

Metallerin Çevresel Etkileri -II

Güldem KARTAL, Aybars GÜVEN, Özgenur KAHVECİOĞLU, Servet TİMUR
İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

Makalenin ilk kısmında belirtildiği üzere bu çalışmada başta ağır metaller olmak üzere Metalurji sektöründe sıklıkla kullanılan metaller ve proseslerin yan ürünü olarak ortaya çıkan başlıca metaller sağlık ve çevresel açıdan alınmaya çalışılmaktadır. Metallerin çevresel ve toksikolojik etkileri ele alınırken mümkün olduğunca etkiler basitleştirilerek ve kolay anlaşılır olmasına çalışılmıştır.

Bakır (Cu)

Atmosfer koşullarında metalik gri tonunda bulunmayan 2 metalden biri olan bakır, M.Ö. 5000 yılından beri tanınmaktadır ve adını ilk bulunduğu yer olan Kıbrıs'ın latinesinden (aes cyprium=Kıbrıs cevheri, cyprium ve daha sonra Cuprum) almıştır. İlk kez Mısırlılar tarafından üretilen bakır, M.Ö. 3000 yılından itibaren (Bronz Çağı) Anadolu, Yunanistan ve Hindistan' da mekanik özellikleri alaşımlandırma yolu ile artırılarak kullanılmıştır. Doğada 200'den fazla bakır minerali bulunmakla beraber sadece 20 tanesi bakır cevheri olarak endüstriyel öneme sahiptir ve dünya bakır rezervlerinin % 68' ine Şili, ABD, Sovyetler Birliği, Zambiya, Peru, Zaire ve Kanada; % 32'sine ise diğer ülkeler olmak üzere yaklaşık 650×10^6 ton olarak tahmin edilmektedir. Yıllık üretim miktarı, 14 milyon ton (2001 yılı) civarındadır [1-8].

Endüstride bakırın önemli rol oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılmasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özelliklerinin arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyon direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir. Ayrıca alaşımları çok çeşitli olup endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik vd.) değişik amaçlı kullanılmaktadır [8, 9].

Bakır genel kimyasal özelliklerinden dolayı doğaya yayılımı açısından "Atmofil" (hava sever) grupta yer almasına rağmen, havada bulunan bakır konsantrasyonu üretim yapan sanayi birimine uzaklığına bağlıdır. Bakır "Lithofil" (kaya sever) elementler gibi suda çözünerek geniş bir alana dağılabilir bu nedenle de çevresel açıdan iki grubun arasında değerlendirilir. Atmosfere yayılan bakırın ancak % 1' i biyolojik kullanılabilir iyon halinde kalırken diğer kısım sedimente olarak çökler [10].

Tarımsal kesimlerde havadaki ortalama bakır konsantrasyonu 5 to 50 ng/m³ iken endüstriyel kirletilmemiş bölgelerdeki deniz suyundaki bakır konsantrasyonu 0.15 µg/L ve tatlı suda ise 1-20 µg/litre'dir. Doğal suların pH değerine bağlı olarak çözünürlük sınırındaki azalma sonucu suların dibinde çökeler ve doğal yeraltı tatlı suların çökeleklerinde yaklaşık 16 - 5000 mg/kg (kuru ağırlık) arasında ve deniz dibinde ortalama 2 - 740 mg/kg (kuru ağırlık) bakır bulunur . Kirletilmemiş toprakta bakır konsantrasyonu ortalama 30 mg/kg (sınır değeri 2-250 mg/kg) seviyelerindedir [1].

Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapıları canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır [11]. Örneğin % 1 - 20 CuSO₄ içeren kireç sütü karışımı "Bordo-Karışımı" olarak bilinir ve üzüm tarımında fungusit olarak kullanılır. Hastanelerde kapı kolları ve elle sıkça temas edilen bölgeler bakır alaşımlarından imal edilen malzemelerden yapılır ve malzemenin antiseptik özelliğinden yararlanılarak mikropların yayılması engellenir.

