

1995
T.C. CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

ÇEVRESEL AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
İZLENMESİNDE YENİ BİR ÖRNEK HAZIRLAMA
YAKLAŞIMI: ULTRASONİK LEACHING

ADİL ELİK
DOKTORA TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI
1995

Bu doktora tezi Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir.

**ÇEVRESEL AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
İZLENMESİNDE YENİ BİR ÖRNEK HAZIRLAMA
YAKLAŞIMI : ULTRASONİK LEACHING**

**ADİL ELİK
DOKTORA TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI
1995**

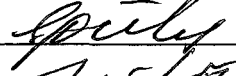


**Mehmet AKÇAY
Danışman**

**Analitik Kimya-Doç.Dr.
Bölümü - Ünvanı**

M. Akçay

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu çalışma, jürimiz tarafından, Kimya Anabilim Dalı' nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Raif GÜLER 
Üye : Prof.Dr. Mehmet DOĞAN 
Üye : Doç.Dr. Mehmet AKÇAY 
Üye : _____
Üye : _____

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

22.10.1995


FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ
Prof.Dr. Fuat ÖNDER

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde Cumhuriyet Üniversitesine Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne hazırlanan ve yayınlanan « Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Klavuzu » adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	III
SUMMARY	IV
TEŞEKKÜR	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
1.1. Atmosfer Kirlenmesi	2
1.2. Partiküler Maddeler	3
1.2.1. Partikül kaynakları	4
1.2.2. Partikül kirliliği etkenleri	5
1.3. Metal Kirliliği (Pb, Cd, Cu, Ni, Cr, Fe ve Al)	9
1.4. Partikül Örnekleme Yöntemleri	13
1.4.1. Bitki yöntemi	13
1.4.2. NRI yöntemi	13
1.4.3. Plaka yöntemi	13
1.4.4. Kar ve Buzul yöntemi	14
1.4.5. Vakum filtrelili yöntem	14
1.4.6. Yapışkan band yöntemi	14
1.4.7. Açık kap toplama yöntemi	14
1.5. Partiküler Kirlenmede Zemin Değerinin Saptanması	15
1.6. Amaç	16
2. MATERYAL VE YÖNTEM	18
2.1. Örnekleme İstasyonları	18
2.2. İncelenen Materyaller	18
2.2.1. Ağaç örnekleri	18
2.2.2. Plaka örnekleri	20
2.3. Örneklerin Analize Hazırlanması	21
2.3.1. Ağaç örneklerinin Ultrasonik Uyarılı Çekme ile analize hazırlanması	22
2.3.2. Küllendirme ile analize hazırlama	22
2.3.3. Plaka örneklerinin analize hazırlanması	23
2.4. Element Belirleme	23
3. BULGULAR	25
3.1. Analiz Tekniği	25
3.2. Ağaç Örnekleri Partikül Kirliliği	26
3.3. Ağaç Örneklerinde Ağır Metal Kirliliği	28

II

3.4. Plaka Örnekleri Partikül Kirliliği	33
3.5. Plaka Örnekleri Ağır Metal Kirliliği	36
3.6. Örnekleme Tekniklerinin Karşılaştırılması	36
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	39
5. KAYNAKLAR	45
6. ÖZGEÇMİŞ	51



ÖZET

Doktora Tezi

ÇEVRESEL AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN İZLENMESİNDE
YENİ BİR ÖRNEK HAZIRLAMA YAKLAŞIMI :
ULTRASONİK LEACHING

ADİL ELİK

Cumhuriyet Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Mehmet AKÇAY

Çevresel ağır metal kirliliğinin yerel ve zamansal izlenmesi problemine Ultrasonik uyarılı çekme (Ultrasonik Leaching) tekniğinin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Akasya ve çam filizi örnekleri toplayıcı olarak seçilmiş ve bu örneklerden ağır metaller Ultrasonik uyarı etkisi altında özütlenmiştir.

Yöntemin doğruluğu bu alanda kullanılan plaka ve küllendirme yöntemleriyle karşılaştırılmıştır. Plaka yönteminden elde edilen Sivas kenti kirlilik oranı sonuçlarıyla karşılaştırılabilir verimler elde edilmiştir. Ultrasonik Leaching sonuçları doğrudan küllendirme sonuçlarından daha yüksek çıkmıştır.

Yöntemin kesinliği % BSS cinsinden analit ve örneğe bağlı olarak % 2.8-11.4 arasında değişmektedir. Plaka yönteminde ise %4.5-12.8 arası değerler elde edilmiştir. Bu sonuçlar bu alanda kabul edilebilir kesinlik düzeyleridir. Yöntemin toplanmış ortalama % BSS değerleri tüm metaller için 5.5-8.4 aralığında değişmektedir.

Geliştirilen bu örnek hazırlama yöntemi ucuzluk, analizci sağlığı ve FAAS yöntemine uygunluk açılarından olumlu gözükmektedir. Ayrıca kirletici kaynak katkılarının belirlenmesi sorununa alternatif bir çözüm getirmektedir.

Anahtar Kelimeler : Ağır metal kirliliği, Çevresel kirlilik, Partikül kirliliği, Ultrasonik Leaching.

SUMMARY

PhD Thesis

A NEW APPROACH TO SAMPLE PREPARE FOR TRACING
THE ENVIRONMENTAL HEAVY METAL POLLUTION:
ULTRASONIC LEACHING

ADİL ELİK

Cumhuriyet University

Graduate School Of Natural

and Applied Sciences

Department of Chemistry

Supervisor : Doç. Dr. Mehmet AKÇAY

The feasibility of Ultrasonic Leaching technique to the problem of local and periodical impression of environmental heavy metal pollution has been researched. The tendrils of acacia and pine samples have been chosen as collectors. The heavy metals from this samples were extracted under Ultrasonic excitation effect.

The accuracy of the method has been compared to the plate and ashing methods which used commonly in this field. The contamination ratios were found by the method to be comparable with those of the plating method. The Ultrasonic Leaching results for metal pollution have been found higher than those of direct ashing.

The precision of method varied 2.8-11.4 % in terms of relative standard deviation (RSD) which depends upon analyte and sample. While the values for plate method varying 4.5-12.8 % have been obtained. These results are acceptable values in these fields. The pooled average RSD % values of the method varied 5.5-8.4 for all metals.

It is concluded that the developed sample preparation method can be an alternative in respect of cheapness, the health of analyst and competitive with FAAS method. In addition, the method can be provided an alternative solution for the problem of identification of pollutive sources.

Key Words : Heavy metal pollution, Environmental pollution, Particle pollution, Ultrasonic Leaching.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana yol gösteren bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım tez danışmanım, Doç.Dr. Sayın Mehmet AKÇAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Yardımlarını esirgemeyen Biyoloji Bölümü Öğretim üyelerinden Prof.Dr. Necati Çelik'e teşekkür ederim.

Yardımlarından dolayı Fakültemiz Teknisyeni Turgut Mursal' a teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışmamda desteklerini gördüğüm Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü' nün değerli Akademik ve İdari personeline sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Adil ELİK

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil.1.1. Akciğer ve solunum yollarında partikül birikiminin partikül çapına göre dağılımı.	6
Şekil.2.1. İncelenen ağaç materyalleri	20
Şekil.2.2. Plaka Örneği	21
Şekil.3.1. FAAS' de Pb belirleme	25
Şekil.3.2. FAAS' de Cu belirleme	26
Şekil.3.3. 1992-93-94 dönemleri çam ve akasya örneği Partikül kirliliği	27
Şekil.3.4. 1992-93-94 dönemleri çam ve akasya örneği Partikül kirliliği (çimento fabrika etkili bölge)	27
Şekil.3.5. Çeşitli kirlilik düzeyleri sergileyen çam örnekleri	28
Şekil.3.6. Çeşitli kirlilik düzeyleri sergileyen akasya örnekleri	29
Şekil.3.7. Sivas Kenti 1992-93-94 yılları yağış düzeyi	29
Şekil.3.8. 1992-93-94 dönemleri çam ve akasya örneği Pb kirliliği	30
Şekil.3.9. 1992-93-94 dönemleri çam ve akasya örneği Cd kirliliği	30
Şekil.3.10. 1992-93-94 dönemleri çam ve akasya örneği Cu kirliliği	31
Şekil.3.11. 1992-93-94 dönemleri çam ve akasya örneği Ni kirliliği	31
Şekil.3.12. 1992-93-94 dönemleri çam ve akasya örneği Cr kirliliği	32
Şekil.3.13. 1992-93-94 dönemleri çam ve akasya örneği Fe kirliliği	32
Şekil.3.14. 1992-93-94 dönemleri çam ve akasya örneği Al kirliliği	33
Şekil.3.15. Kirli plaka örnekleri	34
Şekil.3.16. 1994 dönemi partikül kirliliği (plaka örnekleri)	34
Şekil.3.17. 1994 dönemi plaka örnekleri partikül kirliliği (çimento fabrika etkili bölge)	35
Şekil.3.18. Sivas kenti 1992-93-94 yılları ortalama rüzgar hızları	35
Şekil.3.19. 1994 dönemi plaka örneği ağır metal kirlilikleri	36
Şekil.3.20. 1994 dönemi akasya örneği ağır metal kirlilikleri	37
Şekil.3.21. Plaka toplama kapasitesinin zamanla değişimi	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge.1.1. Kuru ve kirlenmemiş atmosferde bulunan gazlar	1
Çizelge.1.2. Yanmadan kaynaklanan kirleticiler	3
Çizelge.1.3. Partiküler kirletici yayımları	4
Çizelge.1.4. Doğal kaynaklardan ve insansal etkinliklerden atmosfere karışan partikül miktarları	5
Çizelge.1.5. Partiküllerin insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkiler	7
Çizelge.2.1. Sivas kenti haritası ve örnekleme istasyonları	19
Çizelge.2.2. FAAS analizleri çalışma parametreleri	23



1-GİRİŞ

Yeryüzünü saran ve kalınlığı 120 km.'ye yaklaşan gazlar karışımına atmosfer (hava) denir. Atmosfer dört tabakaya ayrılır. Tabakaların üst sınırları yeryüzünden itibaren

- 1- Troposfer (10-15 km.)
- 2- Stratosfer (45-55 km.)
- 3- Mezosfer (75-85 km.)
- 4- İyonosfer (90-110 km)

aralığında değişmektedir. Bunlardan ilki bütün canlı etkinliklerinin içinde gerçekleştiği tabakadır. Toplam atmosfer kütesinin % 75'i bu tabakada toplanmıştır. Atmosfer bileşenleri çizelge 1.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Kuru ve kirlenmemiş atmosferde bulunan gazlar, bu gazların hacimce derişimleri ve toplam kütleleri (atmosferin kütesi $5,6 \cdot 10^{15}$ ton) (Stoker ve Seager, 1976)

Gazlar	Hacimce ppm olarak	Toplam kütesi (milyon ton olarak)
Atmosfer	-	5 600 000 000
<i>Esas Bileşenler</i>		
Azot (N ₂)	780 900	4 220 000 000
Oksijen (O ₂)	209 400	1 290 000 000
Argon (Ar)	9 300	72 000 000
Karbondioksit (CO ₂)	315	2 700 000
<i>Eser Bileşenler</i>		
Neon (Ne)	18	70 000
Helyum (He)	5,2	4 000
Metan (CH ₄)	1,5	4 600
Kripton (Kr)	1,0	16 200
Hidrojen (H ₂)	0,5	190
Diazotoksit (N ₂ O)	0,2	1 700
Karbonmonoksit (CO)	0,1	540
Ksenon (Xe)	0,08	2 000
Ozon (O ₃)	0,02	190
Amonyak (NH ₃)	0,006	21
Azotdioksit (NO ₂)	0,001	9
Azotmonoksit (NO)	0,0006	3
Kükürtdioksit (SO ₂)	0,0002	2
Kükürtlü hidrojen (H ₂ S)	0,0002	1

1.1. Atmosfer Kirlenmesi

Atmosfer kirlenmesi denince akla troposfer kirlenmesi gelir. Troposfer insani (antropojenik) ve yeryüzü kökenli doğal etkinliklerin içinde gerçekleştiği atmosferin en küçük hacimli ve toprağı saran tabakasıdır. İnsansal ve doğal etkinlikler sonucu, havada yabancı maddelerin, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek derişim ve sürede bulunmasına atmosfer kirliliğı (hava kirlenmesi) denir. Kirlilik partiküllerden (çok küçük katı ve sıvı parçacıkları) ve gazlardan veya bunların karışımlarından oluşur.

Esas kirlenme troposfer tabakasında oluşur. Ancak bu tabakadan sızan gazlarla bunun hemen üstündeki Stratosfer tabakası da bir miktar etkilenir. Çünkü ozon tabakası atmosferin bu bölümünde bulunur. Kirlenme etkisiyle parçalanma ozon tabakasının incelmesine ya da delinmesine yol açar (Olcay ve İpekoğlu, 1991; Tırıs ve ark., 1993; Hodges, 1977).

Hava kirliliğinin çevresel etkileri, Küresel, bölgesel ve yerel ölçekte ortaya çıkar. Dünya çapında CO₂ artışının yol açtığı sera etkisi, ozon tabakasının delinmesi gibi etkilerin atmosfer ve dolayısıyla yeryüzünde önemli ölçüde iklimsel değişimlere yol açtığı yapılan modelleme çalışmaları ile ortaya konmuştur. Bölgesel ölçekte, asit yağmurları ormanların tahribatına ve göllerin asitlenmesi ile ekolojik dengenin bozulmasına yol açmaktadır. Yerel ölçekte ise SO₂, partikül, CO, ozon ve NO_x gibi hava kirleticileri, insan sağlığı, bitkiler, yapı ve malzemeler üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Tırıs ve ark., 1977; Hodges, 1977).

Genel olarak havayı kirleten maddeler;

- a) Partiküller
- b) Kükürtlü maddeler
- c) Organik maddeler
- d) Azotlu maddeler
- e) Karbonmonoksit
- f) Halojenler
- g) Radyoaktif maddeler biçiminde sınıflandırılabilir.

Değişik kaynaklardan atmosfere yayılan kirletici maddeler yerleşim yerlerinde hava kirliliğı yaratmaktadır. Bu gün dünyada ve ülkemizde görülen hava kirliliğinin en önemli kaynağını yakıt kullanımı oluşturmaktadır. Otomobil eksozlarının ve baca gazlarının çevre kirliliğine etkisi çok önemlidir. Yanma (katı, sıvı ve gaz yakıtlar) sonucu ortaya çıkan önemli hava kirleticileri ve etkileri çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Yanmadan kaynaklanan kirleticiler (Wark ve Warner, 1976; Kirkothmer, 1978).

Kirletici	Yayıma Derecesi	Etkileri
Azot oksitleri (NO,NO ₂)	Orta	Solunum yolu rahatsızlıkları, bitkilerde hasar, korozyon, fotokimyasal duman oluşumu
Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	Az	Göz tahrişi, solunum yolu tahrişi, baş ağrısı, çarpıntı, sindirim sistemi bozuklukları
Karbonmonoksit (CO)	Orta	Kanda Oksijen azalması
Kükürtdioksit (SO ₂)	Yoğun	Asit yağmuru, kalp hastalıkları, solunum enfeksiyonları
Halojen bileşikleri	Az	Korozyon
Hidrokarbonlar (HC)	Yoğun	Bitkilerde hasar, bazıları kanserojen
Polisiklik organik maddeler (özellikle PAH)	Orta	Kanserojen
Tanecikler (PM)	Yoğun	Metallerin, binaların korozyonu, bitkilerde hasar, akciğer ve bronşlarda tahriş

Bu kirletici kaynaklar gazların yanı sıra partiküler kirleticiler de yayarlar. Partiküler kirleticilerin en olumsuz yönü ağır metal (Pb, Cd, Ni, Cr, Hg, Be, Ag vb.) taşıyıcılığıdır (Hodges, 1977).

Kirlenmenin boyutu, çeşitli kaynakların kirletici yayımı ile bölgenin meteorolojik şartlarına bağlıdır. Özellikle meteorolojik olaylar, kirletici maddelerin atmosferde belli bölgelerde yoğunlaşmasına yol açarak önemli sağlık sorunları ile birlikte ekonomik kayıplar yaratırlar. Hava kirleticileri ile meteorolojik parametreler (Hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve yönü, yağışlar vb.) arasında önemli ilişkiler bulunmuştur (Kırımhan, 1991; WHO, 1985; Arslan ve Boybay, 1989). Özellikle yağışsız yaz aylarında düşen toz miktarının, etkin rüzgar kuvvetinin yaklaşık karekökü ile orantılı olarak değiştiği bulunmuştur (Arslan ve Boybay, 1989).

1.2. Partiküler Maddeler

Ortalama gaz molekülü çapından (0.0002 µm) büyük olan ve havada askıda kalabilen katı veya sıvı her türlü madde partikül olarak değerlendirilir. Maddenin yoğunluğuna bağlı olmakla birlikte en büyük partikülün 500 µm çapta olması beklenir. Partikül şeklindeki kirletici yayımları iriliklerine, yoğunluklarına ve kimyasal yapılarına göre tanımlanırlar. Çizelge 1.3'te partikül şeklindeki kirletici yayımları tanımlanmıştır.

Çizelge 1.3. Partiküler kirletici yayımları (Stern, 1977).

