

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRAFİK KAYNAKLI AĞIR METALLERİN
ÇAM İĞNELERİNDEKİ BİRİKİMİ

Yasemin DEMİR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

GEBZE

2008

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRAFİK KAYNAKLI AĞIR METALLERİN ÇAM
İĞNELERİNDEKİ BİRİKİMİ

Yasemin DEMİR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. Enis Bülent HEKİMBAŞI

GEBZE
2008

ÖZET

Bu çalışma İstanbul şehir merkezindeki yol kenarlarındaki çam ağaçlarının ibrelerinde (*Pinus pinaster*, *Pinus nigra*), toprak ve yol tozlarında ve çimlerde ağır metal kirliliğinin belirlenmesine referans olması için yapılmıştır. Pb, Cu, Ni, Cd ve Cr konsantrasyonları Grafit fırında (GFAAS), Zn ise Alev AAS' ta ölçülmüştür.

Analizler sonucu çam ibreleri, toprak ve çimlerdeki ağır metal konsantrasyonlarının trafik kaynaklı olduğu görülmüştür.

Bu çalışmanın sonucuna göre; yol kenarlarındaki çam ibreleri, toprak yada yol tozları ve çimlerdeki Pb, Cu, Ni, Zn, Cd ve Cr konsantrasyonları sırasıyla; 11.40, 91.63, 2.72 mg/kg; 8.10, 92.96, 33.04 mg/kg; 4.17, 20.18, 2.47 mg/kg; 7.36, 262.20, 82.0 mg/kg ; 0.83, 0.47, 0.35 mg/kg; 11.58, 42.65, 1.87 mg/kg' dır.

Bu çalışma sonucunda, benzindeki kurşun katkısının özellikle 2004' ten sonra yasaklanmasının, İstanbul şehir merkezindeki otoyollarda kurşun kirliliğini azalttığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çam iğneleri, çim, yol tozu, toprak, ağır metal kirliliği,

SUMMARY

In this study, heavy metal concentrations were determined in samples of pine needles, road dust, roadside soil as well as common grass collected from metropolitan area of Istanbul. Concentrations of Pb, Cu, Ni, Zn, Cd and Cr were measured using Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer (GFAAS), whereas concentration of Zn was measured by the means of Flame Atomic Absorption Spectrophotometer.

Analyses performed in this thesis prove that the concentration of heavy metals in the pine needles, soils and grasses relations with traffic densities.

The result of the study shows that average concentrations of Pb, Cu, Ni, Zn, Cd and Cr in pine needles, road dust, roadside soil and common grasses are respectively 11.40, 91.63, 2.72 mg/kg; 8.10, 92.96, 33.04 mg/kg; 4.17, 20.18, 2.47 mg/kg; 7.36, 262.20, 82.0 mg/kg ; 0.83, 0.47, 0.35 mg/kg; 11.58, 42.65, 1.87 mg/kg.

Pb in oil has been banned since 2004. Taking this preventive measure may result decreasing of Pb pollution at the samples collected from highways sites.

Keyword: Pine needles, grass, road dust and road side soil, traffic related pollution

TEŞEKKÜR

Öncelikle bana bu tezi hazırlama imkanını veren ve bütün aşamalarında yardım ve desteğini benden esirgemeyen hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Enis Bülent HEKİMBAŞI' na teşekkürlerimi sunarım.

Yapmış olduğum çalışmayı Projem İstanbul 2007 kapsamında destekleyen, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı, Stratejik Planlama Müdürlüğü, bilgi ve lojistik desteğinden yararlandığım Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlıkları' na teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım sırasında yardım ve desteklerinden dolayı sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Salim ÖNCEL' e, maddi manevi her türlü yardımlarından dolayı çok değerli arkadaşım Ferah DEVECİ, eşim Fuat BAY ve her anlamda yardımcım ve destekçim olan aile fertlerime teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

vii

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	IV
SUMMARY	V
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	X
GRAFİKLER DİZİNİ	XI
1.GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam	1
1.2. İncelenecek Elementlerin Genel Özellikleri	4
1.2.1. Ağır Metaller ve Çevresel Etkileri	4
1.2.1.1. Kurşun (Pb)	5
1.2.1.2. Kadmiyum (Cd)	5
1.2.1.3. Krom (Cr)	6
1.2.1.4. Nikel (Ni)	7
1.2.1.5. Çinko (Zn)	7
1.2.1.6. Bakır (Cu)	8
1.3. Kimyasal Analizi Yapılan Bitkilerin Genel Özellikleri	9
1.3.1. Pinus nigra (Karaçam)' nın genel özellikleri	9
1.3.2. Pinus pinaster (Sahilçamı)' in genel özellikleri	13
2. KONUyla İLGİLİ ÇALIŞMALAR	15
3. MATERYAL VE METOD	27
3.1. Çalışma Alanı	27
3.2. Örnekleme Yapılan Yerler	29
3.2.1. Çam İğne Yapraklarının Alındığı Yerler	31
3.2.2. Toprak Örneklerinin Alındığı Yerler	34
3.3. Örneklerin Toplanması	36
3.3.1. Çam İğne Yapraklarının Toplanması	36
3.3.2. Toprak Örneklerinin Toplanması	38
3.3.3. Çim Örneklerinin Toplanması	38
3.4. Örneklerin Analize Hazırlanması	38
3.4.1. Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması	38
3.4.2. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması	41

4. SONUÇ VE YORUMLAR	43
4.1. Çam İğne Yapraklarının Analiz Sonuçları ve Yorumları	43
4.1.1. Nem İçeriği	43
4.1.2. Ağır Metal İçeriği	44
4.2. Toprak Örnekleri Analizlerinin Sonuçları ve Yorumları	50
4.2.1. Nem İçeriği	50
4.2.2. Ağır Metal İçeriği	50
4.3. Çim Örnekleri Analizlerinin Sonuçları ve Yorumları	55
4.3.1. Ağır Metal İçeriği	55
5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	72

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Pinus nigra yaprak	11
1.2. Türkiye üzerinde Pinus nigra yayılımı	11
1.3. Orta yaşlı Karaçam bitkisi	12
1.4. Yeni yetişen Karaçamlar	12
1.5. Sahil Çamı (<i>Pinus pinaster</i>)	14
1.6. Sahil Çamı sürgünü	14
3.1. Çalışma alanı yol güzergahı uydu fotoğrafı	27
3.2. Çalışma alanı yer bulduru haritası	28
3.3. Örnek alınan karaçam meşceresi	29
3.4. Çam iğne yapraklarının boom aracıyla toplanması	36
3.5. İğne yaprakların toplanması	37
3.6. İğne yaprakların toplanması	37
3.7. Yıkanan iğne yapraklar	39
3.8. Kesilmiş iğne yapraklar	39
3.9. AAS cihazı	40
3.10. AAS cihazı Auto sampler	40
3.11. AAS cihazı	40

<u>Tablolar</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Motorlu taşıtlarda bazı çalışma şartları için emisyon değerleri	3
3.1. Gün boyunca geçen araç sayısı	30
3.2. Bitki ve toprak örneklerinin alındığı yerlerdeki sensör numaraları	31
3.3. Çam iğne yapraklarının alındığı yerin lokasyon bilgileri	33
3.4. Çim örneklerinin alındığı yerler	34
3.5. Toprak Örneklerinin Alındığı Yerlerin Koordinatları	34
3.6. Toprak örneklerinin alındığı yerlerin lokasyon bilgileri	35
4.1. Yıkanmış iğne yaprakların nem içeriği	43
4.2. İğne yapraklardaki ağır metal içerikleri	44
4.3. Toprak örneklerinin nem içeriği	50
4.4. Toprak örneklerinin ağır metal içerikleri	50
4.5. Çim örneklerinin ağır metal içerikleri	55

<u>Grafikler</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 İğne yapraklarda Pb analizi sonuçları (mg/kg)	47
4.2 İğne yapraklarda Cu analizi sonuçları (mg/kg)	47
4.3 İğne yapraklarda Ni analizi sonuçları (mg/kg)	48
4.4 İğne yapraklarda Zn analizi sonuçları (mg/kg)	48
4.5 İğne yapraklarda Cd analizi sonuçları (mg/kg)	49
4.6 İğne yapraklarda Cr analizi sonuçları (mg/kg)	49
4.7 Toprak örneklerinde Pb analizi sonuçları (mg/kg)	52
4.8 Toprak örneklerinde Cu analizi sonuçları (mg/kg)	52
4.9 Toprak örneklerinde Ni analizi sonuçları (mg/kg)	53
4.10 Toprak örneklerinde Zn analizi sonuçları (mg/kg)	53
4.11 Toprak örneklerinde Cd analizi sonuçları (mg/kg)	54
4.12 Toprak örneklerinde Cr analizi sonuçları (mg/kg)	54
4.13 Çim örneklerinde Pb analizi sonuçları (mg/kg)	58
4.14 Çim örneklerinde Cu analizi sonuçları (mg/kg)	58
4.15 Çim örneklerinde Ni analizi sonuçları (mg/kg)	59
4.16 Çim örneklerinde Zn analizi sonuçları (mg/kg)	59
4.17 Çim örneklerinde Cd analizi sonuçları (mg/kg)	60
4.18 Çim örneklerinde Cr analizi sonuçları (mg/kg)	60

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Dünya nüfusundaki artış, yaşam standartlarının yükselmesi ve teknolojik gelişmelerin artması nedeniyle çevre kirliliği problemleri yaşadığımız çağda artmıştır. Eski çağlarda da çevre ve insan sağlığını olumsuz etkileyen çevre kirlenmesi, günümüzde endüstrinin gelişmesi ve kirleticilerin çeşidinin farklılaşması sonucu tehdit edici unsur halini almıştır.

Fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm^3 ten daha yüksek olan metaller, ağır metal olarak adlandırılırlar.

Ağır metaller, ekolojik sistemde doğal çevrimlerden dolayı değil, insan aktiviteleri sonucu kirlilik oluşturmurlar.

Yıllık olarak doğal çevrimler sonucu

- 7.600 ton kadmiyum,
- 18.800 ton arsenik,
- 3.600 ton cıva
- 332.000 ton kurşun atmosfere atılmakta iken,

insan aktiviteleri sonucu deşarj edilen miktarlar ise

- Selenyum (19 kat),
- Kadmiyum (8 kat),
- Cıva, kurşun, kalay (6 kat),
- Arsenik, nikel ve krom (3 kat) daha fazladır (Rether, 2002) [1].

Ağır metal birikimlerine yönelik çalışmalar Avrupa ülkelerinde uzun vadede hava kirleticilerinin birleşik etkilerinin saptanmasına yönelik EMEP programları ile gerçekleştirilmektedir. 1998 yılında ağır metal emisyonlarının kontrol altına alınması amacıyla UN-ECE protokolü imzalanmıştır. Bu protokole göre kurşun ve kadmiyum birinci derece kirletici metaller olarak tanımlanmışlardır.

Ağır metal emisyonu oluşturan kirletici unsurlardan biri de motorlu taşıt trafiğidir. Motorlu taşıt emisyonlarının ana kaynağı egzoz sistemi olmakla birlikte, yakıt tankı (%5-7), karbüratör (%5-10) ve karter havalandırması da (%18-22) önemli yer tutar. Motorların işletme şartları emisyon oluşumunda önemlidir. Rölanti ve hızlanma şartları emisyon oluşumunda oldukça etkilidir. Seyir ve yavaşlama aşamalarında egzoz emisyonlarındaki değerler Tablo-1’ de görülmektedir (Dülgeroğlu A.) [2].

Tablo 1.1. Motorlu taşıtlarda bazı çalışma şartları için emisyon değerleri (Dülgeroğlu A., <http://www.trafik.gov.tr/icerik/bildiriler/A1-80.doc>, 2008) [2].

Bileşen, hacimce %	Rölanti Benzinli	Rölanti Dizel	Kısmi yük Benzinli	Kısmi yük Dizel	Tam yük Benzinli	Tam yük Dizel
Hidrokarbon	0.01-0.05	0.005-0.06	0.01-0.02	0.01-0.035	0.01-0.3	0.02-0.06
Karbonmonoksit, CO	2.4-5	0.01-0.045	0.2-1	0.1-0.06	2-5	0.035-0.2
Karbondioksit, CO ₂	10-13	3.5	13.5-14	6.5	11-13	12
Azotoksitler, NO _x	0.005-0.03	0.005-0.025	0.25-0.35	0.25-0.080	0.15-0.45	0.06-0.15
Kükürtoksitler, SO _x	-	-	-	-	0.343	3.496
Aldehit, HCHO	-	-	-	-	0.152	0.921
Hidrojen, H ₂	1.5	-	0.5	-	0.1-0.5	-
Oksijen, O ₂	1-1.5	16	1.5-2.5	14	0.3-0.5	10
Azot, N ₂	geri kalan	geri kalan	geri kalan	geri kalan	geri kalan	geri kalan
Kurşun bileşikler (mg/m³)	50	-	40	-	50	-
Partikül madde (kg/ton)	-	-	-	-	1.96	16.19
Egzoz supabı çıkışında gaz sıcaklığı	200-250	550-650	550-650	250-550	750-850	550-750

Motor endüstrisinin gelişmesiyle benzinli motorlardaki zorluklar aşılmış ancak tüm bu iyileştirmelere karşın gelişmiş kentlerde trafik emisyonları azalmamış artan araç sayısına bağlı olarak artmıştır. 2004 yılından itibaren ülkemizde üretilen benzinlerde kurşun katkısı bulunmamaktadır. Başta İstanbul ili olmak üzere ülkemizde de yoğun olarak kullanılan kurşunlu benzin hava kirliliğini oldukça artırmaktadır.

Egzoz emisyonları yukarıda sayılan sebeplerden dolayı insan sağlığı üzerinde kronik olabilecek etkilere sahiptir. Meydana getireceği tehlikelerden dolayı hava kirliliğinin büyük oranını oluşturan trafik kaynaklı kirlilik müdahale edilmesi gereken en önemli sorunlardandır.

Bu çalışmanın amacı; trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin belirlenmesidir. Çalışma kapsamında İstanbul ili Sarıyer ilçesi Büyükdere Caddesinde yol kenarında yayılış gösteren *Pinus nigra* ve *Pinus pinaster* iğne yapraklarında ve topraktaki Pb, Cd, Zn, Ni, Cu, Cr konsantrasyonları tespit edilerek dur-kalk trafikten kaynaklanan kirlilik saptanmaya çalışılmıştır. Ayrıca E-5 ve TEM otoyollarındaki 10 farklı noktadan alınan çim biçme atıklarında trafik kaynaklı ağır metal konsantrasyonları tespit edilerek bu atıkların kompost olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

1. 2. İncelenecek Elementlerin Genel Özellikleri

1.2.1. Ağır Metaller ve Çevresel Etkileri

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. Buna karşın yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler (Duffus ve Worth, 1996) [3].

Yakın tarihe ait ağır metal emisyonlarının tespitinde, kök sistemi bulunmayan ve besin ihtiyaçlarını direkt olarak atmosferden karşılayan (İlkel (primitive) bitkiler) yosunlar ve yonca yaprakları kullanılmaktadır. Bununla birlikte yüksek bitkiler taşınım sistemlerine sahip olduğu ve çok yıllık bitkiler oldukları için ağır metal birikimlerinin her iki türde de anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu anlaşılmıştır (Kahvecioğlu, 2004) [7].

1.2.1.1. Kurşun (Pb)

İnsan aktiviteleri sonucu ekolojik sisteme zarar veren ilk metal kurşundur. Atmosfere metal veya bileşik olarak yayılan kurşun toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. 1920' li yıllarda kurşun bileşikleri (kurşuntetraetil $Pb(C_2H_5)_4$) benzine ilave edilmeye başlandığı için motorlu taşıt trafiği kurşunun ekolojik sisteme yayınımda önemli rolü oynamaktadır (227.250 ton/yıl ABD). Günümüzde kurşunsuz benzin kullanımı ile kurşun emisyonu azalmış olmasına rağmen kurşunsuz benzin bileşimindeki kurşunun, birincil metallerin üretim aşamasından atmosfere yayınımları devam etmektedir. Türkiye' de 2004 yılından itibaren benzinde kurşun katkısı bulunmamaktadır.

İnsan vücudunda ortalama 125-200 mg civarında bulunan kurşun, insan vücudunun normal fonksiyonları sonucu günde 1-2 mg kadar atılabilir. Dünya sağlık örgütü sınıflandırmasına göre (1995) kurşun 2. sınıf kanserojen gruptadır [4].

Beslenme zincirinde yer alan bitkilerden kurşun alınımı söz konusu değildir (Rether, 2002) [1]. Besin zincirinde kurşun yayınımları genellikle midye türü kalsiyumlu kabuklular üzerinden ve kalsiyuma bağlı olarak gerçekleşir [4].

1.2.1.2.Kadmiyum (Cd)

Havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmayan kadmiyum, günümüzde çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasında yerini almıştır. İnsan yaşamını etkileyen önemli kadmiyum kaynakları; sigara dumanı,

rafine edilmiş yiyecek maddeleri, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, tohum aşamasında kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır (Kahvecioğlu, 2004) [7].

Doğada yayılım hızı yüksek olan kadmiyum diğer ağır metaller içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan ve insan yaşamı için gerekli olmayan elementlerdendir. Suda çözünabilir özelliğinden dolayı Cd^{2+} halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlere alınır ve birikir (Kahvecioğlu, 2004) [7].

Bitkiler açısından inceleyecek olursak kadmiyum, biyolojik olarak gerekli olmayan ve bitkiler üzerinde son derece zehirli olabilen bir elementtir. Bunun temel nedeni, enzim aktivitelerini alt üst etmesidir (Kahvecioğlu, 2004) [7].

Cd yaprak sistemi yoluyla bitkiye girse bile, büyük bir kısmının köklerde biriktiği, bitkilerin protein içeren kısımlarında toplandığı bilinmektedir. Bitkilerin içerdiği Cd miktarında yükselme, bitkinin gelişmesinde yavaşlama, köklerde zarar, yapraklarda sarılık, şekline belirli semptomlara neden olur (Kahvecioğlu, 2004) [7].

1.2.1.3. Krom (Cr)

Doğada her yerde bulunan bir metal olan Krom, havada $>0.1 \mu g/m^3$ ve kirlenmemiş suda ortalama $1 \mu g/L$ seviyesinde bulunur (<http://www.inchem.org>, Trace Elements in Human Nutrition And Health” World Health Organization Geneva 1996) [5].

İnsan vücuduna günlük krom alımı (tüm değerliklerde) ortalama $30-200 \mu g'$ dır. Bu oranda alınan krom yetişkin bir insanda günlük krom ihtiyacını karşılar ve toksik bir etkisi yoktur. Günde $250 \mu g'$ a kadar alınan krom vücut sağlığına zarar vermez (<http://www.inchem.org>, Trace Elements in Human Nutrition And Health” World Health Organization Geneva 1996) [5].

Hegzavalent krom (Cr^{6+}), Trivalent krom (Cr^{3+})’ dan daha toksiktir (Mertz, 1987) [6]. Biyolojik sistemlerdeki aşırı Cr^{6+} farklı tipte kanser oluşumuna sebep

olmaktadır. Stabil özellik gösteren Cr^{3+} kanserojen bir madde olarak düşünülmemektedir. Cr^{3+} bileşiklerinin, günlük doz sınırları içinde alındığında insanlara veya hayvanlara zararları görülmemiştir. Cr^{6+} hücre içindeki öğelere Cr^{3+} gibi bağlanarak bu öğelerin fonksiyonlarına zarar verir (Kahvecioğlu, 2004) [7].

1.2.1.4. Nikel (Ni)

Toprakta eser element olarak bulunan ve çoğunlukla sülfat ve oksitler halinde olan nikelin yeryüzünde bulunma sıklığı 24. sıradadır. Doğal yayılımı yanında insan aktivitelerine bağlı olarak doğada bulunmaktadır. Nikel yakıtların yanması, madencilik ve rafinerasyon işlemleri ve kentsel atıkların küllleştirilmesi ile atmosfere yayılmaktadır. Bunun yanı sıra kanalizasyon çamuru karışmış toprakta ve sigarada (0-0.51 $\mu\text{g}/\text{sigara}$) bulunmaktadır. Nikelin bilinen biyolojik fonksiyonu olmamakla birlikte orta seviyede zehirleyici özelliği vardır. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir (Kartal, 2004) [8].

Bazı bitki türleri için belli bir doz aşımında (0,18-5 ppm) zehirleyici olan nikel, bazı bitki türleri örneğin; baklagiller için ise yararlı bir elementtir (Habashi, 1997) [9]. Nikelin toksikolojik etkileri; kanserojen etki, solunum sistemine etki ve dermatolojik (alerjik) etki olmak üzere başlıca 3 grupta incelenebilir (Emre, 2000) [10].

Besinlerin günlük 150 μg ' dan az nikel içermesi tavsiye edilmektedir (WHO, 1996).

1.2.1.5. Çinko (Zn)

Yeryüzündeki ortalama konsantrasyonu 70 ppm olan çinko, miktar olarak en çok üretilen 3. renkli metaldir (Küchler, ve Verlag, 1986; Habashi, 1997 [11], [9]).

