

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PARTİKÜLER MADDELERİN (PM<sub>1</sub> ve PM<sub>10</sub>)  
ELEMENTEL İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Özlem YILMAZCAN**

**Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA**  
**Enstitü Bilim Dalı : ANALİTİK KİMYA**  
**Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Şahin DÜNDAR**

**Haziran 2010**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PARTİKÜLER MADDELERİN (PM<sub>1</sub> ve PM<sub>10</sub>)  
ELEMENTEL İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ**


**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

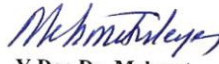
**Özlem YILMAZCAN**


Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA

Enstitü Bilim Dalı : ANALİTİK KİMYA

Bu tez 04/06/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr. M. Şahin  
DÜNDAR  
Jüri Başkanı

  
Y. Doç. Dr. Mehmet  
İŞLEYEN  
Üye

  
Y. Doç. Dr. Hüseyin  
ALTUNDAĞ  
Üye

## TEŞEKKÜR

Bu alıŐma vesilesi ile çalışma sũresince her tũrlũ yũnlendirme ve desteğini esirgemeyerek tez çalıŐmama, alt yapımın oluŐmasına bũyũk katkı sağladığı için ve anlayıŐı için değerli hocam, tez danıŐmanım; Prof. Dr. M. Şahin DũNDAR'a sonsuz teŐekkũrlerimi sunarım.

Ayrıca tũm deneysel çalıŐmalarım boyunca destek olan, her tũrlũ malzeme ve madde konularında yardımlarını esirgemeyen hocam, ArŐ. Gør. Can Serkan KESKİN'e ve tez dũnemi boyunca yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, çalışma arkadaŐım Sinem KAYGALDURAK'a en içten teŐekkũrlerimi sunarım.

Her zaman sevgileriyle bana gũ veren ve verdiğim kararlarda beni hem maddi hem manevi olarak sonuna kadar destekleyen, annem Nimet YILMAZCAN, babam Mustafa YILMAZCAN ve kardeŐim Őzge YILMAZCAN 'a teŐekkũr etmeyi bir borç bilirim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
HAVA KİRLİLİĞİ.....	5
2.1. Hava Kirliliğini Oluşturan Kirleticiler.....	6
2.1.1. Kaynaktan çıkışlarına göre kirleticiler.....	6
2.1.2. Kaynaklarına göre kirleticiler.....	6
2.1.3. Kimyasal yapılarına göre kirleticiler.....	7
2.2. Hava Kirliliğine Neden Olan Meteorolojik Faktörler.....	8
2.3. Hava Kirliliğinin Etkileri.....	9
2.3.1. Hava kirliliğinin sağlık üzerine etkileri.....	10
2.3. Hava Kirliliğini Engellemede Alınabilecek Önlemler.....	12
BÖLÜM 3.	
PARTİKÜL MADDE.....	16
3.1. Partikül Boyutu.....	17
3.2. Partikül Maddenin Kimyasal Bileşimi.....	20

3.2.1. Sülfat.....	21
3.2.2. Nitrat.....	21
3.2.3. Elementel karbon.....	22
3.2.4. Organik karbon.....	22
3.2.5. Eser elementler.....	23
3.3. Partikül Madde Kaynakları.....	24
3.4. Partikül Maddenin İnsan Sağlığına Etkisi.....	27
3.5. Partikül Maddeler İçin Sınır Değerler.....	30
3.6. Partikül Maddelerde Ağır Metal Kirliliği.....	31
3.6.1. Bakır (Cu).....	32
3.6.2. Nikel (Ni).....	33
3.6.3. Alüminyum (Al).....	34
3.6.4. Vanadyum (V).....	34
3.6.5. Mangan (Mn).....	35
3.7. Havada Metallerin İzin Verilen Sınır Değerleri.....	36
BÖLÜM 4.	
SAKARYA İLİ HAKKINDA GENEL BİLGİ.....	37
BÖLÜM 5.	
MATERYAL VE METOD.....	39
5.1. Materyal.....	39
5.1.1. Kullanılan kimyasallar.....	39
5.1.2. Kullanılan cihaz ve malzemeler.....	39
5.2. Metot.....	40
5.2.1. Örnekleme bölgesi.....	40
5.2.2. Örnekleme bölgesine ait meteorolojik parametreler.....	41
5.2.3. Örneklerin toplanması.....	41
5.2.4. Örneklerin analizi.....	42
5.2.5. Kalibrasyon grafikleri.....	42
5.2.6. Kullanılan Standart Referans Madde.....	44

## BÖLÜM 6.

BULGULAR.....	46
6.1. Bölgelere ve Aylara Göre Toplanan Partikül Toz İçerikleri.....	46
6.2. Havadaki Metal Derişimlerinin PM <sub>1</sub> için Aylara Bağlı Değişimi.....	47
6.3. Havadaki Metal Derişimlerinin PM <sub>10</sub> için Aylara Bağlı Değişimi.....	49
6.4. Havadaki Metal Derişimlerinin PM <sub>10</sub> için Bölgelere Bağlı Değişimi.....	51
6.5. Havadaki Metal Derişimlerinin PM <sub>10</sub> için Bölgelere Bağlı Değişimi.....	53
6.6. PM <sub>1</sub> ve PM <sub>10</sub> Tanecik Boyutlarından Bölgelere ve Aylara Göre Elementel Derişim Düzeyleri.....	58
BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	71

## SİMGELER VE KISALTMALAR

°C	: Santigrad derece
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
As	: Arsenik
Ba	: Baryum
Br	: Brom
Ca	: Kalsiyum
CaCO <sub>3</sub>	: Kalsiyum Karbonat
Cl	: Klor
Cd	: Kadmiyum
CO	: Organik Karbon
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
EC	: Elementel Karbon
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
GFAAS	: Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: Sülfirik Asit
HClO <sub>4</sub>	: Perklorik Asit
Hg	: Civa
HNO <sub>3</sub>	: Nitrik Asit
HKKY	: Hava Kalite Koruma Yönetmeliği
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma- Kütle Spektrometresi
In	: İndiyum
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
mg	: Miligram

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	: Mikrogram/metreküp
$\mu\text{g}/\text{L}$	: Mikrogram/litre
$\mu\text{m}$	: Mikrometre
Mn	: Mangan
NaCl	: Sodyum Klorür
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	: Amonyum Nitrat
$\text{NH}_4\text{HSO}_4$	: Amonyum Bisülfat
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	: Amonyum Sülfat
Ni	: Nikel
$\text{NO}_3$	: Nitrat
$\text{O}_3$	: Ozon
Pb	: Kurşun
PM	: Partikül Madde
$\text{PM}_1$	: Aerodinamik çapı 1 mikrometrenin altında olan partikül madde
$\text{PM}_{10}$	: Aerodinamik çapı 10 mikrometre olan partikül madde
$\text{PM}_{2,5}$	: Aerodinamik çapı 2,5 mikrometrenin altında olan partikül madde
S	: Kükürt
Sb	: Antimon
Se	: Selenyum
Si	: Silisyum
$\text{SO}_4^{-2}$	: Sülfat iyonu
Ti	: Titanyum
TSP	: Toplam Asılı Partikül Madde
USEPA	: Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
Zn	: Çinko



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Boyut seçici örnekleyici ile toplanan ince partikül ve fraksiyonlarının boyut dağılımı.....	18
Şekil 3.2.	Büyüklik Benzerlikleri.....	19
Şekil 3.3.	Partikül boyutu karşılaştırması.....	19
Şekil 3.4.	PM Boyutunun İnsan saç ve Plaj Kumu Karşılaştırılması.....	20
Şekil 3.5.	Toplam Askıda Katı Madde (TSP) Emisyonlarının Birkaçının Boyut Dağılımı.....	26
Şekil 3.6.	Partikül Maddelerin Akciğer üzerinde verdiği hasar.....	27
Şekil 3.7.	Partikül maddelerin akciğerlere boyutuna göre girişi.....	28
Şekil 3.8.	0.1-10 µm'lik partiküllerin birikme bölgelerine göre birikme oranları.....	29
Şekil 5.1.	Isleworth MRE 113 A tipi Toz örnekleyici.....	39
Şekil 5.2.	Sakarya ilindeki Örnekleme bölgelerinin uydu görüntüsü.....	40
Şekil 5.3.	Cu elementi için kalibrasyon grafiği.....	43
Şekil 5.4.	Mn elementi için kalibrasyon grafiği.....	43
Şekil 5.5.	Ni elementi için kalibrasyon grafiği.....	44
Şekil 6.1.	Bölgelere ve aylara göre toplanan PM <sub>1</sub> partikül toz içeriklerinin grafiği.....	55
Şekil 6.2.	Bölgelere ve aylara göre toplanan PM <sub>10</sub> partikül toz içeriklerinin grafiği.....	55
Şekil 6.3.	PM <sub>1</sub> için aylara göre toplanan partikül madde derişim grafiği...	56
Şekil 6.4.	PM <sub>10</sub> için aylara göre toplanan partikül madde derişim grafiği.....	56
Şekil 6.5.	PM <sub>1</sub> için bölgelere göre toplanan partikül madde derişim grafiği.....	57
Şekil 6.6.	PM <sub>10</sub> için bölgelere göre toplanan partikül madde derişim grafiği.....	57

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1.	Partikül maddelerin sınıflandırılması.....	15
Tablo 3.2.	Partiküllerin US-EPA' ya göre sınıflandırılması.....	17
Tablo 3.3.	Doğal kaynaklardan ve antropojenik kaynaklardan yılda atmosfere karışan partikül madde miktarları.....	25
Tablo 3.4.	Atmosferde gözlenen partikül maddelerin elemental özellikleri....	26
Tablo 3.5.	PM <sub>10</sub> için sınır değerler.....	30
Tablo 3.6.	Havada eser elementlerin izin verilen sınır değerleri.....	36
Tablo 5.1.	Sakarya iline ait meteorolojik parametreler.....	41
Tablo 5.2.	Alevli atomik absorpsiyon spektrometresinde elementlerin ölçüm koşulları.....	42
Tablo 5.3.	Alevli atomik absorpsiyon spektrometresi için standart referans madde ve örneklerdeki geri kazanım.....	44
Tablo 6.1.	Bölgelere ve aylara göre toplanan PM <sub>1</sub> ve PM <sub>10</sub> için partiküler toz madde miktarları (mg).....	46
Tablo 6.2.	PM <sub>1</sub> toz örneklerinin aylara ait ağır metal derişimleri.....	48
Tablo 6.3.	PM <sub>10</sub> toz örneklerinin aylara ait ağır metal derişimleri.....	50
Tablo 6.4.	PM <sub>1</sub> toz örneklerinin bölgelere ait ağır metal derişimleri.....	52
Tablo 6.5.	PM <sub>10</sub> toz örneklerinin bölgelere ait ağır metal derişimleri.....	54
Tablo 6.6.	PM <sub>1</sub> için Elementlerin Aylara göre Derişim Ortalamaları.....	56
Tablo 6.7.	PM <sub>10</sub> için Elementlerin Aylara göre Derişim Ortalamaları.....	56

Tablo 6.8.	PM <sub>1</sub> için Elementlerin Bölgelere göre Derişim Ortalamaları.....	57
Tablo 6.9.	PM <sub>10</sub> için Elementlerin Bölgelere göre Derişim Ortalamaları.....	57
Tablo 6.10.	PM <sub>1</sub> ve PM <sub>10</sub> tanecik boyutlarından örnekleme bölgeleri ve aylara göre elementel derişim düzeyleri.....	59
Tablo 7.1.	Bölgelere ve aylara göre toplanan PM <sub>1</sub> ve PM <sub>10</sub> için partiküler toz madde miktarları.....	61
Tablo 7.2.	PM <sub>1</sub> ve PM <sub>10</sub> için yapılan literatürdeki bazı çalışmalar.....	62
Tablo 7.3.	PM <sub>10</sub> bileşiminde bulunan elementlerin diğer literatürdeki diğer çalışmalarla kıyaslanması.....	63

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Partikül Madde, Ağır Metal, AAS, PM<sub>1</sub>, PM<sub>10</sub>, Adapazarı.

Havadan gelen tozlardaki tanecik boyutlarına göre partiküler maddelerin element tayinleri, birçok araştırmacı tarafından ilgilenen bir konudur. Avrupa Birliği Çevre Ajansı'nın en son verilerine göre, karayolu taşıtları çok ince partiküler madde emisyonlarının (PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub>) hala en önemli kaynağını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye'nin önemli sanayi kuruluşlarının bulunduğu bir bölge olan Sakarya ilinde havadan gelen partiküler maddelerin tanecik boyutuna göre analizinin deneysel olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Örneklerin toplanması Haziran 2009 – Kasım 2009 dönemleri arasında gerçekleştirilmiştir. 96 örnek, Isleworth MRE 113 A tipi toz örnekleyici ile Sakarya ilinin dört bölgesinden (Kampüs, Merkez, Ozanlar ve Yeşiltepe) toplanmıştır. 10 µm ve 1 µm' lik filtre kağıtları üzerinde toplanan numuneler, nitrik asit ve perklorik asit ile muamele edilip, 90 °C de 1 saat ısıtılarak parçalandıktan sonra mavi bant süzgeç kağıdı ile süzülmüştür. Son olarak örnekler Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrometresi cihazında analiz edilmiştir. Numunelerde Mn, Ni, Cu, Al, ve V elementlerine bakılmıştır. Ancak Al ve V elementleri kantitatif tayin limitinin altında olduğu için tespit edilememiştir.

Elde edilen verilere göre, Cu, Mn ve Ni elementleri, PM<sub>1</sub> için sırasıyla  $0,88 \pm 1,40 \mu\text{g m}^{-3}$ ,  $11,03 \pm 0,45 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $3,19 \pm 1,40 \mu\text{g m}^{-3}$  olmak üzere Kasım ayında Ozanlar bölgesinde en yüksek değerlerde tespit edilmiştir. PM<sub>10</sub> için Mn ve Ni elementleri sırasıyla,  $21,73 \pm 0,65 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $6,07 \pm 4,55 \mu\text{g m}^{-3}$  olmak üzere Kasım ayında en yüksek değerlerde Kampüs bölgesinde bulunmuştur. PM<sub>10</sub> için Bakır elementi ise Haziran ayında  $2,09 \pm 6,45 \mu\text{g m}^{-3}$  ile en yüksek değerde Kampüs bölgesinde tayin edilmiştir.

# DETERMINATION OF PARTICULATE MATTERS' ELEMENTAL CONTENT

## SUMMARY

Keywords: Particulate Matter, Heavy Metal, AAS, PM<sub>1</sub>, PM<sub>10</sub>, Adapazarı.

Many researchers are interested in elemental content of airborne dust particulate matters based on particle size. The latest data published by European Union Environmental Agency indicated that very fine road vehicle emissions of particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub>) still constitutes the most important resource.

In this study, One of the major industrial enterprises of Turkey is found in Sakarya province. Airborne particulate matters based on particle sizes were aimed to investigate experimentally. A total of 96 samples were collected between June 2009 and November 2009 period by using Isleworth MRE 113A dust sampler in the four regions of the province of Sakarya (Campus, Cark Caddesi, Ozanlar and Yesiltepe). Filter papers having 10 µm and 1 µm pore sizes were used for collection of samples. After collection, samples were treated with nitric acid and perchloric acid for 1 hour by heating at 90 °C. After acid decomposition, solutions were filtered through blue band filter paper. Then, sample solutions were analysed by Flame Atomic Absorption Spectrometer (FAAS) for Mn, Ni, Cu, Al, and V elemental content. However, quantitative determination of Al and V elements could not be determined because of their levels were below the detection limit.

According to the data obtained, the Cu, Mn and Ni showed  $0,88 \pm 1,40 \mu\text{g m}^{-3}$ ,  $11,03 \pm 0,45 \mu\text{g m}^{-3}$  and  $3,19 \pm 1,40 \mu\text{g m}^{-3}$  respectively for PM<sub>1</sub> in the month of November at the highest levels in Ozanlar region. In November,  $21,73 \pm 0,65 \mu\text{g m}^{-3}$  and  $6,07 \pm 4,55 \mu\text{g m}^{-3}$  were recorded for Mn and Ni respectively in PM<sub>10</sub> particles at the highest values in Campus region. Cu element was measured as  $2,09 \pm 6,45 \mu\text{g m}^{-3}$  in PM<sub>10</sub> particles in the month of June at the highest value in Campus region.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Hava, insan ve canlıların yaşaması için hayati bir öneme sahiptir. Yetişkin bir insan, günde 2,5 kg kadar su, 1,5 kg kadar besin tüketirken, 15 kg kadar yani ortalama 13.000- 16.000 litre hava solumaktadır. Soluduğumuz hava, insan kaynaklı ve doğal aktivite sonucu oluşan pek çok bileşeni içermektedir [1].

Doğal aktivite sonucu oluşan bileşenler; tozların meteorlardan, yeryüzündeki büyük çöl alanlarından ve kumluk alanlardan rüzgarlarla atmosfere taşınması ve yanardağlardaki volkanik faaliyetlerle çeşitli gazların havaya karışması sonucu meydana gelmektedir. Sanayileşmeden kaynaklanan emisyonlar, artan enerji tüketimi, otomobillerden çıkan egzoz gazları gibi kirleticiler ise insanların çeşitli faaliyetleri sonucu meydana gelen bileşenlerdir [2].

Havada bulunan kirleticiler, soluduğumuz havanın kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kalitesi ne kadar düşük olursa, yaşam kalitemizde bununla doğru orantılı olarak düşmektedir.

Hava kirliliğinin, başta insan sağlığı olmak üzere görüş mesafesi, materyaller, bitkiler ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri vardır. Havadaki partikül madde insan sağlığını olumsuz etkileyen en önemli maddelerden biridir. Epidemiyolojik çalışmalardan elde edilen sonuçlar, partikül maddenin insan vücuduna solunum yolu ile alınmasının pek çok sağlık sorunu ile ilişkili olduğunu göstermiştir [3].

Partikül madde, kükürt dioksit, karbon monoksit, ağır metaller, benzen ve azot oksit gibi kirletici maddeler havada belli konsantrasyona ve maruz kalma süresine ulaştığı zaman insan sağlığı ve çevre için olumsuz etki yapmaya başlar. Sağlık açısından boyutu 10  $\mu\text{m}$ 'den küçük olan partiküller önemlidir. Küçük partiküller akciğere kadar ulaşabilirler. Bunlar sağlık açısından büyük problem oluştururlar [1].

Tozluluk ister doğal ister yapay nedenlerden kaynaklansın görüş mesafesini kısaltan, güneş ışınlarının absorplandığı bandı değiştiren, insan, hayvan ve bitki sağlığına olumsuz etki yapan bir kirlilik türüdür. Tozları oluşturan maddenin kendisi kimyasal bakımdan aktif olabildiği ve çeşitli şekillerde insan sağlığını etkileyebildiği gibi üzerine adsorpladığı diğer kirletici gazların da, havada bulunan derişimlerinden çok daha yoğun olarak hassas canlı dokulara ulaşmasına neden olabilir ve yüksek tahribata yol açabilir [4].

Soluduğumuz hava üç temel formda aerosol içermektedir. Taşıt egzozları, sigara dumanı ve orman yangınları sonucu oluşan 0.1-1  $\mu\text{m}$  büyüklüğünde partiküller, aynı şekilde taşıt egzozlarından çıkan ortalama 7  $\mu\text{m}$  çapında ikinci bir grup partikül, madenlerden ve çeşitli kazılar sırasında oluşan 3-20  $\mu\text{m}$ 'lik partiküller.

Literatürdeki partikül maddeler ile ilgili çalışmalara bakıldığı zaman, örneğin 2008 yılında Canepari ve arkadaşlarının İtalya'nın Roma şehrinde yaptığı çalışmada, 1 kentsel bölge ve 2 trafik bölgesi olmak üzere 3 bölgede numune toplanmıştır. Partikül Maddelerin ( $\text{PM}_{2,5}$  ve  $\text{PM}_{10}$ ) tayini için 2 hafta boyunca çalışılmıştır. Ölçümler için ICP-MS kullanılmıştır. Sonuçların literatürdeki çalışmalarla uyumlu olup olmadığına bakılmıştır [5].

Munir ve arkadaşlarının 2006 yılında yaptıkları çalışmada, Islamabad bölgesinde, cam fiber filtre kullanarak havadan gelen partikül maddeler biriktirilmiştir. Partikül örnekleri seçilen 10 metal için Alevli AAS tekniği ile analiz edilmiştir. Sonuçların İstatistiksel analizleri yorumlanmıştır [6].

Ariola ve arkadaşlarının 2006 yılında İtalya'nın Kuzeybatısındaki Cenova kıyı kentinde yaptıkları bir çalışmada,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  ve  $PM_1$  boyutundaki partikül madde konsantrasyonunu ve kompozisyonunu ölçmüşlerdir. Sürekli monitörleme (TEOM) ve ardışık örnekleme (PARTISOL) enstrümanları aynı alanda sürekli olarak Temmuz 2001'den Eylül 2004'e kadar çalıştırılmıştır.  $PM_{10}$  ve  $PM_{2,5}$  farklı sezonlarda toplanmasına karşın,  $PM_1$  örnekleme sadece yazın yapılmıştır. Örnekleme zamanı her zaman gece yarısından başlayarak 24 saat sürdürülmüştür. Cenova'da partikül madde konsantrasyonları genel olarak yaz aylarında yüksek ölçülmüştür. En yüksek değerler ise 2004 yılı kış aylarında ölçülmüştür. Durgun olan atmosferik durumlarda tüm kirletici madde miktarında artış gözlenmiştir.  $PM_{10}$  ölçülen konsantrasyonun % 50'sini oluşturmuştur. Filtrelerde ortalama olarak % 20, % 10 ve % 7 oranlarında  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  ve  $PM_1$  konsantrasyonları hesaplanmıştır [7].

Klejnowski ve arkadaşlarının 2006 yılında yaptıkları bir çalışmada, havadan gelen tozların granülometrik bileşiminin tayinleri gerçekleştirilmiştir. Partikül Maddelerin ( $PM_1$ ,  $PM_{2,5}$  ve  $PM_{10}$ ) yaz kış 12 aylık ölçüm sonuçları hesaplanmıştır. Sonuçlar tablo halinde listelenmiştir ve literatür sonuçlarıyla kıyaslanmıştır [8].