Kirletici Adı	Açıklamalar
Tanecik (Partikül)	Boyutları 0.001-500 μm arasında değişen katı ve sıvı kütleleridir. 10 μm altında olanlar havada asılı kalabilirlerken, büyük tanecikler zamanla çökerler.
Aerosol (Mist-fog)	Gaz ortamında kolloidal büyüklükte dağılmış yüklü veya yüksüz katı veya sıvı taneciklerdir.
Duman (Fume)	Tam olmayan yanma sonucu oluşan, çoğunlukla karbon ve diğer yanabilen parçaları içeren parçacıklar olup, boyu 1 μm ' den küçük-tür.
İslilik (Smoke)	Karbonlu bileşiklerin tam yanmaması sonucu katran ile yapışarak yığılan ve havada dağılan 0.5 μm 'den küçük karbon tanecikleridir.
Toz (Dust)	Gaz ortamında geçici olarak asılı halde bulunan ve boyutları 1-10 μm arasında değişen katı taneciklerdir.
Uçucu kül (Fly ash)	Katı yakıtların yakılmasında oluşan 1-200 μm boyutlarında bulunan ve bünyesinde yakıtın da yer aldığı yanma gazlarındaki küllerdir.

Atmosferde, çizelge 1.3' te tanımlanan cansız partiküllerin yanı sıra bakteriler, mantarlar, mayalar ve yosunlar gibi canlı partiküller de vardır (Gündüz, 1994).

1.2.1. Partikül kaynakları

19. yüzyılın sonlarında sanayi devrimi ile birlikte artan enerji gereksinimine bağlı olarak kömür kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Bunun sonucunda CO_2 , SO_2 ve partikül gibi kirleticilerin atmosferdeki derişimleri giderek artmıştır.

Doğal kaynaklardan (orman yangınları, toz fırtınaları, volkanik patlamalar ve denizlerden) ileri gelen hava kirleticilerin (insansal kirleticilerden çok daha fazla olmasına rağmen) dispersiyon (dağılma), atmosferde oluşan bir takım doğal temizleme (Scavenging) işlemleriyle (yağış, oksidasyon, okyanuslar ve toprak tarafından emilme) derişimleri düşer. Oysa insansal kaynaklardan ileri gelen kirleticiler dar bölgelerde (şehir ve sanayi bölgeleri) yığılırlar (Tırıs ve ark., 1993).

Çizelge.1.4' de doğal ve insansal kaynaklı partikül miktarları verilmiştir. Sadece ABD' de insansal kaynaklardan ileri gelen gaz, sıvı ve katı halde bulunan hava kirleticilerinin toplam senelik yayımı 20 milyon tondan fazladır (Tırıs ve ark., 1993).

Çizelge: 1.4: Doğal kaynaklardan ve insansal etkinliklerden atmosfere karışan partikül miktarları (Gündüz, 1994).

<u>Kaynak</u>	<u>Yılda (Milyonton)</u>
<u>İnsansal</u>	
Bacalar, taş ocakları v.b. yerler	92
Çeşitli reaksiyonlar sonucu oluşan NO_x ' den	30
Çeşitli reaksiyonlar sonucu oluşan SO_x ' den	147
Atmofere karışan HK' lardan	27
<u>Doğal</u>	
Her türlü tozlardan	200
H_2S ' den	204
NH_3 ' den	270
NO_x ' den	430
Terpenlerden	200
Volkanlardan	4
Orman yangınlarından	3
Deniz tuzlarından	1000
Toplam	2608

1.2.2. Partikül kirliliği etkileri

Kaynağı ne olursa olsun partikül kirliliği görüş uzaklığını kısaltır, yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının bandını değiştirir ve insan, hayvan ve bitki sağlığına olumsuz etki yapar. Partikülleri oluşturan maddelerin kendisi kimyasal bakımdan aktif olabildiği ve çeşitli şekillerde insan sağlığını etkileyebildiği gibi, taşıdığı diğer kirlenici gazları da havada bulunan derişimlerinden çok daha yoğun olarak hassas canlı dokulara taşıyarak yüksek derecede tahribat yapmasına yol açar.

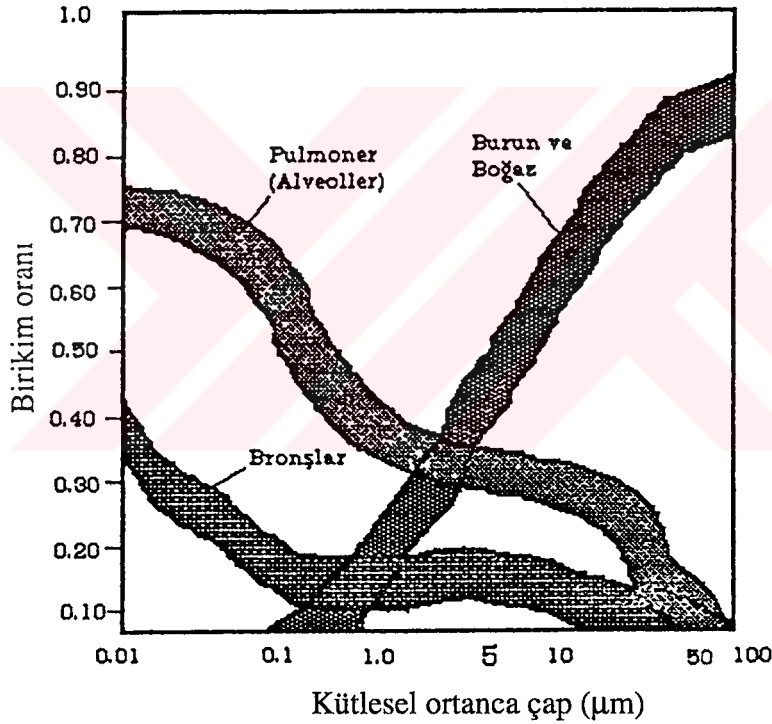
Çeşitli çaplardaki partiküller hava ortamını etkileyen kirleniciler arasındadır. Daha çok endüstriyel kuruluşlardan kaynaklanan tozlar insan sağlığını etkiledikleri gibi toprakta birikerek verimin azalmasına ve bitkilerde fotosentezin yavaşlamasına yol açarlar (Velicangil, 1984; Borka, 1980; Benneth ve ark., 1985).

Genel olarak yerleşim bölgelerinde $7-14 \text{ g/m}^2 \cdot \text{ay}$, $14-35 \text{ g/m}^2 \cdot \text{ay}$ ve $> 35 \text{ g/m}^2 \cdot \text{ay}$ arasındaki toz birikme hızları sırasıyla orta, ağır ve çok ağır kirlilik olarak değerlendirilmektedir (Arslan ve Boyabat, 1990; Stern, 1976). Dünya sağlık teşkilatı (WHO) tarafından standart sınır değerlerin uzun dönem ortalaması $90 \mu\text{g}$. parça-

cık/m³ olarak verilmiştir (Wark ve Warner, 1981; Benneth ve ark., 1985)

a) Partiküllerin İnsana etkileri : Partiküller insan vücuduna genellikle solunum yoluyla girerler ve daha çok solunum yollarını etkilerler. Etkileme büyük ölçüde partiküllerin büyüklüğüne ve içerdikleri elementlere bağlıdır.

Partiküllerin solunum sistemi ve akciğerlerdeki hareketleri ve etkileri aerodinamik niteliklerine (çap veya büyüklük, şekil, yoğunluk) bağlıdır. Partiküllerin solunum sisteminin çeşitli bölgelerindeki birikimi burun ve ağız yoluyla olur. Partiküller daha sonra solunum sistemi ve akciğerlerde çeşitli mekanizmalarla tutulurlar. Şekil 1.1 'de partikül birikimi dağılımının partikül çapına bağlı olduğu gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Akciğer ve solunum yollarında partikül birikiminin partikül çapına göre dağılımı (Hexter ve Goldsmith, 1971).

Büyüklüğü 0.5 µm'den küçük partiküller akciğerlerin en uç noktalarına ulaşır orada yerleşirler. Bunlar toksik gazlardan daha tehlikelidirler. Partikül ne kadar küçük ise akciğerde kalma süresi o kadar uzundur. Yıllarca akciğerlerin derinliklerinde kalan partiküller çeşitli toksik etkiler gösterirler. Bu etkiler başlıca şöyledir;

1-) Kendileri toksik olmasa bile toksik olan partiküllerin etkisini arttırırlar (Sinerjistik etki).

2-) Adsorbe ettikleri zehirli gazları akciğerlere kadar taşırlar ve yavaş yavaş

serbest bırakarak kana karışmasına ve insanın zehirlenmesine yol açarlar.

3-) Toksik metalleri (Ni, Pb, Be, Hg, Cd, Cr, Sb, Bi, v.b.) taşıyabilirler (Hodges, 1977; Gündüz, 1994).

Çizelge 1.5 ' te partiküllerin insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkiler kısaca özetlenmiştir (NAPCA, 1969; USEPA, 1981; USEPA EPA, 1982).

Çizelge 1.5 Partiküllerin insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkiler

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Süre	Etkiler
75	1 yıl	Hava kalitesi standardı.
110	24 saat	Solunum yolları rahatsızlıklarının artma riski.
100-130	+SO ₂ >120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Çocuklarda solunum yolları hastalıklarında artış.
150	Bağıl nem < % 70	Görüş mesafesinin 8 km'nin altına düşmesi.
180		Solunum yolları hastalıklarında artış.
200	24 saat +SO ₂ >250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Fabrikada çalışanlarda hastalık vakalarının artması.
260	24 saat	Hava kalitesi standardı.
300	24 Saat +SO ₂ >630 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kronik bronşit hastalıklarında akut simptomların artması.
700	24 saat +SO ₂ >715 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ölüm oranlarında ve hastalıklarda artışlar.
1000	10 dakika	Solunum yollarında mekanik değişmeler.

b) Partiküllerin bitkilere etkileri : Bu alanda oldukça sınırlı bir araştırma vardır. Bu çalışmalar atmosferdeki çeşitli partiküllerle değil, sadece özel bir kaynaktan çıkan tozlar üzerinedir.

Kendi ağırlığı ile çökebilen (yağan toz > 75 μm) kirlilikler insan sağlığını etkiledikleri gibi, toprakta birikerek verimin azalmasına ve bitkilerde fotosentezin yavaşlamasına neden olurlar. Tozların hava nemi yardımıyla bitki yapraklarının üst kısımlarında bir kabuk oluşturması bitkinin hem ışıklardan hem de CO₂'den yararlanmasını engellemektedir. Sonuç olarak bitkilerde sararma ve çürüme görülmektedir. Çimento, demir çelik, gübre ve termik santraller gibi endüstriler partikül kirliliğinin önemli kaynaklarıdır (Arslan ve ark., 1990; Borca, 1980; ASTM, 1979; Ghandour ve ark., 1985; Gündüz, 1994).

Partiküllerin otlar üzerinde toplanması, bu otlarla beslenen hayvanların vücudunda bazı toksik metallerin birikmesine yol açmaktadır. Bitkiler sadece yararlanabi-

leceği maddeleri değil, toprak ve atmosferde bulunan bir çok ağır metalleri, bunların fiziksel, kimyasal özelliklerine ve kendi genetik faktörlerine bağlı olarak almaktadır (El Bassam, 1982).

Otoyoldan uzaklık ile mevcut bitkilerdeki Pb derişimi arasında ters bir ilişki vardır. Uzaklık arttıkça Pb derişimi azalmaktadır. Benzer ilişkiler çavdar (*Secale cereale*), buğday samanı, patates (*Solanum tuberosum*), kurtbağrı (*Ligustrum vulgare*) ve çam (*populus nigra*) bitkilerinde de gözlenmiştir (Khan ve Coello, 1974; Zimdahl ve Arvik, 1973; Wagner, 1981; Bereket ve Yücel, 1990; Yaman, 1995).

Populus nigra yaprak örneklerinde Avrupa ağır metal sınır değerleri, mg metal/kg kuru madde cinsinden Pb için 8, Cd için 2 ve Zn için 200' dür (Bereket ve Yücel, 1990).

Ağır metaller insan sağlığını havadan (doğrudan), yiyecek ve içeceklerden geçerek (dolaylı) etkilemektedir (Onar ve Temizer, 1987). Fakat en çok yol kenarında ve rofujlerde yetişen bitkilerde birikmekte ve onları etkilemektedir (Türkan, 1986; Yalçın ve Ark., 1988). Birikme bitkinin üzerinde ve dokularında olmaktadır (Foy ve Ark., 1978; Gucin ve Boltepe, 1989; Kovacs ve Ark., 1982; Richard ve Van Scoyoc, 1984). Düşük derişimlerde bitki etkilenmediği halde birikim arttıkça etkiler ortaya çıkmaktadır (Rappaport ve Ark., 1987; Wong ve Ark., 1986; 1984; Godbold ve Hüsterman, 1986; Hertstein ve Jager, 1986).

Bitkilerde Pb ve Cd normal olarak bulunmayan elementlerdir. Bunların bitkilerde eser miktarda bulunmaları bile bir kirlenmeye işarettir (Foy ve Ark., 1978).

c) Partiküllerin eşya üzerinde etkileri : (Gündüz, 1984) Partiküllerin maddeler üzerinde zararlı etkileri vardır. Zararın büyüklüğü daha çok partiküllerin kimyasal bileşimine ve büyüklüğüne bağlıdır. Birinci zarar tozlanan eşyanın sık sık temizlenmesinden kaynaklanır. Partiküller aşındırıcı da olabilirler ve eşyaya daha büyük zararlar verirler.

Metal yüzeyler kuru havada partiküllere karşı dayanıklı olmalarına rağmen, nemli havalarda dayanıklı değildir ve kısa zamanda korozyona uğrarlar.

Arıştırmalar, şehirler ve endüstri merkezlerinde korozyonun kırsal kesime göre daha fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca ağır endüstri merkezlerindeki korozyonun daha da büyük olduğu saptanmıştır.

Partiküller yeni boyanmış yüzeylere yapışarak oralarda merkezler oluştururlar. Bu merkezler korozif gazların soğurulmasını kolaylaştırır ve dolayısıyla korozyonu artırır. Bazı partiküller kurumuş yağlı boyayla bile reaksiyona girer ve onun rengini bozar. Ayrıca yağlı boyalı yüzeyler partiküller tarafından fiziksel olarak kirletilir. Bu husus özellikle evlerde çok önemlidir. Atmosferindeki partikül derişimi bü-

yük olan yerlerde, evlerde daha sık boya yapılır. Örneğin atmosferdeki partikül derişimi 60-70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olan bir bölgede evlerdeki boyalar 4 yılda bir yenilenir iken, partikül derişimi 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olan bir bölgede her yıl yenilenmesi gerekir.

Kimi zaman kirleticilerin etkileri birleşerek şiddetlenir ve nitelik değiştirir (bu olaya sinerjizm denir), kimi zaman da kirleticiler birbirinin etkilerini azaltacak yönde davranır (bu olaya uyumsuzluk denir). İlkine Fe, Mn ve V çözümlü tuzlarının aerosollerinin SO_2 zehirliliğini arttırması örneği verilebilir. Uyuşmazlık durumu ise, zehirli siyanürlerin Ni varlığında etkilerinin azalmasıyla örneklenebilir (Hodges, 1977).

Partiküllerin en büyük zararı giyim eşyaları üzerinde görülür. Partikül derişimi büyük olan bölgelerde elbiselerin sık sık temizlenmesi gerekir, bu da elbisenin giyim ömrünü azaltır. Pamuklu, rayon ve keten kumaşlar asidik partiküllere karşı çok duyarlıdır (kısa sürede parçalanırlar).

d) Partiküllerin görüşe etkisi : (Gündüz, 1994) Partiküller görüş mesafesini azaltır. Bu da uçak, otomobil ve gemi kazalarına yol açar. Partikül derişimi arttıkça ışığın dağılması artar. Görüş mesafesi üzerine en çok etkili olan partiküller büyüklüğü 0.1-1 μm ' olanlardır. Bunun nedeni partiküllerin büyüklüklerinin görünür ışınların dalga boylarına yakın olmalarıdır.

e) Partiküllerin güneş ışınlarına etkileri : (Gündüz, 1994) Partiküller yeryüzüne gelen toplam güneş ışınlarını azaltır. Zira bazı partiküller güneş ışınlarını dağıtarak çok büyük bir kısmını tekrar uzaya gönderirler. Bunun sonucu hem yerin sıcaklığı düşer hem de görüş mesafesi azalır. Yapılan araştırmalar yerleşim merkezlerinin, kırsal kesimlerden % 15-20 daha az güneş ışınlarını aldığı gözlenmiştir. Bu da aydınlanmak için daha çok elektrik enerjisi kullanmak, çok elektrik enerjisi de fazla kömür yanması demektir. Bu ise daha çok kirlenmeye neden olur. Olaylar birbirine sıkı bir şekilde bağlıdır.

Havadaki CO yüzdesinin artması, dünya sıcaklığını arttırmakta, partikül yüzdesinin artması ise dünya sıcaklığını azaltmaktadır.

1.3. Metal Kirliliği

Çevrede bazı metalik elementler ve onların bileşikleri bulunmaktadır, bunların bir kısmı eser düzeydedir. Doğal düzeylerin üzerinde büyük derişimde olmaları zararlı olur. Bunlardan özellikle dördü (Pb, Hg, Cd ve Be) önemli endişeler yaratmaktadır.

