



Toprakta Ağır Metal Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri ve Çözüm Önerileri

Emine Erman KARA^{1*} Ertan KARA²

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Niğde

²Çukurova Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Adana

*Sorumlu Yazar:

E-posta:ermankar@gmail.com

Geliş Tarihi : 14 Mart 2018

Kabul Tarihi: 28 Ekim 2018

Özet

Toprak, doğada kirlenmeler için filtre görevi yapan ve bitkilerin yetiştiği önemli bir ortamdır. Doğada bulunan üç ana ekosistem (su, hava ve toprak) arasında madde ve enerji alışverişi olduğu için, bir ekosistemdeki kirlenme diğerine geçebilmektedir. Toprak kirliliği içerisinde yer alan ağır metal kirliliği, ağır metallerin bitkiler aracılığı ile insanlara ulaşarak hastalıklara neden olduğu için, ayrı bir öneme sahiptir. Ağır metallerin toprak içindeki belli konsantrasyondan fazlası toprakta ağır metal kirliliği oluşturmaktadır. Bunların yüksek dozları insanın genetik bağışıklık, yaş, beslenme ve genel sağlık durumu gibi faktörlere bağlı olarak değişik hastalıklara ve özellikle de kansere neden olabilmektedir. Bu çalışmada Pb, Hg, Ni, Al, Cd, Cr, Cu, Zn gibi ağır metallerin insan sağlığı açısından önemi, yapılan araştırma sonuçları ile irdelenerek, topraktaki ağır metal kirliliğinin insan sağlığına olası olumsuz etkilerine dikkat çekilmesi ve konu ile ilgili olarak yapılması gerekenler açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toprak kirliliği, Ağır metal, İnsan sağlığı

Effects of Soil Heavy Metal Contamination on Human Health and Solution Offers

Abstract

Soil ecosystem is an important environment which works as a filter for the contaminants in the nature and on which the plants grow. Because there is matter and energy exchange between the water, air and soil ecosystems in the nature, any contaminant in an ecosystem may be transferred to the others. Contamination of the soil by heavy metals has a particular importance, as heavy metals can reach to humans and cause diseases by means of plants. If presence of heavy metals in soil exceeds certain concentrations, it is regarded as contamination. High-dose heavy metals may cause various diseases, especially cancer, in conjunction with the factors such as the genetic immunity, general state of health, age and nutrition status of humans. This article examines the importance of heavy metals such as mercury (Hg), lead (Pb), nickel (Ni), cadmium (Cd), chromium (Cr), aluminum (Al), copper (Cu), zinc (Zn) on human health presenting some research results and clarifies the adverse effects of heavy metal contamination of soil on human health and the precautions to be taken about this matter.

Keywords: Soil pollution, heavy metals, human health

GİRİŞ

Doğada bulunan su, hava ve toprak ekosistemlerinde madde ve enerji alış verişini nedeni ile bir ekosistemdeki kirlilik diğerine geçerek olumsuz etki gösterebilmektedir. Doğada kirlenmeler için filtre görevi gören toprak ekosistemi, aynı zamanda bitkilerin yetiştiği önemli bir ortam olup, bitkilerin alabileceği özellikteki bir kirlenme, topraktan alınıp, birikim etkisi ile besin zinciri yolu ile insana ulaşarak ciddi sağlık sorunları oluşturabilmektedir. Toprak, tamponlama kapasitesi nedeni ile filtrasyon özelliğine sahip olduğu için, kirlenmelere karşı su ve hava ekosistemine göre kirlenmelerin etkisinin ortaya çıkmasını önleyebilmekte ve/veya geciktirebilmektedir. Ancak, toprakta kirlilik sonucu bozulma meydana geldiğinde karşılaşılan sorunların boyutları büyük ve karmaşık olup, giderilmesi zor ve masraflı olabilmektedir [22, 13].

Toprak kirliliği; toprak oluşumundan kaynaklı veya dışardan ilave edilen maddeler veya yanlış tarımsal uygulamalar ile toprakların fiziksel kimyasal, biyolojik ve verimlilik özelliklerinin bir veya birkaçında bozulma meydana gelmesi olarak tanımlanabilmektedir. Kirlenmelerin çeşidine veya bozulan toprak özelliğine göre isimlendirilebilmektedir. Topraklarda bulunan ağır metaller toprakların oluşumu sırasında ayrıışan minerallerden

kaynaklanabileceği gibi (doğal kirlilik), toprağa çeşitli nedenlerle ilave edilen maddelerin yapısında bulunan ağır metallerden (yapay kirlilik) de kaynaklanabilmektedir [9, 32, 35].

Toprak kirliliği; aşırı pestisit ve gübre kullanımı, toprak düzenleyiciler ve hormon kullanımı, sıvı ve katı atıkların deşarjı, atık suların tarımsal sulamada kullanılması, atık çamur uygulaması, radyoaktif serpintiler ve atmosferik çökeltmeler sonucu ortaya çıkan bir çevre sorunudur. Toprak kirliliği içerisinde ağır metal kirliliği diğer kirlenmelere göre daha fazla önem kazandığından, son zamanlarda yapılan çalışmalar bu sorun üzerinde yoğunlaşmaktadır [15]. Toprakta ağır metal birikimine gübreler ve pestisitler dışında, toprağa verilen kanalizasyon suları, arıtma sıvı ve katı atıklar da neden olan faktörler içerisinde [35]. Bunun dışında ağır metal içeriği yüksek mineralleri içeren ana materyal üzerinde oluşan topraklar da ağır metal kirliliği olabilmektedir [5].

Ağır metal, periyodik cetvelin üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan, fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³'ten daha yüksek olan metaller için kullanılan bir terim olup; kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal bu gruba dahil olmaktadır. Bu elementler doğaları gereği yer kürede

genellikle karbonat, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik veya silikatlara bağlı olarak bulunurlar [17].

Çeşitli nedenlerle havaya verilen SO₂, CO₂, N₂O, HF ve hidrokarbonlar (HC) gibi kirlenici emisyonları içermekte olup, bu gazların fazla miktarları asit yağmurlarına dönüşebilmektedir. Asit yağmurların etkisi ile toprak asitleşmekte, emisyonlar içerisinde bulunan Zn, Cu, Fe, Cd gibi ağır metaller toprak ve bitki üzerinde birikebilmektedirler [37].

