

METALLER VE İNSAN SAĞLIĞI: YİRMİNCİ YÜZYILDAN BUGÜNE VE GELECEĞE MİRAS KALAN ÇEVRE SAĞLIĞI SORUNU

HEAVY METALS AND HUMAN HEALTH: ENVIRONMENTAL HEALTH PROBLEM FROM TWENTY CENTURIES TO FUTURE GENERATION

Coşkun BAKAR*, Alper BABA**

* Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı AD.
Terzioğlu Yerleşkesi, Çanakkale,
e-mail:coskunb@comu.edu.tr; drcbakar@hotmail.com

** İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, İnşaat
Mühendisliği, İzmir,
e-mail:alperbaba@iyte.edu.tr

ÖZ: Gerek doğal olsun gerekse endüstriyel kullanımlarına bağlı olsun kayaçlarda, yeraltısularında ve toprakta bulunan bazı elementlerin (alüminyum, arsenik, kurşun ve cıva gibi) belirli sınır değerler üzerinde bulunması canlılar üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Bu kirlilik parametreleri özellikle insan sağlığını etkilemektedir. Bu nedenle yerbilimleri ve tıp bilimi arasında yoğun bir çalışma başlamıştır. Tıbbi Jeoloji olarak adlandırılan bu dal kapsamında ülkemizde oldukça sınırlı sayıda çalışmaya yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında ağır metallerin insan sağlığına etkisi ve ülkemizde tıbbi jeoloji ile ilgili yapılan bazı çalışmalara değinilmiştir.

ABSTRACT: *It has been reported that some of the trace elements such as aluminum, arsenic, lead and mercury can reach elevated concentrations and easily mobilized both by the natural and man-made factors. This, of course, will create adverse effects on living features. This contamination especially effects on human health. Therefore, earth and medical scientist (medical geology) have been focusing about natural factors on human health. Few studies have been done about medical geology in Turkey. In this paper effects on heavy metals on human health has evaluated.*

addition to studies of some medical geology in Turkey is summarized in this study.

GİRİŞ

İnsanoğlu yeryüzünde yaşamaya başladığı zamandan günümüze kadar çevre ile sürekli olarak etkileşim içinde bulunmuştur. Son iki yüzyılda yeryüzünde gözle görülür düzeyde değişikliklere neden olsa da; bu etkileşimde çoğunlukla olumsuz olarak etkilenen kendisi olmuştur.

Çevre, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyo-kültürel olarak insan sağlığını etkilemiştir (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Güven ve diğ., 2009; Sarkar 2002; Selinus ve diğ., 2005). Ondokuzuncu yüzyılın sonlarında ve yirminci yüzyılın başlarında insanoğlunun doğumda yaşam beklentisi 50 yılı ancak bulmaktaydı. Bebek, çocuk ve anne ölümleri günümüzle kıyaslanamayacak derecede yüksek olup, ölüm nedenleri ağırlıklı olarak bakteriyel ve paraziter hastalıklara bağlıydı. Ancak 18. yüzyılda başlayan ve 19. yüzyılda büyük ivme kazanan sanayileşme akımları, Batı Avrupa ve Kuzey Amerika öncül olmak üzere, binlerce yıldır kural haline gelmiş bu durumu farklı açılardan değiştirmeye başlamıştır. Sanayileşme ve buna bağlı olarak ortaya çıkan sosyo-ekonomik gelişme insan ömrünü uzatmış, yaşam kalitesini yükseltmiştir. Erken ölümler gidererek azalmış, bakteriyel ve paraziter hastalıklara karşı geliştirilen çevre mücadelesi ve tıbbi olanakların ilerlemesi ile hastalık karakterleri gözle görülür bir şekilde değişmiştir.

Çok eski zamanlardan beri yapıldığı bilinen madencilik faaliyetlerinin öncelikle o bölgede çalışanların sağlığına etkileri eskiden beri bilinmektedir. Hipokrat kurşun zehirlenmesinin etkilerine dikkat çekmiştir. Daha sonraları Pliny ve Galen gibi hekimler çeşitli hastalıklardan bahsetmişlerdir; ancak hastalıklar hakkındaki bilgilerin yetersizliği, bu hastalıkların ağır ve tehlikeli işlerde çalışan kölelerde görülmesi gibi nedenlerle toplumun ilgisini çekememiştir. Milattan önceki dönemlere kadar giden Çin kayıtlarında çevre ile sağlık arasındaki ilişki tanımlanmış olup; kurşun, gümüş, altın, bakır ve antimon gibi maddelere bağlı bazı sorunların tanımlandığı bilinmektedir (Selinus ve diğ., 2005; Bilir ve Yıldız 2004; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005).

Onbeşinci ve on altıncı yüzyıla gelindiğinde Georgius Agricola (1494-1555) ve Paracelsus (1493-1541) altın ve gümüş madenlerinde görülen akciğer hastalıklarına dikkat çekmiştir. Agricola bu madenlerde

gözlenen ölümlere karşı olarak çalışanların ağız ve burunlarını kapatacak maskeler önermiştir (Bilir ve Yıldız 2004).

Kimyacı ve hekim olan Paracelsus ise “biz toprağı kazarak altın, gümüş gibi kıymetli maddeleri elde etmek isteyebiliriz, ancak bunun karşılığı olarak sağlık sorunlarının olabileceğini önceden bilmeliyiz” demiştir. “On miners’ sickness and other miners’ diseases” adlı 3 ciltlik eserinde madencilerdeki akciğer hastalıklarına ve bu madenleri eritilmesi ile ortaya çıkan cıvaya bağılı sorunlara dikkat çekmiştir (Bilir ve Yıldız 2004).

Sanayi devrimi ile birlikte ortaya çıkan sorunlar farklı meslek gruplarının dikkatini çekmeye başlamaktadır. Bir hukukçu ve çevre mühendisi olan Edwin Chadwick hastalıklarla çevre koşulları arasındaki ilişkilere dikkat çekmiş; çevre koşullarının düzeltilmesi ile hastalıkların önlenebileceğini söylemiştir (Bilir ve Yıldız 2004).

Yüzyıllardır yaşanan teknolojik gelişmeler, hastalık karakterlerinde ortaya çıkan değişimler ve tıp ve diğere bilim alanlarında elde edilen bilgiler günümüzde birçok fiziksel ve kimyasal etkenin hastalıklarla olan somut ilişkisinin net bir şekilde tanımlanmasını sağlamıştır. Özellikle günümüzde yer kabuğunun bünyesinde bulunan birçok maddenin sağlıklı olan ilişkisi Tıbbi Jeoloji (Medical Geology) adı verilen ayrı bir disiplinin oluşmasını sağlamıştır. Bu çalışmada Tıbbi Jeolojinin ilgi alanına da giren bazı metallerin insan sağlığı ile olan ilişkisi tanımlanmaya çalışılacaktır. Söz konusu metallerin yaratacağı sorunlar tıbbi ayrıntılara girmeden tanımlanacak; ancak konunun ana hatları koruyucu hekimlik açısından jeoloji ve tıp biliminin yapabileceği ortak çalışmalara odaklanacaktır. Bu makalenin ülkemizde yaşanan metal kirliliğine mücadelede her iki disiplinin yapabileceği işbirlikleri için yol gösterici olması beklenmektedir

METAL KİRLİLİĞİ VE İNSAN SAĞLIĞI

Yerkabuğunda, okyanuslarda ve atmosferde 92 ve ayrıca 22 kuramsal veya gözlenen element olduğu bilinmekte olup, bunların bir kısmının insan sağlığındaki rolü henüz keşfedilmemiş yüzlerce izotopu bulunmaktadır (Sarkar 2002; Selinus ve diğ., 2005; Baba ve diğ., 2009; Bakar ve diğ., 2009a; Howard 2001; Sienko 1983; Periyodik Tablo).

Ağır metal terimi fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³ ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60 tan fazla metal dahildir. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle

karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde hapis olarak bulunurlar. Her ne kadar metallerin yoğunluk değeri üzerinden hareketle ekolojik sistem üzerindeki etkileri tanımlanmaya/gruplandırılmaya çalışılıyorsa da gerçekte metallerin yoğunluk değerleri onların biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok uzaktır. Element ve minerallerin insan sağlığı ile olan ilişkisini, insan vücudundaki her doku, sıvı, hücre ve organda dengelerini koruduğunu bilmenin insan sağlığını korumada temel olduğu açıktır (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Güven ve diğ., 2009; Sarkar 2002; Selinus ve diğ., 2005; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983; Periyodik Tablo).