Çevrede özellikle atmosferde Pb düzeyleri, benzinde Pb bileşiklerinin yaygın kullanımından dolayı doğal düzeylerden çok yüksektir. Pb birikerek artan bir toksik

elementtir, yetişkin insan vücudunda düzeyleri sürekli artar. Bazen aşırı miktarı beyine zarar verici toksik etki gösterir. Pb zehirlenmesi eski yerleşim bölgelerinde büyük bir problemdir. Çünkü çocuklar Pb içeren boya yongalarını çeşitli yollarla almaktadırlar.

Hg ' da yetişkin insan vücudunda birikebilir ve ergeç sinir sistemi üzerinde olumsuz etkilere yol açar. İnorganik Hg' nin, fazla miktarı olumsuz etki gösterebilmektedir. Organik Hg (örneğin metil Civa) çok fazla toksiktir. Mikro organizmalar inorganik civayı organik civaya çevirebilirler.

Cd bir çok insan etkinlikleri yardımıyla çevrede birikir. Cd' un birçok olumsuz etkisi hayvan testlerinde ve insanlardaki bulgularla tanınmıştır. Japonyada ciddi bir Cd zehirlenmesi salgını 100'ün üzerinde ölüm ve üzücü kemik hastalıklarına sebep olmuştur.

Pb Cd' a göre daha çok yerel tesirli bir kirleticidir, yani Pb'un yayılması daha sınırlıdır (Thomas ve Ark., 1984). Cd bitkide çok hareketli ve daha toksiktir (Wong ve Ark., 1986). Belirli işlerde çalışan kişilerde ağır Be solunumu çok ciddi hastalıklar oluşturmaktadır.

Bir çok diğer metaller dikkat çekmektedir ve EPA tarafından bazıları için içme suyu standart sınırları konulmuştur.

Pb ve Cd gibi metaller çevrede önemli miktarlarda vardır ve bunların bazı bileşikleri daha tehlikelidir. Bazı bileşiklerin küçük miktarları bile yaşamsal öneme sahiptir ve ana kirlilik potansiyelidir. Metaller hakkındaki bilgiler çok hızlı gelişmektedir, buna rağmen onların çoğu hakkında haklı kaygılar vardır.

Tez çalışmalarında izlenen ağır metaller hakkında geniş bilgiler aşağıda verilmiştir.

Kurşun (Pb) : Hava, su ve biosferin doğal bir bileşenidir ve insanlar hava, su ve yiyeceklerle belli bir miktarını alır. İlkel insanın günde havadan 0.01 µg, sudan 0.5 µg ve yiyeceklerden 20 µg Pb aldığı; buna karşın günümüz insanının ise şehir havasından 10 µg, sudan 1 µg ve yiyeceklerden 20 µg Pb absorbe ettiği hesaplanmıştır (Patterson, 1965).

Doğal olarak yiyeceklerde 0.01 ppm, suda 0.0005 ppm ve havada 5×10^{-4} µg/m³ Pb bulunması normaldir. Bulaşmaların çoğu silikat tozlarından, volkanik gazlar ve çok küçük ölçekte diğer kaynaklardan ileri gelir. Karşılaştırmalı olarak, ABD şehir havalarında yıllık ortalama Pb derişimi 1-3 µg/m³ dolayındadır. Ağır trafik ve taşıt tunellerinde kısa vadede derişim 44 µg/m³ değerine ulaşabilmektedir (Cleaning Our Env. 1969). Tarih öncesi düzeylere göre havadaki Pb aerosolleri artışı Pb üretme fi-rinlarını ve motorlu taşıt atıklarından ileri gelir.

Yapılan bir araştırmada Kuzey Greenland ve Antarktika'da yıllık buz tabakalarının analiziyle Pb derişiminin M.Ö 800' de 0.001 µg/kg' dan, 1753' de 0.01 µg/kg' a, 1815' de 0.03 µg/kg' a bu gün ise 0.20 µg/kg' a arttığı bulunmuştur. 1940' dan sonra çok keskin bir artış gözlenmiştir, bu artış benzine yanma düzenleyici olarak tetra etil kurşunun katılmaya başlanmasıyla uyuşmaktadır. 1930' larda Pb fabrikalarındaki Pb atıkları, motorlu taşıtlarinkinden yaklaşık iki kez fazla iken bu gün motorlu taşıtlarinki 50 kez daha büyüktür. Pb' un çok küçük bir miktarı da kömür yanmasından gelmektedir (Murozumi ve Ark., 1969).

ABD' de bazı içme sularında Pb derişimi, (1969-su miktarı belirleme komitesi) 0.64 mg/L' ye kadar bulunmuştur. ABD çevre koruma örgütü (EPA) içme suyunda üst sınır olarak 0.05 mg/L değerini kabul etmektedir.

Pb bir çok olumsuz biyolojik etkiye sahiptir. Yeryüzünde bol bir iz mineraldir, fakat insan metabolizmasına gerekliliği bilinmemektedir. Pb güçlü bir enzim inhibitörüdür, çünkü enzim yapılarıyla, özellikle (-SH) gruplarıyla kolayca birleşir. Bu da çocuklarda Fe'in kullanımı ve hemoglobinin sentezine mani olur. Kronik ağır Pb'a maruz kalma böbreklere zarar verir, Pb zehirlenmesinin klinik bulgusu ise beyine zarar vermesidir; böylece hantallık, aşırı sinirlilik, güçsüzlük, hafıza kaybı, hareketsiz kalamama ve zihni davranışlarda değişimler oluşturur (Lead Pesticides, 1972).

Pb bileşikleri de gelişimde şekil bozukluğuna yol açar ve kanserojen etkiye sahiptir.

Amerikalıların kanında Pb derişimi 0.25 ppm civarındadır. Kronik Pb zehirlenmeleri 0.80 ppm ve daha üzerinde olur. Orta yaş üzerindeki (70 kg.' lık biri için) bir Amerikalı'nın vücudunda 200 mg. civarında Pb bulunabilmektedir. Pb'un çoğu kemiklerde depolanır (Patterson, 1965; Schroeder, 1974). Vücutta mideye alınan Pb' un % 5-10' u emilir, fakat nefesle alınan Pb' un % 30-50' si vücutta değişmeden kalır (Schroeder, 1974).

Amerikalılarda Pb derişiminin sağlığa etkisi tam bilinmemekte ve biraz tartışmalıdır (Lead Pes., 1972; Schroeder, 1974). Hassas sinir sistemlerinin Pb' la zehirlenmesinin depresyon, duygusuzluk, sinirlilik, hırs azalması, sürekli üşüme ve hafif nevroz artmasına yol açabileceği belirtilmiştir.

Özellikle çocuklarda boya ve mürekkeplere maruz kalınması Pb zehirlenmesinin önemli nedenleri arasındadır (Bazell, 1971; Eaton ve Ark., 1975).

Benzinde galon (3.8 L) başına 2-3 g Tetra etil kurşun [Pb (C₂H₅)₄] bulunmaktadır. Benzinle atılan Pb üzerinde son yıllarda ciddi ve başarılı çalışmalar vardır. Sorun ancak Pb' suz benzin kullanımıyla çözülebilir gözükmektedir.

Kadmiyum (Cd) : Bir çevre kirletici olarak yeni tanınmıştır. Cd yumuşak, gü-

müşe benzeyen beyaz bir metaldir. Ni-Cd pillerinde, alaşımlarda, kaplamacılıkta ve polivinil plastikleri için plastikleştirici olarak, vb. uygulamalarda kullanılır. Bu kaynaklardan çevreye atılır. Biyolojik olarak ne gerekli ne de faydalıdır (Schroeder, 1974).

Kırsal bölgede havada Cd $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den daha az olmasına rağmen şehir atmosferinde $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yıllık ortalama değerine sahiptir. Cd kirleticilerinin yakınında $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerlerine yükselmektedir. $0.1-0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük kirlenmiş hava içeriğinde günde 2-10 μg civarında yetişkin bir insan solunumla alır. $5 \mu\text{m}$ ortalama çaplı partiküllerin yalnız %10'luk kısmı akciğerlerde tutuklanır iken küçük partiküllerin ($0.01 \mu\text{m}$ büyüklüğünde) % 50' si tutuklanmaktadır.

Kirlenmiş sular 1 ppb' den daha az Cd içerir, fakat bazı doğal ve içme sularında 10 ppb'nin üzerinde bulunduğu bilinmektedir. Asılı partiküller ve dip sedimentlerinde Cd seviyesi sudakinden daha yüksek olabilir. Eğer su 20 ppb Cd kirliliği içeriyorsa günde 1-2 litre su içen bir kişi günlük 20-40 mg Cd almış olur. İçme suyunda EPA'nın Cd üst sınırı 10 ppb'dir.

Bir sigara 1.3 μg Cd' a sahiptir. Günde 20 sigara içen bir kişinin akciğerlerinde 2-4 μg Cd toplanır.

Yiyeceklerden de Cd alınabilir. Cd vücutta toplanır, yaşla derişimi artar, yetişkin (50 yaş) birinde 10 mg'dan 50-60 mg'a kadar bulunabilir. En düşük değer Afrikada en yüksek değer Japonyada bulunmuştur. ABD' de yetişkinlerde ortalama değer 30 mg'dır. Yeni doğmuş bebekte yalnız 1 μg civarındadır. Cd zehirlenmesiyle ölen işçilerde 100-1200 mg Cd bulunmuştur. İnsan için öldürücü doz 250 min-mg/m³ (örneğin, 8 saat 5 mg/m³ düzeyi)'den daha azdır ve 500 min-mg/m³ 'lük bir doza maruz kalmada hemen tehlike gözönünde tutulmalıdır. 25 yıl mesleki olarak 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e maruz kalmada Cd zehirlenmesine sebeptir.

Cd hayvanlarda etkili biçimde kısırlaşma yaratır, çünkü testis ve sperm hücrelerini zehirler. Cd ve onun bileşikleri iri farelerde kötücül tümörleri oluşturur, fakat insanları kanser yaptığı kesin değildir.

Cd iri farelerde, köpeklerde ve tavşanlarda yüksek kan basıncına yol açar ve belki de insanlarda işitme hastalığı ile ilişkilidir. Her ne kadar deliller kesin değilse de şelatlaşma etkisiyle vücutta Cd'un Zn ile yer değiştirmesi sebebiyle insan ve iri farelerde kan basıncının düştüğü bilinmektedir. Cd zehirlenmesi böbrekler ve karaciğere de zarar verir (Vücutta bulunan Cd'un yarısını bir organ içerdiğinde). Cd'un toksik işlevi Cd tarafından belirli enzimlerde Zn'un yerine geçtiği sanılmaktadır, bu da enzimlerin uygun işlevini engeller.

Nikel (Ni) : Nikel tozları kanserojeniktir. Nikel karbonil (NiCO, Ni ile CO re-

aksiyonu sonucu oluşur) insan ve hayvanlarda kanser yapıcı partiküldür, hızlı bir şekilde solunum sistemine zarar verir. Şehir havası genelde $0.03-0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Ni' e sahiptir ve ciğerlere alınan günlük $0.3-1.2 \mu\text{g}$ civarındadır.

Krom (Cr) : Cr'un insanlara faydalı ve gerekli olduğu bilinmemektedir. İnsanlarda toksik etkiye sahiptir, nefesle alındığında akciğer tümörü oluşturur ve derinin hassas duruma gelmesinde etkilidir. ABD' de suda Cr derişimi $0.08 \text{ mg}/\text{L}$ ' ye, şehir atmosferinde $0.028 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e kadar çıkmaktadır. ABD' de EPA içme suyu üst sınırı $0.05 \text{ mg}/\text{L}$ ' dır.

Fe, Cu ve Al : Çoğu maddeler yüksek dozda zehirli, düşük dozda yararlı olabilir. Yetişkin insan vücudunda yaklaşık 3 g Fe bulunur. Günlük gereksinim yetişkinlerde $10-15 \text{ mg}$ ' dır, çocuklarda ise $5-10 \text{ mg}$ ' dır. $40 \text{ mg}-1.5 \text{ g FeSO}_4$ alımında şiddetli zehirlenme olur. Yetişkinlerde Cu gereksinimi günlük $1-2 \text{ mg}$ ' dır, $5-50 \text{ mg}$ alınmasında zehirlenme olur (Hodges, 1977).

1.4 Partikül Örneklemeye Yöntemleri

1.4.1 Bitki Yöntemi

Seçilen bitki (ağaç) yaprakları belli bir mevsimlerde ve belli yüksekliklerde örneklenir. Bunların taşıdığı partiküller yaş çözme veya küllendirme yöntemleriyle analize hazırlanır. Spektrometri veya AAS ile nicel analiz yapılır (El Bassam, 1982; Kovacs ve Ark., 1982; Wagner, 1984; Richard ve Van Scoyoc, 1984; Orbey ve Ark., 1985; Türkan, 1986; Toker ve Ark., 1988; Yalçın ve Ark., 1989; Bereket ve Yücel, 1990).

1.4.2. NRI (Noll Rotary Impactor) Yöntemi

Atmosferdeki kaba partikül derişimi ölçme yöntemidir. NRI, Hava içindeki kaba partikülleri, havada döner dikdörtgen toplayıcı yardımıyla toplayan, çok basamaklı bir sıkıştırıcıdır. Örneklemeye yağsız ortamda, şehir apartmanları üstünde ve caddelerde $2-3 \text{ m}$ yükseklikte yapılır. Örnekler bir optik mikroskop ile doğrudan ya da çözülerek analiz edilir. Kaba partikül derişimi dağılımının bir ölçüsü olarak MMDC (Ortanca kütle çapı derişimi) hesaplanır ya da AAS ile nicel analiz yapılır (Noll ve Ark., 1988; 1989 a; 1989 b; 1990; Schmill ve Hodgson, 1978; Mc Mahan ve Denison, 1979; Davidson ve Ark., 1985b).

1.4.3. Plaka Yöntemi

Kaba partikül depolanma kütle değişimi, bir pervaneli rüzgâr fırılacağı üzerine monte edilen, 10 cm² gresli yüzey alanına sahip plakalar kullanılarak ölçülür. Örneklemeler 1-5 günlük sürelerle yağışsız ortamda, şehir apartmanları üstünde ve caddelerde 2-3 m yükseklikte yapılır. Örneklerin bir optik mikroskop ile doğrudan ya da çözülerek AAS ile nicel analiz yapılır (Noll ve Ark., 1988; 1989 a; 1990; Davidson ve Ark., 1985 b).

1.4.4. Kar ve Buzul Yöntemi

Kentsel ve buzul alanlarda kaba partikül ağır metal kirliliği tayini için basit bir yöntemdir. Örneklemeler eş zamanlı olarak şehir merkezi ve dışında veya buzullarda sondajlama tekniğiyle yapılır. Eritilip süzülen örnekler AAS ile analiz edilir (Airey, 1982; Saito, 1981; Struempfer, 1976; Sakai ve Ark., 1989; Murozomi ve Ark., 1969; Weis ve Ark., 1978; Boutron ve Wolff, 1989).

1.4.5. Vakum Filtreli Yöntem :

Bu yöntemde havadaki partiküller maddeler cam elyafı veya uygun bir filtrede, 1500-2000 m³/24 saat hava emilerek toplanır. Filtreler yağ çözme veya küllendirme yöntemleriyle analize hazırlanarak AAS ile nicel analiz yapılır. Ayrıca toplanan filtreler doğrudan INAA (Instrumental-Nötron Aktivasyon Analizi), PIXE (Partikül-İndüklemeli X ışını Emisyonu) ve GFAAS ile analiz edilir (Maenhaut ve Ark., 1989; Aras ve Ark., 1995; Tırıs ve Ark., 1993; Müezzinoğlu, 1987; Migon ve Caccia, 1990).

1.4.6. Yapışkan Band Yöntemi :

Yapışkan özel bir band üzerinden hava geçmeden ve geçtikten sonraki ışık geçirgenlikleri ölçülür. Bundan faydalanarak partikül miktarı belirlenir (Gündüz, 1994).

1.4.7. Açık Kap Toplama Yöntemi

Kendi ağırlığı ile düşen partiküller bu şekilde toplanır. Partikül toplayıcı olarak kullanılan PVC kaplar, fabrika çevreleri ve şehir merkezlerinde yüksek bina çatı-

larına yerleştirilir. Örnekleme süresince kaptaki su bulundurulur. Örnekler yaş çözme yöntemiyle analize hazırlanır ve AAS ile nicel analiz edilir (Arslan ve Boyabat, 1990; Kırımhan ve Ark., 1991; BS. 1747 Part.1, 1961; Tırıs ve Ark., 1993; Gündüz, 1994).

1.5. Partiküler Kirlenmede Zemin Değerinin Saptanması

Bir şehir içerisinde insan etkinliklerinin atmosferik aerosoller kimyasını derinden etkilediği iyi bilinmektedir. Özellikle insani atıklar havadaki ağır metal derişimlerinde önemli artışlar sağlar. İnsani atıkların ölçülmesi (Pacyna, 1984; Pacyna ve Ark., 1984; Nriagu ve Payna, 1989) ya da doğal girdilerin tahmini alanlarında bir çok ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır (Weirsmas ve Davidson, 1986; Nriagu, 1989; Migon ve Caccia, 1990).

Şehir hava kirliliğinin etkili bir göstergesi olarak, karda ağır metal derişimleri ile zemin düzeyleri karşılaştırılmıştır (Sakai, 1988).