Ağır metallerin insana ulaşma yolları; gıda, içme suyu, solunum ve deriye temas olarak sıralanmaktadır. Toprakta bulunan ağır metaller erozyon ile su ekosistemine taşınabileceği gibi, toprak özelliklerine bağlı olarak yakanarak yer altı sularına da geçebilmektedir. Ağır metal kirliliği olan topraklar, park ve oyun bahçelerine bitkilendirme yapılmadan serildiğinde, deri veya solunum ile insanlara geçebilmektedir. Bu durum özellikle çocuklar için tehlike oluşturmaktadır [24, 11, 39].

Toprağa ulaşan ağır metaller bitkisel gıda yolu ile insan vücuduna girebildiği gibi, bu bitkilerin hayvanlara yem olarak verilmesi durumunda, hayvanın etinden ve sütünden gıda zinciri ile insanlara birikerek geçebilmektedirler. Bu maddelerin bazıları yüksek dozda vücutta zehirleyici etki yapabilirken, bazıları düşük dozda alınsalar dahi, biyolojik birikim nedeniyle zararlı etkilere neden olabilmektedirler. Bu olay bir biyolojik birikim, biyolojik artım olarak adlandırılmaktadır [10].

Ağır metaller insan sağlığı ve hastalıklarında önemli rol oynayıp, hücre ve hücre içi elemanların hem humoral hem de hücrel immunitenin düzenlenmesini, sinir iletişimini, kas kasılmasını, hücre potansiyelinin regülasyonunu, mitokondriyal aktivitenin düzenlenmesi gibi diğer bir çok fonksiyonlarda görev almaktadırlar [1, 12]. Element ve minerallerin insan sağlığı ile olan ilişkisini insan vücudundaki her doku, sıvı, hücre ve organda dengelerini koruduğunu bilmenin insan sağlığını korumada temel olduğu araştırmalar ile ortaya konmuştur [4]. Canlı organizmaların vücutlarında Co, Fe, Cu, Mn, Mo, V, Se ve Zn gibi ağır metaller eser miktarda bulunur iken, krom, kurşun, kadmiyum, civa, arsenik gibi bazı ağır metaller gereksinim duyulmadığı için canlıların yapılarında bu metaller bulunmamaktadır [21].

Derleme olarak hazırlanan bu çalışmada, toprakta bulunan ağır metallerin toprağa bulaşma yolları, bitkiler tarafından alınan formları, bitkilerden gıda zinciri yolu ve/veya diğer yollar ile insana ulaşması halinde insanlarda neden olduğu sağlık sorunları yapılan araştırma sonuçları ile ortaya konmuştur. Araştırma sonuçları dikkate alınarak toprakta meydana gelen ağır metal kirliliğinin ve insan sağlığına olası olumsuz etkinin önlenmesi için alınması gereken önlemlere yer verilmiştir.

Ağır Metallerin İnsanlara Ulaşma Yolları ve İnsanlara Etkileri

Ağır metal ile kirlenen tozlar sokaklardan insanların yaşam alanı olan iç ortamlara taşındığında veya park ve bahçelerde kullanıldığında deri ve solunum yolu ile insan vücuduna geçebilmektedir. Tokalhoğlu ve Kartal [36] tarafından Kayseri'de Organize sanayi bölgesinde sokaktaki tozlardan alınan 29 örnekte yapılan Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb and Zn analizinde asitte ekstrakte edilebilir, indirgenabilir ve okside olabilir formların belirlendiği çalışma sonucunda; ekstraksiyon oranına göre; Cd (%93.3), Zn (%83.8), Pb(%77.2), Co(% 75.9), Mn (%73.0), Ni (%60.1), Cu (%59.0), Cr (%58.6) olarak belirlenmiş, ayrıca sokak tozlarının kirlenici olarak; endüstri, trafik ve

doğal faktörler belirtilmiştir. Sezgin ve ark., [34], büyük şehirlerdeki sokak tozlarının çevre kirliliğinin göstergesi olduğunu belirterek, tozlardaki kirlenici kaynaklarının araba egzozları, rüzgarla taşıma yoluyla olduğunu belirterek, sokak tozlarında bulunan ağır metallerden Pb, Cu, Mn, Zn, Cd ve Ni'in çevre kirliliği açısından önemli olduğunu, ağır metallerin çeşit ve miktarının sokak tozlarına göre değiştiğini bildirmişlerdir. İstanbul'da E-5 otobandan 22 farklı noktadan alınan sokak tozu örneklerinde Pb, Cu, Mn, Zn, Cd ve Ni konsantrasyonunun belirlendiği çalışma sonucunda; Pb, Cu ve Zn konsantrasyonunun, toprakta bulunması gereken maksimum miktardan daha fazla olduğu, bu durumun insan sağlığı açısından risk oluşturduğu bildirilmiştir [34].

Benzer şekilde, sokakta bulunan kirli tozların insan yaşam alanı olan iç ortama taşındığında sağlık sorunlarına neden olabileceği belirtilmektedir. Malezya'da yapılan bir çalışmada kanserojen olmayan ağır metallerden olan Pb, Cd ve Cu'nun sınıflarda bulunan tozlardaki miktarını belirlemek için yapılan çalışmada, Sri Serdang şehrinde bulunan 21 bölgeyi içeren ilkokullarda pencere, havalandırma yeri ve döşemelerden alınan toz örneklerinde yapılan analizler sonucunda; en fazla miktarda ağır metalin sırasıyla; pencere, döşeme ve havalandırma alanında olduğu, ağır metal konsantrasyonlarının sırasıyla, Cd, Cu ve Pb şeklinde olduğu, bu değerlerin çocukların sağlıkları için risk oluşturacak düzeyde olduğu belirtilmiştir [33].

Çin'de çok fazla hava kirliliği olan Xi bölgesinde evlerdeki ağır metal kirlilik düzeyini belirlemek için yapılan çalışmada, yarım gün veya daha fazla zaman geçirilen evlerden alınan toz örneklerinde insan sağlığına zarar veren ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; evdeki tozlarda Cr, Mn, Co ve V miktarları bölgedeki toprakların içeriklerine yakın olarak belirlenmiş, bu miktarların yetişkinler için risk oluşturmayacak düzeyde, çocuklar için ise kanser olmayan risk düzeyinde olduğu belirlenmiştir [39]. Malezya'da yapılan bir çalışmada, okul öncesi eğitim gören öğrencilerin bulunduğu okulda iç ortamda duvarlardan ve öğrencilerin avuçlarından alınan toz örneklerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının sırasıyla Fe> Pb> Zn> Cr> Cd şeklinde tespit edildiği ve bunun, çocukların sağlığı açısından risk oluşturacak düzeyde olduğu belirlenmiştir [24].