Bakır doğada pek çok sebze ve meyvede bulunur. Örneğin elmada ortalama 0,1 - 2,3 mg/kg bakır mevcutken, kuru erikte bu değer 3,7 - 5,0 mg/kg' a çıkar, ay çekirdeğinde ise 14,3 - 19 mg/kg bakır bulunur. Anne sütü ortalama 200-400 µg/L bakır içerir ve bebek ağırlığı başına 50 µg bakır alır. Bakır eksikliğine bağlı olarak hayvanlarda ve insanlarda büyümede gecikme, solunum sisteminde enfeksiyonlar, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi rahatsızlıklar kendini gösterirken, bakır bilezikler eklemlerin kireçlenmesine ve romatizmaya karşı kullanılır [1-4].

Bakır vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. Erişkin insanlarda ortama 50 - 120 mg bulunan bakır, amino asitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının vazgeçilmez ögesidir. Bir çok enzim ve proteinin yapısında bulunan bakır, demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir. Bakır eksikliğinde hayvanlarda anormallikler, kansızlık, kemik hataları ve sinir sisteminde bozukluklar tespit edilmiştir [11].

Akut bakır zehirlenmesi seyrek olarak gözlenir. Genelde yiyecek ve içeceklere kazayla bakır ihtiva eden maddelerin karışmasıyla veya kasten bakır tuzlarının yutulması sonucu zehirlenme gerçekleşir ve bakır çalığı olarak bilinir [3]. Ağız yoluyla alındığında akut zehirlenme insanlarda, LD_{Lo}, 100 mg/kg' dır, ancak 600 mg/kg' a kadar emilim olduğunda dahi tedavisi

mümkündür. İş yerlerinde havadaki bakır tozları için MAK ve TLV değerleri 1 mg/m^3 'dür. Akut bakır zehirlenmesinde gözlenen belirtiler tükürük salgılamasının artması, mide ağrıları, bulantı, ishal gibi sindirim sistemi mukozasının tahriş olmasından kaynaklanır. Ayrıca alınan doza bağlı koma durumuna ve ölümlere sebebiyet verebilir. İçme sularında Dünya Sağlık Örgütü tarafından açıklanan sınır değeri 2 mg/L 'dir. Gün içinde alınabilen maksimum bakır değeri kadınlarda 12 mg/gün , erkeklerde 10 mg/gün , 6-10 yaş grubu çocuklarda ise 3 mg/gündür [4,5].

Kobalt (Co)

Kobalt adını ortaçağ avrupa madencilerinin kurşun ve kalay madenlerinin üretimi esnasında oluşan, ergimeyen ve metalin kullanılmasını engelleyen katı yapı nedeniyle maden ruhu, şeytan anlamına gelen "Kobold" tanımlamasından almıştır. M.Ö. 2000'li yıllardan beri kobalt bileşikleri cam ve emayede mavi boya olarak kullanılmasına rağmen, element olarak 1742 yılında İsveçli araştırmacı G. Brant tarafından yeni bir metal olarak ve 1780'de Torbern Bergman tarafından element olarak tanımlanmıştır [5, 12, 13].

Yeryüzünde 25 mg/ton ortalama ile kobalt en az sıklıkla bulunan elementler grubundadır. Okyanus diplerinde bulunan mangan yumruları ($\% 0,25 \text{ Co}$) dışında, tahmini rezerv $5,7 \times 10^6$ ton olarak tahmin edilmektedir [12].

Kobalt stratejik ve endüstriyel uygulamalarda ve askeri alanda önemli kullanım alanlarına sahiptir. Kobalt, en çok süper alaşım olarak jet motor türbinlerinde kullanılırken, malzemelere manyetiklik özelliği kazandırma, korozyondan korunma ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla alaşımlarda, yüksek hız çeliklerinde, takım çeliklerinde, elmas takımlarında ve kesici uçlarda alaşım elementi olarak da kullanılır. Bileşikleri ise petrol ve seramik endüstrisinde katalizör ve boyalarda pigment, mürekkep ve verniklerde kurutma maddesi olarak kullanılır. Ayrıca pil elektrotlarında, her tip manyetik malzemelerde ve kayıt cihazlarında kullanılmaktadır. Günümüzde kobaltın en büyük maden üretici ülke Zaire ($\% 52$) ve en büyük metal kullanıcısı ise Amerika Bileşik Devletleri' dir [15].