NIES (National Institute for Environmental Studies)' den Ambe (1984)' de hava kirliliği zemin düzeyini kestirmeye ve ölçmeye çalışmıştır. Atmosferde kirleticiler derişimi farklı mekanizmalara dayandığından ve her alan kendine özgü nitelikler gösterdiğinden sorun karmaşıktır (Petrenchuk, 1977; Middleton ve Ark., 1984; Uno ve Ark., 1984).

Karda ağır metal derişimleri meteorolojik koşullara ve zamana dayalı bir dizi etkene bağlı olabilir. Etkenlerden herhangi bir atmosferde ağır metallerin genel artışıyla ilişkili olmayabilir. Karda ağır metal derişimlerinin atmosferik derişimlerle ilişkisi, bir kentsel alanda uygun zemin düzey derişimleri ile karşılaştırılırsa daha güvenli olabilir (Sakai ve Ark., 1988).

Doğal karşılaştırma düzeyleri kutupsal alanlar için de saptanmıştır (Boutron, 1972; 1984; Weiss ve Ark. 1975). Karşılaştırma derişimleri doğal jeokimyasal çevrimde insani etkeni çok açık gösterdiği için Greenland karında Weis ve Ark. (1975) tarafından ölçülen değerler, evrensel zemin düzeylerin kestirilmesinde özel bir önem kazanmıştır.

Kirlenme oranı, şehir atmosferini kateden karın ağır metal içeriğinin kirlenmiş kardakine (zemin değeri) oranıdır. Kirlenme oranı dış kaynaklardan gelen ağır metal kirliliği ile tam olarak uyumaktadır. Bu oranların şehirde hava kirliliğinin basit ve etkili bir göstergesi olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. (Sakai ve Ark., 1988).

1.6. Amaç

Kimyasal analizin son adımı olan ölçme aşamasında kullanılan ileri teknoloji ve otomasyon, örnekleme ve örneğin analize hazırlanması adımına yansımamıştır. Çevresel kirlilik ölçümünde örnekleme ve örneğin analize hazırlanması, analizin toplam güvenilirliğini belirleyecek bir öneme sahiptir.

Örnekleme adımında kirleticilerden gelen analitin (kirliliklerin) tümüyle çözeltiye alınması temel amaçtır. Fakat bu, ideal bir durumdur ve bu ideale en iyi yaklaşımları yapma çabaları vardır. Bununla birlikte herhangi bir analitik problem ve laboratuvar için en uygun duruma getirilmiş seçenekli işlemler dizisine her zaman gereksinim vardır. Bu tezin sonuçları bu çerçevede, yeni bir seçenek oluşturma olarak değerlendirilmelidir.

Çevresel ağır metal kirliliğinin izlenmesinde sorunlardan biri, birikmenin zamanın fonksiyonu olarak ortaya konulmasıdır. Bu olayda toptan çözme işlemleri, kirleticilerden gelen kimyasal türlerle incelenen materyalde yerleşik olarak bulunan kirleticileri ayırt edememektedir. Oysa, örneğin bir anayol çevresinde toprak kirlenmesi izlenirken yoldan gelen kirleticiler ile toprağın kendi bünyesinde bulunan türün ayırt edilmesi önemlidir.

Bu çalışmanın amacı çeşitli çevresel örneklerde (akasya ve çam) kirlilik yapan ağır metal birikiminin zamanın fonksiyonu olarak kaynaklarına göre izlenmesidir. Çevresel ağır metal kirliliğinin izlenmesinde kirleticilerden gelen birikimin belirlenmesi sorunlarına Ultrasonik uyarılı çekme (Ultrasonic Leaching) tekniğinin uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Ultrasonik etki oluşumu : Ultrasonik dalgaların keşfedilen kimyasal etkilerinin çeşitliliğine karşın, bu konudaki araştırmalar sistematik değildir. Bu nedenle bu araştırmalardan yapılan çıkarmalarda etkinin mekanizmasına ilişkin genel uyuşma noktaları sınırlıdır.

Ultrasonik uyarıyla kimyasal etki yaratabilmek için, sıvı faza kabarcıklaşma yaratacak ölçüde enerji aktarma gereği, bu konudaki araştırmaların ortak noktalarından birisi ve en önemlisidir (Boudjouk, P., 1986).

Ultrasonik uyarı bir sıvı ortamından geçtiğinde tanecikler titreşir, bunun sonucu sıkışma (yüksek basınç) ve genleşme (düşük basınç) bölgeleri oluşur. Bu kabarcıklar basınç ve sıvı fazdaki bağlanma kuvvetlerine bağlı olarak bir gaz ya da sıvı buharıyla dolu olabileceği gibi özellikle düşük sıcaklık ve düşük buhar basınçlı sıvı fazlar durumunda hemen hemen boşta olabilir. Bu kabarcıkların yüksek basınç bölgelerince söndürülmesi, dağılma, katı erozyonu ve temizleme v.b. gibi çok iyi bilinen

ultrasonik etkilerden sorumlu çok güçlü şoklar üretir. Sönen kabarcık bölgesinde oluşan şokun nano saniye düzeyinde 2000-3000^o C sıcaklıkta termik şoka, kilobar düzeyinde mekanik şoka eşdeğer olduğu hesaplanmıştır (Sehgal, C. ve Ark., 1980). Özetle kabarcıklanma geçici yüksek enerji ortamı oluşturmaktadır ve ultrasonik kimyasal etkinin birincil nedeni bu kuvvetlerdir.

Ultrasonik Leaching tekniğinin özütleme etkinliğinden faydalanılabileceğini gösteren bulgular vardır; Çevresel örneklerden özellikle organiklerin özütlenmesinde, geleneksel soxhlet özütlemesine göre hızlı ve verimli olduğu (Alben ve Kaczmarczyk, 1986; Grimalt ve Ark., 1984; Griest ve Ark., 1980), katıların üzerinde yeniden çökmeyle kabuk oluşma olasılığı olan endüstriyel uygulamalarda olumlu sonuçlar verdiği (Pandey ve Ark., 1980), adsorbe ve kalıntı metal özütlenmesinde geleneksel Tessier çözme yönteminden (Tessier ve Ark., 1979) daha hızlı ve verimli olduğu (Akçay ve Ark., 1988; 1989) ve sediment ve filizlerden bazı metallerin özütlenmesinde geleneksel yöntemlerle karşılaştırılabilir sonuçlar elde edildiği (Elik ve Ark., 1991) bulunmuştur.

Bu Ultrasonik Leaching tekniğini çevresel örneklere uygulayarak, kirletici kaynaklardan gelen ağır metal kirliliği izlenmesinde alternatif bir örnekleme ve örneği analize hazırlama yaklaşımının uygulanabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Ağaç örneklerinin küllendirme yöntemiyle analize hazırlanmasında analit kaybı önemli bir sorundur. Daha ılımlı koşullarda gerçekleştirilen Ultrasonik Leaching tekniğinin bu soruna bir çözüm getirmesi beklenebilir.

Çevresel kaba partikül ve ağır metal kirliliği izlenmesinde kabul edilmiş bir yöntem olan plaka yöntemi (Noll ve Ark., 1990) ve küllendirme yöntemi ile geliştirilen yöntemin etkinliklerinin karşılaştırılması da bu çalışma kapsamında düşünülmüştür. Sonuçlar karşılaştırılarak geliştirilen örnekleme yönteminin verimliliği tartışılarak, işlemci sağlığı, analiz ekonomisi ve uygulama kolaylığı yönlerinden avantajları değerlendirilecektir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Örnekleme İstasyonları

Bütün örnekleme Sivas kent merkezi ve çevresinde belli niteliklerine göre seçilen istasyonlarda yapılmıştır. Çizelge 2.1 Sivas kenti haritasını (ölçeksiz) ve örnekleme istasyonlarını göstermektedir.

Aşağıda bu istasyonlar ve özellikleri kısaca verilmiştir.

1 nolu istasyon : Çimento fabrikasının etkisinin yoğun olarak duyulduğu bölgeyi temsil etmektedir.

1.1. Beton Travers Fabrikası; Çimento fabrikasına güney yönünde ~150 m uzaklıktadır.

1.2. Çevre yolu bölge trafik kontrol müdürlüğü; Çimento fabrikasına batı yönünde ~ 1500 m uzaklıktadır.

1.3. Eski Yapı Köyü ; Çimento fabrikasına doğu yönünde ~ 400 m uzaklıktadır.

1.4. Karşıyaka mahallesi; Çimento fabrikasına güneydoğu yönünde ~ 2500 m uzaklıktadır.

2 nolu istasyon : Kümbet mahallesini temsil etmektedir, yerleşim alanıdır.

3 nolu istasyon : Hükümet meydanı, şehir merkezidir. Şehir içindetrafiğin en yoğun olduğu bir bölgedir.

4 nolu istasyon : Eski sanayi sitesi, trafiğin ve küçük sanayinin yoğun olduğu bir bölgedir.

5 nolu istasyon : Kale Parkı, şehir merkezine yakın en yüksek bölgedir.

6 nolu istasyon : Oto gar bölgesidir.

7 nolu istasyon : Etembey Parkı, yerleşim alanıdır.

8 nolu istasyon : Cumhuriyet Üniversitesi Kampüsüdür. Şehir merkezine güney yönünde ~ 8 km uzaklıkta, zemin düzeyi bölgesidir.

2.2. İncelenen Materyaller

2.2.1. Ağaç örnekleri

1992-93-94 yılları ekim ayının ilk iki haftası içerisinde toplanmıştır. Şekil 2.1' de ağaç örnekleri gösterilmiştir.

SİVAS KENTİ



Çizelge.2.1 Örnekleme İstasyonları.



Şekil 2.1. İncelenen ağaç materyalleri.

2.2.1.1. Çam örnekleri : 1, 2, 6 ve 8 nolu istasyonlarda **Pinaceae Pinus Sylvertris L.**, 3, 5 ve 7 nolu istasyonlarda **Pinaceae Pinus Nigra Arn. Subsp. Pallasiana (Lamb.) Holmboe** ve 4 nolu istasyonda **Pinaceae Pinus Pinaster Aiton'** un 2-3 m yüksekliklerinden birer yıllık filizlerin ucundan yaklaşık 10 ± 2 g ağırlıkta, partiküllerin dökülmemesine gerekli özen gösterilerek toplanmıştır.

2.2.1.2. Yalancı akasya örnekleri : Tüm örnekleme istasyonlarında **Fabaceae Rabinia Pseudoacacia L.** 'nin 2-3 m yüksekliklerinden birer yıllık filizlerinin ucundan 10 ± 2 g ağırlıkta saplı yaprakları, partiküllerin dökülmemesine gerekli özen gösterilerek toplanmıştır.

Ayrıca 1994 yılı yaz sezonunda 02.08.1994 tarihinde 2, 3 ve 4 nolu istasyonlarda yarı yaz sezonu akasya örnekleme de yapılmıştır. Tekrarlanabilirlik testi için 2 nolu istasyondan 5 adet, 3 nolu istasyondan 4 adet akasya örneği ve 3 nolu istasyondan 4 adet çam örneği alınmıştır.

2.2.2. Plaka örnekleri

15x10 cm boyutlu kontrplak üzerine 6x12 cm boyutlu folyo (folio) yapıştırılmış ve folyo üzerinde 5x10 cm² lik bir alana ince gres (kloragrease) çok ince bir şekilde sürülerek yapışkan düz yüzeyli plakalar hazırlanmıştır. Taşıyıcı plaka üzerinde folyolar zaman zaman değiştirilebilmektedir.

Bu plaka örnekleme, 21.06.1994-10.10.1994 tarihleri arasında havanın yağış durumuna bağlı olarak (yağışsız havalarda) yapılmıştır.

Plakalar, filiz örneği alınan ağaç veya yakınındaki direklerin 2-3 m yükseklik-

lerine düşey 10^0 açı ile yerleştirilmiştir. 1.1, 1.2, 1.3 ve 1.4 nolu istasyonlarda plakalar 5-10 m yükseklikte bina çatılarına yatayla 10^0 açı yapacak biçimde yerleştirilmiştir. Ayrıca son bir aylık dönemde 1.1 ve 3 nolu istasyonlarda 10-15 m yükseklikte bina çatılarına çapı 24 cm ve yüksekliği 20 cm olan ve içerisinde 1/4 oranında su içeren naylon leğenler yerleştirilmiştir. Mikroorganizmaların üremelerine engel olmak için 15 mg/L oranında $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ katılmıştır.

Genelde havanın yağış durumuna bağlı olarak sırasıyla 26 (21.06-17.07.1994) 45 (17.07-01.10.1994) günlük ve toplam partikül kirliliğini belirlemek için 75 (17.07-01.10.1994) günlük örneklemeler yapılmıştır. Plakanın kaba partikül toplama kapasitesinin zamanla değişimini belirlemek için 1.1 ve 3 nolu istasyonlarda son dönemde 7 (12.09-19.09.1994), 11 (01.09-12.09.1994), 13 (19.09-02.10.199) ve 30 (01.09-01.10.199) günlük sürelerle örneklemeler yapılmıştır. 1.3 nolu istasyonda tekrarlanabilirlik için 3 ayrı plaka eş zamanlı olarak yerleştirilmiş ve 26 (21.06-17.07.1994) günlük örneklemeler yapılmıştır. Şekil 2.2' de kullanılan plaka örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Plaka örneği; a) boş, b) 3 nolu istasyon (7 gün)

2.3. Örneklerin Analize Hazırlanması

Ağaç örneklerinin ultrasonik uyarılı çekme deneyleri NEY 300 marka 40 kHz çalışma frekanslı bir ultrasonik banyoda gerçekleştirilmiştir.

Özütlerin ayrılması 6.000 devir/dk'lık makrosantrifüjle 10 dk süreli santrifüjlemeyle yapılmıştır. Çalışılan örnekler bu sürede kolay ve sıkı bir çökelme göstererek özütten sorunsuz ayrılmıştır.

2.3.1. Ağaç örneklerinin Ultrasonik uyarılı çekme ile analize hazırlanması

2.3.1.1. Çam Örnekleri : 10 ± 2 g'lık yaş örnek pürleri koparılarak 250 ml'lik beherlere konulmuştur. % 1'lik 100 ml HNO_3 ilave edilerek, örnek Ultrasonik banyoda 20 dk Ultrasonik etkiye tabi tutulduktan sonra plastik elekten süzölmüştür. Katı atık bir kaç kez % 1 HNO_3 ile yıkanmış ve süzöntüler birleştirilmiştir. Bu süzöntüler tekrar 10 dk Ultrasonik etkiye maruz bırakılmıştır. Toplam hacim 25 ml oluncaya dek buharlaştırıldıktan sonra santrifüjlenmiştir. Özüt alınarak toplam hacim % 2'lik HNO_3 ile 50 ml ye tamamlanmış ve kapaklı plastik örnek kaplarında analiz için saklanmıştır.

2.3.1.2. 10 ± 2 g'lık yaş çam örnekleri oda sıcaklığında kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bu örneklerle 2.3.1.1. deki işlemler uygulanmıştır. İşlemden sonra katı atıklar tekrar oda sıcaklığında kurutulup ağırlıkları belirlenmiştir. Partikül kirliliği saptanmasında yaprakların işlemler sırasındaki kütle kayıpları tam belirli değildir. Bu nedenle partikül dışındaki kütle değişimleri için temiz(partikül içermeyen) bitkisel örnekler üzerinde boş denemeler yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarının boş deneme sonuçlarına göre düzeltilmesinden sonra kütle farkı toplam partikül kirliliği olarak değerlendirilmiştir.

2.3.1.3. 10 ± 2 g ağırlıklı yaş saplı yalancı akasya yaprakları 250 ml'lik beherlere konmuş ve üzerine 100 ml % 1'lik HNO_3 eklenerek 2.3.1.1 deki işlemler uygulanmıştır.

2.3.1.4. 10 ± 2 g ağırlıklı yaş saplı yalancı akasya yapraklarına 2.3.1.2 deki işlemler uygulanmıştır.

2.3.2. Küllendirme ile analize hazırlama

1.1 ve 3 nolu istasyondaki çam örneklerine ve 2, 3 ve 4 nolu istasyondaki akasya örneklerine, ultrasonik etkiye tabi tutulduktan sonra küllendirme deneyleri uygulanmıştır. Ayrıca bu örneklerle doğrudan küllendirme deneyleri de uygulanmıştır.

Oda sıcaklığında kurutulmuş örnekler porselen krozelere yerleştirilerek soğuk küllendirme fırınına konulmuştur. Sıcaklık 700°C 'ye ayarlanmış ve fırın ısıtılma-ya başlanmıştır. 700°C 'de 4 saat yakıldıktan sonra küller 20 ml 2 N HCl ile 160°C '

de 1 saat sindirilmiştir. Santrifüjlendikten sonra çözelti alınmış, %1 HNO₃ ile toplam hacim 25 ml' ye tamamlanmış ve analiz için saklanmıştır.

2.3.3. Plaka örneklerinin analize hazırlanması

Bu örnekler NRI yöntemi (Noll ve Ark., 1990) yoluyla analize hazırlanmıştır.

Belirli periyotlarla toplanan plakalardaki gresli filmler ağırlığı belirli olan beher içerisinde oda sıcaklığında 20 dk 30 ml saf n-hegzan (Merck) içinde yumuşatılmıştır. Gres n-hegzan içinde çözüldükten sonra filmler çözeltilen atılmış ve örnek kuruluğa dek buharlaştırılmıştır. Tekrar oda sıcaklığında ağırlığı belirlenmiştir. Bu ağırlıktan beher ağırlığı çıkarılarak, fark toplam partikül kirliliği olarak değerlendirilmiştir.