Çinko insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir (günlük doz 10-20 mg). Çinko gelişme, deri

bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık sistemi, yara iyileşmesi, karbohidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi gibi çeşitli metabolik prosesler için gereklidir (WHO, 1996). Fizyolojik miktarlardaki çinko Cd, Hg, Pb ve Sn gibi diğer ağır metal iyonlarının zehirleyici etkilerini azaltmaktadır (Habashi, 1997) [9].

Çinkonun bitki tarafından alınışı toprak içindeki konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Bitkilerde çinkonun yaşlı yapraklarda toplandığı bilinmektedir. 10-20 mg/kg Zn miktarı bitki için mineral eksikliği yaratırken, 100-400 mg/kg ise toksik kabul edilmektedir (Bayçu, 2006) [12] .

Zn eksikliği belirtileri, bitkinin önce genç yapraklarında ortaya çıkar. Ağaçlarda bunu, uç tomurcukların normal gelişmemesi, yaprakların küçülmeleri, genç yapraklarda sarılık ve bitki gelişiminde bozukluk izler (Bayçu, 2006) [12].

1.2.1.6. Bakır (Cu)

Doğada 200' den fazla minerali bulunan bakır, mekanik özellikleri alaşımlandırma yolu ile artırılarak kullanılmıştır.

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 (Merian, 2001) [13].

Endüstriyel kirlenmemiş bölgelerdeki deniz suyundaki bakır konsantrasyonu 0.15 µg/l ve tatlı suda ise 1-20 µg/l' dir. Kirlenmemiş toprakta bakır konsantrasyonu ortalama 30 mg/kg (sınır değeri 2-250 mg/kg) seviyelerindedir (Kartal, 2004) [8].

Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal yapısına ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapıları canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir (Kartal, 2004) [8] .

Bakır doğada pek çok sebze ve meyvede bulunur. 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.

Bitkilerde bakır klorofil oluşumunda fotosentez olayında etkilidir. Kök dokularında Cu hemen hemen kompleks formlarda bulunur. Cu, bitkilerin gelişmeleri üzerinde önemli bir rol oynar. Bitki bünyesinde bakır metalinin çoğu kökte ve yaprak dokularında kalır. Sadece az bir kısmı genç organlara geçer (Bayçu, 2006) [12].

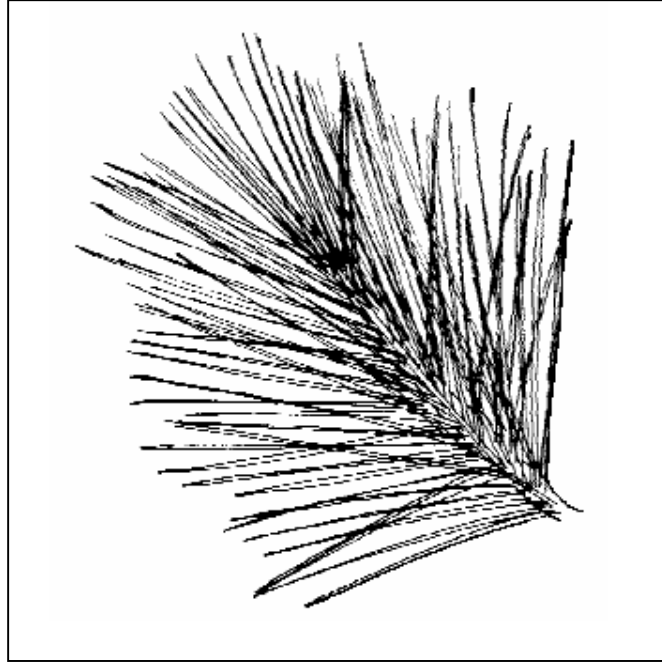
1.3. Kimyasal Analizi Yapılan Bitkilerin Genel Özellikleri

1.3.1. *Pinus nigra* (Karaçam)' nın genel özellikleri

Bilimsel Adı	: <i>Pinus nigra</i>
Bilinen Adları	: Avusturya Çamı, Kara Çam
Familiya	: <i>Pinaceae</i>
Kullanım Alanları	: Ağaç işleri, kereste imalatı, rekreasyon alanları yeşillendirilmesi, hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde mevcut emisyonların tutulmasının sağlanması amacıyla üretim ve dikim
Uyum	: Genellikle dikildiği her bölgenin özelliklerine uyarak büyümesini ve tohum üretmeyi devamlı kılar.
Boy	: 12-18 m
Tepe Çapı	: 6-12 m
Yapısal Özellikler	: Simetrik yapılı kozalaklar ve türe özgü yapıdaki tohum birimleri
Kozalak Şekli	: Oval ve Piramit
Kozalak Yoğunluğu	: Ortalama değer
Üreme Hızı	: Ortalama
Kök Yapısı	: Kökler genellikle toprağa dik ve paralel yapıdadır.

- Ozon Duyarlılığı** : Tolere edilebilir niteliktedir.
- Pest Duyarlılığı** : İlaçlamaya karşı son derece duyarlı bir yapısı vardır. Bununla birlikte ilaç etkilenmesi sonucu bitki yapısında sağlıksal ve estetiksel bozunmalar görülebilmektedir.

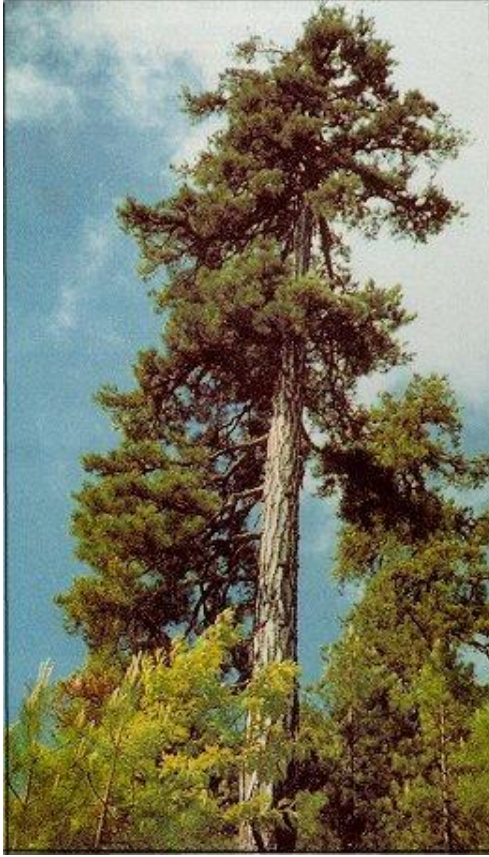
Karaçam, orta hızla büyüyen ve arazide genel dağılım yapısı gösteren bir çam türüdür. Türün yaşça büyük ağaçlarının boyları diğerlerine nispeten daha büyük ve yapraksız olur. Koyu yeşil yaprakları (Şekil 1.1) sebebiyle bilimsel literatürde Kara Çam olarak da bilinir. Ağacın kozalakları piramit yapılı olup, yaşça eski ağaçlarda yılın belirli dönemlerinde sıklıkla görülmektedir. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ülkemizin doğal çam türleri arasında en yaygın ve ekonomik açıdan da en önemli türlerinden biridir. Ülkemiz ormanlarının bulunduğu tüm coğrafik bölgelerde % 16' lık alanda doğal yayılışa sahip olan (Şekil 1.2) Karaçam, ağaçlandırma çalışmalarında en çok kullanılan ikinci türdür (Anonim, 2001) (Şekil 1.3 ve 1.4).



Şekil 1.1. *Pinus nigra* yaprak



Şekil 1.2. Türkiye üzerinde *Pinus nigra* yayılımı



Şekil 1.3. Orta yaşlı Karaçam bitkisi



Şekil 1.4. Yeni yetişen Karaçamlar

Karaçam kurak ve verimsiz sahaları yeniden ormanlaştırma çalışmalarında stepe en fazla giren tür olması nedeniyle, en çok tercih edilen çam türlerimizden biridir. Ülkemizde 1994 yılı sonuna kadar 400.000 hektar karaçam ağaçlandırması yapılmış olup, bu toplam yapılan ağaçlandırma alanlarının % 34'ünü teşkil etmektedir.

1.3.2. *Pinus pinaster* (Sahilçamı)' in genel özellikleri

Bilimsel sınıflandırma

Alem	: Plantae
Bölüm	: <u>Pinophyta</u>
Sınıf	: <u>Pinopsida</u>
Takım	: <u>Pinales</u>
Familiya	: <u>Pinaceae</u>
Cins	: <u><i>Pinus</i></u>
Tür	: <i>P. pinaster</i>

Fransa ve Atlantik kıyılarında, Yunanistan' ın Ege kıyılarına kadar olan sahillerde yayılış gösterir. 30 m boy, 2 m çap yapabilir. Gençken piramit formulu, yaşlı iken dağınık taçlıdır. Dallar bol, yana ve aşağı yönelmiştir. İğne yaprakları ikili, parlak yeşil 10-20 cm uzunlukta sert, batıcı ve sürgün uçlarında sık demetler halindedir. Kozalakları kısa saplı, geniş yumurta biçiminde ucu sivri 10-20 cm uzunlukta, 5-8 cm genişlikte, ince kırmızı, sonra yeşil, olgun halde açık kahverengidir. Genellikle 2-6 tanesi bir arada, uçları aşağı meyillidir. Odunu bol reçinelidir (Şekil 1.5 ve 1.6).



Şekil 1.5. Sahil Çamı (*Pinus pinaster*)



Şekil 1.6. Sahil Çamı sürgünü

Ekolojik özellikleri : Toprak yönünden tok gözlü bir bitki olup kumullarda da yetişebilir. Gençken hızlı büyür. Yüksek nisbi neme ihtiyaç duymaz. Ancak soğuk ve sert kara iklimi olan yerlerde yetiştirilemez. Çok kötü şartlarda çalimsı gelişme gösterir.

2. KONUYLA İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Tüm dünyada gelişen teknoloji ve sanayinin olumsuz etkilerinden biride çevre kirliliğidir. Antropojen etkilerle meydana gelen trafik kaynaklı ağır metal kirliliği özellikle kurşun kirliliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Konuyla ilgili yapılmış çalışmaların bazıları aşağıda vurgulanmıştır.

Miko ve diğerlerinin 1992' de Zagreb' te yaptıkları bir çalışmada, Zagreb' in bir kenar mahallesinde ve otoyol kenarında havadaki Pb konsantrasyonu $1,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$, trafiğin yoğun olduğu bir güzergahta ise Pb konsantrasyonu $3,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ten fazla bulunmuştur [14].

Goyal ve diğerlerinin 1995' de Hindistan da yaptığı çalışmada Delhi' de araç trafiği nedeniyle oluşan Pb kirliliğine karşı yönetim ve davranış geliştirilmesi irdelenmiştir. Bölgede 13 işlek kavşakta Pb değerleri incelenerek, sonuçlar değerlendirilmiş ve buna göre iki model üzerinde çalışılmıştır. Bu modellere göre gelecek 10 yıl içerisinde araç trafiğinden gelecek Pb değerleri önceden tahmin edilmiştir. Sonuç olarak Delhi' deki trafik yoğunluğunun Pb değerlerini arttırma eğiliminde olduğu görülmüş, bu değerler bazen EPA standartlarını aşmıştır [15].

Maiz ve diğerlerinin San Sebastián, İspanya' da 1996 yılında yaptığı çalışmada iki sıralı çıkarım yöntemi kullanılarak kirlenilmiş topraklardaki ağır metal durumu ölçülmüştür. Çalışmada İspanya' nın kuzeyindeki Gipuzkoa' da aynı antropojenik kaynaklardan etkilenen 13 yerden yüzeysel toprak ve çim numunesi alınmıştır. Çalışmaya konu olan hareketli ve fazla kararsız metal fraksiyonları, 2 basamaklı, kısa ardışık bir yöntemle ölçülmüş, sonuçlardan Cd, Cu, Zn, Pb' nin kararsızlık potansiyeli terimi sonucuna varılmıştır. Tessier sıralı yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlarla metallerin kararsızlık seviyeleri karşılaştırılmıştır. Hem toprak ve çimde toplam metal içeriği arasındaki ilişki kontrol edilirken hem de çimde farklı sıralı fraksiyonlar ve toplam metal seviyesi tespit edilirken faktör analizi kullanılmıştır. Kirlenilmiş toprak-bitki sistemlerinde yapılan bu çalışmada metallerin çimde saptanan toplam içerikleri Cd, Cu, Zn kararsızlık seviyeleriyle ilişkilendirilmiştir [16].

Das ve diğerlerinin Hindistan’ da 1997 yılında yapmış oldukları çalışmada kadmiyum toksisitesinin bitkilerdeki ekolojik, fizyolojik ve biyokimyasal etkisi incelenmiştir. Bitkilerdeki kadmiyum toksisitesi ve toleransına ilişkin problemler, ekolojik performans kısaca incelenmiştir. Çeşitli bitki gruplarını kapsayan mikro ve makro floranın duyarlılıkları karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada metal konsantrasyonunun ekolojik öneminin değerlendirilmesiyle bir çok bilim dalı çalışmalarına yardımcı olunabilir. Çalışmaya göre bitkilerde kadmiyum toksisitesinin temizlenebilirliğinin araştırılması yerine, eser yada eser olmayan esas toksik iyonların çevresel faktörlerle etkileşimlerini karmaşık sonuçları araştırılmalıdır. Fitotoksik mekanizmalar farklı bitki türlerinde biyokimyasal seyir farklılığı içerirler. Farklı türlerin Cd toksisite toleransı, membranlarının fonksiyon ve yapılarına göre farklılıklar içerir. Çalışmadaki diğer umut verici yaklaşım ise metal toksisite toleransı ve duyarlı bitki genotipleri içeriğinin belirlenerek çeşitli bitki bölümlerindeki metal bileşiklerinin, organik ve inorganik aminoasitlerin tür ve seviyelerinin, enzim form ve seviyelerinin ve iyon ve moleküllerle kök permabilitesinin değişiminin incelenmesidir [17].

1999 yılında Nyamangara ve Mzezewa tarafından Zimbabwe’ de yapılan bir çalışmada mera çimlerinin altındaki killi balçıklı toprakta Zn, Cu, Ni ve Pb seviyelerinin, araziye arıtma çamuru serildiğinde (long-term sewage sludge) değişimini incelemişlerdir. Bu çalışmaya göre; lağım çamurları bitkilerin gelişmeleri için besin sağlamalarına rağmen, uzun periyotlarda kullanılmaları ağır metallerin çevreye zarar veren düzeylerde birikmelerine neden olabilir. Çalışmada Zimbabwe’ de 19 yıldan fazladır arıtma çamuruyla toprakların iyileştirilmesinde, Gleyic Lixisol’ de Zn, Cu, Ni ve Pb EDTA-özünün konsantrasyonunun belirlenmesi incelenmiştir. Toprak profilleri kazılarak alınan örneklerde, metal analizinde İndükleyici-Çift Plazma Atomik Emisyon Spektrofotometre (ICP-AES) kullanılmış, arıtma çamurunun ilavesiyle 0-15 cm toprağın üzerinde bu 4 metalin konsantrasyonunda önemli artış olduğu görülmüştür. İşlenmiş toprak derinliğinin de bu konuda etkili olduğu görülmüştür. Zn konsantrasyonu 0-5 cm toprağın üzerinde 196 mg kg^{-1} ’den 15-20 cm’ lik toprak horizonunda 5 mg kg^{-1} e kadar azalırken Cu, Ni ve Pb sırasıyla 43’ ten 11’ e, 23’ ten 9’ a ve 53’ ten 19 mg kg^{-1} ’e azalmıştır. Sonuç olarak; işlem görmüş çamurlardaki yüksek EDTA-özlü metal konsantrasyonları toprak üzerine sulu çamurun yayılması sürecinde oluşmuş ve toprak üzerinde bu metallerin

birikmesi organik materyallerle metallerin etkileşimi süreciyle oluşabileceği düşünülmüştür [18].

Artırılmış lağım çamuru ile toprak yüzeyindeki EDTA Zn, Cu, Ni ve Pb içeriği karşılaştırıldığında toprak yüzeyinde önemli oranda artış görülmüştür. Toprak üzerindeki yüksek metal konsantrasyonu toprak altı ile karşılaştırıldığında, yüksek toprak pH'ının sebebinin, organik materyaller ile metallerin etkileşiminden olabileceği görüşüne varılmıştır.

1999 yılında Dimopoulos I. ve diğerleri bu konuyla alakalı bir modelleme çalışması yapmışlardır. Atina şehrinde yapılan çalışmada çimlerdeki kurşun konsantrasyonu ile uygulanan model arasındaki ilişkiler araştırıldı. Çalışmanın amacı kolaylıkla ölçülebilen şehir parametreleri kullanılarak çimlerdeki kurşun konsantrasyonunun ölçümü için bir model önermektir. Şehir parametrelerinden 6 tanımı dikkate alınmıştır; vejetasyon yoğunluğu, vejetasyon boyu, rüzgar hızı, binaların yüksekliği, yakın cadde mesafesi, trafik yükü. Kurşun konsantrasyonu Atina şehrinin 30 farklı bölgesinden toplanan bir çim türü olan *Cynodon dactylon* (Bermuda çim) ile belirlendi. Önerilen model çok kademeli MLP (multilayer perceptron) modelidir. Önceden tahmin edici özellikteki bu model iki çaprazlama model tarafından değerlendirilmiştir. Modelin yetenekleri 0,91 den yüksek bir korelasyon katsayısıyla tespit edilmiştir. Çalışmanın birinci bölümü MLP çıktılarından türetilmiştir. Sonuçlar kurşun konsantrasyonundaki azalma etkisiyle çevresel tanımların sınıflandırılmasını sağlar. Bunlar; komşu caddelere uzaklık, trafik yoğunluğu, vejetasyon miktarı, rüzgar hızı, bina yüksekliği ve vejetasyon boyu [19].

Yine 2000 yılında Garcia, Maiz ve Millan tarafından İspanya Gipuzkoa' da yapılan bir çalışmada yol toprakları ve çimlerde ağır metal kirliliği analizleri yapılmıştır. Trafik yükü altındaki yollara yakın farklı yerlerden toplanan yüzeysel toprak örnekleri ve çimler analiz edilmiştir. Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metalleri Atomik Absorpsiyon Spektrometreyle belirlenmiştir. En yüksek değerlere sahip nokta A-8 otoyolunun yakınında saptanmıştır. Buradaki Zn, Pb ve Cu seviyelerinin topraktaki kritik konsantrasyon seviyelerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmada topraktaki Cd, Cu, Pb ve Zn' nin yüksek ölçüdeki korelasyonlarıyla toplam birikimleri arasındaki bağlantı bulunmuştur. Ayrıca bu

metallerin çimlerdeki içerikleri saptanmıştır. Faktör analizi uygulanarak bulunan ağır metal sonuçları ve Cd, Pb, Zn seviyeleri arasındaki ilişki sonucunda kirlilik kaynağının aynı orjinli olduğu yani motorlu araç trafiği kaynaklı olduğu görülmüştür [20].

Sezgin ve diğerlerinin İstanbul’ da 2002 yılında E-5 karayolu Avcılar-Topkapı arasındaki 18 km’ lik kesiminde yapmış oldukları çalışmada yollardan alınan yol tozu örneklerinde Pb, Cu, Mn, Zn, Cd ve Ni konsantrasyonları ölçülmüştür. Çalışma sonucu kurşun kirliliğinin yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak ise 21. yy.da kurşunun benzinde performans artırıcı olarak kullanılması gösterilmiştir [21].

Norveç’ te Hol ve diğerlerinin 2002 yılında yaptığı bir çalışmada trafik kaynaklı kurşun emisyonlarının çevre açısından tehlike oluşturduğu saptanmıştır. 1973’ ten itibaren benzindeki kurşun içeriğinin azalması ile yol kenarlarında trafik yoğunluğuna bağlı olarak oluşan kurşun kirliliği de azalmış, konsantrasyonlar düşmüştür. 1973’ te oluşan emisyon miktarı 688 ton iken 1989’ da 172 ton olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak Norveç Bergen’ de yol kenarlarındaki Pb kirliliğinin ana kaynağının araç trafiği olduğu ileri sürülmüştür. Yapılan analiz sonuçları göstermiştir ki; yol kenarlarındaki kurşun kirliliği değerlerinin trafik yoğunluğu ile doğru orantılı bir ilişkisi vardır. Ancak yoldan uzaklaştıkça bu ilişki azalmış ve Pb değerleri düşmüştür.

Madyiwa ve diğerleri tarafından 2002 yılında Zimbabwe’ de kumlu toprakta yetiştirilen karışım çimlerinin üzerinde lağım arıtma çamuru ve çıkış suyunun birikmeye etkileri üzerine çalışma yapılmıştır. Lağım çıkış suları ve çamurları (işlem görmüş atık çamurları), bitkilerin büyümesi için besin sağlamalarına rağmen bunların devamlı kullanımları toprakta ve çimlerde ağır metal birikimine ve besin zincirine zarar verir. Bu çalışma 2001 de Firle Farm’ da yapılmış ve Harare Büyükşehir Belediye’ si tarafından desteklenmiştir. Ağır metalleri tayin etmek için *Cynodon nlemfuensis* (Yıldız çimi) ve *Pennisetum clandestinum* Chiov (Kikuyu çimi) karışımından oluşturulan, kumlu topraktaki çim alanda çıkış suları ve lağım çamurları uygulanmıştır. Toprak ve çim örnekleri 3 ha’ lık sulama yapılmayan ve 1.3 ha’ lık sulama yapılan çalışma alanından alınmıştır. Toprak ve çim örneklerinin her ikisinde Cu, Zn, Ni ve Pb analizleri atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazında

yapılmış ve özellikle lağım çamuru ile sulanan alanındaki 20 cm' lik toprak horizonu, kontrol alanındaki toprakla karşılaştırıldığında yüksek düzeyde toprak kirliliği tespit edilmiştir. Çimler Cu, Zn ve Pb' yi yeterli düzeyde almış ve fazlasını sınırlamıştır. Sulanan topraklarda yüksek miktarda bulunmasına rağmen nikel çimlerde bulunamamıştır. 12mg/kg olarak bulunan Bakır toksik potansiyelinden birkaç kat daha fazladır [22].

