

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

129061

ADAPAZARI EV TOZLARINDA AĞIR METALLERİN
ALEVLİ ATOMİK ABSORPSİYON SPEKTROMETRİK
TEKNİKLE TAYİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin ALTUNDAĞ

125061

Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Şahin DÜNDAR

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

HAZİRAN 2002

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


ADAPAZARI EV TOZLARINDA AĞIR METALLERİN
ALEVLİ ATOMİK ABSORPSİYON SPEKTROMETRİK
TEKNİKLE TAYİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin ALTUNDAĞ

Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA

Bu tez 28 /06 / 2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr. M. Selim DÜNDAR
Jüri Başkanı


Prof. Dr. Mehmet B. SENCİ
Jüri Üyesi


Doç. Dr. Saim ÖZDEMİR
Jüri Üyesi

TEŞEKKÜR

Bu araştırmayı büyük bir hassasiyetle yöneten, ilgi ve yardımlarını esirgemeyen kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. M. Şahin DÜNDAR' a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Dekanımız ve Kimya Bölüm Başkanımız Prof. Vahdettin SEVİNÇ' e, diğer bölüm öğretim üyeleri, araştırma görevlileri ve deneysel çalışmalarım da emeği geçen Kimya Bil. Uzm. Serkan ACAR' a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam öncesinde ve sonrasında hep yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Hüseyin ALTUNDAĞ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	II
SİMGELER VE KISALTMALAR	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
-------------	---

BÖLÜM 2.

ÇALIŞMAYLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER	5
2.1. Tozlarda Bulunan Bazı Ağır Metaller.....	5
2.1.1. Kurşun	5
2.1.2. Bakır	7
2.1.3. Çinko	8
2.1.4. Nikel.....	9
2.1.5. Krom	9
2.1.6. Kadmiyum	9
2.2. Tozlarda Ağır Metal Kirliliği.....	10

BÖLÜM 3.

DENEYSEL KISIM.....	14
3.1. Materyal ve Metot.....	14
3.1.1. Örneklerin hazırlanması	14
3.1.2. Örneklerin çözünürleştirilmesi.....	15

3.1.3 Enstrümental metotlar.....	15
3.1.3.1. Atomik Absorpsiyon Spektrometresi.....	16
3.1.3.2. Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi...17	
3.1.3.2.1. Girişimler.....	17
3.1.3.2.2. Pik Genişlemesi.....	19
3.1.3.2.3. Zemin Düzeltme.....	20
3.1.3.3. Elektrotermal Atomlaştırıcı Atomik Absorpsiyon Spektrometresi.....	22
3.1.3.4. Hidrür Sistemli Atomik AbsorpsiyonSpektrometresi.....	24
3.1.3.5. Kütle Spektroskopisi	25
3.1.3.6. Plazma Spektroskopisi	25
3.1.4. Kalibrasyon Grafiklerinin Hazırlanması	25
3.1.5. Çözeltilerin analizi.....	26
BÖLÜM 4.	
SONUÇLAR	
4.1. Deneysel Bulgular.....	28
4.2. Tartışma.....	33
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER	52
KAYNAKLAR... ..	53
ÖZGEÇMİŞ	59

SİMGELER LİSTESİ

FAAS	: Alev Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
AAS	: Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
ETAAS	: Elektrotermal Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
HGAAS	: Hidrür Sistemli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
ICP	: İndüktif Eşleşmiş Plazma
LİBS	: Lazer Etkili Bozunma Spektrometresi
MS	: Kütle Spektrometresi
KS	: Kral suyu
Kg	: Kilogram
g	: gram
mg	: miligram
μ g	: mikrogram
ml	: mililitre
km	: kilometre
m	: metre
L	: Litre
V	: Hacim

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Adapazarı numune alma noktaları.....	14
Şekil 3.2 FAAS-GFAAS Cihazının Gösterimi.....	16
Şekil 3.3a Bir grafit fırının kesiti.....	24
Şekil 3.3b L'vov platform ve grafit fırındaki durumu.....	24
Şekil 4.1 Kurşun'a ait kalibrasyon eğrisi	30
Şekil 4.2 Kadmiyum'a ait kalibrasyon eğrisi	30
Şekil 4.3 Bakır'a ait kalibrasyon eğrisi	31
Şekil 4.4 Nikel'e ait kalibrasyon eğrisi	31
Şekil 4.5 Çinko'ya ait kalibrasyon eğrisi	32
Şekil 4.6 Krom'a ait kalibrasyon eğrisi.....	32
Şekil 4.7 Bölgelere Göre Elementlerin Mayıs ayı Değişim Grafiği.....	37
Şekil 4.8 Bölgelere Göre Elementlerin Haziran ayı Değişim Grafiği.....	38
Şekil 4.9 Bölgelere Göre Elementlerin Temmuz ayı Değişim Grafiği.....	39
Şekil 4.10 Bölgelere Göre Elementlerin Ağustos ayı Değişim Grafiği.....	40
Şekil 4.11 Bölgelere Göre Elementlerin Eylül ayı Değişim Grafiği.....	41
Şekil 4.12 Bölgelere Göre Kadmiyumun Mayıs Ayı Değişim Grafiği.....	42
Şekil 4.13 Bölgelere Göre Kadmiyumun Haziran Ayı Değişim Grafiği.....	43
Şekil 4.14 Bölgelere Göre Kadmiyumun Temmuz Ayı Değişim Grafiği.....	44
Şekil 4.15 Bölgelere Göre Kadmiyumun Ağustos Ayı Değişim Grafiği.....	45
Şekil 4.16 Bölgelere Göre Kadmiyumun Eylül Ayı Değişim Grafiği.....	46
Şekil 4.17 Elementlere Göre Mayıs Ayı Değişim Grafiği.....	47
Şekil 4.18 Elementlere Göre Haziran Ayı Değişim Grafiği.....	48
Şekil 4.19 Elementlere Göre Temmuz Ayı Değişim Grafiği.....	49
Şekil 4.20 Elementlere Göre Ağustos Ayı Değişim Grafiği.....	50
Şekil 4.21 Elementlere Göre Eylül Ayı Değişim Grafiği.....	51

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Değişik ülkelerdeki toz numunelerinde bazı ağır metal derişimleri.....	3
Tablo 3.1 Ağır metallere ait standart çözelti derişimleri.....	26
Tablo 3.2 Aevli AAS ile ilgili çalışma şartları.....	27
Tablo 4.1 Elementlere ait Doğruluk ve Kalibrasyon Değerleri.....	28
Tablo 4.2 Ev Tozu örneklerinin Aylara göre ağır metal derişimleri.....	29
Tablo 4.3 Ev Tozu örneklerinin bölgelere ait ağır metal derişimleri.....	36



ÖZET

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Ev Tozu, AAS, Adapazarı.

Bu çalışmada 1999 Adapazarı depremi sonrası toplanan ev tozlarındaki ağır metal kirliliği hakkındaki çalışmayı ortaya konulmaktadır. Mayıs 2000'den Ekim 2000'e kadar olan sürede önceden belirlenen evlerden toplam 80 numune ve etkilenmemiş alanlardan bir kontrol numunesi alındı ve çözünürleştirilme işleminden sonra alevli atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazı kullanılarak Pb, Cd, Cr, Cu, Zn ve Ni tayin edildi.

Numune bölgeler kontrol bölgesi de dahil 8 kategoriye bölündü. Toplanan ev tozundaki ağır metal miktarı aşırı derecede değişkendir. Deprem sonrası hasarlı binaların yıkılması, yolların kazılması, altyapının yeniden inşası vs den dolayı toz seviyelerinin çok arttığı gözlemlendi. Böylece, sonuçlar yoğun trafik olan caddelerdeki evlerin içindeki Pb, Cd, Cr, Cu, Zn ve Ni seviyelerinin arttığını gösterdi.

DETERMINATION OF HEAVY METALS IN HOUSE DUST SAMPLES, ADAPAZARI, USING FLAME AAS TECHNIQUE

SUMMARY

Keyword: Heavy Metal, House Dust, AAS, Adapazari.

The present study reports on heavy metal pollution in house dust samples collected after 1999 Adapazari earthquake. A total of 80 samples were collected in predetermined houses and control samples collected from non-affected areas throughout Adapazari during the period May, 2000 to October, 2000 and analysed for Pb, Cd, Cr, Cu, Zn and Ni using the flame atomic absorption spectrophotometric method after wet digestion.

The sampling sites were divided into eight categories, including the control site. Concentration of heavy metals in such house dusts are extremely variable. Dust levels were observed to increase a lot after earthquake because of the reconstruction of city roads, sewage and water pipes, demolishing of damaged buildings, etc. Thus, the result showed that the levels of Pb, Cd, Cr, Cu, Zn and Ni in houses on the streets with heavy traffic were found to be increased.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Son yıllarda hızla artış gösteren çevre kirliliğinin temelinde insanoğlunun sanayileşmeye verdiği önem yatmaktadır. Hızlı sanayileşme çok hızlı bir şekilde çevre kirliliğini de beraberinde getirdi. Bu kirlilik doğal çevreye ve insan sağlığına dolaylı yada doğrudan zarar vermektedir.

Toprak bileşenleri, organik ve inorganik maddeler olmak üzere iki grupta ele alınır. Bunlardan inorganik maddelerin kaynağı ana kayalar, organik maddelerin kaynağı ise üzerinde yaşayan canlılardır[1,2].

İnorganik maddelerin topraktaki yüzdeleri kayanın saflığına, toprağın yaşına ve diğer birçok etkene bağlı olarak farklılık gösterir [3]. Yer kabuğundaki mineral maddelerin yaklaşık %98'ini 8 element oluşturur. Bunlar; oksijen, silisyum, alüminyum, demir, kalsiyum, sodyum, potasyum ve magnezyum'dur [4]. Diğer elementler ise toplamın ancak %2' si kadardır.

Tozlarda bulunan kadmiyum, kurşun, nikel ve çinko toksik elementlerdir. Ancak bakır, mangan ve çinko normal düzeyde olduğunda yararlı olarak bilinirler [5]. Tozlardaki eser element derişimlerinin artmasında birçok etken vardır. Bunların en önemlileri; hava kirliliği, çevreye koku yayan çalışmalar, araba eksoz gazlarından çıkan gazlar, yerleşim alanlarıdır [6,7]. Canlı organizmalar, doğal olarak bu maddelerin çok az bulunduğu bir ortamda gelişmelerini sürdürdüklerinden bunların toksik etkilerini ortadan kaldıracak bir mekanizmaya sahip olmadıkları bilinmektedir [2].

Metaller canlı bünyesine genel olarak üç yolla girmektedir. Bunlardan ilki deriden geçerek, ikincisi besinlerle sindirim sistemine alınarak, üçüncüsü de solunum yolu ile vücuda alınmaktadır[8, 9].

Ağır metaller, konsantrasyonları belirli bir değerin üzerine çıktığı zaman organizmalara toksik etki yapar. Bu durumda, doğrudan organizmanın ölümüne neden olan ağır metaller, öldürücü dozun altındaki yüksek konsantrasyonlarda ise davranış bozukluklarına ve genetik yapıda bozulmalara neden olabilmektedirler [10, 11]. Daha açık bir ifade ile canlı organizmanın uzun süre etkilenmesi sonucunda değişik hastalıklara ve diğer stres etkenlerine duyarlılık artışına neden olur.

Beslenme yoluyla insan ve hayvanlara ulaşan çeşitli boyutlardaki metal kalıntılarının zehirlenme, kanser, erken yaşlanma, sinirsel belirtiler, zayıf kemik oluşumu, kaslarda ağrı, iştahsızlık, anemi, erken ölüm ve doğum anomalilerine yol açtığı bilinmektedir [12]. 1972 yılında ABD’de yapılan bir araştırmaya göre her yıl 200 milyon tondan fazla insan yapısı kirletici havaya bırakılmaktadır. Motorlu araçlar ise bu kirlenmenin %50’sini meydana getirmektedir. Kirlenme zararlı gazlar ve havada asılı partiküller şeklindedir. Partiküler tabiatlı bileşikler arasında bazı ağır metaller de vardır [13].

Yol kenarlarındaki toprakların ağır metal kirlenmesinden etkilenme dereceleri, trafik yoğunluğu, rüzgarın şiddeti ve yönü, yola olan mesafe ve yağmur gibi faktörlere bağlıdır[14,15]. Tozlarda meydana gelen ağır metal kirliliği araştırıldığı zaman literatürde birçok çalışma bulunmaktadır.(tablo1).

Tablo 1.1 Değişik ülkelerdeki toz numunelerinde bazı ağır metal derişimleri.

Bölge (Referans)	Analiz yeri	Ağır Metal Derişim Aralığı ($\mu\text{g g}^{-1}$)					
		Pb	Zn	Cd	Ni	Cr	Cu
Türkiye [76]	Niğde	-	-	1.6-3.2	35-140	-	45-209
Ekvator [77]	Değişik Bölgeler	19-970	44-1018	0.6-1.4	-	-	-
Mısır [78]	Değişik Bölgeler	56-1850	-	0.23-0.42	-	-	-
İngiltere [65]	London	30-17900	-	1.2-20	-	-	-
Yunanistan [71]	Değişik Bölgeler	65-259	75-241	1.8-4.3	(52.2)	-	-
Hong Kong [79]	Değişik Bölgeler	438-1621	-	0.23-2.31	-	-	-
Jamaika [80]	Kingston	817-909	(0.8)	(0.8)	-	-	-
Malezya [81]	Kuala Lumpur	(2466)	(344)	(2.96)	-	-	-
Hollanda [82]	Değişik Bölgeler	25-2667	-	0.5-16	-	-	-
Nijerya [83]	Değişik Bölgeler	4.1-243	11.7-47.8	0.2-1.7	1.0-3.3	0.7-2.6	-
Bahreyn [84]	Bahreyn	485-1325	173-343	5.8-118	10-447	20-577	-

Genelde durum bu iken 17 ağustos 1999 depremi sonrası Adapazarı için durum biraz farklı olmuştur. Birincil kirlilik deprem sonrası enkazların kaldırılması ve taşınması esnasında meydana gelen yüksek yoğunluklu toz bulutlarıdır ve bu kirlilik evlere kadar girmiş ve insan sağlığını tehdit eder duruma gelmiştir. İkincil olarak sayabileceğimiz kirlilik kaynağı ise altyapı çalışmalarıdır.

Marmara bölgesinin doğusunda yer alan Sakarya ilinin merkezi olan Adapazarı, Türkiye'nin en büyük ve en fazla sanayileşmiş kenti olan İstanbul'a 130 km. mesafede Kuzey Anadolu aktif fay hattı üzerinde bulunan bir şehirdir. Devlet İstatistik Enstitüsü ve Sakarya Valiliği verilerine göre 17 ağustos 1999 depremi öncesi 183.000 olan şehir merkezi nüfusu depremden sonra 160.000'e düşmüştür. Deprem sonrası yapılan araştırmaya konu olan bölgelerdeki yollardan geçen araç sayıları değerlendirildiğinde bu rakamların 1080 ile 2760 araç/saat olduğu anlaşıldı. Adapazarı'nda hava koşullarına bakıldığında yaz ayları sıcak ve nemli kış ayları ise

ılıman ve yağışlı geçmektedir. Hava sıcaklıkları ise -5 ile 37 °C arasında değişmektedir.

1999 Adapazarı depreminden sonra şehir merkezinde tozlanmanın ve toz yağmurunun hasarlı binaların yıkılması, zarar gören altyapının (su ve kanalizasyon şebekeleri) yenilenme çalışmaları gibi nedenlerden dolayı deprem öncesine kıyasla artış gösterdiği gözlemlendi. Özellikle depremden sonra ara yolların kapanması ve ana caddelerde trafiğin yoğunlaşması (örneğin; Çark Caddesi, İzmit Caddesi, Atatürk Bulvarı) ile kuru havalarda tozların araç ve rüzgarın etkisiyle havalanması sonucunu beraberinde getirmiştir. Bu proje ile farklı bölgelerdeki rasgele evlerden alınan toplam 80 adet ev tozu numunesinde ağır metal tayinlerinin yapılması amaçlandı. Deprem sonrası ilk defa yapılan bir çalışma olması açısından orijinal bir çalışmadır. Konuya bu yönden yaklaşım kirlilik kaynakları ile ağır metallerle kirlenmiş toz parçacıklarının insan sağlığı üzerine etkilerinin araştırılması için Adapazarı'nda veya başka bölgelerde yapılacak bundan sonraki çalışmalara kaynak teşkil edecektir. Bu çalışmada, Adapazarı'nın değişik bölgelerindeki evlerden toplanan toz numunelerinde kurşun, çinko, nikel, krom, kadmiyum ve bakır kirliliklerin tespiti amaç edinildi.

BÖLÜM 2. ÇALIŞMAYLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

2.1. Tozlarda Bulunan Bazı Ağır Metaller

2.1.1. Kurşun

Yakın çevrede en önemli kurşun kirlenmesinin başlıca kaynağı benzine katılan tetra etil kurşun (TEK) veya tetra metil kurşun (TMK) olmaktadır. Benzine katılan bileşikler yanma sonucu eksoz gazları ile havaya çeşitli kurşun bileşikleri (kurşun halojenür, kurşun oksit, kurşun oksikarbonat gibi) şeklinde yayılır. Trafiğin yoğun olduğu şehir havasında bu nedenle kurşun miktarı $1-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve hatta daha yüksek düzeyde olabilir [8].

Katı ve sıvı yakıtlar, cinslerine bağlı olarak, havaya kurşun verebilir. Ancak eksoz gazları yanında bu ikinci derecede kalır [8]. Suyun sertliği de kurşunun zehirleyici etkisini azaltır. Örneğin 50 mg L^{-1} kalsiyum kapsayan su $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ kurşunun zehir etkisini ortadan kaldırır[10]. Çeşitli besin maddeleri değişen miktarda kurşun içerir. Bitkisel kaynaklı besinlerde yetiştiği toprağa bağlı olarak kurşun miktarı ortalama $0-2,5 \text{ mg/kg}$; balık ve deniz ürünlerinde $0,2-2,5 \text{ mg/kg}$; et ve yumurtada $0-3,7 \text{ mg/kg}$ arasında değişmektedir[8].

Kurşun kirliliği ile ilgilenilmesinin önemli iki nedeni olmaktadır. Kurşun solunum yoluyla kana geçebilmekte ve böylece insanların kurşundan zehirlenmesine neden olmaktadır. Atmosferdeki kurşun atmosferden ıslak ve kuru çökeltme ile çevremize yayılarak çevre kirliliği yaratmaktadır[6].

Kurşun başlıca sindirim ve solunum yolu ile absorbe olur. Gastrointestinal yoldan kurşun absorpsiyonu yavaştır ve besinlerden bu yolla alınan kurşun miktarı $300-500 \text{ mg/gün}$ arasındadır. Bir defalık kurşun alımı ile öldürücü dozda kurşun alınmaz, ancak gastrointestinal sistemdeki irritasyon nedeni ile ölüm görülebilir.

Birçok kurşun tuzları mide suyunda ve kanda oldukça çözünürler. Metalik kurşun bile doku sıvılarında çözünebilir.

Solunum yolu ile kurşun absorpsiyonu ise havadaki kurşun tozlarının tanecik büyüklüğü ve kimyasal bileşimine bağlı olarak değişir. Endüstri havasında daha çok kurşun oksit bulunduğu halde, kirli şehir havasında kurşun halojenür, oksit, karbonat, fosfat ve sülfat bileşikleri halinde bulunur. Yapılan araştırmalara göre 0,1-0,3 µm büyüklüğündeki kurşun taneciklerinin, kurşun bileşiğinin cinsi, solunum hızı ve derinliğine bağlı olarak, %27-62'si absorbe olabilir [8]. Absorbe olan kurşunun vücuttan atılım hızı çok yavaştır ve bu nedenle hayat boyunca vücutta birikir[8, 9]. Vücutta bulunan kurşunun %76'sı idrarla ve gayta ile atılır, ayrıca %8'i saç, tırnak ve ter ile atılır [6]. Genç yaşlarda ve orta yaşlarda daha çok yumuşak dokularda toplanmaktadır. Absorbe olan kurşun, kana geçerek kısa zamanda dengeye ulaşır, kan dolaşımı yolu ile çeşitli organlara (aort, kıkırdak, böbrek, pankreas, akciğer, dalak ve kaslar) dağılır. Ayrıca yaş ilerledikçe kemikte toplanma oranı daha çok artar. İleri yaşlarda vücut kurşununun %90'ının kemiklerde kurşun fosfat şeklinde toplandığı bildirilmektedir [8, 11]. Kurşun kan teşkil eden kemik iliğinin bir zararını keza alyuvarların yıkılmasını hasıl eder ve anemiye yol açar [9]. Kemikler dışında böbrek ve karaciğerdeki kurşun konsantrasyonu da önemli miktarlarda olmaktadır. Ayrıca havadaki kurşun konsantrasyonu ile (solunum sonucu) kandaki kurşun düzeyi arasında ilişki bulunmaktadır [9].

Kurşun yerkabuğunda 2.200 mg/Kg civarında bulunur [3,18]. Kabul edilebilme sınırları ise 2,06-13,4 mg/kg dir [19,20]. Deniz suyunda ise 0,0003 mg/kg civarında kurşun bulunduğu belirtilmiştir[21].