Paracelsus doğada bulunan tüm maddelerin aynı zamanda toksik özelliği olan bir zehir olduğunu söylemiştir. Paracelsus maddelerin toksik özelliği ile tedavi edici özelliği arasındaki farkı insan vücudundaki miktarının belirlediğini belirtmiştir (Selinus ve diğ., 2005). Bu durum metaller için de böyledir bazı metaller yaşamın sürdürülebilmesi için vazgeçilmez iken bazıları da ileri derecede toksiktirler. Ancak vazgeçilmez görünen metallerin de belirli miktarlardan sonra toksik etkili oldukları bilinmektedir. Örneğin bakır saç, deri, kemik gibi bazı organların temel bileşimi arasında bulunmaktadır. Bakır eksikliği çocukluktan itibaren önemli sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Bununla birlikte kurşunun düşük oranda alınması bile insanlar için toksik etki yaratma potansiyeline sahiptir (Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983).

Metallerle ilgili sağlık problemleri yeryüzünde kullanılmaya başlanması ile birlikte gözlenmeye başlanmıştır. Kurşun ile sağlık arasındaki ilişki her ne kadar günümüzde daha iyi tanımlanmış olsa da etkileri çok eski zamanlardan beri bilinmektedir. Metallerle insan sağlığı arasındaki ilişkilerin en tipik örneklerinden birisi Japonya'nın Minamata körfezinde gözlenen metilcıva salgınıdır. 1950'li yıllarda Minamata Körfezinde atıklarını doğrudan denize boşaltan kimyasal fabrikalar bulunmaktaydı. Bu fabrikalardan bazıları katalizatör olarak inorganik cıva kullanmaktaydı ve bunun bir kısmı denize dökülmeden metilleniyordu. Mikroorganizmalar inorganik cıvayı metilcıvaya dönüştürmekte, daha sonra da planktonlar tarafından tutulmaktadır. Planktonlar aracılığı ile balıklara geçen metilcıva besin zinciri yolu ile insanlara ulaşmaktadır. Bu yolla 1953 yılında görülen zehirlenmede 46 ölüm olmuştur. Minamata hastalığının yarattığı salgın ve benzeri olaylar, dünyanın değişik bölgelerinde, özellikle de sanayileşme ile birlikte daha sık gözlenir olmuştur. Metallerin, özellikle de ağır metallerin yarattığı sağlık problemlerinin çoğu ileri derecede tanı ve tedavi olanakları gerektiren

kronik hastalıklar ya da kanserlerdir. Çoğunda da tedavi imkânları kısıtlı olup sekel ya da sıklıkla ölüm gözlenebilmektedir. Bu durum birincil korunma önlemlerinin, ikincil ve üçüncül tedavi hizmetlerine göre daha başarılı olabileceğini düşündürmektedir. Birincil korunmada asıl amaç canlıların yaşamları için riskli olan etken madde ile temaslarının önlenmesidir. Yer kabuğu bu maddeler için en önemli kirlilik kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. İşte bu noktada farklı disiplinlerin işbirliği toksik metallerin insanlarla temasının önlenmesinde önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir (Selinus ve diğ., 2005; Bilir ve Yıldız 2004; TC Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 1985; Chuang 2005; Eto 2000).

Bu çalışmada insan sağlığı ile ilişkili olabilecek bazı metaller, bu metallerin yaratabileceği sağlık sorunları ile bu sorunlarının yaşanmasının engellenebilmesi için tıp ve jeoloji bilimlerinin koruyucu hekimlik açısından yaratabileceği sinerji irdelenecektir.

Metal kelimesi, kesitleri gümüş gibi olan elektrik ve ısıyı ileten maddelere verilen isimdir. Bu grupta alkali metallerden başlayarak ağır metallere kadar çok farklı kimyasal özellikler taşıyan metaller bulunmaktadır. Bazıları doğada oldukça fazla miktarlarda bulunurken bazılarının ulaşmak için ise özel işlemlerin yapılması gerekmektedir (Sienko 1983).

Endüstriyel kullanımının artmasıyla metaller ve ağır metaller öncelikle meslek hastalıkları sorunları olarak gözlenmiştir. Daha sonra toprak, su kaynaklarının kirliliğinin artmasıyla çevresel salgınlar olarak gündemimize girmeye başlamıştır. Kurşun, krom, cıva, bakır, arsenik, kadmiyum önemli örneklerdir. Ağır metallerin ekolojik sistemde yayılımları incelendiğinde doğal çevirimlerden ziyade insan elinin çevreye yayılımda daha etkili olduğu gözlenmektedir. Endüstriyel üretimler arasında çimento, demir-çelik, termik santraller, cam, çöp ve atık çamur yakma tesisleri gibi alanlar önde gelmektedir. Tablo 1’de bazı endüstri gruplarından atılan metal türlerinin dağılımı görülmektedir .

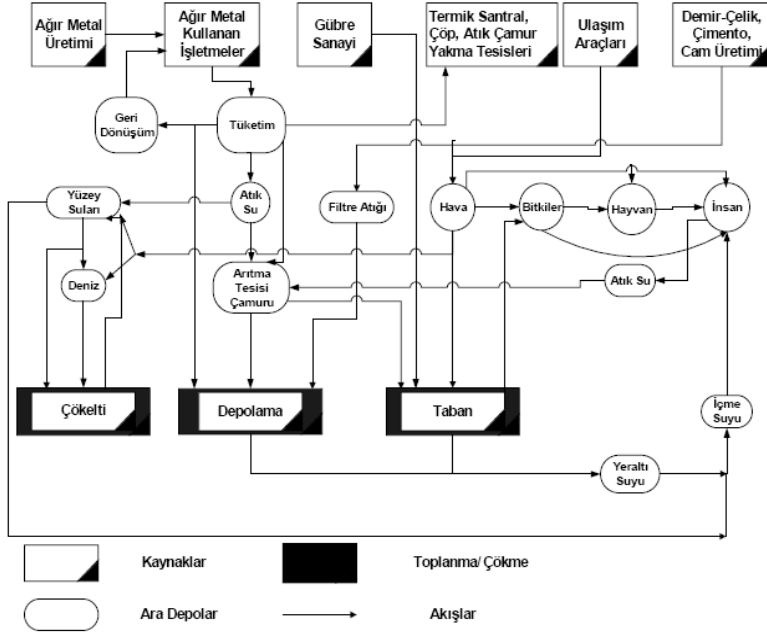
**Tablo 1: Endüstri gruplarından atılan metal türlerinin dağılımı
(Kahvecioğlu ve ark., 2009)**

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kâğıt	-	+	+	+	+	+	-	-
Endüstrisi								
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-Alkali	+	+	-	+	+	-	+	+
Üretimi								
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik	+	+	+	+	+	+	+	+
Sanayi								
Termik	+	+	+	+	+	+	+	+
Santraller								

Ağır metalleri doğaya yayılımında en önemli etkenler sanayi kuruluşlarıdır. Şekil 1’de farklı sektör örneklerindeki yayılımlara örnekler görülmektedir. Atık sulardaki ağır metallerin bir kısmı arıtma çamurunda bulunurlar. Çözülmüş kısımlar ise yüzey suları ile içme ve kullanma sularına ve diğer besin kaynaklarına ulaşabilirler. Havaya, toprağa ve suya karışan metaller bitkiler ve hayvanlar üzerinden besin zinciri ile insanlar üzerine ulaşmaktadır. Bunun dışında sular ya da aerosol olarak toz şeklinde de insanları etkilemektedir. Ağır metallerin en göze çarpan özellikleri arasında vücuttan atılmadıkları ve çeşitli dokularda (yağ dokusu, kemik vb.) biriktikleri gözlenir (Şekil 2). Vücutta bulunan metal konsantrasyonları eşik değerleri aştığı andan itibaren zararlı etkileri gözlenmeye başlar. Ancak etkileri konsantrasyonları yanında, metal iyonunun yapısına, çözünürlük değeri, kimyasal yapısı, redoks ve kompleks oluşturma yeteneği, vücuda alınış şekline, çevrede bulunma sıklığına, lokal pH değerine bağlıdır. Metaller insan vücuduna solunum yolu, ağız yolu ve deri yolu ile girebilirler. Girdikleri yol aynı zamanda yarattıkları etkileri de yönlendirmektedir. Toksik etkilerini fizyolojik fonksiyonlar için gerekli olan bir veya daha fazla reaktif gruplarla birleşerek açığa çıkarırlar (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Güven ve diğ., 2009; Sarkar 2002; Selinus ve diğ., 2005; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Klaassen 2009). Genel olarak oluşturdukları etkileri sistemler açısından ele aldığımızda ise;

- Kimyasal reaksiyonlara etki edenler,
- Fizyolojik ve taşınım sistemlerine etki edenler,
- Kanserojen ve mutojen olarak yapı taşlarına etki edenler,
- Allerjen olarak etki edenler,

- Spesifik etki edenler olarak sayılabilir (Kahvecioğlu ve diğ., 2009).