Çalışmadaki sonuçlar, Firle Farm' ın kumlu topraklarında biriken ağır metaller, özellikle de Zn ve Cu' nun kabul edilebilir güvenli limitlerin üstünde olduğunu ve çıkış atıklarıyla işlem görmüş topraklarda ve lağım çamurlarında ağır metal birikmesinin organik maddeler tarafından kontrol edildiğini göstermiştir. Bununla birlikte kontrol bölgesinde ki metal konsantrasyonu ana materyale (ana kaya) kadar kontrol edilmiştir. Sonuçta; toksik etkili ağır metallerin çimlerde birikmesinin ötesinde çimler hala sağlıklı görünüyor ve iyi büyüyor. Sağlıklı görünen çimlerle beslenen sığırların etlerinde çok yüksek konsantrasyonda ağır metal birikiyor. Buna ilave olarak ta gerçekte; deneyde kullanılan topraklardaki toplam metal konsantrasyonu çok yüksektir ama çimlerde toksik semptomlara neden olmamıştır. Çalışma alanındaki çimlerin ağır metal konsantrasyonları bitki büyüme koşullarının tavsiye edilebilir maksimum limitlerini yansıtmaz.

Kocaer ve Başkaya tarafından 2003 yılında yapılan bir çalışmaya göre; ağır metallerin toprakta birikmesinin sadece toprak verimliliği ve ekosistem fonksiyonları üzerinde değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla hayvan ve insan sağlığı üzerinde de önemli etkilerinin olduğu ortaya konmuştur. Topraklardaki ağır metal kirliliği, endüstrinin ve madencilik aktivitelerinin gelişmesiyle ve atıksuyla yapılan sulamaların ve arıtma çamuru uygulamalarının yaygınlaşmasıyla global bir problem haline almaktadır. Bu makalede hem arazi ölçeğinde uygulanan hem de gelişme aşaması devam eden toprak temizleme teknolojileri incelenerek karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda metallerle kirlenmiş topraklar için en uygun temizleme metodunun seçiminde yöre karakteristikleri, konsantrasyon, giderilecek kirleticinin tipi, maliyet ve kirlenmiş ortamın sonraki kullanımı gibi pek çok faktörün göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmıştır [23].

Nijerya’da Fakayode ve Olu-Owalabi tarafından 2003’ te yapılan bir çalışmaya göre; çevre kirliliği açısından kurşunsuz benzin kullanımının gelişmiş ülkelerde artmasıyla kurşun emisyonlarında azalma görülmüş, bunu yanı sıra gelişmekte olan Nijerya gibi ülkelerde ise kurşunlu benzinlerin hala kullanılıyor olmasından dolayı emisyonlar artmaktadır. Son 20 yılda Nijerya’ nın birçok şehrinde otomobil kullanımının artmasıyla kurşunlu benzin kullanımı da artmıştır. Şehir nüfusunun fazla olmasından dolayı 0-3,5 yaş arası çocukların % 80 inden fazlasının kanındaki ortalama Pb konsantrasyonunun sağlık standartlarının üzerinde olduğu Dünya Sağlık Örgütü tarafından tespit edilmiştir [24].

Konya’ da Önder ve diğerleri tarafından 2003-2004 yılları arasında yapılan çalışmada şehir merkezindeki yeşil alanların toprak ve çimlerinde ağır metal kirliliği tayini yapılmıştır. Çalışmada Konya şehrinin yeşil alanlarından 8 farklı noktadan alınan çim ve toprak örnekleri kullanılmıştır. Örnekler fabrika bahçeleri, ağır trafik yükü altındaki alanlar ve konut yerleşim alanlarından seçildi. Analiz sonuçlarına göre hem çim hem de toprak örneklerinde ağır metal (Pb, Cu, Zn, Co, Cr, V, Cd ve Ni) seviyeleri örneğin alındığı yere ve yıllara göre değişim göstermiştir. Çalışma sonuçlarına göre toprak ve çim örneklerindeki ağır metal seviyeleri 2004 yılında 2003 yılı değerlerinden fazladır. Bu çalışmada ağır trafik yükü altındaki alanlar ve fabrika bahçelerinden alınan bazı örneklerde birkaç ağır metal içeriği insan sağlığı için risk oluşturacak seviyelerde bulunmuştur (Toprakta Pb: 5,67 ppm, Çimde Cu: 10,69 ppm, Cr: 27,51 ppm, Cd: 0,19 ppm) [25].

2004 yılında Düzgören-Aydın, Li ve Wong tarafından Hong Kong şehri çevresindeki Pb kirliliğinin kaynağı araştırılmıştır. Yapılan çalışmada beş farklı yerden cadde ve tünel tozları, dere sedimentleri ve yol kenarlarındaki toprak üzerinden numuneler alınmış ve günlük ve yıllık trafik miktarıyla ilgisi araştırılmıştır. İnceleme sonuçları açıkça göstermiştir ki bu şehirde kurşun kirliliğinin derecesi değişkendir. Farklı yerlerden alınan numunelerdeki kurşun konsantrasyonu da farklıdır. Yol kenarlarındaki toprak ($79 \pm 22 \mu\text{g/g}$) ve dere sedimentlerindeki ($278 \pm 88 \mu\text{g/g}$) Pb konsantrasyonu yol tozlarından daha düşüktür ($327 \pm 54 \mu\text{g/g}$). Böylelikle izotopik kurşun miktarının şehrin çeşitli yerlerinde çok çeşitlilik gösterdiği gözlenmektedir. Çalışılan alandaki en yüksek kurşun konsantrasyonu tünel tavan tozlarında bulunmuştur. Şehir merkezindeki 5 ayrı yerde araç tipi, trafik hacmi

ve petrol satılan yerlerde kurşun izotop oranı yol tozlarında ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$: 1.1553 ± 0.0043 , $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$: 2.4408 ± 0.0084) çeşitlilik göstermiştir. Genel olarak cadde tozlarındaki kurşun oranı direkt olarak otomobil emisyonu ve diğer antropojenik kaynaklarla ilişkilendirilmiştir [26].

Almanya' nın Köln şehrinde Ubat, Lehdorff ve Schwark tarafından 2004 yılında yapılan bir çalışmada çam ibrelerinde atmosferik kirliliğin oluşturduğu partiküllerdeki geçiş metalleri (Fe, Cd, Pb, Ni, Cr, Cu) ölçülerek kirlilik sınırı ölçülmüştür. Çam ibrelerinin mikroskobik analizi yapılmış ve onların magnetik özellikleri incelenmiştir. Park, orman ve tarım alanlarında magnetik partiküllerin oluşturduğu kirlilik seviyesi düşüktür. Bu da açıklıyor ki trafik emisyonları ile ulaşım Köln' de baskın olarak gözükürken 1 km den uzak güç santrallerinin emisyonu katkısı ihmal edilebilir [27].

2004 yılında Naszradi ve diğerleri tarafından Macaristan M3 otoyolunda yapılan çalışmada çayır bitkileri ve yosunlarda Çinko, Kurşun ve Kadmiyum miktarı ölçülmüştür. Çalışmada M3 otoyolu boyunca yerleşmiş kültür alanlarında ve çayır bitkilerinde ağır metal içeriği saptandı. Çalışmada çayır bitkileri pasif biyoindikatörler olarak kullanılmış, hava kirliliği birikim oranı ise aktif biyoindikatörlerle açığa çıkarılmıştır. Çevrenin durumunu gözlemlemek için Tortula ruralis bitkisi kullanılmıştır. Çayır bitkisi ve yosun örnekleri yoldan 5, 10, 25, 50 ve 100er metrelik mesafeyle toplanmış, örneklerdeki Zn, Pb ve Cd içerikleri ICP spektrofotometreyle analiz edilmiştir. Çayır bitkileri ve yosunların Zn, Pb ve Cd içeriğinde araç yolundan uzaklaştıkça azalma gösterdiği gözlemlenmiştir. 5 ve 10 m mesafeler arasındaki ölçüm değerleri arasında önemli fark vardır. Ağır metal içeriği yosun örneklerinde çayır bitkilerinden çok daha fazladır. Çalışmaya göre otoyoldan uzaklaştıkça yosun örneklerindeki ağır metal içeriği artar. Bu veriler Macaristan standartlarıyla kıyaslandığında görüldü ki ölçüm sonuçları konsantrasyon seviyelerini maksimum düzeyde aşmamaktadır [28].

Kök Yetimoğlu, Ercan ve Tosyalı' nın (2004) İstanbul' da yapmış olduğu çalışmada E-5 karayolu üzerinde Pendik-Levent arasından alınan 56 örnekle trafik kaynaklı çevresel kirlilik belirlenmeye çalışılmıştır. Grafit fırın AAS kullanılarak yapılan analizler sonucu yol tozu ve toprak örneklerinde Pb, Mn, Zn, Ni, Cd ve Cu

konsantrasyonları sırasıyla 368.3, 747.8, 431.2, 27.1, 0.3 ve 191.1 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. Çalışmaya göre bulunan konsantrasyonlar Çevre ve Orman Bakanlığının 2003 yılında belirlemiş olduğu sınır değerlerden yüksektir [29].

Tuna (2005) tarafından Muğla’ da yapılan bir çalışmada, termik santrallerden kaynaklanan kirlilik incelenmiştir. Çalışmada 77’ şer adet çam toprağı ve yaprağı, 101’ er adet zeytin toprağı ve yaprağı olmak üzere toplam 356 adet örnek (178+178) alınarak analiz edilmiş ve çamlık topraklarında genelde en düşük ağır metal ortalama miktarları Yeniköy’de, en fazla ortalama ağır metal miktarları ise Gökova’da belirlenmiştir. Zeytinliklerden alınan toprak örneklerinde ise en düşük ortalama ağır metal miktarları Yatağan’ da ve en yüksek ortalama ağır metal miktarları ise Yeniköy’ de bulunmuştur. Gökova ve Yeniköy’ deki çamlık ve zeytinliklerden alınan toprak örneklerinde Ni ağır metali yönünden kirlilik saptanmıştır.

Termik santrallere farklı mesafelerde bulunan çamlıklardan alınan toprak örneklerinde genelde en düşük ağır metal miktarı 0-5 km’den alınan örneklerde ve en fazla ağır metal miktarı termik santrallere en uzak mesafelerdeki (10-20 km) çamlık topraklarında saptanmıştır. Termik santrallere farklı mesafelerde bulunan zeytinliklerden alınan toprak örneklerinde ortalama en düşük ağır metal miktarları genelde 5-10 km uzaklıktaki zeytinliklerde en fazla ağır metal ortalamaları ise genelde 10-20 km uzaklıktaki zeytinliklerde belirlenmiştir.

Çamlıklardan alınan 1 yaşındaki ibrelerde belirlenen ağır metallerin en düşük ve en yüksek ortalama miktarı yönünden termik santrallere göre bir genelleme yapılamamış olmasına rağmen; zeytinliklerden alınan yaprak örneklerinde genelde ortamın en yüksek ağır metal miktarları Gökova ve Yeniköy’deki zeytinliklerden alınan örneklerde belirlenmiştir.

Termik santrallere farklı uzaklıkta bulunan çamlıklardan alınan iğne yaprak örneklerinde genelde ortalama en az ağır miktarları termik santrallere 5-10 km uzaklıkta olan çamlıklarda ve en fazla ağır metal içerikleri ise en yakın (0-5 km) en uzak (10-20km) mesafelerde belirlendi. Termik santrallere farklı mesafelerde bulunan zeytinliklerden alınan yaprak örneklerinde ortalama en düşük ağır metal miktarları 5-10 km mesafelerdeki zeytinliklerde ve en fazla ortalama ağır metal

miktarları ise termik santrallere en yakın uzaklıkta (0-5 km) bulunan zeytinliklerden alınan yaprak örneklerinde saptanmıştır.

Termik santrallerin çevresinde bulunan çamlık ve zeytinliklerden farklı mevsimde alınan yaprak örneklerinde, en düşük ortalama ağır metal miktarı genelde ilkbaharda alınan yaprak örneklerinde ve en yüksek ağır metal miktarları ise kışın alınan yaprak örneklerinde bulunmuştur.

Çamlıklardan alınan toprak örneklerinin kapsadığı ağır metallere sırasıyla Pb, Cd ve Cr miktarları ile kimi toprak özellikleri (kireç, pH, toplam tuz ve bünye fraksiyonları) arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir. Zeytinliklerden alınan toprak örneklerinin içerdiği ağır metallere Pb, Cd ve Mn miktarları ile kimi toprak özellikleri (kireç, pH, organik madde ve bünye fraksiyonları) arasında önemli ilişkiler bulunmuştur.

Çamlıklardan alınan toprak ve bitki örneklerinde Zn, Co, Cr ve Pb ağır metalleri miktarları yönünden önemli toprak bitki ilişkileri bulundu. Zeytinliklerden alınan toprak ve bitki örneklerinde Zn, Co, Cr, Ni ve Pb ağır metal miktarları yönünden önemli toprak bitki ilişkileri belirlendi.

Yatağan termik santrali çevresindeki çamlıklardan alınan iğne yapraklarda kış ve yaz mevsiminde ortalama toplam klorofil miktarı 0,68-1,13 mg/g taze ağırlıkta, zeytinliklerden alınan yaprak örneklerinde ise kış ve yaz ortalaması olarak toplam klorofil miktarı 0,77-0,57 mg/g taze ağırlıkta olarak belirlenmiştir [30].

2005 yılında Prohaska, Wenzel ve Stingeder tarafından yapılan çalışmada toprak profilinde derinliğe göre 11 elementin (Rb, Sr, Ca, Ba, Cu, Zn, Mn, Fe, Pb, Cr, Cd) toplam konsantrasyonları belirlenmek istenmiştir. Analizler ICP-MS kullanılarak yapılmıştır. Çalışmaya göre antropojen etkilerle salınan ağır metallerin kısa dönemde toprak profillerinin üst kısmında birikirken uzun dönemde daha derin kısımlara indiği görülmüştür [31].

2005 yılında Bosco, Varrica ve Dongarrà tarafından yapılan çalışmada Gela (Sicilya-İtalya) kasabası üzerinde hava kirliliği oluşturan partiküllerin kimyasal kompozisyonunun trafikle bağlantısı araştırılmıştır. Araştırmada hava kirliliğini tespit etmek için çam ibreleri ve yol tozları kullanılmıştır. Halep çamı ibrelerinden 41 adet ve otoyol tozlarından 2 adet kompozit numune alınarak 6 alt gruba ayrılmış, bunlarda ana ve geçiş elementleri analiz edilmiş ve dağılım haritası oluşturulmuş. Yapılan analizler, çam ibrelerinde trafik araçları, toprak, endüstriyel emisyonlar olarak sınıflandırılabilen 3 ana kaynaktan gelen 20 elementin varlığını tespit etmiştir. Petrokimyasal tesis yakınlarından alınan numunelerde As, Mo, Ni, S, Se, V, ve Zn düzeyleri yüksek çıkmıştır. Benzer şekilde Cu, Pb, Pt, Pd, Sb konsantrasyonlarının tamamen, Zn konsantrasyonunun ise kısmen trafikle yakın ilişkili olduğu görülmüştür. Oluşturulan element dağılım haritasında, örnekleme yapılan alanın dışında da ağır metal konsantrasyonunun varlığı görülmüştür. Bunda lokal kaynakların rol oynadığı görülmüştür. Çalışmaya göre yüksek trafik yoğunluğu ve endüstriyel emisyonların olduğu yerlerde halep çamı ibrelerinde morfolojik değişim ve fenollerin biriktirilmesi gözlenmiştir [32].

Samara ve Voutsas tarafından 2005 yılında yapılan çalışmada trafiğin olduğu yerlerde partiküllerin taşınımı incelenmiştir. Kuzey Yunanistan Thessaloniki şehir merkezinde trafiğin olduğu yerlerde havada uzak mesafelere yayılan partiküller ve bunlarla bağlantılı ağır metallere Pb, Cd, Ni, Cr, V, Mn, Cu ve Fe' nin kolayca solunabilir fraksiyonları ($<0.8 \mu\text{m}$, $0.8-1.3 \mu\text{m}$, $1.3-2.7 \mu\text{m}$, $2.7-6.7 \mu\text{m}$ and $>6.7 \mu\text{m}$) belirlenmiştir. Havadaki parçacıkların en küçük partikül boyutlu olan ($<0.8 \mu\text{m}$) %52 si çift durumlu dağılım gösterirken %20 lik kısmını da kaba boyutlu ($>6.7 \mu\text{m}$) tanecikler oluşturur. Ağır metallerin karakteristik dağılım boyutları 3 ayrı sınıflama göstermiştir;

- (a) Metallerin birikme tarzları (Pb, Cd),
- (b) Orta yada kaba şekilde dağılımları (Ni, Cu, Mn),
- (c) $2,7 \mu\text{m}$ çapından büyük olmaları (Fe).

Partiküllerin ortalama aerodinamik çapı $0.85 \pm 0.71 \mu\text{m}$ aralığında değişiklik gösterirken, tüm ağır metaller aşağıdaki sırayı takip eder;

Pb ($0.96 \pm 0.71 \mu\text{m}$) < Cd ($1.14 \pm 0.82 \mu\text{m}$) < V ($1.38 \pm 0.63 \mu\text{m}$) < Ni ($1.45 \pm 0.88 \mu\text{m}$) < Cu ($2.04 \pm 0.77 \mu\text{m}$) < Mn ($2.61 \pm 1.23 \mu\text{m}$) < Cr ($2.91 \pm 1.40 \mu\text{m}$) < Fe ($3.82 \pm 0.88 \mu\text{m}$).

Çalışma sonucu; ölçümlerin dağılımını trafik, endüstriyel emisyonlar ve askıda olmayan yol tozları gibi lokal antropojenik ve doğal kaynakların oluşturduğuna karar verilmiştir [33].

Gautam, Blaha ve Apel tarafından 2005 yılında yapılan bir çalışmada 3 farklı cinste ağaç yapraklarında yol tozlarının manyetik duyarlılığı ve ağır metal içerikleri analiz edilmiştir. Bunun için; servi, meşe ve kalistemon ağaçlarından 221 adet yaprak örneği alınarak, $(0.01-54) \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ile $10.0 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ arasında olduğu gözlemlendi. Bu ağaçlar trafiğin yoğun olduğu yerlerden, otobüs duraklarına yakın yerlerden seçilmiştir. 20 numune atomik absorpsiyon spektrometresinde analiz edilmiştir. Çalışmada bulunan ağır metal analiz sonuçları şöyledir; Fe (1.3 wt%), Mn (281.9 ppm), Zn (195.2 ppm), Cu (41.5 ppm), Pb (38.4 ppm), Ni (8.1 ppm), Cr (6.4 ppm), Co (4.1 ppm) ve Cd (1.2 ppm) [34].

Birch ve Scollen tarafından 2006 yılında Avustralya’ da yapılan bir çalışmada yüksek ölçüde şehirleşen Jackson Limanı havzasında park alanları ve yol tozlarında ağır metal kirliliği ölçülmüştür. Bu çalışmada öncelikle çalışma alanına yakın topraklarda ağır metal kaynakları olup olmadığı araştırılmıştır. Trafik etkisi altındaki ağır metal birikimini ve konsantrasyonunu belirlemek için Iron Körfezi havzasında farklı 3 yol seçilmiştir. Temizlenmiş yolda yol tozu kütlesi trafik hacmiyle zamanla artmıştır. Ancak tanecik boyutunun dağılımından dolayı konsantrasyonlar zamanla azalmıştır. yolun üstündeki materyal birikimi 5 günden sonra açığa çıkar ve 1 m^2 lik örnek alanda yüksek değer 4,8 g (Parramatta Road), orta seviyede Marion Street, en düşük ise National Street olup, trafik hacmi de bununla doğru orantılıdır. 3 örnek yeri içinde yapılan çalışmalarda yol tozunda en yüksek Fe ($28\,000 \mu\text{g/g}$) ve Zn ($523 \mu\text{g/g}$) bulunmuştur. Çalışmada ölçülen metallerin bir bölümü mobil ve bileşik halindedir ve çoğunluğu zayıf liçingle ekstrakte edilir. Yollara bitişik olan park topraklarındaki metal konsantrasyonları trafik etkisiyle fazla çıkmıştır. Yoldan uzaklaştıkça konsantrasyonlar azalmıştır ancak maksimum konsantrasyonlar yol

kenarından 30-50 m mesafededir, yol tozları araçların oluşturduğu yüksek rüzgar hızıyla yolda dağılır [35].