Toplam kurşun tüketiminin %44 ü elektriği depolayan bataryalar için yapılmaktadır. Toplam kurşun üretiminin %12 si ise benzinin içerisinde anti-knock madde olarak ilave edilen alkali kurşun bileşikleri şeklinde tüketilmektedir [22]. Bunların haricinde kurşun, kablolarda, boyalarda, camda ve lehimde kullanılmaktadır [21]. Kurşun kirliliğinin %95'i kurşun katkılı benzin tüketen motorlu taşıtlardan kaynaklanmaktadır [23, 24]. Bezindeki alkil kurşununun % 70'i ise yanmadan egzoz ile

havaya atılmaktadır [20]. Havadaki kurşun partiküllerinin 7-30 gün ömürleri vardır. Bu süre yüzlerce kilometre taşınma için yeterlidir [15, 20].

2.1.2. Bakır

Bakır yer kabuğunda 2-100 mg/kg civarında bulunur. Taşıtların motor alaşımları içindeki Cu aşınma sırasında egzoz gazları ve diğer partiküller ile birlikte çevreye atılmaktadır [[25, 28, 29]. Ayrıca, bakırın toprakta bulunabilme sınırı 5,0-5,6 mg/kg civarındadır [19,30].

Bütün vücut dokularında bir miktar bakır bulunur. Bakır hem bazı enzimlerin ve metalloflavo proteinlerin yapısında bulunduğundan hem de bazı aminoasitlerin transferini katalizlediğinden farklı organizmalarda farklı zehirlenmelere yol açabilmektedir [27]. Az miktarda bakır insanlar için zehirli değildir. Ancak, örneğin bakır sülfatın yaklaşık 10 gramı insanlar için öldürücü etki yapar [31]. Bakır, insan vücudu için gerekli bir element olup, yetişkinlerde; günde 2,0 mg bakıra ihtiyaç olduğu tahmin edilmektedir. Fazla miktarda alınması halinde karaciğer harabiyetine kadar gidebilir. 1,0 mg L⁻¹'nin üzerindeki bakır suya acı bir lezzet verir. Bakır tuzları dağıtım sistemindeki çamurun kontrolü ve manganezin yükseltgenmesini katalizlemesi yönünden, depolardaki bakteri büyümelerinin kontrolünde kullanılır. Pirinç, bronz borular ve bağlantılarının korozyonu sonucunda, suda ölçülebilecek miktarlarda bakır bulunabilir ki, bu kurşun tesisatlar üzerinde mavi-yeşil kalıntıların görülmesiyle anlaşılır[10].

Bu iyonun kirliliği daha çok endüstriyel atık suların yüzey sularına deşarj edilmesi ile ortaya çıkar. Bunun nedeni ise bakırın asidik ortamda korozyona uğramasıdır. Bu durumda sular kalsit yataklarına verilerek nötralize edilir. Böylece hem korozyon şartları ortadan kalkar, hem de bakır iyonları elimine edilmiş olur[7].

Emilen bakır karaciğerde toplanır. Normal halde bir insanın karaciğerinde takriben 7 mg bakır bulunur. Eriyen ve emilen bakır tuzları idrar ve safra ile vücuttan atılır.

2.1.3. Çinko

Çinko doğada çok dağılmış olarak bulunur ve volkanik kayaların hemen hepsinde az da olsa çinkoya rastlanır. Beyazımsı ve kırılğan olan çinko yerkabuğunda 130 mg/kg civarında bulunur [12, 17]. Başlıca mineralleri çinko blendi (ZnS) ve calamine (ZnCO₃) dir. Havada kararan çinko, alkali ve asitlerde reaksiyon veren amfoter bir elementtir. Çinko, demirin galvanizlenmesinde, alaşımlarda, bataryalarda ve lastikte ZnO olarak kullanılır [21].

Aslında çinko insan sağlığı açısından önemli bir elementtir. Ortalama bir insanda 1,4-2,3 g çinko bulunur. İnsan vücuduna yiyecek ve içeceklerden günde ortalama olarak 10-15 mg çinko girer [31]. Kandaki normal çinko konsantrasyonu ise 0,08-0,14 mg 100 mL⁻¹ düzeyindedir [27]. Büyümenin normal seyri ve düzenli bir metabolizma için gerekli olan çinko enzimlerin yapı taşıdır. Ayrıca saç, kemik, göz, prostat, pankreas ve duodenum salgıları Zn içerir [32].

Topraktaki çinko birikiminin kabul edilme sınırı 60-780 mg/kg'dir [19,22]. Topraktaki çinko birikiminin kaynağı hem endüstriyel kirlilikler hem de fazla miktarda çinko içeren ve gübrelerde bulunan doğal ham fosfattır [34]. Ancak, yol kenarlarındaki topraklarda biriken çinkonun kaynağı motor alaşımlarında ve oto lastiği yapımında katkı maddesi olarak kullanılan çinko bileşikleridir [21].

Çinko pek çok besin maddesinde, suda, havada ve hemen her yerde bulunan bir metaldir. Yetersizliği neticesinde önemli sağlık problemleri oluşur [6] ve beslenme açısından gerekli bir metaldir [15]. Çinko klorür dumanlarının yüksek konsantrasyonlarının solunumu nedeniyle oluşan akciğer tahribatları ölüme neden olur. Çözünebilir çinko tuzları acı bir tada sahiptir, küçük dozlar bulantı ve kusmaya, aşırı dozlar ise; şiddetli kusma ve ishale neden olur. Çinko tuzları havada kendi kendilerine yanabilmeleri nedeniyle tehlikeli yangınlara neden olabilirler[6]. Aşırı çinko alımına bağlı zehirlenmeler yaygın değildir [15]. Vücutta toplanmaz, bilakis bağırsak ve böbrekler aracılığı ile çabuk atılır [9].

2.1.4. Nikel

Beyaz renkli, yumuşak ve işlenebilir bir metal olan nikel, ferromanyetiktir ve değişik ortamlarda korozyona dayanıklıdır. Orta kuvvette ve sertliktedir, elektriksel iletkenliği iyidir [17]. Nikel, alaşımlarda, madeni paralarda, metal levha yapımında ve katalizör olarak kullanılır [21]. Nikelin yer kabuğundaki miktarı 10-1000 mg/kg civarındadır [3,18]. 1000 g toprakta 10 ile 50 mg arasında olan nikel miktarı ise kabul edilebilir sınırlarında sayılmaktadır [35]. Nikel genelde bazı motorlu araç parçalarının krom kaplamasında kromla birlikte kullanılmaktadır. Eğer nikelin $0,001 \text{ mg m}^{-3}$ ü solunum yoluyla akciğerlerden birine girdiği takdirde kansere neden olabileceği tespit edilmiştir [36, 37].

2.1.5. Krom

Krom doğada serbest halde bulunmaz, fakat çok dağınık halde ve az miktarlarda her zaman rastlanır. Canlı organizmada ne gibi bir rol oynadığı bilinmemekle birlikte, bazı hayvan ve bitki küllerinde kroma rastlanır. Krom metali mavimsi beyaz renkli ve serttir [17]. Çoğunlukla alaşımlarda ve kromla yapılan levhaların yapımında kullanılır [21]. Bazı motorlu araç parçalarının kaplamasında nikelle birlikte krom kullanıldığından yol kenarlarına düşebilir [36]. Yer kabuğunda yaklaşık 122 mg L^{-1} civarında olduğu tespit edilen kromun özellikle kromatları toksik etki gösterir [21].

2.1.6. Kadmiyum

Kadmiyum tabiatta çinko filizleri ile birlikte bulunur ve görünüşü ve bileşikleri itibarı ile çinkoya benzer [9, 12]. Kadmiyum yumuşak, gümüş beyazlığında, oldukça elektropozitif ve işlenebilir bir metaldir [24]. Kadmiyum özellikle yeniden şarj edilebilen pillerde ve alaşımlarda kullanılır [21]. Kadmiyum yer kabuğunda 1 mg/kg 'dan az miktarda bulunur [5]. Çinko; kadmiyum, kurşun, bakır, demir ve çelik üretimi sırasında bu cevherlerinin temizliği ve saflaştırılması için uygulanan işlemler kadmiyum kirlenmesinin asıl kaynağını oluşturur. PVC türü plastikler, aşınan lastikler, fosil yakıtlar ve metal atıkların yakılması atmosferdeki kadmiyum

miktarının artmasına sebep olmaktadır. Atmosfere ulaşan Cd çok çabuk oksitlenerek kadmiyum oksit haline dönüşür ve serpinti yoluyla tekrar yeryüzüne döner [38]. Kadmiyumun insanlarda özellikle karaciğer ve böbrekte biriktiği belirlenmiştir [39].

Kadmiyum kirliliği jeolojik kaynaklardan değil, başta kaplama olmak üzere, atık suların alıcı ortamlara deşarj edilmesi sonucunda meydana gelmektedir [7]. Kadmiyum zehirlenmesi karaciğer hasarı, böbrek yetmezliği ve akciğer hastalıklarına neden olur. Bu zehirlenmenin nedeni enzimlerde çinko yerine kadmiyumun geçmesidir. Çinko kullanımı arttıkça, çinko içinde bulunan kadmiyumdan ileri gelen zehirlenmeler de artar [13].

Besinlerle vücuda alınan kadmiyumun sadece % 2'si vücut tarafından absorbe edilir. Halbuki nefesle içeri çekilen kadmiyumun % 10 belki de % 50 kadarı vücutta tutulur. Son derece uzun bekleme süresi sebebiyle, bu küçük miktarın bile yavaş yavaş birikerek, yıllar sonra tehlikeli noktalara gelmesi olasıdır [14].

2.1. Tozlarda Ağır Metal Kirliliği

Literatürde, tozlarda ağır metal kirliliği üzerine yapılan çalışmalardan birinde cadde tozları üzerinde inceleme yapılmış ve endüstriyel aktiviteler kadar motorlu taşıt egzozlarının da ağır metalleri çevreye yaydığı ortaya konulmuştur [40]. Kurşun ve kadmiyum kirliliğinin oluşumu ve buna neden olan kaynakların araştırıldığı bu çalışmada, kurşun kirliliğinin benzine katılan alkali kurşun bileşiklerinin yanması sonucu egzoz ile çevreye atılmasıyla, kadmiyum kirlenmesinin ise taşıt lastiklerinin aşınmasıyla oluştuğu tespit edilmiştir [41,42]. Gene İngiltere'de yapılan benzeri bir çalışmaya göre, kurşun kirliliğinin %95 oranında kurşunlu benzin kullanan motorlu taşıtlardan kaynaklandığı bulunmuştur [23].

Topraktaki kurşun birikiminin taşıt sayısına bağlı olarak incelendiği çalışmalar sonunda kurşun derişiminin trafik yoğunluğu (araç/saat) ile orantılı olarak arttığı ilgi çekici sayısal değerler halinde bulunmuştur. [43,44].

Hem trafik yoğunluğuna hem de anayola olan uzaklığa bağlı olarak yapılan araştırmalar sonunda havadaki kurşun konsantrasyonlarının değişimi tespit edilmiş ve trafik yoğunluğu 58000 araç/gün olan bir bölgede, yoldan 20 m uzaklıkta kurşun konsantrasyonu $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ çıkarken, bu miktar 500 m de $2 \mu\text{g m}^{-3}$ e düşmüştür. Gene trafik yoğunluğu 19800 araç/gün olan bir bölgede, yoldan 30 m uzaklıkta kurşun konsantrasyonu $2.4 \mu\text{g m}^{-3}$ olurken, 500 m de yaklaşık $1 \mu\text{g m}^{-3}$ değerine düşmüştür. Sonuç olarak kurşun birikiminin yola olan uzaklığa bağlı olarak azaldığı ortaya konulmuştur [43].

Toprağın özellikleri, su ve rüzgarın etkisinin incelendiği bir çalışmada, toprağın katyon değişim kapasitesinin oksit ve karbonatlar yanında organik maddeler ve ağır metaller için yüksek alıkoyma kapasitesi gösterdiği anlaşılmıştır. Böylece topraklardaki kirlilik düzeyinin sürekli artmakta olduğu ortaya konulmuştur. Bunun yanı sıra su ve rüzgarın etkisiyle toprak yüzeyindeki ağır metallerin sürüklendiği de tespit edilmiştir [45]. Hem yoldan uzaklığa ve hem de toprak derinliğine bağlı olarak kurşun kirlenmesinin incelendiği bir çalışmada, toprak derinliğinin ve yola olan mesafenin artmasıyla kurşun miktarının % 40-50 düzeylerinde azaldığı bulunmuştur [23].

Otoyol kenarındaki topraklarda ağır metal birikimi incelenerek bunun trafik yoğunluğuyla arttığı gözlenmiştir [46]. Toprak derinliğine bağlı olarak kurşun, bakır ve çinko birikiminin ne şekilde seyrettiği konusunda da çalışmalar yapılmıştır. Deney sonuçları ağır metal miktarının derinlikle azaldığını ortaya koymuştur [47]. Gene benzer bir çalışmada, kurşun, krom, nikel, çinko ve bakır gibi ağır metallerin toprak derinliklerindeki miktarları tespit edilmiştir. Kurşun ve krom için 15-20 cm, bakır için 25-35 cm derinliklerde aşırı bir birikim söz konusu ise de genel olarak ağır metal birikiminin derinlikle azaldığı ortaya konulmuştur [48]. Toprak derinliğine bağlı olarak kurşun, bakır ve çinko miktarlarının ölçüldüğu diğer bir çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, derinlikle azalan kurşun konsantrasyonuyla derinlikle azalan organik madde miktarının korelatif olduğu bulunmuştur. Yani kurşunu, organik maddelere afinite gösterdiği tespit edilmiş ve çoğunlukla toprak yüzeyinde kaldığı bulunmuştur [49].

Kadmiyum kirliliğinin araştırıldığı çalışmalardan birinde farklı özellikteki topraklarda kadmiyum birikim miktarları araştırılmış, diğerinde ise, asfalt yol civarındaki topraklardaki kadmiyum kirliliği incelenmiştir [50,51].

Literatürde bazı fabrikaların çevresinde yer alan değişik tipteki topraklarda meydana gelen ağır metal kirliliğinin araştırıldığı çalışmalarda bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde balçıklı ve kumlu toprak ile kireçli bir toprakta bakır, krom, çinko ve kurşun kirliliklerinin miktarları ölçülmüştür. Ayrıca, bu metal kirliliklerinin önemli ölçüde belli bir yöntemle giderilebileceği belirtilmiştir [52]. Benzer şekilde, sadece bakır kirliliğinin incelendiği bir çalışmada bulunmaktadır [29].

Yapılan başka bir çalışmada yol kenarındaki Zn ve Cu birikimleri incelenmiş olup Zn içeriğinin yola olan uzaklıkla azaldığı buna mukabil Cu Birikiminin azalmadığı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada Zn kirliliğinin kaynağının yol olduğu ancak Cu kirliliğinin Kaynağının çok çeşitli şeyler olabileceği belirtilmiştir[53]

Türkiye’de ise konuyla ilgili fazla olmamakla birlikte bazı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, İstanbul-Ankara karayolu üzerinde ve Sapanca gölü kenarındaki Eşme köyünde yer alan meyve bahçelerinde ve toprakta motorlu araçların neden olduğu ağır metal birikimi incelenmiştir. Buna göre gerek toprak ve yapraklarda gerekse meyvelerde, alınan noktalar karayoluna yaklaştıkça, bulundurduğu kurşun birikiminde bir artış olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan geçen bir yıllık süre içinde de Pb birikiminin arttığı belirlenmiştir. Ancak çinko miktarının uzaklığa bağlı olarak pek farklılık göstermediği görülmüştür [9].

Kınalı-Sakarya otoyolunun Sapanca gölüne etkilerinin araştırılması üzerine yapılan bir çalışmada[54] otoyoldan gelen metal kirliliğinin sonuçları araştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, metal kirliliği kadmiyumda standart değerinin altında kalmış, kurşun ve çinko değerlerinde ise kirlilik olduğunu göstermiştir.

Bir tesisten kaynaklanması muhtemel olan ağır metal kirliliğinin uzaklığa bağlı olarak incelendiği ve bu amaçla Cu, Ni, Cd, Pb, Mn ve Zn'nin ölçüldüğü çalışmada, ağır metallerin derişiminin uzaklıkla çoğu yerde azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada kirlenmenin ölçüsünü bulabilmek için temiz olduğuna inanılan topraklarda kontrol örneği olarak ağır metal tayini yapılmıştır [22]. Gene ülkemizde yapılan bir çalışmada, ana cadde kenarındaki topraklarda Pb, Cd ve Cu birikimlerinde yola olan uzaklığın artışıyla olan değişimler tespit edilmiştir. Bunun için 0-5 cm ve 5-15 cm lik derinliklerden alınan toprak örnekleri incelenmiştir. Çalışmalar sonunda mesafeye bağlı olarak azalan kurşun miktarının 500 metrede doğal değerlere düştüğü tespit edilmiştir. Kadmiyum ve bakır kirliliğinde de benzer bir azalma gözlenirken, bakır miktarlarının doğal değerlerin altında olduğu bulunmuştur. Ayrıca, bu değerlere mevsimlerin fazla tesir etmediği bildirilmiştir [23].

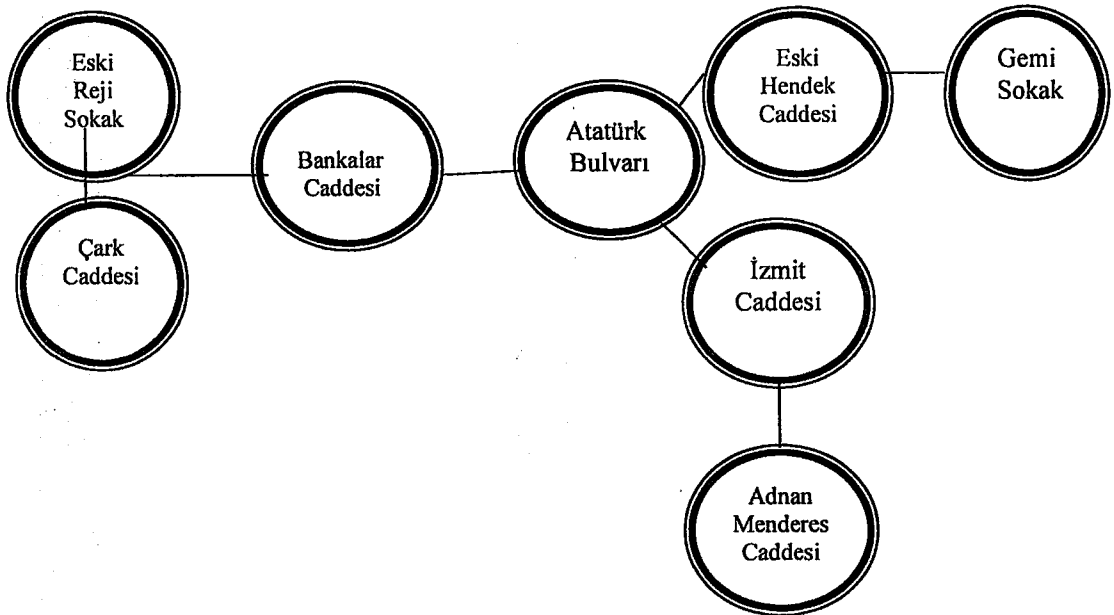
Yol kenarlarındaki çim bitkilerine kurşunun etkisinin incelendiği bir araştırmada, altı ay süresince, bu bitkilerde egzoz gazlarından ileri gelen kurşun birikimi araştırılmıştır. Bulunan değerler kurşun kirlenmesinin devamlı arttığını göstermiştir [15]. Gene Konya ili ve çevre yollarındaki bazı ağaçların yaprak, meyve, dal ve kabuklarında, yola olan uzaklığa bağlı olarak kurşun birikimleri araştırılmış ve yola yaklaştıkça kirliliğini arttığı tespit edilmiştir [86]. Aynı şekilde, egzoz gazlarıyla kirletilen bir bölgede kurşun ve nikel kirliliği araştırılmış ve sonuçta kurşun birikiminin motorlu taşıt sayısına bağlı olmadığı, bölgede sık sık yağın yağmurla bağlantılı olduğu görülmüştür. Buna mukabil nikel miktarındaki artmanın motorlu araç sayısı ve yağış miktarı ile orantılı olduğu belirlenmiştir [55].

BÖLÜM 3. DENEYSEL KISIM

3.1. Materyal ve Metot

3.1.1. Örneklerin hazırlanması

Araştırma bölgesi olarak Adapazarı şehir merkezi ve çevresindeki güzergah üzerinde bulunan Çark Caddesi, Eski Hendek Caddesi, Eski Reji Sokak, İzmit Caddesi, Adnan Menderes Caddesi, Bankalar Caddesi, Gemi Sokak ve Atatürk Bulvarı mevkilerindeki evler seçilmiştir. Belirlenen bu bölgelerden alınan toz örnekleri Mayıs-2000 den itibaren Ekim-2000' e kadar olan sürede, ayda iki olmak üzere seçilen noktalardan toz örnekleri alınmıştır. Şekil 3.1'de numune alma ve seçilen noktalar gösterilmektedir. Toz örnekleri ağzı şilifli olacak şekilde plastik torbalara konularak laboratuara getirilmiştir. Daha sonra örnekler 24 saat süreyle 105 °C de fırında kurutulmuştur. Fırından alınan örneklerden tartım alınarak deneysel işlemler yapılmıştır.



Şekil 3.1 Adapazarı numune alma noktaları

3.1.2. Örneklerin çözünürleştirilmesi

Toz örneklerinde ağır metallerin analizini yapabilmek için, gerekli bileşenlerin sulu faza çekilmesi gerekmektedir.