İran'da 2013-2014 yılları arasında evsel atıklarda bulunan ağır metallerin konsantrasyonlarının belirlendiği çalışmada endüstri bölgesi, trafiğin yoğun olduğu bölge, endüstri ve yoğun trafikten uzak olan üç ayrı bölgeden alınan örneklerde ağır metallerden Cr, Ni, Cu, Mn, Pb, Zn, Co ve Cd'un konsantrasyonlarının, sıcak dönemde soğuk dönemlere göre daha yüksek çıktığı, kanser indeksine göre Ni, Cr, Cd ve Pb'un çocuklar için yemek, solunum ve deri yolu ile geçişte riskli düzeyde olduğu, çalışma yapılan alan olan Ahvaz şehrinde evsel atıkların çocukların teması halinde kanserojen risk taşıyabileceği bildirilmiştir [31].

Toprak ekosistemindeki dengeyi olumsuz etkilemeyecek düzeyde olan ağır metal miktarı, bitkiye oradan da gıda zinciri ile hayvan ve insana ulaştığında, birikim etkisi nedeni ile toksik düzeye ulaşarak hastalıklara neden olabilmektedir. Çin'de yapılan çalışmada kapatılan bir maden yatağının drene edilen suları ile kirlenen Guangdong bölgesinde bulunan 74 toprak ve orada yetişen bitkilerden (28 şeker kamışı, 30 sebze, 16 çeltik) örneklerinde ağır metallerden; Cd, Cu, Zn As ve Pb düzeyleri belirlenerek toprak ve bitki örneklerine ait sonuçlar arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; toprakların ağır metal (Cd, Cu, As) bakımından kirlenmiş olduğu,

bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonunun bitki çeşidine göre; kök, gövde ve yapraklarda biriktiği belirlenmiştir [25]. Brezilya'da, tropikal ve sıcak bölgelerde yetişen sebze ve toprak örneklerinde kadmiyum konsantrasyonları ile toprak ve bitkideki konsantrasyonları arasındaki ilişkinin belirlendiği çalışma sonucunda; Sao Paulo için topraktaki Cd konsantrasyon düzeylerinin insanlara zarar verebilecek düzeyde olduğu, tropikal bölgelerde yetişen sebzelerde Cd birikiminin sıcak bölgelerde yetişenlerden daha fazla olduğu ortaya konmuştur [28].

Madencilikte ağır metaller insan etkisi nedeni ile buldukları yerlerden çıkarılarak, toprak-su-bitki sistemi içerisinde artan miktarlarda birikebilmektedirler. Bu birikme sonucunda toprak-bitki-hayvan-insan beslenme zincirinde konsantrasyonları artarak taşınabilmektedirler [23].

Kömür madeni veya diğer endüstriyel faktörlerden kaynaklanan topraktaki ağır metal kirliliği doğum risklerine ve zararlanmalara neden olabilmektedir. Çin'de yapılan bir çalışmada kömür madeninin yoğun olarak çıkarıldığı Shanxi bölgesinde 97 köyde 2002-2004 yılları arasındaki doğum zararları ile topraklardaki ağır metal miktarları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacı ile yapılan çalışma sonucunda; arsenik, kurşun ve nikel içeren topraklar ile doğum zararları arasında kuvvetli ilişki belirlenmiştir. Ayrıca, çalışmada doza bağlı olarak kurşun ile olumlu pozitif, arsenik ile orta düzeyde pozitif ve nikel ile doza bağlı olarak negatif etki belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre; insanlarda

doğum zararı açısından arsenik ile önemli bir ilişki olduğu, nikel içeriği ile ilgili net bir ilişkinin söylenemeyeceği, bu konuda araştırmaların yapılması gerektiği belirtilmiştir [45].

Ağır Metallerin Toprakta Bulunuş Formları ve İnsan Sağlığına Etkileri

Ağır metallerin toprakta bulunan toplam miktarları yerine, bitkilere geçen miktarları ve bitkiler tarafından alınan formları önemlidir. Bu nedenle, insan sağlığını olumsuz etkileyen bazı ağır metallerin toprakta bulunuş formları ve insana ulaştıklarında sağlık üzerine olan etkilerine burada yer verilmiştir.

Küresel kirlilik faktörü olarak insan ve tüm canlı yaşamında tehlike ve risk oluşturabilen ağır metaller; maruz kalınan doz, genetik yapı, kişinin bağışıklık direnci ve genel sağlık hali, yaş, beslenme düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak, insanlarda en başta kanser olmak üzere çeşitli hastalıklara neden olabilmektedirler. Ağır metallerin canlı vücudundaki etkileri, vücutta kalma süreleri ve vücutta tutuldukları yere göre değişmektedir. Örneğin; kurşun ve civa merkezi sinir sistemine, Ne ve Ni ciğerlere, Cd böbreklere etki etmektedir. Hayvanlar üzerinde yapılan deney sonuçlarının insanlar üzerinde ne kadar güvenle uygulanabileceği konusundan da yeterli çalışma bulunmamaktadır. Örneğin, insanlarda kanser yapan arseniğin farelerde aynı etkiyi göstermediği belirlenmiştir [30].

Bazı ağır metallerin insanlarda neden oldukları semptomlar ve etkileri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı Ağır Metallerin İnsanlarda Neden Oldukları Semptomlar ve Etkileri [21].