Bu örnekler 10' ar ml derişik HNO₃ (Merck) eklenmiş ve 2 saat 150-200°C'de tüm çözücü uçana dek buharlaştırılmıştır. Kalan katı havanda çok ince toz haline getirilmiş ve 20 ml %1 HNO₃ içerisinde çözülmüştür. Santrifüjlendikten sonra çözelti hacmi %1 HNO₃ ile 25 ml' ye tamamlanarak kapaklı plastik örnek kaplarında analiz için saklanmıştır. Aynı işlemler kör deneme için de yapılmıştır.

2.4. Element Belirleme

Analize hazırlanmış örneklerde nicel Pb, Cd, Fe, Cu, Cr, Al ve Ni miktarları FAAS (Alev Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi) ile belirlenmiştir.

Hazırlanan örneklerde FAAS analizleri Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi MİPJAL laboratuvarında Perkin Elmer 2380 model aygıtlı FAAS el kitabı önerileri doğrultusunda yapılmıştır. Veriler; dört okuma ortalaması olarak verilmektedir. FAAS analizlerine ilişkin çalışma parametreleri çizelge 2.2' de verilmiştir.

Çizelge 2.2. FAAS analizleri çalışma parametreleri

Element	λ (nm)	Yarık (nm)	Alev tipi	Duyarlık (ppm)	Lineer Aralık Üst sınırı (ppm)
Pb	217.0	0.7	Hava-Asetilen	0.190	20.00
Cd	228.8	0.7	Hava-Asetilen	0.028	2.00
Cu	324.8	0.7	Hava-Asetilen	0.077	5.00
Ni	232.0	0.2	Hava-Asetilen	0.140	2.00
Cr	357.9	0.7	Hava Asetilen	0.078	5.00
Fe	248.3	0.2	Hava Asetilen	0.100	5.00
Al	309.3	0.7	Nitrozoksit-Asetilen	1.100	100.00

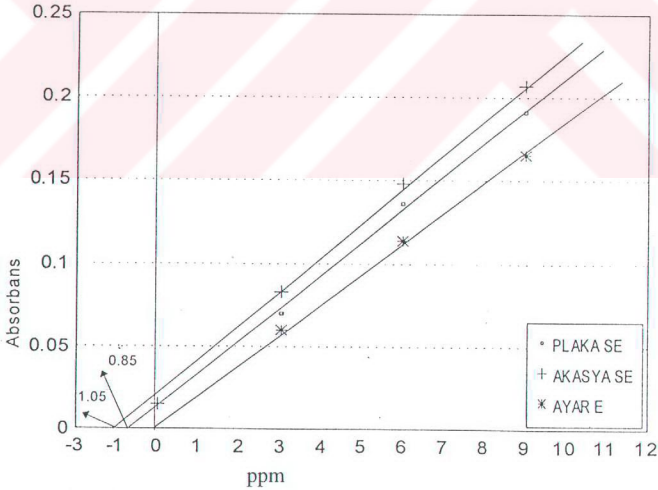
Genelde FAAS ile analizde, ayar eğrisi ve standart ekleme yöntemi ile elde edilen eğrinin eğimleri aynı olması girişimin olmadığını gösterir ve analiz ayar eğrisi ile yapılabilir (International Lab, 1986). Yapılan analizlerde bu örneklere uygulanan standart ekleme yöntemi eğrisiyle, ayar eğrisi eğimlerinin çok az bir farkla aynı olması, söz konusu örneklerde zemin sinyallerinin boş deneme ile giderildiği ve zemin sinyallerinin dikkate değer ölçüde olmadığını göstermektedir.



3. BULGULAR

3.1. Analiz Tekniği

2 ve 3 nolu istasyonlardan toplanan örneklerde (plaka, çam ve akasya) Cu ve Pb elementleri standart ekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Cu ve Pb elementleri için standart ekleme ve ayar eğrileri şekil 3.1 ve 3.2' de karşılaştırılmıştır. Cu elementi için standart ekleme yöntemi dışarda tutulursa, standart ekleme ve ayar eğrisi eğimlerinin birbirine yakın olduğu söylenebilir. Çam standart ekleme eğrisinde görülen uyuşmazlık, bir toplayıcı olarak çam yapraklarının akasyaya göre daha az elverişliliğine bağlanabilir. Gerçekte bu sonuçlara göre elde edilen final çözeltinin FAAS analizinde dikkate değer bir girişime sahip olmadığı anlaşılmaktadır. Bu durum literatür bulguları ile de uyuşmaktadır (Bereket, G. ve Yücel, E. , 1990; Toker, M. C. ve Ark., 1990). Buradan elde edilen çözeltilerin FAAS ile analizinde ayar eğrisi tekniğinin kullanılmasında bir sakınca olmadığı sonucuna varılmıştır.

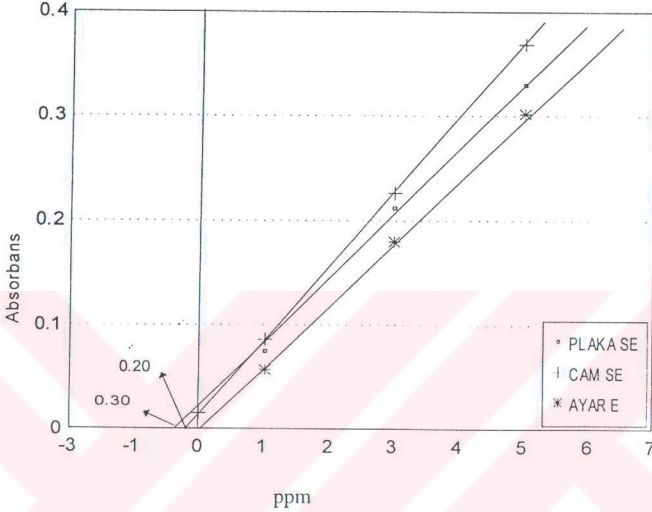


Şekil 3.1. : FAAS' de Pb belirleme;

Plaka SE (standart ekleme) : $y = 0.0113 + 0.020 x$; $r^2 = 0.9986$

Akasya SE (standart ekleme) : $y = 0.0171 + 0.021 x$; $r^2 = 0.9995$

Ayar E (eğrisi) : $y = 0.060 + 0.018 x$; $r^2 = 1.0$



Şekil 3.2. : FAAS' de Cu Belirleme;

Plaka SE (standart ekleme) $y = 0.0144 + 0.064 x; r^2 = 0.9991$

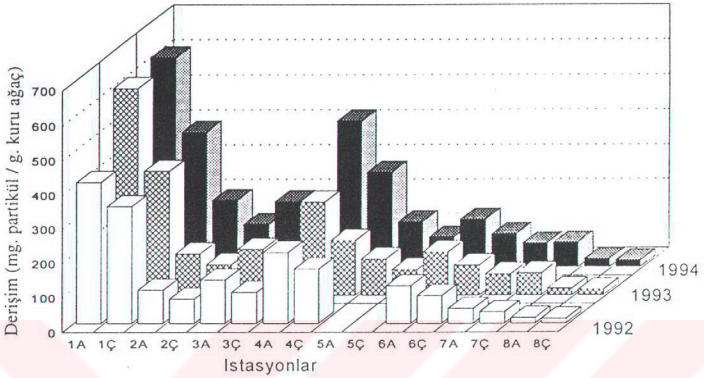
Cam SE (standart ekleme) $y = 0.0149 + 0.071 x; r^2 = 0.9999$

Ayar E (eğrisi) $y = 0.0094 + 0.065 x; r^2 = 0.9816$

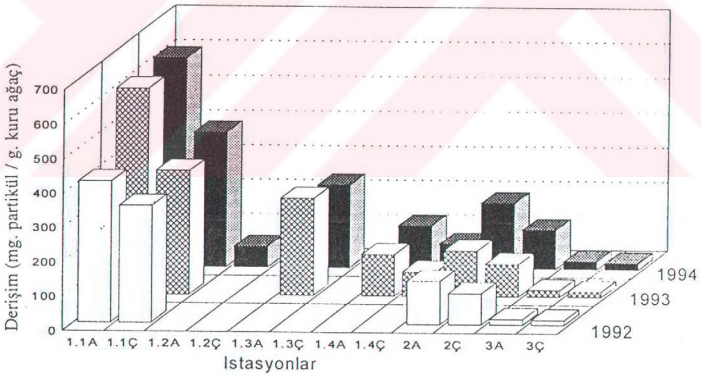
3.2. Ağaç Örnekleri Partikül Kirliliği

Şekil 3.5 ve 3.6' da 1994 yılı ağaç örnekleri kirliliği gösterilmektedir. Tüm çalışmalarında, zemin düzeyi olarak en az kirlilik gösteren 8 nolu istasyon değerleri kullanılmıştır.

Şekil 3.13. çam ve akasya örnekleri partikül kirliliğini göstermektedir. 1992-93-94 dönemleri çam ve akasya örneklerinde partikül kirliliği 92<93<94 sıralamasındadır. Şekil 3.13 en fazla kirlenmenin 1 ve 4 nolu istasyonlarda olduğunu göstermektedir. Partikül kirlilik oranları istasyonlara göre büyükten küçüğe düzeninde; 1>4>3>2>6>5>7, yıllara göre ise, parantez içindeki sayılar yıllık oranı göstermek üzere; 1994 (9.52) > 1993 (9.07) > 1992 (7.99) bulunmuştur.



Şekil.3.3. 1992-93-94 dönemleri çam (Ç) ve akasya (A) örnekleri partikül kirliliği.



Şekil.3.4. 1992-93-94 dönemleri çam (Ç) ve akasya (A) örnekleri partikül kirliliği (Çimento fabrikası etkili bölgeler ve 2.meydan, 3.kampüs).

Çimento fabrikası etkisinde kalan bölgelerin partiküler kirliliği 3.14' de gösterilmiştir. Kirlenme, istasyonun (hakim rüzgar yönüne göre) konumu ve fabrikaya uzaklığı ile değişmektedir. 1994 yılı partiküler kirlilik oranı istasyonlara göre; 1.1 (25.84) > 1.3 (10.34) > 2 (8.21) > 1.4 (5.30) > 1.2 (2.58) > 3 (1) dir.

3.3. Ağaç Örneklerinde Ağır Metal Kirliliği

Araştırmanın sürdürüldüğü 1992-93-94 dönemine ait 8 istasyonun yaz sezonu ağır metal derişimleri Şekil 3.8 , 3.9 , 3.10 , 3.11 , 3.12 , 3.13 ve 3.14' de verilmiştir

Genellikle 1992<93<94 sıralamasıyla ağır metal kirliliği artmaktadır. Akasya ağacı, am ağacına göre daha fazla metal kirliliği içermektedir (akasya yaprağının toplama etkinliği daha fazladır). Şekil 3.7' de 1992-93-94 yılları yağış miktarları verilmiştir. Kentte yıllara göre yağış miktarı, 1992>93>94 Őeklinde azalmaktadır. Yağış miktarı da partiküler kirlilik üzerinde önemli bir etkindir.

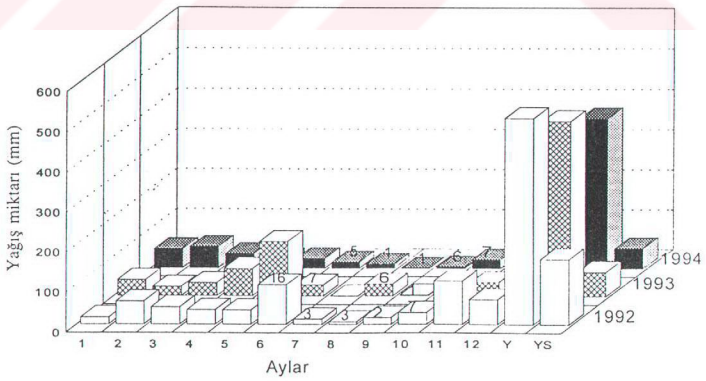


Şekil 3.5 çeşitli kirlilik düzeyleri sergileyen am örnekleri. 1) Kampüs, 2) Eski sanayi, 3) imento, 4) Meydan, 5) Karşıyaka

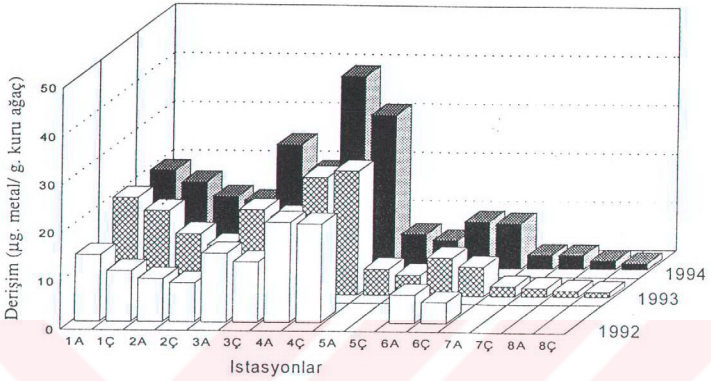
1>4>3 nolu istasyonlar daha fazla ağır metal kirliliği göstermektedir. Bu durum, 1 nolu istasyon üzerinde imento fabrikası, 4 nolu istasyon üzerinde sanayi bölgesi ve 3 nolu istasyonun ise yoğun trafik ve yerleşim bölgesi etkilerinde olmasıyla açıklanabilir.



Şekil 3.6. Çeşitli kirlilik düzeylerini sergileyen akasya örnekleri

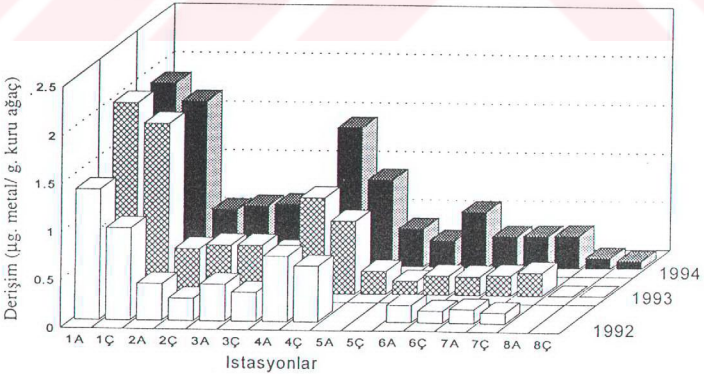


Şekil.3.7. Sivas kenti 1992-93-94 yılları yağış miktarları
(Y : yıllık, YS : yaz sezonu - 6, 7, 8, 9 ve 10. aylar)

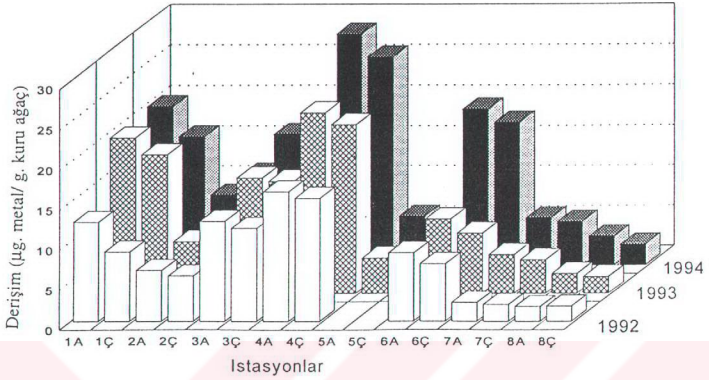


Şekil.3.8. 1992-93-94 dönemleri çam (Ç) ve akasya (A) örnekleri Pb kirliliği.

Şekil 3.8. Yoğun trafik etkisinde kalan 2, 3 ve 4 nolu istasyonlarda ve çimento fabrikası etkisindeki 1 nolu istasyonda Pb kirliliğinin daha fazla olduğunu göstermektedir. Kirlilik miktarının ilerleyen yıllarda artması taşıt sayısının artmasına bağlanabilir. Sivas'ta 1. ay itibariyle yıllara göre trafiğe kayıtlı taşıt sayısı; 1992' de 29254, 1993' de 33420, 1994' de 37993 ve 1995' de 39331' dir «1». 7 ve 8 nolu istasyonlarda trafik yoğunluğu en az olduğundan Pb kirliliği de düşüktür.



Şekil.3.9. 1992-93-94 dönemleri çam (Ç) ve akasya (A) örnekleri Cd kirliliği.

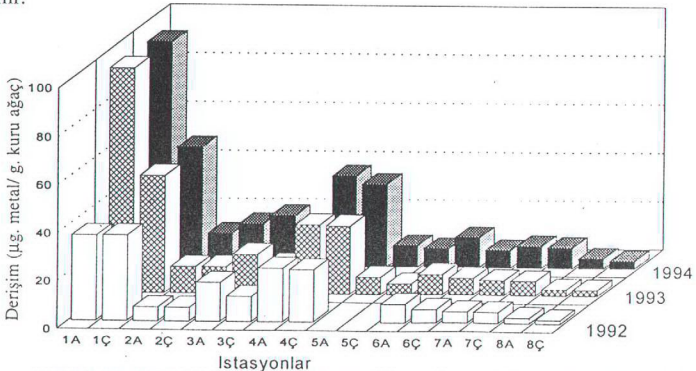


Şekil.3.10. 1992-93-94 dönemleri çam (Ç) ve akasya (A) örnekleri Cu kirliliği.