Vallius ve arkadaşlarının 1996–1997 yılları arasında Finlandiya'nın Helsinki şehrinde yaptıkları çalışmada, partikül maddenin kütle konsantrasyonları, meteorolojik parametrelerle birlikte, örnekleme bölgesinde 6 ay boyunca  $PM_1$ ,  $PM_{2,5}$  ve  $PM_{10}$  'un ortalama değerleri için ölçülmüştür. PM filtreleri, kentsel bölgedeki partikül maddenin çeşitli fraksiyonları için absorpsiyon katsayısını tayin etmek üzere reflektrometrik analize tabi tutulmuştur. Veriler hava kirliliği numunelerine etkiye sahip mevsimsel olayları daha yakından tanımak için yaz ve kış olmak üzere iki döneme paylaştırılmıştır. Sonuçlara bakıldığı zaman, havadaki iri partikül konsantrasyonlarının ( $PM_{10}$ ), mevsimsel faktörlerin etkisine ince partikül konsantrasyonlarından daha çok maruz kaldığı belirtilmiştir [9].

Jiménez-Vélez ve arkadaşlarının 2004 yılında yaptıkları çalışmada, Atlantik Okyanusu kıyılarından Sahara toz fırtınası esnasında 2,5 mikronluk tanecik boyutuna sahip partiküler maddeler toplanmıştır. Al ve Fe metalleri ile eser element içeriği için



karakterize edilmiştir. Bu metaller, Sahra olayları süresince yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir. Diğer elementler (Pb, Ni, Cd), Al ve Fe ile korelasyon oluşturmayarak, orjininin insan kaynaklı olduğunu göstermiştir [10].

Bu çalışmada, havadan gelen partiküler maddelerin tanecik boyutuna göre analizinin deneysel olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Havadan gelen partikül maddelerdeki elementlerin analizi için Sakarya ilinin dört bölgesinden 10µm ve 1µm 'lik gözenek çaplarına sahip filtreler ile toplanan toz numuneleri analiz edilmiştir. Trafik ve endüstri gibi etkenlerin PM derişimlerine etkilerini belirlemeye yönelik bir çalışma yapılmıştır.

Literatürde daha çok tanecik boyutu olarak 10 µm ve 2,5 µm ile ilgili çalışmalara rastlanmaktadır. 1 µm 'lik tanecik boyutuyla ilgili çalışmalar sınırlıdır. Böyle bir çalışma Türkiye' de ilk defa yapılmıştır.

## **BÖLÜM 2. HAVA KİRLİLİĞİ**

Hava kirlenmesi," Havanın doğal yapısında bulunan esas maddelerin yüzde miktarlarının değişmesi veya yapısına yabancı maddelerin girmesi sonucu insan sağlığını ve huzurunu bozan hayvan, bitki ve eşyaya zarar verecek derecede kirlenmiş olan havadır " şeklinde tanımlanabilir [4].

Hava kirleticiler, doğal kaynaklar ve insan faaliyetleri sonucunda meydana gelen (antropojenik) kaynaklar olmak üzere iki sınıfta ele alınmaktadır.

Hava kirleticilerinin doğal kaynakları; volkanik patlamalar, orman yangınları, toz fırtınaları, okyanuslar ve denizler ve bitkiler olarak gösterilebilir. Başlıca antropojenik kaynaklar ise ulaştırma (uçaklar, motorlu taşıtlar, demiryolları ve gemiler), endüstri (termik santraller, endüstriyel prosesler ve katı atık yakma tesisleri) ve ısınma (katı, sıvı, gaz yakıt sobaları ve kalorifer kazanları) olarak sıralanabilir. [11].

Hava kirleticiler gazların etkileri; küresel boyutta, bölgesel ölçekte ve lokal ölçekte olmak üzere genel olarak üç kategoride incelenmektedir. Örneğin, yeryüzünün tümünü etkileyen sera etkisi ve ozon tabakasının incilmesi gibi olaylar küresel boyuttaki etkilerdir. Dünyadaki belirli bölgelere tesir eden örneğin asit yağmurları ise hava kirliliğinin bölgesel ölçekteki etkilerindedir. Hava kirliliğinin lokal ölçekteki etkileri ise yerleşim ve sanayi bölgelerinde görülen hava kirliliği şeklindedir [4].

## **2.1. Hava Kirliliğini Oluşturan Kirleticiler**

Hava kirliliğini meydana getiren kirleticiler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir [11].

### **2.1.1. Kaynaktan çıkışlarına göre kirleticiler**

#### **Primer Kirleticiler:**

Bunlar kaynaktan doğrudan doğruya çıkan bileşiklerdir. Kükürt dioksit ( $\text{SO}_2$ ), Hidrojen Sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ ), Azot Monoksit ( $\text{NO}$ ), Azot Dioksit ( $\text{NO}_2$ ), Karbon Monoksit ( $\text{CO}$ ), Karbon Dioksit ( $\text{CO}_2$ ), Hidrojen Flüorür ( $\text{HF}$ ), Partiküller, vb [11].

#### **Sekonder Kirleticiler:**

Atmosferde sonradan oluşan kirletici bileşiklerdir. Kükürt Trioksit ( $\text{SO}_3$ ), Sülfürik Asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), Aldehitler, Ketonlar, Asitler, Endüstriyel Duman, vb [11].

### **2.1.2. Kaynaklarına göre kirleticiler**

#### **Doğal Kaynaklardan Oluşan Kirleticiler:**

Deniz yosunlarının ortama verdiği gazlar, yanardağ veya orman yangınlarından atmosfere yayılan zararlı bileşikler, doğadaki biyolojik değişimler sırasında açığa çıkan karbon oksitler, metan, vb [11].

**Yapay Kaynaklardan Oluşan Kirleticiler:**

Fosil kaynaklı yakıtların (odun, kömür, benzin, fuel-oil gibi) yanması sonucunda ortaya çıkan; Partiküller, Kükürt Dioksit, Azot Oksitleri, Karbon Oksitleri, Kurşun, Hidrokarbonlar, vb [11].

**2.1.3. Kimyasal yapılarına göre kirleticiler****İnorganik Gazlar:**

Azot Oksitler, Karbon Oksitler, Kükürt Oksitler, diğer anorganikler (Flüorür, Klorür, Amonyak, vb.) [11].

**Organik Gazlar:**

Hidrokarbonlar, Aldehitler, Ketonlar ve diğer organikler (Benzen, Benzo- $\alpha$ -pyrene) [11].

**Partiküller:**

Katı partiküller (toz, duman, kül, karbon, kurşun, asbest), sıvı partiküller (sis, duman, yağ ve asitler) [11].

## 2.2. Hava Kirliliğine Neden Olan Meteorolojik faktörler

### **Basınç şartları ve rüzgâr:**

Yüksek basınç şartlarının olduğu bir alanda hava, devamlı çökme eğilimi gösterir. Bu nedenle kirli havanın yükselme ve dağılma şansı bulunmaz. Alçak basınç (Siklon)'larda ise, hava hareketi yükselici özellik gösterir. Türbülans harekete sahiptir. Kirli havayı atmosferin üst katlarına taşıyarak, yükseklerdeki rüzgârlarla dağılmasına neden olur. Rüzgârın varlığı, kirli havanın taşınması ve bir yerlere sürüklenmesi; rüzgârın sakin veya hafif olması ise kirli havanın olduğu yerde kalması demektir. Bu nedenle, rüzgâra kapalı alanlar, kirliliğin en yoğun olduğu alanlar olarak karşımıza çıkarlar [12].

### **Nem:**

Havadaki nemin kirlilik açısından olumsuz yanları vardır. Atmosferin alt katlarında su buharlarının daha fazla olması, yere yakın güneş enerjisinin tutulmasına ve dolayısıyla daha fazla ısınmaya neden olmaktadır. Havadaki kükürt dioksit derişimi yoğun olduğunda bağıl nem de çok yüksek ise havadaki su buharı ile  $SO_2$  reaksiyona girerek  $H_2SO_4$  oluşturabilir [12].

### **Sıcaklık ve İncersiyon:**

Atmosferin normal seyri olarak, dikey yönde yerküreden yukarıya doğru gidildikçe sıcaklık sürekli olarak azalmaktadır. Bazı zamanlarda bunun aksine durum görülebilir. İşte bu gibi durumlarda sıcaklık bir yerde artıp tekrar azalma gösteriyorsa bu olaya "Sıcaklık Terslemesi" (Inversion) denilmektedir. Hava kirliliği yönünden en

tehlikeli olanı, sıcaklık terslemesinin olduğu günlerdir. İnsanlar ve diğer canlılar, bu kararlı durumun bozulmasına kadar çökmüş olan kirli havaya mahkûm olurlar [12].

Atmosferin normal seyri olan yükseklikle sıcaklığın azalması olayına "Lapse-rate" denir. Kuvvetli adyabatik lapse-rate olayında havada dikine olarak kuvvetli hareketler vardır. Bu kuvvetli konvektif hareket sayesinde havadaki kirleticiler de dağılma şansı bulur ki, temiz hava için en uygun ortam da bu gibi olayların olduğu zamana rastlamaktadır [12].

Adyabatik lapse-rate olayı kuru ve yaş olmak üzere iki şekilde görülür. Kuru adyabatik lapse-rate olduğu durumlarda hava nemce fakirdir ve her 100 m yükseldikçe sıcaklık 0,98 °C düşmektedir. Yaş adyabatik lapse-rate durumunda ise, hava nemce doygun olup her 100 m yükseldikçe sıcaklık 0,65 °C düşer. Dolayısıyla, havanın kararlı mı yoksa kararsız mı olduğu havada bulunan nem oranına da bağlıdır [12].

### **2.3. Hava Kirliliğinin Etkileri**

Özellikle yapay kaynaklardan dış ortama verilen kirleticilerin yıllık miktarları, bir kaç yüz tondan milyonlarca tona kadar ulaşmaktadır. Bunlar oluştukları alan ve miktarlarına bağlı olarak, değişen ölçülerde etki meydana getirirler. Havaya karışan kirleticilerin insanlarca solunması (doğrudan doğruya maruziyet), havadan toprak, bitki, hayvan ve diğer çevresel ortamlara geçerek biriken kirleticilerin içme suyu ve besin zincirine karışmaları (dolaylı maruziyet) ile vücuda giren kimyasalların birikimi ve emilimi sonucunda meydana gelen olumsuz sağlık etkileri hava kirliliğinin en önemli etkisidir.

Hava kirliliği, çevrenin bir parçası olan eşyalar üzerinde de olumsuz etki gösterir. Örnek olarak; havada rutubetin artması ile ortamda bulunan kükürt veya azot

oksitlerin kimyasal reaksiyonu sonucunda oluşan asitlerin, binalara ve sanat eserlerine yaptıkları tahribat gösterilebilir. Aşırı miktarlarda atmosfere verilen karbon dioksitin küresel ısınmayı arttırması, mevsim değişikliklerine neden olması (sera etkisi) sonucunda eko sistem üzerinde meydana gelen olumsuz değişiklikler de bir başka örnek olarak verilebilir [11,12].

### **2.3.1. Hava kirliliğinin sağlık üzerine etkileri**

Hava kirliliğinin sağlık üzerine etkileriyle ilgili yapılan çalışmalar önce ABD ve Avrupa ülkelerinde yapılmış, daha sonra pek çok ülkede de benzer çalışmalar ile sağlığın olumsuz etkilendiği gözlenmiştir. Bu çalışmalarda ölümler, hastaneye başvurular gibi sağlık göstergeleri ile havadaki kirlleticilerin konsantrasyonunun ilişkisi aranmış ve her ikisinin birlikte artış veya azalış gösterdiği belirlenmiştir.

Hava kirleticilerindeki günlük artışlar çeşitli akut sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Örneğin kirleticili konsantrasyonunda artma astım ataklarında artışa yol açmaktadır. Kirleticilere uzun süreli maruz kalım ile sağlıkta kronik etkiler ortaya çıkmaktadır. ABD ve Hollanda'da yapılan çalışmalarda hava kirliliği olan bölgelerde yaşayanların ömrünün, kirliliğin olmadığı bölgelerde yaşayanlara göre 1-2 yıl daha kısa olduğu belirlenmiştir. Yalnızca gelişmekte olan ülkelerde havada bulunan partiküler madde ve kükürt dioksit nedeniyle yılda 500,000 kişinin olduğu tahmin edilmektedir [12].

Hava kirliliğinin sağlık etkisi öksürük ve bronşitten, kalp hastalığı ve akciğer kanserine kadar değişmektedir. Kirliliğin olumsuz etkileri sağlıklı kişilerde bile gözlenmekle birlikte, bazı duyarlı gruplar daha kolay etkilenmekte ve daha ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır (Tablo 2.1.). Bu gruplardan biri yaşlılardır. Fizyolojik kapasitesi ve fizyolojik savunma mekanizması fonksiyonlarındaki azalma, kronik hastalıklardaki artma nedeniyle yaşlılar normal popülasyondan daha duyarlıdır, bu nedenle daha kolay etkilenmektedir. Küçük çocuklar savunma mekanizması

gelişiminin tamamlanmaması, vücut kitle birimi başına daha yüksek ventilasyon hızları ve dış ortamla daha sık temas nedeniyle daha fazla riske sahip diğer bir gruptur. Yaş yapısı yanı sıra hava yolunda daralmaya yol açan hastalıklar da kirleticilere duyarlılığı artırmaktadır. Yapılan çalışmalar kirlilik arttıkça asma ve kronik obstruktif akciğer hastalıkları (KOAH) gibi hastalıkların alevlenmelerinde artış olduğunu göstermiştir. Kalabalık yaşam, beslenme yetersizliği gibi düşük yaşam standartları da duyarlılığı etkileyen faktörlerdendir. Bu koşullarda yaşayanlar enfeksiyon hastalıkları sorunları ile karşı karşıyadır ve yetersiz sağlık hizmeti almaktadırlar. Bu nedenle hava kirliliğinin sonuçlarından daha fazla etkilenilmektedir [12].

Tablo 2.1. Hava Kirliliği ve Risk Grupları

Bebekler ve gelişme çağındaki çocuklar
Gebe ve emzikli kadınlar
Yaşlılar
Kronik solunum ve dolaşım sistemi hastalığı olanlar
Endüstriyel işletmelerde çalışanlar
Sigara kullananlar
Düşük sosyoekonomik grup içinde yer alanlar

Genel olarak havadaki kirleticilerin sağlığa etkileri şöyle toparlanabilir;

- Solunum fonksiyonlarında bozulma
- Solunum sistemi hastalıklarında artış
- Kronik solunum sistemi hastalığı olan kişilerin hastalıklarının alevlenmesinde artış



— Kronik kalp hastalığı olan kişilerin hastalıklarının alevlenmesinde artış [12].

#### **2.4. Hava Kirlenmesini Engellenmede Alınabilecek Önlemler**

Hava kirlenmesinin engellenmesi amacı ile alınacak önlemleri kısa, orta ve uzun vadeli olarak belirtebiliriz.

##### **Kısa Vadede Alınabilecek Önlemler:**

###### **A- Yakıt Seçimi**

Isınma amacı ile ısı değeri yüksek, kükürt içeriği düşük yakıtların kullanılması,

###### **B- Taşıt Araçlarının Kontrolü**

- Taşıtlarda kurşun içeriği düşük benzinin kullanılması
- Yanma veriminin artırılması amacı ile motor bakımlarının sağlanması.
- Egzozdaki kirleticilerin minimum düzeye indirilmesinin sağlanması amacıyla katalitik konvektörlerin kullanılması
- Tam yanmayı sağlamak için uygun katalizörlerin kullanılması

C- Yakıt tasarrufunun sağlanması amacıyla ısı izolasyon tekniklerinin azami ölçüde kullanılması

D- Yakma teknolojisi ve enerji tasarrufu konusunda halkın bilinçlenmesini sağlamak üzere eğitim hizmetlerine ağırlık verilmesi

E- Öncelikle hava kirliliğine olumsuz katkılarının kontrol altına alınması zor olan sobalı evler olmak üzere bütün konutlarda iyi kaliteli yakıt dağıtımının düzenlenmesi

F- Kirliliğin aşırı derecede yükseldiği alarm dönemlerinde kullanılmak üzere kaliteli yakıt rezervinin hazır bulundurulması

H- Fuel-Oil yakılan kaloriferli binalarda ısı ölçer cihaz kullanılarak gereksiz ısınmanın önlenmesi

I-Kirlilik konsantrasyonundaki yüksek artışlar önlemek için, kaloriferlerin yakma saatlerinin semtlere göre ayarlanması

K- Yanma veriminin artırılması için soba boruları ve kalorifer kazanlarının alev borularının temizlenmesi

L- Bacalarından fazla kirletici duman çıkaran binaların kontrollerinin belediyelerce yapılarak yaptırım uygulanması [11].

### **Orta Vadede Alınabilecek Önlemler:**

A. Halihazırda mevcut yakıtların kirleticilik vasfını minimum düzeye indirmek amacıyla uygun teknolojilerin kullanılması

B- Yakma sistemlerinin ıslahı, bu amaçla gerekli standartlar ile yasal mevzuatların uygulanması, teknik kontrol ve belgeleme hizmetlerinin gerçekleştirilmesi

C- Binalarda; azami ısı yalıtımını sağlayacak ekonomik yalıtım önlemlerinin saptanması ve uygulanması,

D- Kent imar planının ve bina kat müsaadesinin kentin hakim rüzgarlarını önlemeyecek şekilde yapılması,

E- Yakıt tüketimi fazla olan büyük bina ve kuruluşlardan başlayarak baca filtresi uygulamasına geçilmesi [11].

### **Uzun Vadede Alınabilecek Önlemler:**

A- Ekonomik ve teknik yönden detaylı incelemeler yapılarak, en azından kirlenmenin çok yoğun olduğu semtlerde elektrikle ısıtma uygulamasının başlatılması,

B- Doğal gaz ile ısıtmanın yaygınlaştırılması,

C- Merkezi sistem ile ısıtmanın yaygınlaştırılması,

D- Bir yandan gaz ve tozun tutulması, diğer yandan hava akımı oluşturarak kirletici maddelerin dağılmasını sağlayacak yeşil kuşak ve alanların tesisi,

E- Yeraltındaki ısının; yüksek verimli ısı transfer pompalarıyla alınıp kullanılmasının uygulanabilirliğinin araştırılması,

F- Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin en temiz enerji kaynaklarından biri olduğu düşünülerek, uygun bölgelerde bu kaynaktan yararlanılmasının sağlanması [11].

## BÖLÜM 3. PARTİKÜL MADDE

Ortalama gaz molekül büyüklüğü 0,0002-100  $\mu\text{m}$  çap arasında olan, havada bir süre askıda kalabilen katı veya sıvı fazda birbirlerinden ayrı bulunan taneciklere partikül madde (PM) denilmektedir [14].

Partikül maddelerin çok ince olup da havada koloidal süspansiyon oluşturanlarına aerosol (50  $\mu\text{m}$ 'den daha küçük çaplı partiküller) denir. Doğal sis ve yapay sis (smog) olaylarında asıl etken bu aerosollerdir. Tablo 3.1.' de partikül maddeler çaplarına ve yapılarına bağlı olarak açıklanmıştır [4].

Tablo 3.1. Partikül Maddelerin Sınıflandırılması

Kirletici adı	Çap ( $\mu\text{m}$ )	Açıklama
Uçucu kül	1-200	Katı yakıtların yakılmasından oluşan ve içeriğinde yakıtında yer aldığı yanma gazlarındaki küllerdir.
Toz	1-10	Gaz ortamında geçici olarak asılı halde bulunan katı taneciklerdir.
Duman	<1	Tam olmayan yanma sonucu oluşan, çoğunlukla karbon ve diğer yanıcı maddeleri içeren parçacıklardır.
İslilik	<0,5	Karbonlu bileşiklerin tam yanmaması sonucu katranla yapılarak aglomera olan ve havada dağılan karbon tanecikleridir.
Sprey	10-200	Bir sıvı ortamının atomize olmasıyla meydana gelen sıvı taneciklerdir.
Sis	0,1-10	Buharların yoğunlaşmasıyla oluşan ince sıvı damlacıklardır.

Partiküller de doğal atmosfer ortamında bulunmayan gazlar gibi atmosfer kirletici maddeler olduğundan zaman zaman çok ciddi problemler oluşturabilirler.

Hava ortamında askıda duran partikül halindeki maddeler, iriliklerine ve yoğunluklarına bağlı olarak ancak belirli bir süre için bu hali sürdürebilirler. Bu sürenin sonunda yere çökerek atmosferden uzaklaşırlar [15].

Partiküller, gaz moleküllerinden binlerce defa daha büyük olduklarından, er veya geç tekrar yeryüzüne dönerler. Partiküllerin yeryüzüne dönmeleri iki şekilde olur [16].

- Kuru dönme
- Yaş dönme

Kuru dönme, partiküllerin yerçekimi etkisi altında yeryüzüne dönmeleridir. Bu olaya difüzyon ve çarpışma yardımcı olur. Çarpışma özellikle rüzgârla meydana gelen partiküllerin birbirine ve sert bir yüzeye çarpmaları sonucu gerçekleşir. Difüzyonda da benzer olaylar meydana gelir. Yapılan çalışmalar atmosferdeki partiküllerin ancak %20 sinin bu yolla yeryüzüne döndüğünü göstermektedir. Kalan %80'i ise yaş olarak döner. Yaş olarak yeryüzüne dönme başlıca iki şekilde olur [16].

- Çekirdekleşme
- Sürüklenme

Partiküllerin çekirdekleşmeyle yeryüzüne dönmeleri olayında bulutlar arasında bulunan partiküller birer toplanma merkezi gibi davranırlar ve etraflarında su molekülleri veya mikro damlacıklar toplanır (yoğunlaşır). Bu şekilde toplanma ve yoğunlaşma belirli bir miktara gelince partikül etrafındaki suyla birlikte yeryüzüne düşer. Düşme esnasında yoluna rastlayan öteki partikülleri de birlikte sürükler ve onları da yeryüzüne indirir. Yaş yolla partiküllerin yeryüzüne inmesinde

çekirdekleşme olayı çok daha etkilidir. Çünkü büyüklüğü 1  $\mu\text{m}$  den küçük olan parçacıklar ancak bu yolla yeryüzüne dönerler [16].

### 3.1. Partikül Boyutu

Partiküllerin boyutu, sağlık etkilerinin, kirleticilerin kaynaklarının belirlenmesi ve atmosferdeki kalış sürelerinin anlaşılması yönünden önem taşımaktadır.