Element	Başlangıç Semptomları	İleri Düzeydeki Semptomlar	Etkiler
Nikel	Bas ağrısı	Nefes darlığı	Taşikardi (kalsiyum difüzyonuna engel olarak)
	Bayılma	Göğüs ağrısı	Ödem
	Zafiyet	Nefes almada güçlükler	Gırtlak kanseri, akciğer kanseri, solunum yollarında negatif etkiler
	Kusma		Solunum yolu hastalıkları (zatürre), dermatitis
Çinko	Kusma	Göğüs ağrısı	Ülser (deri)
	İshal	Öksürme	Mukoz zarlarda tahriş
		Üşüme	Akciğer ödemi
		Ateş	Solunum yollarında tahribat
Bakır			Hamilelikte yüksek oranda düşüğe neden olur.
Kadmiyum	Kusma	Kimyasal zatürre	Kalsiyum bağlayıcı proteini küçük barsakta engeller.
	Mide bulantısı	Akciğer ödemi	Sindirim sisteminde birikme ile sorunlara neden olabilir.
	Karın ağrısı	Teratojen	Hücre arası geçen proteinlerin hücre zarlarından geçişini engeller.
		Kanser	Aktif transport mekanizmasıyla hücrelere taşınabilir.
			Böbreklerde tahribata neden olabilir.
			Bağışıklık sisteminde hasara neden olur (makrofaj ve antikor üretimi etkilenir).
			Kardiyak hücrelerini etkiler.
			Kan hücrelerinde hasara neden olur.
		Protein sentezini etkiler	

Ağır metallerin ekolojik sisteme ve özellikle insan vücuduna etkilerinin önemi nedeni ile, bu makalede öncelikle en yüksek yayınıma sahip olan Kurşun, toksikolojik olarak en büyük hasara yol açan Kadmiyum, yaşamsal özellik göstermesine rağmen aldığı değeri göre kanserojen etkiye sahip olan Krom ve diğer ağır metallerin toprakta bulunmaları ile insana olan etkileri hakkında bilgi verilmiştir.

Kurşun (Pb)

İnsan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşıyan kurşun, doğada organik ve inorganik halde bulunmaktadır. Kurşun; toprakta, suda havada ve günlük kullandığımız birçok maddede değişik miktarlarda bulunmaktadır. Bitki besin elementi olmayan, toprakta minerallerin yapısında ve maden alanlarında fazla miktarda bulunan kurşunun, toprağa ve atmosfere geçişi, endüstri kuruluşlarının bacalarından, taşıtların egzozlarından çıkan dumanlar, lehim, akü, boya, elektrik ve petrol sanayilerine ait atıklar ve pestisitler ile olabilmektedir. Kurşunun vücutta toksik etki yaratması için, kanda veya yumuşak dokularda belli bir düzeye kadar birikmesi gerekmektedir. Yaş, beslenme ve fizyolojik durumlar gibi birçok faktöre bağlı olarak etkisi değişimle birlikte, insanlarda kurşun birikmesi sonucu oluşan akut zehirlenmelerde, beyin hasarı ve ölüm, bebekler ve çocukların çok duyarlı olduğu kronik zehirlenme vakalarında ise, küçük yaşta kurşuna maruz kalmada zekâ geriliği, ağız ve diş hastalıklarına, öğrenme bozuklukları ve hiperaktivite ile kan basıncı yüksekliği, kronik anemi, periferik sinir hasarı görülebilmektedir. İnsan kanında kurşun miktarı arttığında, vücut fonksiyonları bozulabilmektedir. Örneğin, eritrosit sentezi bozulabilir, anemi olabilir, sistemik kan basıncı artabilir, nefropati, enselopati ortaya çıkabildiği gibi, çocuklarda ölümle bile sonuçlanabilmektedir [38, 19].

Cıva (Hg)

Cıva birçok sanayi dalında kullanıldığı için, çevresel bulaşma ve bileşiminde cıva bulunan tarım ilaçlarının sık kullanımı ile tarım ürünlerinin yapısından beslenme döngüsüne girerek etkisini göstermektedir. Cıva zehirlenmesi sonucu oluşan akut zehirlenmeler ile nörolojik bozukluklar, böbrek hasarı oluşturmakla birlikte, kronik zehirlenme sonucunda titreme, diş eti iltihabı, psikolojik değişiklikler, gebelerde düşük ya da bebekte doğumsal anomaliler gözlenebilmektedir [4].

Kadmiyum (Cd)

Ağır metal yönünden zengin ana materyal üzerinde oluşan topraklarda bu elementlerin içeriği %30-60 artabilir. Volkanik kökenli ana materyal üzerinde oluşan toprakların ağır metal içerikleri yüksek olmaktadır. Ağır metaller değişik kaynaklardan toprağa ulaşmaktadırlar. Bunun dışında, kadmiyum tarımsal topraklara fosforlu gübreler yoluyla ulaşarak bu alanlarda birikebilmektedir. Bu konuda yapılan araştırmalarda, çözülebilir fosforlu gübreler MAP (monoamonyum fosfat) ve DAP (diamonyum fosfat) tarımsal alanlarda kullanıldığında kadmiyum içeriğinin arttığı, özellikle DAP uygulanan topraklarda kadmiyum ve çinko yönünden artış belirlenmiştir [35, 16, 26, 20].

Son yıllarda artan endüstriyel faaliyetler, aşırı ve bilinçsiz yapılan kimyasal gübre ve pestisit kullanımı, atık suların su kaynaklarına karıştırılması ve sulama suyu olarak kullanılması, toprak ve suyun Cd içeriğini arttırmaktadır. Toprakta Cd birikiminin en önemli nedenlerinden biri de

toprağa karıştırılan arıtma çamurlarıdır [32].

Kadmiyum, kadmiyum kirliliğinin olduğu topraklarda yetişen bitkiler ve bu bitkilerle beslenen hayvanlardan üretilen hayvansal gıdalar ile içme sularına karışan sanayi artıkları aracılığıyla insan bünyesine ulaşabilmektedir. Uzun süreli kadmiyuma maruz kalındığında en fazla etkilenen organın böbrekler olduğu, yapılan araştırmalarda; böbrekte biriken kadmiyum konsantrasyonunun 200 mg/kg'a ulaşması durumunda, böbrek fonksiyonlarında bozulma olduğu belirlenmiştir. Akciğer ve prostat kanserlerinin oluşumunda kadmiyumun etkisi kesin olarak belirlenirken, kadmiyum fazlalığında böbrek yetmezliği, kan basıncı artması, karaciğer yetmezliği ve bazı organların kanserleri gibi birtakım hastalıklar ortaya çıkabilmektedir [41].

Nikel (Ni)

Bitki besin elementi olan Ni, bitkiler tarafından topraktan iyon formunda alınmaktadır. Nikel'in topraktaki kaynağını fosforlu gübreler (DAP, MAP) ile volkanik kökenli kayaların yapısındaki mineraller oluşturmaktadır, asit topraklarda Ni çözünürlüğü artmaktadır [5]. Ni'de ilinde patates üretimi yapılan topraklarda ağır metal kirliliğini ortaya koymak amacı ile yapılan çalışma sonucunda; Cd, Ni konsantrasyonunun sınır değerlerin üzerinde olduğu, kimyasal gübre kullanımının fazla olduğu yerlerde topraklarda meydana gelen asitleşmenin buna neden olduğu, yoğun kimyasal gübre kullanılmayan alanlarda belirlenen yüksek Ni konsantrasyonunun ise volkanik kökenli ana kayalardan kaynaklanabileceği bildirilmiştir [20].