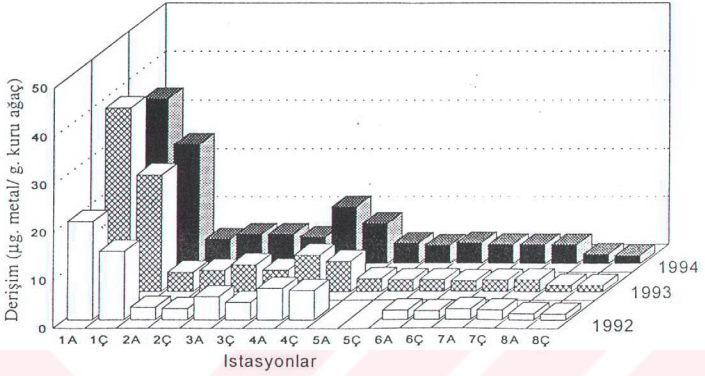
Şekil 3.9 Cd kirlenme düzeylerini göstermektedir. 1 ve 4 nolu istasyonlar en fazla kirlilik içermektedir. 4 nolu istasyonda kirlenmeye sanayinin katkısı büyüktür. Burada baş etken lastik kaplama tesisleri ve esnafın atık motor yağlarıyla ısınma alışkanlığı olmalıdır. Ayrıca lastik aşınması ve dizel yakıt atıklarının Cd kirlenmesine katkıda bulunduğu bilinmektedir.

Şekil 3.10 Cu birikim düzeylerini göstermektedir. 4, 6, 1 ve 3 nolu istasyonlarda en fazla kirlilik gözlenmiştir.

Şekil 3.11 Ni kirlenme düzeylerini göstermektedir. Yine 1 ve 4 nolu istasyonlarda en fazla Ni kirliliği gözlenmiştir. Olay, Cd kirlenmesindeki durumla açıklanabilir.



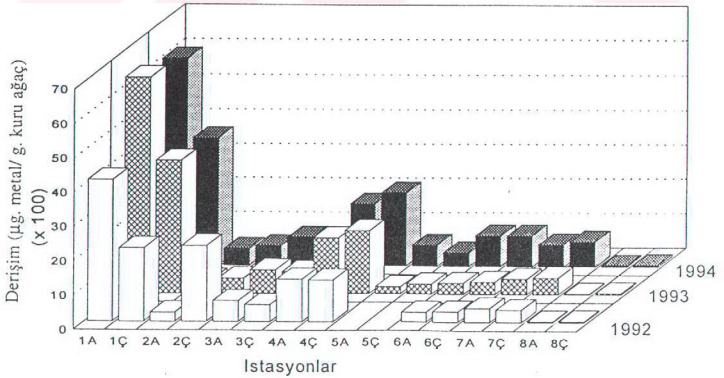
Şekil.3.11. 1992-93-94 dönemleri çam (Ç) ve akasya (A) örnekleri Ni kirliliği.



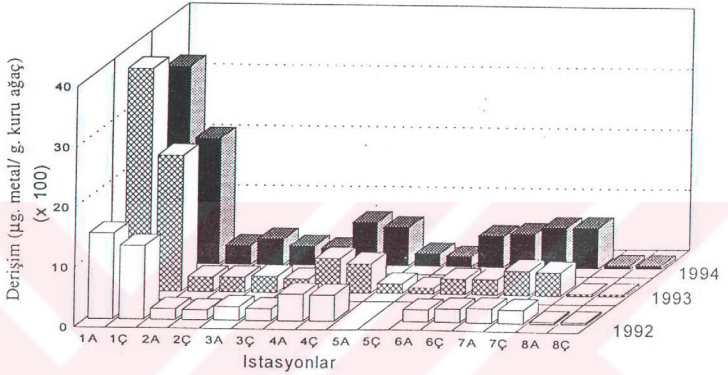
Şekil.3.12. 1992-93-94 dönemleri çam (Ç) ve akasya (A) örnekleri Cr kirliliği.

Şekil 3.12. Cr kirlenme düzeylerini göstermektedir. 1 nolu istasyonda belirgin bir kirlenme görülmektedir. Bu durum çimento fabrikası etkinliğine bağlanabilir.

Şekil 3.13 ve 3.14 Fe ve Al kirlenme düzeylerini göstermektedir. Çimento fabrikası etkisinde kalan (temel katkısında ~ % 5 Al_2O_3 ve % 3 Fe_2O_3 bulunmaktadır) 1 nolu istasyonda Al ve Fe kirliliği çok fazla bulunmuştur.



Şekil.3.13. 1992-93-94 dönemleri çam (Ç) ve akasya (A) örnekleri Fe kirliliği.



Şekil.3.14. 1992-93-94 dönemleri çam (C) ve akasya (A) örnekleri Al kirliliği.

3.4. Plaka Örnekleri Partikül Kirliliği

Plaka örneklerinin tümünde değişen derecelerde ve aşırı bir partiküler kirliliğe rastlanmıştır. Şekil 3.15' te kirliliği gösterilmiştir.

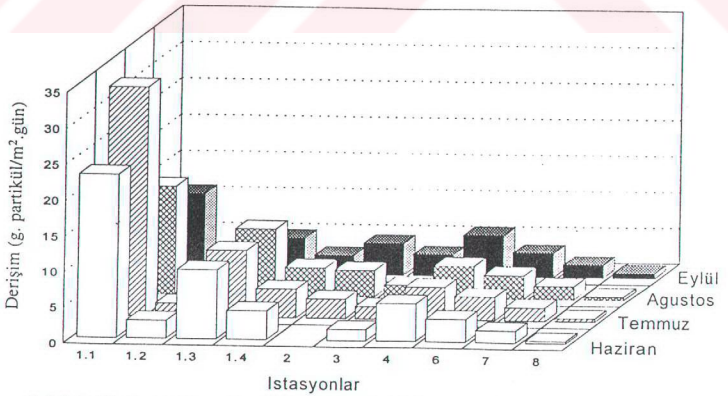
1994 yılı yaz dönemi partikül kirliliği değerleri şekil 3.16' da verilmiştir. Partiküler kirlilik en fazla 1.1, 1.3, 4 ve 2 nolu istasyonlarda gözlenmiştir. Genel olarak çimento fabrikası etkisi dışında kalan bölgelerde, Ağustos ve Eylül ayları daha fazla partiküler kirlilik içermektedir. Bu durum, kurak geçen yaz döneminin ürünü olarak değerlendirilmektedir.

Çimento fabrikası etkisi altındaki istasyonlarda meteorolojik etkenlerin etkileri belirgin biçimde ortaya çıkmaktadır. 1.1 nolu istasyonda Ağustos ve Eylül aylarında, öteki noktalardan farklı olarak 1.3 nolu istasyonda Eylül ayında partiküler kirlilik azalmıştır. Bunun nedeni, Ağustos ayında fabrikaya Jet-puls ön soğutmalı torbalı filtrenin takılmasıdır. Rüzgar yönü ve hızının kirlilik düzeyinde belirleyici rolü ortadadır.

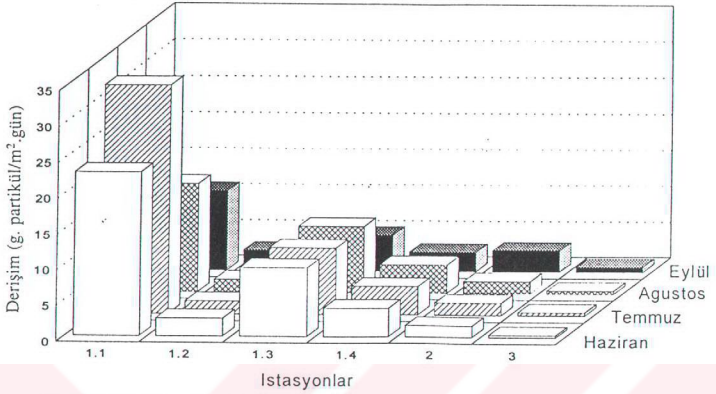


Şekil 3.15. Kirli plaka örnekleri

1.a) plakanın uygulama öncesi durumu, 1.b) meydan (7 gün), 2.a) garajlar (30 gün), 2.b) garajlar (75 gün), 3.a) meydan (30 gün), 3.b) meydan (75 gün), 4.a) çimento (30 gün), 4.b) çimento (7 gün), 5.a) Kümbet (75 gün), 5.b) Kümbet (30 gün), 6.a) Etembey (30 gün), 6.b) Etembey (75 gün), İstasyonlarında belirtilen süre kalan plakaların durumları.

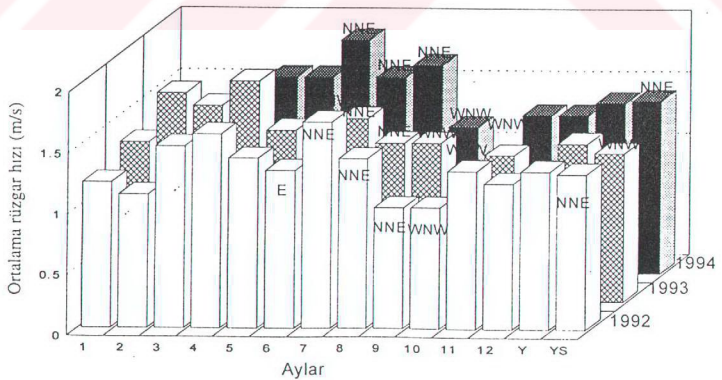


Şekil.3.16. 1994 dönemi partikül kirliliği (plaka örnekleri)



Şekil.3.17. Sivas kenti 1994 yılı plaka örnekleri partikül kirliliği(Çimento etkili bölge; 2-meydan, 3- kampüs)

Şekil 3.17' de Çimento fabrikası etkisinde kalan istasyonların partiküler kirliliği verilmiştir.1.1 nolu istasyonda Ağustos ve Eylül aylarında partiküler kirlilik azalması, hakim rüzgar yönünün WNW (Batı-Kuzey-Batı) olması ile uyumaktadır. Bu iki ayda WNW yönündeki rüzgar etkisinde olan 1.2 nolu istasyonun kirliliğinin artması da bu gözlemi pekiştirmektedir. Eylül ayında 1.3 ve 1.4 nolu istasyonlarda partikül kirliliği azalması da bu yargıyı doğrulamaktadır.



Şekil.3.18. Sivas kenti 1992-93-94 yılları ortalama rüzgar hızları ve hakim rüzgar yönü (Y: yıllık, YS: yaz sezonu-6, 7, 8, 9 ve 10. aylar)

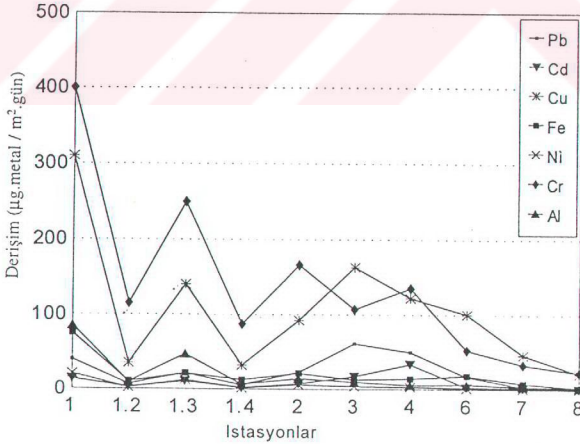
Şekil 3.18' de Sivas kenti 1992-93-94 yılları ortalama rüzgar hızları verilmiştir. Ortalama rüzgar hızının 1992 \approx 1993 < 1994 sıralamasıyla artması partiküler kirliliğin artmasını ve taşınmasını hızlandırmaktadır.

3.5. Plaka Örnekleri Ağır Metal Kirliliği

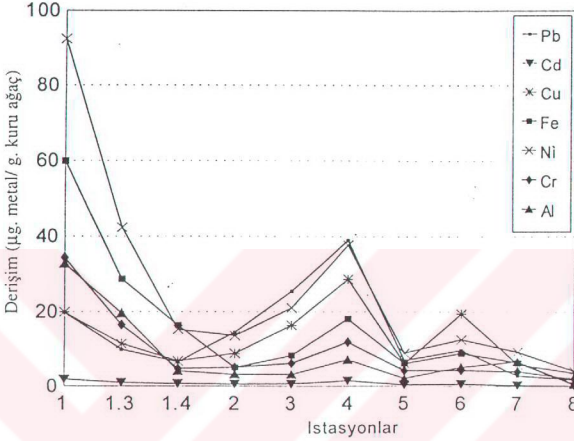
1994 dönemi plaka örnekleri ağır metal kirlilikleri şekil 3.19' da gösterilmiştir. Genelde metal kirlilik oranı $Fe > Al > Pb > Ni > Cd > Cr > Cu$ sıralamasındadır. En yoğun trafiğe maruz kalan 3 nolu istasyonda Pb kirliliği maksimum, sanayinin etkisinde kalan 4 nolu istasyonda Cd kirliliği maksimum ve diğer metallerin kirliliği 1.1 nolu istasyonda maksimum göstermektedir.

3.6. Örnekleme Tekniklerinin Karşılaştırılması

Plaka ve ağaç yöntemleri ağır metal kirliliği karşılaştırılması yapıldığında, şekil 3.19. ve 3.20.' yi karşılaştırarak şunlar ileri sürülebilir : İki yöntemde de tüm



Şekil.3.19. 1994 dönemi plaka örneği ağır metal kirlilikleri
(Fe ve Al = mg metal/m² gün; Pb = x 10 , Ni = x 100)

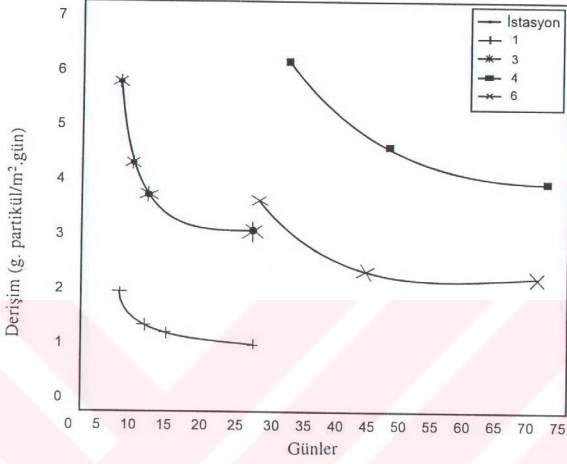


Şekil.3.20. 1994 dönemi akasya örneği ağır metal kirlilikleri
(Fe ve Al = x 100)

bölgelerde Fe ve Al kirliliği çok yüksektir. 1, 1.3, 4 ve 3 nolu istasyonlar aşırı kirlilik içermektedir, 7 ve 8 nolu istasyonlar ise en düşük kirliliğe sahiptirler. Ağır metal kirlilik oranı sıralaması Ni ve Cd arasında bir yer değişikliği dışında aynıdır.

Bu ise iki yöntemin de aynı bölgedeki ağır metal kirlenmesi hakkında paralel bilgiler verdiği anlamına gelmektedir. Çünkü kirlilik oranı bir bölgenin insani kaynaklı kirleniminin önemli bir göstergesidir.

Plaka toplama kapasitesinin zamanla değişimi incelenmiştir. Sonuçlar şekil 3.21' de gösterilmiştir. Grafiklerin eğimlerinden anlaşılacağı gibi ilk 10 gün içerisindeki toplama kapasitesi yüksektir. Bu grafiklerin ortaya koyduğu bir sonuç da, ilk dönemlerin etkinliğinin daha sık örnekleme ile ortaya çıkarılması gerektiğidir. Bu çalışmada, toplama kapasitesinin değerlendirilmesinin çok geç yapılmış olmasından dolayı bu tamamlayıcı çalışma yapılamamıştır. Bu süre uzadıkça kapasite düşmektedir.



Şekil.3.21. Plaka toplama kapasitesinin zamanla değişimi
(İstasyon 1 = x 10)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Akasya ve çam ağaçları dünyanın bir çok farklı bölgelerinde sık bulunan, bü-yüme şekli ve büyüklüğünden dolayı, özellikle akasya büyük yüzey alanı sayesinde iyi bir toplayıcıdır. Etkili ve hızlı gelişimi ile, kolay çoğalmaları nedeniyle deneyler ve etkin belirleme için çok elverişlidir. Ekimin ilk haftalarında alınan filiz örnekleri ana bitkisel topluluğu temsil eder. Bu ekolojik bolluğuna ek olarak (özellikle çam) gaz ve partiküllere yüksek dirençte olduğu gözlenmiştir.

Bu üstünlüklerinden dolayı akasya ve çam ağacı örnekleri çevresel ağır metal kirliliği izlenmesi için geliştirilen bu teknikte toplayıcı bir gösterge olarak seçilmiştir. Ağaç örneklerine Ultrasonik Leaching tekniği uygulanarak ağır metal kirliliklerinin çözeltiye tümüyle geçmesi sağlanmıştır. Kirleticiler kaynakları tanımlamak için kirlilik oranları belirlenmiş ve yorumlanmıştır.

Şekil 3.5. ve 3.6. ağaç örneklerinin kirleticiler kaynaklardan derin bir biçimde etkilediğini açık olarak göstermektedir.