Manno, Varrica ve Dongarrà 2006 yılında Gela Sicilya’ da şehir alanlarında petrokimyasal fabrikalardan kaynaklanan metal dağılımının yol tozu numunelerine etkisi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Çalışma için Gela şehrinin 3 farklı yerinden 8 yol tozu numunesi toplanmış, bunların kimyasal içeriği tanımlanmıştır. Petrokimyasal fabrikalar ve şehir trafiğinden kaynaklanan eser elementlerin yol tozuna katkısı ve yol tozunun tane boyutu incelenmiştir. Numuneler 6 tanecik boyutuna göre elenmiş (500-250, 250-125, 125-63, 63-40, 40-20, ve $< 20 \mu\text{m}$) ve 15 eser element analiz edilmiştir. Metallerin tespiti her bir alt örnekte yapılmıştır. Bu analizler tozlardaki metalin kaynağının saptanması için yapılmıştır. Yol tozunda ve anakaya örneğinde iz element konsantrasyonları arasında karşılaştırma yapılmış, elde edilen sonuçlar yol tozu numunelerinin toprak orjinli olmayan ögeler içerdiğini göstermiştir. Çalışmaya göre kirliliğe esas katkıda bulunanın petrokimyasal fabrika yakınındaki araç trafiği olduğu görülmüştür. Yüksek seviyedeki Ba, Cu, Cr, Mo, Pb, Sb ve Zn nin sorumlusu trafik olarak gözükmemektedir. Yüksek konsantrasyonlu Ni, V ve kısmen Ba ve Cr, petrokimyasal tesislerin emisyonlarıyla ilişkilendirilmiştir. Yerel bilgilere göre Sb yol tozlarında yüksek ölçüde bulunan eser elementtir. Dikkat çeken nokta ise çevresel kaynaklardan gelen ağır metallerin en önemli taşınım mekanizmasının yüzeysel adsorpsiyonla trafik olduğudur [36].

Murakami ve diğerlerinin Mayıs 2007’ de Japonya’ da yapmış olduğu çalışmada yol kenarı tozları ve sedimentlerde dalga boyu dağılımlı spektrometre (WDS) kullanılarak krom, kurşun ve diğer bileşiklerin haritası oluşturulmuştur [37].

3. MATERYAL VE METOD

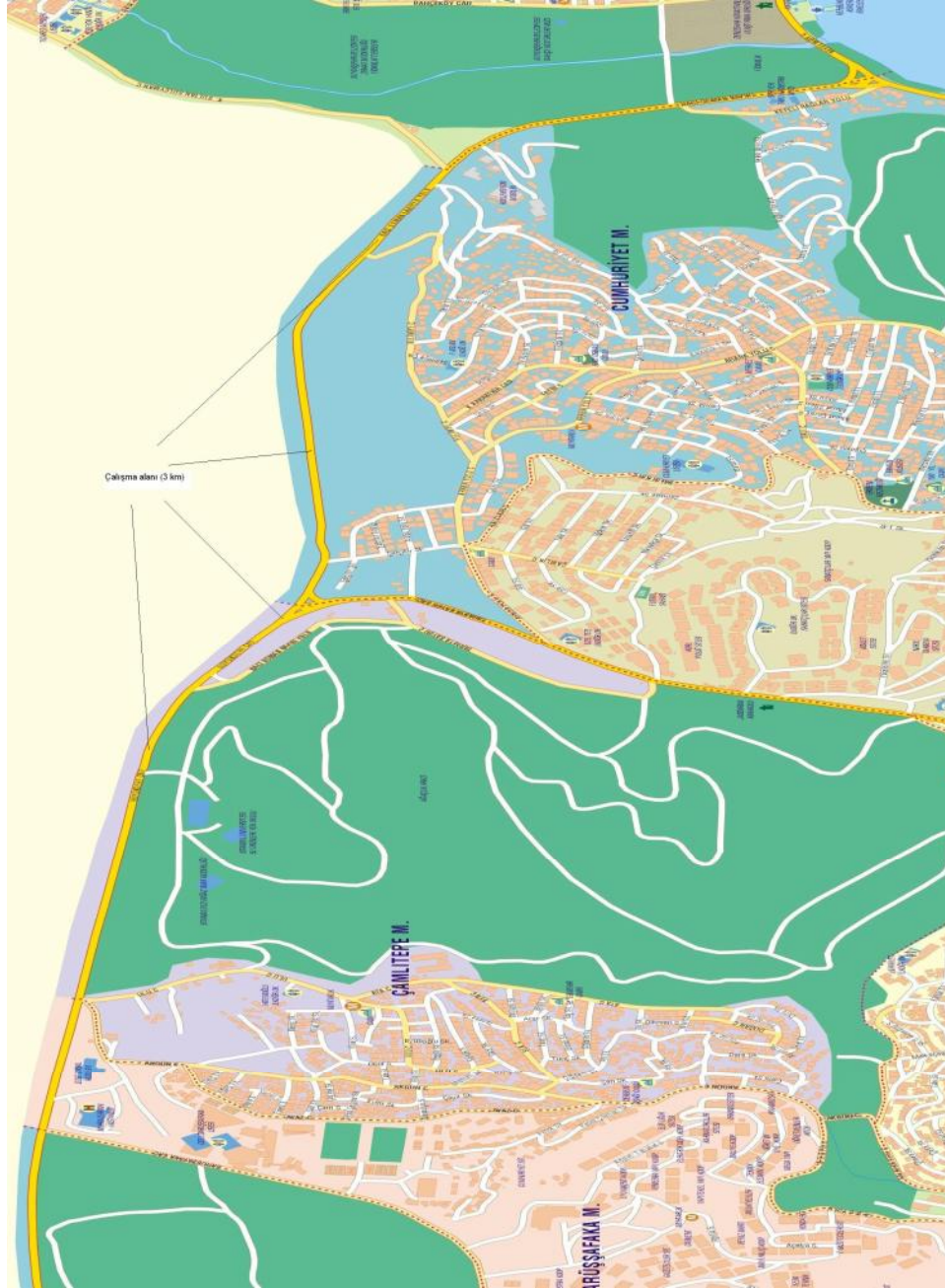
3.1.Çalışma Alanı

Bu tez kapsamında, Sarıyer ilçesi Büyükdere Caddesinde Hacıosman yolu olarak ta adlandırılan ve çok uzun yıllardır ağır trafik yükü altında bulunan bölgedeki iki ağaç türünde (*Pinus nigra*-Karaçam ve *Pinus pinaster*-Sahil Çamı) ve toprakta ağır metal kirliliği ölçülmüştür. Çalışma alanı uzunluğu yaklaşık olarak 3 km' dir (Şekil 3.1 ve 3.2). Ayrıca İstanbul' un yoğun trafik yükü altındaki 10 farklı noktasındaki yeşil alanlardan çim örnekleri alınarak ağır metal kirliliği ölçümü yapılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı yol güzergahı uydu fotoğrafı

* Kırmızıyla işaretli olan kısım yaprak ve toprak örneklerinin alındığı güzergahı göstermektedir (≈ 3km).



Şekil 3.2. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Yolun Levent-Sarıyer yönünde kalan ve doğal orman kalıntısı olan Karaçam (*Pinus nigra*) ağaçlarında ve Sarıyer-Levent yönünde olan yol kenarı ağaçlandırma sahasındaki Sahil Çamlarında (*Pinus pinaster*) ölçümler yapılmıştır. Ayrıca trafik

ışıkları yakınında bulunan yol kenarlarından toprak örnekleri alınarak bunlarda da ölçüm yapılmıştır.



Şekil 3.3. Örnek alınan karaçam meşçeresi

3.2. Örnekleme Yapılan Yerler

Bu çalışma için seçtiğimiz çalışma alanlarımız doğal ortamlar olmaları nedeni ile örnek alma kolaylıkları, otomobil emisyonları ve bunların noktasal olmayan kaynak kirliliğini oluşturmaları ile olan ilişkisi, çevre bilgileri ve emisyon ölçümü açısından bir arşiv niteliği taşımaktadır.

Ayrıca numunelerin alındığı yerlere ait trafik yoğunluğu, İ.B.B. Trafik Şube Müdürlüğü'nden alınan veriler düzenlenerek oluşturulan tabloda özetlenmiştir. Tablo 3.1. de; numune alınan yerlerden gün boyunca geçen araç sayısı saat saat, günlük toplam ve ortalama saatlik olarak gösterilmiştir. Araç sayısını belirleyen sensörler 2007 yılının haziran ayında takılmış olduğundan tablodaki veriler Temmuz 2007 ve Mart 2008 tarih aralığına aittir. Esenler ve Aksaray yollarına ait veri bulunmadığından tabloda değer belirtilmemiştir.

Tablo 3.1: Gün boyunca geçen araç sayısı

Saatler	Bitki ve Toprak Örneklerinin Alındığı Yerlerdeki Sensörlerden Geçen Araç Sayısı											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	3.298	-	1.332	6.364	2.716	4.856	1.674	1.634	3.398	-	1.740	1.168
1	1.478	-	722	3.608	1.466	2.944	930	904	2.012	-	960	646
2	1.084	-	315	2.126	840	1.916	512	550	1.327	-	540	350
3	799	-	284	1.488	588	1.420	352	424	798	-	366	232
4	606	-	228	1.266	528	1.440	290	466	990	-	316	208
5	886	-	274	1.748	808	2.246	418	618	1.236	-	472	326
6	2.112	-	756	4.996	1.988	4.648	1.022	1.172	2.634	-	1.150	900
7	5.594	-	1.564	6.998	4.552	10.258	2.818	2.362	5.742	-	2.808	2.150
8	6.484	-	1.998	9.492	5.388	11.786	3.424	2.640	6.856	-	3.064	2.358
9	6.866	-	2.000	9.664	5.262	11.380	3.508	2.626	7.018	-	3.230	2.230
10	6.884	-	2.020	8.318	5.040	10.970	3.528	2.752	7.028	-	3.252	2.236
11	6.958	-	2.154	9.794	5.160	10.998	3.398	2.946	7.174	-	3.230	2.274
12	7.198	-	2.272	10.132	5.372	11.168	3.442	3.086	7.468	-	3.264	1.787
13	7.264	-	2.332	6.362	5.418	11.192	3.442	3.170	7.764	-	3.258	2.366
14	7.344	-	2.496	10.540	5.716	11.322	3.524	3.392	8.194	-	3.304	2.460
15	7.294	-	2.594	10.490	5.531	11.256	3.508	2.386	8.250	-	3.384	2.538
16	7.182	-	2.612	10.198	5.650	11.698	3.612	3.296	7.998	-	3.510	2.588
17	7.144	-	2.844	10.320	5.132	12.684	3.650	3.324	7.806	-	2.780	2.680
18	6.938	-	3.098	10.266	3.846	13.024	3.676	3.382	7.668	-	2.636	2.796
19	6.774	-	2.932	10.162	3.652	12.828	3.546	3.294	7.008	-	3.540	2.740
20	6.410	-	2.798	9.948	4.020	11.382	3.398	3.048	5.748	-	3.392	2.560
21	5.542	-	2.454	9.442	4.338	8.834	2.906	2.590	5.900	-	3.034	2.268
22	5.016	-	2.216	8.946	4.268	7.320	2.590	2.386	5.244	-	2.734	1.968
23	4.352	-	1.856	8.184	3.720	6.314	2.220	2.118	4.550	-	2.346	1.632
Toplam	121.508	0	44.154	180.856	91.004	203.890	61.395	54.574	129.820	0	58.321	43.473
Günlük ortalama	5063	0	1.840	7.536	3.792	8.495	2.558	2.274	5.409	0	2.430	1.811

Tablo 3.2. Bitki ve toprak örneklerinin alındığı yerlerdeki sensör numaraları

Sensör No	Sensör Yeri
I	Büyükdere Caddesi - 4. Levent Sanayi Mahallesi girişi, Çim örneği
II	Esenler, Çim örneği
III	Altunizade – Capitol, Çim örneği
IV	Boğaziçi Köprüsü - Avrupa girişi, Çim örneği
V	Mecidiyeköy - E5, Çim örneği
VI	Fatih Sultan Mehmet Köprüsü - Anadolu girişi, Çim örneği
VII	Maslak, Çim örneği
VIII	Eyüp - Feshane, Çim örneği
IX	Vatan Caddesi, Çim örneği
X	Aksaray, Çim örneği
XI	Büyükdere Cad. Hacıosman yolu, Tarabya sapağı, Yaprak ve toprak örneği
XII	Sarıyer-Çayırbaşı yolu Kefeliköy Işıklar, Yaprak ve toprak örneği

Gün içerisinde geçen toplam araç sayısı 203.890 adet ile en fazla VI. örneğin alındığı yere aittir. VI. örnek Fatih Sultan Mehmet Köprüsü-Anadolu girişinden alınan çim örneğidir. Buradan 18.00-19.00 saatleri arasında geçen 13.024 adet araç, örnek alanların tümünde saatte geçen araç sayısının maksimumudur. En az araç sayısı ise 04.00-05.00 saatleri arasında, 228 adet olup III. örneğin alındığı yere aittir. III. örnek Altunizade-Capitol’ den alınan çim örneğidir. Tablodan hareket ederek gün içerisinde en fazla trafik yoğunluğunun 14.00-16.00 ve 18.00-20.00 saatleri arasında yaşandığı, en az trafik yoğunluğunun ise 03.00-05.00 saatleri arasında yaşandığı söylenebilir.

Çalışmada Ocak 2007 tarihinde toprak örnekleri ve Şubat 2007 tarihinde de çam ibreleri Büyükdere Caddesi Park Orman girişi ile Kefeliköy Işıkları arasındaki yaklaşık 3 km uzunluğundaki yol boyundan alınmıştır. Çim örnekleri ise Levent, Aksaray, Esenler ve Altunizade’ yi de içine alan 10 farklı noktadaki yol kenarı yeşil alanlarından elde edilen çim biçme atıklarından alınmıştır.

3.2.1. Çam İğne Yapraklarının Alındığı Yerler

Birikimin yoldan yükseklik ve yoldan uzaklıkla farklılık gösterip göstermediğini anlamak açısından çam iğne yaprakları; 10’ ar m’ lik uzaklıklarla,

yola dik olacak şekilde 30 m' lik şeritlerden ve ağaçların farklı yüksekliklerinden alınmıştır (Tablo 3.3).

Çim örnekleri ağır trafik yükü altındaki 10 farklı bölgeden, yol kenarındaki yeşil alanların, araçlara oldukça yakın mesafelerinden elle toplanmıştır (Tablo 3.4).

Tablo 3.3. Çam iğne yapraklarının alındığı yerin lokasyon bilgileri

Örnek No	ALINDIĞI YER					
	Yoldan yükseklik	Yoldan uzaklık	Koordinatlar		Denizden Yükseklik	Açıklama
1	10 m	0-3 m	410 08' 39 K	290 01' 42 D	88 m	1. ağaç, alt dallar
2	13 m	0-3 m	410 08' 39 K	290 01' 42 D	88 m	1. ağaç, üst dallar
3	16 m	3-6 m	410 08' 39 K	290 01' 42 D	88 m	2. ağaç, alt dallar
4	20 m	3-6 m	410 08' 39 K	290 01' 42 D	88 m	2. ağaç, üst dallar
5	22 m	6-10 m	410 08' 39 K	290 01' 42 D	88 m	3. ağaç, alt dallar
	* 3. ağacın üst dallarından boom aracı uzanamadığı için örnek alınamadı.					
6	3 m	0-2 m	41 08' 15 K	29 01' 31 D	53 m	1. ağaç, alt dallar,
7	4 m	0 m	410 08' 15 K	29 01' 31 D	53 m	1. ağaç, yolun üstüne doğru yatan dallar
8	6 m	2-5 m	410 08' 15 K	29 01' 31 D	53 m	2. ağaç, alt dallar
9	7 m	2-5 m	410 08' 15 K	29 01' 31 D	53 m	2. ağaç, üst dallar
10	7 m	5-8 m	410 08' 15 K	29 01' 31 D	53 m	3. ağaç, alt dallar
11	8 m	5-8 m	410 08' 15 K	29 01' 31 D	53 m	3. ağaç, üst dallar

Tablo 3.4. Çim örneklerinin alındığı yerler

Önek No	Alındığı Yer
1	Büyükdere Caddesi - 4. Levent Sanayi Mahallesi girişi
2	Esenler
3	Altunizade - Capitol
4	Boğaziçi Köprüsü - Avrupa girişi
5	Mecidiyeköy - E5
6	Fatih Sultan Mehmet Köprüsü - Anadolu girişi
7	Maslak
8	Eyüp - Feshane
9	Vatan Caddesi
10	Aksaray

3.2.2. Toprak Örneklerinin Alındığı Yerler

Toprak örnekleri ise yaklaşık 3 km uzunluğundaki yol boyunca, genellikle dur-kalk trafiğin yoğun olduğu trafik ışıklarına yakın bölgelerden, yol tozlarından oluşan 10 farklı noktadan ve toprağın 0-5 cm' lik üst kısmından alınmıştır (Tablo 3.6).

Tablo 3.5. Toprak Örneklerinin Alındığı Yerlerin Koordinatları

Önek No	Yoldan uzaklık	Koordinatlar	
1	1,5 m	41° 07' 51 K	29° 01' 28 D
2	0,5 m	41° 07' 48 K	29° 01' 29 D
3	0,5 m	41° 07' 46 K	29° 01' 27 D
4	3 m	41° 08' 15 K	29° 01' 33 D
5	5 m	41° 08' 15 K	29° 01' 33 D
6	1,5 m	41° 09' 14 K	29° 02' 15 D
7	0 m	41° 09' 14 K	29° 02' 15 D
8	0 m	41° 08' 28 K	29° 01' 42 D
9	0 m	41° 08' 22 K	29° 01' 38 D
10	4,5 m	41° 08' 07 K	29° 01' 30 D

Tablo 3.6. Toprak örneklerinin alındığı yerlerin lokasyon bilgileri

Örnek No	ALINDIĞI YER				
	Yoldan uzaklık	Koordinatlar		Denizden Yükseklik	Açıklama
1	1,5 m	41° 07' 51 K	29° 01' 28 D	116 m	Levent-Sarıyer yönü, Derbent Işıklar
2	0,5 m	41° 07' 48 K	29° 01' 29 D	115 m	Levent-Sarıyer yönü, İzzet Baysal Huzurevi 1. köşe
3	0,5 m	41° 07' 46 K	29° 01' 27 D	117 m	Levent-Sarıyer yönü, İzzet Baysal Huzurevi 2. köşe
4	3 m	41° 08' 15 K	29° 01' 33 D	125 m	Levent-Sarıyer yönü, Bahçeköy Sapağı Işıklar
5	5 m	41° 08' 15 K	29° 01' 33 D	128 m	Levent-Sarıyer yönü, Bahçeköy Sapağı Işıklar
6	1,5 m	41° 09' 14 K	29° 02' 15 D	3 m	Kireçburnu-Sarıyer yönü, Kefeliköy Işıklar
7	0 m	41° 09' 14 K	29° 02' 15 D	3 m	Kireçburnu-Sarıyer yönü, Kefeliköy Işıklar, Yol Tozu
8	0 m	41° 08' 28 K	29° 01' 42 D	109 m	Sarıyer-Levent yönü, Orman Yurdu-Işıklar, kaldırım.
9	0 m	41° 08' 22 K	29° 01' 38 D	114 m	Sarıyer-Levent yönü, Orman Yurdu-Işıkların 100m ilerisi, orta refüj
10	4,5 m	41° 08' 07 K	29° 01' 30 D	123 m	Sarıyer-Levent yönü, Orman Bölge Md. Işıklar, ATM' nin yanı

3.3. Örneklerin Toplanması

3.3.1. Çam İğne Yapraklarının Toplanması

Çalışmamızda kullanacağımız çam iğne yaprakları 2 farklı bölgeden, yola dik şekilde aralarında 10' ar metrelik mesafe olan üç farklı ağaçtan ve ağaçların yerden yüksekliği farklı iki noktasından alınmıştır. 2 farklı bölgedeki toplam 6 ağaçtan 11 örnek alınmıştır (Şekil 3.4, 3.5 ve 3.6).

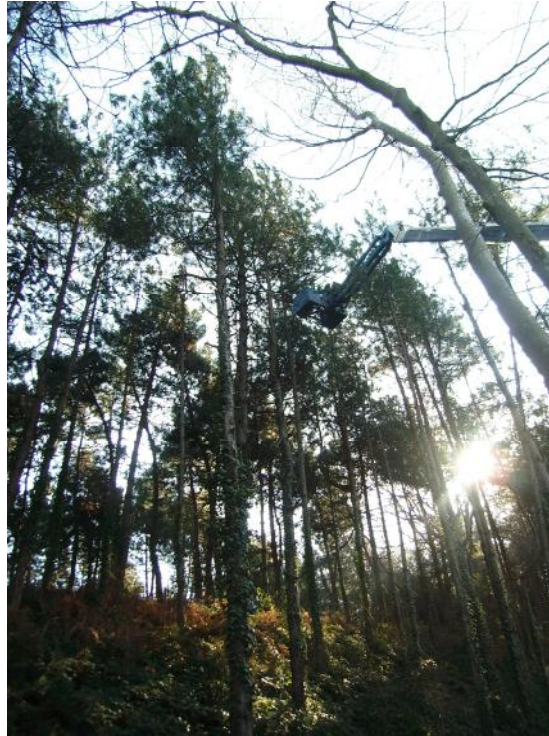
Çam ibreleri plastik eldiven yardımıyla toplandıktan sonra naylon poşetlere konulmuş, üzerlerine lokasyon bilgileri ve örnek numaraları yazılarak çalışmanın yapılacağı laboratuvara getirilmiştir.