Partikülün boyutu, partikülün çapı demektir. Partiküllerin taşınması ile partikül boyutu doğrudan ilgilidir. Sağlığa konu olan partiküller, aerodinamik çapı 10  $\mu\text{m}$  'nin altındaki partiküllerdir. Bu boyut aralığındaki partiküller, solunum sistemi içine girerek birikim yapabilir. Hava kirlenmesinde önemli yer tutan partikül madde boyutları 0,01–100  $\mu\text{m}$  arasında değişmektedir [17].

Kütle ve bileşimi yönünden; aerodinamik çapı 2,5  $\mu\text{m}$ ' den büyük olanlar kaba partiküller, aerodinamik çapı 2,5  $\mu\text{m}$ ' den küçük olanlar ise ince partiküller diye adlandırılan iki gruba ayrılır. Aerodinamik çap, partikül çökme hızı ile aynı hıza sahip olan birim yoğunluktaki bir kürenin çapıdır [18].

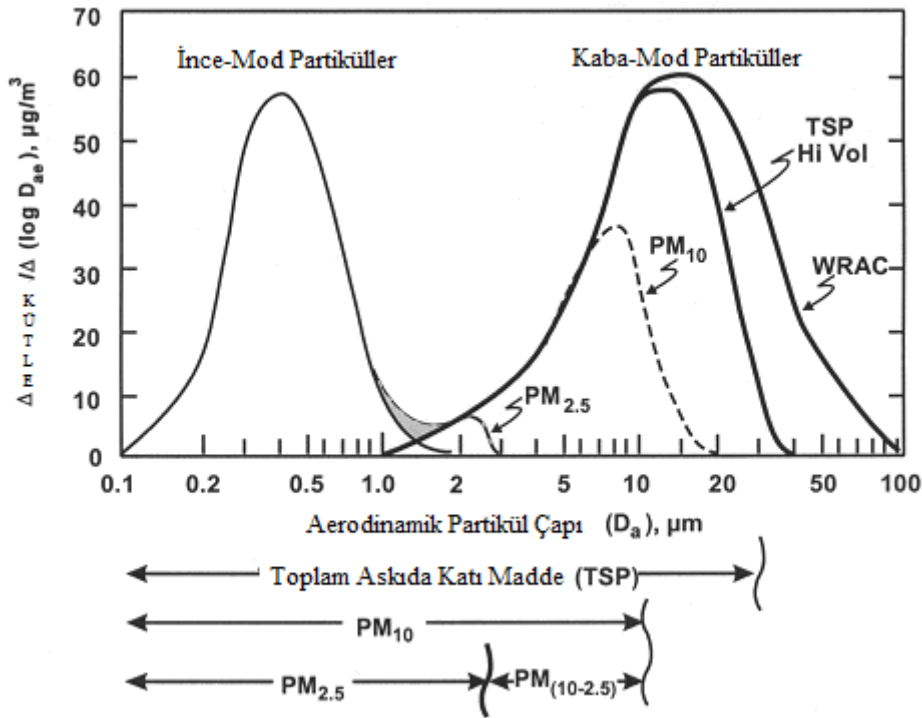
Birleşik Devletler Koruma Ajansı (US-EPA)'nın Partiküllerin çapına göre sınıflandırması Tablo 3.2'de verilmiştir [19].

Tablo 3.2. Partiküllerin US-EPA'ya göre sınıflandırılması

US-EPA' ya göre	Partikül Boyutu
Çok Kaba	$D_{pa} > 10\mu\text{m}$
Kaba	$2,5\mu\text{m} < D_{pa} < 10\mu\text{m}$
İnce	$0,1\mu\text{m} < D_{pa} < 2,5\mu\text{m}$
Ultra İnce	$D_{pa} < 0,1\mu\text{m}$

$D_{pa}$ : Partikülün aerodinamik çapı

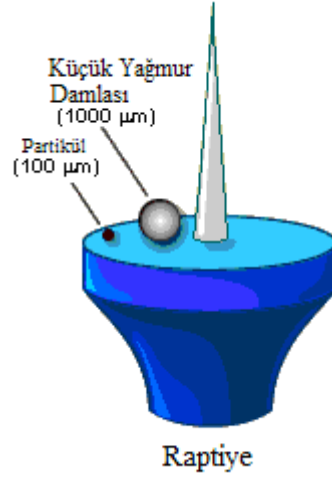
Kaba partiküller, öğütme, rüzgar, erozyon gibi mekanik işlemler sonucu üretilirler. Kaba partiküller 1 ve 3  $\mu\text{m}$ ' den daha büyük çaplı partiküllerdir. PM kütlesinin en büyük kısmını oluşturmaktadır ve çok hızlı bir şekilde atmosferden uzaklaşabildiği için atmosferde en fazla birkaç saat kalabilmektedir. Bu partiküller genellikle metal oksitleri (Si, Al, Mg, Ti, Fe), kalsiyum karbonatı ( $\text{CaCO}_3$ ) ve tuzları (NaCl) içermektedir [14,15].



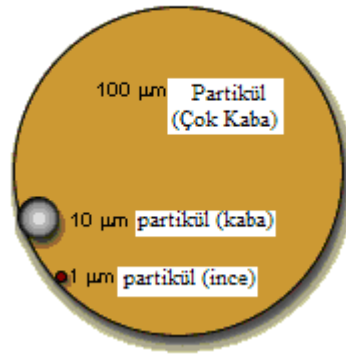
Şekil 3.1. Boyut seçici örnekleyici ile toplanan ince partikül ve fraksiyonlarının boyut dağılımı [20]

İnce partiküller, genellikle 1 ve 3  $\mu\text{m}$ 'den daha küçük çaplı partiküller olup diğer alt grup modlar olan birikme modu, çekirdekleşme ve ultra ince partikülleri de içermektedir. İnce (fine) partiküller, ultra ince partiküllerin koagülasyonu ile veya gaz fazdan partiküle dönüşüm prosesleri ile oluşabilmektedir. Endüstrileşmiş bölgelerde ince partiküller, iz metal, organik karbon, elemental karbon,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ve  $\text{SO}_4^{2-}$ 'den meydana gelme eğilimindedirler. İnce partiküllerin kuru çökellemeyle atmosferden uzaklaştırılması son derece yavaş olduğundan atmosferik ortamda uzun süre kalabilmektedir [14].

Şekil 3.2 ve 3.3' de partikül büyüklük karşılaştırmalarına örnek gösterimler verilmiştir [20].



Şekil 3.2. Büyüklük Benzerlikleri: Yağmur Damlası vb. 100µm partikül



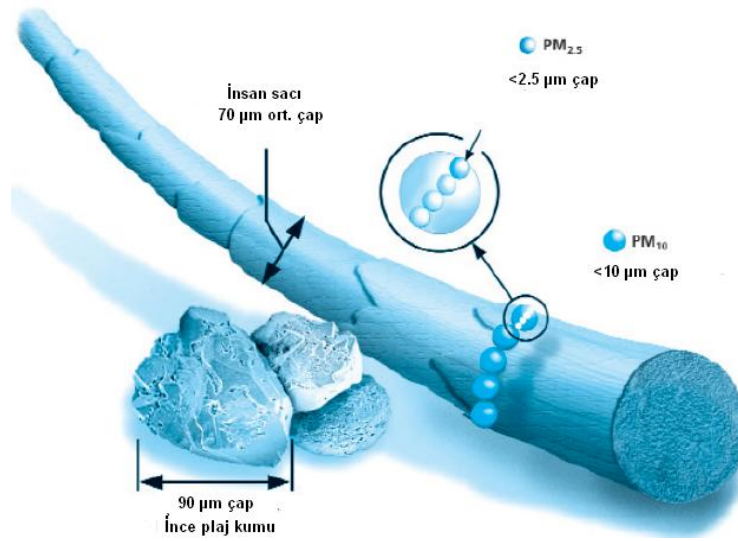
Şekil 3.3. Partikül Boyutu Karşılaştırması

Partikül maddeler genel olarak beş büyüklük altında değerlendirilmektedir. Aerodinamik çapı 25 ile 40 µm arasında değişen partikül maddelere toplam askıda katı madde (*TSP*), aerodinamik çapı 10 µm'nin altında olan partikül maddelere *PM<sub>10</sub>*, aerodinamik çapı 10 µm ile 2,5 µm arasında olan partikül maddelere *PM<sub>10-2,5</sub>*,



aerodinamik çapı  $2,5 \mu\text{m}$ 'nin altında olan partikül maddelere  $PM_{2,5}$ , aerodinamik çapı  $1 \mu\text{m}$ 'nin altında olan partikül maddelere ise  $PM_1$  adı verilmektedir.

$PM_{10}$ , insan saçı çapından 5 kat,  $PM_{2,5}$ , 20 kat,  $PM_1$  ise 50 kat daha küçüktür (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. PM Boyutunun İnsan saçı ve Plaj Kumunu Karşılaştırılması [1].

### 3.2. Partikül Maddenin Kimyasal Bileşimi

Partikül maddeler, toplandığı örnekleme alanına göre farklı orana sahip olmasına karşılık, bir takım genel bileşenler içermektedir. Bu bileşenlerin bir kısmı direkt partikülün oluşumunda var olmasına rağmen, bir kısmı absorpsiyon, çözünme, yoğunlaşma gibi işlemlerle partikülün bileşeni haline gelebilir [21]. Bu bileşenler:

- Sülfat
- Nitrat
- Elementel Karbon
- Organik Karbon

- Eser Elementlerdir.

### 3.2.1. Sülfat

İkincil sülfatlar çoğunlukla  $(\text{NH}_4\text{HSO}_4)$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ve  $\text{H}_2\text{SO}_4$  'ün yanmasının sonucu olarak bulunur. Sülfirik asit gazı düşük buhar basıncına sahiptir ve var olan partiküllerde yoğunlaşır. Yüksek bağıl nemde çok ince partiküller sülfirik asit zerresini oluşturur veya amonyak gazı varlığında amonyum bisülfat veya amonyum sülfat olarak nötralize olur. Her ne kadar farklı gaz-faz dönüşümleri varsa da hidroksil radikali ile olan dönüşüm dominanttır. Dönüşüm hızı daha çok hidroksil radikallerin varlığı veya yokluğuyla kontrol edilir. Hidroksil radikalının konsantrasyonu fotokimya ile ilişkilidir. Gaz-faz kükürt dioksit dönüşüm hızı gündüz saatlerinde en yüksekken geceleyin saatte % 0.1'in altına düşer [21,22] .

Sis ve bulutlar bulunduğu  $\text{SO}_2$  gaz-faz reaksiyonlarından çok daha hızlı olan sulu reaksiyonların gerçekleştiği zerrelerde çözünebilir. Eğer ozon ve hidrojen peroksit zerrede çözülmüşse sülfür dioksit hızla sülfirik aside okside olur. Eğer zerrede amonyum da çözülmüşse sülfirik asit amonyum sülfata nötralize olur. Bağıl nem % 100 'ün altına düştüğü sırada (örneğin sis veya bulut buharlaşması) sülfat partikülleri bir kısım sıvı su içeren küçük zerre gibi bulunur. Bağıl nem % 70 'in altına düştüğü sırada zerre buharlaşır ve askıda sülfat partikülü kalır. Bu reaksiyonlar sis zerrelerinde çok hızlıdır ve öncü gazların çözünlülüğü ile kontrol edilir. Sülfür dioksidin sülfata sıvı-fazdaki dönüşümü gaz-faza göre 10–100 kat daha hızlıdır [21,23] .

### 3.2.2. Nitrat

$\text{PM}_{10}$ 'daki ikincil nitratlar çoğunlukla amonyum nitrat olarak  $(\text{NH}_4\text{NO}_3)$  bulunur. Her ne kadar bir kısım nitrat kaba partikül kısmında bulunsa da genellikle sodyumla

birleşmiş durumdadır. Bu sodyum nitratın ( $\text{NaNO}_3$ ), nitrik asit ve deniz tuzunda bulunan sodyum klorit ( $\text{NaCl}$ ) ile reaksiyonu sonucu oluştuğu kabul edilir. Direkt salınan azot oksit ( $\text{NO}$ ) ozonla girdiği reaksiyonla azot dioksit'e ( $\text{NO}_2$ ) dönüşür.

Atmosferik gaz-faz azot dioksit döngüsü şu şekildedir:

- Ultraviyole reaksiyon varlığında tekrar azot oksite dönüşebilir.
- Diğer kimyasal reaksiyonlarda yer alan kısa ömürlü radikal türlerine dönüşebilir.
- PAN gibi organik nitratları oluşturabilir.
- Nitrik aside okside olabilir.

Nitrik asit oluşumunda majör yol yine hidroksil radikallerle olan reaksiyondur. Nitrik asit atmosferden hızlıca depolanır ancak amonyum varlığında partiküler amonyum nitrata nötralize olur [21].

### 3.2.3. Elementel karbon

Elementel veya inorganik karbon biyokütle veya yakıtın eksik yanma ürünü olan birincil bir partiküldür. “Siyah Karbon” olarak da isimlendirilen elementel karbon yanma kaynakları için çoğu kez iyi bir iz bırakmaktadır. Bu partiküller çoğunlukla  $1\mu\text{m}$ ’den küçüktür ve iki modlu dağılım gösterir (1. pik  $0.05-0.12\mu\text{m}$ , 2. pik  $0.5-1.0\mu\text{m}$ ). Bu partiküller küçük boyutlarına ve inertliklerine bağlı olarak atmosferde uzun süre kalma eğilimindedirler. [21].

### 3.2.4. Organik karbon

Partikül organik karbon binlerce farklı bileşen içerir. Bu organik bileşenlerin çoğu 20’den fazla karbon atomu içerir. Partikül organik karbonun çoğunun ince partikül fraksiyonunda olduğuna inanılır. İnorganik ikincil partiküllerin oluşum mekanizması

bilinirken, ikincil organik aerosollerin oluşum mekanizması çok iyi bilinmemektedir. Bu reaksiyonlara yüzlerce öncü karışmakta ve bu partiküllerin oluşum hızları büyük oranda diğer kirleticilerin konsantrasyonlarına ve meteorolojik değişimlere bağlı olarak değişmektedir. Gaz-fazdaki organik bileşenler OH radikalleri, NO<sub>3</sub> radikalleri ve O<sub>3</sub> gibi reaktif gazlarla reaksiyon süresince atmosferik dönüşüme uğrarlar. İkincil sülfat ve nitratların kaynaklarını saptamak kolaydır çünkü bu türleri oluşturan birkaç birincil tür vardır. İkincil organik partiküllerin kaynağını belirlemek oldukça zordur çünkü genellikle kimyasal oluşumu değil sadece organik karbon ölçülür ve birçok birincil organik madde oluşturan kaynak mevcuttur. Çok sayıda bileşen ve bu bileşenlerin yarı-uçucu yapısı nedeniyle organik karbonu tam olarak analiz etmek zordur [21].

### **3.2.5. Eser elementler**

Eser elementler, hem ince hem de kaba partiküllerde bulunurlar. Kaba partiküllerdeki eser elementler; alüminyum oksitler, kalsiyum, demir, magnezyum, potasyum ve silisyum gibi yer kabuğu elementleridir. İnce partiküllerdeki eser elementler ise yanma kaynaklarından veya yüksek sıcaklık gerektiren işlemlerden kaynaklanır. Arsenik, kadmiyum, krom, kurşun ve nikel gibi elementler buhar şeklinde ama çabucak hava ile egzoz gaz karışımının yoğunlaşmasıyla yayılmaktadır. [21,23] .

### **3.3. Partikül Madde Kaynakları**

Atmosferdeki partikül maddelerin bir kısmı doğal kaynaklardan, bir kısmı ise antropojenik (insan kaynaklı) kaynaklardan ortama atılmaktadırlar.

Doğal kaynaklar; deniz spreyleri, karasal tozlar ve volkanlardır. Kömür, kül ve çimento gibi maddelerin imal edilmesi, taşınması veya kullanılması; kömür ve petrol türevlerinin yanması sonucu oluşan metal buharları ve uçucu küller; tarımsal

aktivitelerle atmosfere karışan partiküller; kazı çalışmalarıyla oluşan tozlar; inşaat çalışmaları; metal endüstrisi ve enerji tesisleri; maden arama çalışmaları; çöp yakma işlemleri; egzoz emisyonları; kum yıkama ve püskürtme tesislerinden işletme esnasında oluşan partiküller ise antropojenik kaynaklar arasında sayılabilir [2].

Partikül madde kaynaklarından antropojenik kökenli olanlar çoğunlukla ince partiküller sınıfında olup, insan sağlığına daha zararlıdır. (Tablo 3.4. )

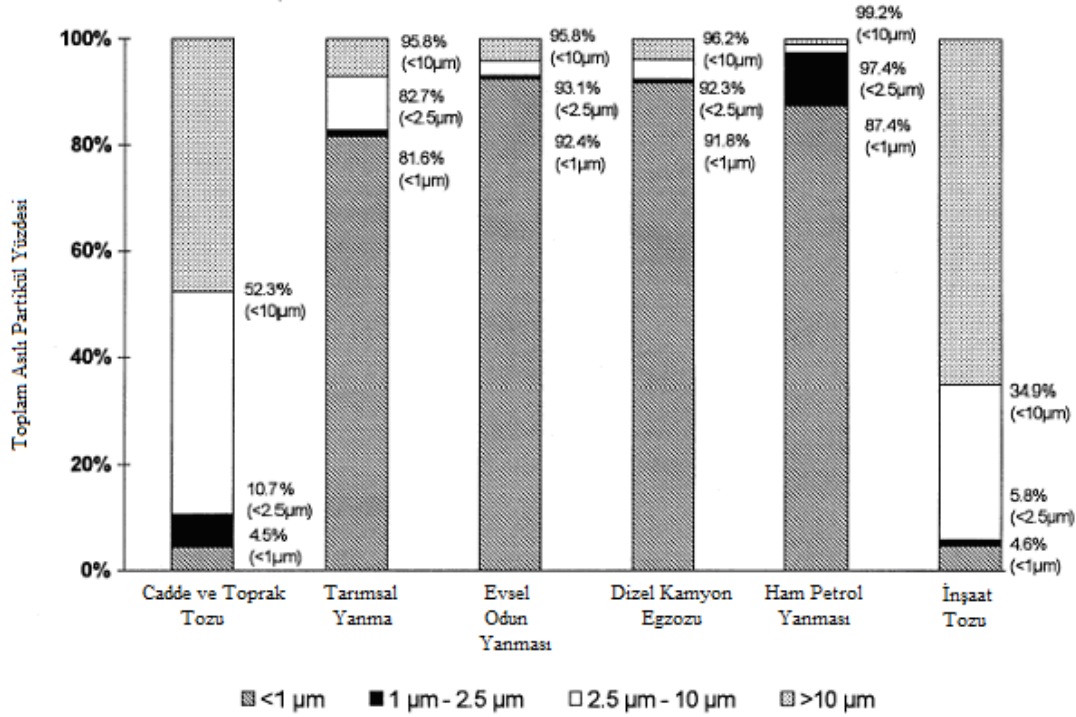
Doğal ve antropojenik olmak üzere kaynağına göre iki sınıfta incelenebilen partikül maddeyi birincil (primer) ve ikincil (sekonder) partiküller olarak sınıflandırmak da mümkündür.

Hava kaynaklı partikül madde, partiküllerin kaynaklardan doğrudan emisyonundan oluşanlarına birincil partiküller, gazların partikül olarak yoğunlaşmasından veya kimyasal reaksiyon sonucu partikül olarak yoğunlaşabilen türlere dönüşümleri sonucu oluşanlarına ise ikincil partiküller adı verilir [1].

Tablo 3.3. Doğal Kaynaklardan ve Antropojenik Kaynaklardan Yılda Atmosfere Karışan Partikül Madde Miktarları [15]

EMİSYON HIZLARI(Milyon ton / yıl)				
Kaynak	Düşük	Yüksek	Ortalama	Partikül Boyutu
<b>DOĞAL</b>				
Birincil Kaynaklardan				
Toprak Kökenli Tozlar	1000	3000	1500	İri Mod
Deniz Tuzları	1000	10000	1300	İri Mod
Volkanik Tozlar	4	10000	30	İri Mod
Biyolojik Süreçlerden	26	80	50	İri Mod
İkincil Kaynaklardan				
Biyolojik Gazlardan Sülfatlar	80	150	130	İnce Mod
Volkanik SO <sub>2</sub> 'den Sülfatlar	5	60	20	İnce Mod
Biyolojik VOC'lerden Organikler	40	200	60	İnce Mod
NOX'den Nitratlar	15	50	30	İnce İri Mod
Toplam Doğal Kaynaklardan	2200	23500	3100	
<b>ANTROPOJENİK</b>				
Birincil Kaynaklardan				
Endüstriyel Tozlar vb.	40	130	100	İnce İri Mod
İs	5	20	10	İnce Mod
İkincil Kaynaklardan				
SO <sub>2</sub> 'den Sülfatlar	170	250	190	İnce Mod
Biyokütle Yanması	60	150	90	İnce Mod
NOX'den Nitrat Oluşumu	25	65	50	İri Mod
Antropojenik VOC'lerden organikler	5	25	10	İnce Mod
Toplam Antropojenik Kaynaklardan	300	650	450	
<b>TOPLAM</b>	<b>2500</b>	<b>24000</b>	<b>3600</b>	

Trafik; hem ince hem de kaba moddaki birincil partiküllerin, organik gazların ve daha sonra nitrat aerosollerini oluşturan azot oksitlerin önemli bir kaynağıdır. Trafikten kaynaklanan emisyonlar; motorlu taşıtların egsozları ve taşıtların debriyaj ve fren gibi diğer aksamından oluşan partiküllerdir. (Şekil 3.5) Motorlu taşıtlar ile ilişkili başlıca hava kirleticileri, karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), partikül madde (PM), azot oksitler (NO<sub>x</sub>) ve uçucu organik bileşikler yani hidrokarbonlardır.



