli’de ölçülen su numunelerinin nikel içeriğinin 1-19,96 µg/l civarında olduğu saptandı. Ülkemiz mevzuatı olan İ.T.A.S.H.Y. göre sınır değerler 20 µg/l olup Avrupa Birliği sınır değeri ve WHO kılavuz değeri ile aynıdır.

İl genelinde yapılan ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olduğu tespit edilmiştir. Tunceli de ölçülen su numunelerinin Ni içeriğinin çoğunlukla 3 µg/l civarında olduğu tespit edildi. Limitler içinde olmakla birlikte en yüksek değerlere Hozat ilçesi Çağlarca’da (19,96 µg/l) ve en düşük değere Nazimiye ilçesi merkez’de (1 µg/l) rastlanmıştır.

Yalçın (2005), Konya il merkezi ve ilçelerinde yapılmış olduğu çalışmada 50 adet içme suyu numunesi alınmış ve yapılan analiz sonuçlarında Ni 0.00-15.20 µg/l arasında olduğu tespit edilmiş olup değerler ilimizle benzerlik göstermektedir. Ölçümlerin tümünün

mevzuat limitleri içinde olmasını nedeniyle nikelin Tunceli ilinde bir halk sağlığı sorununa neden olmadığı tahmin edilmektedir.

Tunceli'de ölçülen su numunelerinin civa içeriğinin 0,03-0,2 µg/l civarında olduğu saptanmıştır. Ülkemiz mevzuatı olan İ.T.A.S.H.Y. 'e göre sınır değerler 1,0 µg/l olup Avrupa Birliği sınır değeri ve WHO kılavuz değeri ile aynı olup ABD de 2 µg/l'dir. İl genelinde yapılan ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olduğu tespit edilmiştir. Tunceli de ölçülen su numunelerinin Hg içeriğinin çoğunlukla 0,2 mg/l civarında olduğu tespit edildi, en düşük değere Mazgirt ilçesi Bulgurcular'da (0,03 µg/l) ve Çemişgezek ilçesi Akçapınar'da (0,03 µg/l) rastlanmıştır. Yapılan ölçüm sayısının ve örnek alınan noktaların il coğrafyasının genelini temsil ettiğini ve ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olmasını da düşünürsek civa Tunceli ilinde bir halk sağlığı sorununa neden olmadığı tahmin edilmektedir.

Tunceli'de ölçülen su numunelerinin selenyum içeriğinin 0,08-4,1 µg/l civarında olduğu saptandı. Ülkemiz mevzuatı olan İ.T.A.S.H.Y. göre sınır değerler 10 µg/l olup Avrupa Birliği sınır değeri ve WHO kılavuz değeri ile aynıdır. İl genelinde yapılan ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olduğu tespit edilmiştir. Standartlar içinde olmakla birlikte en yüksek değere Çemişgezek Erkalkan'da (4,1 µg/l), en düşük değere Pülümür Merkez'de (0,08 µg/l) rastlanmıştır.

Sağırdağ (2011), yapmış çalışmada Diyarbakır il ve merkez ilçelere bağlı 30 ayrı yörenin içme su ihtiyacını karşılayan sondaj kuyularından alınan numunelerde Se <0,05-0,120 mg/l arasında çıkmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda yaklaşık olarak 25 numunede selenyum oranı yüksek çıkmıştır.

Yapılan ölçüm sayısının ve örnek alınan noktaların il coğrafyasının genelini temsil ettiğini ve ölçümlerin tümünün mevzuat limitleri içinde olmasını da düşünürsek selenyumun Tunceli ilinde bir halk sağlığı sorununa neden olmadığı tahmin edilmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada ile Tunceli ilinde nüfusun büyük bir kısmının kullandığı içme ve kullanma sularının ağır metal düzeyleri araştırılmıştır. Bu amaçla il genelinde (merkez, ilçeler, köyler) insanlar tarafından kullanılan 100 noktada 2011 ve 2012 yılları arasında alınan su numunelerinde Sb, As, Cd, Cr, Cu, CN⁻, Pb, Hg, Ni, Se metalleri miktarları ölçülmüştür. Çıkan ölçüm sonuçları ülkemiz standardı olan İTASHY ile Avrupa Birliği, WHO Kılavuz Değeri ve ABD tarafından belirlenen içme suyu standartları ile karşılaştırılmıştır. 100 noktada yapılan ölçümler çoğunlukla standartlara uygun çıkmakla birlikte 8 noktada alınan numuneler (As ve Cu) standartların üzerinde çıkmıştır.