1992-93-94 dönemine ait 8 istasyondaki ağaç örnekleri ağır metal derişimleri şekil 3.8.-3.14.' de verilmiştir. Metal kirliliği için şu ortak özellikler saptanabilir;

1-) Sanayi ve çimento fabrikası etkisindeki alanlar öteki alanlardan daha yüksek metal kirliliği göstermektedir.

2-) Fe, Al, Ni, Cr ve Cd kirliliğinde çimento fabrikasının etkisi daha baskındır.

3-) Pb ve Cu kirliliğinde ise sanayi yayımının ağır bastığı ileri sürülebilir.

4-) 6 ve 7 nolu istasyonda 1994 dönemi Fe ve Al artışları bu yöredeki yoğun inşaat faaliyetlerine (çimento kökenli) bağlanabilir.

5-) 6 nolu istasyonda 1994 dönemi Cu kirliliğinde beklenmedik bir artış gözlenmiştir.

Ayrıca 1992<1993<1994 sıralamasıyla kentte ağır metal kirliliği artmaktadır. Çalışmaların gerçekleştirildiği periyottaki Sivas kenti meteorolojik verileri şekil 3.7. ve 3.18. ' de verilmiştir. 1992 > 1993 > 1994 sıralamasıyla yıllara göre yaz sezonu yağış miktarının azalması, partiküller ve ağır metal kirliliğinin artmasını açıklayabilir. Yaz sezonu ortalama rüzgar hızının 1992 ≈ 1993 < 1994 sıralamasıyla artması partiküller kirliliğinin dönemsel ve yerel değişimi ile uyumlu gözükmektedir. Rüzgar hızının daha fazla olduğu 1994 yılında, partiküller kirleticiler kaynaktan daha uzak istasyonlara daha yüksek oranda ulaşmıştır.

Aynı ağırlıktaki akasya örnekleri çam örneklerinden daha fazla ağır metal taşımaktadır. Bu, akasya yaprağı yüzeyinin toplayıcı olarak daha etkin olmasıyla açıklanabilir.

Şekil 3.8. ' de yoğun trafik etkisinde kalan 4, 3 ve 2 nolu istasyonlarda ve çimento fabrikası etkisindeki 1 nolu istasyonda Pb kirliliği sınır değerinin çok üzerindedir. Avrupa sınır değeri 8 mg. Pb/kg kuru madde (*Populus nigra*) ' dir (Bereket ve Yücel, 1990). 6 nolu istasyonda 1994 yılında sınır değeri aşmıştır. 1 nolu istasyonda 1993 ve 1994 yılları değerleri yaklaşık aynı olmasına rağmen 4, 3 ve 2 nolu istasyonlarda aşırı bir Pb kirliliği artışı gözlenmiştir. Bu, her geçen yıl taşıt sayısının artması ile uyumaktadır. Ayrıca yakılan kömürden ileri geldiğine ilişkin bulgular da vardır (Savaşçı, Ş. ve Akçay, M, 1989). Bu araştırma kömür tüketiminin olmadığı yaz aylarını kapsadığından, Pb kirliliğinin asıl kaynağının oto eksoz yayımı olduğu söylenebilir. 2 nolu istasyonda 1994 yılı akasya kurşun kirliliği sınır değerin 2 katı, 3 nolu istasyonda 3 katı ve 4 nolu istasyonda 5 katıdır. 7 ve 8 nolu istasyonlarda ise trafik yoğunluğu en az olduğundan Pb kirliliği sınır değerin altındadır. Kentin ortalama Pb kirlilik oranı 8.43 ' tür.

Şekil 3.9. ' un incelenmesi en fazla Cd kirliliğini 1 ve 4 nolu istasyonların sergilediğini göstermektedir. Bununla birlikte 2 mg. Cd/kg. kuru madde sınır değerini (Bereket ve Yücel, 1990) aşan bir istasyon çıkmamıştır. Lastik kaplama tesisleri ve atık motor yağlarıyla ısınma alışkanlığının etkilediği 4 nolu istasyonda bu etkenlerin katkısı ayırt edilebilmektedir. Ayrıca taşıt tekerlerinin aşınması ve dizel yakıtının Cd kirliliğine katkıda bulunduğu bilinmektedir (Lagerwerf, 1971). Kentin ortalama Cd kirlilik oranı 6.65' tir.

Şekil 3.10., en yüksek Cu birikimini 4, 6, 1 ve 3 nolu istasyonların sergilediğini göstermektedir. Kentin ortalama Cu kirlilik oranı 3.78 ile en düşük kirlilik oranına sahiptir.

Şekil 3.11.' den en fazla Ni kirliliğinin 1 ve 4 nolu istasyonlarda ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. Cd kirlenmesi için yapılan değerlendirme Ni için de geçerlidir. Kentin ortalama Ni kirlilik oranı 6.08 ' dir.

1 nolu istasyonun gösterdiği belirgin Cr kirlenmesi (Şekil 3.12.) çimento fabrikası etkisine bağlanabilir. Kentin ortalama Cr kirlilik oranı 4.50 ' dir.

Şekil 3.13. ve 3.14. ' de istasyonların Fe ve Al kirlenme düzeyleri gösterilmiştir. Fe ve Al doğal (yer kabuğu kökenli) bir materyal olarak tüm istasyonlarda en yüksek değerlere sahiptir. 1 nolu istasyonda Fe ve Al kirliliği diğer istasyonlardan 4-67 kat yüksek görülmesi çimento fabrikasının etkisine bağlanabilir. Kentin ortalama Fe kirlilik oranı 20.71 ve Al kirlilik oranı 14.11 ' dir.

Şekil 3.5. ' de ağaç örnekleri partikül kirliliği düzeyleri verilmiştir. 1 ve 4 nolu istasyonlar en fazla kirliliğe sahiptir. Çünkü 1 nolu istasyon çimento fabrikası ve 4 nolu istasyonda sanayi bölgesi etkisi altındadır. Kentin ortalama partikül kirlilik ora-

nı; 1994 (9.52) > 1993 (9.07) > 1992 (7.99) sıralamasındadır. Buradan partikül kirliliğinin son yıllarda gittikçe arttığı ortaya çıkmaktadır.

Şekil 3.6. ' da çimento fabrikası etkili bölgelerin partikül kirliliği düzeyleri verilmiştir. Kirlenme fabrikaya uzaklık, rüzgar hızı ve yağış miktarına bağlı olarak değişmektedir. Genelde kirlenme yıllar arttıkça artış göstermiştir. Fabrikaya en yakın 1.1 ve 1.3 istasyonları ileri ölçüde kirlilik içermektedir.

Şekil 3.15. ' te çeşitli istasyonlardaki kirli plaka örnekleri gösterilmiştir. Şekil kirliliğinin boyutunu açıkça göstermektedir.

1994 dönemine ait 8 istasyondaki plaka örnekleri partikül kirlilikleri şekil 3.16. ve 3.17.' de, ağır metal kirlilikleri şekil 3.19.' da verilmiştir. Ayrıca 1994 dönemi akasya örneği ağır metal kirlilikleri şekil 3.20' de verilmiştir.

Şekil 3.16.' ya baktığımızda en fazla partikül kirliliği 1.1, 1.3 ve 4 nolu istasyonlarda görülmektedir. 8 nolu istasyon hariç tüm bölgeler çok ağır partikül kirlilik içermektedir. Ağır kirlilik sınırı olan 1167 mg./m².gün (Arslan ve Boyabat, 1990; Stern, 1976) değerinin çok üzerindedir. Resmi Gazetede yayınlanan Türkiye hava kalitesinin korunması yönetmeliğindeki endüstriyel bölgede çöken toz değerlerinin (450-800 mg./m².gün) ' de çok üzerindedir (Resmi Gazete, 1986).

Genelde çimento fabrikası etkili istasyonlar dışında ağustos ve eylül ayları daha fazla kirlilik içermektedir. 1.1, 1.3 ve 1.4 nolu istasyonlarda eylül ayında partikül kirliliği azalmıştır. Bu, ağustos ayında fabrikaya baca filtresi takılmasıyla açıklanabilir. Kentin ortalama partikül kirlilik oranı haziran (15.87) > temmuz (14.38) > ağustos (10.68) > eylül (7.59) sıralamasındadır. Genelde kirlenim eylül ayında daha fazla olmasına rağmen kirlilik oranının düşük gözükmesi karşılaştırma (zemin) değerindeki (8 nolu istasyon) artış nedeniyeldir.

Şekil 3.17.' de sadece çimento fabrikası etkili istasyonların partikül kirliliği verilmiştir. Ağustos ve eylül ayında hakim rüzgarların üstünde kalan 1.1 nolu istasyonda partikül kirlilik azalmıştır. Buna karşın bu aylarda WNW rüzgarlarının altında kalan 1.2 nolu istasyonda partikül kirlilik artmıştır. Eylül ayında 1.3 ve 1.4 nolu istasyonlarda partikül kirliliği azalma göstermiştir. Bu sonuç, rüzgar yönü WNW oluşu ve filtre yenilenmesiyle bağdaşmaktadır.

Şekil 3.19 en yüksek ağır metal kirliliğinin Fe ve Al için gözlemlendiğini göstermektedir. Sadece 3 nolu istasyonda Pb sınır değeri aşılmış ve 4 nolu istasyonda ise sınır değerindedir. Sınır değer 500 µg Pb/m².gün ve 7.50 µg Cd/m².gün olarak kabul edilmiştir (Resmi Gazete, 1986). 4 nolu istasyonda sınır değerinin 4 katı bir Cd kirliliği vardır. 3, 1.1 ve 1.3 nolu istasyonlarda 2 katı; 2 nolu istasyonda ise sınır değerinde bir kirlilik bulunmuştur.

Şekil 3.21.' de plaka toplama kapasitesinin ilk on gün içerisinde yüksek olduğu ve süre uzadıkça kapasitesinin düştüğü ve doyunluğa ulaşıldığı görülmektedir.

2.8.1994 tarihinde akasya yarı sezon örnekleme yapılmış ve bu sürede toplam partiküller ve ağır metal kirliliğinin yaklaşık % 45' i elde edilmiştir. Yalnız Fe ve Al için % 56 kirlilik toplanmıştır. Akasya yaprağının gelişimi tamamlandıktan sonra ise % 55 kirlilik toplanmaktadır. Aslında ilk yarı (2.8.1994) daha fazla kirlilik toplanması beklenirken bu ikinci yarı (2.8.-10.10.1994) olmuştur. Bunu yağışlara ve yaprağın boyut gelişimini tamamlamamış olmasına bağlayabiliriz.

1.1 ve 3 nolu istasyonlarda 5-10 m yükseklikte bina çatılarına yerleştirilen leğenlerin plaka örneklemesine göre, g partikül/ m² gün biriminde 1.1 nolu istasyonda % 20 daha fazla iken, 3 nolu istasyonda plaka ile yaklaşık aynı sonuçlar alınmıştır. Burada 1.1 istasyonunda leğen ve plaka örnek toplayıcılarının aynı konumda (çatıda) olduğu belirtilmelidir. 3 numaralı istasyonda iki örnekleycinin konumları farklıdır; Plaka ağaçta (2-3 m yükseklikte) iken, leğen çatıdadır (5-10 m yükseklikte). Bu nedenle iki örnekleycinin 1.1 istasyonunda karşılaştırılması daha anlamlıdır. Bu farklılık, plakada süre uzadıkça toplama kapasitesinin düşmesi ile açıklanabilir.

Eş zamanlı toplanan akasya örneklerinin bir bölümü yaş, diğer bir bölümü ise kuru örnek hazırlama yoluyla analize hazırlanmıştır. Bu işlemde yaş örnek hazırlama Pb, Cd, Cr, Cu ve Ni için % 6.9 daha yüksek, Fe ve Al için % 3.4 daha düşük sonuç vermiştir. Bu sonuçlara göre, daha çok element için daha yüksek sonuç veren yaş örnek hazırlamanın daha elverişli olduğu söylenebilir.

1, 2, 3 ve 4 nolu istasyonlardan eşdeğer ağaç örnekleri alınarak Ultrasonik Leaching ve doğrudan küllendirme deneyleri yapılmıştır. Burada doğrudan küllendirmede Ultrasonik Leaching verilerinden (Ultrasonik Leaching+Ultrasonik artık küllendirme) akasyada % 14.4, çamda % 33.2 (ortalama % 20.6) daha düşük ağır metal düzeyleri elde edilmiştir. Bu doğrudan küllendirmede metal kaybı olduğunu göstermektedir.

Şekil 3.20. incelendiğinde, 1994 döneminin yukarıda yapılan genel değerlendirmeye uyduğu görülmektedir.

Şekil 3.19 ve 3.20.' nin incelenmesiyle Ultrasonik Leaching ve plaka örnekleme tekniklerinin her ikisinde de tüm istasyonlar için Fe ve Al kirliliği çok yüksektir; 1 nolu istasyonda her iki işlemde Al, Fe ve Cr en yüksek değerlerde gözlenmiştir. 3 ve 4 nolu istasyonlarda Pb ve Cd en yüksek değerlerdedir. 7 ve 8 nolu istasyonlarda paralel bir düşüş gözlenmektedir. Her iki teknikte de en düşük ağır metal kirliliğine 8 nolu istasyon sahip olduğundan bu istasyon değerleri karşılaştırma düzeyi olarak alınmıştır. İki teknik ile elde edilen ortalama ağır metal kirlilik oranı sıralaması Ni

ve Cd değerlerinin yer değiştirmesi dışında aynıdır;

Ultrasonik Leaching : Fe > Al > Pb > Cd > Ni > Cr > Cu

Plaka Tekniği : Fe > Al > Pb > Ni > Cd > Cr > Cu

Bu iki tekniğin de aynı istasyonlar için aynı edime (performans) sahip olduğunu göstermektedir. Çünkü bir bölgenin kirlilik oranı insani kaynaklı kirliliğinin önemli bir göstergesidir.

Araştırma bulgularının anlamlılığı için uygun istatistiksel testler yapılmıştır.

Geliştirilen ultrasonik leaching tekniğinin 13 örnek için (9 akasya ve 4 çam) toplanmış ortalama % BSS (Bağlı Standart Sapma) tüm metallerde 5.5-8.4 aralığında değişmektedir.

Keskinlik testi 3 plaka ve 13 ağaç örneği için yapılmış % BSS cinsinden tüm metaller için; plaka tekniğinde 4.5-12.8 ve ultrasonik leaching tekniğinde 2.8-11.4 arası değerler bulunmuştur. Partikül için; plaka tekniğinde 2.6 ve ultrasonik leaching tekniğinde 6.1 % BSS değeri bulunmuştur. Aynı bir çalışmada, plaka tekniğinde geometrik standart sapma olarak Fe, Al, Pb, Cu, Ni ve Cd için 3.5 (1.9) - 5.7 (2.5) arası değerler bulunmuştur (Noll ve Ark., 1990). Her iki teknik sonuçları benzer uyum göstermektedir.

FAAS aygıtının keskinliği analit ve örneğe bağlı olarak 1.1-5.0 % BSS değerleri arasında değişmektedir.

Geliştirilen ultrasonik leaching tekniğinde eser düzeyde bulunan Pb, Cd, Cu, Ni ve Cr için % 95 güven düzeyindeki güven aralıkları sırasıyla 20.1 ± 0.6 ; 0.56 ± 0.02 ; 14.1 ± 0.6 ; 16.3 ± 0.7 ; 5.7 ± 0.3 , makro düzeyde bulunan Fe ve Al için % 95 güven düzeyindeki güven aralıkları ise sırasıyla 684.9 ± 30.6 ve 307.0 ± 11.4 değerlerinde bulunmuştur.

Yapılan F- testi' nde ultrasonik leaching tekniği ile plaka tekniği arasındaki keskinlik farkı Al metali dışında diğer metaller için anlamlı değildir.

Ultrasonik leaching (ult.+ult.kül.) ve küllendirme yöntemi sonuçları % 95 güven düzeyinde Cu metali hariç diğer metallerde anlamlı fark göstermektedir.

Ultrasonik leaching ve plaka yöntemi kirlenim oranı ortalamaları karşılaştırılmasında Cu, Fe ve Al metali dışındaki diğer metallerde ortalamalar ultrasonik leaching lehinde anlamlı fark göstermektedir.

7 nolu istasyonda Pb, Cd, Cu, Ni ve Cr ve 5 ve 6 nolu istasyonlarda Cr değerleri dışında tüm metaller için şehir örnekleri ile karşılaştırma örnekleri arasında anlamlı farklar vardır. Bu da şehrin kesin insani kaynaklı bir kirliliğe maruz kaldığını ortaya koymaktadır.

Her iki teknikte, Sivas kenti yaz sezonu ağır metal kirliliğinin yüksek olduğunu

göstermektedir. Karşılaştırma değeri olarak seçilen plaka örnekleme tekniği sonuçları ile geliştirilen ultrasonik leachingli örnekleme tekniği sonuçları büyük ölçüde bağdaşmaktadır. Aynı istasyonlarda kirletici yanıtlarına eş değeri bulgular vermektedirler. Bu verilere göre kirletici kaynaklardan gelen ağır metal kirliliğinin, zamanın bir fonksiyonu olarak belirlenmesinde, seçenek bir teknik olarak alınabilir.

Geliştirilen Ultrasonik Leachingli örnekleme yaklaşımı işlemleri sağlığı, ucuzluk, hızlılık, basitlik ve FAAS yöntemine uygunluk açısından olumlu olduğu gözük-mektedir.