Şekil 3.4. Çam iğne yapraklarının boom aracıyla toplanması



Şekil 3.5. İğne yaprakların toplanması



Şekil 3.6. İğne yaprakların toplanması

3.3.2. Toprak Örneklerinin Toplanması

Toprak örnekleri, çalışma alanının yol kenarlarındaki belirli noktalarından, 0-5 cm' lik yüzeyden olacak şekilde plastik bir kürek yardımıyla yaklaşık 500 g alınarak naylon torbalara konulup üzerlerine lokasyon bilgileri ve örnek no.ları yazılarak analiz için laboratuvara taşınmışlardır. Örnekler çalışma alanının 10 farklı yerinden toplanmışlardır.

3.3.3. Çim Örneklerinin Toplanması

İstanbul' da motorlu araç trafiğinin en yoğun olduğu 10 bölgeden, yol kenarlarındaki belirli noktalardan eldiven yardımıyla yaklaşık 500 gr olacak şekilde toplanan çim örnekleri naylon torbalara konarak üzerlerine lokasyon bilgileri ve örnek no.ları yazılmış ve analiz için laboratuara getirilmişlerdir.

3.4. Örneklerin Analize Hazırlanması

3.4.1. Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması

Araştırma kapsamında belirlenen çalışma bölgelerinden alınan çam iğne yaprakları ve çim örnekleri naylon torbalarla laboratuvara taşınmıştır. Çam ibrelerinin bir kısmı fırça ile yıkanarak bir kısmı ise yıkanmadan küçük parçalar halinde kesilmiş ve 105° C' de 24 saat süre ile etüvde kurutulup nem içerikleri bulunmuştur (Şekil 3.7 ve 3.8).



Şekil 3.7. Yıkanan iğne yapraklar



Şekil 3.8. Kesilmiş iğne yapraklar

Kurutulmuş örneklerden 0,5 g tartılarak mikrodalga fırının teflon tüplerine konulmuş, üzerlerine 6 ml (%65) HNO_3 ve 1 ml (%30) H_2O_2 ilave edilmiştir. Mikrodalga fırında yüksek sıcaklıkta çözeltiye geçirilen örnekler kalın filtre kağıdıyla süzülerek balon jojelere alınıp distile suyla 100 ml.' ye tamamlanmış ve analiz gününe kadar buzdolabında saklanmıştır [39].

Ölçüm için Perkin Emler Sima 6000 Simultaneous Multielemental Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS) cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.9. AAS cihazı



Şekil 3.10. Grafit Fırın AAS cihazı
Auto sampler



Şekil 3.11. Grafit Fırın AAS cihazı

Araştırma için belirlenen çalışma bölgelerinden alınan çim örnekleri de iğne yapraklar gibi naylon torbalarla laboratuvara taşınmıştır. Örneklerden 0,5 g tartularak mikrodalga fırının teflon tüplerine konulmuş, üzerlerine 6 ml (%65) HNO_3 ve 1 ml (%30) H_2O_2 ilave edilmiştir. Mikrodalga fırında yüksek sıcaklıkta çözeltiye geçirilen örnekler kalın filtre kağıdıyla süzülerek balon jojelere alınıp distile suyla 100 ml.' ye tamamlanmış ve analiz gününe kadar buzdolabında saklanmıştır [39].

Örnekler cihaza yerleştirildikten sonra ilk olarak çözücü standardı analiz ettirilerek cihazda kalibrasyon eğrisi hazırlanmış ve örnekler sırasıyla analiz ettirilmiştir. Örneklerin çözeltiye geçen madde miktarları AAS' tan $\mu\text{g/L}$ olarak alınmıştır. Ölçümler sonucunda $\mu\text{g/L}$ cinsinden bulunan madde miktarları aşağıdaki formül kullanılarak mg/kg ' ye çevrilmiştir. Bu şekilde hesaplanan sonuçlar 4. bölümde verilmiştir.

$$K = \frac{\text{Analiz Sonucu } (\mu\text{g/L}) \times V \text{ (L)}}{M \text{ (g)}}$$

K : Element Konsantrasyonu (mg/kg)

V : Çözelti Hacmi (L) = 0.1L

M : Kullanılan Numune Ağırlığı = 0,5 g

3.4.2. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Araştırma kapsamında alınan örnekler naylon torbalarda laboratuara taşındıktan sonra birkaç gün kurumaları için beklenmiştir. Kurutma işlemi esnasında toprakların sert ve yumru kısımları el iye ufalanarak küçük kısımlara ayrılmıştır. Daha sonra toprak örnekleri elektronik kontrollü elek sallayıcı kullanılarak, 10, 16, 35, 140 ve 230 nolu eleklerle elenmiş ve 230 nolu elek altı toprak örnekleri analizler için kullanılmıştır. Hava kurusu topraklar 105°C ' de 24 saat süre ile etüvde kurutularak nem içerikleri ortalama olarak yaklaşık % 3 civarında bulunmuştur.

İnce taneler haline getirilen örneklerin her birinden mikrodalga fırında çözeltiye geçirilmesi amacıyla hassas terazide yaklaşık 0,5 g tartılıp tüplere konulmuş, üzerlerine 3ml 0.5 M HF ve 3 ml HNO_3 ilave edildikten sonra fırına yerleştirilmiştir. Örneklerin çözeltiye sağlıklı bir şekilde geçirilmesi için program iki

kere tekrarlanmıştır. Çözeltiye geçirilen örnekler kalın filtre kağıdıyla süzülerek 100 ml.' lik tüplere alınmış, üzerleri distile suyla tamamlanmış ve analiz gününe kadar buzdolabında saklanmıştır. Daha sonra numuneler, bitki numunelerinde olduğu gibi AAS cihazı kullanılarak analiz edilmiştir [39].

Sonuçlar cihazdan yine $\mu\text{g/L}$ cinsinden alınıp aynı formül yardımıyla mg/kg ' ye çevrilmiştir. Bu şekilde hesaplanan sonuçlar 4. bölümde verilmiştir.

4. SONUÇ VE YORUMLAR

İstanbul ilinin başta Sarıyer ilçesi olmak üzere 22 farklı bölgesinden 31 adet bitki ve toprak numuneleri toplanarak laboratuvar koşullarında analiz edilmiştir. Analiz edilen numunelere ait Pb, Cr, Cd, Ni, Cu, Zn ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Oluşturulan grafiklerde ağır metal konsantrasyonları Grafik 4.1’ den Grafik 4.18’ e kadar sırasıyla verilmektedir.

4.1. Çam İğne Yapraklarının Analiz Sonuçları ve Yorumları

4.1.1. Nem İçeriği

İğne yapraklar yıkanarak etüvde kurutulduktan sonra ortalama nem içeriğinin % 8 civarında olduğu görülmüştür (Tablo 4.1.).

Tablo 4.1. Yıkanmış iğne yaprakların nem içeriği

Örnek No	Hava kuru ağırlık (g)	105 C° kurutulmuş ağırlık (g)	Ağırlık kaybı (g)	Nem içeriği (%)
1	10,0636	9,3859	0,6777	6,73417067
2	11,0018	10,5434	0,4584	4,16659092
3	11,3595	10,9609	0,3986	3,50895726
4	11,4084	10,5494	0,8590	7,52953964
5	10,7708	10,0484	0,7224	6,70702269
6	10,2986	9,5944	0,7042	6,83782262
7	13,0895	11,7844	1,3051	9,97058711
8	11,4317	10,3664	1,0653	9,31882397
9	11,5960	10,3179	1,2781	11,0219041
10	10,0210	8,6836	1,3374	13,3459735
11	11,7060	10,3477	1,3583	11,6034512
Ortalama				8,249531

4.1.2. Ağır Metal İçeriği

Tablo 4.2. İğne yapraklardaki ağır metal içerikleri

Örnek No	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)
1	21,34	13,28	5,05	4,00	1,75	14,71
2	8,97	8,15	3,55	4,00	0,16	8,76
3	5,77	9,28	6,49	6,00	0,30	6,71
4	8,14	9,51	6,50	10,00	0,30	8,23
5	3,50	6,72	6,37	14,00	0,29	4,05
6	11,72	6,43	4,15	1,00	0,96	12,53
7	22,34	6,32	3,05	1,00	1,83	21,35
8	10,55	7,76	3,06	1,00	0,86	10,78
9	15,73	6,00	3,79	8,00	1,29	18,11
10	15,14	7,50	3,37	10,00	1,24	18,73
11	2,20	8,20	0,45	22,00	0,18	3,38
12	20,08	12,27	4,27	3,00	1,46	14,00
13	8,12	7,34	3,07	3,00	0,14	8,22
14	8,45	9,03	6,23	6,00	0,29	6,62
Ortalama	11,40	8,10	4,17	7,36	0,83	11,58

12, 13, 14 numaralı örnek konsantrasyonları 1, 2 ve 3 numaralı örneklerin yıkanarak analiz edilmiş sonuçlarını vermektedir. Sonuçlar arasında çok fark olmadığı ve yıkanmış örneklerdeki konsantrasyonların yıkanmamışlardan az miktarda düşük olduğu görülmüştür. Dolayısıyla ölçülen konsantrasyon değerlerinin bitki bünyesindeki konsantrasyonlar olduğu yorumu yapılabilir.

Kurşun konsantrasyonları bitkiler için 125-140 ppm değerlerinde zararlı olmaktadır. Çam ibrelerinin kurşun içeriğinin en fazla olduğu örnekler 1 ve 7 numaralı örneklerdir. 1 numaralı örnek, Karaçam (*Pinus nigra*) topluluğunun yol kenarına en yakın ağacından ve alt dallardan alınmıştır. 7 numaralı örnek ise Sahil çamı (*Pinus pinaster*) topluluğunun yol kenarına en yakın ağacından ve yolu bir şemsiye gibi örten dallardan alınmıştır. Pb içeriğinin en az bulunduğu 5 ve 11

numaralı örnekler ise yoldan sırasıyla 6-10 ve 5-8 m uzaklıktaki ağaçlardan alınmıştır. Bu durum göstermektedir ki yoldan uzaklaştıkça ve yoldan yükseklik arttıkça iğne yapraklardaki Pb içeriği azalmıştır. Tüm örnek alanlardan alınan numunelerden elde edilen konsantrasyon değerlerinin sınır değerlerin altında kaldığı görülmektedir. Bu durumda tüm örnek alanlarda Pb kirliliğinin olmadığı tespit edilmiştir.

Bitkilerde bakır için sınır değer 125-140 ppm olarak verilmektedir. İğne yaprakların Cu içeriğinin en yüksek olduğu değerler ise Karaçam (*Pinus nigra*) topluluğuna aittir. 1 numaralı örnek 13,28 mg/kg ile en yüksek Cu konsantrasyon değerine sahiptir. Bu örneğin lokasyonuna bakıldığında yola en yakın ağacın alt dallarından alındığı görülmektedir. Yapılan ölçüm sonuçları göstermektedir ki örnek alanlardan alınan iğne yaprakların Cu konsantrasyonları sınır değerleri aşmadığından kirlilik arz etmemektedir.

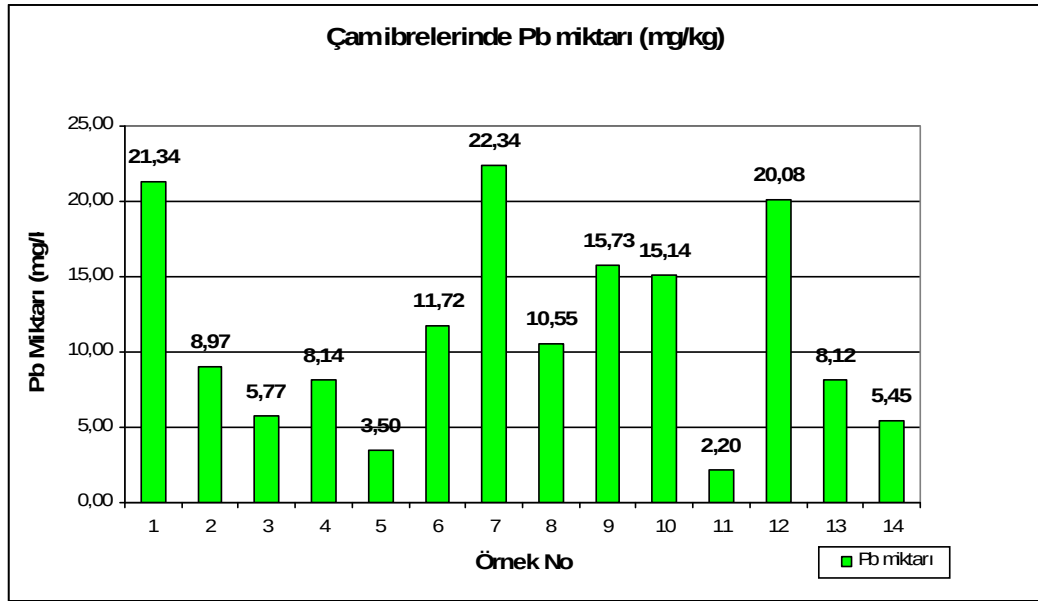
Nikel konsantrasyonu sınır değerleri bitkilerde 25-400 ppm olarak verilmektedir. Nikel konsantrasyonlarının hiçbir örnekte sınır değeri aşmadığı gözlenmiştir. Buna karşın en yüksek derişim 6, 50 mg/kg' la 4. örneğe aittir. Yapılan ölçümler, örnek alanlarda Ni kirliliği olmadığını göstermiştir.

Bitkilerde çinko için sınır değer 30 ppm olarak verilmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde çinko derişiminin tüm örneklerde sınır değerin altında olduğu görülmektedir. En yüksek değer 22 mg/kg ile 11 numaralı örneğe aittir. Diğer ölçümlerin aksine 11 numaralı örnek Sahil çamı (*Pinus pinaster*) örneklerinin yola en uzak olanıdır. Ancak buna rağmen Zn' nin çam iğne yaprakları için bir kirlilik oluşturmadığı ölçümler sonucu belirlenmiştir.

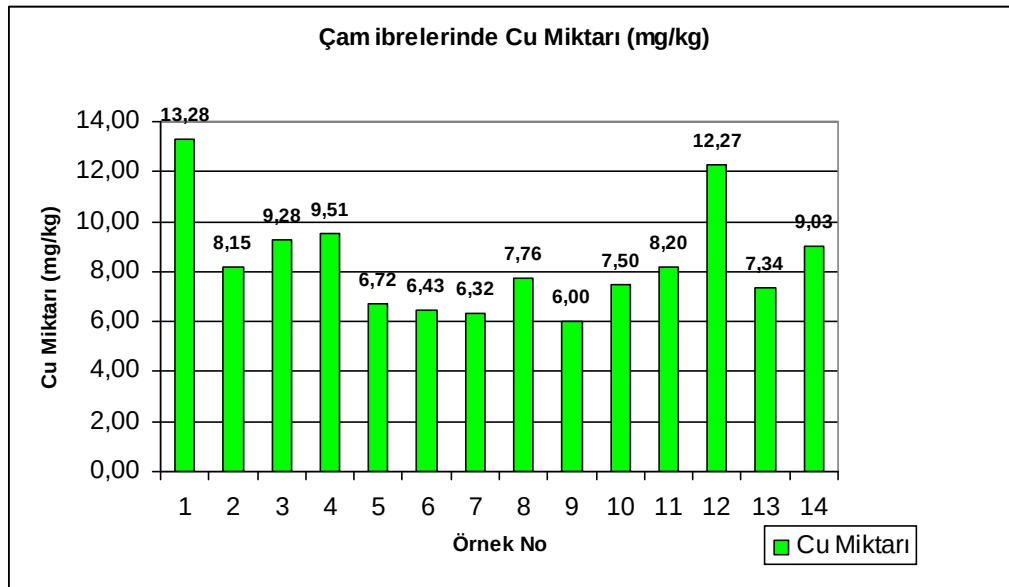
2-10 ppm kadmiyum derişimleri bitkiler için zararlı etkilere neden olmaktadır. Çalışma alanlarından alınan numuneler içinde en yüksek değer 1 ve 7 numaralı numunelere ait olup 1,75 ve 1,83 mg/kg dır. 1. örnek Karaçam (*Pinus nigra*) topluluğunun yola en yakın ağacının alt dallarından, 7 numaralı örnek ise Sahil çamı (*Pinus pinaster*) topluluğunun yolu şemsiye gibi örten bireyinden alınmıştır. Bu örneklerde Cd konsantrasyonunun sınır değerlere yaklaştığı gözlemlenmekle birlikte

tüm örnekler bakıldığında Cd sınır değerleri aşılmamış olup, Cd çam iğne yaprakları için kirlilik arz etmemektedir.

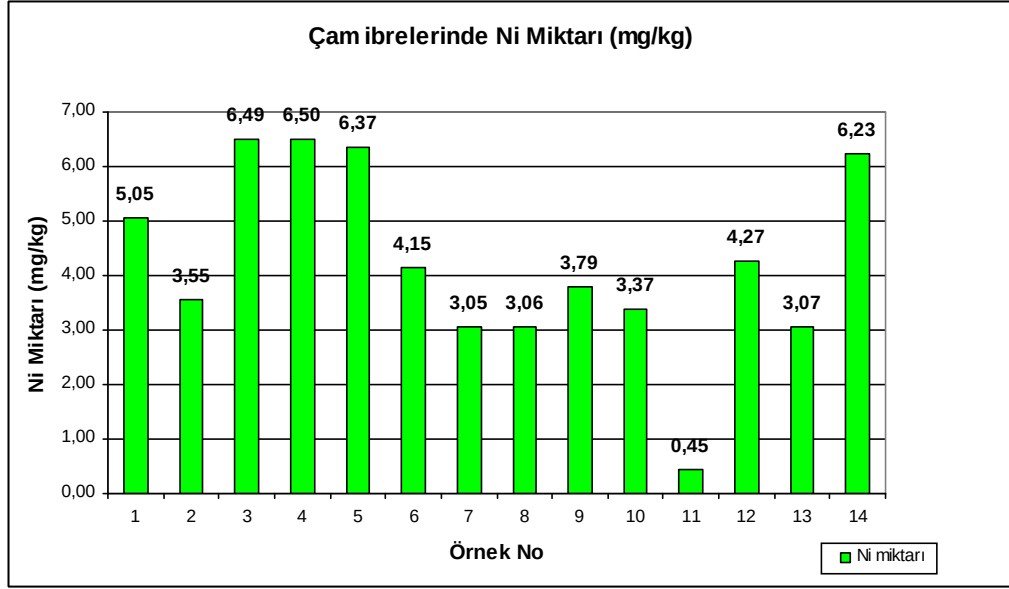
Krom bitkiler için 5-10 ppm konsantrasyonlarında zararlıdır. Ölçüm sonuçlarımıza göre çam ibrelerinde elde edilen en yüksek değer 21,35 mg/kg olan 7 numaralı örneğe aittir. Bu örneğin lokasyonuna bakıldığında Sahil çamı (*Pinus pinaster*) topluluğunun yolun üstünü şemsiye şeklinde örten ağaç dallarına ait olduğu görülür. Bununla birlikte Krom konsantrasyonlarının tüm örneklerde sınır değeri aştığı, sadece 5 ve 11 numaralı örneklerde sınır değeri aşmadığı gözlenmiştir. 5 ve 11. örneklerin lokasyon özellikleri ise yoldan en uzak ve en yüksek dallarda yer almalarıdır. Tüm iğne yapraklar için Krom miktarına bakıldığında kromun kirlilik arz ettiğini söylemek mümkündür.