Bu amaçla, uygulanan çözünürleştirme yöntemi aşağıda açıklanmıştır. Toz örneğinden 1,000 g lık bir kısım alınarak behere konulmuş ve üzerine 15 mL [1:2 HCl-HNO₃] karışımından oluşan kral suyu (KS) eklenmiştir. Bu şekilde 6 saat bekletilen örnekler çeker ocakta liç edilmiştir. Sonra bu çözeltiler siyah bant süzgeç kağıdından süzülerek 25 mL lik balon jojeye alınmış ve yıkama suları ile birlikte hacmi 25 mL ye tamamlanmıştır.

Bu çözünürleştirme işlemi bütün toz örneklerine uygulanarak ağır metal içerikleri çözelti fazına çekilerek FAAS de okunabilecek hale getirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan çözeltilerdeki metallerin tayininde Shimadzu AA-6701F marka ve en yeni teknolojik özelliklere sahip bir cihaz kullanılmıştır.

3.1.3. Enstrümental metotlar

Analiz tekniği yönünden eser element, bir ortamda elementin mg L⁻¹ (ppm) veya daha az miktarda bulunması haline denilmektedir[18]. Eser elementlerin analizinde ise, hassas olması açısından enstrümental teknikler kullanılmaktadır.

Bu yönde kullanılan enstrümental tekniklerden bazıları şunlardır:

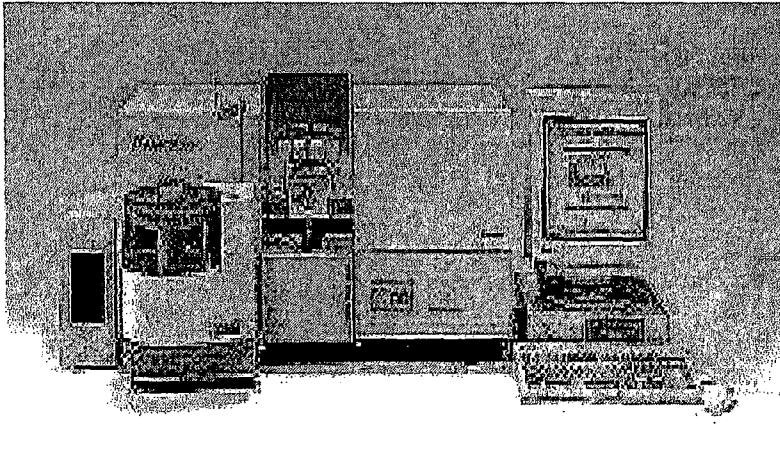
- a) Toprak, gübre ve bitkilerdeki ağır metallerin tayininde kullanılan alevli ve elektrotermal atomlaştırma ile hidrüllü atomik absorpsiyon spektroskopisi [7,9,56,57].
- b) Çevresel amaçlı örneklerdeki ağır metaller için kullanılan lazer etkili bozunma spektroskopisi (LIBS)[59].

- c) Eser metallerin analizinde kullanılan kütle spektroskopisi (MS)[58].
- d) Plazma Spektroskopisi (ICP).

3.1.3.1 Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS)

1955 yılından sonra geliştirilmiş olan atomik absorpsiyon spektroskopisi, yüksek sıcaklıkta gaz halinde bulunan element atomlarının elektromanyetik ışınları absorplaması temeli üzerine kurulmuştur. Absorplanan elektromanyetik ışınlar genellikle ultraviyole ve görünür alan ışınlarıdır.

Bir elementin atomik absorpsiyon spektroskopisiyle analizini yapmak için o elementin önce nötral hale, sonra buhar haline gelmesi, daha sonra da bir kaynaktan gelen elektromanyetik ışın demetinin yoluna dağılması gerekir. Bu işlem, ya elementi bileşik halinde ihtiva eden bir çözeltinin sis halinde yüksek sıcaklıktaki bir alev içine püskürtülmesi veya elementi bileşik halinde içeren numunenin (çözelti veya katı) karbon numune kabına konarak kabın elektrik arkıyla akkor haline getirilmesi suretiyle gerçekleştirilir[60].



Şekil 3.2 FAAS-GFAAS Cihazının Gösterimi

3.1.3.2. Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi

Alevde yada ark da buharlaştırılan bazı atomların elektronları uyarılarak buldukları temel düzeyden uyarılmış enerji düzeyine geçerler. Bu geçişler belirli bir kural ile sınırlıdır. Uyarılmış elektronlar temel enerji düzeylerine dönerken iki düzey arasındaki enerji farkına eşit ışın yayarlar. Bu ışın bir spektrofotometre ile ölçülebilir. Böylece elde edilen emisyon spektrumu incelenen element atomunun karakteristiğidir. Atom bileşik halinde ise uyarma kaynağının sıcaklığı, bileşiğin atomlarına ayrışmasına ve oluşan atomların emisyon yapabilmesine yeterli olmalıdır[61].

Alev ve ark sıcaklığında başlıca şu olaylar meydana gelir: Yüksek sıcaklıkta numune kurutulur ve böylece kurutulmuş numune içindeki tuzlar gaz molekülleri haline dönüşürler. Gaz halindeki tuz molekülleri ayrılarak serbest element atomları verirler. Alev içindeki serbest element atomlarından bir kısmı uyarılma sıcaklığına kadar ısınır. Gaz halinde ve gaz halinde uyarılmış olan atomlarla alevde bulunan başka atomlar veya radikaller arasında çeşitli reaksiyonlar olur ve yeni gaz halinde moleküller türer[60].

3.1.3.2.1. Girişimler

Bir element yada molekülün başka bir elementin tayinini karıştırmasına girişim denir. Girişim tayini yapılan elementin verdiği sinyalin büyütülmesi veya küçültülmesi şeklinde olabilir. Buna göre element fazla veya eksik bulunur[15].

Örneğin, bir matrisin bulunması atomik türlerin maksimum yükseklik sinyalinde düşüşle sonuçlanarak atom sayısındaki azalmayı yavaşlatabilir, fakat entegre sinyal değişmeden kalır. Eğer, diğer durumda, serbest bırakılmış toplam atom sayısı matrisin bulunmasıyla değiştiriliyorsa, maksimum yükseklik ve entegre sinyaller değiştirilebilir.

Gözlenen girişimler şöyle sınıflandırılabilir[62].

(a) Fiziksel Girişimler

Fiziksel girişim analizi yapılacak maddenin ve standardın fiziksel hallerinin farklı olmasından ileri gelir. Bu fiziksel haller de çözelti veya standardın;

- 1- Akıcılıklarının farklı,
- 2- Sisleşme oranlarının farklı,
- 3- Yoğunluklarının farklı olmasıdır[62].

Bu tür girişimleri önlemek için Saponin , Triton X-100 gibi yüzey gerilimi azaltıcı maddeler eklenir veya standart ekleme yöntemi kullanılır.

(b) Kimyasal Girişimler

Bu tür girişimler gurubuna gaz halinde temel düzey atomlarının oluşumunu engelleyen her şey girebilir. Örneğin, termal olarak kararlı metal oksitlerin oluşumu (serbestleştirici ajanların eklenmesi) veya iyonların oluşumu anyon, katyon veya radikallerle birleşerek daha zor atomlaşan bileşikler oluşur. Örneğin kalsiyum analizinde alüminyum sinyal azaltıcı etki yapar. Lantanyum, magnezyum gibi elementlerin ilavesi ile bu girişimi azaltır[62].

(c) Spektral Girişimler

Spektral girişimler başlıca ikiye ayrılır.

- 1- Tayini yapılan elementin rezonans çizgisinin bir başka elementin rezonans çizgisiyle çakışması.
- 2- Tayini yapılan elementin rezonans çizgisinin bir başka maddenin verdiği spektral bandın altında kalması[60].

(d) İyonlaşma Girişimleri

Tayini yapılacak elementin iyonlaşmasından ileri gelir. İyonlaşan taneciğin spektrumu nötral taneciğin spektrumundan farklı olduğundan, tayini yapılacak madde eksik bulunur. Böyle bir girişimi önlemek için ortama iyonlaşması daha kolay olan başka bir element ilave edilir[60].

(e) Zemin Girişimleri

Zemin girişimleri, dalga boyuna bağlı olmadan geniş bir bant şeklinde ortaya çıkar ve tayini yapılan maddenin konsantrasyonunun yüksek çıkmasına neden olur[60].

3.1.3.2.2. Pik genişlemesi

Atomik absorpsiyon pikleri çok dar (10^{-5} nm) hatta çizgi şeklinde olması gerekir. Ancak, bazı yan etkiler pikleri genişletir. Bu etkiler başlıca şöyledir:

- 1- Doğal genişleme,
- 2- İzotop genişlemesi,
- 3- Stark ve Zeeman genişlemesi,
- 4- Doppler genişlemesi,
- 5- Çarpma genişlemesi.

Doğal genişleme: Doğal genişleme atomun enerji seviyelerindeki belirsizliklerinden ileri gelir. Bu şekildeki genişleme çok küçük olur. 10^{-5} nm kadardır ve diğer genişlemeler yanında ihmal edilebilir.

İzotop genişlemesi: İzotop genişlemesi, söz konusu elementin izotoplarının olması halinde görülür. Bu şekilde meydana gelen genişleme 10^{-4} nm kadardır.

Stark ve Zeeman genişlemesi: Atomların elektron dizilimlerinin elektrik (Stark) ve manyetik (Zeeman) alanlarda değişmesinden ileri gelir. Bu şekilde genişleme 0,005 nm kadardır.

Doppler genişlemesi: Işın kaynağına doğru giden atomların soğurdukları ışınların dalga boyları büyür, aksine gidenlerin soğurdukları ışınları küçülür. Böylece absorpsiyon daha geniş bir aralıkta olur.

Çarpışma genişlemesi: Temel halde bulunan ve tayini yapılan atomlarla öteki atom veya moleküllerin çarpışmalarından ileri gelir. Çarpışma sonucu temel halde bulunan atomlar farklı enerji seviyelerine çıkarlar ve dolayısıyla farklı ışınlar absorplarlar. Sıcaklık ve basıncın yükselmesi çarpışmayı arttıracığından genişlemeyi de artırır[60].

3.1.3.2.3. Zemin Düzeltme

Işık dağılımı ve moleküler absorpsiyondan doğan problemler alevle karşılaştırıldığında elektrotermal atomlaştırıcılarda daha sıktır. Işık dağılımı buhar ya da sis oluşturmak için buharlaşmadan sonraki örnek matris yoğunluğundan dolayıdır. Moleküler absorpsiyon, atomlaştırıcıda bulunan moleküler türlerin özellikle alkali metal ve alkali klor tuzunun bantları geniş absorpsiyonu tarafından olur. Bu yüzden elektrotermal atomlaştırıcılarda elde edilen gerekli sinyallerle değişik metotların zemin düzeltmelerinin avantaj ve dezavantajlarını bilmek önemlidir.

Atomik absorpsiyon spektroskopisinde zemin düzeltme sistemleri (1) Döteryum (2) Smith-Hieftje (3) Zeeman düzeltme sistemleri kullanılır.

Bu günlerde dikkat çeken zemin düzeltmelerinin üçüncü metodu olan Zeeman düzeltme etkisi kullanılıyor. Bir atomik spektrum hattı kuvvetli bir manyetik alana maruz bırakıldığında birbirinden az farklı dalga boylarındaki bileşenlerine yarılr. Bu olaya “Zeeman etkisi” denir[63]. Bu teknik manyetik alanı, atomik absorpsiyon profili dışındaki absorplanamayan çizgileri vermek için ışık kaynağından, tayfi çizgilerden ayırmayı kullanır. Atomik buhardaki absorpsiyon çizgilerinin Zeeman ayrılması ve polarizasyonu kendiliğinden oluşturulabilir[62].

İki çeşit Zeeman etkisi vardır. (a) Normal Zeeman etkisi (b) Anormal Zeeman etkisi.

Normal Zeeman etkisi durumunda atomun yayılan veya absorplanan hattı bir manyetik alan etkisiyle üç bileşene yarılr. Merkez bileşenin enerjisi ve dalga boyu değişmez ve bu bileşen manyetik alana paraleldir. Diğer iki bileşen merkez bileşenin her iki tarafında eşit dalga boyu uzaklıkta ve manyetik alana dik düzlemde polarizedir. Anormal Zeeman etkisinin mekanizması normal Zeeman etki ile tamamen aynıdır, ancak bu etkide üçten fazla bileşen mevcuttur.

Zeeman zemin düzeltme birkaç farklı yolla yapılabilir ve çalışan yöntem aletin verimini doğrudan etkileyebilir. Zeeman etkisinin kullanımı atomik absorpsiyonun ve zemin absorpsiyonunun aynı dalga boyunda ölçülmesini sağlar[63].

Smith-Hieftje yönteminde ışın kaynağına sürekli olarak ard arda bir normal bir yüksek akım uygulanır. Normal akımla atomik absorpsiyon ve zemin değeri ölçülürken yüksek akımda genişleyen hattın self absorpsiyonu nedeniyle atomik absorpsiyonun gerçekleştiği merkezi kısım yok olduğundan sadece zemin değeri ölçülür. İki ölçüm farkı düzeltilmiş atomik absorpsiyonu verir.

Bu yöntemin avantajları; (i) Herhangi bir dalga boyu için tek ışın kaynağı kullanılabilir; (ii) Tayin elementinin absorpsiyon hattına çok yakın bir dalga boyunda düzeltme yapılabilir; (iii) 2 absorbansa kadar zemin değerleri bile düzeltilebilir. Bu yöntemin dezavantajları şunlardır:

- (i) Elektronik olarak mevcut spektrometrelerle birleştirilmesi pahalıdır;
- (ii) Daha uçucu elementler için oyuk katot lambalarının ömrü kısadır[63].

Hidrojen ya da döteryum katot lamba sistemi, ışık yolunun analitik lambadan gelenle birlikte tam olarak eşleştirilmesi probleminin üstesinden gelir. Ne yazık ki, bu lambalardan çıkan ışık düşüktür ki bu yüksek foto çarpıcı kazanç ortamıyla çalışır ve böylece gürültü sinyalini yükseltir. Ayrıca bu element için zemin düzeltmesini daha az güvenilir yapan sürekli sinyali fazla yüklenmiş katot materyalinin tayfidir[63].

3.1.3.3. Elektrotermal Atomlaştırıcı Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi

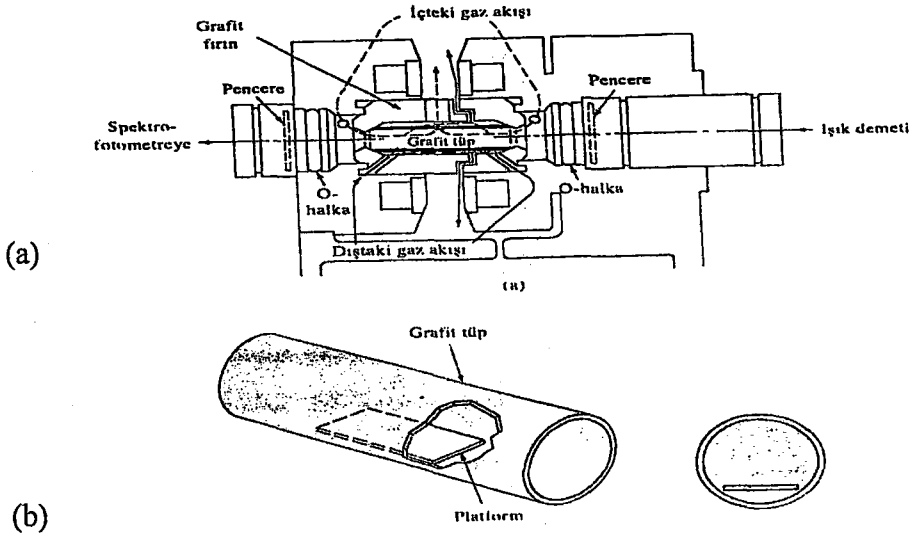
İlk defa 1970'lerde piyasada görülen elektrotermal atomlaştırıcılar, genel olarak kısa sürede tüm numunenin atomlaştırılması ve optik yolda atomların ortalama kalma sürelerinin bir saniye veya daha fazla olması nedeniyle, duyarlılıkta artış sağlar. Elektrotermal atomlaştırıcılar, atomik absorpsiyon ve atomik floresans ölçümleri için kullanılır. Fakat genel olarak emisyon spektrumlarının doğrudan oluşturulmasında uygulanmaz.

Elektrotermal atomlaştırıcılarda, grafit bir kapsülde veya Şekil 3.1b'dekine benzer, elektriksel olarak ısıtılmış grafit bir tüpte, önce numunenin birkaç mikrolitresi kurutulur ve sonra kül edilir. Kül edildikten sonra, yaklaşık 2000°C-3000°C'a yükselen sıcaklığa neden olan akım, hızla birkaç yüz ampere arttırılır; numunenin atomlaşması birkaç milisaniyeden saniyelere kadar değişen periyotta oluşur. Atomlaşan taneciklerin absorpsiyon değerleri yüzeyin hemen üzerindeki bölgede ölçülür[62].

Şekil 3.1a, bir ticari elektrotermal atomlaştırıcının kesitini göstermektedir. Bu cihazda, mikropipetle numunenin verilmesi için merkezi bir deliğe sahip ve her iki ucu açık olan silindirik grafit tüpte atomlaşma olur. Tüp, yaklaşık 5 cm uzunluğa ve 1 cm'den daha az iç çapa sahiptir. Değiştirilebilir grafit tüp, tüpün iki ucunun yerleştirildiği silindirik grafit elektrik bağlantı çiftine rahatça yerleştirilir. Bu bağlantılar su soğutmalı metal bölmeye tutturulur. İki inert gaz akımı oluşturulur. Dış akım hava girişini dolayısıyla tüpün yanmasını önler. İç akım, tüpün iki ucundan girer ve merkezi numune deliğinden çıkar. Bu akım sadece havayı atmaz, aynı zamanda ilk iki ısıtma basamağı boyunca numune matriksinden oluşan buharların da dışarı atılmasını sağlar.

Şekil 3.1b, şekil 3.1a'da grafit fırınlarda sık sık kullanılan L'vov platformunu gösterir. Platform grafitten yapılmıştır ve numune giriş deliğinin altına yerleştirilir. Numune, bilinen biçimde buharlaştırılır ve kül edilir. Tüp sıcaklığı hızla yükseltildiği zaman atomlaşma, numune artık doğrudan tüp duvarında olmadığı için gecikir. Sonuç olarak, atomlaşma, sıcaklığın hızlı değişmediği bir çevre içinde olur. Böylece daha tekrarlanabilir pikler elde edilir.

Grafit atomlaştırıcıların düşük tekrarlanabilirliği ve numune matriks etkilerinin çoğu, grafit tüpün doğal gözeneğinin azaltılmasıyla giderilebileceği ampirik olarak bulunmuştur. Atomlaşma sırasında matriks ve analitin bir kısmı tüp duvarlarına difüzlenerak atomlaşma işleminin yavaşlamasına ve daha küçük analitik sinyal oluşumuna neden olur. Bu etkiyi önlemek için, bir çok grafit tüp, gözeneklerini kapatmak için ince pirolitik karbon tabakası ile kaplanır. Pirolitik grafit, oldukça homojen bir çevreden tabaka tabaka, sabırla biriktirilmiş bir çeşit yapay grafitir. Tüp yüksek bir sıcaklıkta tutulurken tüp içinde bir hidrokarbon ve inert gaz karışımı geçirilerek pirolitik kaplama yapılır[62].



Şekil 3.3 (a) Bir grafit fırının kesiti (b) L'vov platform ve grafit fırındaki durumu

Elektrotermal atomlaştırıcılar, küçük numune hacimlerinde, alışılmadık yüksek duyarlık avantajına sahiptir. Tipik olarak, 10^{-20} μL 'lik numune hacimleri kullanılır. Bu şartlar altında mutlak gözlenebilirlik sınırı tipik olarak 10^{-10} - 10^{-13} g aralığında bulunur.

Alevsiz yöntemlerin bağıl kesinliği, %5-%10 aralığında olup alev ve plazma atomlaşmasında beklenen %1 veya daha iyi kesinlikten daha kötüdür. Üstelik, fırın yöntemleri yavaştır ve element başına tipik olarak birkaç dakika gerekir. Son dezavantajı, düşük analitik aralık olup üst sınır alt sınırın yüz katından daha azdır. Sonuç olarak, elektrotermal atomlaştırıcılar, alev veya plazma atomlaştırıcıların gözlenebilirlik sınırı yetersiz olduğunda uygulanır[62].

3.1.3.4. Hidrür Sistemli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi

Hidrür sistemli AAS, uçucu hidrür oluşturan elementleri (antimon, arsenik, selenyum gibi.) tayin etmede kullanılan duyarlı bir analitik tekniktir.

3.1.3.5. Kütle Spektroskopisi

Kütle spektrometresi katı, sıvı veya gaz halindeki maddelerin özellikle atom veya molekül ağırlığını, molekül yapısını inceleyen bir yöntemdir. Eser elementlerin nicel analizinde kullanılsa da, özellikle organik maddelerin yapı analizinde ve doğal izotop bollukları tayininde kullanılan etkin bir yöntemdir. Bu yöntemde kullanılan ağırlık kütle spektrometresi denir. Kütle spektrometreleri element spesifik dedektör olmanın yanı sıra molekül spesifik dedektör olarak kullanılırlar. Kütle spektrometresinin yüksek çözümleme gücü en büyük avantajıdır.