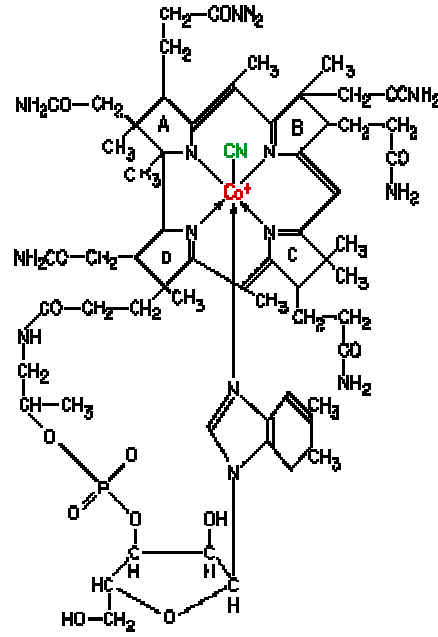
Havada bulunan toz halindeki kobaltın solunması ve kobalt tuzlarına deri teması neticesinde kobalt zehirlenmesi gerçekleşir. Toz halinde alınan element kobalt akciğerlerde çözünerek kana ve idrara karışır. Hayvanlarda yapılan deneylerde ince partiküllerin (20 nm) yarım saatte, kaba partiküllerin ($11 \text{ }\mu\text{m}$) 3 - 4 günde yarı yarıya çözüldüğü ortaya konulmuştur. Suda çözünürlüğü olmayan kobaltoksit (Co_3O_4) solunum yolu ile alındığında vücut tarafından çok iyi emilmekte ve hücrelerde bir kaç günde çözünerek kana karışmaktadır. Suda çözünür

kobalt bileşikleri ağız yolu ile alındığında % 75' i tekrar atılırken geriye kalan kobalt kan, karaciğer, akciğer, böbrek, testisler ve bağırsaklarda toplanmaktadır.

Uzun süre kobalt tozuna maruz kalındığında, alerjik tepkilere ve kronik bronşite neden olmasına rağmen kobalt kaynaklı deri tahrişi ve hastalıklar çok nadir gözlenir ve etki iki ayrı gruba ayrılabilir. Birinci grup; vücudun bazı bölgelerinde meydana gelen kızarıklıklar (eritem) şeklinde; özellikle sıcak havalarda, ellerde kobalt temasından kısa süre sonra oluşur. İkinci grup; uzun yıllar kobalt bileşikleri ile temas sonucunda ortaya çıkan egzamadır [1, 5].

Kobalt ve kobalt bileşiklerinin insanlar üzerinde kansere neden olduğuna dair henüz kesin bulgular olmamasına rağmen, kobalt bileşikleri risk teşkil etmektedirler ve kanserojen madde gibi muamele görürler. Kobalt içeren implant takılan bölgelerde tümör oluşumuna da rastlanmış ve hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde, kobalt metalinin, suda çözünür kobalt bileşiklerinin kansere yol açtığı kanıtlanmıştır. Buna rağmen kobalt, krom ve molibden içeren alaşımların, kobalt (II) sülfat ve kobalt (II) klorürün, kobalt-alüminyum-krom spinel oksitin, kobalt (II,III) oksit, kobaltnaftanat ve kobalt (III) asetatın kansere sebep olduğunu gösteren kesin veriler mevcut değildir [1, 16]. Kobalt-oksitler (CoO , Co_3O_4), Kobaltkarbonat (CoCO_3), kobaltklorürhegzahidrat ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), kobaltnitrathegzahidrat ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2$) ve kobaltasetattetrahidrat ($\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) için akut oral zehirlenme sınırları sırasıyla; 1750, 630, 766, 691 ve 821 mg/kg' dır [5].