Nikel'in insana geçişi solunum ve sindirim yolu ile olup, vücuttan nasıl atıldığı konusunda çok açık bilgiler bulunmamaktadır. Nikel'in neden olduğu kontakt dermatitis çok yaygın ve iyi bilinen bir reaksiyon olup, Nikel'in vücutta fazla alımı sonucunda akciğer fibrosisi, kalp-damar ve böbrek hastalığı yaptığı, karsinojenik aktivite ile çok ciddi ilişkisi bilinmektedir. Nikel maden ocağında, haddehanesinde ve rafinerisinde çalışan işçiler üzerinde yapılan epidemiyolojik çalışmalarda akciğer ve burun kanserlerinin insidanslarının yüksek olduğu ortaya konmuştur. Değişik hayvan modellerinde nikel bileşiklerinin verilmesi ile tümörler oluşturularak yapılan çalışma sonuçlarına göre, nikel kanserojen olarak değerlendirmiştir [42].

Bakır (Cu)

Toprakta Cu'nun kaynağı mineraller, toprak organik maddesi ve bazı pestisitlerdir. Toprakta bulunan Cu, PO_4^{2-} ve CO_3^{2-} gibi bileşikler ile bir araya geldiğinde alınamaz forma geçmesine rağmen, asit topraklarda çözünürlüğü artmaktadır. Bitki besin elementi olan Cu, bitkiler tarafından topraktan iyon formunda alınmaktadır. Bakırın düşük konsantrasyonları dahi tarımsal ürünlerde, sudaki organizmalarda ve insanda zehir etkisi yaratmaktadır [39].

Çinko (Zn)

Zn'nun topraktaki kaynağı mineraller ve organik maddedir. Toprakta bulunan Zn, PO_4^{2-} , CO_3^{2-} gibi bileşikler ile bir araya geldiğinde alınamaz forma geçmesine rağmen, asit topraklarda çözünürlüğü artmaktadır. Bitki besin elementi olan Zn, bitkiler tarafından topraktan iyon formunda alınmaktadır. Biyolojik olarak esansiyel bir element olan çinko, çok sayıda enzim sisteminde koenzim olarak rol oynar ve beslenme yolu ile vücuda geçer. Çinkonun toksikolojik belirtileri mide krampisi ve ishal şeklinde olup, deney hayvanları üzerinde kanserojenik etkisi belirlenmiştir [4].

Krom (Cr)

Bitki besin elementi olmayan, toprakta fazla miktarda bulunduğu bitkiler tarafından alınabilen Cr'un topraktaki kaynağını, mineraller ile toprağa ilave edilen Cr içeren atık ve artıklar oluşturmaktadır. İnsan sağlığı açısından önemli bir element olan Cr, fazla miktarda alındığında insanlarda hastalık nedeni olabilmektedir.

Hegzavalent krom (Cr⁺⁶), Trivalent krom (Cr⁺³)'dan daha toksiktir [3]. Biyolojik sistemlerdeki aşırı Cr⁺⁶ farklı tipte kanser oluşumuna sebep olabilir iken, stabil özellik gösteren Cr⁺³ kanserojen bir madde olarak düşünülmektedir. Cr⁺³ bileşiklerinin, günlük doz sınırları içinde alındığında insanlara veya hayvanlara zararları görülmemiştir. Cr⁺⁶ hücre içindeki elemanlara Cr⁺³ formunda bağlanarak bu elemanların fonksiyonlarına zarar verebilmektedir [17].

Alüminyum (Al)

Kayaçların yapısındaki minerallerde bulunan Al⁺³, toprakta kompleks alüminyum silikatlar halinde bulunur. Topraklarda bulunan Al⁺³ iyonu, karbonat, bikarbonat ve fosfat ile bileşik oluşturabilir. Al⁺³'ün iyon formunda veya kompleks formunda bulunması toprak reaksiyonu tarafından etkilenir, asit topraklarda Al çözünürlüğü artar. Al bitki besin elementi olmamasına rağmen, konsantrasyonunun yüksek olduğu topraklarda bitkiler tarafından alınabilir.

Vücuda girişi sindirim yolu ile olan ve sindirim sisteminden direkt kana geçen Al'un büyük kısmı, kemik ve akciğer olmak üzere çeşitli dokularda depolanmaktadır. Normal sağlıklı insanlarda alüminyum böbrek yolu ile vücut dışına atılmaktadır [4]. Endokrin bozan kimyasallar sınıflamasında ağır metallerden; Pb, Cd, As, U, ve Hg yer almaktadır [14].

Toprakta Ağır Metal Kirliliğine Neden Olan Uygulamalar

Çevresel etkilerin değişmesi, toprağın ve suyun değişik nedenlerle kirlenmesi, beslenmenin düzensizliği insanlarda bu metallerin değişik oranlarda alınmasına neden olmakta, bunun sonucunda insanda toksik etkileri ortaya çıkabilmektedir.

Toprakların ağır metal içerikleri, toprağın oluşumu sırasında üzerinde olduğu ana materyalin yapısındaki minerallerin çeşidine ve toprağa dışardan ilave edilen maddelerin bileşimindeki ağır metal çeşidi ile miktarına göre değişiklik göstermektedir. Toprakta bulunan ağır metaller iyon, şelat veya bileşik formunda bulunabilmektedirler. Ağır metallerin bulunduğu formu etkileyen önemli toprak özellikleri; toprak bünyesi, kil çeşidi, su miktarı, toprak sıcaklığı, kation değişim kapasitesi, redoks potansiyeli, toprak reaksiyonu (pH), toprağın kireç içeriği, toprağın fosfor içeriği, karbonat ve bikarbonat iyonları konsantrasyonu, besin elementleri arasındaki oran, toprağın organik madde içeriği ve organik maddenin bileşimi gibi özelliklerdir. Toprakların adsorbsiyon kapasitelerine göre az veya çok miktarda ağır metali tutması, toprakların tamponlama kapasiteleri nedeni ile olmaktadır. Tamponlama kapasitesi düşük olan kumlu ve organik madde içeriği az olan asit özellikteki topraklarda ağır metal içeriği sınır değerler üzerine daha kolay çıkabilmektedir [9].