3.1.3.6. Plazma Spektroskopisi

İndüktif eşleşmiş plazma spektroskopisi, eser element analizinde plazmanın numuneleri etkin bir şekilde atomlaştırma ve iyonlaşma yeteneği sayesinde yüksek duyarlık ve seçicilik gücüne sahiptir. Kütle ve emisyon spektroskopisi ile birlikte kullanılarak ışımaya (ICP-AES) veya izotoplar (ICP-MS) yardımıyla tayinler yapılır. Nanogram düzeyinin altında bir duyarlılığa sahip olması çevre ve biyolojik örneklerdeki toksik veya yararlı etkiye sahip birçok elementin tayininde son yıllarda fazlaca aranan veya kullanılan tekniklerden biridir.

3.1.4. Kalibrasyon grafiklerinin hazırlanması

Analizi yapılmak istenilen elementlerin 1000 ppm lik stok çözeltileri bu elementlerin nitratlı tuzlarının 0,5 M HNO₃ de çözündürülmesi ile hazırlanmıştır. Hazırlanan her bir elementin stok çözeltilerinden, birçok kaynakta bildirildiği şekilde beş değişik konsantrasyonda standart çözeltileri 0,5 M HNO₃ ortamında hazırlanmıştır [5,18]. Her bir elementin hazırlanan standart çözeltilerinin derişimleri Tablo 3.1 de verilmektedir.

Tablo 3.1 Standart çözeltilerin derişimleri

Element	Derişim (ng mL ⁻¹)
Pb, Zn, Cu, Cr	50-800
Cd	5-80
Ni	200-1800

Bu elementlerin hazırlanan standart çözeltilerinin absorbansları FAAS de ölçülmüş ve okunan absorbans değerlerine karşı herbir element için kalibrasyon grafikleri çizilmiştir. Çizilen kalibrasyon grafikleri Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6'da verilmektedir.

3.1.5. Çözeltilerin analizi

Bu çalışmadaki ağır metallerin analizinde ise, yukarıda bahsedilen FAAS kullanılmış ve her elementin analizi sırasında uygulanan çalışma şartları aşağıda bir tablo halinde verilmiştir (Tablo 3.2). Esasında FAAS ' nin çalışma prensibini şu şekilde özetlemek mümkündür. Atomlaştırıcıda ölçülecek elementin atomları temel halde oluşturulur. Oyuk katot lambasından gelen rezonans ışınlar, temel haldeki atomları uyarırlar ve bundan dolayı şiddetleri azalır. Monokromatör çalışılan ışının istenen dalga boyundaki ışını ayırır ve dedektöre iletir. Burada ışın güçlendirilerek elektrik sinyaline dönüştürülür. Daha sonra bu sinyal cihazın bilgisayar ünitesinden gerekli veriler şeklinde verilir.

Tablo 3.2. FAAS ile ilgili çalışma şartları

Element	Akım Şiddeti (mA)	Dalga Boy (nm)	Slit (nm)	Gaz Akış Hızı (Ldak ⁻¹)	Standart Tekrar Sayısı Sayısı	Numune Tekrar Sayısı Sayısı
Pb	10	283.3	0.5	2.0	3	3
Cu	10	324.8	0.5	1.8	3	3
Zn	7	213.9	0.5	2.0	3	3
Ni	12	232.0	0.2	2.2	3	3
Cr	10	357.9	0.5	2.8	3	3
Cd	5	228.8	0.5	1.8	3	3

Sekiz değişik noktadan Mayıs - 2000 den Ekim – 2000' e kadar ayda iki olmak üzere rasgele seçilen evlerden alınan toz örneklerinin çözünürleştirilmesiyle elde edilen çözeltiler, yukarıda anlatıldığı şekilde FAAS' de analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo ve şekiller halinde Bölüm 4' de verilerek, gereken değerlendirmeler yapılmıştır.

BÖLÜM 4. SONUÇLAR

4.1. Deneysel Bulgular

Daha önce belirtildiği gibi toz örneklerine uygulanan çözünürleştirme işlemleri sonunda elde edilen çözeltilerde bulunan ağır metallere kurşun, bakır, çinko, nikel, krom ve kadmiyum elementlerinin miktarları ölçülmüştür. Elementlere ait doğruluk ve kalibrasyon değerleri tablo 1’de verilmiştir.

Çalışma sonunda elde edilen değerler tablo 4.2’de toplanmıştır. Tablolardaki değerlerin kolayca incelenmesi için, numunelerin ağır metal içerikleri aylara bağlı olarak ele alınmış olup, tüm bölgelere ait (Çark Caddesi, Eski Hendek Caddesi, Adnan Menderes Caddesi, Eski Reji Sokak, Gemi Sokak, Atatürk Bulvarı, Bankalar Caddesi, İzmit Caddesi) sonuçlar tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Elementlere ait Doğruluk ve Kalibrasyon Değerleri

Element	Denklem	Regresyon katsayısı (r)	%RSD
Nikel	$y = 9E-0.5x + 0.0052$	0.9997	1.7
Kurşun	$y = 2E-0.5x + 0.0004$	0.9997	3.3
Çinko	$y = 0,0012x + 0,0138$	0.9998	1.7
Krom	$y = 3E-0.5x + 0.0014$	0.9996	4.8
Kadmiyum	$y = 0,0012x - 0,0013$	0.9997	4.2
Bakır	$y = 0,0003x + 0,0063$	0.9996	2.1

Tablo 4.2 Ev Tozu örneklerinin Aylara göre ağır metal derişimleri ($\mu\text{g g}^{-1}$) (n=3)

Zn	Eski Hendek Cad.	Eski Reji Sok.	Adnan Menderes Cad.	Gemi Sok.	Bankalar Cad.	Çark Cad.	Atatürk Bul.	İzmit Cad.
Mayıs	169.9	33.32	122	77	90.1	54	98	42
Haziran	107.6	49	61	52	32.4	117.4	102.92	25.6
Temmuz	75.6	51	163	129	34	61	75	121
Ağustos	72	47	46	134	96	76.2	72.5	153
Eylül	51	45.9	14	108.7	31.7	117	122.5	71.6

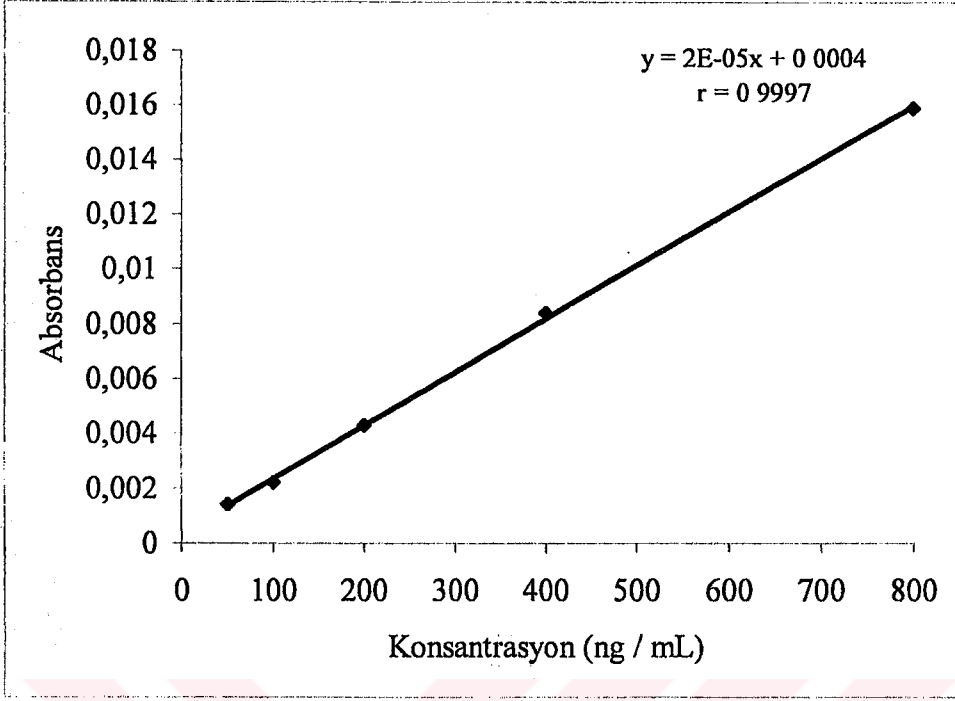
Ni	Eski Hendek Cad.	Eski Reji Sok.	Adnan Menderes Cad.	Gemi Sok.	Bankalar Cad.	Çark Cad.	Atatürk Bul.	İzmit Cad.
Mayıs	66.2	7.64	36.6	15.96	33.6	35.8	62.4	39.8
Haziran	48.9	13.76	21.48	27.64	13	26.6	55.6	49.2
Temmuz	26.2	14.56	44	34.64	31.64	22.76	23	29.7
Ağustos	16.8	7.2	25.96	53.44	12.8	43.2	14.52	26.2
Eylül	29.8	12.8	38.6	30.96	38.8	34.96	50.64	44.9

Cd	Eski Hendek Cad.	Eski Reji Sok.	Adnan Menderes Cad.	Gemi Sok.	Bankalar Cad.	Çark Cad.	Atatürk Bul.	İzmit Cad.
Mayıs	1.8	0.34	0.6	0.64	0.38	0.56	1.2	0.68
Haziran	0.94	0.34	0.164	0.32	0.32	0.12	0.56	0.4
Temmuz	0.38	0.32	0.47	0.85	0.33	0.33	0.35	0.25
Ağustos	0.19	0.42	0.33	0.94	0.41	0.75	0.42	0.284
Eylül	0.28	0.3	0.79	1.01	0.32	0.39	0.68	0.17

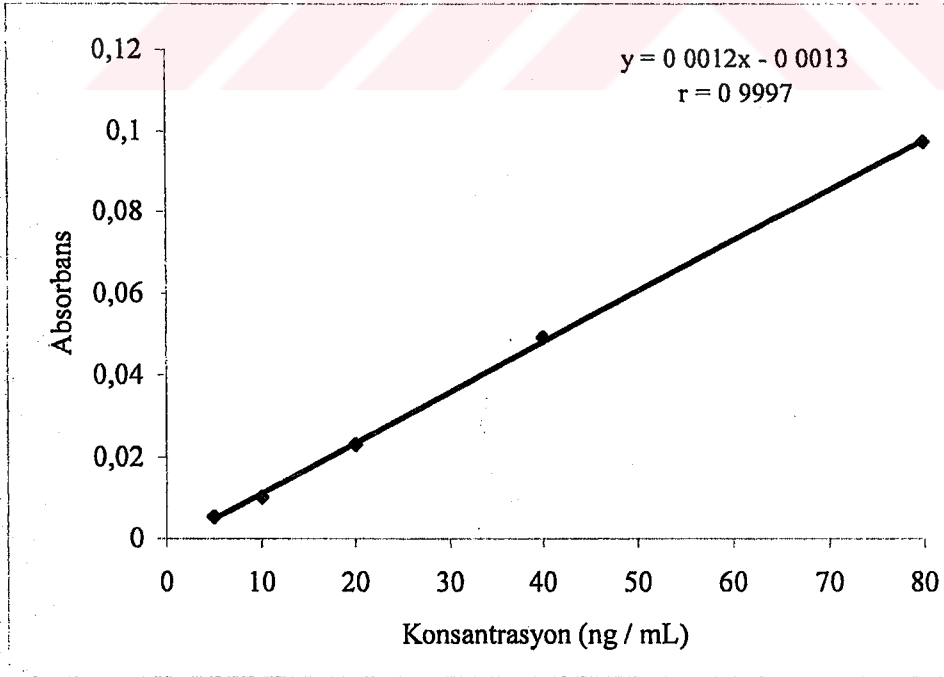
Cu	Eski Hendek Cad.	Eski Reji Sok.	Adnan Menderes Cad.	Gemi Sok.	Bankalar Cad.	Çark Cad.	Atatürk Bul.	İzmit Cad.
Mayıs	14,44	3,82	13,8	8,7	3,76	10,64	7,64	5,4
Haziran	28,5	4,82	9,84	2,4	3,72	8,8	10,92	10,08
Temmuz	19,6	10	18,3	8,92	3,8	4,28	10,64	7,16
Ağustos	3,89	7,76	6,3	18,36	18,96	30,44	9,72	9,56
Eylül	3,8	4	13,72	10,8	8,8	8,68	12,48	22,8

Cr	Eski Hendek Cad.	Eski Reji Sok.	Adnan Menderes Cad.	Gemi Sok.	Bankalar Cad.	Çark Cad.	Atatürk Bul.	İzmit Cad.
Mayıs	6,2	4,3	10,96	2,28	5,6	2,84	9,84	9,6
Haziran	16,3	3,4	5,1	6,04	3,08	8,12	7,76	9,96
Temmuz	5,44	12	5,8	3,96	6,12	4,6	2,56	3,56
Ağustos	2,76	6,48	5,68	10,6	5,88	8,56	0,24	3,24
Eylül	3,44	3,96	13,16	2,64	6	8,04	15,7	7

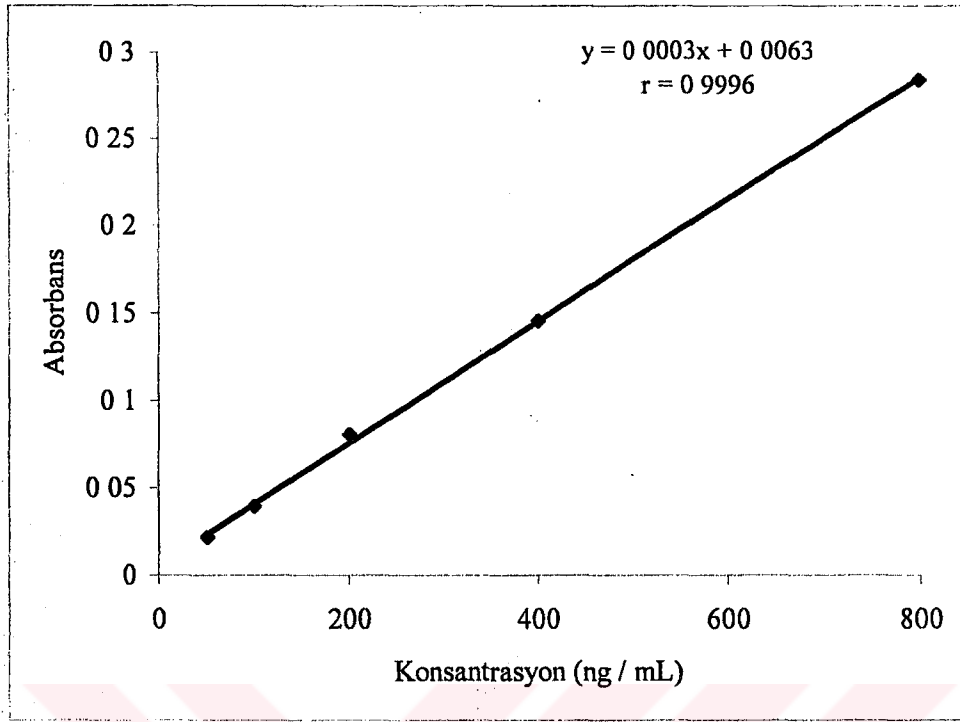
Pb	Eski Hendek Cad.	Eski Reji Sok.	Adnan Menderes Cad.	Gemi Sok.	Bankalar Cad.	Çark Cad.	Atatürk Bul.	İzmit Cad.
Mayıs	156,1	8,12	30,9	20,48	8,24	23,3	79,3	30,24
Haziran	71,52	6,92	6,12	20	8,16	4	8,56	7,96
Temmuz	29,96	18,6	16,6	20,16	8,08	18,1	6,52	22,52
Ağustos	6,04	11,72	7	14,16	7,96	4,4	6,56	6,64
Eylül	22,2	6,2	10,16	21,68	7,8	3,92	8,6	8,32



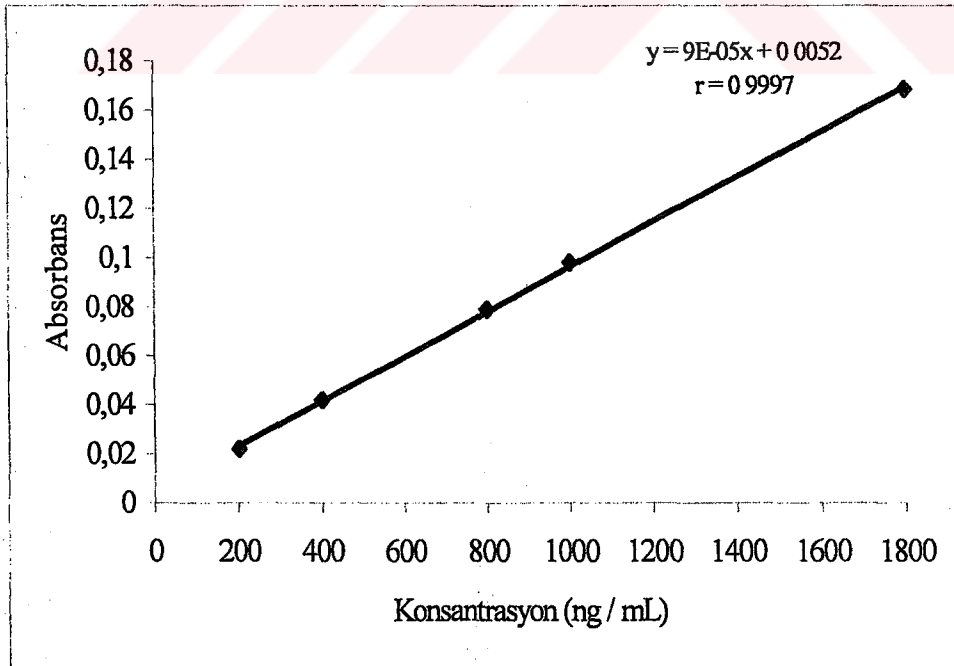
Şekil 4.1 Kurşun'a ait kalibrasyon eğrisi



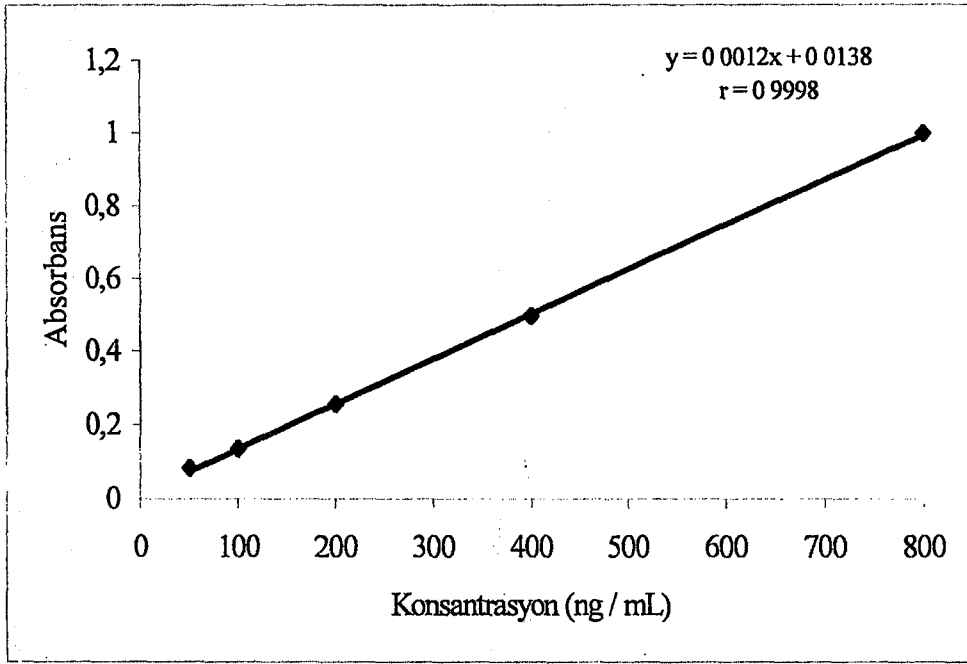
Şekil 4.2 Kadmiyum'a ait kalibrasyon eğrisi



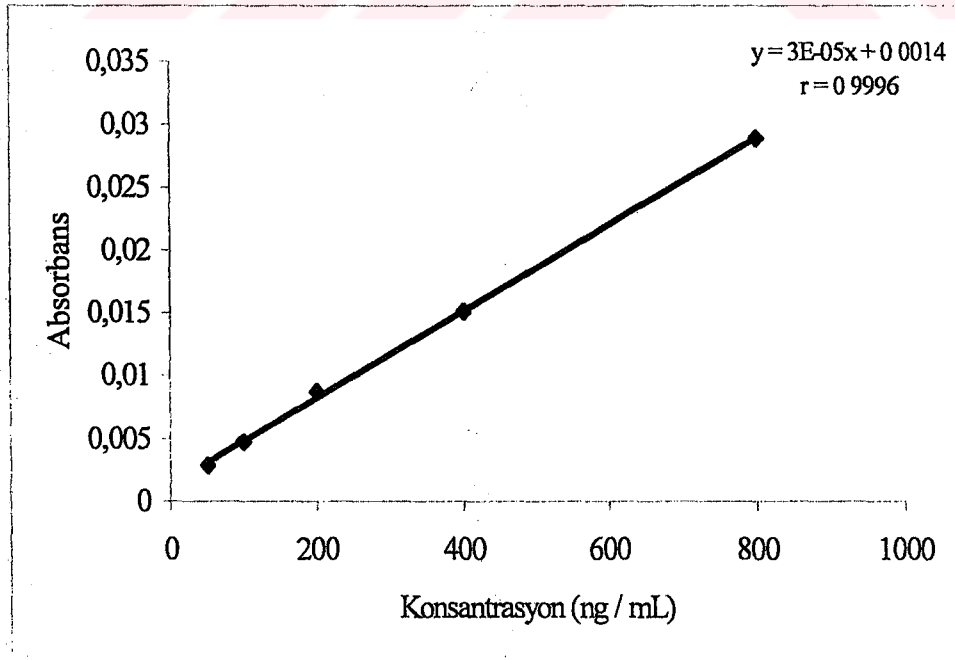
Şekil 4.3 Bakır'a ait kalibrasyon eğrisi



Şekil 4.4 Nikel'e ait kalibrasyon eğrisi



Şekil 4.5 Çinko'ya ait kalibrasyon eğrisi



Şekil 4.6 Krom'a ait kalibrasyon eğrisi

4.2. Tartışma

Yapılan bu çalışmadaki amaç, Adapazarı şehir merkezindeki ev tozlarının Pb, Cd, Cr, Ni, Zn ve Cu gibi ağır metalleri bulaştırdığını tespit etmek ve deprem sonrası toz etkisini belirlemektir. Ev tozlarında bulunan bu eser elementlerin derişimlerinin artmasında bir çok etken vardır. Bunların en önemlileri; hava kirliliği, araba eksozlarından çıkan gazlar, tozlu hava, trafik, toprak, cadde tozları, galvanizli oluklar gibi faktörler dışarıdan ev ortamına giren tozun önemli nedenlerindedir. Ev içinde ise, ocak şömine, halıdaki boyar maddeler, eski evler, evlerin dekorasyonu, ağaç malzemelerden yapılmış eski evler, halıların aşınması gibi nedenleri sıralayabiliriz. Yol kenarlarındaki toprakların ağır metal kirlenmesinden etkileme dereceleri, trafik yoğunluğu, rüzgarın şiddeti ve yönü, yola olan mesafe ve yağmur gibi faktörlere bağlıdır.