Bu numunelerden As yüksek çıkan Ayvatlı, Danaburan, Kayacı, Biçmekaya, Çakırbahçe ve Cu yüksek çıkan Tepebaşı, Bulgurcular, Darıkent Belediyesi suları bölgedeki kaynaklardan karşılanmakta olup ilimizde kaynak suyunu kirletecek sanayi tesisi gibi faktörlerde olmadığı düşünüldüğünde kirliliğin kaynağının jeolojik formasyondan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Yukarıda adı geçen ağır metallerin insan sağlığına oldukça olumsuz etkileri söz konusudur. Şu anda başta Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Kurumunun olmak üzere bir çok özel ve kamu kuruluşunda insani tüketim amaçlı sulardaki parametrelere bakabilecek laboratuvarları mevcuttur. Bu 8 nokta için kirlilik tespit edildikten hemen sonra kaynaklardan teyit numuneleri alınmış, Cu seviyesi normal fakat As miktarı yüksek çıkmıştır. Valilik kanalı ile il özel idaresi ve belediye ile birlikte çalışılarak yeni kaynaklar bulunup tüketime sunulmuştur. As tespit edilen eski kaynaklar kullanımdan kaldırılmıştır. Burada önerilen yeni su kaynağı bulunup tüketime sunulmadan önce il özel idareleri ve belediyelerin suyun tüm parametrelerine bakıp insani tüketim amaçlı sular hakkındaki standartlara uygunluğu tespit edildikten sonra suyu tüketime sunması önemli olup yapılan yatırımların boşa gitmemesini sağlar.

Yapılan ölçüm sayısının ve örnek alınan noktaların il coğrafyasının genelini temsil ettiğini ve ölçülen Sb, Cd, Cr, CN⁻, Pb, Hg, Ni, Se metallerinin tümünün mevzuat limitleri içinde olmasını da düşünürsek Tunceli ili büyük bir kısmında içme sularında bir halk sağlığı sorununa neden olmadığı tahmin edilmektedir.