Günlük besin ihtiyacımızda çok küçük bir yer teşkil eden kobalt, kırmızı kan hücrelerini üretiminin ve sinir düzenlenmesinde kullanılan B12 vitaminin bileşenidir [2, 3, 17]. İnsan vücudunda düşük konsantrasyonda bulunan B12 vitamininin (kobalamin) yapısı Şekil 1'de verilmiştir [18]. Kobaltın vücuttaki normal miktarı 80-300 μg ' dır ve kırmızı kan hücrelerinde, karaciğerde, dalakta, böbrekte, pankreasta depolanır . Et, karaciğer, böbrek, midye, istiridye, süt, balık ve deniz yosunları ve daha düşük miktarda olmakla beraber kara sebzeleri (bakla tohumu, ıspanak, lahanası, salata, pancar, incir) de kobalt içerir. Diğer taraftan sigara dumanında da kobalt bulunmaktadır [1, 2].



Şekil 1. B12 Vitamini [19].

Kobalt vücutta yapı taşı olarak bulunur ve anemiye engeller, ayrıca B12 vitaminin yorgunluk, sindirim kolaylığı ve kas problemlerinin giderilmesine faydası vardır. Yetersiz kobalt alınımında pernisyöz (zararlı) anemi ve sinirlerde bozukluk gibi pek çok problemler ve semptomlar ortaya çıkar ancak yeterli B12 vitamini alınarak etkiler ortadan kaldırılabilir. Vejetaryen insanların yeterli B12 ve kobalt alıp almadıklarına ve yaşanan bölgede toprak seviyesindeki kobalt miktarına bağlı olarak bitkilerde bulunan kobalt miktarının azaldığına özellikle dikkat edilmelidir [2].

Nikel (Ni)

Nikel ilk olarak Axel Cronstedt (1751) adlı bir İsveçli minerolojist tarafından, gersdorfit (NiAsS) cevheri araştırılırken bulunmuştur. Nikelin başlı başına bir element olduğu 1775’de Torbern Bergman ve arkadaşları tarafından kanıtlanmış ancak 1804’e kadar herhangi bir üretimi yapılmamıştır. İlk saf metal üretimi Jeremias Richter (1804) tarafından yapılmıştır. İlk bulunuşundan sonra uzun bir süre boyunca nikel içeren alaşımlar üretilmiştir. 1830’larda “Alman Gümüşü” olarak bilinen bakır-nikel-çinko alaşımları İngiltere ve Almanya’da büyük miktarlarda üretilmiştir. 1870’de çelik alaşımlandırma elementi olarak önem kazanan nikel daha sonra elektrolitik olarak kaplama teknolojisinin geliştirilmesiyle geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Toprakta eser element olarak bulunan nikel, demir ve alüminyum silikatların latisinde yer almaktadır. Çoğunlukla sülfat ve oksitler halinde bulunan ve yeryüzünde

bulunma sıklığı 24. sırada olan nikelin ortalama konsantrasyonu % 0.008'dir. Toplam rezerv 130×10^6 ton olarak tahmin edilmektedir [5].

Parlak gümüşümsü sert bir ferromanyetik olan nikel metali nitrik asitte çözünebilirken seyreltik hidroklorik ve sülfürik asitte az oranda çözünebilmekte, sıcak-soğuk su veya amonyakta ise hiç çözünürlük göstermemektedir. Nikelin büyük bir çoğunluğu (% 80), korozyon ve ısı direncinin yüksek, sertliğinin ve dayanımının iyi olması sebebiyle alaşım üretiminde kullanılmaktadır. Nikelin ana kullanım alanı paslanmaz çelik, bakır-nikel alaşımları ve diğer korozyona dayanıklı alaşım üretimleridir. Saf nikel kimyasal katalizör olarak elektrolitik kaplamada ve alkali pillerde, pigmentler, madeni para, kaynak ürünleri, mıknatıslar, elektrotlarda, elektrik fişlerinde, makine parçaları ve tıbbi protezlerde kullanılmaktadır [5, 19, 20].