Şekil 3.5. Toplam Askıda Katı Madde (TSP) Emisyonlarının Birkaçının Boyut Dağılımı [24]

Tablo 3.4. Atmosferde Gözlenen Partikül Maddelerin Elemental Özellikleri[25]

Emisyon Kaynağı	Salınan Partikül Elementler
Karayolu Taşımacılığı	
Egzoz Dumanından çıkan emisyonlar	Br, Pb, Ba, Mn, Cl, Zn, V, Ni, Se, Sb, As
Motor Aşınmaları	Fe, Al
Lastik Aşınmaları	Zn
Yol Kenarı Tozları	EC, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe, Zn
Endüstriyel Tesisler	
Sıvı Yakıt Yakan Enerji Santralleri	V, Ni
Kömür Yakılması	Se, As, Cl, CO, Cu, Al, S, P, Ca
Rafineriler	V
Demir dışındaki Metallerin Ergitilmesi	As, In, Cu, Zn
Demir ve Çelik Fabrikaları	Pb
Küçük Ölçekli Yakma Sistemleri	
Atıkların Yakıldığı İnsineratörler	Zn, Sb, Cu, Cd, Hg, K, Pb
Odun Dumanı	Ca, Na, K, Fe, Br, Cl Cu, Zn
Mineral Hammadde Prosesleri	Mg, Al, K, Mn, Fe, Se
Deniz Spreyi	Na, Cl, S, K
Havada Asılı Toprak Partikülleri	Si, V, Cr, Ca, Ti, Sr, Al, Mn, Se

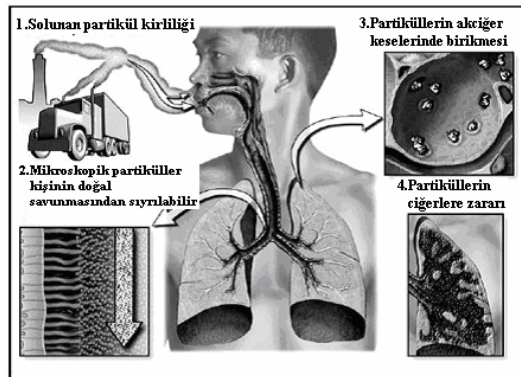
Taşıt emisyonlarında sıklıkla bulunan elementler; Cu, Zn, Pb, Br, Fe, Ca, ve Ba'dır. Toksik ağır metaller (Pb, Zn, Se, Sb, Br, V, As vb.), genellikle kara yolu taşımacılığı ve çeşitli endüstriyel tesislerden atmosfere salınırken, diğer metal bileşenleri (Ca,

Mg, S, Al, Si, Cl vb.) genellikle doğal kaynaklı olarak atmosferde gözlenmektedir (Tablo 3.4.) [25].

### 3.4. Partikül Maddelerin İnsan Sağlığına Etkisi

Partiküllerin sağlık etkileri ile ilgili bir çalışma yapmak gerektiğinde; maddenin türü, taneciklerin irilikleri ve havada bulunan diğer gaz, su buharı gibi maddelerin varlığına özen gösterilmelidir. Havadaki toz konsantrasyonları ve maruz kalma süresi sağlık etkileri bakımından önemli faktördür [4].

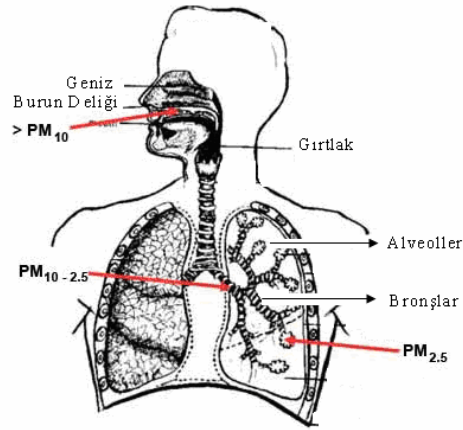
Partiküller insan vücuduna genellikle solunum yoluyla girerler ve daha çok solunum yollarını etkilerler. Etkileme büyük ölçüde partiküllerin büyüklüğüne ve içerdikleri elementlere bağlıdır. Küçük partiküller solunum sisteminin derinliklerine (akciğerlere) kadar dalarlar. (Şekil 3.6.)



Şekil 3.6. Partikül Maddelerin Akciğer üzerinde verdiği hasar [3]

Solunum sistemi üst solunum sistemi (ağız, burun, boğaz) ve alt solunum sistemi (akciğerler) olmak üzere ikiye ayrılır. 5  $\mu$ m den büyük olan partiküller üst solunum sisteminde süzülürler [26].

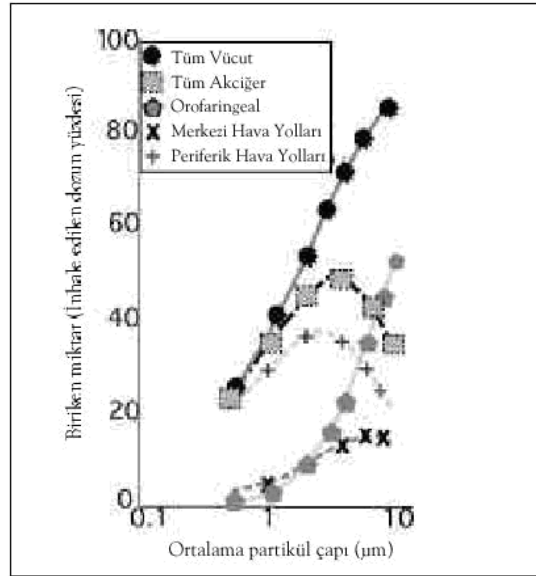




Şekil 3.7 Partikül maddelerin akciğerlere boyutuna göre girişi [27]

Süzme işinde burun içindeki kıllar ve sümüksü doku ön planda gelir. Bu arada  $SO_2$  gibi toksik gazlar da daha üst solunum yollarında tutulurlar. Ancak  $5 \mu m$  den daha küçük partiküller üst solunum sistemindeki filtrelerden kurtularak akciğerlere kadar gelirler. Bunların bir kısmı akciğerlerin girişindeki silialar tarafından tutulurlar ve akciğerlerin derinliklerine inmeden üst solunum sistemine geri gönderilirler. Siliyollar küçük yelpaze şeklinde kıllardır. Devamlı dalgalanırlar ve dalgalanmaları partikülleri dışarı atacak şekildedir. Bu nedenle partiküllerin çok büyük bir kısmı boğaza kadar geri gönderilirler. Oradan da sümürme ve boğaz temizleme gibi hareketlerle dışarı atılırlar [16].

Büyüküğü  $0.5 \mu m$  den küçük partiküller akciğerlerin en uç noktalarına kadar ulaşır orada yerleşirler (bunlar toksik gazlardan daha tehlikelidirler).



Şekil 3.8. 0.1-10 µm'lik partiküllerin birikme bölgelerine göre birikme oranları [28].

Partikül ne kadar küçükse akciğerlere yerleşme ve orada kalma süresi o kadar uzun olur. Bazı partiküllerin kalma süreleri yılları bulur. Yıllarca akciğerlerin derinliklerinde kalan partiküller çeşitli toksik etki gösterirler. Bu etkiler başlıca şu şekildedir [16]:

- Kendileri toksik olmasalar bile toksik olan partiküllerin etkilerini arttırırlar (sinerjistik etki). Siliaların yukarıya doğru olan temizleme hareketlerini engeller.
- Adsorbe ettikleri zehirli gazları akciğerlere kadar taşırlar ve yavaş yavaş serbest bırakarak kana karışmasına ve insanın zehirlenmesine sebep olurlar.
- İçlerindeki metaller toksik olabilirler, yavaş yavaş kana karışırlar ve akut zehirlenmelere sebep olurlar. Bu toksik metaller başlıca nikel, berilyum, kurşun, civa, kadmiyum, antimon ve bizmuttur [16].

### 3.5. Partikül Maddeler İçin Sınır Değerler

Havadaki partikül maddenin sağlık ve çevre üzerine etkisini en aza indirmek için ülkeler standartlar geliştirmiştir. Bu limit değerler belirlenirken insan sağlığı ve çevreye verdiği zararlar göz önüne alınmıştır.

Ülkemizde Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nin öngördüğü PM<sub>10</sub> için yıllık ve günlük ortalama sınır değerler ve diğer ülkelere ait sınır değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir [29].

Tablo 3.5. PM<sub>10</sub> için sınır değerler

Sınır Değer	24 Saatlik Ortalama Sınır Değer ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Yıllık Ortalama Sınır Değer ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
WHO	50	20
EPA	150	-
HKKY(Genel)	300	150
HKKY(Endüstri)	400	200
ABD	150	50
Japonya	200	100
İngiltere	50	40
Avrupa Birliği Ülkeleri	50(yılda 36 defadan fazla bu değer aşılmaz)	40
Kanada	120	70

Yönetmelikte belirtilen yıllık sınır değer bir yıl içinde aşılmaması gereken, tüm ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalamasıdır. Günlük (24 saatlik) sınır değer 24 saatlik ortalamalar veya 1 yıl içinde bütün ölçüm sonuçlarının sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre sıralandığında ölçüm sonuçlarının %95'ini aşmaması gereken değerdir [29].

Avrupa’da partiküler madde miktarlarının, kırsal alanlarda siyah duman olarak 0-10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , büyük şehirlerde yıllık ortalama miktarının 10-40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  konsantrasyonları arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ölçülen maksimum miktar ise 100–250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  tur [29].

Partikül madde ile ilgili sınır değerleri incelendiği zaman standart değerleri en yüksek olan ülkenin Türkiye olduğu görülmektedir. Türkiye için belirlenen 24 saatlik partikül madde sınır değeri, A.B.D. belirlediği sınır değerinin 2 katı, Japonya’nın 3 katı, Avustralya ve A.B. değerinin 6 katı, Kanada’nın 2.5 katı ve Dünya Sağlık Teşkilatı’nın 6 katı olduğu anlaşılmaktadır [1].

PM<sub>1</sub> için henüz ülkemizde ve diğer ülkelerde sınır değerler belirlenmemiştir.

### 3.6. Partikül Maddelerdeki Ağır Metal Kirliliği

Havada bulunan partiküllerin % 0.01-3’ünü sağlık yönünden çok toksik etkiler gösteren ağır metaller meydana getirir. Atmosfer kirliliğinin bir bölümünü oluşturan metaller; fosil yakıtların yanması, endüstriyel işlemler, metal içerikli ürünlerin yakılması sonucunda ortama yayılırlar [30].

Metallerin bir kısmı insan yaşamında temel yönden önem taşır, diğer bir kısmının konsantrasyonu ise insan sağlığını tehdit edecek boyutta olmadığından önem göstermez. Belirli limitlerin dışında bulunabilecek her türlü metal, insan sağlığı üzerinde toksik etki gösterir [30].

As, Mn, V, deniz tuzu olamayan sülfat ve amonyum artışı fosil yakıt yanmasını karakterize eder [31] . Al, Ca, Fe ve Mn konsantrasyonu artışı mineral tozun ve yer kabuğu elementlerinin etkisini gösterir [31] . Kömürlü elektrik santrallerin oluşturduğu uçucu kül mineral içerik bakımından zengindir. Yüksek

konsantrasyonlarda demir, çinko, kurşun, vanadyum, manganez, krom, bakır, nikel, arsenik, kobalt ve kadmiyum içerir [32] . Toprak kaynaklı karakteristik elementler Al, Si, K, Ca, Ti ve Fe' dir. K, Fe, Mn, Zn ile karışık yüksek Al, Mg, Si ve Ca elementleri metal eritme kaynağını karakterize edebilir [33] . As, Se, Ni, V tipik olarak kömür ve yağ yakımı emisyonlarında bulunur [34,35] . Metalurjik prosesler büyük oranlarda Cu, Ni, ve Zn emisyonları oluşturabilir. Taşıt emisyonlarında sıklıkla bulunan elementler Cu, Zn, Pb, Br, Fe, Ca, ve Ba 'dır [34,36,37]. Yol tozlarında ise yapılan bazı çalışmalarda Fe, Cu, Zn, Ni ve Pb elementleri bulunmuştur [38,39]. Pb, Br, V, Cu, Ni, Zn yağ yanması kaynaklı elementler olarak belirtilmiştir [40] .

### 3.6.1. Bakır (Cu)

Bakır vücut için gerekli bir metal olmasına karşın uzun vadede birikimi zararlıdır. Uzun süre maruz kalma sonucu bakır tozu burunda, ağızda ve gözlerde tahrişlere yol açar. Baş ağrıları, baş dönmesi, mide bulantısı ve ishale neden olabilmektedir. Yüksek miktarda maruz kalma durumunda ise; böbrek ve karaciğer rahatsızlıklarına ve sonuçta ölümlere bile yol açabilir [41].

Literatürde bakır elementinin yüksek konsantrasyonlarının elektrik ve mekanik işlemlerden kaynaklanabildiği belirtilmektedir [42]. Trafikten kaynaklanan Cu dizelmotor emisyonundan veya taşıt freninin yıpranmasından kaynaklanmaktadır. Yol tozlarında bulunan elementler arasında tespit edilmiştir [38,39]. Bakır aynı zamanda kömür yakılmasından, çöp yakılmasından, metal madenlerinden ve bakır rafinerilerinden kaynaklanan karakteristik elementler arasında bulunmaktadır [43]. Metalurjik prosesler büyük oranlarda Cu, emisyonları oluşturabilmektedir. Bakır yağ yanması kaynaklı elementler arasında da bulunmaktadır [43].

### 3.6.2. Nikel (Ni)

Nikel gümüşümsü beyaz renkli sert bir metaldir. Nikel bileşikleri pratik olarak suda çözünmez. Suda çözünebilir tuzları; klorür, sülfat ve nitrattır. Nikel biyolojik sistemlerde adenosin, trifosfat, aminoasit, peptit, protein ve deoksiribonükleik asitle kompleks oluştururlar [44].

Havadaki nikel bileşiklerinin solunması sonucunda, solunum savunma sistemi ile ilgili olarak; solunum borusu irritasyonu, tahribatı, immunolojik değişim, alveoler makrofaj hücre sayısında artış, silia aktivitesi ve immünite baskısında azalma gibi anormal fonksiyonlar meydana gelir. Deri absorpsiyonu sonucunda allerjik deri hastalıkları ortaya çıkar. Havada bulunan nikel uzun süreli maruziyetin insan sağlığına etkileri hakkında güvenilir kanıtlar tesbit edilememiştir; nikel işinde çalışanlarda astım gibi olumsuz sağlık etkilerinin yanı sıra, burun ve gırtlak kanserlerine neden olduğu kanıtlanmıştır. Kanserojen etkisi nedeni ile güvenilirlik limitinin belirtilmesi mümkün değildir [44].

Taşıtlardan kaynaklanan emisyonlarda ve benzinli motor emisyonlarında ölçülen elementlerden olduğu belirtilmektedir [16]. Avrupa'nın bazı merkezlerinden uzak alanlarında 0-0.6 ng m<sup>-3</sup>, kent yakınında 9-50 ng m<sup>-3</sup>, kentlerde ise 60-300 ng m<sup>-3</sup> nikel konsantrasyonları tespit edilmiştir [11]. Yapılan çalışmalarda yol tozlarında bulunduğu tespit edilmiştir [39]. Gemilerin ana ve yardımcı parçaları V ve Ni elementleri açısından önemli partikül madde kaynağıdır. Ni elementinin yağ yanması kaynaklı elementler arasında olduğu da belirtilmektedir. Kömürün yanması sonucunda meydana gelen nikel sülfat emisyonunun, havadaki nikel sülfat emisyonunun % 20-80 'ini oluşturduğu belirtilmektedir [11].

İngiltere 'de işyeri havasında bulunmasına izin verilen çözünür Ni konsantrasyonu 100 µg m<sup>-3</sup>, bunun 1/40 değeri olan dış havada izin verilen konsantrasyon 2.5 µg m<sup>-3</sup>'tür [4]. Dünya Sağlık Örgütü nikelin hava ortamında izin verilen sınır konsantrasyon değerini 2.5 µg m<sup>-3</sup> olarak belirlemiştir [46].

### 3.6.3. Alüminyum (Al)

Aşırı dozda alüminyuma maruz kalmış insanlarda böbreklerde bozulmaya ve mesanede tahribata neden olabilir. Kronik diyaliz hastalarında alüminyum toksik hastalığı olan ensefalopati sendromuna yol açabilir. İskelet sistemi başta olmak üzere akciğer, böbrek, kalp, kas, dalak ve beyin gibi vücudun çeşitli organlarda birikebilir [41].

Alüminyum diğer yer kabuğu elementleri gibi genellikle öncelikli olarak yer kabuğunun mekanik etkilerle aşınmasıyla kaba partikül boyutunda (aerodinamik çap: 2,5–10) daha sonra ince partikül boyutunda (aerodinamik çap < 2,5) oluşmaktadır [47,48].

Alüminyumun yerden kalkan tozların yanı sıra, fosil yakıt yanmasından ve biyokütle yangınından kaynaklanabildiği bilinmektedir. Alüminyumun kömür için baca gazında  $30 \mu\text{g m}^{-3}$ , yerden kalkan tozlarda  $10000 \mu\text{g m}^{-3}$  düzeyinde bulunduğu belirtilmektedir [4].

### 3.6.4. Vanadyum (V)

Vanadyum canlılarda normal hücre büyümesi için gerekli esas eser elementlerden biri olup, günde 10-30 mikrogram normal olarak alınmalıdır. Destekleyici kapsullerde vanadyum vanadat veya vanadil formlarında bulunur. Vanadyum karbonhidrat metabolizmasında rol almaktadır. Kolesterol ve kan lipid metabolizmasında da vanadyum önemli bir yere sahiptir. Diabetikli hastalarda kan şekeri düzeylerinin düzenlenmesinde pozitif etkiye sahiptir. Ancak yüksek düzeylerde alındığında toksik etki göstermektedir [49].

Deniz ürünlerinde mantarda, soya fasulyesinde ve bazı tahılgillerde vanadyum bulunmaktadır. Vanadyum çeşitli endüstri kollarında da kullanılan bir elementtir. Vanadyum pentoksit ( $V_2O_5$ ) en yararlı bileşiği olup, boyaların sabitleştirilmesinde mordan olarak kullanılır. Ayrıca kimyada ve seramik imalinde katalizör olarak kullanılmaktadır. Vanadyum çevreye doğal kaynaklardan, özellikle fosil yakıtların yanmasıyla yayılır. Havada, suda ve toprakta uzun süre kalır. Çünkü suda iyi çözünmez. Düşük düzeylerde bitkilerde bulunur. İnsanlara vanadyum, havadan, sudan ve topraktan düşük düzeylerde geçer. Özellikle vanadyum fuel oil ve kömür yakan endüstriyel tesislerden atmosfere vanadyum oksitler yayılır. Çevredeki insanlar solunum yoluyla havadan ve besin zinciri ile yiyeceklerden vanadyum alır. Yüksek düzeylerde vanadyuma maruz kalınması halinde vanadyum zararlı sağlık sorunlarına yol açar. Solunum yoluyla alınımında özellikle akciğer ve solunum yolları olumsuz etkilenir. Vanadyum gözle temas ederse göz tahriş olur. Bu yüzden vanadyum kullanılan fabrika ve imalathanelerdeki işçilerde sık sık akciğerde tahriş, öksürme, göğüs ağrısı, burun akıntısı ve nefes darlığı gibi rahatsızlıklarla karşılaşılır. Henüz insanlar üzerinde başka sağlık etkileri bilinmemektedir [50].

### 3.6.5. Mangan (Mn)

Mangan mineral tozlarla ilişkili ise kaba partikül fazında bulunur. Demir-çelik tesislerinin, Mn metali ve kimyasalları üretim tesislerinin karakteristik elementlerindedir. Mn emisyonlarının dökümhanelerin ve demir- ve silico-manganez endüstrilerinin bulunduğu yerlerde artış gösterebilmektedir[51]. Çeşitli çalışmalarda benzin-motor emisyonlarında bulunan elementlerden olduğu, yol tozunda bulunduğu ve atık yakımıyla oluşan elementler arasında bulunduğu rapor edilmiştir [42,45].

Sağlık etkileri açısından manganezin neurotoksik etkilerinin olduğu belirtilmektedir ve bu etkiler baz alınarak WHO tarafından verilen sınır değeri  $0,15 \mu g m^3$  'tür [46].



### 3.7. Havada Metallerin İzin Verilen Sınır Değerleri

Metaller insan sağlığı için son derece zararlı maddelerdir. Bu nedenle solunan havada insanlara zarar verecek sınır değerlerin bilinmesi son derece önemlidir. Tablo 3.6 'da havada eser elementlerin izin verilen üst sınır değerleri verilmiştir [4].

Tablo 3.6. Havada eser elementlerin izin verilen sınır değerleri

Metal	Üst Sınır Değer ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
As	1,250
Ba	12,500
Cd	1,250
Ni	2,500
Hg	1,250

## **BÖLÜM 4. SAKARYA İLİ HAKKINDA GENEL BİLGİ**

Sakarya ilinin 10'u merkezde olmak üzere toplam 15 ilçesi vardır. Bu ilçeler Arifiye, Serdivan, Taraklı, Erenler, Söğütü, Sapanca, Pamukova, Kocaeli, Kaynarca, Karasu, Karapürçek, Hendek, Geyve, Ferizli, Akyazı ve Adapazarı(Merkez) dir [52].

İlin nüfusu 2008 yılına göre 851.292'dir. Merkezin nüfusu 537.000'dir. Bu merkez 10 tane metropol ilçeden meydana gelmektedir. İlin toplam şehir nüfusu ise 999.591 dir [52].

Coğrafi konum itibari ile sanayi, tarım ve turizm yatırımlarına uygun bir nitelik taşımaktadır. Özellikle İstanbul, Bursa ve Kocaeli üçgeninde sanayinin yoğunlaşması, müteşebbisleri yeni yatırım alanları arayışlarına yönlendirmiş dolayısıyla da alternatif bir yatırım alanı olarak değerlendirilmeye başlanmıştır Sanayinin yanı sıra tarım ve hayvancılık ekonomisinde önemli bir paya sahip olup aktif nüfusun % 50'a yakını tarımla uğraşmaktadır. Ayrıca sığır besiciliği ve tavukçuluk ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Bulunduğu coğrafyanın yer altı ve yerüstü zenginlikleri Sakarya'yı bugün gelişmekte olan Türkiye sanayisinin en gözde illerinden birisi durumuna gelmiştir. TEM ve D-100 (Eski E-5) uluslararası karayolları ile Haydarpaşa-Arifiye demiryolu hattı Avrupa'yı, Asya'ya bağlayan uluslararası karayolu ulaşımı olarak Sakarya'nın coğrafi konumunu öne çıkarmaktadır [52].

Ekonomisi bugüne kadar tarım ve ticarete bağlı olarak gelişen Sakarya, 1990'lı yılların başından itibaren sanayi ağırlıklı bir gelişim içine girmiştir. 1990 nüfus

sayımında % 55'den fazlası kırsal kesimde yaşarken, sanayinin çok kısa zaman içerisinde büyük bir gelişim göstermesiyle, 1997 yılında şehirlerde yaşayan nüfusun oranı % 69'a yükselmiştir. Ekonomik gelişme verilerine bakıldığında, şehirde yaşayan nüfus oranının yakın zaman içinde hızla artacağı görülmektedir [52].

Ancak 1999 yılında yaşadığımız deprem nedeniyle şehir nüfusunun büyük bir kısmı kırsal kesime kaymış durumdadır. Sakarya ilinde 40 bine yakın konutun hasar görmesi nedeniyle bölge halkı binalarında oturamamaktadır. Fakat kalıcı konutların tamamlanmasıyla nüfusun bir kısmı şehre geri dönmüştür [52].

Sakarya ili Karadeniz ve Marmara bölgesinde hüküm süren iklim şartlarının etkisi altındadır. İl, yağışlı rutubetli bir havaya ve ılıman bir iklime sahiptir. Kışlar bol yağışlı ve ılık yazları ise sıcaktır. Rüzgarlar genel olarak kuzeydoğudan poyraz, kuzeybatıdan da karayel olarak eser. Meteorolojik gözlemlere bakıldığında zaman zaman Sakarya ili bol yağış alan nem oranı yüksek bir yapıya sahiptir. Yıllık yağış ortalaması 1,016 mm, sıcaklık ortalaması 14,4 ve nisbi nem %73,9'dur [52].

## BÖLÜM 5. MATERYAL VE METOT

### 5.1. Materyal

#### 5.1.1. Kullanılan kimyasallar

- $\text{HNO}_3$
- $\text{HClO}_4$

#### 5.1.2. Kullanılan cihaz ve malzemeler

- Isleworth MRE 113A tipi gravimetrik toz örnekleyici



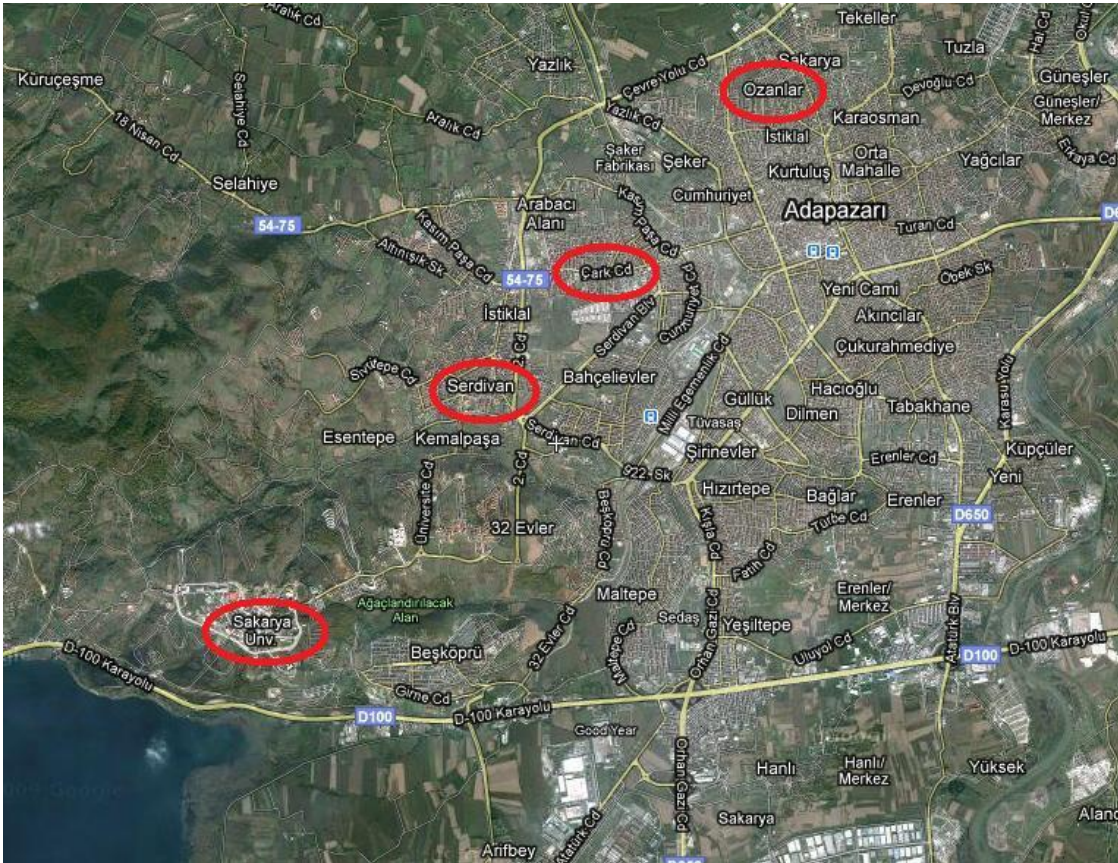
Şekil 5.1. Isleworth MRE 113 A tipi Toz örnekleyici

- Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
- Filtre Kağıtları (1mikron ve 10 mikronluk)

## 5.2. Metot

### 5.2.1. Örnekleme bölgesi

Kampüs (Serdivan İlçesi), Çark caddesi, Yeşiltepe ve Ozanlar olmak üzere, örnekleme bölgesi olarak Sakarya ilinin dört farklı noktası seçilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 5.2. Sakarya ilindeki Örnekleme bölgelerinin uydu görüntüsü [53]

### 5.2.2. Sakarya iline ait meteorolojik parametreler

Tablo 5.1. Sakarya iline ait meteorolojik parametreler [54]

Tarih	Sıcaklık (°C)	Nem(%)	Rüzgar Hızı (km/h)	Rüzgar Yönü	Gökyüzü Durumu
27 Haziran 09	30	92	14	Kuzey	Güneşli
28 Haziran 09	32	93	9	Kuzey	Güneşli
29 Haziran 09	33	93	10	Kuzey	Parçalı Bulutlu
30 Haziran 09	34	99	13	Kuzeydoğu	Güneşli
20 Temmuz 09	32	95	10	Kuzey	Güneşli
21 Temmuz 09	31	94	15	Kuzeydoğu	Güneşli
22 Temmuz 09	32	97	18	Kuzey	Güneşli
23 Temmuz 09	34	84	22	Kuzeybatı	Güneşli
01 Ağustos 09	30	96	12	Kuzey	Güneşli
02 Ağustos 09	30	93	12	Kuzeybatı	Çok Bulutlu
03 Ağustos 09	32	95	12	Kuzey	Güneşli
04 Ağustos 09	33	97	13	Kuzey	Çok Bulutlu
18 Eylül 09	19	87	9	Kuzeydoğu	Parçalı Bulutlu
19 Eylül 09	20	89	10	Kuzeydoğu	Parçalı Bulutlu
29 Eylül 09	26	91	7	Kuzey	Parçalı Bulutlu
30 Eylül 09	26	94	10	Kuzeybatı	Parçalı Bulutlu
12 Ekim 09	29	94	9	Güney	Sisli
13 Ekim 09	29	93	9	Kuzeybatı	Parçalı Bulutlu
22 Ekim 09	26	90	10	Kuzey	Sisli
23 Ekim 09	26	92	9	Kuzeybatı	Parçalı Bulutlu
09 Kasım 09	27	88	11	Güney	Parçalı Bulutlu
10 Kasım 09	27	93	7	Kuzey	Çok Bulutlu
18 Kasım 09	25	91	9	Kuzey	Güneşli
19 Kasım 09	22	89	10	Kuzeybatı	Parçalı Bulutlu

### 5.2.3. Örneklerin toplanması

Örneklerin toplanması Haziran 2009 - Kasım 2010 tarihleri arasında 6 aylık dönemde yapılmıştır. Seçilen dört örnekleme bölgesinden( Yeşiltepe, Ozanlar, Çark Caddesi ve Kampüs) her ay Isleworth MRE 113A tipi toz toplama cihazında 1 mikron (Whatman 1242) ve 10 mikronluk (Whatman 1246) filtrelerle numuneler

toplanmıştır. Üzerinde partikül madde toplanan filtre kağıtları analiz edilinceye kadar hava geçirmez plastik kutular içerisinde saklanmıştır.

#### 5.2.4. Örneklerin analizi

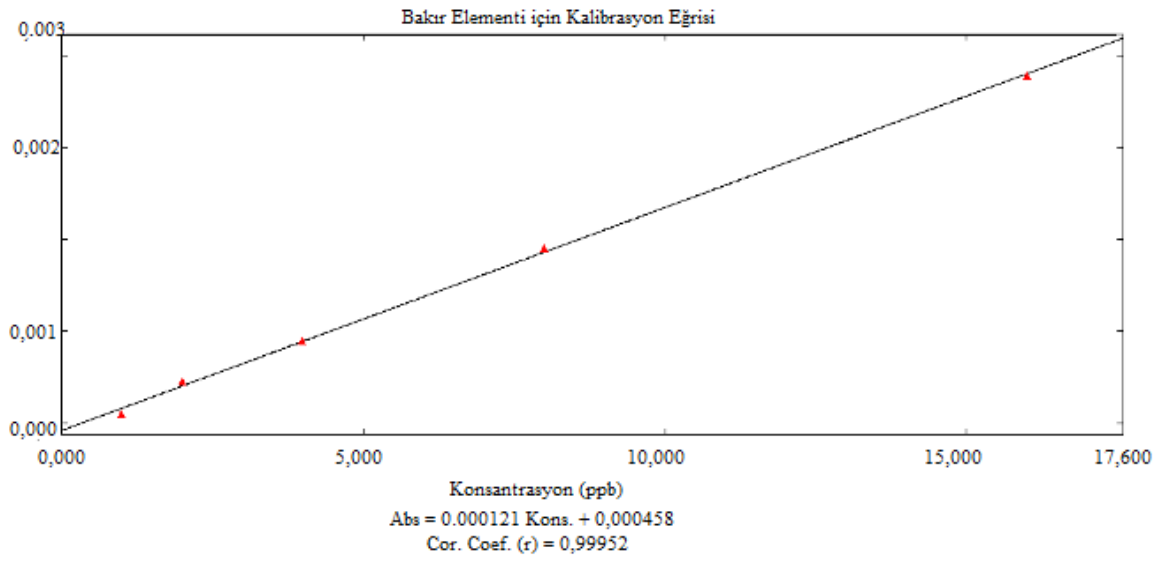
Havadan gelen partikül maddelerdeki elementlerin analizi için, Sakarya ilinin dört bölgesinden 10 $\mu$  ve 1 $\mu$  luk filtreler ile toplanan toz numuneleri öncelikle nitrik asit ve perklorik asit (4:1 ; HNO<sub>3</sub> : HClO<sub>4</sub>) ile muamele edilip, 90 °C de 1 saat ısıtılarak parçalandıktan sonra mavi bant süzgeç kağıdı ile süzüldü. Süzme işleminden sonra çözeltiler 0,5 M HNO<sub>3</sub> ile 25 ml'e tamamlandı. Bu işlemler sonucunda Cu, Ni, Mn, Al ve V elementlerinin bileşiminin tespit edilmesinde Alevli AAS tekniği kullanıldı. Al ve V kantitatif tayin limitinin altında olduğundan tayin edilemedi.

Tablo 5.2. Alevli atomik absorpsiyon spektrometresinde elementlerin ölçüm koşulları

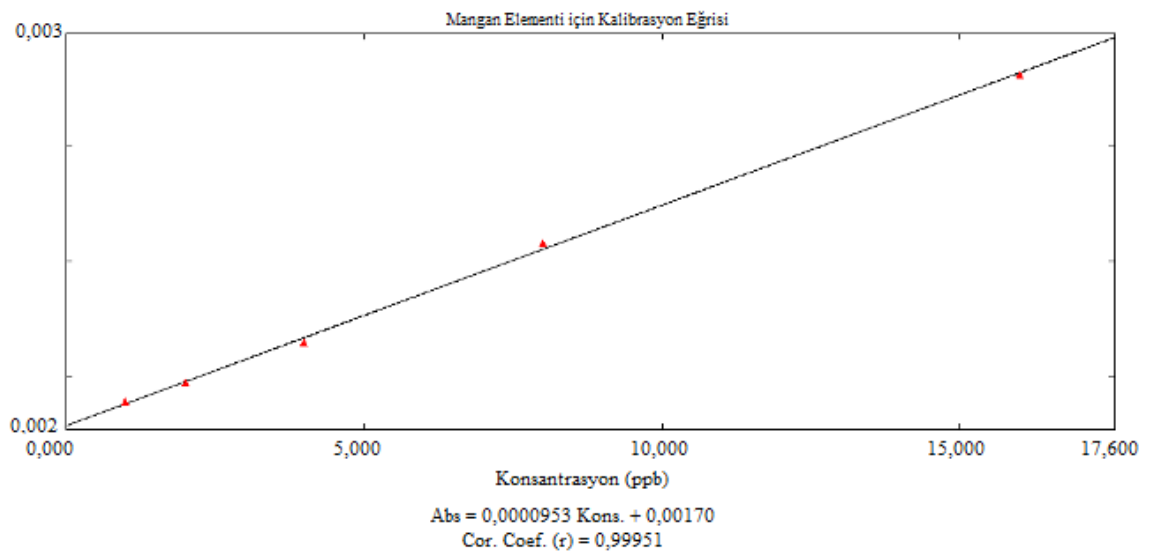
Element	Dalga Boyu	Slit Aralığı	Replikasyon Sayısı	Duplikasyon Sayısı
Cu	324,8	0,5	3	3
Mn	279,5	0,2	3	3
Ni	232,0	0,2	3	3

#### 5.2.5 Kalibrasyon grafikleri

Örneklerdeki derişimlerin belirlenmesi için Cu, Ni, Mn, Al ve V içeren standartlardan (Merck) 1, 2, 4, 8, 16  $\mu$ g /L'lik standartlar yardımıyla kalibrasyon grafikleri elde edilmiştir.

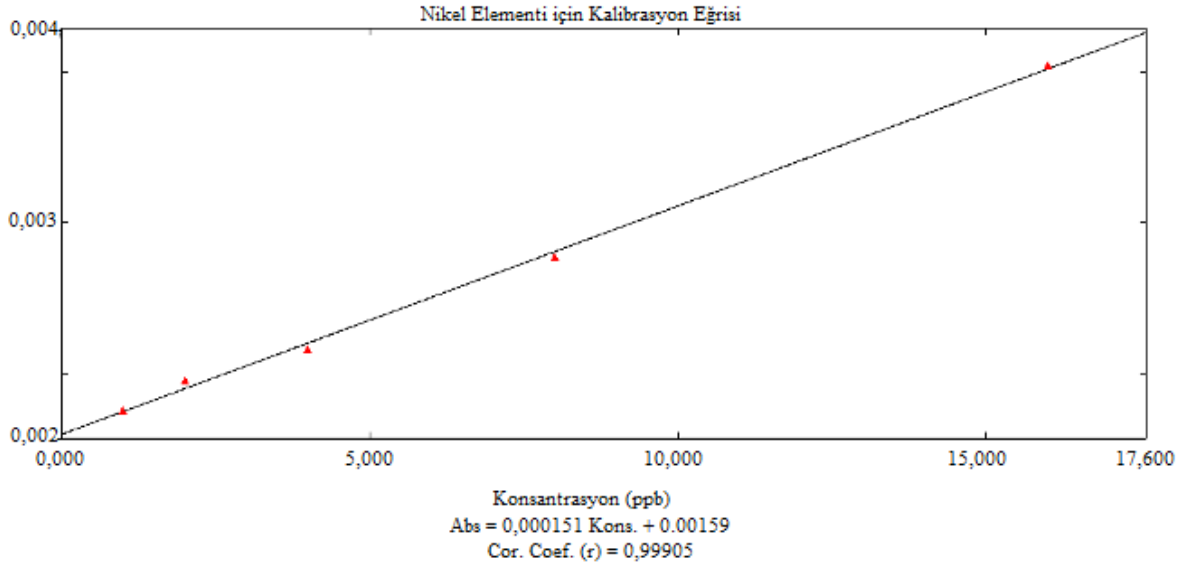


Şekil 5.3. Cu elementi için kalibrasyon grafiği



Şekil 5.4. Mn elementi için kalibrasyon grafiği





Şekil 5.5. Ni elementi için kalibrasyon grafiği

### 5.2.6. Kullanılan standart referans madde

Numune analizlerinden önce, CRM 7001 standart referans maddesi alınarak, bu örneğin bileşimindeki Cu, Mn, Ni metallerinin analizi yapılmıştır.

Tablo 5.3. Alevli AAS için Standart Referans Madde(CRM 7001) ve Örneklerdeki Geri Kazanım

	Elde Edilen Değer	Onaylanmış Değer	% Geri Kazanım
Bakır	28,3 ± 0,6	28,9 ± 0,8	98
Mangan	473 ± 13	479 ± 18	98
Nikel	30,0 ± 1,2	31,8 ± 1,2	94

%Geri Kazanım= (Elde Edilen Değer/Onaylanmış Değer)\*100

## **BÖLÜM 6. BULGULAR**

### **6.1. Bölgelere ve Aylara Göre Toplanan Partikül Toz İçerikleri**

Seçilen dört istasyonda Haziran 2009 - Kasım 2009 ayları boyunca Isleworth MRE 113A tipi toz toplama cihazıyla partikül madde toplanmış ve bileşimindeki Cu,, Mn, ve Ni metallерinin derişimleri  $\mu\text{g m}^{-3}$  olarak belirlenmiştir.

Bölgelere ve aylara göre toplanan partikül toz miktarları, mg cinsinden Tablo 6.1'de verilmiştir. Tabloya göre, bölgelerin aylar bazındaki ortalamalarına bakıldığında, Ozanlar bölgesi  $\text{PM}_1$  ve  $\text{PM}_{10}$  partikül madde miktarında en yüksek seviyede ölçülmüştür. Tüm ayların bölgeler bazında ortalamalarına bakıldığında, Eylül ayında  $\text{PM}_1$  ve  $\text{PM}_{10}$  partikül madde miktarı en yüksek seviyede ölçülmüştür.

Tablo 6.1. Bölgelere ve aylara göre toplanan PM<sub>1</sub> ve PM<sub>10</sub> için partiküler toz madde miktarları (mg)

Aylar	Kampüs		Merkez		Ozanlar		Yeşiltepe		Ortalama		Aralık	
	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>
Haziran	0,10	0,05	0,60	0,55	0,35	0,50	0,65	0,20	0,43	0,33	0,10 – 0,60	0,05 – 0,55
Temmuz	0,25	0,25	0,40	0,40	0,30	0,40	0,35	0,65	0,33	0,43	0,25 – 0,40	0,25 – 0,65
Ağustos	0,25	0,20	0,30	0,40	0,15	0,15	0,10	0,20	0,20	0,24	0,10 – 0,30	0,15 – 0,40
Eylül	0,60	0,70	1,05	0,55	0,85	1,05	0,75	0,75	0,81	0,76	0,60 – 1,05	0,55 – 1,05
Ekim	0,15	0,55	1,15	1,05	0,75	0,85	0,30	0,75	0,59	0,80	0,15 – 1,15	0,55 – 1,05
Kasım	0,20	0,05	0,15	0,15	0,10	0,60	0,65	0,20	0,28	0,25	0,10 – 0,65	0,05 – 0,60
Ortalama	0,26	0,30	0,61	0,52	0,42	0,59	0,47	0,46				
Aralık	0,10 – 0,60	0,05 – 0,70	0,15 – 1,15	0,15 – 1,05	0,10 – 0,85	0,15 – 1,05	0,10 – 0,75	0,20 – 0,75				

## 6.2. Havadaki Metal Derişimlerinin PM<sub>1</sub> için Aylara Bağlı Değişimi

Elde edilen veriler incelendiğinde; ince partikül fraksiyonu PM<sub>1</sub> için; Kampüs bölgesinde bulunan Bakır elementinin 0,74  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Haziran ayında, Mangan elementinin 6.82  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Ekim ayında ve Nikel elementinin 1,56  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kasım ayında en yüksek seviyelerde olduğu göze çarpmaktadır.

Merkez bölgesinde ise, Bakır, Mangan ve Nikel elementleri sırasıyla; 0,66  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 7,43  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 2,51  $\mu\text{g m}^{-3}$  olmak üzere Kasım ayında en yüksek değerlerinde gözlenmişlerdir. Ozanlar bölgesinde de Bakır, Mangan ve Nikel elementleri sırasıyla; 0,88  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 11,03  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 3,19  $\mu\text{g m}^{-3}$  olmak üzere yine Kasım ayında en yüksek değerde bulunmuştur.

Yeşiltepe bölgesine baktığımız zaman ise, Bakır elementi 0,25  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Ağustos ayında, Mangan elementi 3,61  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Ekim ayında ve Nikel elementi 1,27  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Ağustos ayında en yüksek derişimler de elde edilmiştir.

Tablo 6.2. PM<sub>1</sub> toz örneklerinin aylara ait ağır metal derişimleri ( $\mu\text{g m}^{-3} \pm \% \text{RSD}$ )

		Toz Miktarı ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Cu	Mn	Ni
Kampüs	Haziran	25,00	0,74 $\pm$ 6,45	0,00 $\pm$ 0,00	0,08 $\pm$ 5,15
	Temmuz	62,50	0,36 $\pm$ 1,50	0,04 $\pm$ 5,25	0,25 $\pm$ 2,60
	Ağustos	62,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,73 $\pm$ 0,65
	Eylül	150,00	0,03 $\pm$ 1,65	1,24 $\pm$ 2,40	0,06 $\pm$ 5,60
	Ekim	37,50	0,61 $\pm$ 2,10	6,82 $\pm$ 1,15	1,54 $\pm$ 4,00
	Kasım	50,00	0,13 $\pm$ 0,10	5,55 $\pm$ 2,75	1,56 $\pm$ 2,50
	Ortalama	64,58	0,31 $\pm$ 1,96	2,28 $\pm$ 1,92	0,70 $\pm$ 3,41
	Aralık	25,00 – 150,00	0,00 – 0,74	0,00 – 6,82	0,06 – 1,56
Merkez	Haziran	150,00	0,19 $\pm$ 1,60	0,00 $\pm$ 0,00	0,52 $\pm$ 3,75
	Temmuz	100,00	0,20 $\pm$ 2,50	0,03 $\pm$ 5,30	0,31 $\pm$ 3,15
	Ağustos	75,00	0,43 $\pm$ 3,45	0,04 $\pm$ 3,65	0,24 $\pm$ 0,85
	Eylül	262,50	0,10 $\pm$ 0,75	0,58 $\pm$ 1,70	0,00 $\pm$ 0,00
	Ekim	287,50	0,01 $\pm$ 0,70	0,88 $\pm$ 2,05	0,19 $\pm$ 1,60
	Kasım	37,50	0,66 $\pm$ 6,90	7,43 $\pm$ 0,45	2,51 $\pm$ 6,45
	Ortalama	152,08	0,27 $\pm$ 2,65	1,49 $\pm$ 2,19	0,63 $\pm$ 2,63
	Aralık	37,50 – 287,50	0,01 – 0,66	0,00 – 7,43	0,00 – 2,51
Ozanlar	Haziran	87,50	0,34 $\pm$ 7,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,28 $\pm$ 5,10
	Temmuz	75,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,09 $\pm$ 7,90	0,24 $\pm$ 5,95
	Ağustos	37,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	1,60 $\pm$ 1,90
	Eylül	212,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,42 $\pm$ 2,00	0,00 $\pm$ 0,00
	Ekim	187,50	0,01 $\pm$ 7,25	1,27 $\pm$ 0,30	0,20 $\pm$ 5,00
	Kasım	25,00	0,88 $\pm$ 1,40	11,03 $\pm$ 0,45	3,19 $\pm$ 1,40
	Ortalama	104,17	0,21 $\pm$ 2,69	2,14 $\pm$ 1,77	0,92 $\pm$ 3,22
	Aralık	25,00 – 212,50	0,00 – 0,88	0,00 – 11,03	0,00 – 3,19
Yeşiltepe	Haziran	162,50	0,24 $\pm$ 5,45	0,01 $\pm$ 7,95	0,03 $\pm$ 5,30
	Temmuz	87,50	0,02 $\pm$ 0,00	0,02 $\pm$ 6,80	0,27 $\pm$ 4,30
	Ağustos	25,00	0,25 $\pm$ 7,70	0,01 $\pm$ 5,75	1,27 $\pm$ 7,60
	Eylül	187,50	0,14 $\pm$ 0,40	1,18 $\pm$ 0,85	0,20 $\pm$ 3,15
	Ekim	75,00	0,00 $\pm$ 0,00	3,61 $\pm$ 0,10	0,92 $\pm$ 1,70
	Kasım	162,50	0,04 $\pm$ 0,00	1,69 $\pm$ 0,65	0,43 $\pm$ 6,40
	Ortalama	116,67	0,12 $\pm$ 2,25	1,09 $\pm$ 3,68	0,52 $\pm$ 4,74
	Aralık	25,00 – 187,50	0,00 – 0,24	0,01 – 3,61	0,00 – 1,27
Genel Ortalama			0,23 $\pm$ 2,39	1,75 $\pm$ 2,39	0,69 $\pm$ 3,50

### 6.3. Havadaki Metal Derişimlerinin PM<sub>10</sub> için Aylara Bağlı Değişimi

Elde edilen veriler incelendiğinde; Kaba partikül fraksiyonu PM<sub>10</sub> için; Kampüs bölgesinde bulunan Bakır elementinin 2,09  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Haziran ayında, Mangan ve Nikel elementleri sırasıyla; 21,73  $\mu\text{g m}^{-3}$  ve 6,07  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kasım ayında en yüksek seviyelere sahip olduğu göze çarpmaktadır.

Merkez bölgesinde, Bakır elementi 0,21  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Ağustos ayında en yüksek değerindeyken, Mangan ve Nikel elementleri sırasıyla; 7,24  $\mu\text{g m}^{-3}$  ve 2,14  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kasım ayında en yüksek değerlerinde gözlenmiştir.

Ozanlar bölgesinde, Bakır ve Nikel elementlerinin en yüksek değerleri sırasıyla; 0,49  $\mu\text{g m}^{-3}$  ve 2,39  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Ağustos ayında gözlenirken, Mangan elementi ise 1,79  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kasım ayında en yüksek değerde gözlenmiştir.

Yeşiltepe bölgesine baktığımız zaman ise, Bakır elementi 0,48  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Haziran ayında, Mangan ve Nikel elementleri ise sırasıyla; 5,49  $\mu\text{g m}^{-3}$  ve 1,49  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Ağustos ayında en yüksek derişimlerinde elde edilmiştir.

Tablo 6.3. PM<sub>10</sub> toz örneklerinin aylara ait ağır metal derişimleri ( $\mu\text{g m}^{-3} \pm \% \text{RSD}$ )

		Toz Miktarı ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Cu	Mn	Ni
Kampüs	Haziran	25,00	2,09 $\pm$ 6,45	0,00 $\pm$ 0,00	0,89 $\pm$ 1,35
	Temmuz	62,50	0,06 $\pm$ 0,00	0,05 $\pm$ 6,80	0,06 $\pm$ 7,30
	Ağustos	50,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	1,34 $\pm$ 5,80
	Eylül	175,00	0,00 $\pm$ 0,00	1,18 $\pm$ 0,85	0,17 $\pm$ 6,25
	Ekim	137,50	0,00 $\pm$ 0,00	1,87 $\pm$ 0,10	0,53 $\pm$ 4,10
	Kasım	12,50	0,10 $\pm$ 7,65	21,73 $\pm$ 0,65	6,07 $\pm$ 4,55
	Ortalama	77,08	0,38 $\pm$ 2,35	4,14 $\pm$ 1,40	1,51 $\pm$ 4,88
	Aralık	25,00 – 175,00	0,00 – 2,09	0,00 – 21,73	0,00 – 6,07
Merkez	Haziran	137,50	0,18 $\pm$ 5,60	0,05 $\pm$ 3,00	0,02 $\pm$ 6,85
	Temmuz	100,00	0,08 $\pm$ 6,10	0,01 $\pm$ 1,65	0,47 $\pm$ 4,20
	Ağustos	100,00	0,21 $\pm$ 8,75	0,00 $\pm$ 0,00	0,32 $\pm$ 4,15
	Eylül	137,50	0,00 $\pm$ 0,00	1,25 $\pm$ 1,00	0,04 $\pm$ 6,35
	Ekim	262,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,99 $\pm$ 2,80	0,23 $\pm$ 3,20
	Kasım	37,50	0,06 $\pm$ 8,70	7,24 $\pm$ 0,40	2,14 $\pm$ 0,70
	Ortalama	129,17	0,09 $\pm$ 4,85	1,59 $\pm$ 1,47	0,54 $\pm$ 4,24
	Aralık	37,50 – 262,50	0,00 – 0,21	0,00 – 7,24	0,02 – 2,14
Ozanlar	Haziran	125,00	0,08 $\pm$ 5,25	0,00 $\pm$ 0,00	0,34 $\pm$ 9,75
	Temmuz	100,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,06 $\pm$ 2,65	0,20 $\pm$ 6,30
	Ağustos	37,50	0,49 $\pm$ 4,00	0,00 $\pm$ 0,00	2,39 $\pm$ 1,80
	Eylül	262,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,46 $\pm$ 0,85	0,00 $\pm$ 0,00
	Ekim	212,50	0,07 $\pm$ 8,20	1,16 $\pm$ 2,15	0,33 $\pm$ 9,45
	Kasım	150,00	0,05 $\pm$ 9,70	1,79 $\pm$ 0,50	0,55 $\pm$ 7,30
	Ortalama	147,92	0,12 $\pm$ 4,52	0,58 $\pm$ 1,02	0,64 $\pm$ 5,76
	Aralık	37,50 – 262,50	0,00 – 0,49	0,00 – 1,79	0,00 – 0,64
Yeşiltepe	Haziran	50,00	0,48 $\pm$ 8,00	0,02 $\pm$ 7,40	0,00 $\pm$ 0,00
	Temmuz	162,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,06 $\pm$ 7,50
	Ağustos	50,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,76 $\pm$ 6,45
	Eylül	187,50	0,08 $\pm$ 6,50	1,20 $\pm$ 1,80	0,14 $\pm$ 3,25
	Ekim	187,50	0,12 $\pm$ 3,10	1,42 $\pm$ 0,20	0,36 $\pm$ 3,05
	Kasım	50,00	0,10 $\pm$ 1,65	5,49 $\pm$ 0,65	1,49 $\pm$ 1,70
	Ortalama	114,58	0,13 $\pm$ 3,20	1,36 $\pm$ 1,67	0,47 $\pm$ 3,65
	Aralık	50,00 – 187,50	0,00 – 0,48	0,00 – 5,49	0,00 – 1,49
Genel Ortalama			0,23 $\pm$ 2,39	1,75 $\pm$ 2,39	0,69 $\pm$ 3,50

#### 6.4. Havadaki Metal Derişimlerinin PM<sub>1</sub> için Bölgelere Bağlı Değişimi

PM<sub>1</sub> partikül maddelerinin içerdikleri metallerin bölgeler bazındaki derişim ortalamalarına bakıldığında, Haziran ayında Bakır elementi 0,74  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kampüs bölgesinde, Mangan elementi 0,01  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Yeşiltepe bölgesinde ve Nikel elementi 0,52  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Merkez bölgesinde en yüksek değerde bulunmuştur.

Temmuz ayındaki verilerde Bakır elementi 0,36  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kampüs bölgesinde, Mangan elementi 0,09  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Ozanlar bölgesinde ve Nikel elementi ise 0,31  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Merkez bölgesinde en yüksek değerde tespit edilmiştir.

Ağustos ayında ise, Bakır ve Mangan elementleri sırasıyla; 0,43  $\mu\text{g m}^{-3}$  ve 0,04  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Merkez Bölgesinde en yüksek seviyedeysen, Nikel elementi 1,60  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kampüs bölgesinde en yüksek seviyededir.

Eylül ayındaki verilere göre Bakır ve Nikel elementleri sırasıyla; 0,14  $\mu\text{g m}^{-3}$  ve 0,20  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Yeşiltepe bölgesinde, Mangan elementi ise 1,24  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile en yüksek seviyededir.

Ekim ayında bütün elementler sırasıyla; 0,61  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 6,82  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 1,54  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kampüs bölgesinde, Kasım ayında sırasıyla; 0,88  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 11,03  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 3,19  $\mu\text{g m}^{-3}$ , ile Ozanlar bölgesinde en yüksek değerde gözlenmiştir.



Tablo 6.4. PM<sub>1</sub> toz örneklerinin bölgelere ait ağır metal derişimleri ( $\mu\text{g m}^{-3} \pm \% \text{RSD}$ )

		Toz Miktarı ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Cu	Mn	Ni
Haziran	Kampüs	25,00	0,74 $\pm$ 6,45	0,00 $\pm$ 0,00	0,08 $\pm$ 5,15
	Merkez	150,00	0,19 $\pm$ 1,60	0,00 $\pm$ 0,00	0,52 $\pm$ 3,75
	Ozanlar	87,50	0,34 $\pm$ 7,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,28 $\pm$ 5,10
	Yeşiltepe	162,50	0,24 $\pm$ 5,45	0,01 $\pm$ 7,95	0,03 $\pm$ 5,30
	Ortalama	106,25	0,38 $\pm$ 5,25	0,00 $\pm$ 1,98	0,23 $\pm$ 4,82
	Aralık	25,00 – 162,50	0,19 – 0,74	0,00 – 0,01	0,03 – 0,52
Temmuz	Kampüs	62,50	0,36 $\pm$ 1,50	0,04 $\pm$ 5,25	0,25 $\pm$ 2,60
	Merkez	100,00	0,20 $\pm$ 2,50	0,03 $\pm$ 5,30	0,31 $\pm$ 3,15
	Ozanlar	75,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,09 $\pm$ 7,90	0,24 $\pm$ 5,95
	Yeşiltepe	87,50	0,02 $\pm$ 0,00	0,02 $\pm$ 6,80	0,27 $\pm$ 4,30
	Ortalama	81,25	0,15 $\pm$ 1,00	0,05 $\pm$ 6,31	0,27 $\pm$ 4,00
	Aralık	62,50 – 100,00	0,00 – 0,36	0,002 – 0,09	0,24 – 0,31
Ağustos	Kampüs	62,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,73 $\pm$ 0,65
	Merkez	75,00	0,43 $\pm$ 3,45	0,04 $\pm$ 3,65	0,24 $\pm$ 0,85
	Ozanlar	37,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	1,60 $\pm$ 1,90
	Yeşiltepe	25,00	0,25 $\pm$ 7,70	0,01 $\pm$ 5,75	1,27 $\pm$ 7,60
	Ortalama	50,00	0,17 $\pm$ 2,78	0,01 $\pm$ 2,35	0,96 $\pm$ 2,75
	Aralık	25,00 – 75,00	0,00 – 0,43	0,00 – 0,04	0,24 – 1,60
Eylül	Kampüs	150,00	0,03 $\pm$ 1,65	1,24 $\pm$ 2,40	0,06 $\pm$ 5,60
	Merkez	262,50	0,10 $\pm$ 0,75	0,58 $\pm$ 1,70	0,00 $\pm$ 0,00
	Ozanlar	212,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,42 $\pm$ 2,00	0,00 $\pm$ 0,00
	Yeşiltepe	187,50	0,14 $\pm$ 0,40	1,18 $\pm$ 0,85	0,20 $\pm$ 3,15
	Ortalama	203,12	0,07 $\pm$ 0,70	0,86 $\pm$ 1,73	0,07 $\pm$ 2,18
	Aralık	150,00 – 262,50	0,00 – 0,14	0,42 – 1,18	0,00 – 0,20
Ekim	Kampüs	37,50	0,61 $\pm$ 2,10	6,82 $\pm$ 1,15	1,54 $\pm$ 4,00
	Merkez	287,50	0,01 $\pm$ 0,70	0,88 $\pm$ 2,05	0,19 $\pm$ 1,60
	Ozanlar	187,50	0,01 $\pm$ 7,25	1,27 $\pm$ 0,30	0,20 $\pm$ 5,00
	Yeşiltepe	75,00	0,00 $\pm$ 0,00	3,61 $\pm$ 0,10	0,92 $\pm$ 1,70
	Ortalama	146,88	0,16 $\pm$ 2,51	3,15 $\pm$ 0,90	0,71 $\pm$ 3,07
	Aralık	37,50 – 287,50	0,00 – 0,61	0,88 – 6,82	0,19 – 0,92
Kasım	Kampüs	50,00	0,13 $\pm$ 0,10	5,55 $\pm$ 2,75	1,56 $\pm$ 2,50
	Merkez	37,50	0,66 $\pm$ 6,90	7,43 $\pm$ 0,45	2,51 $\pm$ 6,45
	Ozanlar	25,00	0,88 $\pm$ 1,40	11,03 $\pm$ 0,45	3,19 $\pm$ 1,40
	Yeşiltepe	162,50	0,04 $\pm$ 0,00	1,69 $\pm$ 0,65	0,43 $\pm$ 6,40
	Ortalama	68,75	0,43 $\pm$ 2,10	6,43 $\pm$ 1,07	1,92 $\pm$ 4,18
	Aralık	25,00 – 162,50	0,04 – 0,88	1,69 – 11,03	0,43 – 3,19
Genel Ortalama			0,18 $\pm$ 3,73	1,92 $\pm$ 1,39	0,79 $\pm$ 4,63

### 6.5. Havadaki Metal Derişimlerinin PM<sub>10</sub> için Bölgelere Bağlı Değişimi

PM<sub>10</sub> partikül maddelerinin içerdikleri metallerin bölgeler bazındaki derişim ortalamalarına bakıldığında, Haziran ayında Bakır elementi 2,09  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kampüs bölgesinde, Mangan elementi 0,05  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Merkez bölgesinde ve Nikel elementi 0,89  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kampüs bölgesinde en yüksek değerde bulunmuştur.

Temmuz ayında, Bakır elementi 0,08  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Merkez bölgesinde, Mangan elementi 0,06  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Ozanlar Bölgesinde en yüksek seviyedeysen, Nikel elementi ise 0,47  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Merkez bölgesinde en yüksek seviyededir.

Ağustos ayında Bakır ve Nikel elementleri sırasıyla; 0,49  $\mu\text{g m}^{-3}$  ve 2,39  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Ozanlar bölgesinde en yüksek seviyede gözlenmiştir. Mangan elementi ise Ağustos ayında hiçbir bölgede bulunmamıştır.

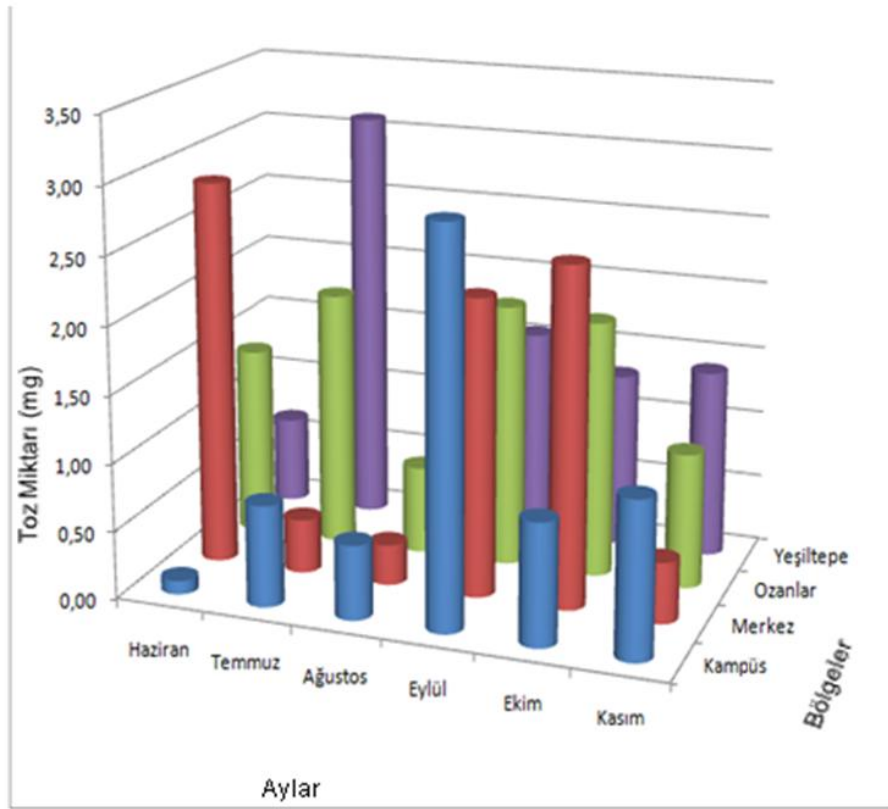
Eylül ayında, Bakır elementi 0,08  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Yeşiltepe bölgesinde, Mangan elementi 1,25  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Merkez bölgesinde en yüksek seviyedeysen, Nikel elementi ise 0,17  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kampüs bölgesinde en yüksek seviyededir.

Ekim ayındaki verilere göre, Bakır elementi 0,12  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Yeşiltepe bölgesinde, Mangan elementi, 1,87  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Nikel elementi ise 0,53  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kampüs bölgesinde en yüksek değerde gözlenmiştir.

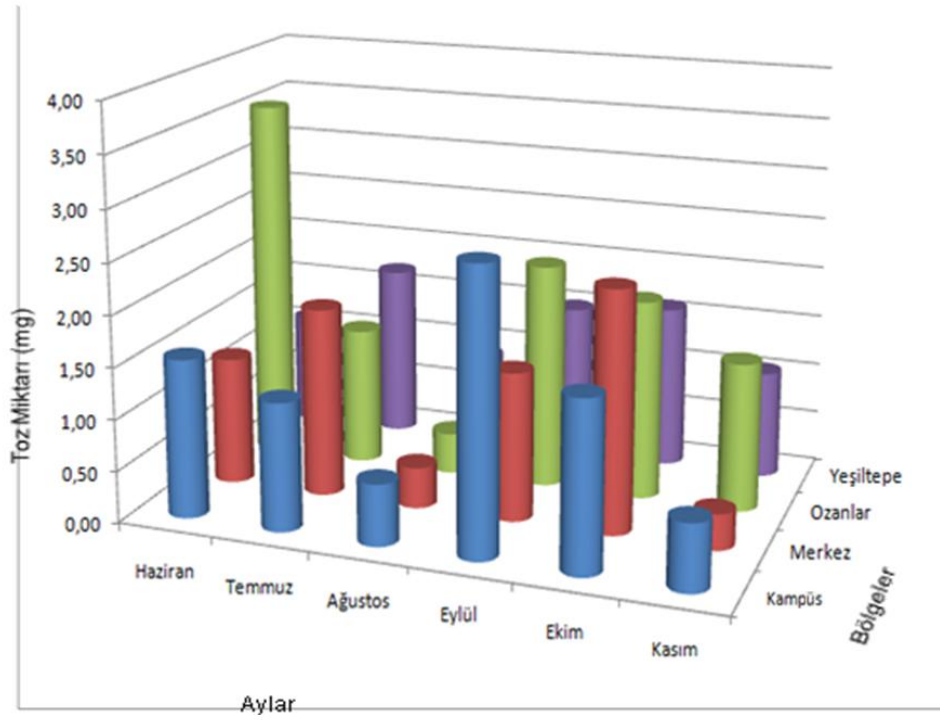
Son olarak Ekim ayında, Bakır elementi 0,10  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kampüs ve Yeşiltepe bölgelerinde, Mangan elementi, 21,73  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Nikel elementi, 0,53  $\mu\text{g m}^{-3}$  ile Kampüs bölgesinde en yüksek değerde elde edilmiştir.

Tablo 6.5. PM<sub>10</sub> toz örneklerinin bölgelere ait ağır metal derişimleri ( $\mu\text{g m}^{-3} \pm \% \text{RSD}$ )

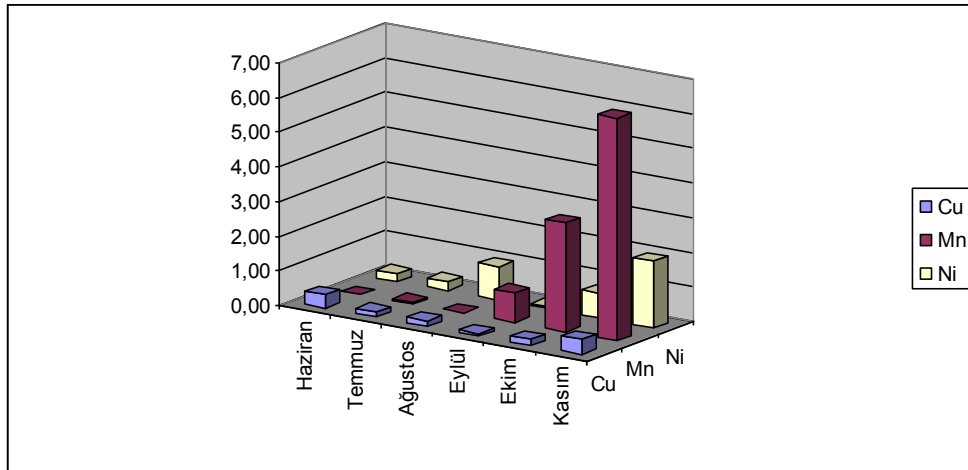
		Toz Miktarı ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Cu	Mn	Ni
Haziran	Kampüs	25,00	2,09 $\pm$ 6,45	0,00 $\pm$ 0,00	0,89 $\pm$ 1,35
	Merkez	137,50	0,18 $\pm$ 5,60	0,05 $\pm$ 3,00	0,02 $\pm$ 6,85
	Ozanlar	125,00	0,08 $\pm$ 5,25	0,00 $\pm$ 0,00	0,34 $\pm$ 9,75
	Yeşiltepe	50,00	0,48 $\pm$ 8,00	0,02 $\pm$ 7,40	0,00 $\pm$ 0,00
	Ortalama	84,38	0,71 $\pm$ 6,32	0,02 $\pm$ 2,60	0,31 $\pm$ 4,48
	Aralık	25,00 – 137,50	0,08 – 2,09	0,00 – 0,05	0,00 – 0,89
Temmuz	Kampüs	62,50	0,06 $\pm$ 0,00	0,05 $\pm$ 6,80	0,06 $\pm$ 7,30
	Merkez	100,00	0,08 $\pm$ 6,10	0,01 $\pm$ 1,65	0,47 $\pm$ 4,20
	Ozanlar	100,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,06 $\pm$ 2,65	0,20 $\pm$ 6,30
	Yeşiltepe	162,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,06 $\pm$ 7,50
	Ortalama	106,25	0,04 $\pm$ 1,50	0,03 $\pm$ 2,77	0,20 $\pm$ 6,32
	Aralık	62,50 – 162,50	0,00 – 0,08	0,00 – 0,06	0,00 – 0,47
Ağustos	Kampüs	50,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	1,34 $\pm$ 5,80
	Merkez	100,00	0,21 $\pm$ 8,75	0,00 $\pm$ 0,00	0,32 $\pm$ 4,15
	Ozanlar	37,50	0,49 $\pm$ 4,00	0,00 $\pm$ 0,00	2,39 $\pm$ 1,80
	Yeşiltepe	50,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,76 $\pm$ 6,45
	Ortalama	59,37	0,18 $\pm$ 3,18	0,00 $\pm$ 0,00	1,20 $\pm$ 4,55
	Aralık	37,50 – 100,00	0,00 – 0,49	0,00 – 0,00	0,32 – 1,34
Eylül	Kampüs	175,00	0,00 $\pm$ 0,00	1,18 $\pm$ 0,85	0,17 $\pm$ 6,25
	Merkez	137,50	0,00 $\pm$ 0,00	1,25 $\pm$ 1,00	0,04 $\pm$ 6,35
	Ozanlar	262,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,46 $\pm$ 0,85	0,00 $\pm$ 0,00
	Yeşiltepe	187,50	0,08 $\pm$ 6,50	1,20 $\pm$ 1,80	0,14 $\pm$ 3,25
	Ortalama	190,63	0,02 $\pm$ 1,62	1,02 $\pm$ 1,12	0,09 $\pm$ 3,96
	Aralık	137,50 – 262,50	0,00 – 0,08	0,46 – 1,25	0,00 – 0,17
Ekim	Kampüs	137,50	0,00 $\pm$ 0,00	1,87 $\pm$ 0,10	0,53 $\pm$ 4,10
	Merkez	262,50	0,00 $\pm$ 0,00	0,99 $\pm$ 2,80	0,23 $\pm$ 3,20
	Ozanlar	212,50	0,07 $\pm$ 8,20	1,16 $\pm$ 2,15	0,33 $\pm$ 9,45
	Yeşiltepe	187,50	0,12 $\pm$ 3,10	1,42 $\pm$ 0,20	0,36 $\pm$ 3,05
	Ortalama	200,00	0,05 $\pm$ 2,82	1,36 $\pm$ 1,31	0,36 $\pm$ 4,95
	Aralık	137,50 – 262,50	0,00 – 0,12	0,99 – 1,87	0,23 – 0,53
Kasım	Kampüs	12,50	0,10 $\pm$ 7,65	21,73 $\pm$ 0,65	6,07 $\pm$ 4,55
	Merkez	37,50	0,06 $\pm$ 8,70	7,24 $\pm$ 0,40	2,14 $\pm$ 0,70
	Ozanlar	150,00	0,05 $\pm$ 9,70	1,79 $\pm$ 0,50	0,55 $\pm$ 7,30
	Yeşiltepe	50,00	0,10 $\pm$ 1,65	5,49 $\pm$ 0,65	1,49 $\pm$ 1,70
	Ortalama	62,50	0,08 $\pm$ 6,92	9,06 $\pm$ 0,55	2,56 $\pm$ 3,56
	Aralık	12,50 – 150,00	0,05 – 0,10	1,79 – 21,73	0,55 – 6,07
Genel Ortalama			0,18 $\pm$ 3,73	1,92 $\pm$ 1,39	0,79 $\pm$ 4,63



Şekil 6.1. Bölgelere ve Aylara Göre Toplanan PM<sub>1</sub> Partikül Toz İçeriklerinin Grafiği



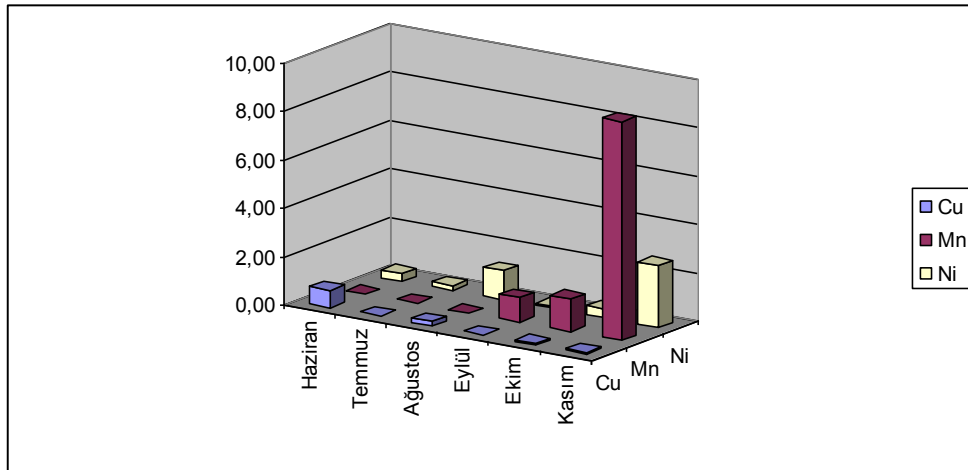
Şekil 6.2. Bölgelere ve Aylara Göre Toplanan PM<sub>10</sub> Partikül Toz İçeriklerinin Grafiği



Şekil 6.3. PM<sub>1</sub> için Aylara Göre Toplanan Partikül Madde Derişim Ortalamalarının Grafiği

Tablo 6.6. PM<sub>1</sub> için Elementlerin Aylara göre Derişim Ortalamaları( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

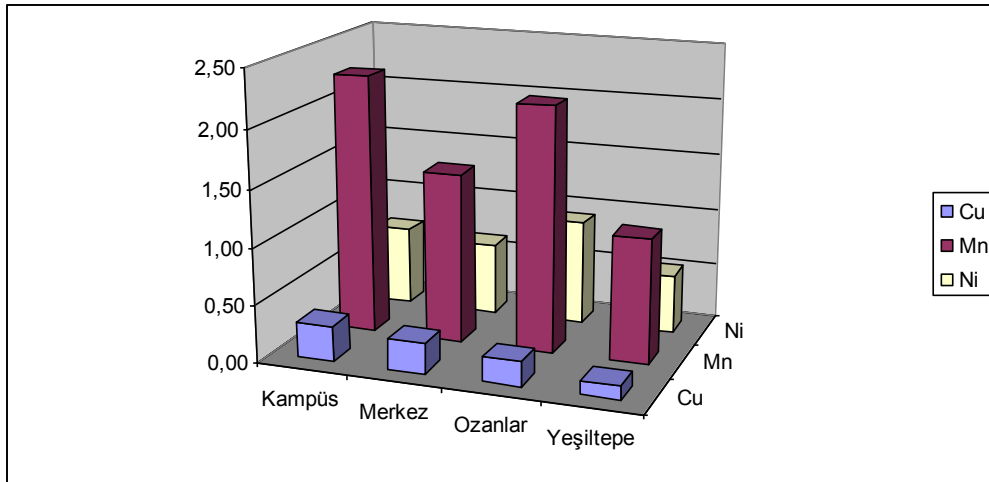
	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Cu	0,38	0,15	0,17	0,07	0,16	0,43
Mn	0,00	0,05	0,01	0,86	3,15	6,43
Ni	0,23	0,27	0,96	0,07	0,71	1,92



Şekil 6.4. PM<sub>10</sub> için Aylara Göre Toplanan Partikül Madde Derişim Ortalamalarının Grafiği

Tablo 6.7. PM<sub>10</sub> için Elementlerin Aylara göre Derişim Ortalamaları( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

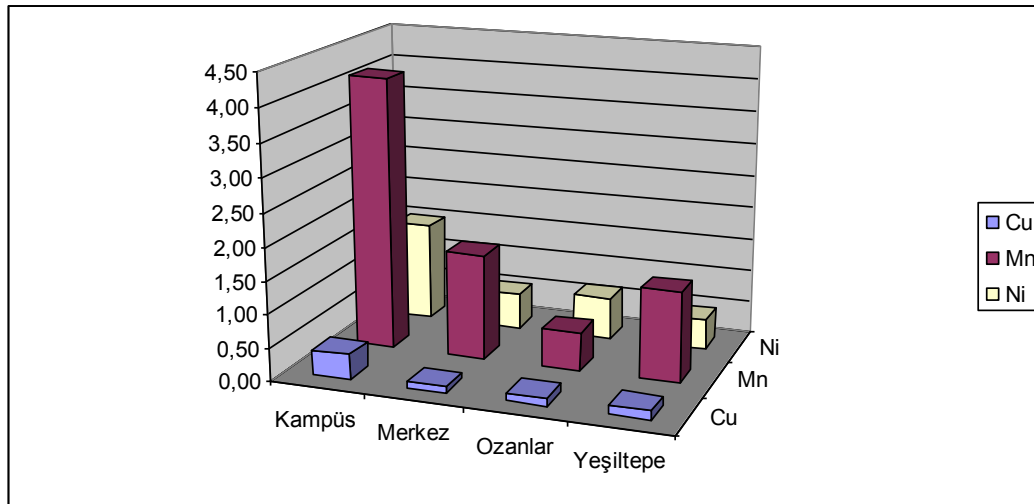
	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Cu	0,71	0,04	0,18	0,02	0,05	0,08
Mn	0,02	0,03	0,00	1,02	1,36	9,06
Ni	0,31	0,20	1,20	0,09	0,36	2,56



Şekil 6.5. PM<sub>1</sub> için Bölgelere Göre Toplanan Partikül Madde Derişim Ortalamalarının Grafiği

Tablo 6.8. PM<sub>1</sub> için Elementlerin Bölgelere göre Derişim Ortalamaları( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

	Kampüs	Merkez	Ozanlar	Yeşiltepe
Cu	0,31	0,27	0,21	0,12
Mn	2,28	1,49	2,14	1,09
Ni	0,70	0,63	0,92	0,52



Şekil 6.6. PM<sub>10</sub> için Bölgelere Göre Toplanan Partikül Madde Derişim Ortalamalarının Grafiği

Tablo 6.9. PM<sub>10</sub> için Elementlerin Bölgelere göre Derişim Ortalamaları ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

	Kampüs	Merkez	Ozanlar	Yeşiltepe
Cu	0,38	0,09	0,12	0,13
Mn	4,14	1,59	0,58	1,36
Ni	1,51	0,54	0,64	0,47

## 6.6. PM<sub>1</sub> ve PM<sub>10</sub> Tanecik Boyutlarından Bölgelere ve Aylara Göre Elementel Derişim Düzeyleri

Tablo 6.10 'da verilen partikül maddelerinin içerdikleri metallerin PM<sub>1</sub> ve PM<sub>10</sub> için ortalama derişim değerleri incelendiğinde, Kampüs bölgesinde Bakır elementi sırasıyla,  $0,31 \pm 1,96 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $2,28 \pm 1,92 \mu\text{g m}^{-3}$ ; Mangan elementi sırasıyla,  $0,70 \pm 3,41 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $0,38 \pm 2,35 \mu\text{g m}^{-3}$ ; son olarak Nikel elementi sırasıyla,  $4,14 \pm 1,40 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $1,51 \pm 4,88 \mu\text{g m}^{-3}$  olarak elde edilmiştir.

Merkez Bölgesinde, Bakır elementi sırasıyla,  $0,27 \pm 2,65 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $0,09 \pm 4,85 \mu\text{g m}^{-3}$ ; Mangan elementi sırasıyla,  $1,49 \pm 2,19 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $1,59 \pm 1,47 \mu\text{g m}^{-3}$ ; son olarak Nikel elementi sırasıyla,  $0,63 \pm 2,63 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $0,54 \pm 4,24 \mu\text{g m}^{-3}$  olarak bulunmuştur.

Ozanlar Bölgesinde, Bakır elementi sırasıyla,  $0,21 \pm 2,69 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $0,12 \pm 4,52 \mu\text{g m}^{-3}$ ; Mangan elementi sırasıyla,  $2,14 \pm 1,77 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $0,58 \pm 1,02 \mu\text{g m}^{-3}$ ; son olarak Nikel elementi sırasıyla,  $0,92 \pm 3,22 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $0,64 \pm 5,76 \mu\text{g m}^{-3}$  seviyelerinde gözlenmiştir.

Yeşiltepe Bölgesinde, Bakır elementi sırasıyla,  $0,12 \pm 2,25 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $0,13 \pm 3,20 \mu\text{g m}^{-3}$ ; Mangan elementi sırasıyla  $1,09 \pm 3,68 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $1,36 \pm 1,67 \mu\text{g m}^{-3}$ ; son olarak Nikel elementi sırasıyla,  $0,52 \pm 4,74 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $0,47 \pm 3,65 \mu\text{g m}^{-3}$  olarak tespit edilmiştir.

Tablo 6.10. PM<sub>1</sub> ve PM<sub>10</sub> Tanecik Boyutlarından Örnekleme Bölgeleri ve Aylara Göre Elementel Derişim Düzeyleri ( $\mu\text{g m}^{-3} \pm \% \text{RSD}$ )

		Kampüs		Merkez		Ozanlar		Yeşiltepe		Ortalama	
Element	Aylar	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>
Cu	Haziran	0,74 ± 6,45	2,09 ± 6,45	0,19 ± 1,60	0,18 ± 5,60	0,34 ± 7,50	0,08 ± 5,25	0,24 ± 5,45	0,48 ± 8,00	0,38 ± 5,25	0,71 ± 6,32
	Temmuz	0,36 ± 1,50	0,06 ± 0,00	0,20 ± 2,50	0,08 ± 6,10	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,15 ± 1,00	0,04 ± 1,50
	Ağustos	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,43 ± 3,45	0,21 ± 8,75	0,00 ± 0,00	0,49 ± 4,00	0,25 ± 7,70	0,00 ± 0,00	0,17 ± 2,78	0,18 ± 3,18
	Eylül	0,03 ± 1,65	0,00 ± 0,00	0,10 ± 0,75	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,14 ± 0,40	0,08 ± 6,50	0,07 ± 0,70	0,02 ± 1,62
	Ekim	0,61 ± 2,10	0,00 ± 0,00	0,01 ± 0,70	0,00 ± 0,00	0,01 ± 7,25	0,07 ± 8,20	0,00 ± 0,00	0,12 ± 3,10	0,16 ± 2,51	0,05 ± 2,82
	Kasım	0,13 ± 0,10	0,10 ± 7,65	0,66 ± 6,90	0,06 ± 8,70	0,88 ± 1,40	0,05 ± 9,70	0,04 ± 0,00	0,10 ± 1,65	0,43 ± 2,10	0,08 ± 6,92
	Ortalama	0,31 ± 1,96	0,38 ± 2,35	0,27 ± 2,65	0,09 ± 4,85	0,21 ± 2,69	0,12 ± 4,52	0,12 ± 2,25	0,13 ± 3,20		
Mn	Haziran	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,05 ± 3,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,01 ± 7,95	0,02 ± 7,40	0,00 ± 1,98	0,02 ± 2,60
	Temmuz	0,04 ± 5,25	0,05 ± 6,80	0,03 ± 5,30	0,01 ± 1,65	0,09 ± 7,90	0,06 ± 2,65	0,02 ± 6,80	0,00 ± 0,00	0,05 ± 6,31	0,03 ± 2,77
	Ağustos	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,04 ± 3,65	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,01 ± 5,75	0,00 ± 0,00	0,01 ± 2,35	0,00 ± 0,00
	Eylül	1,24 ± 2,40	1,18 ± 0,85	0,58 ± 1,70	1,25 ± 1,00	0,42 ± 2,00	0,46 ± 0,85	1,18 ± 0,85	1,20 ± 1,80	0,86 ± 1,73	1,02 ± 1,12
	Ekim	6,82 ± 1,15	1,87 ± 0,10	0,88 ± 2,05	0,99 ± 2,80	1,27 ± 0,30	1,16 ± 2,15	3,61 ± 0,10	1,42 ± 0,20	3,15 ± 0,90	1,36 ± 1,31
	Kasım	5,55 ± 2,75	21,73 ± 0,65	7,43 ± 0,45	7,24 ± 0,40	11,03 ± 0,45	1,79 ± 0,50	1,69 ± 0,65	5,49 ± 0,65	6,43 ± 1,07	9,06 ± 0,55
	Ortalama	2,28 ± 1,92	4,14 ± 1,40	1,49 ± 2,19	1,59 ± 1,47	2,14 ± 1,77	0,58 ± 1,02	1,09 ± 3,68	1,36 ± 1,67		
Ni	Haziran	0,08 ± 5,15	0,89 ± 1,35	0,52 ± 3,75	0,02 ± 6,85	0,28 ± 5,10	0,34 ± 9,75	0,03 ± 5,30	0,00 ± 0,00	0,23 ± 4,82	0,31 ± 4,48
	Temmuz	0,25 ± 2,60	0,06 ± 7,30	0,31 ± 3,15	0,47 ± 4,20	0,24 ± 5,95	0,20 ± 6,30	0,27 ± 4,30	0,06 ± 7,50	0,27 ± 4,00	0,20 ± 6,32
	Ağustos	0,73 ± 0,65	1,34 ± 5,80	0,24 ± 0,85	0,32 ± 4,15	1,60 ± 1,90	2,39 ± 1,80	1,27 ± 7,60	0,76 ± 6,45	0,96 ± 2,75	1,20 ± 4,55
	Eylül	0,06 ± 5,60	0,17 ± 6,25	0,00 ± 0,00	0,04 ± 6,35	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,20 ± 3,15	0,14 ± 3,25	0,07 ± 2,18	0,09 ± 3,96
	Ekim	1,54 ± 4,00	0,53 ± 4,10	0,19 ± 1,60	0,23 ± 3,20	0,20 ± 5,00	0,33 ± 9,45	0,92 ± 1,70	0,36 ± 3,05	0,71 ± 3,07	0,36 ± 4,95
	Kasım	1,56 ± 2,50	6,07 ± 4,55	2,51 ± 6,45	2,14 ± 0,70	3,19 ± 1,40	0,55 ± 7,30	0,43 ± 6,40	1,49 ± 1,70	1,92 ± 4,18	2,56 ± 3,56
	Ortalama	0,70 ± 3,41	1,51 ± 4,88	0,63 ± 2,63	0,54 ± 4,24	0,92 ± 3,22	0,64 ± 5,76	0,52 ± 4,74	0,47 ± 3,65		



## **BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu tez çalışmasında, partiküler madde ile ilgili dünyada yapılan çalışmalar literatürden taranıp, sağlık ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri incelenmiştir. Haziran 2009-Kasım 2009 dönemleri arasında 6 ay süresince Isleworth MRE 113A tipi toz örnekleyici ile Sakarya ilinin dört bölgesinden (Serdivan İlçesi, Çark Caddesi, Ozanlar İlçesi ve Yeşiltepe İlçesi) havadan 10 µm ve 1 µm çaptaki partikül maddeler aylık periyotlarla toplanmıştır. Örnekler Alevli AAS cihazı ile analiz edilmiştir. Sakarya atmosferindeki partikül madde bileşiminde Cu, Mn, ve Ni metalleri bulunmuş ve ayrıca Al ve V elementlerinin varlığı araştırılmış ancak bu metaller kantitatif tayin limitinin altında olması nedeniyle hava örneklerinde tespit edilememiştir.

Sakarya ilinin, nüfus yoğunluğunun, trafik yoğunluğunun ve coğrafik özelliklerin konumla birlikte değişiklikler gösteriyor olması hava kalitesinde büyük farklılıklara yol açmaktadır. Çalışmadaki dört örnekleme bölgesinden; Çark Caddesi ve Ozanlar bölgeleri bina ve trafik yoğunluğuna sahiptir. Yeşiltepe bölgesi sanayiye yakındır ve Serdivan İlçesinde bulunan Kampüs bölgesi ise şehir merkezine uzak olmasına karşın, üniversitenin bulunduğu öğrencilerin eğitim ve yaşam alanıdır.

Bu çalışmada ulusal hava kalitesi standart değerleri göz önüne alınmıştır. Sakarya'nın hava kalitesi için partiküler madde (PM<sub>10</sub> ve PM<sub>1</sub>) kirliliği açısından daha önce hiç çalışma yapılmamış olup Haziran 2009 - Kasım 2009 dönemi arasında yapılan bu çalışmanın sonuçları Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınan Meteorolojik parametreler ile birlikte incelenmiştir.

Tablo 7.1. Bölgelere ve aylara göre toplanan PM<sub>1</sub> ve PM<sub>10</sub> için partiküler toz madde miktarları (µg m<sup>-3</sup>)

Aylar	Kampüs		Merkez		Ozanlar		Yeşiltepe		Ortalama		Aralık	
	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub>
Haziran	25,00	25,00	150,00	137,50	87,50	125,00	162,50	50,00	106,25	84,38	25,00 – 162,50	25,00 – 137,50
Temmuz	62,50	62,50	100,00	100,00	75,00	100,00	87,50	162,50	81,25	106,25	62,50 – 100,00	62,50 – 162,50
Ağustos	62,50	50,00	75,00	100,00	37,50	37,50	25,00	50,00	50,00	59,37	25,00 – 75,00	37,50 – 100,00
Eylül	150,00	175,00	262,50	137,50	212,50	262,50	187,50	187,50	203,12	190,63	150,00 – 262,50	137,50 – 262,50
Ekim	37,50	137,50	287,50	262,50	187,50	212,50	75,00	187,50	146,88	200,00	37,50 – 287,50	12,50 – 150,00
Kasım	50,00	12,50	37,50	37,50	25,00	150,00	162,50	50,00	68,75	62,50	25,00 – 162,50	77,08 – 147,92
Ortalama	64,58	77,08	152,08	129,17	104,17	147,92	116,67	114,58				
Aralık	25,00 – 150,00	25,00 – 175,00	37,50 – 287,50	37,50 – 262,50	25,00 – 212,50	37,50 – 262,50	25,00 – 187,50	50,00 – 187,50				

Tablo 7.1’de verilen bölgelere ve aylara göre toplanan  $PM_1$  ve  $PM_{10}$  için partiküler toz madde miktarlarına bakıldığı zaman, kritik ölçüm değerleri  $PM_{10}$  ortalama konsantrasyonları için Eylül ve Ekim aylarında sırasıyla,  $190 \mu g m^{-3}$  ve  $200 \mu g m^{-3}$  olmak üzere WHO ve EPA’ ya göre sınır değerlerin üzerinde gözlenmiştir. Ancak HKKY’ e göre dört bölgede 6 ay boyunca toplanan toz miktarlarının tamamı belirtilen sınır değeri aşmamıştır. (Bkz. Tablo 3.5) Yönetmelikte henüz  $PM_1$  için herhangi bir sınır değeri bulunmamaktadır. Tablo 7.2’ de ise  $PM_1$  ve  $PM_{10}$  için bazı ülkelerde yapılan çalışmalardan örnekler verilmiştir.

Tablo 7.2.  $PM_1$  ve  $PM_{10}$  için yapılan literatürdeki bazı çalışmalar ( $\mu g m^{-3}$ )

	$PM_1$	$PM_{10}$
Helsinki [9]	5,94	21,5
Londra [55]	12	26,5
Prag [56]	-	39,9
Barselona [57]	45	19
Milano [58]	29	-
Helsinki [59]	11	-
Milan [60]	36,3	-
Güney Brezilya [61]	-	42,31
İspanya [62]	-	49,8
İzmir [63]	-	73,4
Viyana [64]	14,2	26,1
Arizona [65]	5,9	32,8
Çin [66]	45,6	77

Sınır değerlerin üzerinde gözlenen Eylül ve Ekim aylarında  $PM > 150 \mu g/m^3$  değerinin gözleendiği dönemlerin meteorolojik parametrelerle arasındaki bağlantılara bakılmıştır. Sakarya’da 2009 yılının Haziran-Kasım ayları arasında hakim rüzgar yönü Kuzey, Kuzeydoğu ve Kuzeybatı olup, yalnız Ekim ve Kasım aylarının belirli günlerinde rüzgar rejimi değişkenlik göstermiş ve güney yönünden esmiştir. (Bkz. Tablo 5.1)

Konsantrasyonların pek çok Avrupa kentinden, AB ve EPA sınır değerlerinden yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. Bölgede ince partiküllerin baskın olması evsel, endüstriyel, tarımsal, egzoz gibi her türlü yanma kaynağının işareti olabilirken, kaba partiküllerin baskın olması cadde ve toprak tozu, inşaat tozu, polenler ve biyolojik maddeler gibi kaynaklarının işareti olabilmektedir.

Bazı aylarda Kampüs bölgesinden toplanan örneklerdeki metal derişimlerinin diğer üç bölgeden toplanan örneklerdeki metal derişimlerinden daha fazla olduğu

görülmüştür. Bunun nedeni olarak örnekleme periyodu süresince Kampüs örnekleme noktasında devam eden inşaat aktivitelerinin derişimlerin artmasına katkısı olduğu düşünölmektedir.

Dört çalışma bölgesindeki tüm metal derişimlerine baktığımız zaman ise; genel olarak 2009 yılı Kasım ayında, diğer aylardan çok daha yüksek bulunmuştur. Bu nedenle Sakarya şehrinde kış aylarında meydana gelen hava kirliliği seviyelerinin temel kaynağının ısınma nedeniyle kullanılan yakıtlar olduğu düşünölmektedir. 6 aylık çalışma süresince şehir atmosferinde  $PM_1$  ve  $PM_{10}$  bileşiminde bulunan elementlerden  $PM_1$  için en yüksek derişimler Cu için  $0,74 \mu g m^{-3}$ , Mn için  $11,03 \mu g m^{-3}$ , Ni için  $3,19 \mu g m^{-3}$  seviyeleriiken,  $PM_{10}$  bileşimindeki elementler için en yüksek derişimler Cu için  $2,09 \mu g m^{-3}$ , Mn için  $1,25 \mu g m^{-3}$  ve Ni için  $2,39 \mu g m^{-3}$  seviyelerinde belirlenmiştir.

$PM_{10}$  bileşimindeki Cu, Mn ve Ni elementlerinin literatürdeki çalışmalarla kıyaslanması Tablo 7.3'de verilmiştir. Tablo 7.3'ye baktığımız zaman, bizim çalışmamızdaki değerlerin diğer ölkelerdeki değerlerden genellikle yüksek olduğu göze çarpmaktadır.

Tablo 7.3.  $PM_{10}$  bileşiminde bulunan elementlerin literatürdeki diğer çalışmalarla kıyaslanması ( $\mu g m^{-3}$ )

	Cu	Mn	Ni
Kore [67]	0,55	0,37	0,02
Barcelona [57]	0,08	0,02	0,00
Taejon, Kore [68]	0,03	0,04	0,04
Viyana [69]	0,02	0,01	0,005
Floransa, İtalya [70]	0,15	0,04	0,007
Güney Brezilya [71]	0,04	0,01	0,009
Hong Kong, Çin [72]	35,3	23,0	8,62
İzmir [63]	0,03	0,03	0,014
Kıbrıs [73]	0,01	0,06	0,005
Bu çalışmada	0,23	1,75	0,69

Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde,  $PM_{10}$  ve  $PM_1$  partikül madde kütle konsantrasyonlarından meydana gelen yüksek konsantrasyon değerlerinin esas olarak yoğun trafik koşullarından ve de tozlu yol ortamından kaynaklandığı sonucu, bu konuda alınabilecek tedbirler konusunda yol gösterici olacaktır. Bu kapsamda, şehir içindeki inşaat faaliyetleri ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan toz miktarının azaltılması da hedeflenmelidir. Ülkemizde, özellikle dizel motorlu tüm araçlarda yakıt olarak Avrupa standardında yakıt kullanımının sağlanması için gerekli düzenlemelerin yapılması gereği ortaya çıkmaktadır. Aksi takdirde kalitesiz yakıt ve 10 numara yağ kullanımı ile çevresel kirliliğin artmasında önemli yer tutacaktır.

Kente özellikle kışın etkisini çok daha fazla hissettiren hava kirliliğinin temel kaynaklarından biri, ısınma amaçlı yakıt kullanımı olduğundan, yakıtın kalitesinin artırılması, denetimlerin sürekli ve ciddi bir şekilde yapılması gerekmektedir. Ancak kesin çözüm doğalgaz kullanımı olmalıdır. Toplu taşıma araçları ve özel otomobiller önemli bir kirlilik kaynağı olduğundan, bu konuda; halkın toplu taşımaya özendirilmesi, trafik akış güzergahlarının yeniden gözden geçirilmesi gibi düzenlemeler yapılmalıdır. Sanayi kuruluşlarının denetimleri sürekli ve sıkça yapılmalıdır. Gerekliyse arıtım sistemlerinin verimliliklerinin artırılması sağlanmalıdır veya az kirlilik üreten teknolojilerin kullanılmasına yönlendirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] ÖZTÜRK, M., Hava kalitesi indeksi, Ankara <http://www.rshm.saglik.gov.tr>, 2005.
- [2] INCECIK, S., Hava Kirliliği, Teknik Üniversite Matbaası, S. 26-41, İstanbul, 1994.
- [3] TUTAR, U., MIRICI, A., İnhale Edilen Partikülün Solunum Sistemindeki Serüveni, Türk Toraks Dergisi, Syf. 003–006, Nisan 2002.
- [4] MUEZZINOGLU, A., Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Yayınları, İzmir, 2005.
- [5] CANEPARI, S., PERRINO, C., OLIVIERI, F., ASTOLFI, M., Characterisation of the traffic sources of PM through size-segregated sampling, sequential leaching and ICP analysis, Atmospheric Environment 42 8161–8175, 2008.
- [6] MUNIR, H. SHAH, N., Statistical analysis of atmospheric trace metals and particulate fractions in Islamabad, Pakistan, Journal of Hazardous Materials 147 759–767, 2007.
- [7] ARIOLA, V., D’ALESSANDRO, A., LUCARELLI, F., MARCAZZAN, G., MAZZEI, F., NAVASE, S., GARCÍA-ORELLANA, I., PRATI, P., VALLI, G., VECVHÍ, R., ZUCCHİATTI, A., Elemental characterization of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> in the town of Genoa Italy, Chemosphere, 62, 226-232, 2006.
- [8] KLEJNOWSKI, K., KRASA, A., ROGULA, W., Seasonal variability of concentrations of total suspended particles (TSP) as well as PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> modes in Zabrze, Poland, Archives Of Environmental Protection 33, 15-27, 2007.
- [9] VALLIUS, J., RUUSKANEN, J., MIRME, A., PEKKANEN, J., Concentrations And Estimated Soot Content Of PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>10</sub> in a Subarctic Urban Atmosphere, Environ. Sci. Technol. 34, 1919-1925, 2000.
- [10] JIMÉNEZ-VÉLEZ, B., DETRÉS, Y., ARMSTRONG, R., GIODA, A., Characterization of African Dust (PM<sub>2.5</sub>) across the Atlantic Ocean during AEROSE 2004, Atmospheric Environment, 1–6, 2009.

- [11] Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı, Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, Hava Kirliliğine Genel Bakış.
- [12] KARPUZCU, M., Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Kubbealtı Yayınları , İstanbul, 2004.
- [13] AK, H., İstanbul İlinde Partikuler Madde Değerlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2006.
- [14] FINLAYSON - PİTTS, B.J., PİTTS, JN., Atmospheric Chemistry Fundamentals and Experimental Techniques, Wiley, 2000.
- [15] BAYRAKTAR, H., Kentsel atmosferde partikül madde kompozisyonu, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2006.
- [16] GÜNDÜZ, T., Çevre Kimyası, Bilge Yayıncılık, Ankara 2000.
- [17] SEINFELD, J., PANDIS, S., Atmospheric chemistry and physics of air pollution: from air pollution to climate change, New York, Wiley, 1998.
- [18] KAHRAMANTEKİN, T., Atmosferik Partiküllerde İyon Analizi ve İstatistiksel Değerlendirme, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2006.
- [19] US-EPA., Air Quality criteria Document for Particulate Matter (Fourth external Review Draft). Research Triangle Park, NC, US Environmental Protection Agency Office of research and Development, National Center for Environmental Assessment, 2003.
- [20] US-EPA., Air Quality Criteria for Particulate Matter. United States Environmental Protection Agency 1996.
- [21] Ambient Particulate Matter Characterization Guidelines, Canadian Chemical Producers, Association, April, 2001.
- [22] CALVERT, J.G., STOCKWELL, W.R., Acid generation in the troposphere by gasphase chemistry, Environmental Science and Technology, 17, 428, 1983.
- [23] HARRISON, RM., YIN, J.X., Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health?, Science Total Environment, 249, 85, 2000.
- [24] WATSON, J.G., CHOW, J.C., Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Source Contribution Estimates: Summary of Current Knowledge and Needed Research. DRI, 2000.

- [25] MORAWSKA, L., ZHANG, J.J., Combustion sources of particles. 1. Health relevance and source signatures, *Chemosphere*, 1045–1058 2002.
- [26] DOCKERY, D.W., Epidemiologic Evidence of Cardiovascular Effects of Particulate Air Pollution, *Environ. Health Perspect*, 109, 483- 486, 2001.
- [27] SIVASLIGIL, A., Gebze–Dilovası’nda Partikül Madde Kirliliği; Kirletici Kaynakların Dökümü ve Partikül Madde Kanserojenik PAH Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü, Gebze 2007.
- [28] O’ CALLAHAM, C., BARRY, P.W., The science of nebulised drug delivery, *Thorax*: 52 ; S31-S44, 1997.
- [29] Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Hava Kirliliği Kontrolü Genelgesi, 2005.
- [30] Ankara Çevre Laboratuvarı, <http://www.ankaracevrelab.com.tr>
- [31] LEE, Y.C., HILLS, P.R., Cool season pollution episodes in Hong Kong, 1996–2002, *Atmospheric Environment*, 37, 2927, 2003.
- [32] SCHROEDER, W.H., DOHSON, M., KANE, D.M., JOHNSON, N.D., Toxic trace elements associated with air borne particulate matter: a review, *Journal of Air Pollution Control Association*, 33, 1267, 1987.
- [33] BISWAS, S.K., TARAFDAR, S.A., ISLAM, A., KHALIQUZZAMAN, M., Investigation of sources of atmospheric particulate matter (APM) at an urban area in Bangladesh, AEC/CH/ 55. Bangladesh Atomic Energy Commission, Dhaka, Bangladesh, 2001.
- [34] HUANG, X., OLMEZ, I., ARAS, N.K., GORDON, G.E., Emissions of trace elements from motor vehicles: Potential marker elements and source composition profile, *Atmosphere Environment*, 28, 1385, 1994.
- [35] LEE, D.S., GARLAND, A., FOX, A.A., “Atmospheric concentrations of trace elements in urban areas of the United Kingdom”, *Atmospheric Environment*, 28, 2691, 1994.
- [36] CADLE, S.H., MULAWA, P.A., BALL, J., DONASE, C., WEIBEL, A., SAGEBIEL, J.C., KNAPP, K.T., SNOW, R., Particulate emission rates from in use high emitting vehicles recruited in Orange County, California, *Environ Sci. Technol.*, 31, 3405, 1997.
- [37] STERNBECK, J., SJODIN, A., ANDREASSON, K., Metal emissions from road traffic and the influence of resuspension - results from two tunnel studies, *Atmosphere Environment*, 36, 4735, 2002.



- [38] KARTAL, S., ELCİ, L., DOĞAN, M., Investigation of lead, nickel, cadmium and zinc pollution of traffic in Kayseri, Fresenius Environmental Bulletin, 1, 28, 1992.
- [39] DUNDAR, MS., DERYAOĞLU, N., Heavy Metal Determinations in Outdoor Atmospheric Dust Depositions, Fresenius Environmental Bulletin by PSP Volume 14 – No 3, 2005.
- [40] CHOW, J.C., Critical Review: Measurement Methods to Determine Compliance with Ambient Air Quality Standards for Suspended Particles, J. Air and Waste Mgmt. Assoc., 45, 320, 1995.
- [41] BOZTEPE, H., Anorganik Kimya Prensipleri ve Uygulamaları. Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Adana, 1999.
- [42] JIRIES, A., Chemical composition of dew in Amman, Jordan, Atmospheric Research, 57, 261, 2001.
- [43] LIDIA, M., JUNFENG, J.Z., Combustion sources of particles. 1. Health relevance and source signatures, Chemosphere, 49, 1045, 2002.
- [44] <http://www.genbilim.com>, 2009.
- [45] COLVILE, R.N., HUTCHINSON, E.J., MINDELL, J.S., WARREN R.F., The transport sector as a source of air pollution, Atmosphere Environment, 35, 1537, 2001.
- [46] <http://www.who.int/en/>, 2009.
- [47] WATSON, J.G., CHOW, J.C., Source characterization of major emission source in the Imperial and Mexicali valleys along the US/Mexico border, Science of the Total Environment, 276, 33, 2001.
- [48] CHAO, C.Y., WONG, K.K., Residential indoor PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Hong Kong and the elemental composition, Atmospheric Environment, 36, 265, 2002.
- [49] ASHOK, K., Anti-diabetic and toxic effects of vanadium compounds, Molecular and Cellular Biochemistry, 206, 177–182, 2000.
- [50] <http://www.turkcebilgi.com/vanadyum/ansiklopedi>, 2010.
- [51] WILSON, W.E., SUH, H.H., Fine particles and coarse particles, concentration relationships relevant to epidemiologic studies, Journal of the Air and Waste Management Association, 47, 1238, 2002.
- [52] Sakarya Valiliği <http://www.sakarya.gov.tr>, 2009.

- [53] Google earth <http://earth.google.com>, 2010
- [54] Devlet Meteoroloji Müdürlüğü <http://www.meteor.gov.tr>, 2010.
- [55] YIN, J., HARRISON, M., Pragmatic mass closure study for PM<sub>1.0</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> at roadside, urban background and rural sites, Atmospheric Environment, 42, 980–988, 2008.
- [56] BRANIS, M., REZACOVA, P., DOMASOVA, M., The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>1</sub> in a classroom, Environmental Research, 99 143–149, 2005.
- [57] PEREZ, N., PEY, J., QUEROL, X., ALASTUEY, A., LOPEZ, J.M., VÍANA, M., Partitioning of major and trace components in PM<sub>10</sub>–PM<sub>2.5</sub>–PM<sub>1</sub> at an urban site in Southern Europe, Atmospheric Environment, 42 1677–1691, 2008.
- [58] VECCHI, R., MARCAZZAN, G., VALLI, G., CERIANI, M., ANTONIAZZI, C., The role of atmospheric dispersion in the seasonal variation of PM<sub>1</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentration and composition in the urban area of Milan (Italy), Atmospheric Environment, 38, 27, 4437–4446, 2004.
- [59] PAKKANEN, T.A., KERMINEN, V.M., LOUKKOLA, K., HILLAMO, R.E., AARNIO, P., KOSKENTALO, T., MAENHAUT, W., Size distributions of mass and chemical components in street-level and rooftop PM<sub>1</sub> particles in Helsinki, Atmospheric Environment, 37, 12, 1673–1690, 2003.
- [60] GIUGLIANO, M., LONATI, G., BUTELLI, P., ROMELE, L., TARDIVO, R., GROSSO, M., Fine particulate (PM<sub>2.5</sub>–PM<sub>1</sub>) at urban sites with different traffic exposure, Atmospheric Environment, 39, 2421–2431, 2005.
- [61] BRAGA, C.F., TEIXEIRA, E.C., MEIRA, L., WIEGAND F., YONEAMA M.L., DIAS, J.F., Elemental composition of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in urban environment in South Brazil, Atmospheric Research, 39, 1801-1815, Brezilya, 2004.
- [62] QUEROL, X., ALASTUEY, A., PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> Source Apportionment in the Barcelona Metropolitan Area, Catalonia, Spain. Atmospheric Environment, 35, 6407-6419, 2001.

- [63] YATKIN, S., BAYRAM, A., Elemental Composition and Sources of Particulate Matter in the Ambient Air of a Metropolitan City. *Atmospheric Research*, 85, 126–139, Türkiye, 2006.
- [64] GOMISCEK, B., HAUCK, H., STOPPER, S., PREINING O., Spatial and temporal variations of  $PM_1$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  and particle number concentration during the AUPHEP—Project, *Atmospheric Environment*, 38, 3917–3934, 2004.
- [65] LUNDGREN, A., HLAING, N., RICH, A. T., MARPLE A.,  $PM_{10}/PM_{2.5}/PM_1$  Data from a Trichotomous Sampler, *Aerosol Science and Technology*, 1996.
- [66] LI, C.H., LIN, H.C.,  $PM_1/PM_{2.5}/PM_{10}$  Characteristics in the Urban Atmosphere of Taipei, *Aerosol Science and Technology*, 2002.
- [67] LEE, B., LEE, H.K., JUN, N., Analysis of regional and temporal characteristics of  $PM_{10}$  during an Asian dust episode in Korea, *Chemosphere*, 63 1106–1115, 2006.
- [68] ODABASI, M., MUEZZINOGLU, A., BOZLAKER A., Ambient concentrations and dry deposition fluxes of trace elements in Izmir, Turkey, *Atmospheric Environment*, 36, 5841–5851, 2002.
- [69] LIMBECK, A., HANDLER M., PULS, C., ZBIRAL, J., BAUER, H., PUXBAUM H., Impact of mineral components and selected trace metals on ambient  $PM_{10}$  Concentrations, *Atmospheric Environment*, 43, 530–538, 2009.
- [70] CARMINE, P., LUCARELLI, F., MANDO, P.A., VALERIO M., PRATI, P., ZUCCHIATTI, A., Elemental composition of size-fractionated urban aerosol collected in Florence, Italy; preliminary results, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 150 , 450-456, 1999.
- [71] MUEZZINOGLU, A., ELBIR T., BAYRAM A., Air Quality Management In Izmir Region Of Turkey As Required By Clean Air Plans, 2003.
- [72] FANG, G.C., WU, Y.S., HUANG, S.H., RAU, J.Y., Review of atmospheric metallic elements in Asia during 2000-2004. *Atmospheric Environment*, 39, 3003-3013, Tayvan, 2005.
- [73] BAUMBACH, G., BARI, A., SARACHAGE-RUIZ, L., KLEANTHOUS, S., Identification of  $PM_{10}$  Sources in a Mediterranean Island, *Water Air Soil Pollut: Focus*, 9,39–53, 2009.

## ÖZGEÇMİŞ

Özlem Yılmazcan, 01.12.1985 de Bursa' da doğdu. 2003 yılında Osmangazi Turhan Tayan Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2004 yılında Sütçü İmam Üniversitesi, Kimya Bölümüne girdi ve 2008 yılında mezun oldu. 2008 yılında Sakarya Üniversitesi Kimya Bölümü'nde yüksek lisans öğrenimine başladı ve halen Sakarya Üniversitesi'nde yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.