Mazgirt ve Pertek ilçesinde bazı lokasyonlarda As yüksek çıkmış olup bu bölgedeki kaynakların As yönünden taramalarını genişletilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda içme suyu topluma sunulmadan önce ve sunulduktan sonra kısa, orta ve uzun vadeli risklere karşı sağlıkla ilgili her türlü önlemin alınması gerekmektedir. Bölgelerin jeolojik özelliklerini de göz önüne alarak, canlılar için sıkıntı olabilecek birçok element ve bileşik için, bunların sağlık riskleri ile ilgili kısa ve uzun dönem bilimsel araştırmaların programlanması ve izlenmesi, denetlemelerin ve düzenlemelerin sürekli yapılması halk sağlığı açısından hayati öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- Akçay, H., Oğuz, A. ve Karapire, C.,** 2003. Study of heavy metal pollution and speciation in Büyük Menderes and Gediz river sediments, Water Research, Pergamon.
- Akın, M. ve Akın, G.,** 2007. Suyun önemi, Türkiye’de Su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, **47**, 2.
- Almeida, P. L. Amorim I. G. and Silva, J. B. B.,** 2004. Development Of Methodologies To Determine Alüminyum , Cadmium, Chromium and Leadin Driking Water By ET AAS Using Permanent Modifiers, *Science of Direct*, **64(2)**, 395-400.
- Anonim,** 2009. Kaliteli su politikaları ve Türkiye TMMOB su raporu, Ankara.
- Anonim,** 2014. http://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/f4ac252bd635b85_ek.pdf, Su ve Yaşam, 11.09.2014.
- Arıman, S., Cüce, H., Özbayrak, E., Bakan, G ve Büyükgüngör, H.,** 2007. Orta Karadeniz kıyı şeridi nehirleri su ve sediman ortalamalarında ağır metal kirliliği, *7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, Yaşam Çevre Teknoloji, 24-27 Ekim, İzmir.
- Asubiojo O.I., Nkono N.A., Ogunsub N.A., Oluwole A.F., Ward N.I., Akanle, O.A. and Spyrou N.M.,** 1997. Trace Elements in Drinking and Groundwater Samples in Southern Nigeria, *The Science of the Total Environmental*, **208**, 1-8.
- Atilla, P.,** 2009. Mısır’ın Cr (V₁) biriktirme kapasitesinin araştırılması, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Bakar, C. ve Baba, A.,** 2009. Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci yüzyıldan bugüne ve geleceğe miras kalan çevre sağlığı sorunu, *1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı*, Ürgüp, Nevşehir.
- Baldwin, D.R. ve Marshall WJ.,** 1999. “Heavy Metal Poisoning and Its Laboratory Investigation” (Review Article), *Annals of Clinical Biochemistry*, **36**, 267-300.
- Başkan, M.B ve Pala, A.,** 2009. İçme sularında arsenik kirliliği ülkemiz açısından bir değerlendirme, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **15 (1)**, 69-79
- Baysal A.,** 2000. Genel Beslenme, 10. Baskı, Hatipoğlu Yayınevi, 45-50, Ankara.

- Belce A.**, 2002. Mineraller, In ‘‘İnsan Biyokimyası’’ Ed. By Onat T, Emerk K ve Sözmen EY, 529-537, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Bingham, E., Cohrssen, B . and Powell, C.H.**, 2001. Patty's Toxicology (5th Edition) Toxicological Issues Related to Metals: Neurotoxicolgy and Radiation Metals and Metal Compounds, Vol II, ISBN, 0-471-31943-0, John Wiley & Sons.
- Bissen, M and Frimmel, F.H.**, 2003. Arsenic–A review Part I: occurrence, toxicity, speciation, mobility, *Acta Hydrochim, Hydrobiol*, **1**, 9-18.
- Bradshaw, M.H. and Powell, G.M.**, 2000. Understanding Your Water Test Report, Kansas State University, January, 2000,7.
- Burak,S. Duranyıldız, İ. ve Yetiş, Ü.**, 1997. Su Kaynakları Yönetimi, Ulusal evre Eylem Planı, *T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı*.
- Cayır, A.**, 2005. Havadan gelen ağır metallerin Trakya’daki dağılımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Biyoloji-Genel Biyoloji, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 82
- Chou, H.S.J. and Rosa, C.T.D.**, 2003. Case studiesarsenic, *J. Hyg. Env. Health*, **206**, 381-386.
- ağlaroğlu, .**, 2011. Farklı seviyelerde Ozon kullanımının Erzurum İli içme suyunun bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 63
- Çaylak, E. ve Halifeoğlu, İ.**, 2010. Kurşunun çocuklardaki antioksidan enzimler üzerine etkileri ve antioksidanların tedavi edici/koruyucu rolü, *ocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 53.
- Deveci, T.**, 2012. Gaziantep’te atık sulardan etkilenen toprak ve bitkilerde eser element (Cu, Co, Mn Ve Zn) ve Fe konsantrasyonlarının Icp-MS ile tayini, *Yüksek Lisans Tezi*, Kimya Anabilim Dalı Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis,61
- Dixit, R.C., Verma, S.R., Nitnaware, V. and Thacker N.P.**, 2003. Heavy metals contamination in surface and groundwater supply of an urban city, *Indian J Environ Health*, **45(2)**, 107-112.
- Doğan, M. ve Doğan, A.U.**, 2007. Arsenic mineralization, source, distribution, and abundance in the Kütahya Region of the Western Anatolia, Turkey, *Env. Geochem. Health*, **29**, 119-129.
- Dombaycı, K.**, 2009. Erzurum ili içme suyunun bazı fiziksel ve kimyasal kalite parametreleri bakımından izlenmesi ve değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans*