Şekil 1: Ağır metallerin doğaya yayılması (Kahvecioğlu ve diğ., 2009).

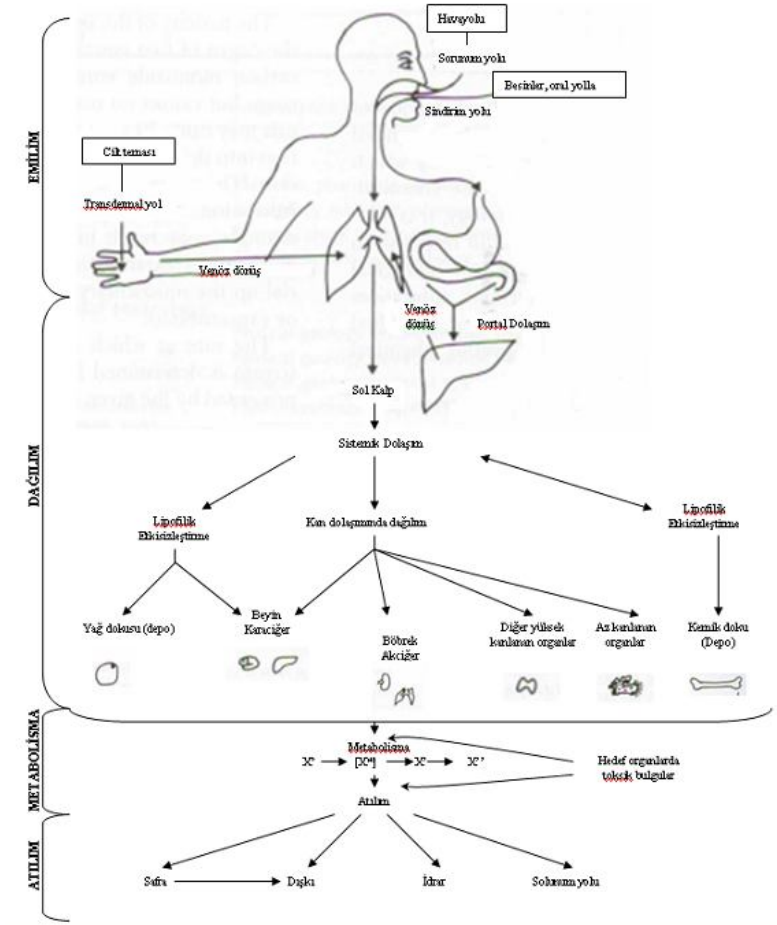
Yukarıda sayılan bu reaksiyon sistemlerini Şekil 3’de şematik olarak göstermek mümkündür.

Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin; bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon sürecinin vazgeçilmez parçasıdır (Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Klaassen 2009).

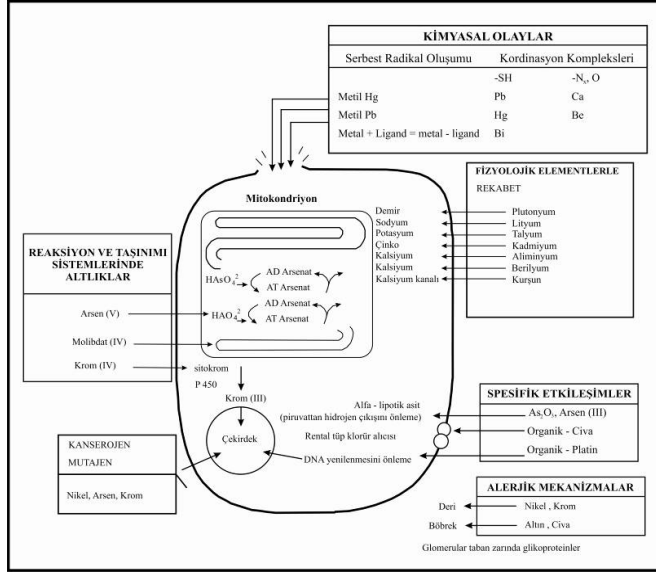
Buna karşın yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Bu gruba en iyi örnek, kükürtlü enzimlere bağlanan cıvadır (Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Klaassen 2009).

Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı, dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Örneğin; nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz elementi olarak bulunması gerekir. Bazı sistemlerde ağır metallerin etki mekanizması konsantrasyona bağlı olarak değişir (Kahvecioğlu ve diğ., 2009).

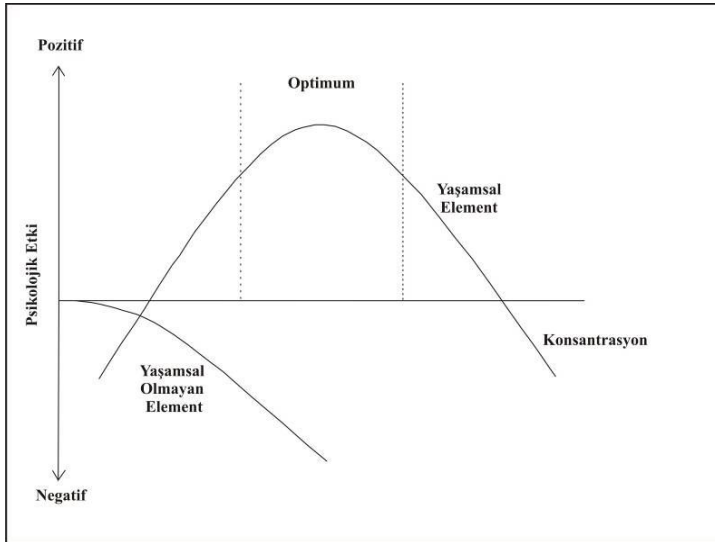
Bu tür organizmalarda metallerin konsantrasyonu dikkate alınmalıdır. Şekil 4’de ağır metallerin vücut sıvısındaki konsantrasyona bağlı olarak etkileri şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2: Metallerin vücuda giriş, dağılımı, metabolizma ve atılım yolları (Selinus ve diğ., 2005)



Şekil 3: Ağır metallerin insan vücudunda etki mekanizması (PBG = porphobilinogen; ATPase = adenosin trifosfat; ALA = aminolaevulinic asit) (Kahvecioğlu ve diğ., 2009)



Şekil 4: Vücut sıvısındaki konsantrasyona bağlı olarak ağır metallerin etkileri (Kahvecioğlu ve ark., 2009)

Şekil 4’de görüldüğü gibi ağır metaller konsantrasyon sınırını aştıkları zaman toksik olarak etki gösterirler. Bu genel gösterimin aksine ağır metaller canlı bünyelerde sadece konsantrasyonlarına bağlı olarak etki göstermezler, etki canlı türüne ve metal iyonunun yapısına bağlıdır (çözünürlük değeri, kimyasal yapısı, redoks ve kompleks oluşturma yeteneği, vücuda alınış şekline, çevrede bulunma sıklığına, lokal pH değeri vb)(Kahvecioğlu ve diğ., 2009).