-Üç Avrupa ülkesi ve ABD'de yapılan arazi çalışmaları sonucunda; yüksek pH, kil ve organik C içeriğinin toprakta metal toksisitesini önemli oranda azalttığı ortaya konmuştur [27].

-Ağır metal ile kirlenmiş olan suların tarımda kullanımı ile tarım topraklarında kirlilik ortaya çıkabilmektedir. Niğde İli Bor İlçesi deri endüstrisi atık sularının toprak kirliliğine etkisinin araştırıldığı çalışmada, deri endüstri atık suyu ile kirlenen sular ile sulanan toprakların ağır metal içeriğine etkisini ortaya koymak için yapılan çalışma sonucunda; Cd içeriğinin standartların altında, Zn, Cr ve Cu içeriğinin bazı yerlerde sınır değer üzerinde olduğu, bu değerlerin toprakların kireç ve fosfor içeriği tarafından etkilendiğini, kireç içeriğinin yüksek olduğu topraklarda ağır metal konsantrasyonunun düşük olduğu ortaya konmuştur [8].

-İsınma veya sanayide kullanılan bazı kömürlerde ağır metal kirliliğine neden olabilmektedir. Türkiye'de taşkömürü ve linyit kömürünün temizlenmeden, aşırı ve filtresiz kullanımı asit etkisi yanında, toprakta önemli oranda ağır metal kirliliğine neden olabilmektedir [18].

-Bitkiler kökleri vasıtası ile dışarı verdikleri salgılar ile rizosfer bölgesinin reaksiyonunu (pH) etkileyerek, bitkilerin besin elementlerini kökleri ile aldıkları yer olan rizosfer bölgesinde bulunan ağır metallerin çözünürlüklerini etkileyerek, ağır metallerin iyon veya bileşik formuna geçmesine neden olabilmektedirler. Bu durum, bitkilerin çeşit ve türlerine göre değişmekte, bazı bitkiler rizosfer bölgesinin pH'sını bazikleştirerek ağır metallerin iyon formuna geçmesine neden olurken, bazı bitkiler rizosfer bölgesinin pH'sını bazikleştirerek ağır metallerin bileşik formuna geçmesine neden olabilmektedirler. Böylece, toprak özelliklerinin yanı sıra toprakta yetişen bitkilerde ağır metallerin topraktaki alınabilirliği üzerine etkili olabilmektedir [2, 5].

-Toprak özelliklerine bağlı olarak, ağır metaller, toprakta kil mineralleri yüzeyine adsorbe olmakta, kil tabakaları arasında fikse olmakta, karbonat ve bikarbonat halinde çökelebilmekte, Fe, Al oksitler gibi oksitler içerisinde tutulabilmekte veya organik bileşikler ile şelat oluşturarak kararlı forma dönüşebilmektedirler.

Bunun dışında topraklarda yapılan yoğun kimyasal azotlu gübrenin NH₄SO₄ formu toprakların asitleşmesine neden olarak ağır metallerin alınabilirliğini artırabilmektedir [20].

Fosfatlı gübrelerde yüksek konsantrasyonlarda kadmiyum bulunduğu için, gübre uygulanan tarımsal alanlarda kadmiyumun toprağa; oradan da yetiştirilen ürünlere geçme olasılığının yüksek olduğu, gübre uygulamasının tarımsal alanlarda uygulanma süresi arttıkça toprağa ve oradan da yetiştirilen ürünlere geçen ağır metal miktarının yükseldiği bildirilmektedir [7].

Toprakta ağır metal kirliliğinin toprak ekosistemi ve insan sağlığına olan etkilerinin fark edilmesinin ardından, başlangıçta topraklarda ağır metal kirliliğini belirlemeye yönelik araştırmalar yapılmış, daha sonraları ağır metallerle kirlenen topraklarda yetişen bitkilere geçen ağır metal düzeylerini belirlemek için kirli topraklarda yetişen bitkilerde yapılan ağır metal düzeyini belirlemeye yönelik araştırmalara ağırlık verilmiştir.

Yapılan araştırma sonuçlarından elde edilen veriler doğrultusunda, bir çok ülkede toprak kirlilik düzeyini gösteren haritalar oluşturularak, kirlilik düzeyine göre bitkisel üretim planlaması, toprak yönetimi, kirliliği gidermede kullanılacak yöntemlerin belirlenmesi konusunda ilerlemeler kaydedilerek toprak kalite kriterleri oluşturulmuştur.

Çin'de yapılan çalışmalarda, toprakta yapılan ağır metal analiz sonuçları ve toprak kalite indeksleri kullanılarak belli formüller yardımı ile toprak kirlilik riski, gıda kirlilik riski,

sağlık riski ve kanser riski ile ekolojik riskler gibi veriler elde edilmiştir [40, 44, 6, 43]. İnsan sağlığının korunması açısından benzer çalışmaların ülkemizde de yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak;

Tarıma elverişli toprak miktarı fazla olmadığı için, Dünyada ve ülkemizde tehlike oluşturan ağır metallerin neden olduğu toprak kirliliğinin meydana gelmemesi için gerekli önlemlerin alınması ve oluşan kirliliği en aza indirmek halk sağlığını koruma açısından önemlidir. Bu nedenle acil önlemler alınmalıdır.

Bu önlemler;

- Sanayi ve endüstri alanında yer alan fabrikaların her türlü (katı, sıvı ve gaz) atıklarının arıtılmadan doğaya atılmalarının engellenmesi,
- Maden alanlarından çıkan atıkların titizlikle depolanması ve arıtılması,
- Araçlarda kurşunsuz benzinin kullanımının sağlanması, sanayide ve kentsel alanlardakaliteli yakıt kullanılması,
- Nükleer ve sanayi tesislerinin sağlam ve dayanıklı zeminlere yapılması, deprem bölgelerine bu tür tesislerin yapılmaması,
- Şehir çöplerinin kurulacak tesislerde işlenmesi,
- Toplumda çevre bilincinin geliştirilmesi için çalışmalar yapılması,
- Ağır metal ile kirlenmiş topraklarda yapılacak iyileştirme çalışmaları ile ağır metallerin bitkiler tarafından alınamayacak formlara dönüştürülmesi ve/veya ağır metallerle kirlenmiş topraklarda gıda olarak tüketilecek bitkilerin üretiminin yapılmaması, ağır metal kirliliği olan topraklar ile insanların temasının önüne geçilmesinin sağlanması,
- İnsan ve çevre sağlığını tehdit edebilecek uygulamaların önüne geçilebilmesi için, gerekli hukuki düzenlemelerin yapılması veya güncellenmesi, etkin kontrol mekanizmalarının oluşturulması, etkilenen alanların öncelikli olarak belirlenmesi, etkilenen alanlarda yaşayan insanlardaki etkileri belirlemek için araştırmaların yapılması,
- Toprak kirliliğinin belirlenmesi, giderimi ve yaptırımlarına ilişkin çalışmaların artırılması büyük önem taşıdığı için, başarılı bir toprak kirliliği kontrolü, öncelikle kirlenmiş alanların belirlenmesi, incelenmesi ve sınıflandırılması,
- Toprak özellikleri belirlendikten sonra toprakların kirlilik düzeyi ile kirlilik kaynağını belirten toprak haritaları oluşturulmalı, toprakların iyileştirilmesinde uygulanacak yöntem ve teknikler ile ilgili programlar oluşturulmalıdır.

Yukarıda açıklanan önlemler ve uygulamalar sağlanarak toprakta meydana gelebilecek ağır metal kirliliğinin insan sağlığına olan olumsuz etkilerinin önüne geçilebilecektir. Konu ile ilgili yapılan araştırma sonuçları ile ortaya konan bu sorunun çözümü için; toprak bilimcileri, bitki yetiştiricileri, halk sağlığı ve çevre mühendisliği konusunda çalışan araştırmacıların birlikte yapacakları çalışmaların sonuçları konunun detaylandırılması ve insan sağlığının korunması açısından yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Agget, R.J., Devis, N.T., 1983. Some Nutritional Aspect of Trace Metals. J. Inherent Metabolic Dis. 6: 22-30.
- [2] Aktaş, M., 1994. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. A.Ü.Zir.Fak.,Yayınlari:1322, Ankara
- [3] Anderson, R.A., 1987. Chromium. In Mertz,W (Ed.). Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 5th.ed. Vol.1. Academic press, Orlando, Fla.
- [4] Bakar, C., Baba, A., 2009. Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu, 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, 30 Ekim-1 Kasım, Ürgüp Bld., Kültür Merkezi, Ürgüp/ NEVŞEHİR
- [5] Brohi, AR., Aydeniz, A., Karaman, MR. 1995. Toprak Verimliliği. G.O.P.Üniv.,Zir.Fak.Yay:5 Kitaplar Serisi: 5, Tokat
- [6] Chen, H., Teng, Y., Lu, S., Wang, Y., Wang, J., 2015. Contamination Features and Health Risk of Soil Heavy Metals in China Science of the Total Environment 512-513 ,143-153
- [7] Cupit, M., Larsson, O., de Meeus, C., Eduljee, GH., Hutton, M. 2002. Assessment and Management of Risks Arising From Exposure to Cadmium in Fertilisers – II. The Science of the Total Environment, 291, 189-206.
- [8] Çelebi, H., Kara, EE., 2007. Niğde ili Bor ilçesi Tabakhanelerinden Çıkan Atıksuların Tarım Topraklarının Kirliliğine Olan Etkisinin Araştırılması. Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Kongresi. 18-20 Ekim 2007. Konya-TÜRKİYE
- [9] Çepel, N., 1997. Toprak Kirliliği, Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. TEMA (Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı) Yayınları No: 14, İstanbul.
- [10] Çobanoğlu, Z., Güler, Ç., 1997. "Toprak Kirliliği", Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 40, 1.Basım. T.C.Sağlık Bakanlığı, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [11] Demir, G., Özcan, HK., Özdemir, H., Pektaş, AO., Oruc, I., Büyükyıldız, M., 2016. Heavy Metal Concentrations of Selected Public Parks of İstanbul City. 2nd International Conference on Chemical Materials and Process (ICCMP 2016).May 11-13 Copenhagen, DENMARK Book Series:
- [12] Golden, MH., 1982. Trace Elements in Human Nutrition. Hum.Nutr. Clin.Nutr. 36(3): 185-189.
- [13] Göçmez, S., 2006. Menemen Ovası Topraklarında İz Su Kentsel Arıtma Çamuru Uygulamalarının Mikrobiyal Aktivite ve Biyomas ile Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi (Yayımlanmamış)., Bornova, İZMİR
- [14] Gökerik, M., 2012. Endokrin Bozucu Kimyasallar ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Erciyes Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Eczacılık Temel Bilimleri Anabilim Dalı Bitirme Ödevi Mayıs-2012, Kayseri.
- [15] Haktanır, K., Arcak, S., Erpul, G., Tan, A., 1995. Yol Kenarlarındaki Topraklarda Trafikten Kaynaklanan Ağır Metal Birikimi. Tr., J., of Engineering and Environmental Sciences. 19, 423-431.
- [16] Kabala, C., Singh, BR., 2001. Fractionation and Mobility of Copper, Lead, and Zinc in Soil Profiles in the Vicinity of a Copper Smelter. Journal of Environmental Quality, 30, 485-492.
- [17] Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-I, İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