Nikelin bilinen biyolojik fonksiyonu olmamakla birlikte orta seviyede zehirleyici özelliği vardır. Doğal yayılımı yanında insan aktivitelerine bağlı olarak doğada bulunmaktadır. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. Zararlı etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenme nadir rastlanan bir vakadır.

Nikel yakıtların yanması, madencilik ve rafinasyon işlemleri ve kentsel atıkların küllleştirilmesi ile atmosfere yayılmaktadır. Bunun yanı sıra lağım çamuru karışmış toprakta ve sigarada (0 - 0.51 $\mu\text{g}/\text{sigara}$) bulunmaktadır. Derideki etkileşim nikel içeren takı kullanımında ortaya çıkabilmektedir. Nikel madenciliği ve ergitme endüstrisinde mesleki maruziyet görülmektedir. Kimyasal endüstride ise nikel elektrolitik olarak kaplamada kullanılmaktadır [20].

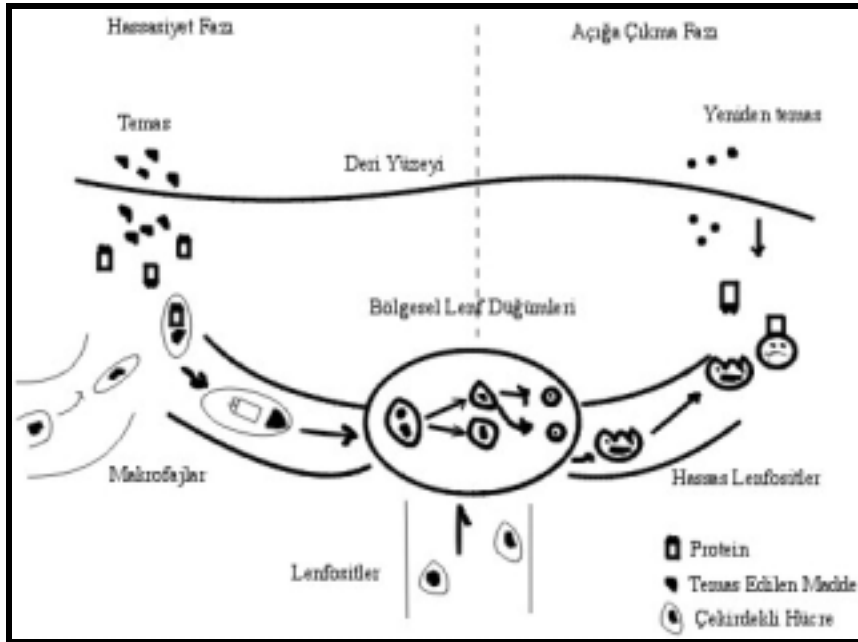
Bazı bitki türleri, örneğin; baklagiller, için yararlı bir element olan nikel, belli bir doz aşımında (0,18-5 ppm) zehirleyici olmaktadır [5].

Nikel hem altın için mükemmel bir beyazlaştırıcı olduğu gibi hem de bakır ile birlikte kullanıldığında mekanik özellikleri, işlenebilirliği ve döküm özellikleri iyi olan bir alaşım eldesini mümkün kılan önemli bir alaşım elementidir. Kompakt nikel ve nikel alaşımları, düşük oranda zehirli olmalarına rağmen metalik toz halindeki nikel ve nikelin kimyasal bileşikler kanser yapıcı maddeler sınıflandırılmasında A1 (kanserojen) kategorisinde yer almaktadırlar. Solunabilir boyuttaki nikel tozları için TRK değeri $0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir [21].

Nikelin toksikolojik etkileri temel olarak 3 grupta incelenebilmektedir [21]. Bunlar:

Kanserojen etki,
Solunum sistemine etki ve
Dermatolojik (alerjik) etkidir.