Genel olarak insan sağlığına etki potansiyellerinden bahsedilen metaller yeryüzünde dağılım özellikleri nedeniyle jeoloji ve tıp biliminin kesişim noktası olmuştur. İnsan sağlığını etkileme potansiyeli ile hekimlerin ilgi alanına girerken, yaşanılan bölgenin jeolojik yapısının, içme suyu ve toprak kalitesinin bu potansiyeli etkileme boyutu ile de jeoloji mühendislerinin ilgi alanlarına girmektedir. Günümüzde doğal kaynaklı kirliliklerin etkisi hızlı bir şekilde artmıştır. Özellikle, ülkemizde de yoğun bir şekilde yüzlek veren alterasyonlu kayaların bulunduğu bölgelerden gelen sularda bazı toksik metallerin seviyelerinin yüksek olduğu görülmüştür (Baba ve diğ., 2009; Bakar ve diğ., 2009a; Save ve diğ., 2009). Halk sağlığı açısından toksik olan bazı metaller, bu metallerin özellikleri ve etkilerine ilişkin bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

ARSENİK (As)

Kanserojen bir etkisi olduğu bilinen arseniğin (As) kronik etkilerinin tartışması uzunca bir süreden beri devam etmektedir. Bu kronik etkiler cilt kanseri, kanser olmayan deri lezyonları ve iş sebebi ile oluşan hava yolu kanserlidir. Bu amaçla ABD’de 1977’de toplanan Kongre, "Temiz Hava Hareketi"ni özellikle de havaya karışan arsenik kısmını değiştirerek, EPA (Çevre Koruma Ajansı)’ndan As’in hava kirliliğine sebebiyet verdiği veya kirlenmesine yardım edip etmediği hususlarının saptanılmasını talep etmiştir. 1980’de EPA arseniği tehlikeli bir hava kirleticisi olarak ilan etmiş ve epidemiyolojik çalışmalara bağlı olarak bu maddeye maruz kalan insanların kanser riski altında olduğunu bildirmiştir. New York Bölge Mahkemesinin 1983 Ocak ayında aldığı bir karardan hareketle, EPA 1983 Temmuz ayında etkili olan arsenik emisyonları için bir düzenleme önermiştir. Bu önerilen düzenlemede, yüksek arsenikli (arsenik miktarı % 0,7 veya daha yukarı), düşük arsenikli (arsenik miktarı % 0,7 den az) besleme materyallerini üreten birincil bakır ergiticilerinden ve cam üreten tesislerden çıkan arsenik miktarları denetlenmektedir. EPA yılda 1200 ton olan arsenik atığının % 85’inden daha fazlasının bu kaynaklardan geldiğini tahmin etmekte ve bu kaynakları veri tabanı olarak

almaktadır. İster işte, isterse iş haricinde arseniğe maruz kalan kişiler üzerine hem akut ve hem de kronik toksik etkiler geniş olarak literatüre geçmiştir(DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 2000).

Akut arsenik zehirlenmesinin gözlemlenen etkilerinden bazıları bulantı-kusma ishalidir. Aynı zamanda böbrek ve karaciğer hasarı, deri pigmentinde artma, görme bozukluğu, kas felçleri de meydana gelmektedir. Hem akut hem kronik zehirlenme mide yoluyla olursa kesin olarak ölüme yol açar. EPA standartlarına göre içme suyunda maksimum izin verilebilir arsenik içeriği 0,01ppm'dir (Güven ve diğ., 2009; Sarkar 2002; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Klaassen 2009; EPA 2002).

Arseniğe insan maruziyeti hem insana hem de doğaya bağlı nedenlerle gerçekleşmekte ve sürmektedir. Doğal nedenler volkanik faaliyetler ve yeraltısularıdır. Ayrıca mesleki maruziyette oluşmaktadır. Toplumda doğal nedenlerin dışında ahşap koruma, pestisitler, sigara, kontamine yiyecekler ve yakıtların kullanılması ile maruziyet gelişmektedir. Toksikite ise arseniğin bulunduğu forma direk olarak bağlıdır. İnorganik arsenik organik arsenikten daha toksiktir. Arseniğin yetişkinler tarafından alınmasının temel yolu mide barsak sistemi yolu ile olmaktadır. Bu maruziyetin ise büyük bölümü su ürünleri vasıtası ile olduğu gösterilmiştir. Alındıktan sonra arsenik karaciğer, dalak, böbrek, akciğer ve gastrointestinal sistemde yerleşir. Bu bölgelerden kısa sürede temizlenmesine rağmen keratine olan afinitesi nedeni ile keratinden zengin dokularda (saç, tırnak, deri) birikir. Bazı formları ise fosfatlar ile olan benzerliğinde dolayı ATP gibi yüksek enerjili fosfat bağları bulunduran bileşiklerin yıkılmasına neden olur. Arseniğin bilinen öldürücü dozu akut alımda 100-200 mg arasında olarak bildirilmektedir. Kronik zehirlenmelerde ise semptomların başlanıcı 2-8 hafta içinde başlar. Tipik bulgular deri-tırnak değişiklikleri, hiperkeratoz, hiperpigmentasyon, dermatitler, nöropatiler olarak özetlenebilir (Güven ve diğ., 2009; Sarkar 2002; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Howard 2001; Klaassen 2009).

Arsenik düzeylerinin izin verilen sınırların altında bulunması durumunda sağlık riski oluşturması olasılığının düşük olduğu düşünülmektedir(Wagner ve Hlatshwayo 2005). 2001 yılında yapılan bir çalışmada kan arsenik değerleri yükseldikçe enflamatuvar olayların artarak ateroskleroza arttırabileceği gösterilmiştir(Wu ve diğ., 2001). Arsenik kanserojen olan bir gen toksinidir. Bu durum DNA hasarının onarılmasının engellenmesi sonucunda gerçekleşir (Güven ve diğ., 2009; Sarkar 2002; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Howard 2001; Klaassen 2009). Arseniğin akciğer, karaciğer, mide, mesane ve deri kanserlerine

neden olduğu bilinmektedir (Güven ve diğ., 2009; Sarkar 2002; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Howard 2001; Klaassen 2009; Kitchin, 2001).

1993 yılında Dünya Sağlık Örgütü içme suyunda izin verilen maksimum arsenik konsantrasyonunu $10\mu\text{g}/\text{lt}$ olarak belirlemiştir(World Health Organization (WHO) 1993). Bununla beraber uygulama zorlukları nedeni ile çok yüksek arsenik maruziyeti bulunan gelişmekte olan ülkeler için içme suyu arsenik sınırlarının $50\mu\text{g}/\text{lt}$ olarak belirlenmesi önerilmiştir(World Health Organization (WHO) 1993). Suların arsenik ile kontamine olan Bangladeş'te arsenikli sularla sulanan yiyeceklerden bazılarında arsenik konsantrasyonlarının yüksek olabildiği ama çoğunlukla bu düzeylerin düşük kaldığı gösterilmiştir. Arsenik, maden sızıntı suları ile toprak ve sulara karışabilmektedir.

Geleneksel olarak arsenik maruziyetinin değerlendirilmesinde saç ve tırnak gibi deri eklentileri ve idrar (Samanta ve diğ., 2004; Caceres ve diğ., 2005) kullanılsa da, Hall ve diğerlerinin yaptıkları bir çalışmada kan arsenik değerlerinin süre giden kronik arsenik maruziyetinin değerlendirilmesi konusunda faydalı olabileceğini ve kan arsenik değerlerinin vücut toplam arsenik düzeylerini yansıtmakta olduğunu belirtilmiştir. Ayrıca idrar arsenik değerlerinin değerlendirilmesi için kan kreatinin değerlerine göre ayarlamalarında yapılması gerekli olduğu da belirtilmiştir. Çalışmalarında içme suyu arsenik değerleri ile kan ve idrar arsenik değerleri arasında da pozitif bir korelasyon da göstermişlerdir (Hall ve diğ., 2006).

KURŞUN (Pb)

Kullanmakta olan en eski metallere birisidir. Kurşun doğada bol bulunmakta olup, tarih boyunca da geniş endüstriyel kullanım alanları bulunmaktadır. Antik uygarlıklardan itibaren özellikle su sistemlerinde yoğun olarak kullanılmış ve kurşuna bağlı zararlı etkiler o günlerden fark edilmeye başlamıştır. Ekolojik sistemde metal ve bileşik hallerinde bulunur ve her durumda toksik özellik taşır. 1920'li yıllarda kurşun bileşiklerinin (kurşuntetraetil $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$) benzine ilave edilmesi ekolojik sisteme yayılmasında önemli rol oynamıştır. Günümüzde yaygın olarak kurşunsuz benzin kullanma çabası olmakla birlikte bu yolla yayılım halen devam etmektedir (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983; Klaassen 2009).