- [18] Kantarcı, MD., 1992. Zararlı Maddelerin Orman Topraklarına Etkileri. *Katı Atık ve Çevre*. 8, 14-27.
- [19] Kara, E., 1999. İnsan Sağlığı ve İş Güvenliği Açısından Kurşun Metalinin Çalışanlara ve Çevreye Etkileri. (Adana il'inde egzoz gazındaki kurşun etkisinde kalan trafik polisleri ile ilgili inceleme). T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Yakın ve Orta Doğu Çalışma Eğitim Merkezi (YODÇEM). Yayın No:18.ISBN 975-455-061-1, Ankara.
- [20] Kara, EE., Pırlak, U., Özdilek, HG., 2004. Evaluation of Heavy Metals (Cd, Cu, Ni, Pb and Zn) Distribution in Sowing Regions of Potato fields in the Province of Niğde, Turkey. *Water, Air and Soil Pollution*. 153: 173-186
- [21] Kent, C., 1998. *Basics of Toxicology*. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.
- [22] Kocaer, FO., Başkaya, SH., 2003. Metallerle Kirletilmiş Toprakların Temizlenmesinde Uygulanan Teknolojiler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8(1):121-131.
- [23] Koch, D., Grupe, M., 1993. Mobility of Heavy Metals of Geogenic/Antropogenic Origin. *Mitteilungen-der-Deutschen-Bodenkundlichen-Gesellschaft*. No:72, 1, 385-388.
- [24] Latif, MT., Yong, SM., Saad, A., Mohamad, N., Baharudin, NH., Mokhtar, BB., Tahir, NM., 2013. Composition of Heavy Metals in Indoor Dust and Their Possible Exposure: A Case Study of Preschool Children in Malaysia. *Air Qual Atmos Health*. 7:181-193.
- [25] Liao, JB., Wen, ZW., Ru, X., Chen, JD., Wu, HZ., Wei, CH., 2016. Distribution and Migration Heavy Metals in Soil and Crops Affected by Acid Mine Drainage: Public Health Implications in Guangdong Province, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol:124 P:460-469.
- [26] McGowen, SL., Basta, NT., Brown, GO., 2001. Use of Diammonium Phosphate to Reduce Heavy Metal Solubility and Transport in Smelter Contaminated Soil, *Journal of Environmental Quality*, 30, 493-500.
- [27] McGrath, SP., Chaudri, AM., Giller, KE., 1994. Long-Term Effects of Land Application of Sewage Sludge Soils Microorganisms and Plants, In 15th World Congress of Soil Science, Acapulco/Mexico.
- [28] Melo, LCA., Alleoni, LRF., Swartjes, FA., 2011. Derivation of Critical Soil Cadmium Concentrations for the State of Sao Paulo, Brazil, Based on Human Health Risks. *Human and Ecological Risk Assessment*. Vol:17, Iss:5 P:1124-1141.
- [29] Mkhabela, MS., Warman, PR., 2005. The Influence of Municipal Solid Waste Compost on Yield, Soil Phosphorus Availability and Uptake by Two Vegetable Crops Grown in a Pugwash Sandy Loam Soil in Nova Scotia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106, 57-67.
- [30] Muslu, Y., 1985. Su Temini ve Çevre Sağlığı. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Müh. Böl. İTÜ Matbaası. Cilt III; İstanbul.
- [31] Neisi, A., Goudarzi, G., Babael, AA., Vosoughi, M., Hashemzadeh, H., Naimabadi, A., Mohammadi, MJ., Hashemzadeh, BÇ., 2016. Study of Heavy Metal Levels in Indoor Dust and Their Health Risk Assessment in Children of Ahvaz City Iran. *Toxin Reviews*. Vol:35 Iss:1-2 P:16-23.
- [32] Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaptan, H., 1993. Scheffer/Schachtschabel Toprak Bilimi (12.Baskı) Çeviri. P.Schachtschabel., H.P. Blume., G.Bbümmer., K.H. Hartge., U.Schwertmann. Ç.Ü.Ziraat Fak.Genel Yayın No:73, Ders Kitapları Yayın No:16, ADANA.
- [33] Praveena, SM., Abdul Mutalib, NS., Aris, AZ., 2015. Determination of Heavy Metals in Door Dust from Primary School (Sri Serdang, Malaysia): Estimation of Health Risks. *Environmental Forensics* 16: 257-263.
- [34] Sezgin, N., Ozcan, HK., Demir, G., Nemlioglu, S., Bayat, C., 2003. Determination of Heavy Metal Concentrations in Street Dusts in Istanbul E-5 Highway. *Environment International* Vol:29, 979-985.
- [35] Tok, HH., 1997. Çevre Kirliliği, Trakya Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü Yayınları, Syf.266. Tekirdağ.
- [36] Tokaloğlu, Ş., Kartal, Ş., 2006. Multivariate Analysis of the Data and Speciation of Heavy Metals in Street Dust Samples from the Organized Industrial District in Kayseri (Turkey). *Atmospheric Environment*, Vol: 40 2797-2805
- [37] Topbaş, M., Brohi, AR., Karaman, MR., 1998. Çevre Kirliliği. T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları Syf.13-37-83, Ankara.
- [38] U.S. Department of Health and Human Services. 1991. Toxicological Profile for Lead. Agency for Toxic Substances. 1-303. 1991.
- [39] Vural H. 1993. Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. *Çevre Dergisi* 1993; 8: 3-8.
- [39] Wan, D., Han, Z., Liu, D., Yang, J., 2016. Risk Assessments of Heavy Metals in House Dust from a Typical Industrial Area in Central China. *Human and Ecological Risk Assessment*. Vol:22, No:2 489-501.
- [40] Wang, Y., Liu, Y., Zhu, Y., 2012. Health Risk Assessment of Heavy Metals in Soils and Vegetables from Wastewater Irrigated Area, Beijing-Tianjin City Cluster, China *Journal of Environmental Sciences*. 24(4), 690-698.
- [41] WHO/IPCS., 1992. *Environmental Health Criteria Document 134. Cadmium*, WHO. Genova
- [42] WHO/IPCS., 1993. *Principles for Evaluating Chemical Effects on the Aged Population*, Environmental Health Criteria Document 144. IPCS, WHO, Genova
- [43] Wu, S., SiqingPeng, S., Zhang, X., Wu, D., Luo, W., Zhang, T., Zhou, S., Yang, G., Wan, H., Wu, L., 2015. Levels and Health Risk Assessments of Heavy Metals in Urban Soils in Dongguan, China *Journal of Geochemical Exploration*, 148, 71-78
- [44] Zhao, Q., Wang, Y., Cao, Y., Chen, A., Ren, M., Ge, Y., Yu, Z., Wan, S., Hu, A., Bo, Q., Ruan, L., Chen, H., Qin, S., Chen, W., Hu, C., Tao, F., Xu, D., Xue, J., Wen, L., Li, L., 2014. Potential Health Risks of Heavy Metals in Cultivated Topsoil and Grain, Including Correlations with Human Primary liver, Lung and Gastric Cancer, in Anhui Province, Eastern China. *Science of the Total Environment* 470-471, 340-347.
- [45] Zheng, XY., Pang, LH., Wu, JL., Pei, LJ., Tan, LF., Yang, C., Song, XM., 2012. Contents of Heavy Metals in Arable Soils and Birth Defect Risks in Shanxi, China: A Small Area Level Geographic Study. *Population and Environment*. Vol:33 Iss:2-3 P 259-268.