Tezi, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 87

- Dökmeci, İ. ve Dökmeci, A.H.**, 2005. Toksikoloji zehirlendirmede tanı ve tedavi, 4. Baskı, Nobel Tıp Kitabevleri.
- Dönderici, Z. S., Dönderici, A. ve Başarı, F.**, 2010. Kaynak sularının fiziksel ve kimyasal kaliteleri üzerine bir araştırma, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, **67 (4)**. 167-172
- DSİ**, 2012. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2012 Yılı Faaliyet Raporu.
- Duffus J. H. and Howard, G. J. W.**, 1996. Fundamental toxicology for chemists, Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry Information Services.
- Dündar, Y. ve Aslan R.**, 2005. Yasamı kuşatan ağır metal kursunun etkileri, *Kocatepe Tıp Dergisi*, **6**, 1-5.
- Emre, M.**, 2000. Nikelli ve nikelsiz altın alaşımlarının geniş bir bileşim aralığında fiziksel, kimyasal, mekanik ve alerjen özelliklerinin belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, 81
- EPA.**, 2006. Enviromental Protection Agency: Ground water & Drinking water, <http://www.epa.gov/safewater/dwh/c-ioc/selenium.html> Accessed, 28.10.2006.
- EPA.**, 2003. Workshop on Managing Arsenic risks to the Environment, Characterization of Waste, Chemistry and Treatment and Disposal, U.S.
- EPA.**, 2003. Managing lead contamination inhome maintenance, renovation and demolition practices, A Guide for Councils, NSW Environment Protection Authority and Planning NSW.
- Erdöl, S. ve Ceylan, S.**, 1997. Bursa yöresinde içme ve kullanma sularında arsenikle kirlenmenin araştırılması, *Uludağ Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, **16**, 119–127.
- Espinoza, M.A. ve Bundschuh, J.**, 2009. Natural arsenic enrichment in the southwestern basin of the Sébaco Valley, Nicaragua, In: J. Bundschuh, M.A. Armienta, P. Bhattacharya, P. Birkle, J. Matschullat and A.B. Mukherjee (eds): Natural arsenic in groundwater of Latin America, CRC Press/Balkema, Leiden, The Netherlands, 109-122.
- Eto, K.**, 2000. Minamata Disease, *Neuropathology*, **20**, 14-19.
- EC.**, 2002. European Commission DG ENV., E3 Project ENV.E.3/ETU/ 2000/ 0058, “Heavy Metals in Waste”, Danimarka UN.

- Facchinelli, A., Sacchi, E. and Mallen, L.,** 2001. Multivariate statistical and GIS based approach to identify heavy metal sources in soils, *Environmental Pollution*, **114**, 313-324.
- Farghaly, O.A.,** 2003. "Direct and simultaneous voltametric analysis of heavy metals in tap water samples at assiut city: An Approach to Improve the Analysis Time for Nickel and Cobalt Determination at Mercury Film Electrode, *Mikrochemical Journal*, **75**, 119-131.
- Habashi, F.,** 1997. Handbook of Extractive Metallurgy, Volume II, WILEY-VCH, Germany.
- Fernández-Argüelles, M.T., Costa-Fernández, J.M., Pereiro, R. and Sanz-Medel, A.,** 2003. Room temperature phosphorimetric determination of cyanide based on triplet state energy transfer, *Anal Chim Acta*, **491**, 27-35.
- Fifield, F.W. and Haines, P.J.,** 1995. Environmental Analytical Chemistry, Blackie Academic& Professionel, London, 337-339.
- Gomes, M.T.S.R., Silva, A.A.F., Duarte, A.C. and Oliveira, J.,** 1998. Determination of cyanide in waste waters using a quartz crystal microbalance, *Sens actuators b chem*, **48**, 383-386.
- Göker, Ş.,** 1996. İstanbul çocuklarında kan kurşun taraması, İÜ Cerrahpaşa Tıp Fak., *Uzmanlık Tezi*, İstanbul, 56
- Grandjean, P.,** 1992. Health significance of metals-lead, Maxcy-Rosenau-Last Buc-blic Health and Preventive Medicine Ed: Last JM, Wallace RB, (**13**), 389-91.
- Güler, Ç.,** 1997. Su Kalitesi Kitabı. Ankara, Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi no: 43 Ankara.
- Gündüz ,O., Simsek C. ve Hasozbek , A.,** 2010. Arsenic pollution in the groundwater of Simav plain, Turkey: Its impact on water quality and human health, *Water Air Soil Pollution*, **205**, 43-62.
- Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G. ve Timur, S.,** 2004. Metallerin çevresel etkileri-III. *Metallurji Dergisi*, **138**, Sayı.
- Hızel, S. ve Sanlı C.,** 2006. Çocuklarda beslenme ve kurşun etkilesimi, *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, **49**, 333-338.
- Hudak, P.F.,** 2004. Boron and selenium contamination in south Texas ground water. *J Environ Sci Health a Tox Hazard Subst Environ Eng*, **39 (11-12)**, 2827-2834.
- Ilgar, R.,** 2000. A Geographical Investifation Of Çanakkale Straits and Their Around Ecosystem, (in Turkish) *Doktora Tezi* , Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği

Enstitüsü, Denizel Çevre Ana Bilim Dalı, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 153.

İSKİ., 2014. İstanbul Su Kalitesi Raporları, İstanbul, <http://www.iski.gov.tr/Web/statik.aspx?KID=1001155>, 12.11.1013

İşgenç, M.F., 2005. Çevre Mühendisliği ve Sağlık, *III. Temel Sağlık Hizmetleri Sempozyumu*, Sektörler arası İşbirliği, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.

İTASHY., 2005. Resmi Gazete, Tarih, 17.02.2005, Sayı, 25730.

John, H. D., 1980. Environmental toxicology, New York, Wiley.

Kahraman , T., Alemdar, S., Alisharlı , M. ve Ağaoğlu, S., 2012. Bitlis ili içme sularında ağır metal düzeyleri, *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, **3**, 164-171

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., 2003. Metallerin Çevresel Etkileri-I, *Metallurji Dergisi*, **136**, 1-12

Kalay, M., Donmez, A.E. ve Koyuncu, C.E., 2003. *Tilapia nilotica* (L., 1758)'nın solungaç ve karaciğer dokularındaki mangan, demir ve çinko düzeyleri üzerine bakırın etkisi, *Ekoloji Çevre Dergisi*, **13(49)**, 1-5.

Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö. ve Timur, S., 2004. Metallerin çevresel etkileri-II, *Metallurji Dergisi*, **137**, 1-12

Kaya, S. ve Akar. F., 1998. Metaller In 'Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji' Ed. By Kaya S, Pirinçci ve Bilgili A, 119-143, 1. Baskı, Medisan Yayıncılık, Ankara.

Kaya, S., ve Pirinçci, İ., 2002. Siyanogenetik (nitril) Glikozidler, 319-324. İçinde: S Kaya, İ Pirinçci, A Bilgili (Ed), Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji. İkinci Baskı, Medisan Yayınevi, Ankara.

Kayar, N.V. ve Çelik, A., 2003. Gediz nehri kirlilik parametrelerinin tayini ve su kalitesinin belirlenmesi, *Çev-Kor Dergisi*, **12(47)**, 17-22.

Kenntner, N., Tataruch, F. and Krone , O., 2001. Heavy metals in soft tissue of white-tailed eagles found dead or moribund in Germany and Austria from 1993 to 2000. *Environ Toxicol Chem*, **20(8)**, 1831-1838.

Kır, İ., Özcan, S.T. ve Tuncay.Y., 2007. Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, **24 (1-2)**, 1-4

Klaassen, C.D., 2009. (Çeviri: Kalkan Ş, Soner BC), Ağır Metaller ve Ağır Metal Antagonistleri (Konu:65), Brunton LL, Lazo JS, Parker KL (Editors), (Çeviri Editörü: Süzer Ö), Tedavinin Farmakolojik Temeli, Nobel Tıp Kitapevleri.