Kadınlar tarafından sık ve sürekli olarak kullanılan takıların nikel veya nikel alaşımları içermesi nedeniyle özellikle kadınlar nikel alerjisi tehlikesi altındadır. İlk kez 1923 yılında tanımlanan ve 1930 yıllarında araştırılmaya başlanan nikel alerjisi özellikle 1970'li yılların sonlarından itibaren bu alerjinin yaygınlaşarak artmakta olduğunu ve günümüzde bazı araştırmacılara göre kadınlarda % 40, erkeklerde % 5 - 10 seviyelerine ulaştığını ileri sürmektedir. Diğer ilginç bir bulgu ise kulağı delinmiş kişilerde nikel alerjisi görülme sıklığının, kulağını deldirmemiş kişilere nazaran kesinlikle daha yüksek olmasıdır. Aynı etki kulağını deldiren erkeklerde de söz konusudur.



Şekil 2. Nikelle oluşan temas sonucu “Hassaslaşma” ve “Alerjik” safhanın ortaya çıkmasının şematik gösterimi 21[21].

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 $0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ hafta değerinden fazla olan mücevherlerin satışını yasaklamıştır. Almanya küpe saplarında nikel kullanımını yasaklamakla beraber diğer ürünlerin satılmasını yanlarında uyarıcı bir etiket bulunması kaydıyla serbest bırakmıştır. İsveç ise küpelerde kullanılacak nikel miktarını maksimum % 0,05 ile sınırlandırmıştır [21].

Nikel bileşikleri için çalışma yerlerinde toz olarak havada izin verilen değerler; nikel bazında 0.015 mg/m³ (TWA-8 saat) iken nikel-karbonil için 0.007 mg/m³ (TWA-8 saat)'dür. Metalik nikel için TWA değeri 1 mg/m³ ve soluma durumunda TLV değeri 1.5 mg/m³'dür [19].

Besin olarak toplam nikel alınımı, hayvan yiyecekleri veya bitkilerin tükettikleri miktarlara bağlıdır. Günlük nikel alınımının yaklaşık yarısı ekmek, içecek ve tahılların tüketilmesiyle olmaktadır. Besinlerin günlük 150 µg' dan az nikel içermesi tavsiye edilmektedir. İngiltere'de günlük değer; yetişkinler için 140-150 µg, çocuklar için 14-250 µg, A.B.D'de 69-162 µg, ve Danimarka'da ortalama 130 (60-260) µg'dır [4].

Çinko (Zn)

Kompleks cevherlerden yapılan bakır bazlı alaşımların üretiminde ortaya çıkmasına rağmen, metalik çinkonun üretimi hakkında kesin bir bilgi mevcut değildir. M.Ö. 1000 yıllarında Çinlilerin ve 14. yy da Hindistanlıların metalik çinko ürettikleri ileri sürülmektedir. Avrupa'da Löhyenns ilk kez Goslar da metali bulmuştur (1617) ve muhtemelen isminide vermiştir. İlk çinko üretimi destilasyonla yapılmış ve işletme 1743' de Bristol' de açılmıştır. Miktar olarak en çok üretilen 3. renkli metal olan çinkonun yeryüzündeki ortalama konsantrasyonu 70 ppm' dir. Toplam rezerv 180x10⁶ ton olarak tahmin edilmektedir [2, 5, 13].

Çinko demir konstrüksiyon malzemelerinininkine kıyasla daha elektronegatif olduğundan çinko kaplamalar çelik yapılar için çok iyi korozyondan korunma sağlarlar ve bu özellik en önemli kullanım alanını oluşturur. Diğer taraftan düşük ergime sıcaklığına sahip olduğundan kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve pirinçte alaşım elementi olarak kullanılmaktadır [5, 22]. Çinko beyazı veya Çin beyazı olarak bilinen çinko oksit (ZnO), boya pigmenti olarak kullanılır.