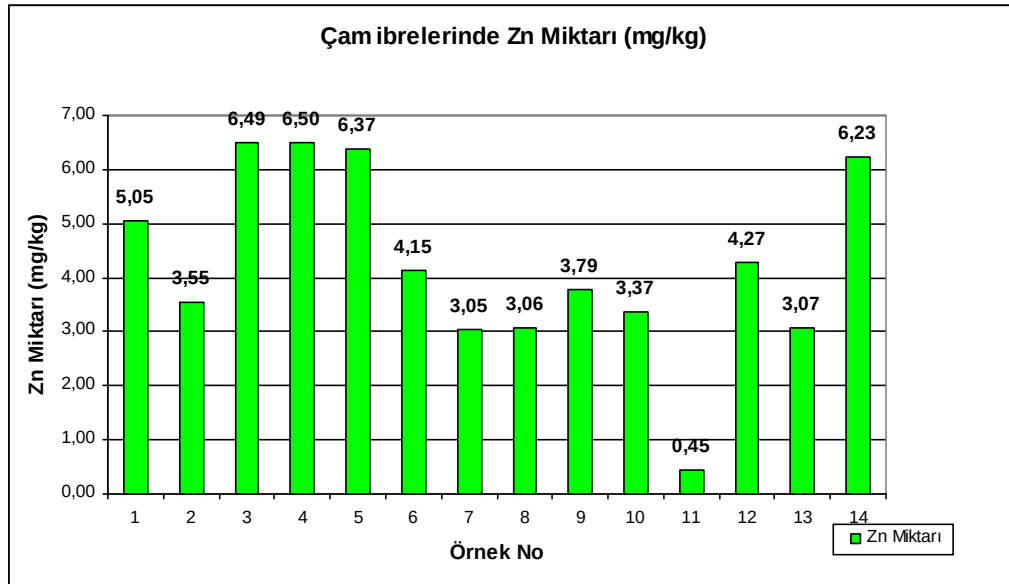
Grafik 4.1. İğne yapraklarda Pb analizi sonuçları (mg/kg)



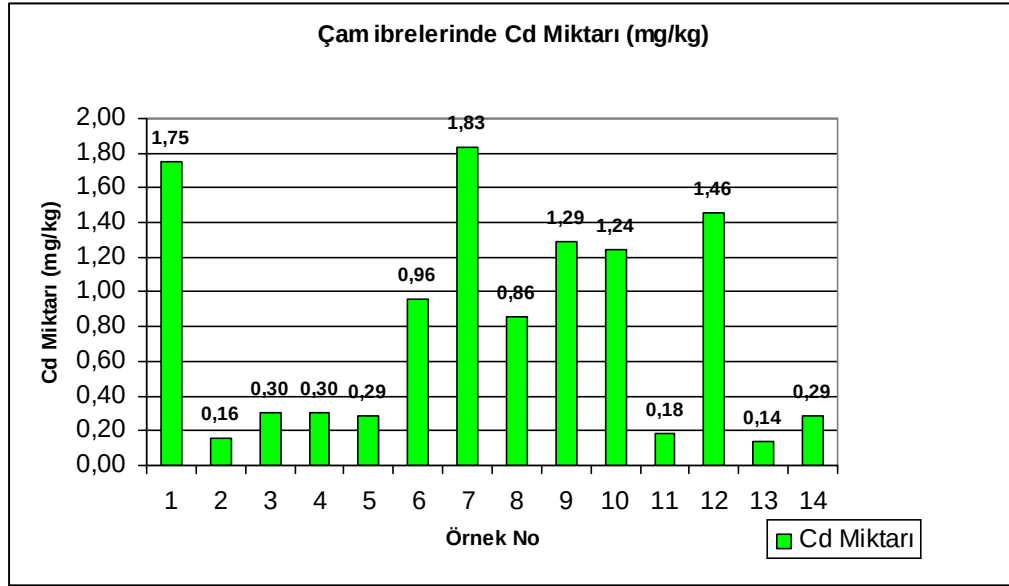
Grafik 4.2. İğne yapraklarda Cu analizi sonuçları (mg/kg)



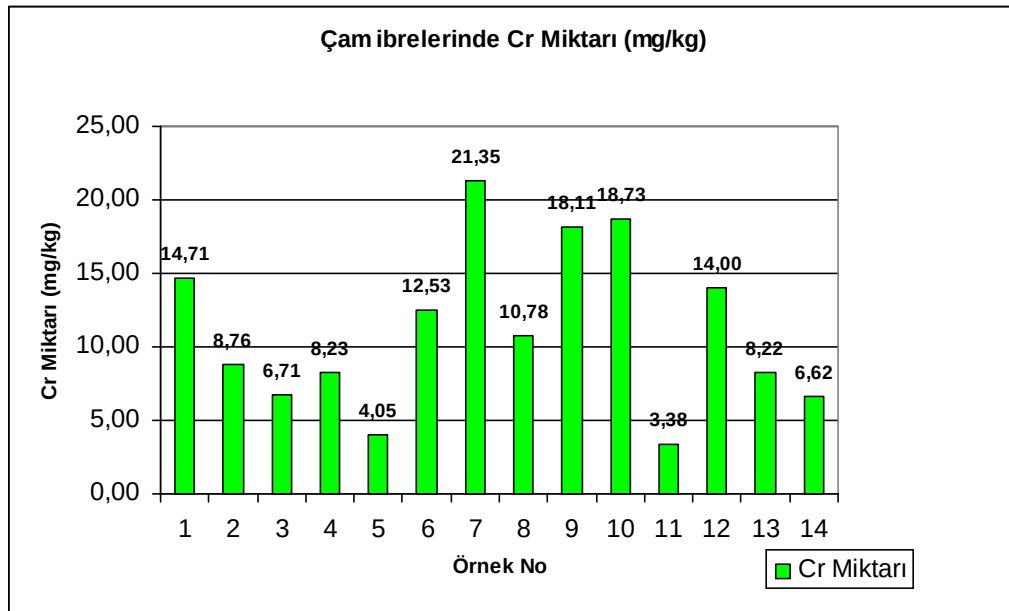
Grafik 4.3. İğne yapraklarda Ni analizi sonuçları (mg/kg)



Grafik 4.4. İğne yapraklarda Zn analizi sonuçları (mg/kg)



Grafik 4.5. İğne yapraklarda Cd analizi sonuçları (mg/kg)



Grafik 4.6. İğne yapraklarda Cr analizi sonuçları (mg/kg)

4.2. Toprak Örnekleri Analiz Sonuçları ve Yorumları

4.2.1. Nem İçeriği

Tablo 4.3. Toprak örneklerinin nem içeriği

Örnek No	Hava kurusu ağırlık (g)	105 C ^o kurutulmuş ağırlık (g)	Ağırlık kaybı (g)	Nem İçeriği (%)
1	5,0049	4,8535	0,1514	3,0250355
2	5,0680	4,9048	0,1632	3,2202052
3	5,1690	4,9773	0,1917	3,7086477
4	5,0152	4,9053	0,1099	2,1913383
5	5,0810	4,9688	0,1122	2,2082267
6	5,0420	4,8805	0,1615	3,203094
7	5,1250	5,0249	0,1001	1,9531707
8	5,1044	5,0342	0,0702	1,3752841
9	5,0400	4,7990	0,2410	4,781746
10	5,1150	4,9763	0,1387	2,7116325
Ortalama				2,74227

4.2.2. Ağır Metal İçeriği

Tablo 4.4. Toprak örneklerinin ağır metal içerikleri

Örnek No	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)
1	77,50	42,50	21,34	390,00	0,75	62,00
2	102,50	75,06	19,93	178,00	0,80	57,00
3	110,46	71,22	18,61	326,00	0,47	49,29
4	41,36	30,86	14,15	72,00	0,20	28,40
5	37,54	30,42	11,64	246,00	0,18	21,00
6	49,76	70,68	18,94	114,00	0,25	32,18
7	172,16	215,40	21,52	194,00	0,34	46,70
8	110,24	110,66	23,86	340,00	0,52	36,82
9	149,28	224,44	30,40	648,00	0,82	63,33
10	65,50	58,38	21,36	114,00	0,37	29,80
Ortalama	91,63	92,96	20,18	262,20	0,47	42,65

Kurşun konsantrasyonlarının topraklarda sınır değeri 300 mg/kg' dır [37], [38]. Ölçümlerimiz sonucu elde edilen en yüksek değer 172 mg/kg' la 7. örneğe aittir. Bunun nedeni 7. örneğin Kireçburnu-Sarıyer yönündeki Kefeliköy trafik ışıklarının bulunduğu yerdeki yol tozlarından alınmış olması ve yola yakınlığının 0 m olmasıdır. Diğer tüm örneklerde bulunan derişim değerleri sınır değerlerin altındadır. Bu durum gösterir ki Pb konsantrasyonları kirlilik arz edecek düzeyde değildir.

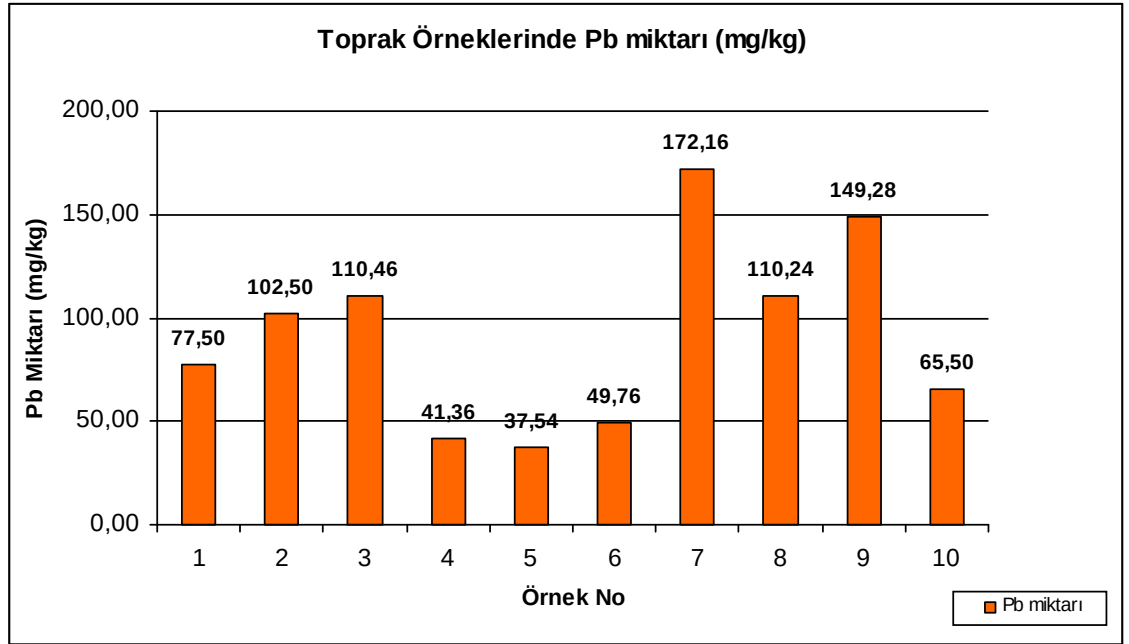
Bakır için topraktaki sınır değeri, Fergusson (1990)' a göre 20 mg/kg [37], Toprak kirliliği kontrol yönetmeliğine göre ise 50-140 mg/kg olarak verilmektedir [38]. Bulunan en yüksek değer 224,44 mg/kg ile 9. örneğe aittir. 9 nolu örnek, Sarıyer-Levent yönü, Orman Yurdu trafik ışıklarının 100m ilerisinden, yolu ikiye ayıran orta refüjden alınmıştır. Dolayısıyla yolun hem gidiş hem de geliş yönü trafiğinden etkilendiği söylenebilir. Bakır derişimlerinin tüm örneklerde sınır değerleri aştığı gözlenmektedir. Bu sonuçlardan hareketle bakırın kirlilik oluşturduğu yorumu yapılabilir.

Toprakta nikel derişimleri için sınır değeri 30-75 mg/kg olarak verilmektedir [38]. Bu değerin hiçbir örnekte aşılmadığı, en yüksek değerin ise 30, 40 mg/kg' la 9. örneğe ait olduğu görülmektedir.

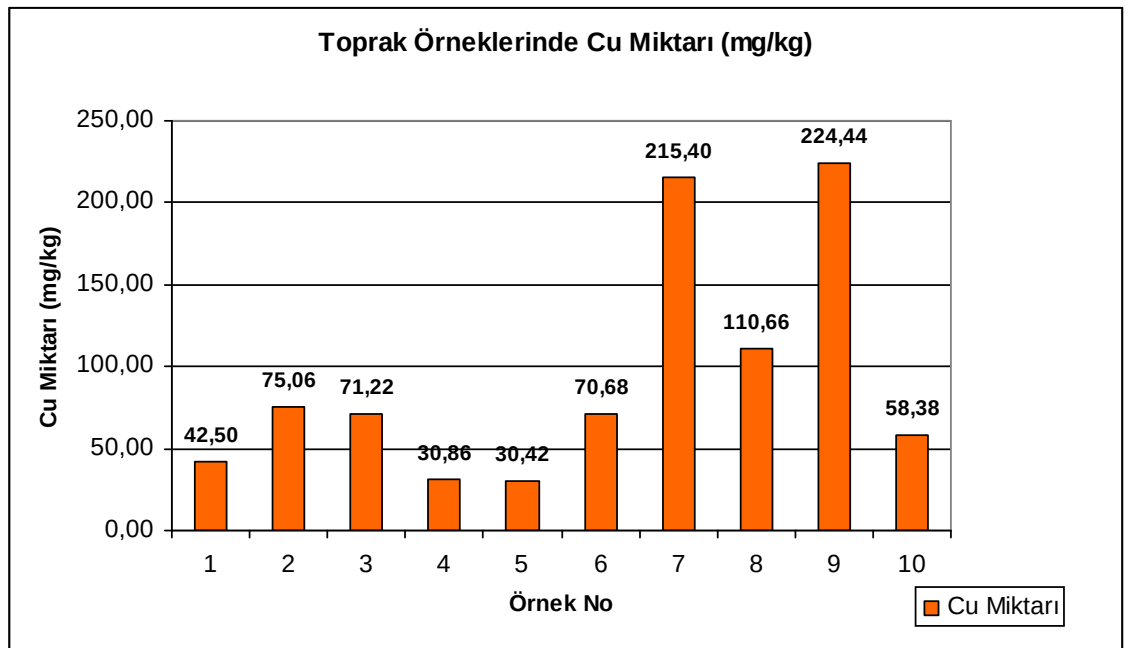
Topraklarda çinko için sınır değeri 150-300 mg/kg olarak bulunmaktadır [37], [38]. En yüksek değeri 648 mg/kg ile 9. örneğe aittir. Bunun yanı sıra sınır değeri 1,3 ve 8. örneklerde de aşılmıştır. Diğer örneklerde ise sınır değerler aşılmamıştır.

Toprakta kadmiyum için sınır değeri 1-3 mg/kg olarak verilmiş ve hiçbir örnekte bu değeri aşılmamıştır [37], [38]. Kadmiyum miktarı 0,18 mg/kg ile en düşük 5. örnekte, 0,82 mg/kg ile en yüksek 9. örnekte ölçülmüştür. Ancak kadmiyum konsantrasyonları toprak örneklerimizde kirlilik arz etmemektedir.

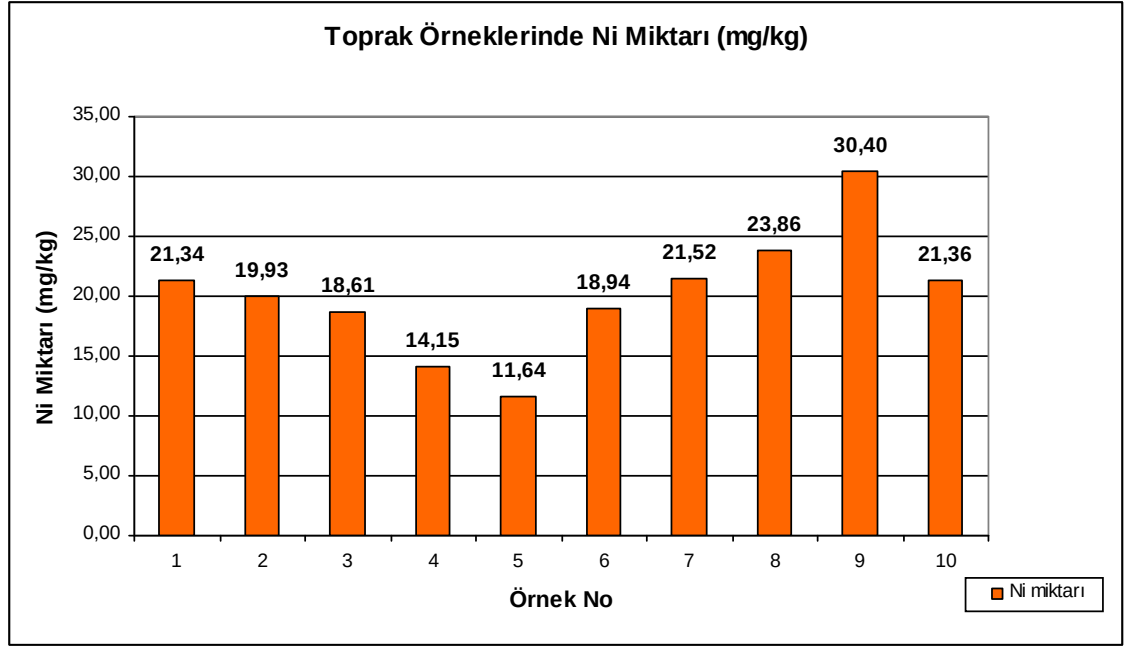
Krom' un topraklar için sınır değeri 100 mg/kg' dır [37], [38]. Toprakta krom değerleri yine bütün örneklerimizde sınır değerlerin altında bulunmuş, en yüksek değeri 63,33 mg/kg ile 9. örneğe ait olduğu görülmüştür. Ölçüm sonuçlarımıza göre kromun da topraklarımız için kirlilik oluşturmadığı gözlenmiştir.



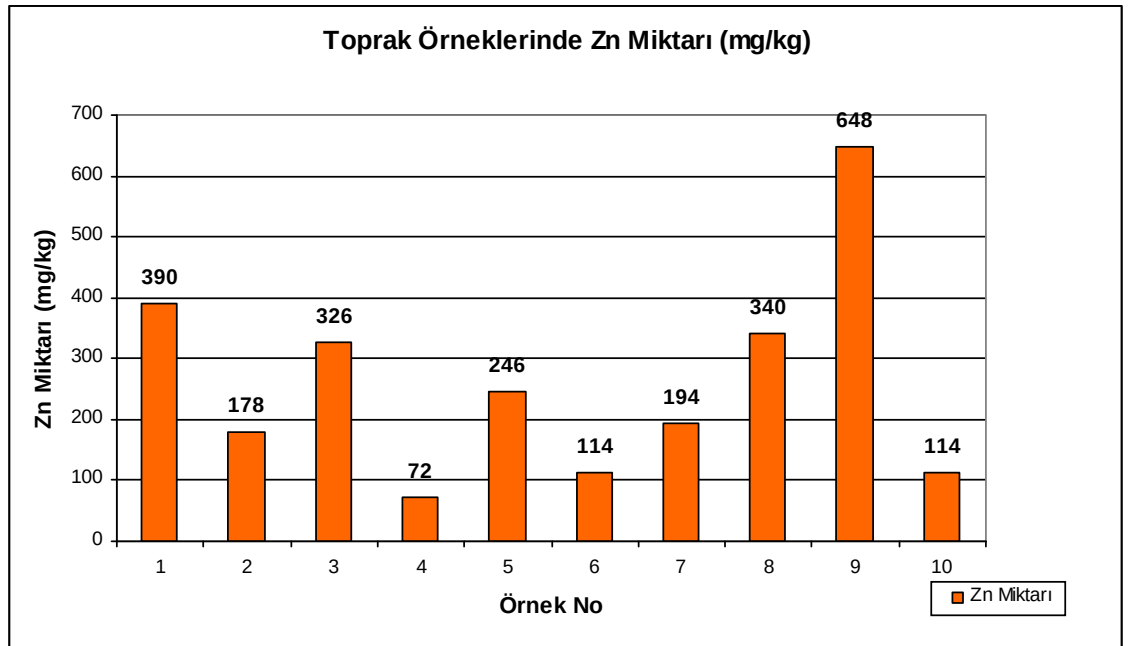
Grafik 4.7. Toprak örneklerinde Pb analizi sonuçları (mg/kg)



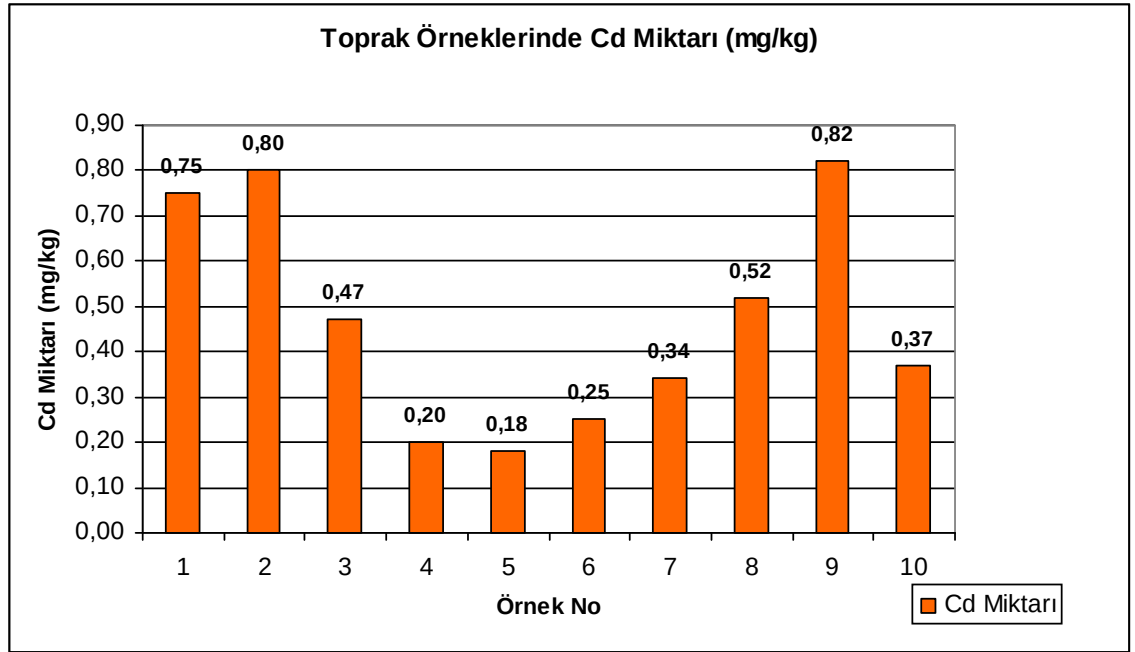
Grafik 4.8. Toprak örneklerinde Cu analizi sonuçları (mg/kg)