Kurşunun kullanım alanları: (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983; Klaassen 2009)

Boya hammaddesi olarak (Kurşun oksit, kurşun karbonat),

- Yemek saklama kaplarında,
- Akü sanayisinde,
- İnsektisitler (böcek ilaçları),
- Su borularında,
- Kozmetik malzemelerde bulunan pigment ve diğer ana maddelerde,
- Kuyumculuk işlemlerinde altının geri kazanımında
- Sigara

İnsanların kurşunla karşılaşma olasılıkları son derece yüksektir. Eskiden boya maddelerinde kullanılması nedeniyle çocuklarda zehirlenmeler sıklıkla karşılaşılan durumlar arasındadır. Bununla birlikte benzinde kullanılması nedeniyle de çevresel karşılaşma olasılığı son derece yüksektir. Ancak günümüzde bu risklerin görülmesi ve su borularındaki kullanımının azalması nedeniyle eskiye oranla toplumsal karşılaşma riski azalmıştır. Ancak kurşun ve akü fabrikalarında çalışanlarda yüksek risk devam etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde toplum bazlı çalışmalarda kan kurşun düzeyi 1980'li yıllarda 13 µg/dl iken 1990'lı yıllarda 5 µg/dl düzeylerine inmiştir. Ancak büyük kentlerde yaşayan çocuklarda kan kurşun düzeyinin 10 µg/dl'nin üzerinde olduğu görülmektedir (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983; Klaassen 2009).

Kurşun, hava, su ve toprak yoluyla solunumla ve besinlere karışarak biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliklere sahip bir metaldir. Özellikle havaya karışan kurşunun kandaki düzeyini arttırdığı bilinmektedir. Doğada çok az miktarlarda fakat yaygın olarak bulunur. Yüz binlerce ton kurşun, kurşunlu petrolden elde edilen ve kurşun tetraetil eklenecek oktan sayısı artırılan boşaltılmaktadır. Atmosferden kurşun, büyük oranda metal oksitleri ve tuzları şeklinde yağmurla tekrar yeryüzüne inerek çevremize her geçen gün önemli miktarlarda yayılmaktadır. Kurşun madenleri ve metal endüstriler, akü ve pil fabrikaları, petrol rafinerileri, boya endüstrisi ve patlayıcı sanayii atık sularında da istenmeyen derişimlerde kurşun kirliliğine rastlanır. Pil fabrikası atık sularında 5,66 mg/l, asidik maden drenajlarında 0,02-2,5 mg/l, tetra etilkurşun üreten fabrika atık sularında 125-150 mg/l organik, 66-85 mg/l inorganik kurşun kirliliğine rastlanır (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983; Klaassen 2009; DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 2000).

Mesleki maruziyet daha belirgin olarak kaynaklarda geçmekle beraber tüm dünyada yaygın olarak bulunması nedeni ile çok farklı

maruziyet yolları da vardır. Ana maruziyet yolları olarak boyalar, konserveler, su tesisatı ve kurşunlu benzin gösterilmektedir. Her ne kadar kanunlar ile maruziyet dereceleri düşürülmeye çalışılmışsa da eskiden kullanımın olduğu yerlerde maruziyet devam etmektedir. Ayrıca kontamine toprakta yetişen sebzeler, kurşun kullanılan kristaller gibi başka nedenler ile maruziyet de gelişmektedir. Endüstriyel olarak ise inşaat, akü üretimi, boyacılık ve seramik sanayisinde hem çalışanlar hem de çevredekiler için risk mevcuttur (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Bilir ve Yıldız 2004; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Klaassen 2009).

Kurşun gastrointestinal ya da solunum yolu ile emilir. Organik kurşun ayrıca deriden de hızlıca emilir. Çocukların kurşunu absorbe etme oranı %50 iken bu oran erişkinlerde %10 olarak bulunmuştur. Kurşun hızla kana geçer, %90'ı eritrositlere bağlı olarak bulunur. Kurşun daha sonra kemiklerde depolanır. Ana atılım yolu idrar ile olmakla beraber anne sütü, tükürük, saç ve tırnaklarda da bulunur. Kurşun toksisitesi hücre zarlarına ve mitokondrilere olan afinitesinden kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak oksidatif fosforilasyon ve ATPazlar üzerine etkileri ortaya çıkmaktadır. Ek olarak kurşun gen ekspresyonunu etkileyebilecek şekilde nükleuslar içine girmesini sağlayacak şekilde inklüzyon cisimcikleri oluşturmaktadır (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Howard 2001; Klaassen 2009).

Kurşun zehirlenmesi tarih boyunca bilinen bir mesleki bir hastalıktır. Hipokrat'tan Ramazin'niye kadar pek çok kaynaktan belirtilmiştir (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Bilir ve Yıldız 2004; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Klaassen 2009).

Kurşun en yoğun metallere birisidir ve tüm dünyaya değişken konsantrasyonlarda yayılmıştır. Toprak ve suda bulunur. Sularda diğer bileşiklerle çözünmez bileşikler oluşturma eğilimindedir. Bitkilerde de bulunur. Kurşunsuz benzin kullanımının başlaması ile birlikte doğada yayılımları düşmeye başlamıştır (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005 ; Klaassen 2009; Çevre Orman ve Bakanlığı, 2009). Ama pek çok yerde bulunması nedeni ile maruziyetler devam etmektedir. Kan kurşun düzeylerinin içme suyu kurşun düzeyleri, alkol kullanımı, yaş ve cinsiyetten etkilenmekte olduğu bilinmektedir. Kurşunlu benzin üretim ve kullanımının durdurulmasından sonra kan kurşun düzeylerinde düşüş gerçekleşmiştir. Kan kurşun düzeyinin üst sınırı Alman toplumunda kadınlar için 70µg/ml düzeyine indirilmiştir. (Wilhelm 2002). Amerika'da kurşunsuz benzin kullanımının yaygınlaşması ile toplumdaki ortalama kan kurşun düzeylerinde zaman

içinde düşüş olduğu gözlenmiştir (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Klaassen 2009). Sigaralarda kullanılan tütünün değişken miktarlarda kurşun içerdiği bilinmektedir (Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Klaassen 2009)).

Kurşun elementinin insan sağlığı üzerine akut ve kronik dönemlerde farklı ve zararlı etkileri olduğu bilinmektedir. Bu etkiler polinöropati, ensefalit, anemi, hipertansiyon, bilişsel fonksiyonlarda bozulma (özellikle çocuklarda), ensefalit, böbrek fonksiyon bozuklukları, bağışıklık sistemi bozuklukları, üreme fonksiyonlarında muhtemel bozulmalar ve muhtemel kanserojen etki (sınıf 2B) olarak özetlenebilir (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Klaassen 2009; Sönmez 2002; Paglia 1999).

Kurşun zehirlenmelerinin en kolay ve kesin önlenmesinin yolu temasın ortadan kaldırılmasıdır. Etkilerinin azalması ile birlikte çevresel riskler ile ilgili önlemler gündün güne daha etkin olarak kullanılmaktadır. Ancak kurşunla ilgili sanayide çalışanlarda (kurşun ve çinko metalürji sanayi, kaynak operasyonları, demir dışı metal dökümcülüğü, akü sanayi vb.) riskler halen mevcuttur (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Klaassen 2009). Bu nedenle kurşun kontaminasyonu ihtimalin olduğu çalışma alanlarında; (Kahvecioğlu ve diğ., 2009; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Klaassen 2009)

- Kurşun tozlarının ve dumanlarının yayılmasının önlenmesi için gerekli mühendislik önlemleri alınmalıdır.
- Yeterli havalandırma yapılmalıdır.
- İşyerinde kullanılacak işyeri elbisesi verilmelidir.
- Tezgâhlar, raflar, duvarlar ve döşemeler su ile yıkanmalı ya da ıslak bezle silinmelidir.
- Maske kullanılmalıdır.
- Kişisel temizliğe önem verilmelidir.
- Çalışma ortamı havasındaki kurşun miktarının 10 m^3 havada $1,5 \text{ mg}^3$ dan fazla olmamalıdır.