Bununla birlikte ev tozlarıyla ilgili çok sayıda çalışmalar vardır. Gelişen ülkeler ise ev tozlarıyla ilgili çok önemli çalışmalara sahiptirler[64,65,66]. Deprem sonrası ise havadaki toz tanecikleriyle ilgili çalışmaya sahip olan çok az gelişmiş ülkeler vardır.

Yüksek yoğunluktaki trafik, kurşun temelli boyalar, kurşunlu petrol, eski yapılar, araç parçaları, araç sayısının artması, araba lastikleri vb. gibi yollar çevre kirliliğinin önemli nedenlerdendir. Toz içindeki Pb ve Zn metallerindeki değişim hava koşullarına bağlı olarak artış veya azalış göstermektedir[67]. Tablo 4.2'de ($\mu\text{g g}^{-1}$) olarak verilen ağır metal derişimleri üç replikasyonun ortalamasıdır. Tablo 4.2'de sonuçlar birkaç kategoriye göre ağır metaller ve evler olmak üzere ikiye ayrıldığı görülmektedir.

1999 yılında Adapazarı'ndaki motorlu araç sayısı 6894 iken 2000 yılında bu sayı 6050'ye düşmüştür. Deprem sonrası motorlu araç sayısının azalmasına rağmen, enkaz kaldırma ve altyapı çalışmaları ve kampanyalardan dolayı motorlu araç sayısının önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir. Yapılan bu çalışmada, numune alınan yerlerdeki en yoğun trafiğin olduğu yerlerde saatte geçen araç sayıları ise şöyledir:

Çark Caddesi 1080, İzmit Caddesi 1920, Atatürk Bulvarı 2760, Serdivan'da ise 440 araç/saat' dir. Elde edilen sonuçlar sonuçlar değerlendirildiğinde trafik yoğunluğunun yüksek olduğu cadde üzerindeki evlerden (Atatürk Bulvarı ve Eski Hendek Caddesi) alınan toz numunelerinde 21.2 ile 21.9 $\mu\text{g g}^{-1}$ konsantrasyon aralığında kurşun kirliliği gözlenmiştir. Kirlilik kaynaklarına yakın evlerden alınan toz numuneleri ile kontrol numuneleri arasında önemli oranda farklılıklar gözlemlendi. Bazı araştırmacılar tarafından yayınlanan sonuçlara göre ev tozlarında ortalama kurşun düzeyinin 600 $\mu\text{g g}^{-1}$ olduğu belirtilmektedir[68,69,70]. Ev tozlarında bulunan kurşunun ana kaynağı, bu çalışmada ileri sürülen motorlu araçların yaydığı eksoz gazlarının dışarıdan ev ortamına girmesi olarak gösterilebilir.

Eve ait diğer kaynaklarda ise eski evlerde kurşun temelli boyaların kullanımı kurşun kirliliğine neden olmaktadır. Kontrol numunesi ile kıyaslandığında kadmiyum konsantrasyonunun yüksek olduğu görülmektedir(Tablo 4.2). Derişimin yüksek olarak çıkmış olması araç lastiklerinin zamanla aşınması veya parçalanması şeklinde yorumlanabilir ki bu aynı zamanda çinko kirliliğinin de kaynağını oluşturmaktadır. Kadmiyum ve Çinko bazı motor yağlarında kullanılan katkı maddelerinin bileşiminde ve araç lastiklerinde bulunabildiğinden dolayı kirlilik kaynağı olarak gösterilebilir[68,71]. Ev tozlarında kadmiyum varlığının bir diğer kaynağının ise kauçuk tabanlı bazı halı türleri olduğu Soloman tarafından bildirilmektedir[68,72]. Adapazarı'nda analiz edilen diğer bölgelere göre karşılaştırıldığında Atatürk Bulvarı ve Eski Hendek Caddesinde yüksek düzeyde Cr çıkmıştır. Değişik bölgelerdeki evlerden toplanan numunelerin ortalaması 3.8-9.1 $\mu\text{g g}^{-1}$ aralığında elde edildi.

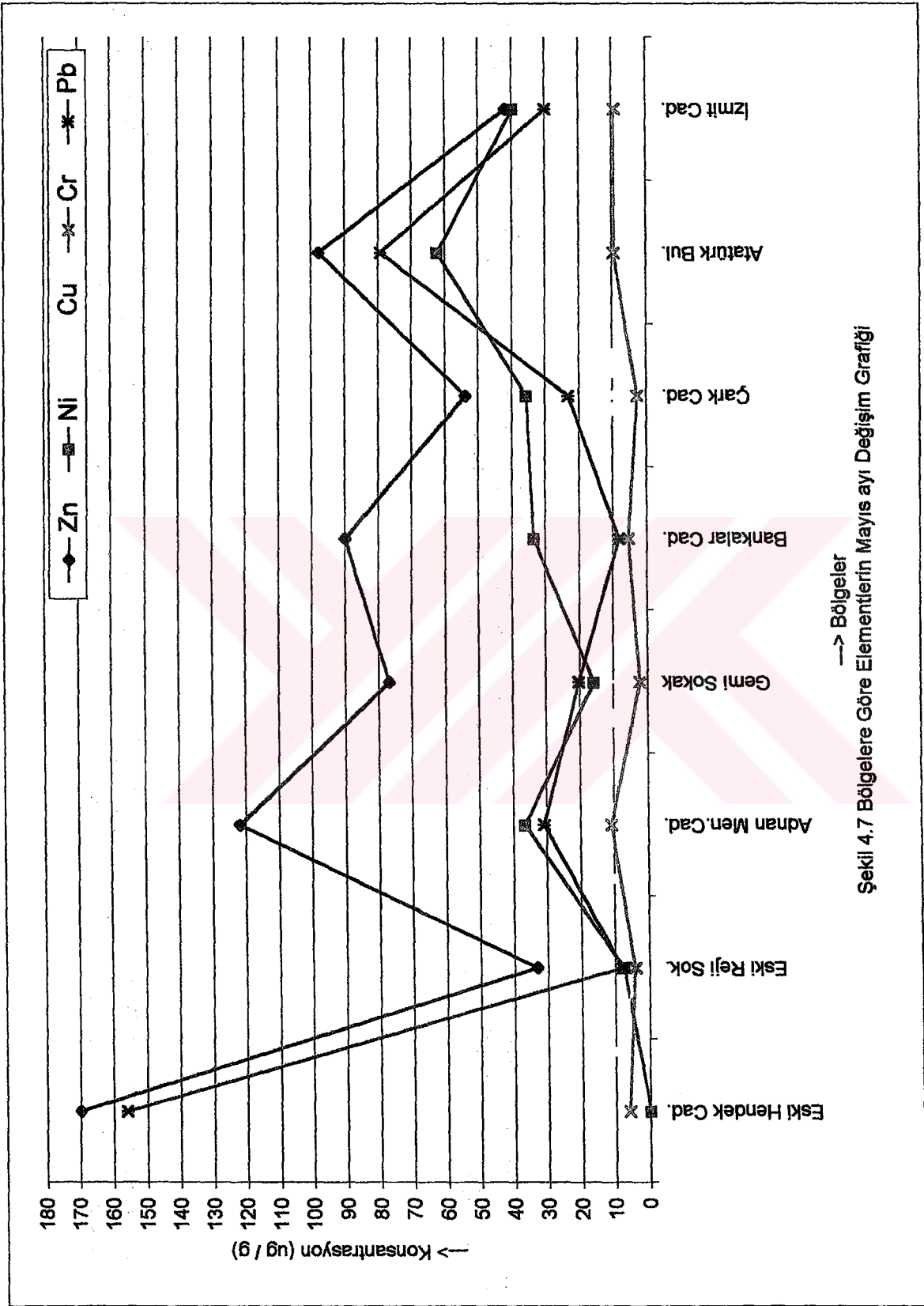
Sonuçların tümü bu metallerin (Cr ve Ni) motorlu araç parçalarının kullanımıyla aşınmakta olduğunu göstermektedir. Cr için diğer kaynak motorlu araç alaşımları ve krom levhaları gösterilebilir. Yaz boyunca evlerdeki havalandırmalar sırasında havada asılı durumda bulunan toz parçalarının içeri girmesine izin verilmesi yüksek seviyede ağır metallerin tespit edilmesine neden olmaktadır[73,74].

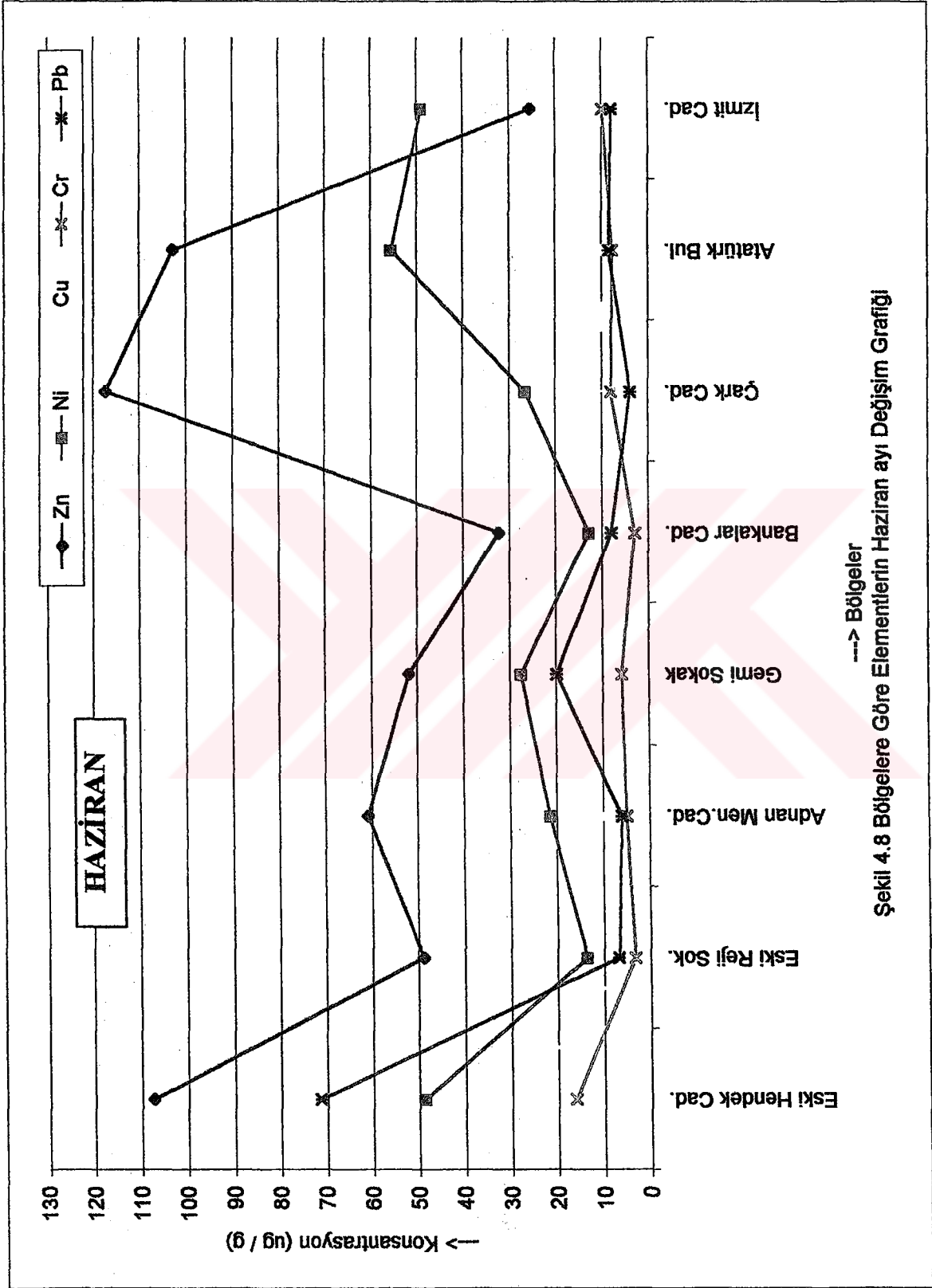
Raporlara göre eski evlerin artması ve tanecik boyutundaki azalma ile ev tozlarındaki Pb ve Cd seviyeleri artmaktadır. Bu çalışma Bahreyn’de bu konuda yapılmış diğer yayınlara uygun olduğunu göstermektedir[85]. Bahreyn’de yapılmış bu çalışma gibi Türkiye gibi gelişen bir ülkede de böyle bir çalışma yapılmıştır. Buna karşın, bu çalışmada elde edilen değerler gelişmiş ülkelerde yapılmış olan çalışmalarla kıyaslandığında (örneğin, İngiltere) özellikle kurşun kirliliğinin Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelere göre iki üç kat daha fazladır.[75]. 1986 yılında üretime başlanan kurşunsuz benzin kullanımına kadar kurşun kirliliği çevre kirliliğinin baş faktörü olmuştur. Bunlardan başka motorlu taşıt üretimi sırasında çevre kirliliğini artırıcı etkiye sahip krom, nikel gibi metallerin kullanımı da kademeli olarak azaltılmalıdır.

Sonuç olarak, elde edilen veriler gelişmiş ülkelerdeki ağır metal kirliliğinin gelişmekte olan ülkelere göre daha fazla olduğu gerçeğini literatürdeki çalışmalarla karşılaştırıldığında net bir şekilde göstermektedir.

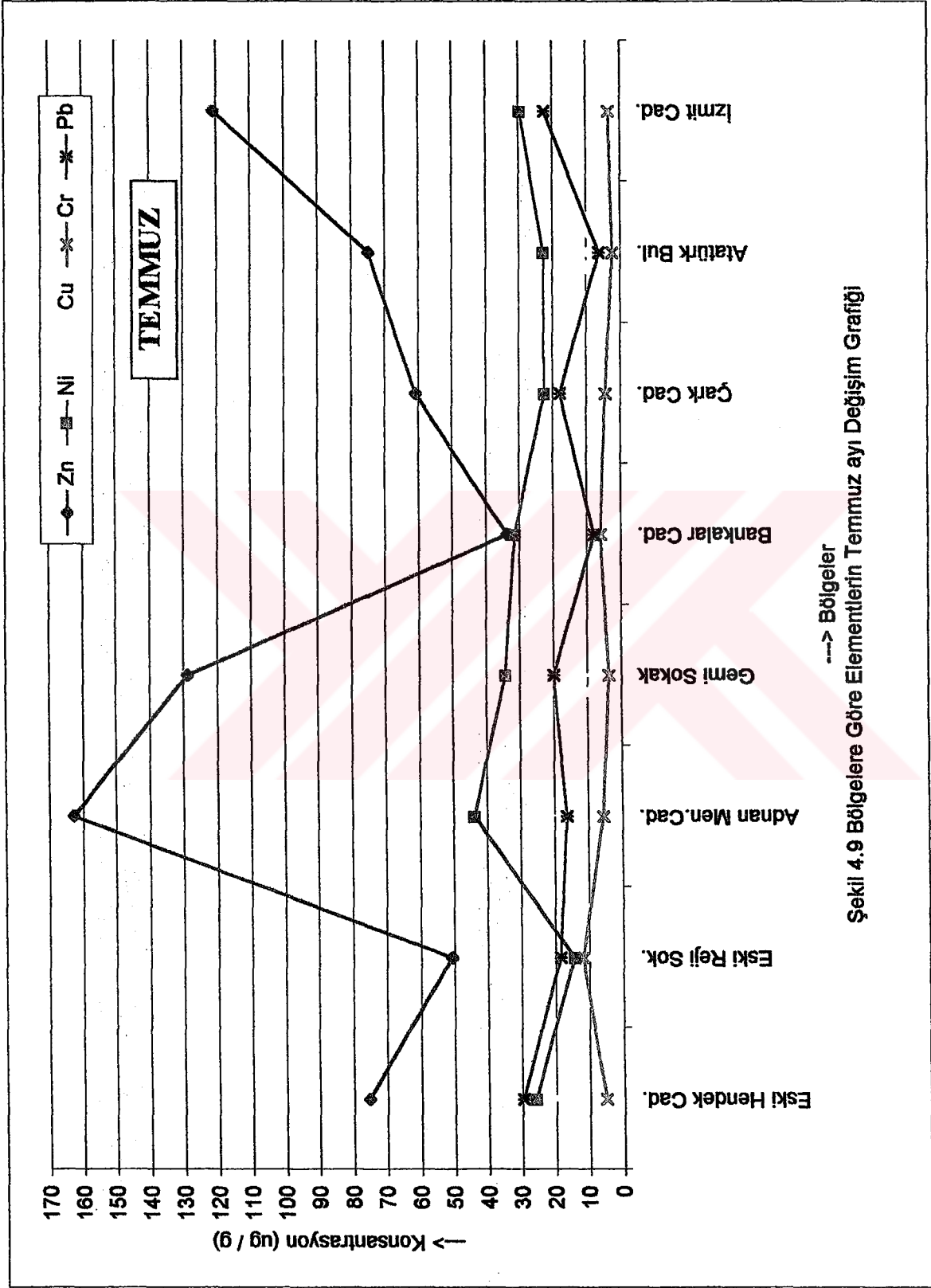
Tablo 4.3 Ev Tozu örneklerinin bölgelere ait ağır metal konsantrasyonu

Bölgeler	Metal Konsantrasyonu ($\mu\text{g g}^{-1}$ x \pm %RSD)											
	Pb		Zn		Cd		Ni		Cr		Cu	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
Ev 1: Izmit Caddesi	2.70-40.5	15.2 \pm 3.1	20-256	98.8 \pm 0.9	0.2-0.72	0.36 \pm 4.8	20.7-69.2	37.8 \pm 1.3	2.5-12.8	6.7 \pm 5.2	1.6-39.6	11 \pm 2.6
Ev 2: Atatürk Bulvarı	2.45-125	21.9 \pm 2.4	40-130	93 \pm 2.9	0.17-2.17	0.64 \pm 4.1	6.3-96	41.2 \pm 1.9	4.4-22.9	7.2 \pm 3.2	3.4-17.2	10.3 \pm 3.1
Ev 3: Çark Caddesi	2.70-29.70	10.7 \pm 4.5	35.8-132.6	85.1 \pm 1.7	0.23-1.29	0.48 \pm 2.7	16.2-48.1	31.0 \pm 1.4	1.6-13.3	5.7 \pm 3.9	3.8-52.7	12.6 \pm 1.3
Ev 4: Eski Reji Sokak	2.50-12.70	10.3 \pm 3.2	21-70	45.3 \pm 0.4	0.22-0.56	0.34 \pm 4.1	3.5-25.6	11.2 \pm 2.4	2.8-16.8	6.0 \pm 3.8	3.2-14.8	5.5 \pm 1.8
Ev 5: Bankalar Caddesi	6.20-10.1	8.1 \pm 3.4	21.4-152	56.8 \pm 0.9	0.22-0.47	0.38 \pm 6.2	8.8-54.4	25.9 \pm 2.1	1.8-7.56	5.3 \pm 5.7	3.2-33.9	7.8 \pm 1.0
Ev 6 : Adnan M. Caddesi	5.50-51.3	14.5 \pm 3.6	40-250	97.2 \pm 2.6	0.24-0.83	0.51 \pm 3.1	26.8-59.6	35.3 \pm 0.9	3.8-14	8.1 \pm 5.7	2.4-27.2	12.4 \pm 1.9
Ev 7: Gemi Sokak	5.30-37.5	19.3 \pm 3.9	20-234	101.7 \pm 1.9	0.27-1.72	0.76 \pm 3.6	8.32-62.8	33.8 \pm 2.5	2.2-16.8	5.1 \pm 5.4	1.9-31.1	9.8 \pm 3.0
Ev 8: Eski Hendek Cad.	6.30-113.4	57.2 \pm 2.7	50-206	95.2 \pm 2.3	0.21-1.9	0.72 \pm 5.4	8.72-89.2	46.9 \pm 1.0	2.9-19.0	6.8 \pm 6.0	3.4-35.4	14.0 \pm 1.9
Kontrol	3.10-3.40	3.2 \pm 3.7	16.1-20.2	18 \pm 1.6	0.22-0.31	0.26 \pm 4.3	3.3-6.3	5.7 \pm 0.8	1-3.8	3.4 \pm 4.3	0.8-1.1	0.9 \pm 0.4

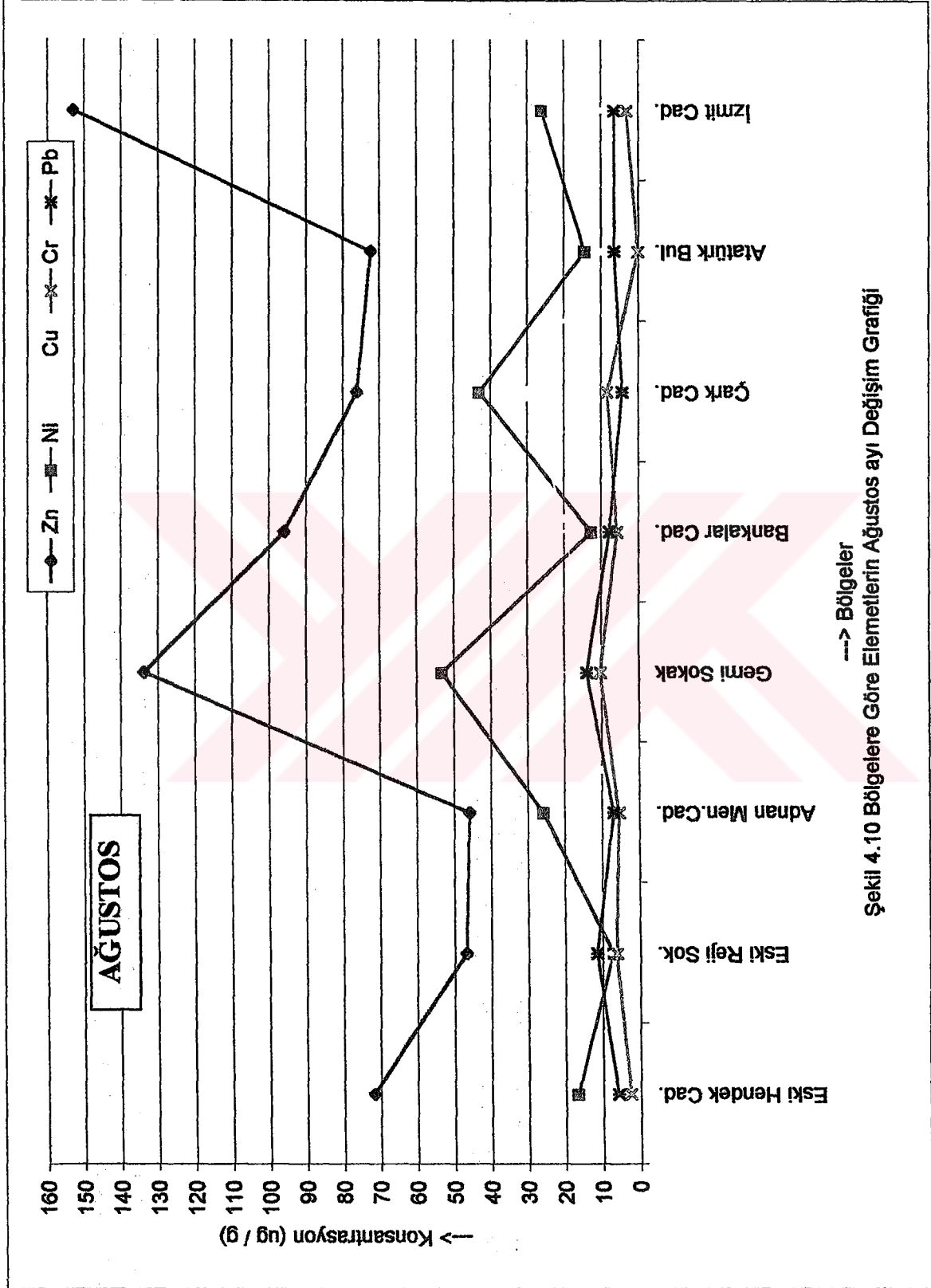


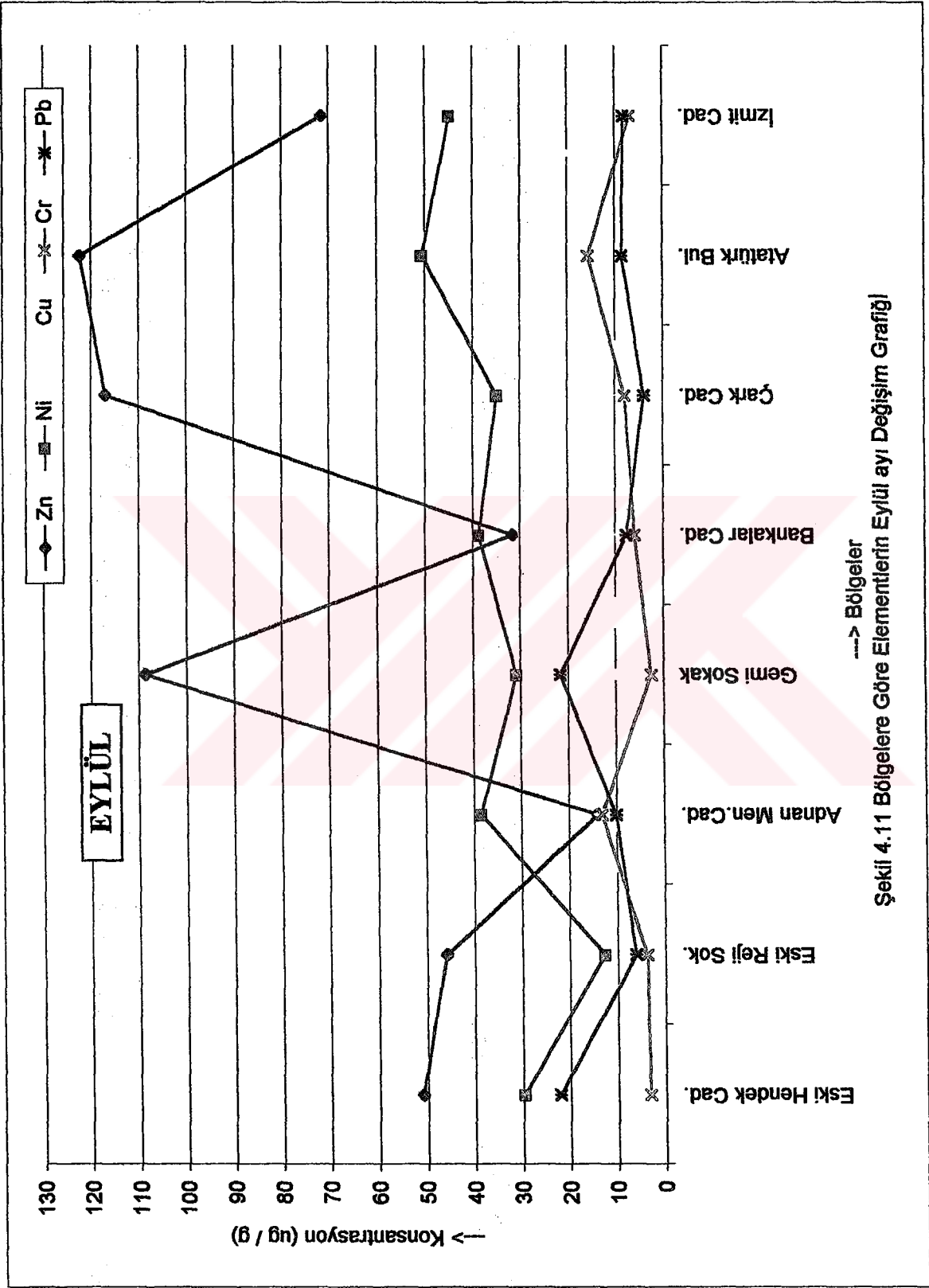


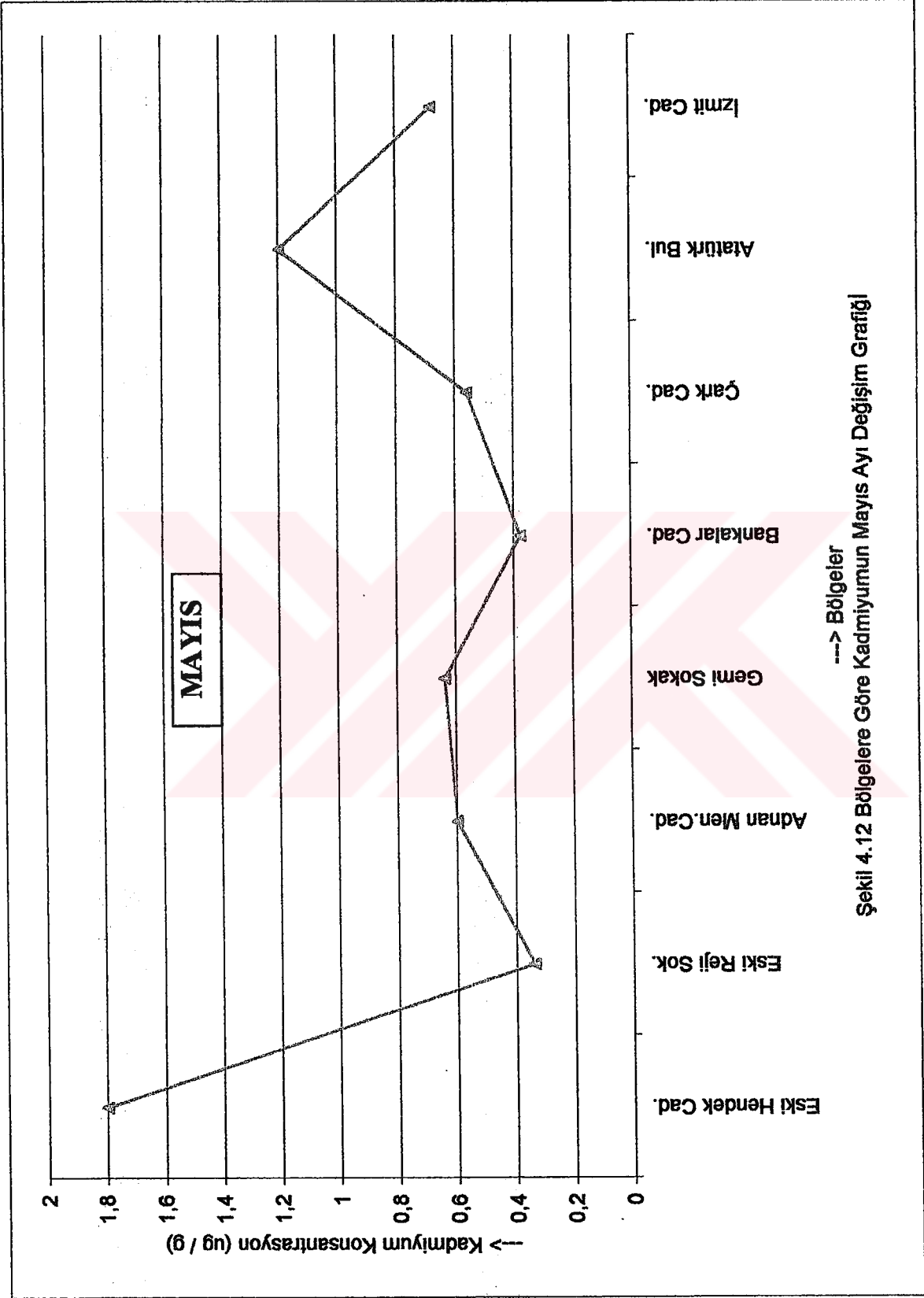
Şekil 4.8 Bölgelere Göre Elementlerin Haziran ayı Değişim Grafiği

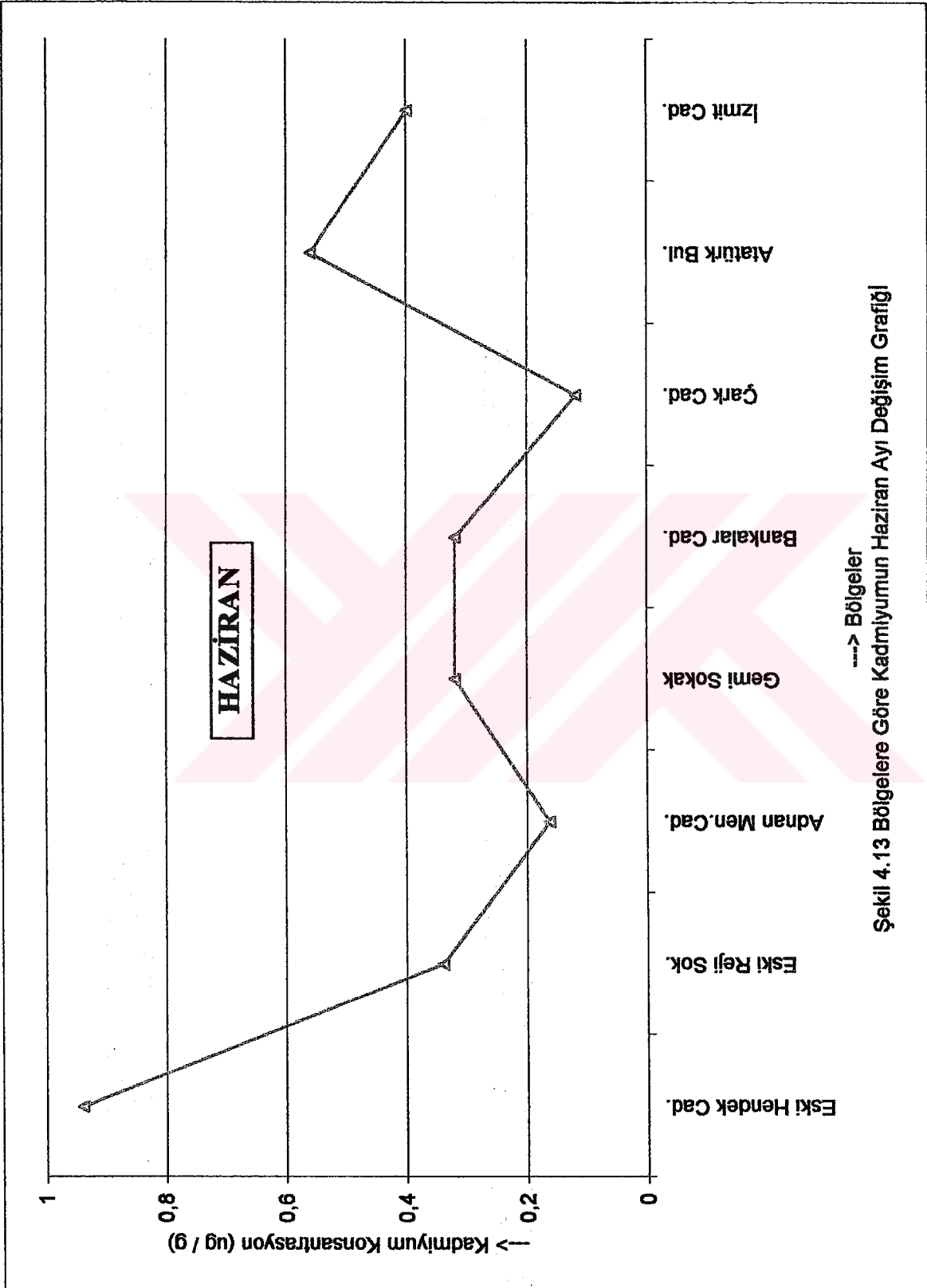


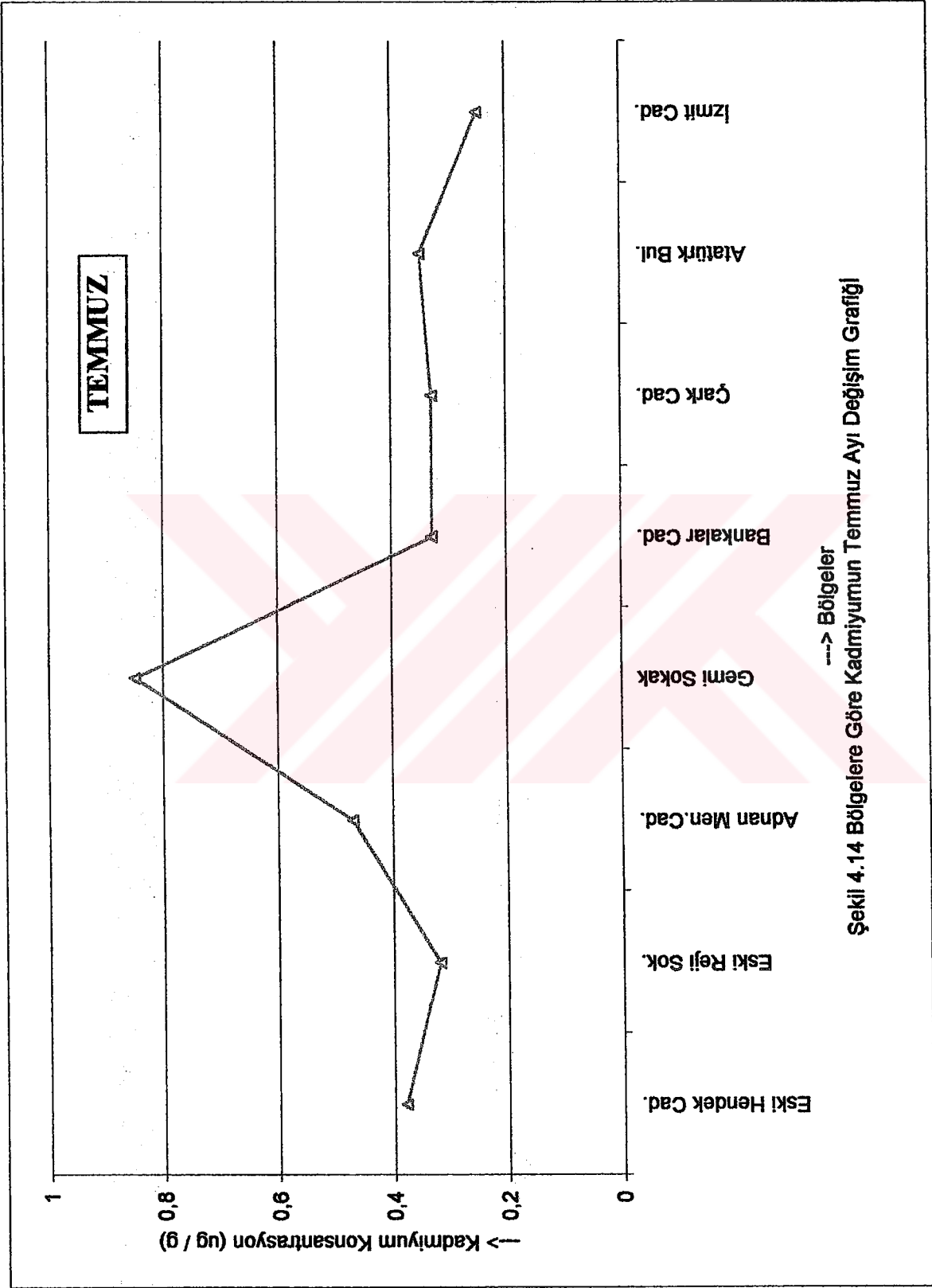
Şekil 4.9 Bölgelere Göre Elementlerin Temmuz ayı Değişim Grafiği

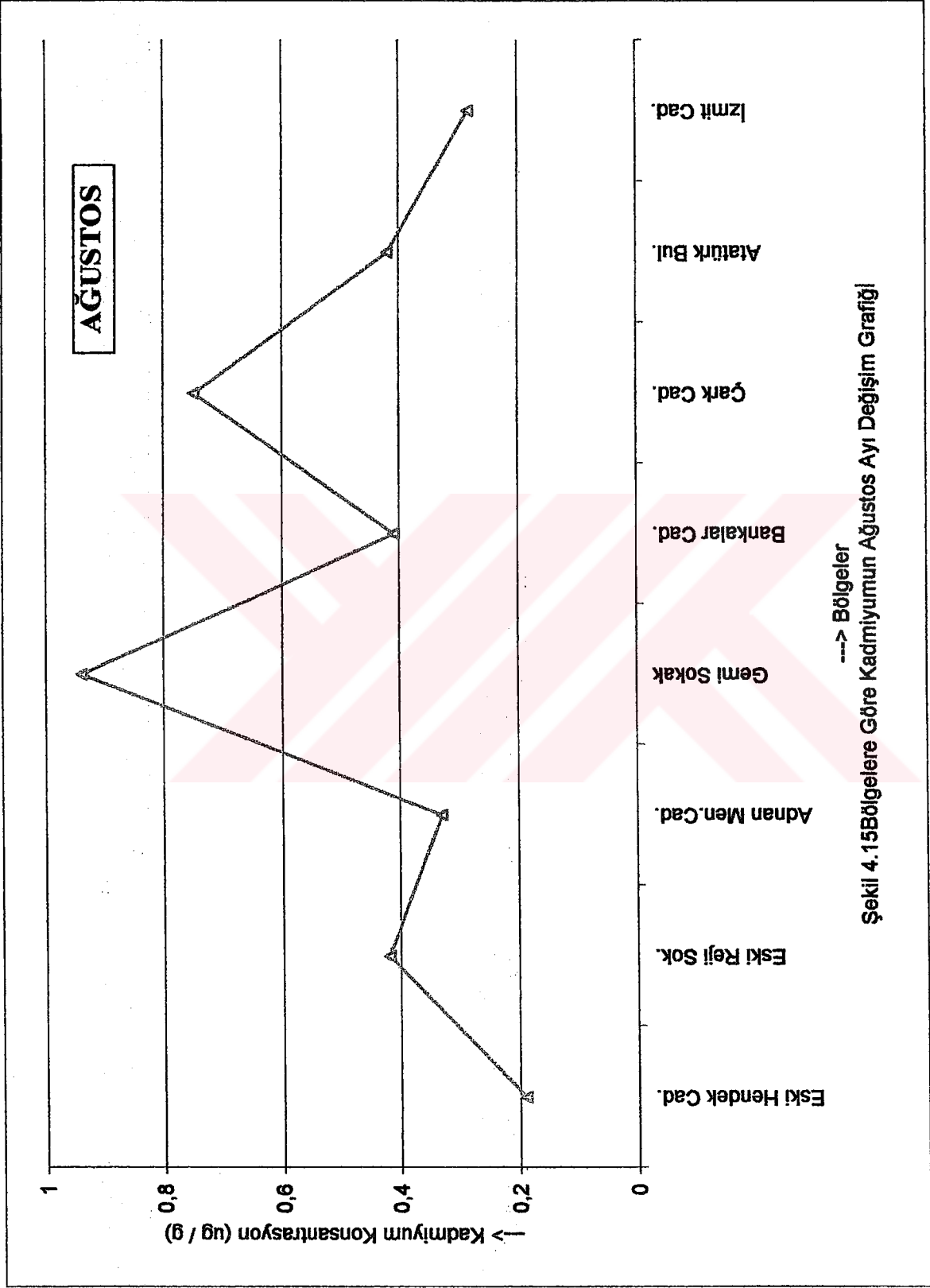


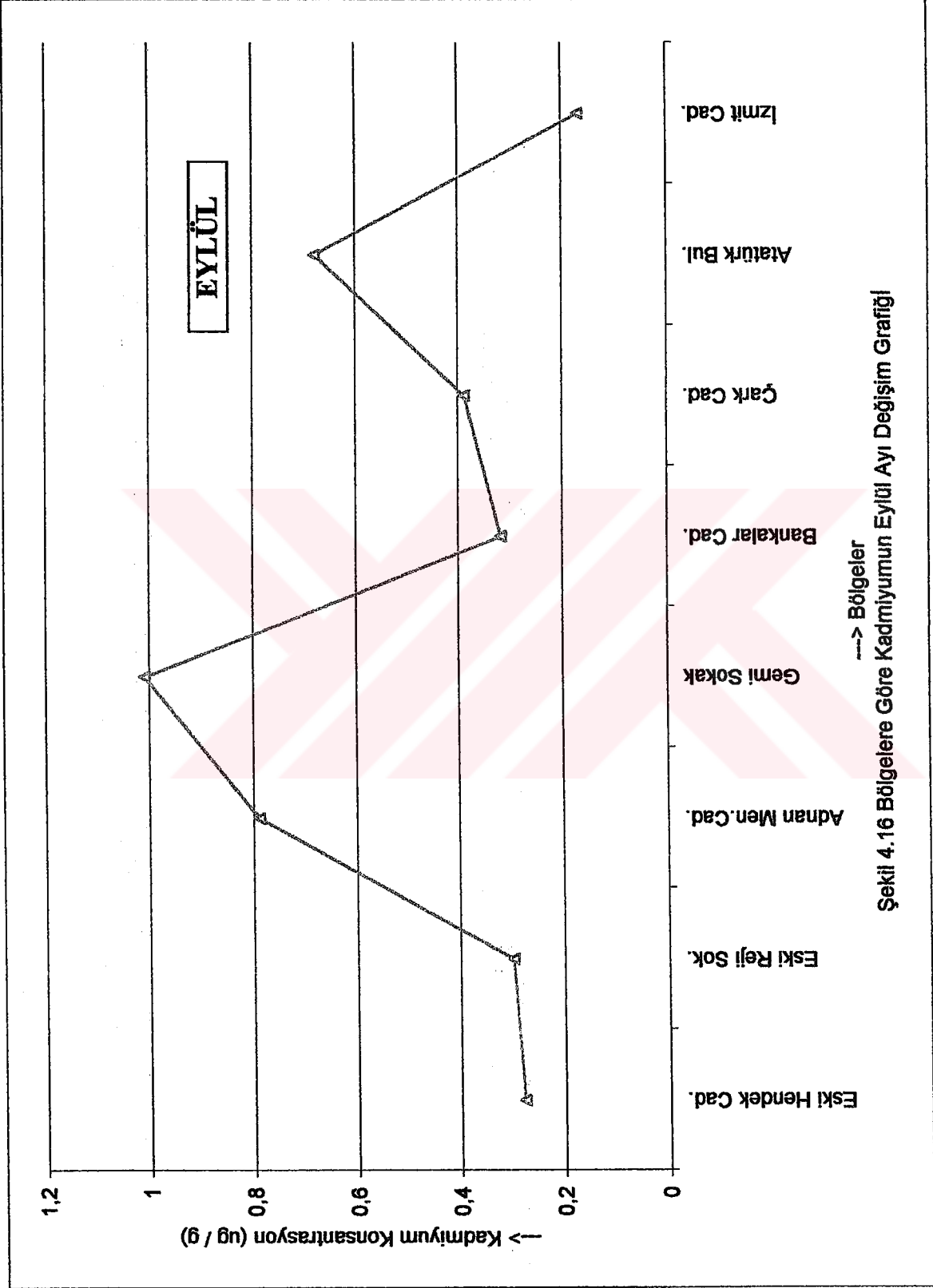


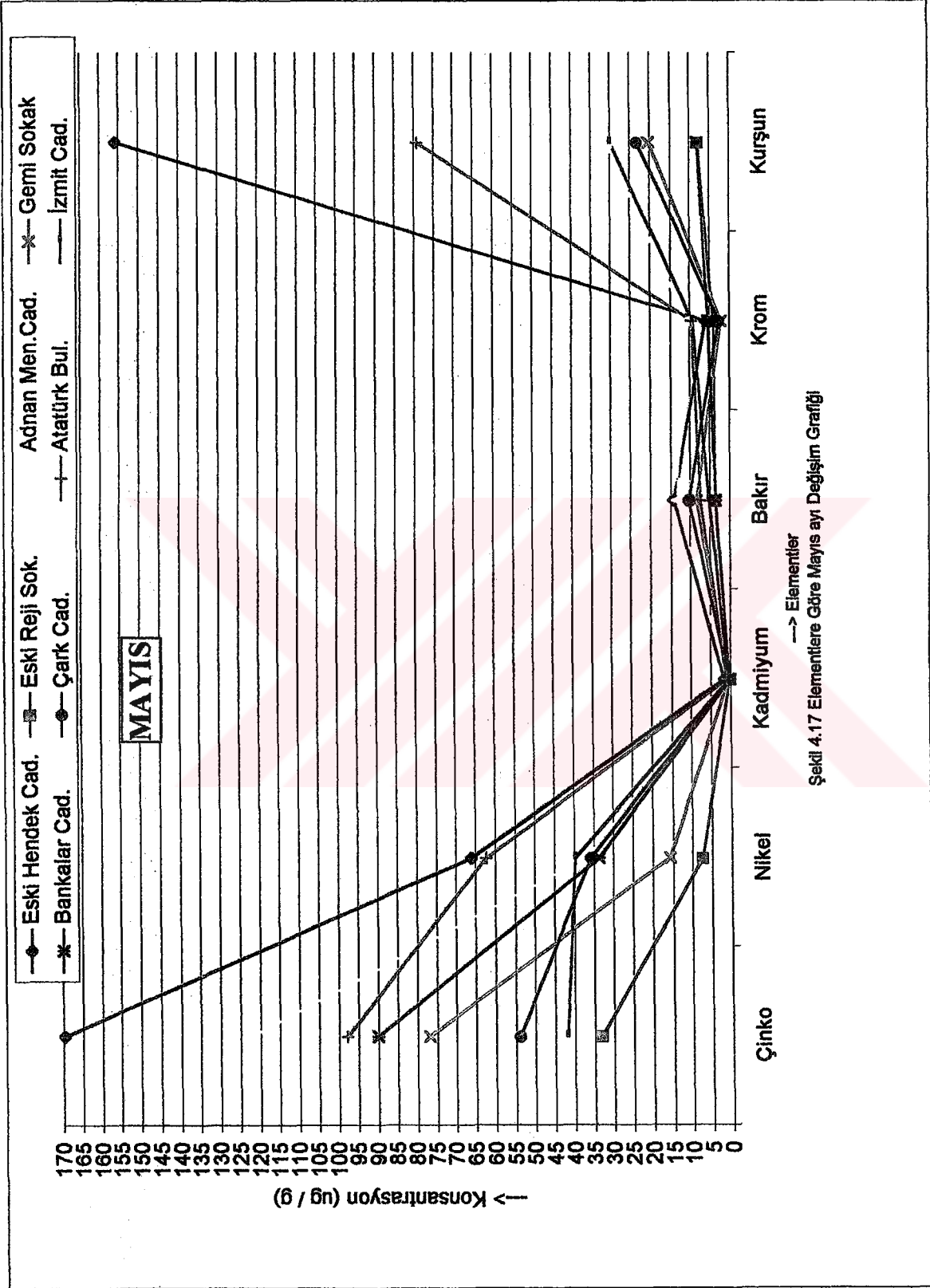


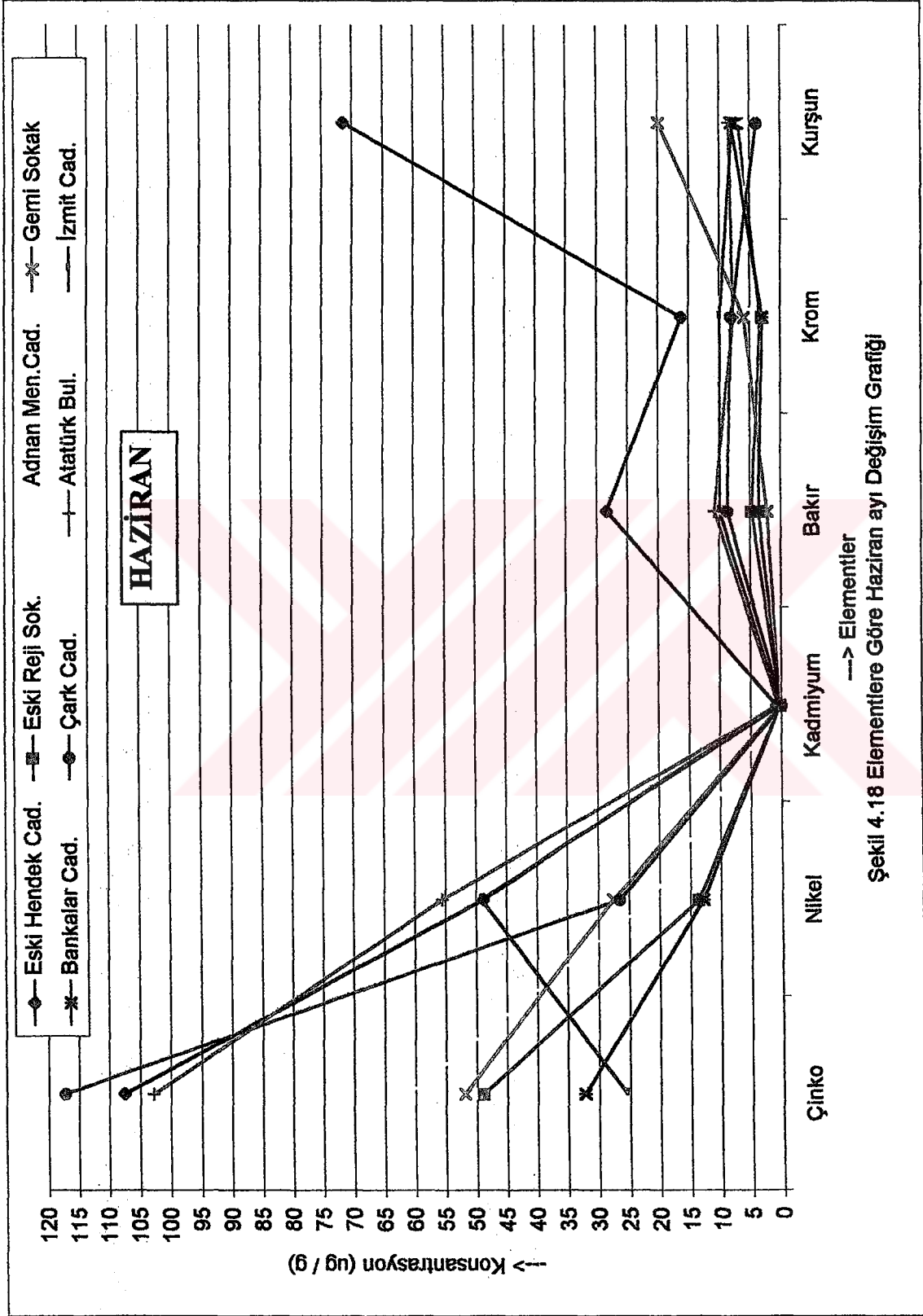


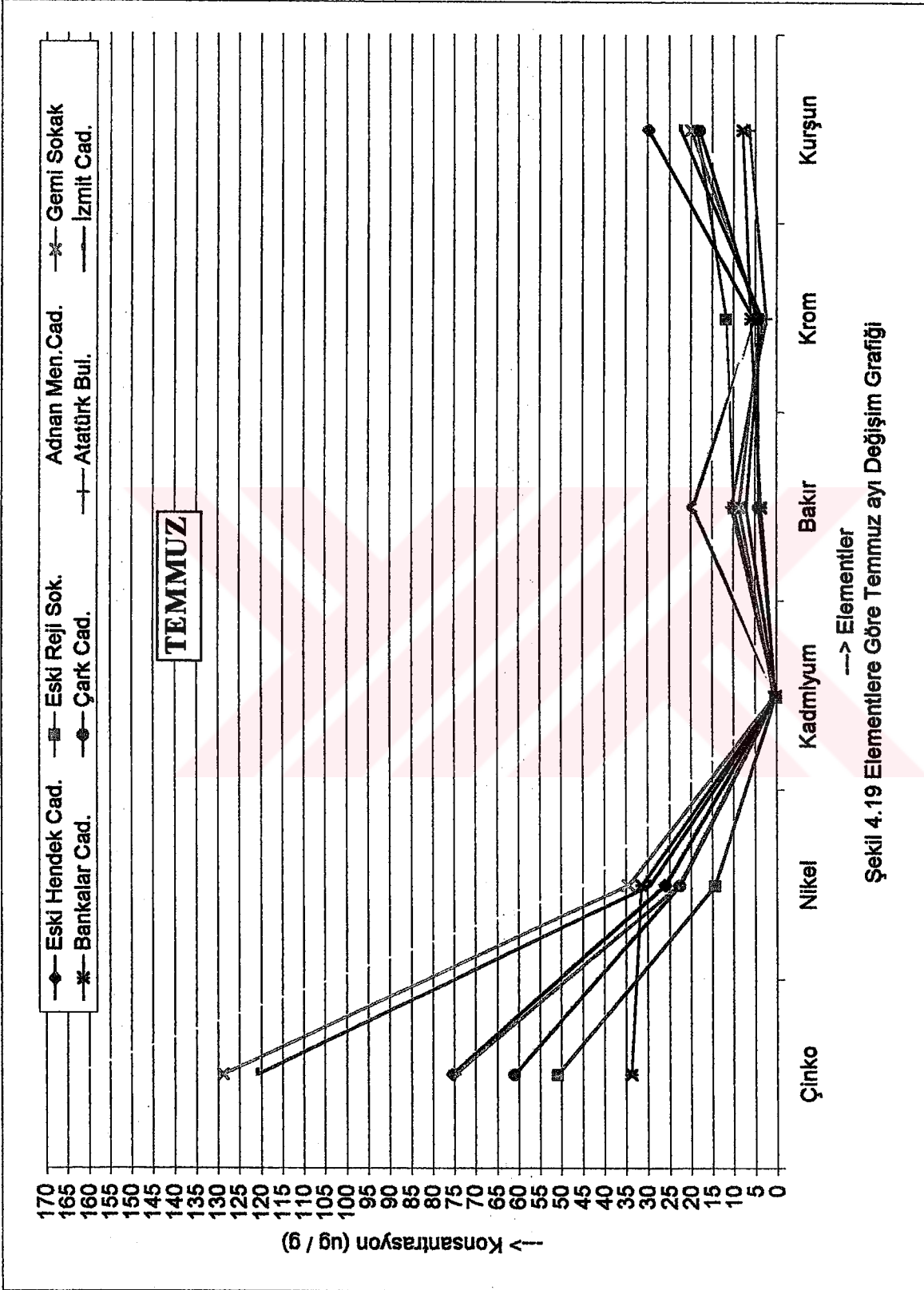


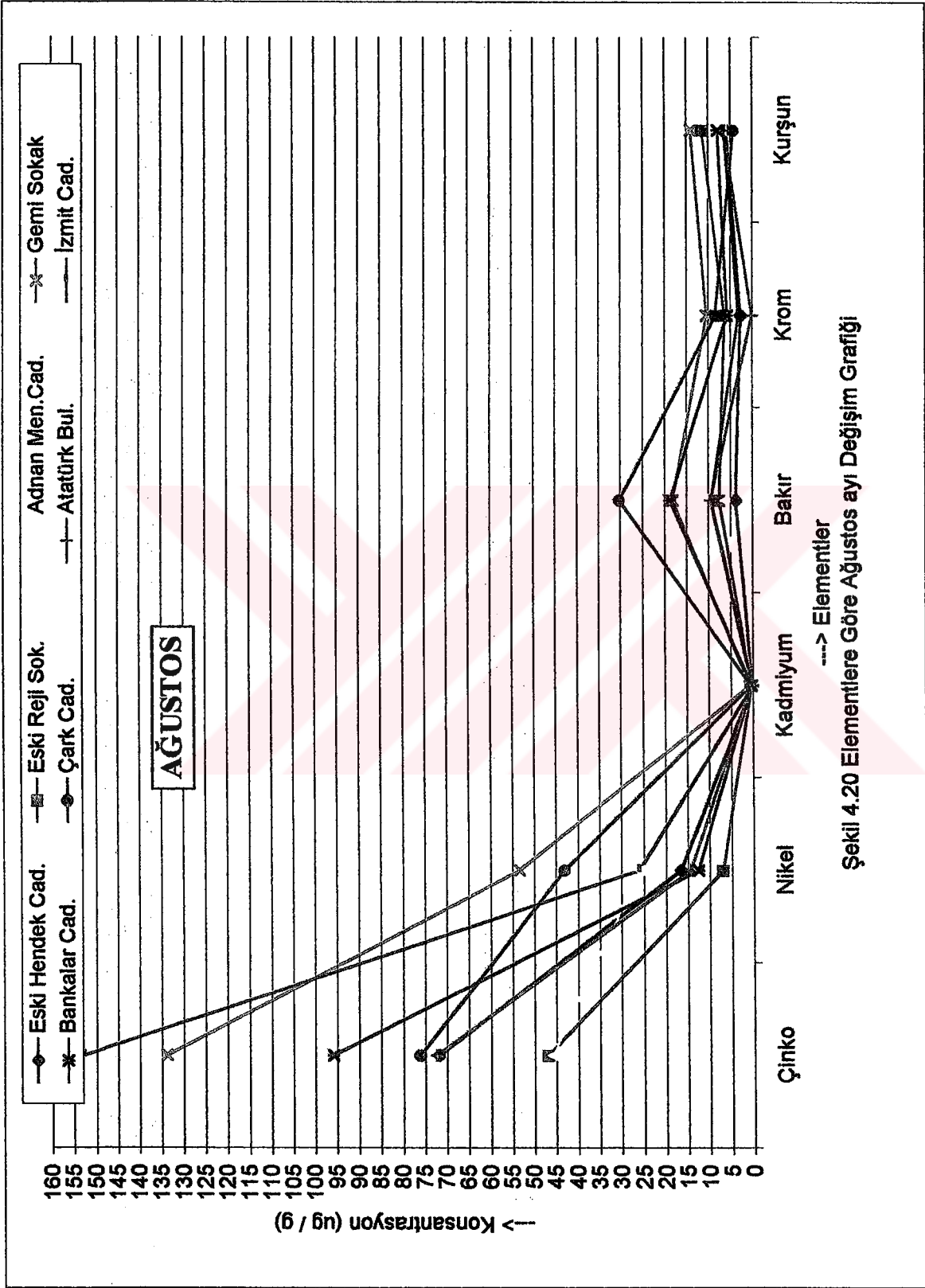


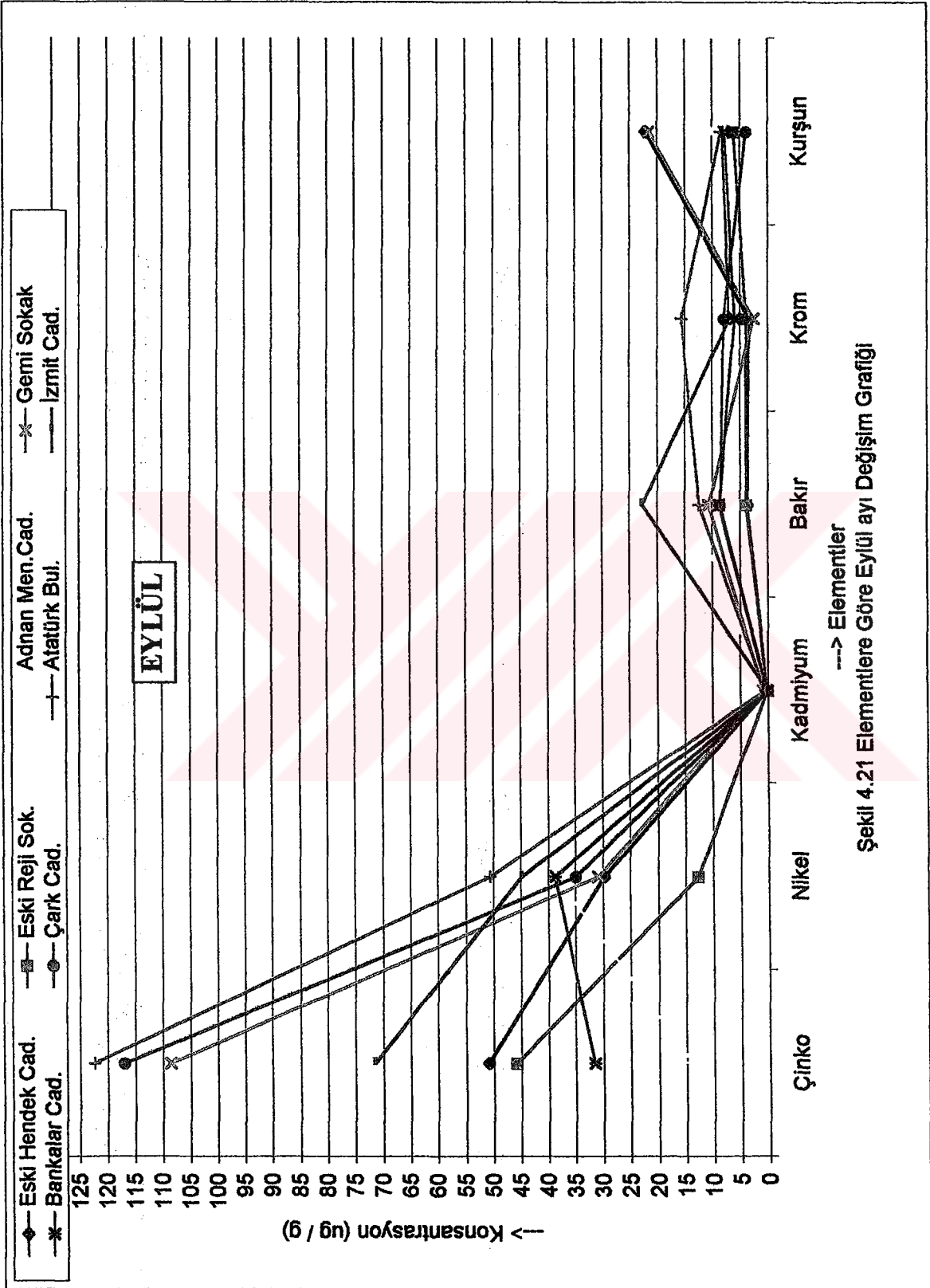












BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmadaki amaç, Adapazarı şehir merkezindeki ev tozlarının Pb, Cd, Cr, Ni, Zn ve Cu gibi ağır metalleri bulaştırdığını tespit etmek ve deprem sonrası toz etkisini belirlemektir. Bu çalışma ile çevremizdeki kirlilik kaynakları ile ağır metallerle kirlenmiş toz parçacıklarının insan sağlığı üzerine etkilerinin neler olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak, 17 Ağustos 1999 Adapazarı depreminden sonra şehir merkezinde tozlanmanın ve toz yağmurunun hasarlı binaların yıkılması, zarar gören altyapının (su ve kanalizasyon şebekeleri) yenilenme çalışmaları gibi nedenlerden dolayı deprem öncesine kıyasla artış gözlemlendi. Özellikle deprem sonrası ara yolların kapanması ve ana caddelerde trafiğin yoğunlaşması (örneğin; Çark Caddesi, Adnan Menderes Caddesi, Atatürk Bulvarı) ile kuru havalarda tozların araç ve rüzgarların etkisiyle havalanması sonucunu beraberinde getirdi.

Bu çalışma ile farklı bölgelerdeki rastgele evlerden alınan toplam 80 adet ev tozu numunesinde ağır metal tayini yapıldı. Adapazarı'nın değişik bölgelerinden toplanan ev tozlarında önemli miktarda ağır metal (kurşun, kadmiyum, çinko, bakır, krom ve nikel) düzeylerine rastlandı. Çalışma sonunda elde edilen veriler ışığında, deprem ve etkilerine nazaran ağır metal derişimlerinin İngiltere gibi gelişmiş ülkelerde ölçülen değerlerin 2-3 katı daha düşük düzeyde olduğu gelişmekte olan ülkelere benzer değerlerde olduğu sonucuna varıldı. Deprem sonrası ilk defa yapılan bir çalışma olması açısından orijinal bir çalışma olması yönüyle kirlilik kaynakları ile ağır metallerle kirlenmiş toz parçacıklarının insan sağlığı üzerine etkilerinin araştırılması için Adapazarı'nda veya başka bölgelerde yapılacak bundan sonraki çalışmalara kaynak teşkil edecektir. Daha ileri aşamada araştırma genişletilebilir. İleri düzeyde yapılabilecek bir araştırma da ise ev içindeki maddelerden mi yoksa ev dışı kaynaklı mı olduğu gibi noktalar araştırma konuları olabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Muramoto, S., 'Variations of Some Elements in Cadmium Induced, Malformed' Bull. Environm. Contam. Toxicol, Vol.27, 193-200, 1981.
- [2] Ergene, A., 'Toprak İlminin Esasları', Atatürk Üniv. Yayınları, Erzurum, 1982.
- [3] Güçer, Ş., 'Atomik Soğurma Spektroskopisinin Çevre Kimyasındaki Önemi ve Sorunları', Profesörlük Tezi, İzmir, 1981.
- [4] Sillanpää, M., 'Trace Elements in Soils and Agriculture FAO', Rome, 1972.
- [5] Baucells, M., Lazort, G., 'Determination of Cadmium and Molybdenum in Soil Extracts by Graphite Furnace AAS and Introductively Coupled Plasma Spectrometry', Analyst, Vol. 110, 29-1423, 1985.
- [6] Khan , K.D., Frankland, B., 'Chimical Forms of Cd and Pb in Some Contaminated Soils', Environment Pollution, B-6, 15-31, 1983.
- [7] Baucells, M., Kelipo, M.T., 'Cadmium Determination in Soil Extracts by Furnace AAS', Anal. Chem. , Vol. 22, 61-70, 1985.
- [8] Sımkıss, K., 'Taylor, M., 'Cellular Mechanism of Metal İon Detoxification an Some New İndices of Pollution', Aquatic Toxicology, Vol. 1,279-290, 1981.
- [9] Yalçın, N. , Aydın, A.O., Sevinç, V., 'Tarım Alanlarında Motorlu Araç Trafiğinin Yol Açtığı Pb ve Zn Birikimi ', TUBİTAK, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, 3,13, 429-439, 1989.
- [10] Brown, B., Ashanullah, M., 'Effects of Heavy Metals on Mortality and Growth', Mar. Poll. Bull. , Vol. 2, 182-187, 1971.
- [11] Saliba, L.S., Ashanullah, M., 'Accumulation and Tolerance of Artemia Salina to Copper Salte ', Mar. Biol. , Vol. 38, 231-238, 1973.

- [12] Engel, D.W. G., Sunda, B. A., 'Factors Affecting Trace Metal uptake and Toxicity to Estuarine Organism', I. Environ. Parameters, In Biological Monitoring of Marine Pollutants Ed. Bay: F. Jhon Vernberg Anthony Calabrese Academic Pres.
- [13] Stoker, S. ;Seager, K., ' Lead in Automobile Exhaust ', J. Air Pollt. , Vol. 42 6-272, 1972.
- [14] Nyangababo, J. T., Hamya, J. W., 'The Deposition of Lead, Cadmium, Zinc, and Copper from Motor Traffic on Bachiaria Enimi and Soil Along a Major Route from Rombo Road İn Kampala City', Intern. J. Environm. Studies, Vol. 11, 115-941, 1986.
- [15] Karademir, M., 'Ankara' nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim Bitkilerinde Eksoz Gazlarından Gelen Ağır Metal Birikimi', Yüksek Lisans tezi , Ankara Üniv. FBE. , Ankara, 1992.
- [16] US. Environm. Protection Agency; Control Techniques for Lead Air Emissions, EPA -450/ 2-77-012, 1977.
- [17] Ün, R., 'Metal Kimyası', 220-627, 1968.
- [18] Demir, M., 'Toprak Örneklerinde Bazı Eser Elementlerin AAS ile Tayininde Halka Tekniğinin Yeri ', Doktora tezi, İnönü Üniv., Malatya , 1986.
- [19] Herrick, R. P., Friedland , A. J., 'Patterns of Trace Metal Concentration and Acidity in Montain Forest Soils of Northeastern U. S.', Water, Air, Soil Pollution, Vol. 53, 7-151, 1990.
- [20] Milberg, R.P., Lagerwerff, J. V., Browes, D. L. 'Soil Lead Accumulation Alongside a Newly Constructed Roadway', J. Environ. Qual. , Vol. 9, 6-8, 1980.
- [21] Emsley, J., 'The Elements', Clarendon Press. Oxford, 36-212, England, 1989.
- [22] Kılıçel, F., 'Çinkur Çevresindeki Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin A.A.S Yöntemiyle Tayini', Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniv. FBE., Kayseri, 1992.
- [23] Haktanır, K., Arcak, S., Erpul, G., 'Yol Kenarındaki Topraklarda Trafikten Kaynaklanan Ağır Metallerin Birikimi', Tr. Journal of Engineering and Environmental Sciences, Vol.19, No. 6, 423-432, 1995.
- [24] Perkins, H. 'Air Pollution', Mc Graw-Hill, 1984.

- [25] Marczenko, Z., 'Separation and Spectrophotometric Determination of Elements', pp. 258, England, 1986.
- [26] Cairne Jr., Protozoans in 'Pollution Ecology of Fresh Water Invertebrates', Ed. Hart. C. W. JR. And Fuler, S.L.H., I- 28 Aca. Press, New York, 1974.
- [27] Kk, T. R., 'Toksikoloji (I)', E. . Fen Bil. Dergisi, Cilt 1, 232-288, 1985.
- [28] Bowen, H.J., 'M. Environment. Chemistry of the Elements', Aca. Press, New York, 1979.
- [29] Tong, T.Y.S., 'Roadside Dusts and Soil Contamination İnd Cincinatti, Ohio, USA', Environ. Mangement, Vol. 14, No. 1, 107-113, 1990.
- [30] Zwozdziaak, A., Zwozdziaak, T., 'Effect of dusts Containing Copper Compounds on Pollution of Soil and Surfaces Waters', Woda Tech. , Vol. 53, 8-176, Sarit, 1979.
- [31] Baysu, N., Ersoy, E., 'Biokimya', A. . Vetriner Fak. Yayınları No. 408 Ders Kitabı; Ankara, 1986
- [32] Jornat, O. T. S. N. P., ' Zinc Emissions and Their Unfavorable Effect on Plant Production and Crop Quality', Cistota Ourdusia , 1977.
- [33] El Bassam, N., 'Kontamination von Pflanzen, Bden und GrudWasser durch Schwermetalle aus Industrie und Siedlungsabfallen', 1982.
- [34] Abdel, S. M. F., 'Nickel Accumulation Parameters, Coefficients of Transfertolerans İndex and Nutrient uptake by Red Clower Grown on Nickel - Pollution Soil', Int. J. Environ. Stud., Vol. 37, 25-34, 1991.
- [35] Sehmel, G.A., 'Particle Resuspension from an Asphalt Road Caused by Tetraethyl Lead', Science N. Y., 137-565, 1962.
- [36] Ően, H., 'Van Gölünde Avlana Chalcarburnus Tarchi (İnci Kefali) Balığı' nda Pb, Cd, Zn ve Cu gibi Ağr Metallerin Araştırılması', Yüksek Lisans tezi, Yüzüncü Yıl Üniv. FBE., Van, 1993.
- [37] Parlak, H., 'Mugil spp ve Chastmistyc gulosus üzerinde Kadmiyum, Demir ve Kurşun ' un Ayrı Ayrı ve Birlikte Oluşturdukları Toksik Etkilerinin Araştırılması', Doktora tezi , E.. Fen Fak. Hidrobiyoloji Enst. , İzmır, 1980.
- [38] Biggins, P.D.E., Harrison, R. M., 'Chemical Specification of Lead Comgounds in Street Dusts', Environ. Sci. Technol., Vol. 14, 9-336, 1980.

- [39] Lagerwerff, J.W., 'In Agriculture and Quality of Our Environment', Ameri. Assoc. Advan. Sci. , Vol. 85, 343-364, Washington.
- [40] Chow, T. J., 'Lead Accumulation in Roadside Soils and Grass', Nature, 225-296, London, 1970.
- [41] Daines, Y. A., 'Heavy Metals Concentrations on Vegetables', Science. 120, 4-321, 1970.
- [42] Wheeler, G. L., Rolfe, G. L., 'The Relationship Between Daily Traffic Wolume and The Chemical Form of Heavy Metals on Their uptake by Plants', Metal Cycling in Environment p.229, Proceedings of Symposium Held in Brussels, 1986.
- [43] Harrison, R. M., Laxen, D. P. H., Wilson, S. J., 'Chemical Associations of Lead, Cadmium, Copper and Zinc in Street Dusts and Roadside Soils', Environ. Sci. Technol. , Vol. 15, 83-1378, 1981.
- [44] Ward, N. I., 'Heavy-Metal Pollution from Automotive Emissions and its Effect on Pastura Species In New Zealand', Environ. Sci. Technol. , Vol. 11, 20-917, 1977.
- [45] Marsh, A. S., Siccama, T. G., 'Monitor the Vertical Distribution of Lead, Zinc and Copper in Mineral Soil', Water, Air, and Soil Pollution, Vol. 95, 59-74, 1997.
- [46] Krieg, M., Einax, J., 'Chemometric Characterization of Soil Depth Profiles', Fresinus J.ournal of Analytical Chemistry, Vol. 348, No. 8-9 , 490-495, 1994.
- [47] Marsh, A. S., Siccama, T. G., 'Use of Formerly Plowed Land in Mew England to Monitor the Vertical Distribution of Lead, Zinc and Copper in Mineral Soil', Water, Air, and Soil Pollution, Vol. 95, 75-85, 1997.
- [48] Munch, D., 'Soil Contamination Beneath Asphalt Roads by Polynuclear Aromatic Hydrocarbons, Zinc, Lead, and Cadmium', Science of The Total Environ., 126, 49-60, 1992.
- [49] Willaret, G., Verloo, M., Cottonie, A., 'Effect of Soil Characteristics and the Chemical form of Heavy Metals on Their uptake by Plants', Metal Cycling in Environment, Proceedings of Symposium Held in Brussels, 229, 1986.

- [50] Hansen, H.K., Ottosen, L. M., Kliem, B. K., 'Electrodialytic Remediation of Soils Polluted with Cu, Cr, Hg,Pb and Zn', *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. 70, No. 1, 67-73, 1997.
- [53] Fatoki, O. S., 'Trace Zinc and Copper in Roadside Vegetation and Soil in Alice, Eastern Cape, as monitor of ...', *South African J. of Sci.*, Vol. 93, No. 95, 3 - 240, 1997.
- [54] Yalçın, N., Sevinç, V., 'Kımalı Sakarya Otoyolunun Sapanca Gölüne Etkilerinin Araştırılması', *TUBİTAK, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 17, 2, 151-156, 1993
- [55] Örnektekin, S., 'Doğu Akdeniz ' de Bulunan İskenderun' daki Motorlu Taşıtlardan Gelen Ağır Metal Kirliliği ve Topraktaki Etkilerinin İncelenmesi', *Tr. Journal of Eng. and Environ. Sci.*, Vol. 21, 45-49, 1997.
- [56] Sooksamiti, P., Geckeis, H., 'Determination of Lead in Soil Samples by in-Valve Solid - Phase Extraction Flow - Injection F.A.A.S.', Vol. 121, No: 10, 1413-1417, 1996.
- [57] Cresser, M. S., 'Atomic Spect. Update - Environment - Analysis', *J. of Anal. At. Spect.*, 1, 10-17, 1986.
- [58] Belozarov, A. V., Naumov, V.V., 'An Automatic Mass - Spectrometric Installation for Rapid Analysis of The Content of Trace Metals, Organic and İnorganic Compounds', *Pribory i Tekhnika Eksperimente*, No. 5, 237, 1993.
- [59] Wisbrun, R. W., Schecter, I., 'Laser - İnduced Breakdown Spectroscopy for Detction of Heavy Metals İn Environmental Samples', *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Eng.*, Vol. 1716, 2 - 15, USA, 1993.
- [60] Gündüz, T., *İnstrümental Analiz*, Ankara 1997.
- [61] Dikman, E., *Enstrümental Analiz*, Çağlayan Kitapevi, 241, İstanbul, 1985.
- [62] Delves, H.T., 'Elemental analysis of body fluids and tissues by electrothermal atomisation and a.a.s.'
- [63] Tekgül, İ., 'Grafit Fırınli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde Mangan Tayininde Çeşitli İyon Karışımlarının Girişim Etkileri', *İTÜ Fen Bil. Enst.*, 1998.
- [64] Harrison, R.M., Laxen, D.P.H., Wilson, S.J., 'Environ. Sci. Technol', 1981, 15, 1378.

- [65] Day, J.P., Hart, M., Robinson, M.S., 'Nature', 253, 343, 1975.
- [66] Arkadani, A.F., 'Ecotoxicology and Environment Safety', 8, 152, 1984.
- [67] Ferguson, J.E., Simmonds, P.R., N.Z. J. 'Sci', 1983, 26, 219.
- [68] Ferguson, J.E., Kim, N.D., 'Sci. Total Environ', 100, 125-150, 1991.
- [69] Bornshien, R.L., Succop, P.A., Krafft, K.M., Clark, C.S., Peace, B., Hammond, P.B., 'Health', 20, 322, 1986.
- [70] Davis, B., Elwood, P.C., Gallacher, J., Ginnevar, R.C., 'Environ. Pollut', 139, 255, 1985.
- [71] Yasoglou, N., Kosmos, C., Asimakopoulos, J., Kallianou, C., 'Environ. Pollut', 47, 293, 1987.
- [72] Solomon, R.L., Hartford, J.W., 'Environ. Sci. Technol', 10, 773, 1976.
- [73] Edwards, R.D., Yurkow, E.J., Liroy, P.J., 'Sci Total Environ', 224, 69-80, 1998.
- [74] Feng, Y., Barrott, R.S., 'Sci. Total Environ', 152, 261-267, 1994.
- [75] Harrison, R.M., 'Sci Total Environ', 11, 89-97, 1979.
- [76] Narin, I.; Soylak, M.; "Trace Elements and Electrolytes." Vol. 16, pp. 99-103, 1999.
- [77] Hewitt, C.N.; Candy, G.B.B.; "Environ. Pollut." Vol. 63, pp.129, 1990.
- [78] Ali EA, Nasarulla MM, Heavy Metals in the Environment, Int. Conf. Athens, Lekkas, TD (Editor), CEP Consultants Edinburgh 2, pp.559-561, 1985.
- [79] Lau WM, Wong HM Environ Res 28:39, 1982.
- [80] Ferguson JE, Ryan DE Sci Total Environ 34:101, 1984.
- [81] Ramlan MN, Badri MA Environ Technol Lett 10:435, 1989.
- [82] Keizer MG, Hooghiemstra-Tielbek M, Deltann FAM J Agric Sci 29:227,1982.
- [83] Ndiokwere CL Environ Pollut (Series B) 7:35, 1984.
- [84] Akhter MS, Madany IM Water Air Soil Poll 66:111-119, 1993.
- [85] Culbard, E.B.; Thornton, I.; Watt, J.; Wheatley, M.; Moorcroft, S.; Thomson, M.; J Environ Qual. Vol. 17, pp.226-234, 1988.
- [86] Şanda, M. A., 'Konya İli Merkezi ve Çevre Yollarındaki Bitkilerde Ağır Metal Birikimi', Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniv. FBE. Biyoloji A.B.D., Konya, 1993.

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin ALTUNDAĞ, 28.10.1975 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Sakarya'da tamamladı. 26.07.1999'da Sakarya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünden Bölüm birincisi olarak mezun oldu. Ekim 1999'da Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Kimya Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans programına kaydoldu. 4 Ekim-24 Aralık 1999 tarihleri arasında Adapazarı Toprak İlaç Fabrika ve Kimyevi Maddeler Sanayi ve Tic. AŞ.'de Üretim Analisti olarak görev yaptı. 26 Aralık 1999'da Sakarya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya bölümünde Araştırma Görevliliğine başladı. Halen bu görevine devam etmektedir.