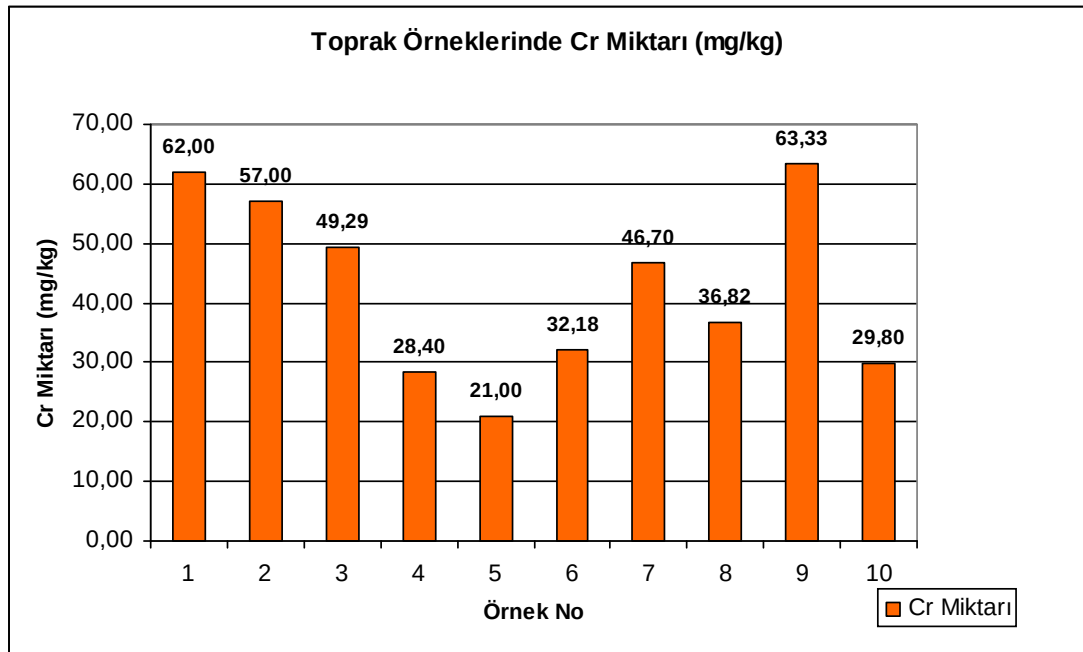
Grafik 4.9. Toprak örneklerinde Ni analizi sonuçları (mg/kg)



Grafik 4.10. Toprak örneklerinde Zn analizi sonuçları (mg/kg)



Grafik 4.11. Toprak örneklerinde Cd analizi sonuçları (mg/kg)



Grafik 4.12. Toprak örneklerinde Cr analizi sonuçları (mg/kg)

4.3. Çim Örnekleri Analiz Sonuçları ve Yorumları

Otoyol kenarlarındaki çimler 15 günde bir biçilerek kompost gübre şeklinde değerlendirilmektedir. Bu 15 günlük süreler ağır metal birikimi için yeterli olmayabilir. Esasen çim örneklerinde yapılan ağır metal analizlerinde, ağır metal konsantrasyonlarının oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Düşük konsantrasyonlar, maruziyet süresinin azlığından kaynaklanmış olmalıdır.

4.3.1. Ağır Metal İçeriği

Tablo 4.5. Çim örneklerinin ağır metal içerikleri

Örnek No	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)
1	4,69	58,84	4,61	126	0,21	4,36
2	2,65	37,04	6,19	84	0,25	2,05
3	1,92	27,42	3,39	70	0,27	0,83
4	3,46	27,14	1,14	74	0,18	1,01
5	1,05	19,08	1,32	76	0,52	1,66
6	1,84	41,84	1,40	112	0,32	1,70
7	3,86	27,56	1,70	50	0,34	2,48
8	2,19	27,48	2,20	86	0,36	1,50
9	1,30	26,96	0,83	62	0,90	0,77
10	4,28	37,00	1,92	80	0,19	2,34
Ortalama	2,72	33,04	2,47	82,00	0,35	1,87

Kurşun konsantrasyonları bitkiler için 125-140 ppm değerlerinde zararlı olmaktadır. Çim örneklerimizde kurşun içeriğinin en fazla olduğu örnek 4,69 mg/kg' la 1 numaralı örnektir. Bu örnek Büyükdere Caddesi - 4. Levent Sanayi Mahallesi girişinden alınmıştır. Tüm örnek alanlarından alınan numunelerden elde edilen Pb konsantrasyonlarının, sınır değerlerin oldukça altında olduğu görülmektedir. Bu

durumda tüm örnekleme alanlarında Pb kirliliğinin olmadığı ve buralardan elde edilen çim biçme atıklarının kompost gübre olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Bitkilerde bakır için sınır değeri 125-140 ppm olarak verilmektedir. Çim örneklerinin Cu içeriğinin en yüksek olduğu örnek ise 1 numaralı örnektir. 58,84 mg/kg Cu konsantrasyonuna sahip olan örnek yine 4. Levent Sanayi Mahallesi girişinden alınmıştır. Yapılan ölçüm sonuçları göstermektedir ki örnek alanlardan alınan bitkilerin Cu konsantrasyonları sınır değerleri aşmadığından kirlilik arz etmemektedir ve buralardan elde edilen çim atıkları da kompost gübre olarak kullanılabilir.

Nikel konsantrasyonu sınır değerleri bitkilerde 25-400 ppm olarak verilmektedir. Nikel konsantrasyonlarının hiçbir örnekte sınır değeri aşmadığı gözlenmiştir. Buna karşın en yüksek derişim 6, 19 mg/kg' la Esenler' den alınan 2. örneğe aittir. Yapılan ölçümler, örnek alanlarda Ni kirliliği olmadığını ve buralardan elde edilen çim atıklarının kompost gübre olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir.

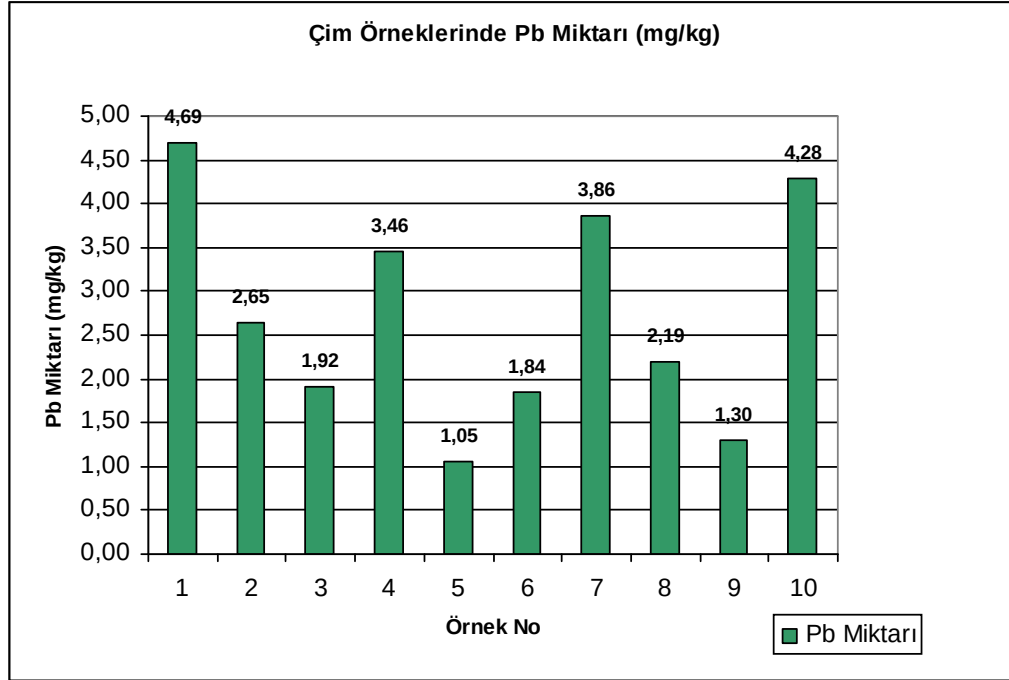
Bitkilerde çinko için sınır değeri 30 ppm olarak verilmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde çinko derişiminin diğer ağır metallerin aksine, tüm örneklerde sınır değerin üstünde olduğu görülmektedir. En yüksek değeri 126 mg/kg ile 1 numaralı örneğe aittir. Sonuçlardan hareketle Zn' nin örnek alanlardan aldığımız çimler için kirlilik oluşturduğu belirlenmiştir. Bu nedenle yüksek Zn konsantrasyonuna karşı duyarlı bitkilerde bu alanlardan elde edilen çim atıklarının kompost gübre olarak kullanılmasının doğru olmayacağı düşünülmektedir.

2-10 ppm kadmiyum derişimleri bitkiler için zararlı etkilere neden olmaktadır. Çalışma alanlarından alınan numuneler içinde en yüksek değeri Vatan Caddesinden alınan 9 numaralı örneğe ait olup 0,90 mg/kg dır. Bu örnekte Cd konsantrasyonunun sınır değerlere yaklaştığı gözlemlenmekle birlikte tüm örneklere bakıldığında Cd sınır değerleri aşılmamış olup, Cd çimler için kirlilik arz etmemektedir.

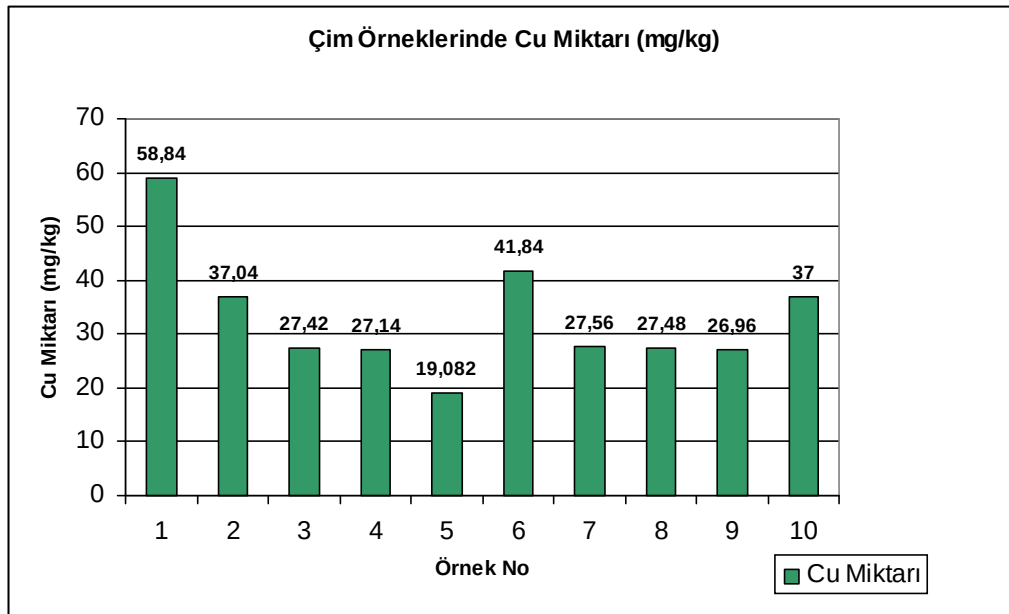
Krom bitkiler için 5-10 ppm konsantrasyonlarında zararlıdır. Ölçüm sonuçlarımıza göre çimlerde elde edilen en yüksek değeri 4,36 mg/kg olarak 1

numaralı örneğe aittir. Bu örneğin lokasyonuna bakıldığında yine 4. Levent Sanayi Mahallesi girişinden alındığı görülür. Tüm çim örnekleri için Krom miktarına bakıldığında kromun kirlilik arz etmediğini ve kompost gübre olarak kullanılabileceğini söylemek mümkündür.

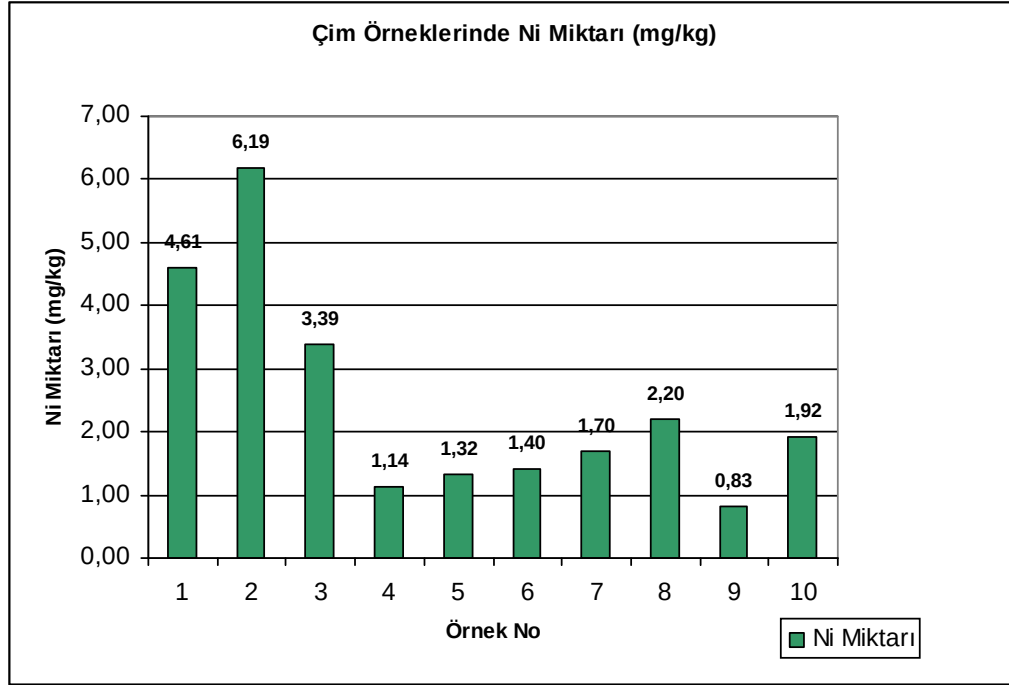
Genel olarak sonuçlara bakıldığında Krom hariç diğer ağır metallerin örnek alanlarımızdan alınan çimlerde zararlı konsantrasyonlarda olmadıkları görülmüştür. Ancak çim örnekleri için yorum yaparken, örneklerin alındığı alanlardaki çimlerin yaklaşık 15 günde bir belediye ekipleri tarafından biçildiği ve bu nedenle geçen sürenin ağır metal birikimini tespit edecek kadar yeterli olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.



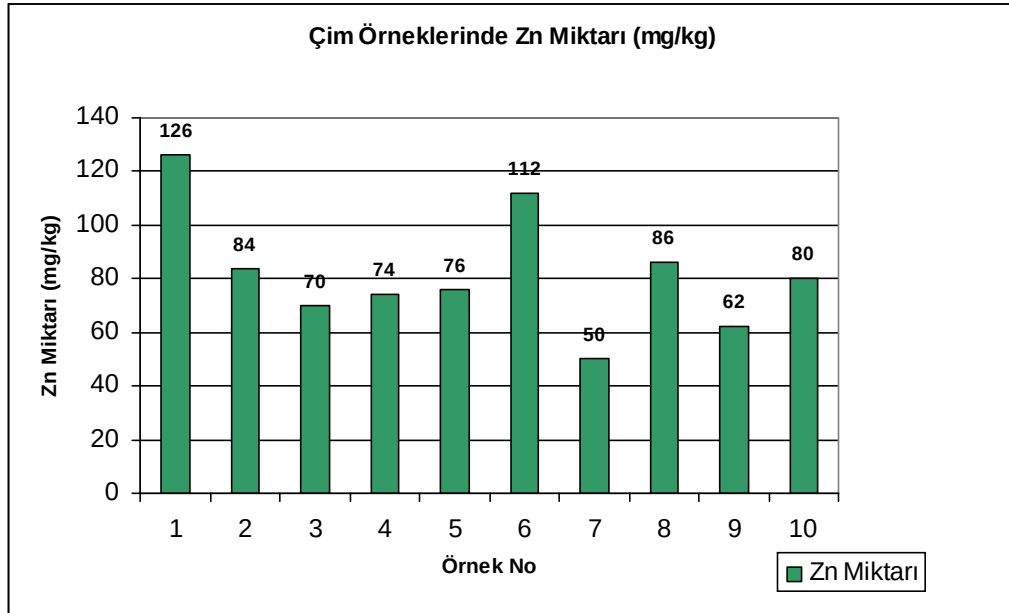
Grafik 4.13. Çim örneklerinde Pb analizi sonuçları (mg/kg)



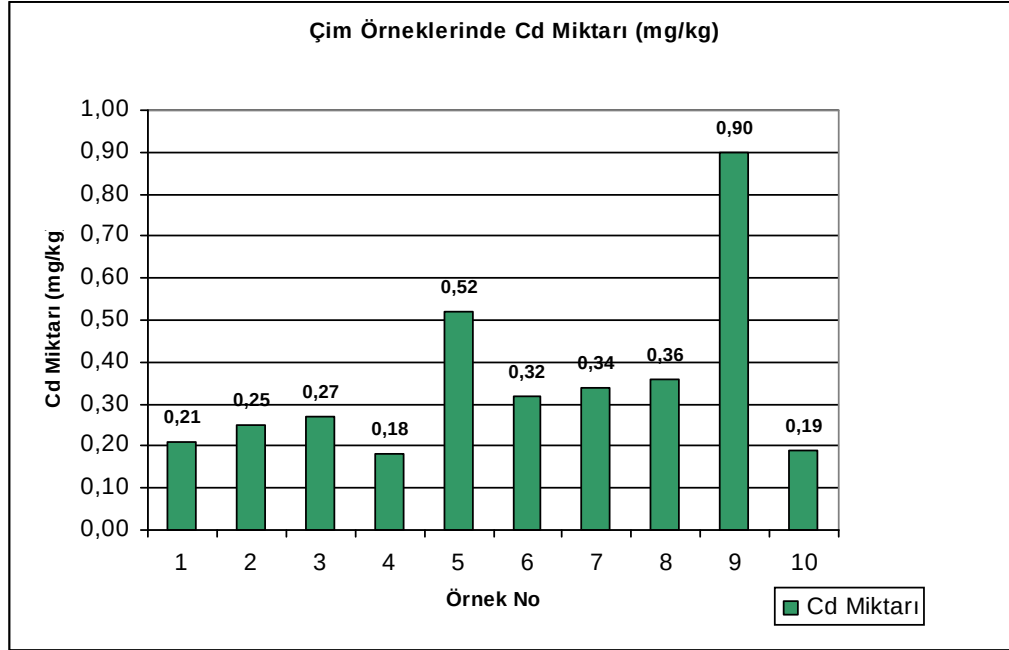
Grafik 4.14. Çim örneklerinde Cu analizi sonuçları (mg/kg)



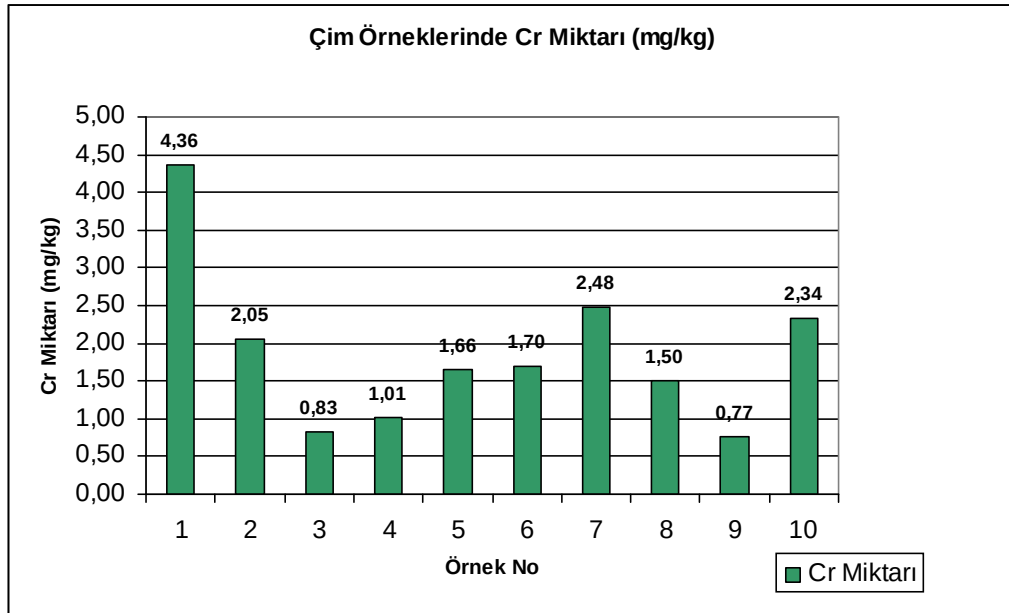
Grafik 4.15. Çim örneklerinde Ni analizi sonuçları (mg/kg)



Grafik 4.16. Çim örneklerinde Zn analizi sonuçları (mg/kg)



Grafik 4.17. Çim örneklerinde Cd analizi sonuçları (mg/kg)



Grafik 4.18. Çim örneklerinde Cr analizi sonuçları (mg/kg)

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

İstanbul ilinde trafik kaynaklı ağır metal kirliliğini araştıran Bayçu ve diğerlerinin 2003 yılında yapmış olduğu çalışmadaki bulgulara göre toprakta ortalama kurşun miktarı 209, 5 mg/kg' dır [45]. Sezgin ve diğerleri 2002 yılında yapmış oldukları çalışmada E-5 otoyolunda kurşun konsantrasyonunu ortalama 185,84 mg/kg olarak bulmuşlardır [21]. Yine 2004 yılında Kök Yetimoğlu ve diğerlerinin [29] Pendik-Levent arasında yol tozu ve toprak örneklerinde yapmış olduğu çalışmada Pb konsantrasyonu 368, 3 µg/g bulunmuştur. Bu çalışmada bulunan ortalama kurşun konsantrasyonu ise 91,63 mg/kg' dır.