CIVA (Hg)

Yer kabuğunda ortalama $0,08 \text{ ppm}$ oranında bulunan cıva deniz suyunda $3 \times 10^{-5} \text{ ppm}$ civarında bulunmaktadır. Doğal cıva içeriği havada $0,005\text{--}0,06 \text{ ng/m}^3$; bitkilerde $0,001\text{--}0,3 \text{ } \mu\text{g/g}$ seviyelerindedir. Endüstride, gerek metalik gerekse organik ve inorganik cıva bileşikleri olarak termometrelerde, bazı metallerin üretim proseslerinde, ilaç sanayinde, diğ

tedavilerinde dolgu malzemesi olarak, laboratuvar uygulamalarında, boya sanayinde ve kâğıt sanayinde kullanılmaktadır. Ancak yarattığı riskler nedeniyle kullanım alanları giderek daralmaktadır. Fosil yakıtların yanması, madencilik sektöründe cıva içeren kayaçların kırılması, cıva üretimi esnasında ve katı atık depolarından sızma, atık pillerin rasgele atılması, diş hekimliğinde kullanılan amalgam dolgular ve evde kullanılan cıva içeren aletlerin kırılması cıvanın çevreye yayılması ile sonuçlanmaktadır (Sarkar 2002; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983; Klaassen 2009; Eto 2000).

Bir diğer önemli kirletici metilcıvadır. Suyu karışan cıvanın bakteriler ve organizmalar sonucu metilcıvaya çevrilmesi ile oluşur. Planktonlar, onları yiyen küçük balıklar ve midyeler ile küçük balıklara beslenen büyük balıklar ile besin zincirine karışır. Cıvanın üç ayrı kimyasal formu bulunmaktadır. Cıva buharı, tuzları ve organikcıva bileşiklerdir (Sarkar 2002; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983; Klaassen 2009).

Cıva buharına maruziyet çoğunlukla meslekseldir. Cıva ile altın çıkarılması sonrasında cıvayı uzaklaştırmak için amalgamın uzaklaştırılması altın madencileri tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Kapalı ortamlarda, yetersiz havalandırma olan yerlerde yapılan çalışmalarda cıva buharına bağlı kronik maruziyet olabilmektedir. Bu durum bilimsel laboratuvarlarda sıklıkla rastlanılan bir olaydır (Sarkar 2002; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983; Klaassen 2009; Eto 2000).

Cıva tuzları iki farklı oksidasyon durumunda bulunurlar: tek değerlikli cıva tuzları ve iki değerlikli cıva tuzları olarak. Cıva klorür (Hg_2Cl_2) veya kalomel en iyi bilinen cıvalı bileşiktir. Bu formları daha önce çeşitli ilaç sektörlerinde kullanılmıştır. Ancak günümüzde bu durum değişmiştir. Cıva nitrat ise fötr şapka endüstrisinde kullanılmıştır. Buradaki mesleki maruz kalım, Lewis Carrol'un *Alis Harikalar Diyarında* kitabındaki *Deli Şapkacı* ile tanımlanan nörolojik ve davranışsal değişikliklerin nedeni olmuştur (Sarkar 2002; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983; Klaassen 2009).

İki değerlikli cıva tuzları yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyanın birçok yerinde yerüstü sulara atılan atıklar çevre kirlilikleri ve bunlara bağlı salgınlar da gözlenmiştir. Cıva plastik, mantar ilacı, mikrop öldürücü üretimi gibi değişik alanlarda halen kullanılmaya devam etmektedir. Bugün kullanılan organikcıva bileşikleri bir karbon atomuyla tek bir kovalent bağı olancıva içermektedir. Alkilcıva bu bileşikler içinde en

tehlikeli olanı, metilciva ise en sık görülenidir. Alkilciva ve tuzları mantar ilacı olarak kullanılmış ve insanlarda toksik etkiye neden olmuştur. Cıva ile işlem görmüş tohumların bilinçsiz kullanımına bağlı zehirlenmeler Irak, Pakistan, Gana ve Guatemala’da gerçekleşmiştir. En büyük felaket 1972’de Irak’ta olmuştur. 1971 sonbaharında Irak metilciva ile işlenmiş tahıl ithal etmiş; bunları ekimde kullanmak üzere dağıtmıştır. Bu tahılların un ile karıştırılması sonucunda yapılan ekmekleri tüketen insanlardan 6530’u hastaneye kaldırılmış ve 500’ü ölmüştür (Sarkar 2002; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983; Klaassen 2009).

Cıva zehirlenmesi bulguları karşımıza akut ya da kronik etkileşime bağlı olarak ya da elemental, organik veya inorganikciva formuna bağlı olarak farklı tablolar çıkarmaktadır. Akut etkilenimde saatler içinde güçsüzlük, ürperme, metalik tat, bulantı, kusma, ishal, solunum güçlüğü ve göğüs sıkışması görülebilir. Akciğer toksisitesi sonucu intersitisyel pnömoni ve buna bağlı da kalıcı hasar oluşabilir. Kronik etkilenimde ise daha yavaş gelişen bir tablo gözlenir. Nörolojik bulguların yanında guatr, troitte radyoaktif iyot tutulumu, taşikardi, düzensiz nabız, gingivit, dermografi ve idrarda yüksek miktardacıva bulunması. Bunun dışında psikolojik semptomlar, unutkanlık, sabırsızlık, vazomotor rahatsızlıklar, şiddetli tükürük salgılaması ve gingivit görülmektedir. Minamata hastalığında olduğu gibicıva ile ilgili etkilenimlerin çoğu metilciva ile ilgilidir. Metilciva zehirlenmesi ağırlıklı olarak nörolojiktir. Görme bozukluğu, sinir sistemi bozuklukları, zihinsel bozukluklar, kas titremesi, hareket düzensizlikleri ve ölümler görülebilir. Bunun dışında anne karnında bebeği etkilediğinden teratojenik etkileri de bulunmaktadır. Tedavi için cıvanın vücuttan uzaklaştırılması ve semptomatik tedavi uygulanır. Öncelikle maruziyet engellenmelidir. Özellikle solunum sistemine yönelik solunum desteğinin verilmesi gerekmektedir (Sarkar 2002; Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983; Klaassen 2009; Eto 2000).

Cıvanın sağlık üzerine etkileri ağırlıklı olarak insan faaliyetlerine bağlıdır. Tablo 2’de farklı cıva formlarına bağlı olan risk altındaki mesleklerin dağılımı görülmektedir. Dolayısıyla bu meslek gruplarında çalışan insanların cıva zehirlenmesi yönünden özellikle takip edilmesi gerekmektedir.

Cıvanın buharlaşmasının oldukça kolay olması nedeniyle işyerlerinin havalandırma koşullarının özellikle önem taşımaktadır. İşyerlerinde solunumla alınabilecek cıvanın ağız ve burun seviyesine yükseltmeyecek bir havalandırma sistemi olmalıdır. Ayrıca maskelerin de

düzenli olarak kullanılması gerekmektedir. Bunun dışında cıva maruziyeti olan işyerlerinde periyodik kontrollerin düzenli olarak yapılması ayrıca önemlidir.

Tablo 2.Cıva zehirlenmesi riski taşıyan meslek grupları (Dökmeci ve diğ.,2005)

Metalikcıva	İnorganikcıva Tuzları	Organikcıva Bileşikleri
Amalgam üreticileri ve diş hekimleri	Dezenfektan üreticileri	Bakteriyosit üreticileri
Barometre, manometre, termometre üreticileri	Boya sanayi işçileri	İlaç üreticileri
Cıvalı pil üreticileri	Mürekkep üreticileri	Mumyacılık yapanlar Fungusit üreticileri
Boiler kazan yapıcıları	Kimya laboratuar işçileri	Histoloji teknisyenleri
Bronz işinde çalışanlar	Vinil klorid işçileri	Pestisid üreticileri
Kalibrasyon aygıtı yapanlar	Kürkçülükte çalışan işçiler	Tohum ayıran işçi ve çiftçiler
Kostik soba üreticileri	Patlayıcı üreticileri	Ağaç kaplama sanayi işçileri
Karbon fırçası üreticileri	Deri tabaklama işçileri	
Seramik işçileri	Çatapat üreticileri	
Klor üreticileri		
Direkt akım ölçme işçileri		
Elektrik ve elektronik aygıt üreticileri		
Altın ve gümüş ayırıcıları, kuyumcu işçileri		
Floresens, neon ya dacıvalı lamba üreticileri		
Cıva rafine işçileri		
Kâğıt hamur işçileri		
Fotoğraf malzemesi işçileri		

İşyerlerinde izin verilebilecek cıva konsantrasyonları: (Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005)

- Cıva (buharları) 0,05 mg.m⁻³
- Cıva (alkali bileşikler) 0,01 mg.m⁻³
- Cıva (arili ve inorganik bileşikler) 0,10 mg.m⁻³

Civa ile çalışan işyerlerinin arıtma tesislerinde gerekli önlemleri almaları çevresel etkileşiminin önüne geçilmesi açısından da ayrıca önemlidir.

ALÜMİNYUM (Al)

Yerkabuğunun yaklaşık yüzde 8'ini oluşturan alüminyum son derece önemli bir metaldir. Başlıca kompleks alüminyum silikatlar halinde bulunur. Buradan saf alüminyum elde etmek çok da mümkün değildir. Doğal olarak, bir alüminyum oksit olan boksit ($Al_2O_3 \cdot xH_2O$) yatakları bulunur. Buradan elektrolitik indirgenme ile saf alüminyum elde edilir (Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983; Flaten 2001; Ganrot 1986; Krewski ve diğ., 2007).

Alüminyum ve tuzları metalürji (mekanik konstrüksiyon, ambalaj, ısı iletkeni vb.) endüstrisinde, tabakçılıkta, kumaş boyacılığında, sert suların yumuşatılmasında kullanılmaktadır. Parlatici maddelerin, seramiklerin, ilaçların, kozmetiklerin, patlayıcıların, mürekkelerin, çimentonun, fitosaniter maddelerin içeriğinde bulunur (Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Sienko 1983).

Alüminyum temel vücuda giriş yolu sindirim sistemidir. Su ise alüminyum en fazla taşıma potansiyeline sahip etkidir. Sindirim sisteminden direk kana geçen alüminyum miktarı % 1'den azdır. Alüminyum normal yollarla sindirim sisteminden alındıktan sonra serumda çok az miktarlarda bulunmaktadır (1-2 $\mu g/L$). Alüminyumun büyük bir kısmı kemik ve akciğer olmak üzere çeşitli dokularda depolanmaktadır. Normal sağlıklı insanlarda alüminyum böbrek yolu ile vücut dışına atılmaktadır. Kronik böbrek yetmezliği olan dializ hastalarında serum alüminyum seviyesi 30 $\mu g/L$ seviyesine çıkabilmektedir (Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Flaten 2001; Ganrot 1986; Krewski ve diğ., 2007).

Alüminyumun çözünür mineral tuzları ve organik türevleri oldukça iritandır. Alkili türevler, yanıcı ve patlayıcı özelliktedirler. Mineral tuzlarının sistemik toksisitesi azdır. Ancak, diğer moleküllerin(alüminyum oksit) toksisitesi görülebilmektedir. Maden ocaklarında ve fabrikalarda, buharların solunması ya da yüksek dozda ağızdan alınması, bitkinlik, solunum düzensizlikleri ve spontan pnömotoraks gibi belirtilere neden olabilmektedir (Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005).

Alüminyumun bugüne kadar saptanan en önemli etkisi sinir sistemi üzerinedir. Alüminyumun güçlü bir nörotoksik madde olduğunu gösteren ilk çalışmalar deneyseldir ve geçmişleri 100 yıla dayanmaktadır. 1965 yılında yapılan tavşan deneyleri, alüminyum ile Alzheimer demansı (AD) arasında ilişki olabileceğini düşündürmüştür. 1973 yılında ise AD hastalarının beyinlerinde alüminyum miktarının artmış olduğu gösterilmiştir. Aynı dönemlerde kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda gözlenen diyaliz ensefalopatisi ise bu düşünceleri güçlendirmiştir. İlerleyen yıllarda beyin alüminyum kaynaklı hasara yatkın olduğu ve alüminyum katkı maddeli besinler ile yüksek düzeyde alüminyum olan suların tüketilmesinin AD gelişiminde etkili olabileceği gösterilmiştir (Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Flaten 2001; Ganrot 1986; Krewski ve diğ., 2007).

Dünyanın farklı bölgelerinde yapılan epidemiyolojik çalışmalarda ise içme sularındaki alüminyum seviyesi ile alzheimer hastalığı, demans veya kognitif hasarlanma arasında ilişki saptanmıştır. Post-mortem çalışmalarda AD, Amyotrofik lateral skleroz ve Parkinson gibi hastalıklarda beyinde Al miktarının artmış olduğu gözlenmiştir (Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Flaten 2001; Ganrot 1986; Krewski ve diğ., 2007).

Alüminyuma bağlı akut etkileşim çok fazla karşılaşılan bir bulgu değildir. Ancak yinede alüminyumun solunma ihtimali olan işyerlerinde gerekli koruyucu önlemlerin alınması gerekmektedir. İşçilerin alüminyum içeren buharı solumalarını engellemek için havalandırma önlemleri ve maskeleri kullanılması bu önlemler arasındadır (Dökmeci İ ve Dökmeci AH 2005; Flaten 2001; Ganrot 1986; Krewski ve diğ., 2007).

Alüminyuma bağlı çevresel etkileşimin çoğu kronik ve içme sularına bağlı olarak görülmektedir. Sinir sistemine ait etkiler ise yıllar sonra fark edilmekte ve geri dönüşümü olmamaktadır. Bu nedenler jeolojik olarak içme sularında risk taşıyan bölgeler önceden tespit edilmeli ve bu bölgelerde yaşayan insanların alüminyum miktarı düşük suları tüketmeleri sağlanmalıdır.

TIBBİ JEOLJİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Ülkemizde Biga Yarımadasında madencilik faaliyetlerin insan sağlığına etkileri ile yapılan ilk tıbbi jeoloji çalışmasında, bölgede yaşayan kişilerin sosyodemografik değişkenlerini, kişide bulunan hastalıkları, arseniğe bağlı olabileceği düşünülen hiperkeratoz varlığını, sigara içme ve

çevresel sigara maruziyetini, içme ve kullanma suyunun kaynaklarını sorgulayan bir anket formu uygulanmıştır. Bununla birlikte yörede yüzlek veren kayaçlardan ve madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan arsenik, kurşun ve cıva gibi toksik elementlerin insan sağlığına etkilerine ilişkin değerlendirmelerde bulunmak üzere yöre insanlarında kan, saç ve tırnak örnekleri alınmıştır. Kişilerden alınan kanlarda sigara kullanımı konusunda yanlış bilgi verilmiş olma olasılığını yok etmek için ve çevresel sigara dumanı etkilenimini saptamak amacı ile toplanan kan örneklerinde “kotinin” düzeyleri ölçülmüştür. Sigaranın kan kurşun değerlerini arttıracak olması (Iman ve Saleh 1995) nedeni ile kan kotinin düzeyleri belli bir seviyenin üzerinde olan kişilerin çalışmadan çıkarılmıştır. Kişilere bunun dışında çevresel sigara maruziyetinin bulunup bulunmadığı da sorulmuştur. Kan düzeyi yanında kişilerin kronik maruziyetini değerlendirmek amacı ile kan örnekleme yapılan kişilerden saç örnekleri de toplanmış ve arsenik-kurşun açısından değerlendirilmiştir. Saç örnekleri suboksipital bölgeden alınmıştır. Biga yarımadasında tıbbi jeoloji ile ilgili yapılan çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre bölgede madencilik faaliyetlerinin sağlık etkileşimi her ne kadar gösterilememiş olsa da bu durumun maruziyet yükü olduğu, bu maruziyetin henüz sağlığı tehdit edecek konsantrasyonlara ulaşmadığı ve kronik maruziyetin devam etmesi durumunda değerlerin artabileceğini hususlarını kapsamaktadır (Baba ve diğ., 2009; Save ve diğ., 2009).

Ayrıca aynı bölgede alterasyon kayalardan gelen bazı sularda yüksek düzeyde Al değerleri ölçülmüştür. Al değerlerinin insan sağlığına ilişkin yapılan araştırmada Kirazlı ile Çıplak ve Halileli Köylerinde KAM, anamnezde ve fizik muayenede nöropati açısından önemli bulgular elde edilmiştir. Ancak özellikle Kirazlı köyünde bu bulguları içme ve kullanma sularındaki Al düzeyi ile ilişkilendirmek mümkün olmadığı, her iki bölgede Vitamin B12 düzeyi normal seviyelerde olanların beklenilenden daha düşük olması elde edilen nörolojik bulgular açısından karıştırıcı faktör olarak gözlenmiştir (Bakar ve diğ., 2009a). Biga yarımadasında yapılan çalışmalar jeolojik unsurların insan sağlığı ile ilişkisi açısından son derece önemli veriler sağlamıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çevre insan sağlığı üzerinde önemli bir belirleyicidir. İnsan eliyle olan faaliyetler ve doğal etkileşimler insan sağlığı üzerinde genellikle olumsuz etkiler bırakmaktadır. Metaller ve ağır metallere bağlı etkileşimler madencilik ve sanayi faaliyetlerinin artması ile son birkaç yüzyılda giderek daha fazla oranda gündemimizi meşgul etmektedir.

Yeraltı kaynaklarından yararlanmanın ve sanayileşmenin insanoğlunun yaşamına getirdiği zenginliğin yadsınması mümkün değildir. Ancak bu faaliyetlerin insan sağlığına olan olası etkilerinin göz ardı edilmeden sürdürülmesi yaşamın gelecek kuşaklara sağlıklı olarak aktarılması için son derece önemlidir.

Bu makalede metaller ile insan sağlığı arasındaki etkileşimleri özetlenmeye çalışılmıştır. Konunun genişliği göz önüne alınarak ancak birkaç metal örneklendirilmiştir. Ancak görülen odur ki bu metallerin yeryüzüne çıkarılması ve işlenmeye başlanması ile toksik etkileri de ortaya çıkmıştır. Bu gözlemler madenleri yeryüzüne çıkarmaya ve insan sağlığını korumaya çalışan iki disiplinin kesişim noktası olmuştur. Önümüzdeki yüzyılda jeoloji ve tıp bilim adamlarının çalışma alanlarının dünyada bulunan yeraltı zenginliklerinden yararlanmaya devam edilirken insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin nasıl olup da kontrol altına alınabileceği ya yok edilebileceği yönünde olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Baba, A., Gündüz, O., Save, D., Gürdal, G., Sülün, S., Bozcu, M., Özcan, H., 2009. Madencilik faaliyetlerinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi: Biga Yarımadası (Çan-Çanakkale), 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, say.514-515, Ankara.
- Bakar, C., Baba, A., Karaman, H.I.O., Şengunalp, F., 2009a. The Neurotoxic Effect Of High Aluminum Levels In Drinking Water In Kirazlı Area (Canakkale, Turkey), 12th World Congress On Public Health, 27 April- 1 May 2009, İstanbul, Turkey
- Bilir N, Yıldız A.N., 2004. İş Sağlığı ve Güvenliği, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Caceres, D.D., Pino, P., Montesinos, N., Atalah, E., Amigo, H., Loomis, D., 2005. Exposure to Inorganic Arsenic in Drinking Water and Total Urinary Arsenic Concentration in a Chilean Population Environmental Research 98 152, 51–159
- Chuang, H. Y., 2005. Reversible neurobehavioral performance with reductions in blood lead levels—A prospective study on lead workers Neurotoxicology and Teratology 27, pp 497–504.
- Çevre Orman ve Bakanlığı, 2009. Kurşunlu Benzin Tüketimi ve Kurşunun Etkileri, <http://www.cevreorman.gov.tr/Benzin.html>.
- Dökmeci İ, Dökmeci AH, 2005. Toksikoloji Zehirlendirmede Tanı ve Tedavi, 4.Baskı, Nobel Tıp Kitabevleri, 2005.
- DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Demirdışı Metaller Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Nadir Toprak Metalleri, Antimuan, Civa, Arsenik Raporu, 2000;193-246

- EPA, 2002. *National Primary Drinking Water Standarts*, www.epa.gov/safewater
- Eto K, 2000. *Minamata Disease, Neuropathology* 2000;20,S14-S19
- Flaten TP. 2001. *Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water. Brain Research Bulletin* 55(2):187-196.
- Ganrot PO. 1986. *Metabolism and possible health effects of aluminum, Environmental Health Perspectives* 65:363-441.
- Güven A, Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Timur S, 2009. *Metallerin Çevresel Etkileri-III*
http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_6471.pdf, (Erişim tarihi:12.09.2009)
- Hall, M., Chen, Y., Ahsan, H., Slavkovich, V., van Geen, A., Parvez, F., Graziano, J., 2006. *Blood arsenic as a biomarker of arsenic exposure: results from a prospective study. Toxicology.* Aug 15;225(2-3):225-33. Epub 2006 Jun 18.
- Howard, H., 2001. *Heavy Metal Poisoning, Chapter 395 Harrison's Principles of Internal Medicine 15th Edition by The McGraw-Hill Companies, Inc.*
- Iman A., Al-Saleh., 1995. *Lead exposure in Saudi Arabia and its relationship to smoking. BioMetals*, vol 8, number 3 / July, 1995.
- Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Güven A, Timur S, 2009. *Metallerin Çevresel Etkileri-I, Metalurji*, 136.Sayı,
http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf.
- Kitchin, K.T., 2001. *Recent Advances in Arsenic Carcinogenesis: Modes of Action, Animal Model Systems, and Methylated Arsenic Metabolites. Toxicol. Appl. Pharmacol.* 172, 249–261.
- Klaassen CD, 2009ç (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 Farmakolijik Temeli, Nobel Tıp Kitapevleri, 2009*
- Krewski D, Yokel RA, Nieboer E, Borchelt D, Cohen J, Harry J, Kacew S, Lindsay J, Mahfouz AM, Rondeau V. 2007. *Human Health Risk Assessment for Aluminium, Aluminium Oxide, and Aluminium Hydroxide. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B* 10:1–269. DOI: 10.1080/10937400701597766
- Paglia, D.E., 1999. *Differential effects of low-level lead exposure on the natural isozymes of erythrocyte 5-nucleotidase, Clinical Biochemistry*, vol. 32, no. 3, pp193–199.
- Periyodik Tablo,
<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/periyodik/periyodik.html>

- Samanta, G., Sharma, R., Roychowdhury, T., Chakrabortic, D., 2004. Arsenic and Other Elements in Hair, Nails, And Skin-Scales of Arsenic Victims in West Bengal, India Science of The Total Environment 326, 33–47*
- Sarkar B.2002. Heavy Metals in the Enviroment, Marcel Dekker, Inc. New York.*
- Save, D., Köse, O.Ö., Sülün, S., Şengunalp, F., Gunduz, O., Baba, A., 2009.The blood and hair heavy metal levels in two districts with different groundwater concentrations, 12th World Congress on Public Health, 27 April- 1 May 2009, İstanbul, Turkey*
- Selinus O, Alloway B, Centeno JA, Finkelman RB, Fuge R, Lindh U, Smedley P(Editors), Essentials of Medical Geology, Impacts of Natural Environment on Publice Health, Elsevier Academic Pres, 2005.*
- 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, F., 2002. Lead exposure and Urinary N-Acetyl _ D Glucosaminidase activity in adolescent workers in auto repair. Workshops Journal of Adolescent Health 30, pp 213–216.*
- TC Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 1985. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Enstitüsü, Akü ve Matbaa İşçilerinde Kurşun Zehirlenmesi Taraması, İSGÜM, Ankara, 1985.*
- Wagner, N.J., Hlatshwayo, B., 2005. The Occurrence of Potentially Hazardous Trace Elements in Five Highveld Coals, South Africa International Journal of Coal Geology.*
- Wu, M.M., Chiou, H.Y., Wang, T.W., Hsueh, Y.M., Wang, I.H., Chen,C.J., Lee, T.C., 2001. Association Of Blood Arsenic Levels Withinincreased Reactive Oxidants and Decreased Antioxidant Capacity in a Human Population of Northeastern Taiwan. Environ. Health Perspect.109, 1011–1017.*
- World Health Organization (WHO), 1993. Guidelines for Drinking Water Quality. 2nd Edition. Geneva.*
- Wilhelm, M., 2002, Dietary intake of cadmium by children and adults from Germany using duplicate portion sampling. The Science of the Total Environment 285, pp11–19.*