- Kovancı, A.**, 2008. Çanakkale şehir şebeke suyunda ağır metal analizi ve bakteriyolojik inceleme, Biyoloji Anabilim Dalı, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.
- Lahermo, P., Alfthan, G. and Wang, D.**, 1998. Selenium and arsenic in the environment in Finland. *J Environ Pathol Toxicol Oncol*, **17 (3-4)**, 205-216.
- Lee, Y., Um, I. and Yoon, J.**, 2003. Arsenic (III) Oxidation by iron (VI) (Ferrate) and subsequent removal of arsenic (V) by iron (III) coagulation, *Env. Sci. Tech.*, **37**, 5750-5756.
- Mameli, O., Coria, M.A., Melis F, Tavera C, Ibba A, Tocco M, Flore C. and Sanna Randaccio F.**, 2001. Neurotoxic effect of lead at low concentrations, *Brain Res Bull*, **55(2)**, 269-275.
- Manohan, S.E.**, 2000. Water Pollution, Environmental Chemistry, Boca Raton: CRC. Press LLC., 1-8.
- Martin, M. H. and Coughtrey, P. J.**, 1985. Biological monitoring of heavy metal pollution. Land and Air Applied Science Publishers, England.
- Mayan, O.N., Henriques, A.T. and Calheirous, J.M.**, 2001. Childhood lead exposure in Oporto, Portugal, *Int J Occup Environ Health*, **7(3)**, 209-216.
- Montserrat, F., Nelson, B. and Yu-Wei, C.**, 2002. Antimony in the environment: a review focused on natural waters I. Occurrence. *Earth-Science Reviews*, **57**, 125-176.
- Mor, A. ve Çitçi, M.D.**, 2002. Elazığ'ın su problemleri ve su kirliliği, Fırat Üniversitesi *Sosyal Bilimler Dergisi*, **12 (2)**, 1-120
- Mortimer, C.E.**, 1999. Modern Üniversite Kimyası. Cilt 2, Çev: Altınata T (Ed), Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 271-274.
- Mutluay, H., ve Demirak, A.**, 1996. Su Kimyası, İstanbul Üniversitesi, 132.
- Needleman, H.L.**, 1986. Empirical and epistemic issues in the study of low dose lead effects. *Neurotox*, **7**, 497-514.
- Nordberg, G., Jin, T., Leffer, P., Svensson, M., Zhou, T. and Nordberg, M.**, 2000. Metallothioneins and diseases with special reference to cadmium poisoning, EDP Sciences, *Whily-VCH*, **28 (5)**, 396-400.
- Nriagu, J.O.**, 1988. Production and uses of chromium, In Natural and Human Environment. New York, USA: John Wiley and Sons., 81- 105.
- Oğur, R. ve Tektaş, Ö.F.**, 2005. Temel su analiz teknikleri kitabı, Ankara.

- Orhman, A.I. and El Missiry, M.A.,** 1998. Role of Selenium against lead toxicity in male rats. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, **12**, 6, 345-349
- Özata, R.,** 2008. Vitamin, mineral, bitkisel ürün kullanım rehberi. Güner yayınlar.
- Özdemir, F.,** 2010. İçme sularından arsenik giderimi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi.
- Özer, Z.,** 2007. Berdan ovası (Tarsus-Mersin-Mezitli) çevresel coğrafi bilgi sisteminin (CBS) oluşturulması ve modellenmesi, *Doktora Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin Üniversitesi, Mersin, 73
- Palmer, C. D. and Wittbrodt, P. R.,** 1991. Processes Affecting the Remediation of Chromium- Contaminated Sites, *Environ. Health Persp.*, **92**, 25- 40.
- Pirinççi, İ. ve Tanyıldızı, S.,** 1993. Elazığ ve yöresinde kullanılan sularda siyanür düzeylerinin belirlenmesi, *YYÜ Vet. Fak. Derg.*, **4**, 65-72.
- Renklidağ, T. ve Karaman, A.G.,** 2003. *Sted Dergisi*, **12(9)**, 1-11
- Resmi Gazete.,** 1981. Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, 9.11.1982 Sayı:17863 (Mükerrer).
- Revinga, C. and Mock, G.,** 2000. Dirt Water: Pollution Problems Persist, Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems, 1-6.
- Rooney, B.L., Hayes, E.B., Allen, B.K. and Strutt, P.J.,** 1994. Development of a screening total for prediction of children at risk for lead exposure in a Midwestern Clinical Setting. *Pediatrics*, **93**, 183-187.
- Routhier, P.,** 1963. Les gisements métallifères, Géologie et Principes de recherche, Masson et Cie, Paris, tome I, n.
- Sağırdağ, M.,** 2011. Diyarbakır ili çevresinde içilebilecek sondaj kuyu sularının fiziksel ve kimyasal olarak incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 87
- Sanlı, Y.,** 2002. Veteriner Klinik Toksikoloji. Mesipres Yayıncılık, 2. Baskı, Ankara, 744-751 Purves D Trace Element Contamination of the Enviroment, Amsterdam, Elsevier.
- Sargın, A. H.,** 2010. Yeraltıları, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltıları Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Sarkar, B.,** 2002. Heavy metals in the enviroment, Marcel Dekker, Inc. New York.
- Sienko, R.A.,** 1983. Temel Kimya (Chemistry:Principles and Properties), (Çevirenler: Gündüz N., Gündüz T., Tüzün C., Pulat E., Üneri S., Zeren A., Özgüner S.), Savaş Yayınları, Fen Bilimleri Dizisi.

- Sönmez, A.Y., Hisar, O. ve Yanık,T.,** 2012 . Karasu ırmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması, *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, **43 (1)**, 69-77.
- Şahmurova, A., Hepsağ, E. ve Özkan, A.,** 2005. Azerbaycan'ın yeraltısularında eser element konsantrasyonları ve Florür seviyesinin değerlendirilmesi. *Trakya Univ J Sci.*, **6(2)**, 67-73.
- Şener, Ş.,** 2010. Ağır metallerin çevresel etkileri çevre için jeoloji. *SDUGEO E Dergi*, **1 (3)**, 33-35.
- Temamoğulları, F. ve Dinçoğlu, A.H.,** 2010. Şanlıurfa ve çevresindeki kuyu sularında çinko ve selenyum düzeyleri, *Kafkas Univ Vet Fak Derg.*, **16 (2)**, 199-203.
- Thomas, L.,** 1998. Clinical Laboratory Diagnostics: Use and Assessment of Clinical Laboratory Results, TH Boks, Frankfurt.
- THSK.,** 2008. İnsani tüketim amaçlı sulardan numune alımı,taşınması ve analizine ilişkin el kitabı, http://cevresagligi.thsk.saglik.gov.tr/dosya/Dokumanlar/Kitaplar/Insani_Tuketim_Amacli_Sulardan_Numune_Alimi_Tasimasi_ve_Analizlerine_Iliskin_El_Kitabi.pdf, 22.10.2014.
- Tofan, S.,** 2008. Konya bölgesindeki içme sularında metal tayini, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 77
- Toroğlu, E., Toroğlu, S. ve Alaeddinoğlu, F.,** 2006. Aksu çayında akarsu kirliliği, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, **4(1)**, 93–103.
- TUİK.,** 2013. Yılı belediyeler tarafından içme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılmak üzere temin edilen su miktarının kaynaklara göre dağılımı. <http://www.tuik.gov.tr>. 21.12.2012
- Tunç, M.,** 2006. Biyolojik sıvılarda bazı eser elementlerin tayini ve metot geliştirme, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 76
- TÜSİAD.,** 2008. Türkiye Sanayici ve İşadamları Derneği, Türkiye de su yönetimi sorunlar ve öneriler.
- Ünalın, Z.,** 2011. Suyun Gariplikleri, *Bilim ve Teknik Dergisi*, **518**, 25-3.
- Vaizoğlu , S.A.,** 2014. Suda Aranılan Parametrelerin Anlamı- Kaynağı- Sağlık etkileri. <http://cevresagligi.thsk.saglik.gov.tr/bilgi-dokumanlar/sunum/1073-su-g%C3%BCvenli%C4%9Fi-konusunda-idari-ve-teknik-kapasitenin-geli%C5%9Fitilmesi-e%C4%9Fitimi,-21-25-nisan-2014,-antalya.html>, 22 Ekim 2014.

- Vajpayee, P., Sharma, S. C., Tripathi, R. D., Rai, U. N. and Yunus, M.,** 1999. Bioaccumulation of Chromium and Toxicity to Photosynthetic Pigments, Nitrate Reductase Activity and Protein Content of *Nelumbo nucifera* Gaertn, *Chemosphere*, **39**, 2159- 2169.
- Valentine, J. L., Cebrian, M.E., Garcia-Vargas, G.G., Faraji, B., Kuo,J., Gibb, H. J. and Lachenbuch, P.A.,** 1994. Daily selenium intake estimates for residents of arsenic endemic areas. *Environ Res.*, **64**, 1-9.
- Var, D.,** 2008. Elmalı Havzası güney kesiminin yüzey ve yeraltı su kirliliği açısından incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 171
- Vural, H.,** 1993. Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler, *Ekoloji*, **8**, 3-8.
- WHO.,** 2004. Copper in Drinking-water Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO/SDE/ WSH/03.04/88. English only. 1-31 http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/copper.pdf
- Xia, Y. and Liu, J.,** 2004. An overview on chronic Arsenism via drinking water in PR China. *Toxicology*, **198**, 25-29.
- Yalçın, H. ve Gürü, M.,** 2002. Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, 500, Ankara.
- Yalçın, M.,** 2005. Konya bölgesinde içme sularındaki ağır metal düzeyinin araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakoloji ve Toksikoloji (Vet) Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi, Konya, 52
- Yanço, İ.,** 2013. Su analizleri, http://www.yanco.com.tr/metrohm%20group%20brochures/su_analizleri.pdf, 22 Ekim 2014.
- Yapıcı ,G., Can, G. ve Şahin, U.,** 2004. Çocuklarda asemptomatik kurşun zehirlenmesi, *Cerrahpaşa Tıp Dergisi*, **33 (3)**, 197-204.
- Yensan, M.,** 1995. İnsan Biyokimyası. Güneş Kitabevi, Genişletilmiş 7. Baskı, Ankara, 644-646.
- Yeşil, S.Ö.,** 2014. Çevre Bakanlığı Tunceli Valiliği Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Tunceli İli 2013 Yılı Çevre Durum Raporu. Tunceli.
- Yılmaz, O. ve Ekici, K.,** 2004. Van Yöresinde içme Sularında Arsenikle Kirlenme Seviyeleri, *YYU Vet. Fak. Derg.*, **15 (1-2)**, 47-51
- Yılmaz, S.B.,** 2006. Adsorptif Katodik Sıyırma Voltammetrisi ile Antimon tayini. *Yüksek Lisans Tezi*, Kimya Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, 77

- Yolcubal, İ.** 2006. Hidrojeoloji Ders Notları, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, http://jeoloji.kocaeli.edu.tr/yuklemeler/ders_notlari/hidrojeoloji/hidrojeoloji_ders_notlari.pdf, 21.10.2014.
- Yolcubal, İ.** 2009. Arsenikle kirlenmiş yeraltısularının temizlenmesinde kullanılan Arıtma teknolojileri. *1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı*. Ürgüp/Nevşehir.

ÖZGEÇMİŞ

15.03.1972 Tunceli'de doğdu. İlk ve orta eğitimini Tunceli'de, lise eğitimini İzmir'de tamamladı. Lisans eğitimine Gazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünde 2001 yılında tamamladı. 2010 yılında Tunceli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Halen Sağlık Bakanlığında çalışmaktadır.