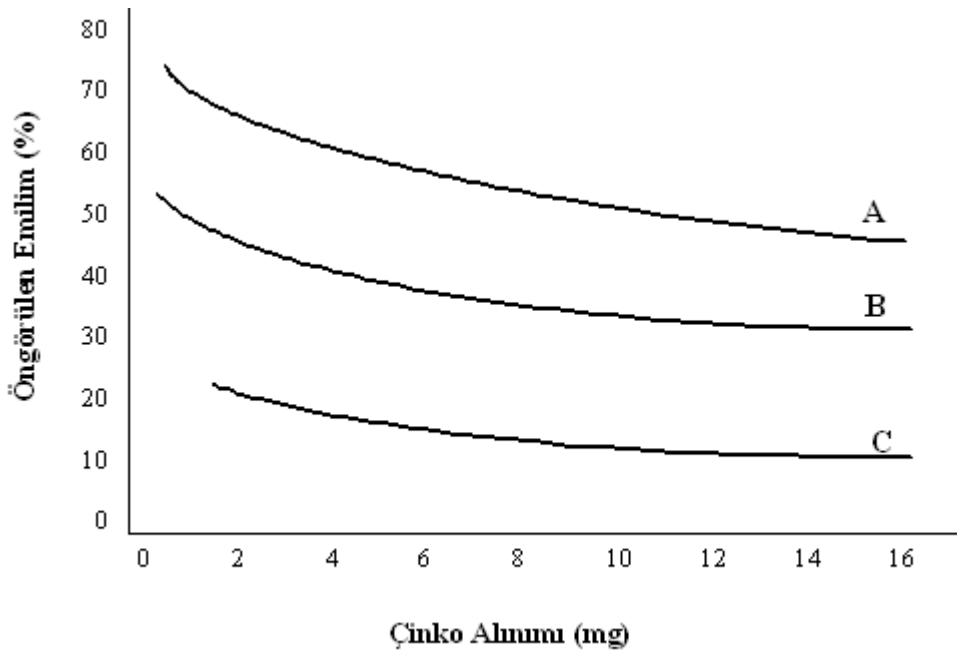
Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Çinko tuzlarının toksikliği çinkodan daha fazla, yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmının toksikliğine bağlıdır. Örneğin; çinko kromatın (ZnCrO₄) yüksek zehirleyici ve kanserojen özelliği Zn²⁺ yüzünden değil anyonik CrO₄²⁻ bileşeni sebebiyledir [5].

Çinko ve çinko tuzlarından zehirlenme nadir görülmektedir [4, 5]. Besin kaplarından çinkonun çözünmesiyle kirlenen besinin tüketilmesi veya mesleki koşullar altında çinko ya da çinko oksit tozunun solunumuyla zehirlenme ortaya çıkabilmektedir [5]. Uzun süre ZnO buharı soluyanlarda (MAK sınırı 5 mg/m³) "Çinko-Ateşi" olarak adlandırılan rahatsızlıklar

ortaya çıkar ve semptomlar herhangi bir yan etki bırakmadan bir kaç gün içinde kendiliğinden kaybolur. Akut zehirlenme semptomları sindirimde sıkıntı, ishal, mide bulantısı ve karın ağrısı şeklinde ortaya çıkar. Aşırı dozda elementel çinko alındığında, uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik (zayıf) ve yazmada zorluk çekme gibi semptomlar gözlenir [5].

Çalışma yerlerinde toz olarak havada izin verilen değerler; 5 mg/m³ (MAK) ile 10 mg/m³ (TLV-TWA) ve çinko oksit dumanı için izin verilen değerler ise 5 mg/m³ (TLV-TWA) ile 10 mg/m³ (TLV-STEL)'dir [5].

Diğer taraftan, çinko insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir (günlük doz 10 - 20 mg). Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbohidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi ya da degradasyon gibi çeşitli metabolik prosesler için gereklidir [4, 5]. Alkol dehidrojenazı, karbonik anhidraz ve karboksipeptidaz gibi 70' den fazla metaloenzim fonksiyonu için ko-enzim bileşeni olarak gereklidir. Fizyolojik miktarlardaki çinko Cd, Hg, Pb ve Sn gibi diğer ağır metal iyonlarının zehirleyici etkilerini azaltmaktadır [5]. Çinko yetersizliği, gelişim bozuklukları, cinsiyet ve iskeletin gelişmemesi, kol ve bacak gibi uzuvlarda ve açık yerlerde deri iltihabı, ishal, kellik, iştah azalması ve davranışlarda değişikliklere yol açmaktadır [4].



Şekil 3. 65 kg bir insan için öngörülen doğal kaynaklardan/besinlerden alınması gereken çinkonun dağılımı (%).

A: yüksek oranda çinko içeren (et, balık v.b. % 50-55), **B:** orta seviyede çinko içeren (süt, sebze v.b. % 30-35), **C:** az oranda çinko içeren (pirinç, buğday, baklagiller v.b. %15) [4].

Yaşamsal gerekli bir metal olan çinko, sindirim prosesinde, besin çinko halinde düzenlenir ve ince bağırsağın alt kısmında emilir ve geniş bir oranda proteinlere bağlanır. Boşaltım bağırsaklarda baskın olmakla birlikte bir kısmı da üre ve ter ile atılır. Üredeki boşaltım 12.2 mmol/gün' e kadar çıkabilir; daha yüksek değerlerde çinko zehirlenmesi söz konusudur **[Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.]**.

Çinko kan harici dokularda ve vücut sıvılarında rastlanan en yaygın metal iyonudur. 70 kg ağırlığında bir insanın kanında 2.3 g çinko bulunmaktadır. Bu miktarın % 64'ü kaslarda ve % 28'i de kemiklerde bulunmaktadır. En yüksek çinko konsantrasyonları üretken organlarda, özellikle prostat bezlerinde (87 µg/g yaş ağırlık) görülmekteyken tüm vücuttaki ortalaması 33 µg/g yaş ağırlıktır [4, 5,13].

Kaynaklar

1. <http://www.inchem.org>
2. <http://www.healthy.net>
3. W. Mertz, "Trace Elements In Human and Animal Nutrition-Fifth Edition", Vol. 1, Academic Pres, 1987
4. "Trace Elements In Human Nutrition and Health", World Health Organization, Geneva, 1996
5. F. Habashi, "Handbook of Extractive Metallurgy", Vol. 2, WILEY-VCH, Germany, 1997
6. <http://www.maden.org.tr/www/7.BYKP/ekutup96/o511/rezervler.htm>
7. "Copper", <http://www.usgs.gov>
8. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyon Bakır-Pirit Çalışma Grubu Raporu, Ankara, 2001
<http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/metalmad/oik638.pdf>
9. Metals Handbook, "Properties and Selection" Non Ferrous Alloys and Pure Metals", 9th Edition, Vol. 2, s.239-248, 1978.
10. E. Merian, Metalle in der Umwelt, Verlag Chemie, Weinheim, Basel, ISBN 3-527-25817
11. "Copper and Copper Alloys"
<http://www.cda.org.uk/megab2/general/pub121/section7.htm#Product%20Forms>
12. S. F.Sibley, "Cobalt", www.usgs.gov
13. W. Küchler, C. H. Verlag, "Chemische Technology", Band 4, Wien 1986, ISBN 3-446-13182-5
14. K. Otmer, "Encyclopedia of Chemical Technology", 3th Edition, Vol. 6, 1979
15. K. B. Shedd, "Cobalt", www.usgs.gov
16. Kobalt Metall und Kobaltverbindungen, 2001, CAS Nr. 7448-48-4
17. M.J. Kendrick, M.T. May, M.J. Plishka, K.D. Robinson, "Metals in Biological Systems", 1992

18. "Cobalt", www.nrcan.gc.ca
19. "Nickel Compounds and Metallic Nickel",
<http://ehp.niehs.nih.gov/roc/tenth/profiles/s118nick.pdf>
20. "Nickel",
<http://www.portfolio.mvm.ed.ac.uk/studentwebs/session2/group29/nicktox.htm>
21. M. Emre, "Nikelli Ve Nikelsiz Altın Alaşımlarının Geniş Bir Bileşim Aralığında Fiziksel, Kimyasal, Mekanik Ve Alerjen Özelliklerinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Eylül 2000.
22. "Uses of Zinc", <http://richchur.freeyellow.com/page4.html>