KAYNAKLAR

- Airey, D., 1982, Contributions from coal an industrial materials to Hg in air, rain water and snow : **Sci. Total Env.**, 25, 19-40.
- Akçay, M., Elik, A. ve Savaşçı,Ş., 1988, Tecer ırmağı sedimentinde Adsorbe ve toplam metal özütleme hızı ve verimi üzerine ultrasonik uyarının etkileri : **Kim-88, Kimya Simpozyumu**, 52-53, ANKARA.
- Akçay, M., Elik, A. ve Savaşçı, Ş., 1988, Effect of Ultrasonication on extraction rate and on recovery of Strontium from river sediment using FAAS : **Analyst**, 114 (9), 1079-1082.
- Alben, T.K. ve Kaczmarczyk, H.J., 1986, **Anal. Chem.**, 58, 1817-1822.
- Aras, N.K., Ölmez, I., Huang, X. ve Gordon, E.G., 1995, Composition and sources of atmospheric particulate matter of an Industrialized urban air shed : **Tr. J. of Eng. and Env. Sci.**, 19,1-13.
- Ambe, V., 1984, Studies on the method for long term environmental monitoring : **Res. Rep. Natl. Inst. Env. Stud.**, Japan, 58, 22-30.
- Arslan, M. ve Boybay, M., 1989, Düşen tozlarla meteorolojik parametrelerin ilişkisi üzerine bir çalışma : **Kimya Sanayi**, 31, 73-81.
- Arslan, M. ve Boyabat, M., 1990, Elazığ çimento fabrikası çevresinde düşen tozlarla ilgili bir çalışma: **Doğa-Tr. j. of Eng. and Env. Sci.**, 14, 324-331.
- ASTM., 1979, Standart definitions of terms relating to atmospheric sampling and analysis : **ASTM.D. 1356-73**, ASTM, Philadelphia.
- Bazell, R.J., 1971, Lead poisoning, Zoo animal may bethe first victims : **Science**, 173, 130-131.
- Bennett, B.G., Kretzschmar, J.G. ve Akland, G.G., 1985, Urban air pollution worldwide : **Env. Sci. Tech.**, 194, 298-304.
- Bereket, G. ve Yücel, E., 1990, Monitoring of heavy metal pollution of traffic origin in Eskişehir : **Doğa - Tr. j. of Chem.** , 14, 266-271.
- Borka, G., 1980, The effect of cement dust pollution on growth and metabolism of helianthos annus : **Env. Pollu.**, A-22, 75-79.
- Boudjouk, P. , 1986, **J. of Chem. Educ.**, 63 (5), 427-429.
- Boutron, C., Echevin, M. ve Lorius, C., 1972, Chemistry of polarsmøws. Estimation of rates of deposition in Antarctica : **Geochim. Cosmshim. Acta**, 36, 1029-1041.
- Boutron, C., Leclerc, M. ve Reisler, N., 1984, Atmospheric trace elements in Antarctica prehistoric ice collected at a coastal ablation area : **Atmos. Env.**, 18(9), 1947-1953.

- Boutron, C. F ve Wolff, E.W., 1989, Heavy metal and sulphur emissions to the atmosphere from human activities in Antarctica : **Atm. Env.**, 23.8, 1669-1675.
- BS. 1747 Part 1, 1961, **Bristish Standart Metod for the Measurement of Air Pollution**, Part 1, Specification for deposit gauges.
- Davidson, C.I., Goold, W.D., Mathison, T.P., Weirisma, G.B., Brown, K.W. ve Reilly, M.T., 1985 b, Airborne trace elements in great smoky mountains, olympic ve glacier national parks : **Env. Sci. Tech.**, 19, 27-35.
- Eaton, D. F. et. al., 1975, Crand Pb in Colored printing inks used for Children's magazin : **Env. Sci. Tech.**, 9, 768-770.
- El Bassam, N., 1982, **Kontamination van Pflanzler, Böden und Grundwasser Durch Schwermetalle aus Industrie und Siedlungsabfallen.**
- Elik, A., Akçay, M. ve Savaşçı, Ş., 1991, Alevli AAS ve Manganimetrik yöntemlerle belirlenmek üzere sediment ve filizlerden majör, minör ve eser düzeydeki bazı metallerin ultrasonik etki altında çözeltiye alınması : **Doğa - Tr. j. of Chem**, 15, 130-139.
- Foy, C.D., Chaney, R.L. ve White. M.C., 1978, Physiology of metal toxicity in plants : **Ann. Rev. Plant Physiol.**, 29, 511-566.
- Ghandour, M.F.M.El. et. al., 1985, Studies on air pollution from constraction plants in helwan Indüstriyal Area : 1. Total dust deposition over the area : **Atm. Env.**, 17.2, 305-309.
- Godbold, D.I ve Hütterman, A., 1986, The uptake and toxicity of Hg and Pb to Spruce (*Picea abies karst*) seedlings : **Water and Soil Pollu.**, 31, 509-515.
- Gorzelska, K, 1989, Locally generated atmospheric trace metal pollution in Canadian arctic as reflected by chemistry of snowpack samples from the makenzie delta region : **Atm. Env.**, 23.12, 2729-2737.
- Griest, H.W., Yeatts, B.L.B., ve Caton, J.E., 1980, **J. Env. Anal Chem.**, 52, 201-203.
- Grimalt, J., Morfil, C., Albages, J., 1984, **Intern. J. Env. Anal. Chem.**, 18, 183-194.
- Gucin, F. ve Baltepe, Ş., 1989, Ağır metal akümülatörü olarak şapkaklı mantarlar : **Doğa TU. Bot. D.** 13.3, 585-595.
- Gündüz,T., 1994, **Çevre Sorunları** : A.Ü. Fen Fakültesi Kimya Böl., Bilge yayıncılık, ANKARA, 200.
- Hertstein, U. ve Jäger, H.J., 1986, Tolerances of different populations of three grass species to Cd and other metals : **Env. Exp. Bot.**, 26, 309-319.
- Hexter, A.C. ve Goldsmith, J.R., 1971, **Science** 172, 265.

- Hodges, L., 1977, **Environmental Pollution** : Holt, Rinehart and Winston. 2 nd Ed., Iowa State Univ., New York 496.
- **International Lab.**, 1986, October, page 46-50.
- Khan, M.A.Q. ve Coello, W.F., 1974, **Survival in Toxic Environment** : Academic Press, Inc. New York, 497-513.
- Kırımhan, S., 1991, Erzurumda hava kirliliği ve nokta kaynak araştırması : **Doğ-Tr. j. of Eng. and. Env. Sci.**, 15, 122-143.
- Kirk-Othmer, 1978, **Ency. of chemical Tech.** : John Wiley and Sons, New York, V.1, 767.
- Kovacs, M., Opanszky, I., Klincsek, P. ve Podani, J., 1982, Leaves of city trees as accumulation Indicators : **Tasks veg Sci.** , 7, 149-156.
- Leagerwerf, J.V., 1971, Uptake of Cadmium, Lead and Zinc by Radish from **Soil and Air. Soil Sci.**, III, 129-133.
- Lead pesticides, 1972, **Man and the Environment** , Washington, D.C. : U. S. Env. Protection Agency.
- Maenhout, W., Cornille, P., Pacyna, J. M. ve Vitols, V., 1989, Trace element composition and origin of the atmospheric aerosol in the Norwegian arctic : **Atm. Env.** , 23.11, 2551-2569.
- Mc Mahon, T.A. ve Denison, P.J., 1979, Review paper empirical atmospheric deposition parameters, A survey : **Atm. Env.** , 13, 571-585.
- Middleton, P., Stewart, T.R., Ely, D. ve Lewis, C.E., 1984, Physical and chemical indicators of urban visual air quality judgements : **Atm. Env.** , 18, 861-870.
- Migon, C ve Caccia, J.L., 1990, Separation of anthropogenic and natural emissions of particulate heavy metals in the western mediterranean atmosphere : **Atm. Env.** , 24 A. 2, 399-405.
- Murozumi, M., Chow, T.J. ve Patterson, C., 1969, Chemical concentrations of pollutant lead aerosols, terrestrial dusts and sea salts in Greenland and Antarctic snow strata : **Geochim. Cosmochim. Acta.** , 3, 1247-1294.
- Müezzinoğlu, A., 1987, **Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları** , Dokuz Eylül Üniv. Yayınları, İZMİR.
- **NAPCA**, 1969, Air quality criteria for particulate matter, AP - 49, Washington, D.C. : HEW.
- Noll, K.E., Fang, K.Y.P. ve Watkins, L.A., 1988, Characterization of the deposition of particles from the atmosphere to a flat plate : **Atm. Env.** , 22, 1461-1468.
- Noll, K.E. ve Fang, K.Y.P., 1989 a, Development of a dry deposition model for atmosphere coarse particles : **Atm. Env.** , 23, 585-594.

- Noll, K.E., Fang, K.Y.P. ve Yuen, P.F., 1989 b, Measurement of the dry deposition of sulfate and nitrate in the Los Angeles Basin, 82 nd annual meeting. **Air and Waste Management Association**, Anaheim, California, 25-30 June, paper no : 89-140.7.
- Noll, K.E., Yuen, P.F. ve Fang, K.Y.P., 1990, Atmospheric Coarse particulate concentrations and dry deposition fluxes for ten metals in two urban environments : **Atm. Env.** , 24 A.4, 903-908.
- Nriagu, J.O. ve Pacyna, J.M., 1988, Quantitative assessment of world wide contamination of air water and soils by trace metals : **Nature** , 333, 134-139.
- Olcay, T. ve İpekoglu, N., 1991, **Hava kirliliğinin Tanımı ve Temel Kavramları** : TMMOB, İSTANBUL.
- Onar, A.N. ve Temizer, A., 1987, Çevre kirliliğine etkisinin ölçüsü olarak Cd ve Pb derişimlerinin idrarda tayini : **Doğa TU Müh. ve Çev. D.**, 11.2, 254-267.
- Orbey, M.T., Kurtay, M., Temizer, A., Ergun, E., Or, S. ve Uran, N., 1985, Determination of the amounts of Lead amazinc in human teeth by FAAS : **J. Fac. Pharm.**, Gazi Üniv., 2, 93-98.
- Pacyna, J.M., 1984, Estimation of the atmospheric emissions of trace elements from anthropogenic sources in Europe : **Atm. Env.** , 18, 41-50.
- Pacyna, J.M., Semb, A. ve Hanssen, J.E., 1984, Emission and long-range transport of trace elements in Europe : **Tellus**, 36B, 163-178.
- Pandey, A.D., Mallick, K. ve Pandey, P.C., 1980, **Proc. Int. Congr. Phosphorus Compd.**, 2 nd, 463-472.
- Patterson, C.C., 1965, Contaminated and natural Lead environments of man : **Arch. Env. Health**, 11, 344-360.
- Petrenchuk, O.P., 1977, Atmospheric precipitation sampling procedures and applications of cold water chemical composition data to estimation of background aerosol chemical composition : **WHO, Air Poll. Meas. Tech. Conf.**, Part. 2, 50-57.
- Rappaport, B.D., Matrens, D.C., Reneau, Jr. R.B. ve Simpson, T.W., 1987, Metal accumulation in corn and barley grown on a studge amended typic Ochragualf : **J. Env. Qual.** , 16, 29-33
- Resmi Gazete, 1986, Hava kalitesinin korunması yönetmeliği, **T.C. Resmi Gazete**, Ankara, 19269, 2-Kasım.
- Richard, W.H. ve Van Scoyoc, S., 1984, Trace element uptake by sagebrush leaves in Washington : **Env. Exp. Bot.** , 24, 101-104.
- Saito, K., 1981, Analytical studies on the availability of heavy metal in snow as an

- indicator of air pollution : **Grant-in-aid from the Ministry of Education, Culture and Sciences**, Japan, for developmental Sci. Research 487071.
- Sakai, H., Sasaki, T. ve Saito, K., 1988, Heavy metal concentrations in urban snow as an indicator of air pollutions : **The Sci. of the Total Env.** , **77**, 163-174.
 - Savaşçı, Ş. ve Akçay, M., 1989, Sivas Kent atmosferinde Pb seviyelerinin mevsimsel değişimi: **TU. Müh. ve Çev. D.**, C.13, S.2.
 - Schmel, G.A. ve Hodgson, W.J., 1978, **A Model for Predicting Dry Deposition of Particles and Gases to Environmental Surfaces** : PNL-5A-6721, Battelle, Pacific Northwest lab., Richland, WA.
 - Schroeder, H.A., 1974, **The Poisons Around us. Toxic Metals in Food, Air and Water**, bloomington, Indiana: Indiana Üniv. Press.
 - Sehgal, C.; Sutherland, R. G. ve Verral, R. E., 1980, **J. Phys. Chem.**, 84, 396.
 - Stern, A.C., 1976, **Air Pollution**, V. I and III, Academic Press, New York.
 - Stern, C.S., 1977, **Air Pollution**, Academic Press, New York.
 - Stoker, H.S. ve Seager, S.L., 1976, **Environmental Chemistry**, Air and water pollution, scott, foresman and company, Glenview, İllinois.
 - Struempler, A.W., 1976, Trace metals in rain and snow during 1973 at chadron, Nebraska : **Atm. Env.**, 10, 33-37.
 - Tessier, A., Campbell, P. ve Bisson, M., 1979, **Anal. Chem.**, 884.
 - Thomas, W., Rühling, A. ve Simon, H., 1984, Accumulation of airborne pollutant (PAH, Chlorinated Hydrocarbons, Heavy Metals) in various plant species and humus : **Env. Pollu.**, 36, 295-310.
 - Tırıs, M., Kalafatoğlu, E. ve Okutan, H., 1993, **Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü** : TÜBİTAK-MAM, 277, Gebze.
 - Toker, M.C., Temizer, A. ve Yalçın, İ., 1990 Ankarada bazı yol ortası refüjlerinde yetiştirilen çamlarda ağır metal birikimi : **Cumhuriyet Üniv. Fen Bilimleri Dergisi** , 13, 25-39.
 - Türkan, İ., 1986, İzmir il merkezi ve çevre yollarında yetişen bitkilerde Pb, Zn, ve Cd kirlenmesinin araştırılması : **Doğa TU. Bio. D.**, 10.1, 116-120.
 - Uno, I., Wakamatsu, S., Suzuki, M. ve Ogawa, Y., 1984, Threedimensional behaviour of photochemical pollutants covering the Tokyo metropolitan : **Atm. Env.**, 18, 751-761.
 - USEPA, 1981, Air quality criteria for particulate matter and sulfur oxides, Research triangle Park, N.C.
 - USEPA , 1982, Assessment of scientific and technical information, EPA. 450/5-82-001. Research triangle Park, N.C.

- Velicangil, S., 1984, Atmosfer kirlenmesi : **Çevre Koruma Dergisi**, 19, 26
- Yalçın, N., Aydın, A.O. ve Sevinç, V., 1989, Tarım alanlarında motorlu araç trafiğinin yol açtığı Pb ve Zn birikimi : **Doğa TU. Müh. ve Çev. D.**,13.2, 429-434.
- Yaman, S., 1995, Karayolu kenar topraklarında kurşun kirlenmesi (Ceyhan-Adana): **Tr. J. of Eng. and Env. Sci.**, 19, 303-306.
- Zimdahl, R.L. ve Arvik, P.B., 1973, CRC : **Critical Reviews in Env. Control**, 3, 213-224.
- Wagner, G., 1981, **International Conference Heavy Metals in the Environment** : Amsterdam, 15-18, september.
- Wagner,G., 1984, **Verlag Chemie**, Weinhein, 609.
- Wark, K. ve Warner, C.F., 1976. **Air Pollution Its. Origin and Control**, Harper Row Pub.
- Wark, K. ve Warner, C., 1981, **Air Pollution-Its. Origin and control** : Harper and Row, Publishers, New York, 2 nd ed., 526.
- Weis, H., Bertine, K., Koide, M. ve Goldber, E.D., 1975, The chemical composition of a Greenland glacier : **Geochim. Cosmochim. Acta**, 39, 1-10.
- WHO, 1985, Environmental pollution Control in relation to development : **Tecnicall Report Series**, No. 718, World Health Organization, Geneve, Switzerland, 63.
- Wiersma, G.B. ve Davidson, C.I., 1986, Trace metals in the atmosphere of remote areas. **In Toxic Metals in the Atmosphere** : Wiley, New York, 201-266.
- Wong, M.K., Chuah, G.K., Koh, L.L., Ang, K.P. ve Hew, C.S., 1984, The uptake of Cd by brassica chinensis and Its effect on plant Zn and Fe distribution : **Env. Exp. Bot.** , 24, 189-195.
- Wong, M.K., Chuah, G.K., Ang, K.P. ve Koh, L.L., 1986, Interactive effects of Cu Combinations in the Uptake of metals and growth of brassica Chinensis : **Env. Exp. Bot.** , 26, 331-339.

ÖZGEÇMİŞ

01.09.1962 tarihinde Sivas-Yıldızeli-Fındıcak köyünde doğdu. İlk ve Orta öğrenimini 1981' de Sivas'ta tamamladı. 1982' de Cumhuriyet Üniversite Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya bölümüne girerek 1986' da Kimyager ' lik diplomasını aldı.

1987' de Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı.

1990' da Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Analitik Kimya Anabilim Dalında Yüksek Lisansını tamamlayarak Yüksek Kimyager ünvanını aldı. 1991' de aynı anabilim dalında doktora başladı.

Halen Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Analitik Kimya Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi görevini yürütmektedir.