Mert' in [39] 2003 yılında Çamlıca-Sakarya otoyolları arasında yapmış olduğu çalışmada çeşitli bitkilerdeki Pb konsantrasyonu 10, 41 mg/kg bulunmuştur. Bayçu' nun [45] çalışmasında ibrelerdeki (iğne yapraklardaki) kurşun konsantrasyonunun 58,6-84,9 mg/kg arasında olduğu gözükmemektedir. Bu çalışmada ise iğne yapraklardaki ortalama kurşun konsantrasyonunun 11,40 mg/kg olduğu gözükmemektedir. Bu sonuçlar; kurşun miktarında Bayçu (2003)' ya göre gözle görülür bir azalma olduğunu göstermektedir [45].

Örnek verilen diğer çalışmaların 2004 yılından önce yapıldığı göz önüne alınırsa bu tarihte kurşunun henüz benzinden çıkarılmadığı, kurşunlu benzinin kullanımda olduğu, bu nedenle de yapılmış olan ölçümlerde kurşun miktarının fazla olduğu yorumu yapılabilir.

Bu karşılaştırmalarda özellikle 2004 yılından sonra Türkiye' de benzinden kurşunun çıkartılması, Pb miktarındaki önemli azalmanın en tipik sebebidir. Türkiye' de satılan benzinlerde Pb katkısının kullanılmaması yoğun trafik yükü altındaki yerlerde bile kurşun kirliliğini önemli ölçüde azaltmıştır.

Yine topraktaki ortalama kadmiyum konsantrasyonu Sezgin (2002)' in çalışmasında 2,32 mg/kg [21], Bayçu (2006)' nun çalışmasında 0,46 mg/kg [12], Kök Yetimoğlu (2004)' na göre ise 0,3 µg/g [29], bulunmuş olup yapılan analizler

sonucu ortalama kadmiyum konsantrasyonu 0,47 mg/kg bulunmuştur. Topraktaki kadmiyum konsantrasyonunun 2003 yılına göre bir değişim göstermediği yorumu yapılabilir. İbrelerdeki (iğne yapraklardaki) ortalama kadmiyum konsantrasyonu Bayçu (2003)' ya göre 0,15-0,22 mg/kg [45] arasında iken bu çalışmada ortalama 0,83 mg/kg' dır. Sonuç olarak çam iğne yapraklarında yaptığımız ölçümler sonucu kadmiyum miktarında artış gözlenmektedir. Önder ve diğerlerinin 2007 yılında Konya' da yaptığı çalışmada kadmiyum konsantrasyonu 0,19 ppm bulunmuştur [25]. Bu çalışmada ise kadmiyum konsantrasyonu çim örneklerinde ortalama 0,35 mg/kg bulunmuştur. Bu değerin Konya' da yapılan çalışmada bulunan konsantrasyonun üstünde olduğu görülmektedir.

Toprak ve yol tozlarında bakır konsantrasyonu, Sezgin (2002)' in çalışmasına göre ortalama 122,37 mg/kg [21], Kök Yetimoğlu (2004)' na göre 191,1 µg/g [29] bulunmuştur. Topraklardaki bakır konsantrasyonu yapılan ölçümler sonucu ortalama 92,96 mg/kg olarak bulunmuştur. Önder ve diğerleri (2007)' ne göre çim örneklerindeki bakır konsantrasyonu 10,69 ppm [25], bulunurken bu çalışmada 33,04 mg/kg olduğu ve Konya' da bulunan değerlerin çok üzerinde olduğu görülmektedir.

Nikel konsantrasyonu toprak örnekleri için Sezgin (2002)' in çalışmasında 31,52 mg/kg [21], Kök Yetimoğlu (2004)' na göre 27,1 µg/g olarak verilmiş [29], burada ortalama 20,18 mg/kg bulunmuştur. Diğer çalışmalara bakıldığında nikel konsantrasyonunda düşüş olduğu görülmektedir.

Çinko konsantrasyonu Sezgin (2002)' e göre 520,81 mg/kg [21], Kök Yetimoğlu (2004)' na göre 431,2 µg/g [29], yapılan ölçümler sonucu ise ortalama 262, 20 mg/kg bulunmuştur. Bu çalışmada, çinko konsantrasyonunun diğer çalışmalardakinden düşük olduğu görülebilir.

Önder ve diğerlerinin çalışmasına göre çim örneklerinde krom miktarı 27,51 ppm [25] bulunurken bu çalışmada ortalama 4,36 mg/kg olarak bulunmuştur. Bu değerin Konya' da bulunan değerin çok altında olduğu görülmektedir.

Ayrıca Konya’ da yapılan çalışmaya göre çim ve toprak örneklerindeki Pb, Cu, Zn, Co, Cr, V, Cd ve Ni ağır metal konsantrasyonları 2004 yılında 2003 yılı değerlerinden yüksek bulunmuştur.

Birch ve diğerlerinin 2006 yılında Avustralya’ da yol tozlarında yapmış olduğu çalışmaya göre çinko konsantrasyonu 523 µg/g iken [35] analizler sonucu ortalama 648,00 mg/kg’ dır.

Gautam ve diğerleri tarafından 2005 yılında Nepal’ de, çeşitli bitki yapraklarında yapılan bir çalışmada Zn konsantrasyonu 195.2 ppm, Cu 41.5 ppm, Pb 38.4 ppm, Ni 8.1 ppm, Cr 6.4 ppm ve Cd 1.2 ppm [34] bulunurken bu çalışmada sırasıyla ortalama 7,36 mg/kg, 8,10 mg/kg, 11,40 mg/kg, 4,17 mg/kg, 11,58 mg/kg ve 0,83 mg/kg bulunmuştur. Görüldüğü gibi İstanbul’ da yapılan çalışmada Cr konsantrasyonu Nepal’ dekinden daha yüksek çıkmıştır ancak diğer ağır metal konsantrasyonları düşüktür.

Ayrıca bu çalışmada çam iğne yapraklarının yıkanmış örneklerindeki ağır metal konsantrasyon değerleriyle yıkanmamış örneklerin konsantrasyon değerleri arasında çok fark olmadığı görülmektedir.

Motorlu taşıtlardaki ağır metal kaynaklarına bakıldığında, kurşunun aşınmış lastik tozu, motor ve gres yağı, rulman aşınmalarından; çinkonun aşınmış lastik tozları, motor ve gres yağı, fren balata tozları, paslı ve çürümüş parçalardan; bakırın rulman aşınması, motor parçaları, fren balata tozları; kadmiumun aşınmış lastik tozları, yakıtlar, aküler; kromun klima, motor parçaları, fren balata tozları; nikelin dizel yakıt ve benzin, motor yağları, fren balata tozlarından geldiği görülmektedir.

Sonuç olarak, kurşunsuz benzin kullanımıyla kurşun kirliliğinin azaldığı ancak İstanbul gibi bir metropolitanda geçmiş yıllara göre artan trafik yükü sonucu diğer ağır metal emisyonlarında bir artış olduğu yorumu yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] A. Rether, *Entwicklung und Charakterisierung wasserlöslicher Benzoylthioharnstoff-funktionalisierter Polymere zur selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwässern und Prozesslösungen*, Doktora Tezi, Münih Teknik Üniveristesi, 2002
- [2] A. Dülgeroğlu, “*Trafik ve Çevre Etkisi*”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri A.B.D.
- [3] J.H. Duffus, H. G. J. Worth, “*Fundamental toxicology for chemists*”, Cambridge, UK Royal Society of Chemistry Information Services, c1996.
- [4] 8. European Commission DG ENV. E3 Project ENV.E.3/ETU/2000/0058, “*Heavy Metals in Waste*” February 2002, Danimarka.
- [5] <http://www.inchem.org> “*Trace Elements in Human Nutrition And Health*” World Health Organization Geneva 1996
- [6] W. Mertz, “*Trace Elements in Human And Animal Nutrition-15th Edition*” Academic Press, Volume 1, 1987.
- [7] Ö. Kahvecioğlu, G. Kartal, A. Güven ve S. Timur, “*Metallerin Çevresel Etkileri-I*”, İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 2004
- [8] G. Kartal, A. Güven, Ö. Kahveciolu ve S. Timur, “*Metallerin Çevresel Etkileri-II*”, İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 2004
- [9] F. Habashi, “*Handbook of Extractive Metallurgy*”, Vol. 2, WILEY-VCH, Germany, 1997

- [10] 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, 2000.
- [11] W. Küchler, C. H. Verlag, “*Chemische Technology*”, Band 4, Wien 1986.
- [12] G. Baycu, D. Tolunay, H. Ozden, S. Gunebakan, “*Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul*” *Environmental Pollution*, 143 (3): 545-554, 2006
- [13] E. Merian, “*Metalle in der Umwelt*”, Verlag Chemie, Weinheim, Basel, 2001
- [14] S. Miko, G.Durn, L. Palinkaš, N. R. Mashyanov, Y. T. Ilyin, K. Namjesnik, “*Distribution of mercury and aerosols of lead and cadmium in the atmosphere of Zagreb*”, *Min. Metallurgy Quarterly*, Ljubljana 40, 0035-9645 Volume: 40, Year: 1992, Pages: from 369 to 387, Number of references: 31, Language: engleski
- [15] S. Goyal and S K Mittal, “*Studies on suspended particulate matter in ambient air of an industrial area*”, *Indian J Environ Protection*, Thapar University, 15 (11) (1995)
- [16] I. Maiz, I. Arambarri, R. Garcia and E. Millán, “*Evaluation of heavy metal availability in polluted soils by two sequential extraction procedures using factor analysis*”, Departamento de Química Aplicada, Química Analítica, Facultad de Químicas, Universidad del País Vasco, Apdo. 1072, 20080 San Sebastián, Spain
- [17] P. Das, S. Samantaray, GR. Rout, “*Studies on cadmium toxicity in plants: a review*”, *Environ. Pollution* 98:29-36. (1997)
- [18] J. Nyamangara, J. Mzezewa, “*The effect of long-term sewage sludge application on Zn, Cu, Ni and Pb levels in a clay loam soil under pasture*

grass in Zimbabwe” Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 73, Number 3, May 1999 , pp. 199-204(6)

- [19] I. Dimopoulos, J. Chronopoulos, A. Chronopoulou-Sereli and S . Lek, "*Neural network models to study relationships between lead concentration in grasses and permanent urban descriptors in Athens city (Greece)*", Ecological Modelling, volume: 120, 17 August 1999, pages 157-165(9)
- [20] R. Garcia, I. Maiz, E. Millan, "*Heavy Metal Contamination Analysis of Roadsoils and Grasses from Gipuzkoa (Spain)*", Environmental Technology, Volume 17, Number 7, 1 July 1996, pp. 763-770(8)
- [21] N. Sezgin, H. K. Ozcan, G. Demir, S. Nemlioglu, C. Bayat, "*Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway*" Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Istanbul University, 34850 Avcilar, Istanbul, Turkey Received 28 November 2002; accepted 10 March 2003
- [22] S. Madyiwa, M. J. Chimbari and F. Schutte, "*Lead and cadmium interactions in Cynodon nlemfuensis and sandy soil subjected to treated wastewater application under greenhouse conditions*" Department of Chemical Engineering, University of Pretoria, South Africa University Lake Kariba Research Station, P.O. Box 48, Kariba, Zimbabwe, 30 September 2004.
- [23] F. O. Kocaer, H. S. Başkaya, "*Metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde uygulanan teknolojiler*", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, cilt 8, sayı 1, 2003
- [24] S. O. Fakayode, B. I. Olu-Owolabi, "*Effect of mineral and organic fertilizers on the status of Cd, Pb and Zn in soils, and their bioaccumulation by food crops in Nigeria*" Recent research developments in chemistry, Vol. 1 – 2003, vol. 1, 2003, pp. 79-91, [Note(s): [180 p.]] [Document: 13 p.] (49 ref.) ISBN 81-271-0029-3; Research Signpost, Trivandrum, INDE (2003)

- [25] S. Onder, S. Dursun, S. Gezgin, A. Demirbas, “*Determination of Heavy Metal Pollution in Grass and Soil of City Centre Green Areas (Konya, Turkey)*”, Polish Journal of Environmental Studies Vol. 16, No. 1 (2007), 145-154
- [26] N. S. Duzgoren-Aydin, X. D. Li and S. C. Wong, “*Lead contamination and isotope signatures in the urban environment of Hong Kong*”, Environment International, Volume 30, Issue 2, April 2004, Pages 209-217
- [27] M. Urbat, E. Lehndorff and L. Schwark, “*Biomonitoring of air quality in the Cologne conurbation using pine needles as a passive sampler—Part I: magnetic properties*”, Atmospheric Environment, Volume 38, Issue 23, July 2004, Pages 3781-3792
- [28] T. Naszradi, A. Badacsonyi, N. Németh, Z. Tuba and F. Bati, “*Zinc, Lead and Cadmium Content in Meadow Plants and Mosses Along the M3 Motorway (Hungary)*”, Journal of Atmospheric Chemistry, Volume 49, Numbers 1-3 / November, 2004, Pages 593-603, Thursday, March 03, 2005
- [29] E. Kök Yetimoğlu, Ö. Ercan, K. Tosyalı, “*Heavy Metal Contamination in Street Dusts of Istanbul (Pendik to Levent) E-5 Highway*”, Marmara University, Faculty of Science and Letters, Department of Chemistry, 34722 Göztepe, Istanbul, Turkey
- [30] A. Levent Tuna, “*Muğla bölgesindeki termik santrallerden kaynaklanan kirlilik üzerine araştırmalar*”, Muğla Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Muğla – 2005
- [31] T. Prohaska, W.W. Wenzel and G. Stingeder, “*ICP-MS-based tracing of metal sources and mobility in a soil depth profile via the isotopic variation of Sr and Pb*”, International Journal of Mass Spectrometry, Volume 242, Issues 2-3, 1 April 2005, Pages 243-250

- [32] M. L. Bosco, D. Varrica and G. Dongarrà, “*Case study: Inorganic pollutants associated with particulate matter from an area near a petrochemical plant*”, Environmental Research, Volume 99, Issue 1, September 2005, Pages 18-30
- [33] C. Samara and D. Voutsas, “*Size distribution of airborne particulate matter and associated heavy metals in the roadside environment*”, Chemosphere, Volume 59, Issue 8, May 2005, Pages 1197-1206
- [34] P. Gautam, U. Blaha and E. Apel, “*Magnetic susceptibility of dust-loaded leaves as a proxy of traffic-related heavy metal pollution in Kathmandu city, Nepal*”, Atmospheric Environment, Volume 39, Issue 12, April 2005, Pages 2201-2211
- [35] G. F. Birch, A. Scollen, “*Heavy metals in road dust, gully pots and parkland soils in a highly urbanised sub-catchment of Port Jackson, Australia*”, Division of Geology & Geophysics, School of Geosciences, University of Sydney, NSW 2006, Australia, Australian Journal of Soil Research, 2003 (Vol. 41) (No. 7) 1329-1342
- [36] E. Manno, D. Varrica and G. Dongarrà, “*Metal distribution in road dust samples collected in an urban area close to a petrochemical plant at Gela, Sicily, Dipartimento Chimica e Fisica della Terra (CFTA)*”, Università di Palermo, via Archirafi 36, 90123 Palermo, Italy, Received 16 December 2005; revised 13 April 2006; accepted 11 May 2006, Available online 25 July 2006.
- [37] M. Murakami, F. Nakajima, H. Furumai, B. Tomiyasu and M. Owari, “*Identification of particles containing chromium and lead in road dust and soakaway sediment by electron probe microanalyser*”, Chemosphere, Volume 67, Issue 10, May 2007, Pages 2000-2010
- [37] J. E. Fergusson, “*The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects.*” Pergamon Press plc. Headington Hill Hall, Oxford, 1990, p. 329-369.

- [38] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Toprak Kirlilik Parametreleri Sınır Değerleri.
- [39] S. Mert, “*TEM otoyolu ve D100 karayolunun Çamlıca-Sakarya arasındaki kesiminde, yol kenarı bitki ve toprak örneklerinde trafik ve sanayi kaynaklı kurşun kirliliğinin tespiti*”, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, Gebze 2003
- [40] “*IARC (1987) IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Supplement 7, Overall Evaluations of Carcinogenicity: An Updating of IARC*”, Monographs, Volumes 1 to 42, Lyon, IARC
- [40] “*IARC, (1990). Chromium, Nickel And Welding*”, IARC Monographs, 49 1990 257–445.
- [41] A. Chatterjee and R. N. Banerjee, “*Determination of lead and other metals in a residential area of greater Calcutta*”, The Science of The Total Environment, Volume 227, Issues 2-3, 9 March 1999, Pages 175-185
- [42] J. N. Brown and B. M. Peake, “*Sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban stormwater runoff*”, Science of The Total Environment, Volume 359, Issues 1-3, 15 April 2006, Pages 145-155
- [43] K. Funasaka, M. Sakai, M. Shinya, T. Miyazaki, T. Kamiura, S Kaneco, K. Ohta and T. Fujita, “*Size distributions and characteristics of atmospheric inorganic particles by regional comparative study in Urban Osaka, Japan*”, Atmospheric Environment, Volume 37, Issue 33, October 2003, Pages 4597-4605
- [44] N. Kim and J. Fergusson, “*Concentrations and sources of cadmium, copper, lead and zinc in house dust in Christchurch, New Zealand*”, The Science of The Total Environment, Volume 138, Issues 1-3, 30 September 1993, Pages 1-21

- [45] G. Bayçu, H. Caner, B. Gönençgil ve E. Eruz, “*Roadside pollution of cadmium and lead in İstanbul City (Turkey) and their effects on Picea abies*”, Biologia, Bratislava, 58: 109-114, 2003; ISSN 0006-3088.
- [46] M. E. Ergüçlü, “*Eskişehir Merkez ilçe’ de yayılış gösteren Pinus nigra (Karaçam) ibrelerinde ve topraklardaki ağır metal ve makro elementlerin incelenmesi*”, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Haziran 2004
- [47] M. S. Öncel, V. Zedef ve S. Mert, “*Lead contamination of roadside soils and plants in the highways between İstanbul and Sakarya*”, NW Turkey, Fresenius Environmental Bulletin, Volume: 13-No: 12b-2004, pp.1525-1529.
- [48] N. Tzvetkova, C. Hadjivanova, “*Chemical composition and biochemical changes in needles of Scots pine (Pinus sylvestris L.) stands at different stages of decline in Bulgaria*”, 2006
- [49] P. Misaelides, C. Samara, F. Noli, Th. Kouimtzis and I. Anousis, “*Toxic element concentrations in airborne particulate matter in the area of Thessaloniki, Greece*”, The Science of The Total Environment, Volumes 130-131, 25 March 1993, Pages 139-146
- [50] P. Reinirkens, “*Analysis of emissions through traffic volume in roadside soils and their effects on seepage water*”, The Science of the Total Environment 189/190: 361-369.
- [51] S. Charlesworth, M. Everett, R. McCarthy, A. Ordóñez and E. de Miguel, “*A comparative study of heavy metal concentration and distribution in deposited street dusts in a large and a small urban area: Birmingham and Coventry*”, West Midlands, UK Environment International, Volume 29, Issue 5, August 2003, Pages 563-573
- [52] L. Xiangdong, Poon and P. S. Liu, “*Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong*”, Applied Geochemistry, Volume 16, Issues 11-12, August-September 2001, Pages 1361-1368

- [53] I. M. Hamilton, W.S. Gilmore and J.J. Strain, “*Marginal copper deficiency and atherosclerosis*”, Biol. Trace Elem. Res. **78** (2000), pp. 179–189.
- [54] www.food-info.net/tr/metal/intro.html
- [55] <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs5.html>
- [56] <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/minimize/cadmium.pdf>
- [57] http://www.msceast.org/hms/res_field.html
- [58] <http://www.healthy.net>
- [59] http://www.epa.gov/ecotox/ecossl/pdf/eco-ssl_nickel.pdf

ÖZGEÇMİŞ

- Doğum Tarihi ve Yeri** : 07.07.1979, Sarıyer-İstanbul
- İlkokul Öğrenimi** : 1985-1990, Emirgan İlkokulu, Sarıyer-İstanbul
- Orta Öğrenimi** : 1990-1996, Behçet Kemal Çağlar Lisesi,
Sarıyer-İstanbul
- Lisans Öğrenimi** : 1999-2003, İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği
Bölümü, İstanbul
- Yüksek Lisans Öğrenimi** : 2004-....., GYTE, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı