

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL'DA ÇOCUK OYUN PARKLARINDA
ATMOSFERİK AEROSOLLERİN ELEMENTEL
KOMPOZİSYONUNUN İNCELENMESİ**

Çevre Mühendisi Gülsüm BORUCU

FBE Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Arslan SARAL
İkinci Tez Danışmanı : Doç. Dr. Göksel DEMİR

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	ii
KISALTMA LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1 GİRİŞ.....	1
2 GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Hava ve Tanımı	3
2.2 Hava Kirliliği	3
2.2.1 Hava Kirliliği Kaynakları.....	4
2.3 Hava Kirleticilerinin Sınıflandırılması	5
2.4 Çeşitli Hava Kirleticiler	5
2.4.1 Kükürt Oksitler	7
2.4.2 Azot Oksitler	7
2.4.3 Karbon monoksit	8
2.4.4 Diğer Kirleticiler	8
3 PARTİKÜL MADDELER	9
3.1 Tanımı ve Oluşumu	9
3.2 Partiküllerin Fiziksel Özellikleri	12
3.3 Partiküllerin Atmosfer Ömrü	14
3.4 Partikül Maddelerin Kimyasal Bileşimi	15
3.4.1 Sülfat	15
3.4.2 Nitrat	16
3.4.3 Elementel Karbon	16
3.4.4 Organik Karbon	17
3.4.5 Yer Kabuğu Maddeleri ve Biyolojik Maddeler.....	17
3.5 Partikül Maddelerin Kaynakları.....	17
3.5.1 Antropojenik Kaynaklı PM.....	18
3.5.1.1 Ulaşımdan Kaynaklanan PM.....	18
3.5.1.2 Endüstri-Dışı Yanma İşlemlerinden Kaynaklanan PM	18
3.5.1.3 Endüstriden Kaynaklanan PM.....	19
3.5.1.4 Yapım ve Yıkım Aktivitelerinden Kaynaklanan PM	20
3.6 Partikül Maddelerin Sağlığa ve Çevreye Etkileri.....	20
3.7 Atmosferdeki PM'yi Oluşturan Bazı Önemli Metalik Elementler	21
3.7.1 Kurşun (Pb)	21
3.7.2 Kadmiyum (Cd).....	22
3.7.3 Nikel (Ni)	23
3.7.4 Krom (Cr).....	23
3.7.5 Bakır (Cu).....	24

3.7.6	Kobalt (Co).....	24
3.7.7	Çinko (Zn).....	25
3.7.8	Vanadyum (V).....	26
3.7.9	Kalsiyum (Ca).....	26
3.7.10	Sodyum (Na).....	26
3.7.11	Potasyum (K).....	27
3.7.12	Alüminyum (Al).....	27
3.7.13	Magnezyum (Mg).....	27
3.8	Partikül Madde Kontrolü.....	27
3.9	Partikül Maddeler İçin Sınır Değerler.....	29
4	MATERYAL VE METOT.....	31
4.1	Çalışma Bölgesi ve Ölçüm Periyotları.....	31
4.2	Örnekleyici Ekipman.....	32
4.3	Veri Kalite Kontrolü (QA/QC).....	34
4.4	Gravimetrik Analiz.....	35
4.5	Çözünürleştirme İşlemi.....	35
4.6	Elementel Analiz.....	36
4.7	Hesaplamalar.....	37
4.7.1	Ortam havası PM konsantrasyonlarının hesaplanması.....	37
4.7.2	Elementel konsantrasyonların hesaplanması.....	37
4.8	İstatiksel Analizler.....	38
5	ANALİZ SONUÇLARI.....	39
5.1	PM _{2.5} ve PM ₁₀ kütle konsantrasyonları.....	39
5.2	Partikül Maddeler Üzerinde Elementel Analiz.....	50
5.2.1	Atmosferik Aerosollerin Elementel Kompozisyonunun Korelasyon Matrisleri.....	61
5.3	Analiz Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi.....	74
5.3.1	Barbaros Bulvarı için genel yorumlar.....	74
5.3.2	Kabataş parkı için genel yorumlar.....	75
5.3.3	Abide-i Hürriyet parkı için genel yorumlar.....	76
5.3.4	Yıldız parkı için genel yorumlar.....	77
5.3.5	Abbasğa parkı için genel yorumlar.....	77
6	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	79
	KAYNAKLAR.....	84
	İNTERNET KAYNAKLARI.....	88
	ÖZGEÇMİŞ.....	89

SİMGE LİSTESİ

AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
PM	Partikül Madde
US-EPA	Amerikan Çevre Koruma Ajansı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi
PAN	Peroksi Asetil Nitrat
PbzN	Peroksi Benzoil Nitrat
TSP	Havada Asılı Halde Bulunan Toplam Partiküller
UV	Ultraviyole

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Kirletici - etki oluşum süreci	4
Şekil 3.1 Aerosollerin tane iriliklerine göre sınıflandırılması	11
Şekil 3.2 PM boyutunun insan saçı ve plaj kumu karşılaştırılması	13
Şekil 4.1. Ölçüm istasyonlarının yerleri.....	32
Şekil 4.2 US EPA standartlarına göre PM ₁₀ başlık	34
Şekil 5.1 İstasyonlar arası ortalama PM _{2.5} konsantasyonlarının mevsimsel değişimi	41
Şekil 5.2 İstasyonlar arası ortalama PM ₁₀ konsantasyonlarının mevsimsel değişimi.....	41
Şekil 5.3 Barbaros Bulvarı PM değerlerinin mevsimsel değişimi (a) PM _{2.5} b) PM ₁₀)	42
Şekil 5.4 Kabataş Parkı PM değerlerinin mevsimsel değişimi(a) PM _{2.5} b) PM ₁₀)	43
Şekil 5.5 Abide-i Hürriyet parkı PM değerlerinin mevsimsel değişimi(a) PM _{2.5} b) PM ₁₀).....	43
Şekil 5.6 Yıldız parkı PM değerlerinin mevsimsel değişimi(a) PM _{2.5} b) PM ₁₀)	44
Şekil 5.7 Abbasğa parkı PM değerlerinin mevsimsel değişimi(a) PM _{2.5} b) PM ₁₀)	44
Şekil 5.8 01 Mart-30 Mayıs 2009 (İlkbahar dönemi) PM _{2.5} ve PM ₁₀ değerlerinin günlük değişimi	45
Şekil 5.9 30 Mayıs-30 Ağustos 2009 (Yaz dönemi) PM _{2.5} ve PM ₁₀ değerlerinin günlük değişimi	46
Şekil 5.10 01 Eylül-01Aralık 2009 (Sonbahar dönemi) PM _{2.5} ve PM ₁₀ günlük değişimi ..	46
Şekil 5.11 01Aralık 2009-28 Şubat 2010 (Kış dönemi) PM _{2.5} ve PM ₁₀ değerlerinin istasyonlararası değişimi	47
Şekil 5.12 a) PM _{2.5} için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri.....	50
Şekil 5.12 b) PM _{2.5} için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri	51
Şekil 5.12 c) PM ₁₀ için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri	51
Şekil 5.12 d) PM ₁₀ için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri.....	52
Şekil 5.12 Barbaros Bulvarı partikül madde elementel kompozisyonunun mevsimsel değişimi	52
Şekil 5.13 a) PM _{2.5} için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri.....	52
Şekil 5.13 b) PM _{2.5} için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri	53
Şekil 5.13 c) PM ₁₀ için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri.....	53
Şekil 5.13 d) PM ₁₀ için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri	54
Şekil 5.13 Kabataş parkı partikül madde elementel kompozisyonunun mevsimsel değişimi .	54
.....	54
Şekil 5.14 a) PM _{2.5} için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri.....	54
Şekil 5.14 b) PM _{2.5} için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri	55
Şekil 5.14 c) PM ₁₀ için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri	55

Şekil 5.14 d) PM ₁₀ için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri.....	56
Şekil 5.14 Abide-i Hürriyet parkı partikül madde elementel kompozisyonunun mevsimsel değişimi	56
Şekil 5.15 a) PM _{2.5} için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri.....	57
Şekil 5.15 b) PM _{2.5} için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri	57
Şekil 5.15 c) PM ₁₀ için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri	58
Şekil 5.15 d) PM ₁₀ için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri.....	58
Şekil 5.15 Beşiktaş Yıldız parkı partikül madde elementel kompozisyonunun mevsimsel değişimi	58
Şekil 5.16 a) PM _{2.5} için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri.....	59
Şekil 5.16 b) PM _{2.5} için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri	59
Şekil 5.16 c) PM ₁₀ için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri	60
Şekil 5.16 d) PM ₁₀ için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri.....	60
Şekil 5.16 Beşiktaş Abbasağa parkı partikül madde elementel kompozisyonunun mevsimsel değişimi	60

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Fizik Hallerine Göre Kirleticilerin Sınıflandırılması	6
Çizelge 3.1 Oluşum şekillerine göre partikül maddeler	10
Çizelge 3.2 Partikül maddelerin etkileri.....	12
Çizelge 3.3 Çeşitli Endüstrilerden Kaynaklanan PM	19
Çizelge 3.4 Tozlu gazlardan toz uzaklaştıran cihaz ve yöntemler.....	29
Çizelge 5.1 01 Mart 2009 ve 01 Mart 2010 tarihleri arasında ölçülen ortalama $PM_{2.5}$ ve PM_{10} kütle konsantrasyonları	40
Çizelge 5.2 Seçilen parkların $PM_{2.5}$ elementel kompozisyonunun ortalama konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	48
Çizelge 5.3 Seçilen parkların PM_{10} elementel kompozisyonunun ortalama konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	49
Çizelge 5.4 Barbaros Bulvarı ilkbahar dönemi korelasyon matrisleri.....	61
Çizelge 5.5 Barbaros Bulvarı yaz dönemi korelasyon matrisleri	62
Çizelge 5.6 Barbaros Bulvarı sonbahar dönemi korelasyon matrisleri.....	62
Çizelge 5.7 Barbaros Bulvarı kış dönemi korelasyon matrisleri.....	63
Çizelge 5.8 Kabataş parkı ilkbahar dönemi korelasyon matrisleri	64
Çizelge 5.9 Kabataş parkı yaz dönemi korelasyon matrisleri	64
Çizelge 5.10 Kabataş parkı sonbahar dönemi korelasyon matrisleri.....	65
Çizelge 5.11 Kabataş parkı kış dönemi korelasyon matrisleri	66
Çizelge 5.12 Abide-i Hürriyet parkı ilkbahar dönemi korelasyon matrisleri.....	66
Çizelge 5.13 Abide-i Hürriyet parkı yaz dönemi korelasyon matrisleri.....	67
Çizelge 5.14 Abide-i Hürriyet parkı sonbahar dönemi korelasyon matrisleri	68
Çizelge 5.15 Abide-i Hürriyet parkı kış dönemi korelasyon matrisleri.....	68
Çizelge 5.16 Yıldız parkı ilkbahar dönemi korelasyon matrisleri.....	69
Çizelge 5.17 Yıldız parkı yaz dönemi korelasyon matrisleri.....	70
Çizelge 5.18 Yıldız parkı sonbahar dönemi korelasyon matrisleri.....	70
Çizelge 5.19 Yıldız parkı kış dönemi korelasyon matrisleri.....	71
Çizelge 5.20 Abbasağa parkı ilkbahar dönemi korelasyon matrisleri	72
Çizelge 5.21 Abbasağa parkı yaz dönemi korelasyon matrisleri.....	72
Çizelge 5.22 Abbasağa parkı sonbahar dönemi korelasyon matrisleri.....	73
Çizelge 5.23 Abbasağa parkı kış dönemi korelasyon matrisleri	74

ÖNSÖZ

Öncelikle yüksek lisans tezimin oluşturulması aşamasında değerli katkılarını ve desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli danışman hocalarım Doç. Dr. Arslan Saral ve Doç. Dr. Göksel Demir'e; yüksek lisans çalışmalarım boyunca bana emeği geçmiş olan YTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü Başkanı Prof. Dr. Ferruh Ertürk ve tüm YTÜ çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim. Tüm deneysel çalışmalarımı yürüttüğüm Bahçeşehir Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünden başta Öğrt. Gör. Hüseyin Özdemir ve Öğrt. Gör. Dr. Namık Ak olmak üzere tüm çalışanlara; laboratuvar imkanlarından faydalandığım Beykent Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü çalışanlarına; başta anne-babam olmak üzere bu günlere gelmemde en önemli paya sahip olan büyük aileme ve manevi desteği ile her zaman yanımda olan nişanlım M. Emre Summak'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez oluşturulurken akademik çalışmaların yapılabilmesi için gerekli mali destek, Bahçeşehir Üniversitesi ve TÜBİTAK ÇAYDAG 108Y173 no'lu proje tarafından sağlanmıştır.

Halihazırda devam eden projelerin bir ürünü olan bu tezin, gelecekte bu konuda yapılacak olan bilimsel çalışmalara kaynak olmasını dilerim.

Haziran 2010

Gülsüm BORUCU

ÖZET

İstanbul gibi mega şehirlerde kentleşme sonucu ortaya çıkan yoğun trafik ve endüstrileşme sonucu meydana gelen hava kirliliği burada yaşayan insanlar için önemli problemlerden birini oluşturmaktadır. Bu kirliliğe maruz kalma yetişkenlere kıyasla, daha hassas bünyelere sahip olan çocuklarda daha fazla görülmektedir. Vakitlerinin büyük bir bölümünü oyun parklarında geçiren çocukların fiziksel aktivitelerinin de katkısıyla dış ortamdaki kirleticilere maruziyeti de artmaktadır.

Bu amaçla çocukların etkisi altında kaldığı hava kirliliğinin önemli parametrelerinden olan $PM_{2.5}$ ve PM_{10} ölçümleri İstanbul'da trafik yoğunluğuna göre seçilmiş 5 farklı çocuk oyun parkında 01 Mart 2009 ve 01 Mart 2010 arasında gerçekleştirilmiştir. Her bir parkta ölçüm istasyonu yerleştirilerek, belirlenen periyotlar doğrultusunda ölçümler yapılmıştır. Partikül maddelerin gravimetrik yöntemle tayini ve elementel analizleri yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar; buldukları istasyonlara ve zamana göre değerlendirilmiş ve sonuçlar ortaya konmuştur. Buna göre; trafiğe yakın lokasyonlarda seçilen 3 çocuk oyun parkında $PM_{2.5}$ ve PM_{10} konsantrasyonlarının kritik değerlere ulaştığı, deniz kenarında seçilen parkta, bu 3 parka göre daha düşük değerlerde olduğu ve orman içerisinde trafiğe uzak seçilen parkta ise konsantrasyonların sınır değerlerin altında kaldığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Partikül madde, $PM_{2.5}$, PM_{10} , Çocuk oyun parkı, Elementel analiz.

AN INVESTIGATION ABOUT ELEMENTAL COMPOSITION OF ATMOSPHERIC AEROSOLS AT PLAYGROUNDS IN ISTANBUL

ABSTRACT

Air pollution produced from the traffic and the industry is a major problem for the inhabitants living in the megacities like Istanbul. Children are more susceptible than adults to the air pollution and its adverse effects, because they inhale and retain larger amounts of air pollutants per unit of body weight than adults. They spend much of their time outdoor, consequently their exposure to the concentrations of pollutants increases.

To investigate this issue, 5 children playgrounds are chosen with respect to the traffic criteria and fractions of the particulate matter; $PM_{2.5}$ ve PM_{10} , which are the important air pollutants in concern, measured between the March and December in 2009. Ambient air quality monitoring stations are located in each selected playground and measurements are evaluated in the defined periods. Particulate matter mass concentration determined with gravimetric method and elemental analyses were performed.

The results of the concentrations in three playgrounds, which are located close to the traffic, reached the critical values. Concentrations in the playground selected near the seaside have values lower than these three playgrounds, and the one, which selected in the forestland and also far to the traffic, has the concentrations lower than the air quality limits.

Keywords: Particulate matter, $PM_{2.5}$, PM_{10} , Children playground, Elemental analysis.

1 GİRİŞ

Partikül madde (PM), rüzgar, deniz ve volkanlar gibi doğal kaynaklardan veya antropojenik kaynaklı aktivitelerden ortaya çıkan ve bir gaz içerisindeki ince katı veya sıvı maddelerin oluşturduğu süspansiyon olarak tanımlanır ve literatürde genel olarak aerosol olarak geçer (Seinfeld ve Pandis, 2006). PM₁₀ (kaba partiküller) ve PM_{2.5} (ince partiküller), sırasıyla aerodinamik çapı 10 ve 2.5 µm'den küçük partiküllerin kütlelerini temsil etmektedir. Doğada PM'nin kaynakları ve bileşimi çok karmaşıktır. Troposferdeki PM'nin ise önemli bir kısmı insan kaynaklıdır ve sülfat, amonyum, nitrat, sodyum, klor, iz metaller, karbonlu maddeler, toprak elementleri ve su içerir (Seinfeld ve Pandis, 2006, Özdemir vd., 2010).

Geçtiğimiz yüzyılda PM oluşumuna sebep olan insan kaynaklı emisyonlar çarpıcı bir biçimde artmış ve buna bağlı olarak insan sağlığında olumsuz etkilere, kentsel ve kırsal alanlarda görüş mesafesinde düşüşe, asit birikimine ve dünyanın radyasyon dengesinin bozulmasına sebep olmuştur (Kindap vd., 2006, Seinfeld ve Pandis, 2006, Koçak vd., 2009).

PM'nin insan sağlığı üzerindeki tehlikeli etkileri ve bununla birlikte iklim, ekosistem gibi çevre üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle son yıllarda PM konulu çalışmalarda artış dikkat çekmektedir (IPCC 2001, WHO 2003). PM'nin insan sağlığı üzerinde birçok etkisi olabilir, fakat en dikkat edilmesi gereken ve en tehlikeli olanı partiküllerin solunum sistemi üzerindeki etkileridir (Hetland vd., 2004).

Oyun parklarında çocuklar, direk solunum yoluyla veya ellerini ağızına götürerek, doğal ve insan kaynaklı oluşan PM (sokaklardan ve caddelerden gelen toz) ve bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda iz metallere maruz kalmaktadır. Çocukların toksik etkiye olan hassasiyetinin fazla olması sebebiyle partiküler maddeler önemli bir sağlık riski oluşturmaktadır (Ljung vd., 2006, Miguel vd., 2007, Acosta vd., 2009, Demir vd., 2010). Bu nedenle, araştırmacılar özellikle çocuk oyun parklarındaki bu kirleticilerin kompozisyonu ve bunların sağlık üzerindeki etkileri üzerinde çalışmalar yapmaktadırlar.

Ancak ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalar çok sınırlı olup, özellikle geçmişte yoğun hava kirliliğinin yaşandığı İstanbul kentinin atmosferindeki partikül maddelere, hassas bünye ve çok çabuk hasta olma özelliklerine sahip olan çocukların ne kadar maruz kaldığına dair herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Zamanlarının önemli bir bölümünü oyun alanlarında geçirdikleri de düşünüldüğünde özellikle İstanbul gibi trafiğin, endüstrinin ve buna bağlı olarak hava kirliliğinin yoğun olduğu şehirde, bu konunun önemi artmaktadır. Bu sebeplerden yola çıkılarak 108Y173 no'lu TÜBİTAK projesi kapsamında, değişik lokasyona sahip olan 5

ocuk oyun parkında partikül madde, Elementel Karbon ve farklı boyut aralıklarında partikül sayıları ölçümleri yapılmış ve sonuçları ortaya konmuştur. Ancak yüksek lisans tezi kapsamı gereği tüm sonuçlar verilememiş, ölçülmüş olan partikül madde konsantrasyonları ve bu partikül maddelere ait elementel analiz sonuçları verilmiştir. Çocukların sağlık risklerinin belirlenmesi noktasında bu çalışmanın sonuçlarının, bundan sonraki çalışmalar için de bir durum değerlendirmesi ve veri tabanı oluşturacağı düşünölmektedir.

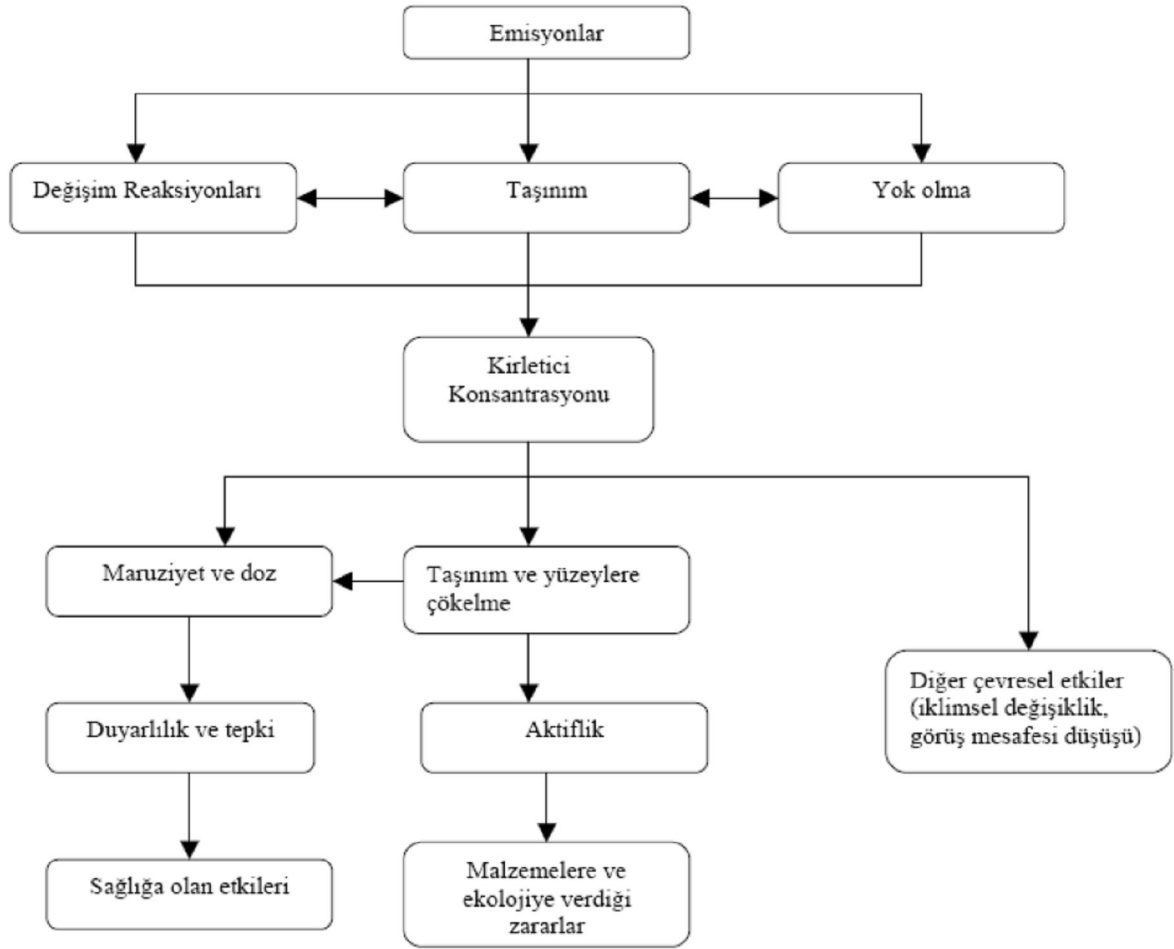
2 GENEL BİLGİLER

2.1 Hava ve Tanımı

Bilindiği gibi hava, atmosferi meydana getiren gazların karışımı olarak tanımlanabilmektedir. Hava da su gibi insan ve canlıların yaşaması için hayati öneme sahip bir bileşendir. Yerküreyi saran gaz kütleyle atmosfer adı verilir ve atmosferdeki hava tabakasının kalınlığının yaklaşık olarak 150 km olduğu kabul edilmektedir. Canlılar bu hava tabakasının troposfer diye adlandırılan bölümünde yaşamlarını sürdürmektedirler. Saf hava, başta azot ve oksijen olmak üzere argon, karbondioksit, su buharı, neon, helyum, metan, kripton, hidrojen, azot monoksit, ksenon, ozon, amonyak ve azot dioksit gazlarının karışımından meydana gelmiştir. Havada yaklaşık olarak azot % 78, oksijen % 21, karbondioksit ve asal gazlar % 1 oranında bulunur.

2.2 Hava Kirliliği

Hava kirliliği, bina dışı açık havada bir veya daha fazla türden kirleticinin insan, bitki ve hayvan yaşamına; ticari veya kişisel eşyalara ve yaşamaktan zevk duyulabilecek bir çevre kalitesine zarar veren miktarda belli bir sürenin üstünde bulunmasıdır.



Şekil 2.1 Kirlenici - etki oluşum süreci [1]

Toz, duman, (yapay) sis, buhar, iri partiküller, gazlar (NO_x, SO_x, CO, VOC) ve (kötü) kokulu maddeler kirlenicilere birer örnektir. İnsanların çeşitli faaliyetleri sonucu meydana gelen üretim ve tüketim aktiviteleri sırasında ortaya çıkan atıklar ile hava tabakası kirlenerek, yeryüzündeki canlı hayatı olumsuz yönde etkilemektedir.

2.2.1 Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirlenicilerin havaya atıldığı yere veya faaliyete kirlenici kaynak adı verilmektedir. Kirlilik kaynakları; orman yangını, volkan püskürmesi vb. doğal kaynaklar olabileceği gibi evsel ısınma araçları, sanayi kuruluşları ve taşıtlar gibi yapay kaynaklar da olabilir. Hava kirleniciler atmosfere ulaşır, önceleri bir duman huzmesi ya da bulutu halinde taşınırken, bir taraftan da seyrelerek, çökerek veya atmosferde reaksiyona uğrayarak uzaklaşarak kaybolur.

Hava kirliliği yapay kaynakları genel olarak 3 sınıf altında incelenmektedir.

1. Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği: Özellikle ısınma amaçlı, düşük kalorili ve kükürt oranı yüksek kömürlerin yaygın olarak kullanılması ve yanlış yakma tekniklerinin uygulanması hava kirliliğine yol açabilmektedir.
2. Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Hava Kirliliği: Nüfus artışı ve gelir düzeyinin yükselmesine paralel olarak, sayısı hızla artan motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları, hava kirliliğinde önemli faktörlerden biridir.
3. Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliği: Sanayi tesislerinin kuruluşunda yanlış yer seçimi, çevre korunması açısından gerekli tedbirlerin alınmaması (baca filtresi, arıtma tesisi olmaması vb.), uygun teknolojilerin kullanılmaması, enerji üreten yakma ünitelerinde vasıfsız ve yüksek kükürtlü yakıtların kullanılması, hava kirliliğine sebep olan etkenlerin başında gelmektedir [1].

2.3 Hava Kirleticilerinin Sınıflandırılması

Hava kirleticilerin tümü, orijinine, kimyasal kompozisyonuna ve madde yapısına bağlı olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalar, hava kirlenmesi parametrelerinin seçimine bir temel kazandırması için kullanılır.

a) İnsan Aktivitelerine Göre Sınıflandırma: İnsan aktivitelerine göre sınıflandırmada aslında kirleticiler kaynaklarına göre sınıflandırılmış olmaktadır. İnsan aktiviteleri sonucu, transportasyon emisyonu, yerleşik yakma emisyonu, endüstriyel emisyon, katı atık emisyonu şeklinde dört çeşit kirletici grubunu ortaya çıkarmaktadır.

b) Orijine Göre Sınıflandırma: Orijinine bakarak ya primer ya da sekonder kirleticiler olarak göz önüne alınabilir. Primer kirlilikler; Kükürt oksitler (SO_x), Azot oksitler (NO_x), hidrokarbonlar (HC) gibi atmosfere doğrudan bırakılan ve orada bırakıldıkları formda kalan kirliliklerdir. Sekonder kirlilikler ise ozon (O_3) ve peroksiasetilnitrat (PAN) gibi atmosferde fotokimyasal reaksiyonlarla yahut hidroliz ya da oksidasyonla bu formlarına dönüşen kirliliklerdir.

c) Kimyasal Kompozisyona Göre Sınıflandırma: Kirlilikler ister primer ister sekonder olsunlar, kimyasal kompozisyonların organik ya da inorganik oluşuna göre tekrar sınıflandırılırlar. Organik bileşikler karbon ve hidrojen içerirler ve bir çoğu aynı zamanda oksijen, azot, fosfor ve sülfür gibi elementler de içermektedir. Hidrokarbonlar, yalnız karbon ve hidrojen içeren organik bileşiklerdir.

Aldehitler ve ketonlar karbon ve hidrojen yanında oksijen içermektedirler. Hava kirliliği alanında etkili olan diğer organik bileşikler karboksilik asitler, alkoller, eterler, esterler,

amidler ve organik sülfür bileşiklerdir. İnorganik materyaller, karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), karbonatlar, sülfüroksitler, azot oksitler, ozon, hidrojenflorür ve hidrojen klorür içeren kirleticiler atmosferde bulunur.

d) Fizik Hallerine Göre Sınıflandırma: Çizelge 2.1’de görüleceği gibi kirleticiler ayrıca partikül ya da gaz olarak da sınıflandırılırlar. Partikül yapısında kirleticiler esas olarak, toz, duman, sis, uçuşan kül, kimyasal buhar ve sprey içeren çok ufak parçalara bölünmüş solit ve likitlerdir (Bayat, 2002).

Çizelge 2.1 Fizik Hallerine Göre Kirleticilerin Sınıflandırılması (Bayat, 2002).

Temel Sınıflar		Alt Sınıflar	Alt Sınıfın Tipik Üyeleri
Partiküller		Solit	Toz, duman, sis, uçuşan kül, kimyasal duman
		Likit	Kimyasal buhar, sprey,
Gazlar	Organik	Hidrokarbonlar Aldehidler ve Ketonlar Diğer organikler	Heksan, benzen, etilen, metan bütan, bütadin,asetilen Formaldehit, asetaldehit aseton, metil etil keton klorlanmış hidrokarbonlar alkoller, fenoller
	Anorganik	Karbon oksitler, Kükürt oksitler, Azotoksitler diğer inorganikler	Karbon monoksit, Karbondioksit Kükürt dioksit, Kükürt trioksit Azotdioksit, Azotmonoksit Hidrojen sülfür, Hidrojen florür, Hidrojen Klorür

2.4 Çeşitli Hava Kirleticiler

Sıklıkla karşılaştığımız hava kirleticileri genel bir sıralamayla;

- Kükürt oksitler
- Azot oksitler
- Karbon monoksit
- Diğer kirleticiler(Hidrokarbonlar vb.)
- Askıda partikül maddeler (tozlar ve aeroseller) [1].

2.4.1 Kükürt Oksitler

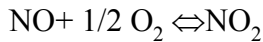
Havadaki kükürt oksitler (SO_x) içerisinde en önemli pay SO_2 gazına aittir. Kükürtdioksit atmosferde oldukça hızlı bir oksitlenmeye uğrayarak SO_3 ve sülfatlara dönüşür. SO_3 ise yağmur veya yoğunlaşmış nem damlalarıyla birleşerek havada H_2SO_4 asidinin oluşmasına yol açar. Oluşan sülfatlar ise katı tanecikler şeklinde olduğu için, görünür ışıkla girişim yaparak görüş mesafesini azaltır ve güneş radyasyonunu engelleyerek yerel iklimlerde soğumaya yol açar ve ayrıca SO_2 'nin solunum yolu rahatsızlıklarına yol açtığı bilinmektedir (Müezzinoğlu,2005).

Kükürt oksitlerin kaynakları, katı yakıtların ve fosil yakıtların yakılması gibi insan faaliyetleridir. Bu faaliyetlerin SO_2 emisyonlarının yüzde 80 den fazlasını oluşturduğu tahmin edilmektedir (Agren, 1991, Bayat, 2002).

2.4.2 Azot oksitler

Azot oksitler (NO_x) en önemli kirletici gazlardandır. Azot oksitlerin kaynakları egzoz gazları ve fosil yakıtların kullanılması gibi insan faaliyetleri olduğu gibi orman yangınları, yıldırım olayları ve topraktaki mikrobiyolojik prosesler gibi doğal kaynaklar da olabilmektedir (İncecik, 1994). Azotmonoksit (NO) oldukça inert bir gazdır ve yalnızca orta derecede toksiktir.

Her ne kadar NO , CO gibi hemoglobinle birleşerek kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltırsa da, dış havada genel olarak NO konsantrasyonu 1.22 mg/m^3 (1 ppm) den küçük olduğundan, NO sağlığa zararlı olarak düşünülemez. Ancak NO kolayca oksitlenek biyolojik açıdan önemi olan NO_2 'ye dönüşür.



NO_2 akciğerlerin alveollerini tahriş eder (Bayat, 2002). Asit yağmurlarına neden oldukları ve daha önce sözü edilen PAN ve PBzN oluşumunda etken oldukları için oldukça zararlı gazlardır. Özellikle yakma proseslerinde yüksek sıcaklıkta havada bulunan N_2 gazının oksidasyonu sonucu oluşan azot oksitler gerek insan sağlığı, gerekse bitki örtüsünde zehir etkisi bulunan gazlardır (Müezzinoğlu,2005).

2.4.3 Karbon monoksit

Renksiz, kokusuz ve havanın ortalama mol ağırlığına eşit mol ağırlığında bir gaz olan karbon monoksit (CO), bu yüzden hem kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan, hem de varlığı kolay fark edilemeyen zehirli bir gazdır.

Karbon monoksit yakıtların tam yanmaması nedeni ile oluşur ve gaz zehirlenmelerine neden olur. Bu zehirlenme, doku ve hücrelere oksijen taşımakla görevli kandaki hemoglobinin (oksi hemoglobin) karbon monoksit ile tercihi olarak kompleks oluşturması (karboksi hemoglobin kompleksi) ile oluşur (İncecik, 1994, Müezzinoğlu, 2005).

2.4.4 Diğer Kirleticiler

Organik kirleticilerden hidrokarbonlar, yalnız karbon ve hidrojen içeren organik bileşiklerdir. Hidrokarbonların kendileri zararlı değildir. Ancak, fotokimyasal reaksiyonlarla kirletici ve zehirli maddelere dönüşerek smog denilen olayı meydana getirirler (İncecik, 1994, Bayat, 2002).

Atmosferde bulunan hidrokarbonların kaynakları hem doğal hem de insan faaliyetleri nedeniyle oluşabilmektedir. Atmosferde bulunan hidrokarbonların büyük miktarı doğal kaynaklıdır. Bu kaynakların en önemlisi mikrobiyal bozunmalarda oluşan biyolojik reaksiyonlardır. Hidrokarbonların az bir kısmı jeotermal alanlardan, kömür yataklarından, petrol tesislerindeki doğal gazlardan ve doğal yangınlardan kaynaklanmaktadır (Bayat, 2002).

CH₄ (metan), organik artıkların oksijensiz ortamda ayrışması (anaerobik ayrışma) sonucu oluşan genellikle insan aktivitelerinden kaynaklanan önemli bir gazdır. CH₄ gazının ömrü 10 yıl civarında olmasına rağmen molekül başına CO₂ gazına nazaran 32 kat daha fazla sera gazı etkisi göstermektedir. Metan gazının küresel iklim değişimindeki etki payı % 13 kadardır [9].

Havada fotokimyasal süreçler sonunda meydana gelen peroksiasetil nitrat (PAN) ve peroksibenzoil nitrat (PBzN) ile ozon (O₃) fotokimyasal oksitleyiciler olarak adlandırılır. Bütün bu oksitleyiciler zararlı ve bir kısmının kanser yapıcı özelliği bulunabilmektedir.

Florlü maddeler, partikül yapısındaki florür ile havaya gaz halde bırakılan florürlerin toplamıdır. Bu maddeleri içeren atık gazlar veya süspanse maddeler, bitki ve hayvanlar için zehir etkisi yaparlar (Müezzinoğlu,2005).

3 PARTİKÜL MADDELER

3.1 Tanımı ve Oluşumu

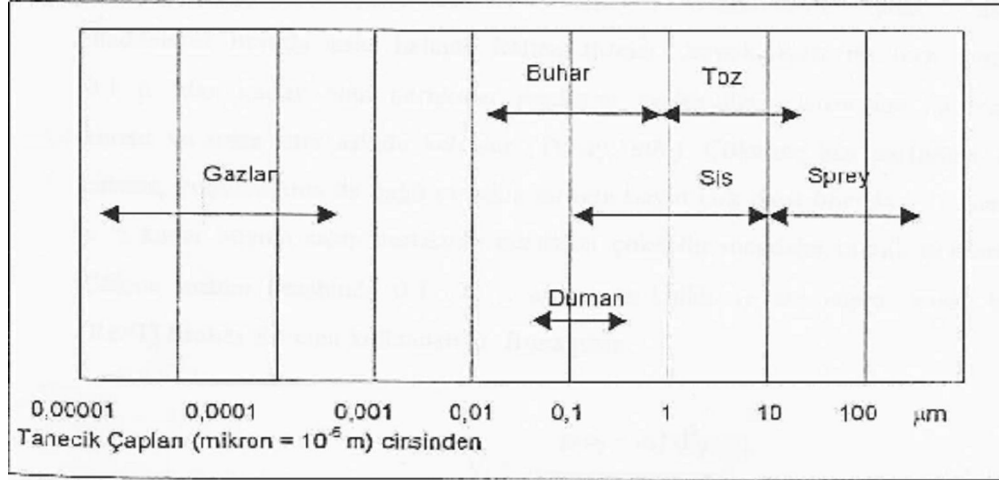
Bilindiği gibi atmosferdeki hava kirleticilerini gaz ve toz kirleticiler olarak iki gruba ayırabilmek mümkündür. Partikül madde veya toz olarak adlandırılan kirleticiler, sıvı veya katı taneciklerin gaz ortamda askıda (süspanse) halde durmasıyla oluşmaktadır. Bu kirletici türünün, doğal veya yapay olmak üzere çok çeşitli kaynaklardan oluşması ve çok sayıda kimyasal maddeyi içermesi nedeniyle oldukça kompleks bir yapıya sahip olduğu belirtilmiştir (Ayvaz Kahramantekin vd., 2007). Bu asılı maddelerin çok ince olup da havada kolloidal süspansiyon oluşturanlarına aerosol denir. Aerosoller doğal sis olaylarında ve kirlenmeye bağlı yapay sis (smog) olaylarında etkilidirler.

Askıda duran partikül maddeler iriliklerine ve yoğunluklarına bağlı olarak ancak belirli bir süre için atmosferde kalabilmekte ve bu sürenin sonunda yere çökerek atmosferden uzaklaşmaktadırlar. Havada yüzer halde bulunan bu tanecikler, tane iriliklerine ve kimyasal yapılarına bağlı olarak toz, buhar, sis, duman, sprej gibi çok çeşitli isim alırlar (Müezzinoğlu, 2005). Oluşum şekillerine göre partikül maddeler Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Oluşum şekillerine göre partikül maddeler (Seinfeld ve Pandis, 1998)

Aerosoller, aerokolloidler, hava yayılım sistemleri	Gazlarda yayılmış olan küçük tanecikler
Partikül	Katı maddelerden oluşabileceği gibi, katı ve sıvı boyutları $>0.001 \mu\text{m}$ 'den büyük $500 \mu\text{m}$ 'den küçük parçacıklar.
Toz (Dust)	Kırma, eleme vs. gibi mekanik işlemler neticesinde ortaya çıkan havada askıda bulunan katı parçacıklar. $D_p > 1 \mu\text{m}$.
Sis (Fog)	Görülebilir aerosollerin sıvı faz ortama yayılmış haline verilen isimdir. Genellikle, su veya buzun yer seviyesine yakın bir konumda dağılmasıdır.
Füme	Genellikle erimiş maddelerden uçucu hale geçme sonrası buhar fazından yoğunlaşarak ve oksitlenme gibi bir kimyasal reaksiyon eşliğinde oluşan katı parçacıklardır. $D_p < 1 \mu\text{m}$.
İnce sis, Pus (Haze)	Görüş mesafesini azaltan su damlacıkları, kirleticiler ve tozların bileşimi olan bir çeşit aerosol. $D_p < 1 \mu\text{m}$.
Buğu (Mist)	Sıvı haldedir, genelde atmosferde veya yüzeye yakın bölgelerde askıda bulur. Küçük su parçacıkları, yağmur formuna yaklaşan bir şekilde yüzmekte ve düşüşe geçmektedirler ve genellikle sis ile karıştırılabilirler. Sisten ayırıcı özelliği; daha şeffaf olmaları veya büyük oranda parçacık dağılımının $D_p = 1 \mu\text{m}$ 'dan aşağıda olmasıdır.
Smog	Bu terim İngilizce <i>smoke</i> ve <i>fog</i> terimlerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur. Aerosollerle aşırı şekilde kirlenmiş olma durumunu açıklar, ve günümüzde havadaki kirliliği ifade etmek için kullanılmaktadır.
Duman (Smoke)	Yetersiz yanma sonucu oluşan gaz kaynaklı parçacıkların ve karbon ve yakılabilen materyallerin diğer katı parçacıklardan bağımsız olarak gözlenebilecek miktarda ortamda bulunması durumu duman olarak tanımlanır. $D_p \geq 0.01 \mu\text{m}$.
İs (Soot)	Karbonlu bileşiklerin yetersiz yanması sonucu oluşan, karbon açısından zengin katranlı parçacıkların bir araya gelmesiyle oluşur.

Çeşitli sınıflara giren bu aerosollerin tane irilikleri Şekil 3.1' de görülmektedir.



Şekil 3.1 Aerosollerin tane iriliklerine göre sınıflandırılması (Peavy, 1985).

Partikül maddeleri birincil ve ikincil kaynaklı olmak üzere iki kısımda inceleyebilmek mümkündür. Birincil partiküller doğal ve antropojenik kaynaklardan direkt olarak atmosfere salınan partiküllerdir. İkincil partiküller ise atmosferde kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂), amonyak (NH₃) gibi gazların gaz-partikül değişimi sonucu oluşmaktadır (Finlayson-Pitts ve Pitts, 2000, Ayvaz Kahramantekin vd., 2007). Tozların yeniden yükselmesi (resüspansiyon), yol ve trafikten yayılan tozlar birincil partiküllere örnek iken ikincil partiküller ise atmosferde kimyasal prosesler sonucu oluşur. İkincil partiküller genelde amonyumsülfat, amonyak, amonyum ve sülfürik asit arasındaki reaksiyonlardan oluşur ve ince partikül boyutundadır (< 2.5 µm). Doğal kaynaklı partiküller, toprağın rüzgarla havaya taşınması ve deniz spreyi ise daha çok kaba partikül boyutundadır (> 2.5 µm) (Harrison vd., 1997).

Çizelge 3.2' de ise derişimlere bağılı olarak partikül maddelerin etkileri verilmiştir.

Çizelge 3.2 Partikül maddelerin etkileri (Müezzinoğlu, 2005)

Derişim ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Etki	Açıklamalar
60-80 (Yıllık Ortalama)	Çelik ve diğer metalik malzemede korozyon	Yıllık ortalamadaki değerlerdir
150	Görüş mesafesi 9 km'nin altına düşer	Bağıl nem %70'den aşağı olduğu hallerde
100-150	Doğrudan güneş ışınları 1/3 oranında azalır	---
100-130	Çocuklarda solunum yolu hastalıklarının başlaması	SO ₂ 'nin 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den fazla olduğu durumlarda
300 (Günlük ortalama)	Kronik bronşitli hastalarda krizlerin ciddileşmesi	SO ₂ 'nin 630 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den fazla olduğu durumlarda
750 (Günlük Ortalama)	Ölüm olaylarında artış ve hastalanmalar	SO ₂ 'nin 715 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den fazla olduğu durumlarda

3.2 Partiküllerin Fiziksel Özellikleri

Partikül maddelerin fiziksel özellikleri partiküllerin boyutları ile ilgilidir. Partikül boyutları, solunum sistemi ile ilgili sağlık sorunları, güneş ışınlarının enerji taşıdığı dalga boylarında etkili olarak gelen enerji akışını değiştirme ve görüş mesafesinde kısalma gibi etkilere neden olmaktadır.

Atmosferdeki partikül maddelerinin çapı 0.005 -100 mikrometre gibi geniş bir skalaya yayılmıştır. Aerodinamik çap; söz konusu partikülle aynı çökme hızına sahip, birim özkütlerdeki kürenin çapıdır.

Partikül boyutları sınıflandırılırsa;

100 mikrometreden daha küçükler için Toplam Askıda Partiküller (TSP)

2.5 mikrometreden daha küçük partiküller için ince partiküller

100 nanometreden daha küçük partiküller için ultra-ince partiküller olarak tanımlanabilir.

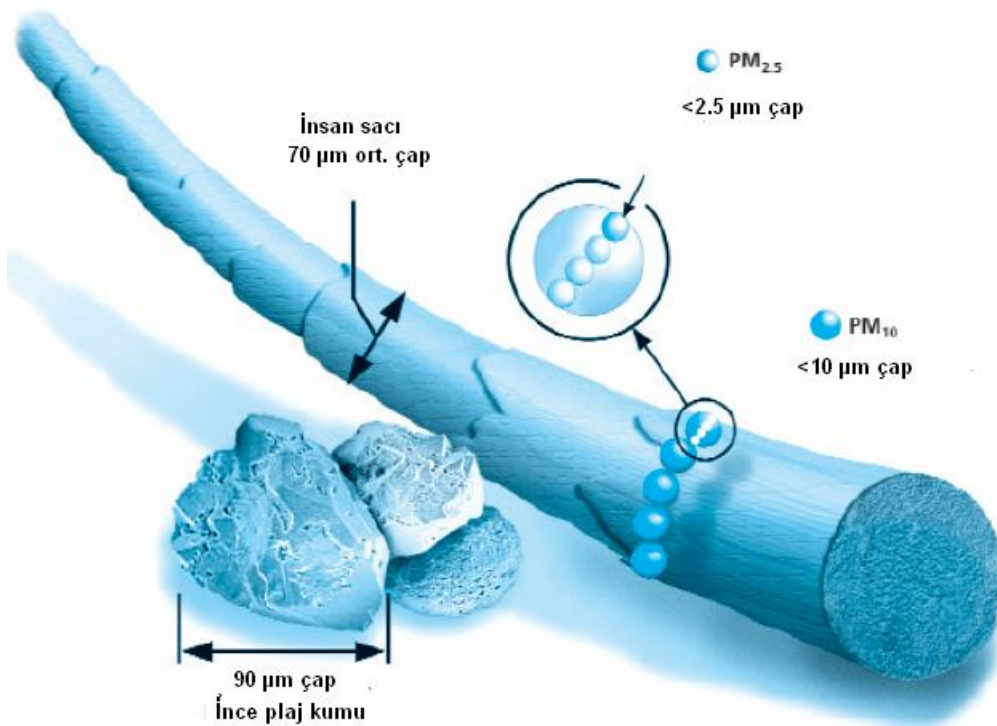
EPA hava kirliliği düzenlemesine göre ise partikül maddeleri iki kategoriye ayırmıştır.

- PM_{2.5}, 2.5 mikrometreden daha küçük partiküller

- PM₁₀, 10 mikrometreden daha küçük partiküller (Valavanidis, 2008).

Partiküllerin çökme eğilimleri yüzünden havada yaklaşık 40 mikrondan daha iri partikül maddeye pek rastlanmamaktadır. Aerosollerin alt sınırı ise molekül ölçeği olup Şekil 3.1’ de sol tarafta görülen gazlar ayırık moleküllerden ibarettir. Sağlık etkileri açısından 10 mikrondan iri aerosoller burundan, 5 mikrondan iri olanlar ise üst solunum yollarından kolayca geçemediğinden, insan sağlığında doğrudan etkileri önemsizdir. Oysa 3 mikrondan ince olan tozlar aynı nedenle sağlık etkileri en büyük olan kirleticilerdir. Özellikle duman, buhar gibi mikron-altı ölçeklerde olabilen aerosoller, solunum yollarından geçerek akciğerlerimizin alveol adı verilen keseciklerine kadar girmekte ve olumsuz sağlık etkileri yaratmaktadır (Müezzinoğlu, 2005)

Sağlık açısından zararlı olan partikül madde boyutları PM_{10} ve $PM_{2.5}$ dur. PM_{10} , insan saçı çapından 5 kat, $PM_{2.5}$ ise 20 kat daha küçüktür (Şekil 3.1) (Öztürk, 2010).



Şekil 3.2 PM Boyutunun İnsan saçı ve Plaj Kumu Karşılaştırılması (Öztürk, 2010)

PM için çoğu çalışmalar kütle konsantrasyonu (mikrogram / metreküp) üzerinde durmuştur. Fakat, ince partiküllerin hacim başına kütle değerinden daha çok, sayı değerinin sağlık etkileri ile daha iyi korelasyonda olabileceği önerilmiştir. (Wichman vd., 2000). Partikül sayısının hava kalitesinde önemli bir indikatör olduğundan bahsedilmiştir. (Gomisek vd., 2004). Ruskanen (2001), hava kirliliği ve olumsuz sağlık sonuçlarının araştırılmasının yanında

bölgesel hava kalitesinin daha kapsamlı değerlendirilmesini sağlamak için, hem kütle konsantrasyonunun hem de partikül sayımının ölçülmesini önermiştir (Ruuskanen vd., 2001).

İnce ve ultra ince partiküller en çok taşıt egzoz emisyonlarından oluşmaktadır. Buna karşılık, kaba partiküller kısmı yanma olayları ve araçların giydirilme işlemleri gibi mekanik prosesler sonucu oluşabilmektedir (Sezgin vd., 2003, Valavanidis vd., 2008). Askıda PM nin çoğu % 90 – 95 i kaba partiküllerden oluşmasına rağmen daha küçük partiküllerin toplam kütleinin % 1- 8' ini oluşturduğundan bahsedilmektedir. Fakat, ultra ince ve ince partiküller sayıca çok yüksektir ve daha büyük partiküllerden daha fazla toplam yüzey alanına sahiptir (Valavanidis vd., 2008).

3.3 Partiküllerin Atmosfer Ömrü

Partiküllerin atmosferde kalma süresi boyutlarına göre değişim göstermektedir. Ortalama gaz molekül büyüklüğü olan 0,0002 – 0,0003 μm çaptan iri olan ve havada bir süre askıda kalabilen katı veya sıvı her türlü madde partikül sınıfına girdiği belirtilmiştir.

Tane iriliği 0,1 μm ' den ince olan tozlar, moleküllerin yaptığı serbest Brownian hareketlerine benzer hareketler yaparak veya gaz ortamındaki kinetik enerji etkisiyle birbirleriyle çarpışıp yapışma yoluyla büyüyebilirler. Çapı 0,1 μm – 1,0 μm arası tozların durgun havadaki çökme hızları rüzgarların yatay hız bileşeninden daha küçüktür. Sadece çapı 20 μm ' den iri olan tozlar çökmeyle durgun havadan etkili bir şekilde ayrılabilirler (Müezzinoğlu, 2005). Bu nedenle havadan hemen ayrılan parçacıklar hava kirletici olarak çok fazla önemli olmayıp, sadece estetik nedenlerle sakınca oluşturabilirler. Yoğunluğu 1g/cm^3 olan küre biçimindeki parçacıkların çökme hızları iriliklerine göre şöyledir (Müezzinoğlu, 2005, Süren, 2007) :

$$0.1 \mu\text{m} \rightarrow 4 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$$

$$1 \mu\text{m} \rightarrow 4 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$$

$$10 \mu\text{m} \rightarrow 0,3 \text{ cm/s}$$

$$100 \mu\text{m} \rightarrow 30 \text{ cm/s}$$

Partikül boyutlarını partikül çaplarına göre ince ve kaba kısım olarak ayırdığından bahsedilmiştir. Buna ek olarak ince kısım; yığılma modu ve çekirdek modu olarak isimlendirilen iki kısım parçacık modunu içermektedir.

Çekirdek modu: İnce partiküllerin bu kısmı genelde 0.1 μm 'den küçük çapa sahip partikülleri içermektedir. Çekirdek modu sadece temiz ve kirlilik kaynaklarından uzak alanlarda toplanan örneklerde gözlenebilmektedir.

Yığılma Modu: İnce partiküllerin bu kısmı genelde 0.08 – 2 µm arasındaki çapa sahip parçacıkları içermektedir. Sülfirik asit, amonyum bisülfat, amonyum sülfat, amonyum nitrat, organik ve elementel karbon bu aralıkta bulunur (APMCG, 2001). Normal olarak PM_{2.5-10} partikül kısmında bulunmazlar. Fakat çekirdek kısım parçacıkları kaba kısımda koagülasyon veya yapışma yoluyla yığılma yapabileceğinden bahsedilmiştir (Whitby, 1978, Karaca, 2005).

Çekirdek modundaki partiküller hızla yığılma modu partiküllerine dönüşebilirler. Fakat yığılma modundaki partiküller kaba partikül boyutuna büyüyemezler. Yığılma modundaki PM_{2.5} partiküller normal hava hareketlerinde askıda kalırlar ve binlerce kilometre taşınabilirler ve günlerce askıda kalabilirler. PM_{2.5-10} partiküller atmosferde birkaç saat içinde çökebilirler ve yalnızca kısa mesafelere taşınırlar.

3.4 Partikül Maddelerin Kimyasal Bileşimi

Kimyasal yapı bakımından ise havadaki askıda partikül maddeler, kirletici kaynağın özelliklerine bağlı olarak çok çeşitli nitelikte olabilmektedir. Metallerden, organik bileşiklere ve deniz suyundan püsküren tuz kristallerine kadar pek çok madde, havada sakıncalı partikül ve aerosol oluşturabilir (Müezzinoğlu, 2005).

Partikül maddeler çok sayıda kimyasal maddeyi içermesi nedeniyle oldukça kompleks bir yapıya sahiptir ve bütün bileşenlerini belirleyebilmek çok da mümkün değildir. Fakat şimdiye kadar yapılan çalışmalarda bahsedilen ve aerosollerün bünyesinde en çok bulunan başlıca maddeler sülfat, amonyum, nitrat, sodyum, klor, iz metaller, karbonlu maddeler, yer kabuğu elementleri ve su damlacıklarıdır. Aerosollerin karbonlu kısmı hem elementel hem de organik karbondan oluşmaktadır. Elementel karbon, black karbon veya is olarak da bilinir ve eksik yanma sonucu oluşan birincil kirleticilerdendir. Partiküler organik karbon, kaynaklardan birincil kirleticiler olarak oluşabildiği gibi düşük-uçucu organik gazların atmosferde yoğunlaşmasıyla ikincil kirleticiler olarak da oluşabilir (Seinfeld and Pandis, 2006).

3.4.1 Sülfat

İkincil sülfatlar çoğunlukla H₂SO₄, (NH₄HSO₄), (NH₄)₂SO₄ olarak bulunur. Kükürt dioksit gaz-faz veya sulu-faz dönüşüm yollarıyla partiküler sülfata dönüşür. Gaz-faz durumunda kükürt dioksit atmosferde hidroksil radikalleriyle reaksiyona girerek hidrojen sülfid oluşturur. Sülfirik asit gazı düşük buhar basıncına sahiptir ve var olan partiküllerde yoğunlaşır. Yüksek bağıl nemde çok ince partiküller sülfirik asit damlacığını oluşturur veya amonyak gazı varlığında amonyum bisülfat veya amonyum sülfat olarak nötralize olur.

Ortam havasında sis ve bulutların varlığında, SO₂ gaz-faz reaksiyonlarından çok daha hızlı olan sulu reaksiyonların gerçekleştiği damlacıklarda çözünebilir. Eğer ozon ve hidrojen peroksit damlacıkta çözünürse sülfür dioksit hızla sülfürik aside okside olur. Eğer damlacıkta amonyum da çözülmüşse sülfürik asit amonyum sülfata nötrale olur. Bağlı nem % 100 'ün altına düştüğü sırada (örneğin sis veya bulut buharlaşması) sülfat partikülleri bir kısım sıvı su içeren küçük damlacık gibi bulunur. Bağlı nem % 70 'in altına düştüğü sırada damlacık buharlaşır ve askıda sülfat partikülü kalır. Bu reaksiyonlar sis damlacıklarında çok hızlıdır ve öncü gazların çözünürlüğü ile kontrol edilir. Sülfür dioksidin sülfata sıvı-fazdaki dönüşümü gaz-faza göre 10-100 kat daha hızlıdır (APMCG, 2001).

3.4.2 Nitrat

PM₁₀ daki ikincil nitratların çoğunluğu amonyum nitrat olarak (NH₄NO₃) bulunur. Nitratın bir kısmının kaba partikül fraksiyonunda bulunmasına rağmen genellikle sodyumla birleşmiş durumdadır. Sodyum nitratın (NaNO₃), deniz tuzundaki sodyum klorür (NaCl) ve nitrik asit ile reaksiyonu sonucu oluştuğu kabul edilir. Direkt salınan azot oksit (NO) ozonla girdiği reaksiyonla azot dioksit 'e (NO₂) dönüşür.

Atmosferik gaz-fazında azot dioksit, ultraviyole reaksiyon varlığında tekrar azot oksite dönüşebilir, PAN gibi organik nitratları oluşturabilir ve 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 nötrale olur. Nitrat da sulu fazda sülfat oluşumuna benzer şekilde, bulut ve siste sulu-faz reaksiyonlarıyla oluşur. Azot dioksit oksidantların varlığında damlacıklarda çözünür ve nitrik aside, çözülmüş amonyum varlığında ise amonyum nitrata dönüşür (APMCG, 2001).

3.4.3 Elementel Karbon

Elementel veya inorganik karbon biyokütle veya yakıtın eksik yanma ürünü olan birincil bir partiküldür. Siyah Karbon olarak da isimlendirilen elementel karbon yanma kaynaklarının varlığının işaretidir. Bu partiküller çoğunlukla 1µm'den küçüktür. Bu partiküller küçük boyutlarına ve inertliklerine bağlı olarak atmosferde uzun süre kalma eğilimindedirler. Bir çalışma EC 'nin ışık absorpsiyonunun % 90'ından daha fazlasından, görüş azalmasının % 24 – 45 'inden sorumlu olduğunu göstermiştir (WGAQOG, 1998, APMCG, 2001).

Yanma kaynaklarından yayılan karbonlu aerosollerin atmosferin yansıma dengesini değiştirerek iklimi etkileyebilme özellikleri vardır. Karbonlu partiküller genelde birikme tarzında bulunurlar ve böylece çok uzun mesafelere taşınabilirler (Chylek vd., 1984).

3.4.4 Organik Karbon

Partiküler organik karbon binlerce ayrı bileşenden oluşmaktadır. Bu organik bileşenlerin çoğu 20'den fazla karbon atomu içerir. Partiküler organik karbonun çoğunun ince partikül fraksiyonunda olduğu literatürde belirtilmiştir (APMCG, 2001). Los Angeles'da yapılan bir çalışmada organik bileşenlerin yaklaşık % 30'unun ince partikül kütlesinde olduğu belirtilmiştir (Gray vd., 1986). Güney Kaliforniya'nın dört şehriden toplanan atmosferik ince partiküllerin analiz edildiği çalışmada bazı organik karbonlar birincil PM niteliğinde iken çoğunun ikincil gaz-faz partikül dönüşüm prosesi ile oluştuğu belirtilmiştir (Rogge vd., 1993). 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. Çok sayıda bileşen ve bu bileşenlerin yarı-uçucu yapısı nedeniyle organik karbonu tam olarak analiz etmek zordur. Bu nedenle organik karbonun numune alma ve analiz metodu işlemleri tanımlanmıştır (U.S. EPA, 1988).

3.4.5 Yer Kabuğu Maddeleri ve Biyolojik Maddeler

Partiküllerin biyolojik maddeler açısından kaynakları polenler, sporlar, bakteriler, virüsler, protozoa, bitki lifleridir. (Bayat, 2002).

Al, Ca, Mg, K yer kabuğu, toprak ve mineral tozlarla ilgili elementlerdir. Özellikle Ca ve Al en çok bilinen yer kabuğu ve mineral tozları elementleridir. (Lee ve Hills, 2003). Al, Ca, Fe, K toprakla ilgili elementlerdir. Na, deniz tuzu elementidir (Yatkın ve Bayram, 2007).

3.5 Partikül Maddelerin Kaynakları

Atmosferdeki partikül maddeler kaynağa bağlı olarak farklı şekillerde oluşabilir. Bazı partiküller kaynaktan direk atmosfere bırakılırlar ve bunlara birincil kirleticiler denir. Bazı partiküller ise atmosferde diğer kirleticilerle birlikte kimyasal reaksiyona girerek ikincil kirleticileri oluştururlar (Oanh vd., 2009).

Partikül madde (PM), rüzgar, deniz ve volkanlar gibi doğal kaynaklardan veya antropojenik kaynaklı aktivitelerden oluşabilmektedir (Müezzinoğlu, 2005, Röösli vd., 2001, Yatkın ve Bayram, 2007). Fakat, atmosferik partikül maddeye en çok katkı genellikle fosil yakıtların

yakılması, endüstriyel faaliyetler, bina yapım çalışmaları, kaplanmış veya kaplanmamış yollarda taşıma işlemleri gibi insan aktivitelerinden sağlanmaktadır (Müezzinoğlu, 2005). Doğada PM'in kaynakları ve bileşimi çok karmaşıktır. Troposferdeki PM'in ise önemli bir kısmı insan kaynaklıdır ve sülfat, amonyum, nitrat, sodyum, klor, iz metaller, karbonlu maddeler, toprak elementleri ve su içerir (Seinfeld ve Pandis, 2006)

Toprak ve kaya parçalanmaları, deniz spreyleri, volkanik faaliyetler , biyokütle yangınları ve doğal gaz emisyonları arasındaki reaksiyonlar, polen, sporlar, bakteri virüs, protozoa, fungi, bitki iplikçigi ve volkanik tozlar birincil aerosollerin doğal kaynakları arasında sayılabilir (Taşdemir ve Çağlar, 2002, Müezzinoğlu, 2005). Antropojenik kaynaklı partikül madde oluşumları ise devam eden bölümde daha detaylı anlatılmıştır.

3.5.1 Antropojenik Kaynaklı Partikül Madde

3.5.1.1 Ulaşımdan Kaynaklanan PM

Trafikten kaynaklanan emisyonlar, taşıt egzozlarından oluşan partiküller ve taşıtların tekerlek, debriyaj ve fren gibi diğer aksamından oluşan partiküller olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir (Süren, 2007). Benzinli veya motorinli araçların egzozu partikül madde kirletici emisyonunu artırmaktadır. Emisyon ölçümü yaptırmayan, periyodik araç bakım ve muayenesi yaptırmayan, istiap haddinin üzerinde yük taşıyan (belediye ve halk otobüsleri, kamyonlar v.b.), 20 yaşın üzerinde olan, trafikte 35 km/saat'in altında seyreden ve araç motorunda uygun olmayan yakıtları kullananlar partikül madde kirliliğine neden olmaktadır.

Trafikte seyreden taşıt sayısının artması ve taşıt hızının azalması da egzozdan atılan kirletici miktarını artmaktadır (Öztürk, 2008).

3.5.1.2 Endüstri-Dışı Yanma İşlemlerinden Kaynaklanan PM

Partikül madde emisyonu, önemli ölçüde kış aylarında ısınmada kullanılan kalorisi düşük, kükürt, uçucu madde ve kül oranı yüksek kalitesiz katı yakıtların yanması sonucu meydana gelmektedir. Kükürt oranı yüksek sıvı yakıtlar da kükürt dioksit ve partikül madde emisyonuna neden olabilmektedirler.

Sobalarda ve kazanlarda uçucusu yüksek kömür kullanımı ciddi miktarda partikül emisyonuna neden olmaktadır. Bağlantı ve ayar yerleri, ızgara altı ve kapak kenarlarından hava sızıntısı olan, hava ayar kanalları kapatıldığında yanmanın durmadığı, bağlantı ve ek yerleri yüksek sıcaklığa dayanıklı olmayan soba ve kazanlar partikül madde emisyonuna neden olmaktadır (Öztürk, 2008).

3.5.1.3 Endüstriden Kaynaklanan PM

Kalorisi düşük, kükürt oranı yüksek katı yakıt kullanan termik santrallerde yeterli ölçüde baca gazı partikül madde arıtma ünitesi yoksa önemli miktarda partikül madde emisyonuna sebep olabilmektedirler. Özellikle ağır metal içeren katı yakıtların yanması sonucu ağır metaller gaz fazına geçerler ve bölgede ağır metal kirliliğine neden olmaktadır.

Genel olarak çimento ve kireç üretimi yapılan tesisler, taş ocakları, demir, çelik ve hurda işleyen tesisler, evsel atıkların, tıbbi atıkların ve tehlikeli atıkların yakıldığı tesisler, asfalt ve beton fabrikaları gibi fabrika ve tesisler gerekli önlemleri almadan çalıştıkları zaman partikül madde emisyonuna sebep olurlar. Ayrıca maden işleme tesisleri de önemli partikül madde kaynaklarından biridir (Öztürk, 2008). Çeşitli endüstrilerden kaynaklanan partikül maddeler Çizelge 3.3' de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Çeşitli Endüstrilerden Kaynaklanan PM (Süren, 2007)

SANAYİ	PARTİKÜL EMİSYONLARI	
	DOĞAL	TEMEL KAYNAKLAR
Demir-Çelik Fabrikaları	Demir oksit tozu, duman	Maden eritme ocakları, çelik üretim ocakları, eritme makineleri
Gri Demir Dökümhaneleri	Demir oksit tozu, yağ ve gres, metal dumanları	Döküm ocakları, maçalar, silkeleme sistemleri
Petrol rafinerileri ve Asfalt yakma	sülfirik asit dumanları, sıvı aerosoller, kül, kataliz tozları	Asfalt yakımı için hava, kataliz jeneratörleri, sulu çamur yakan makine
Portland Çimento	Alkali ve ürün tozları	Soğutucu, kurutucu, fırın, madde işleme sistemleri
Kağıt Hamuru Fabrikaları	Kimyasal tozlar, puslar	Maden eritme tankları, kimyasal ıslah ocakları, kireç ocakları
Asfalt Fabrikaları	Kum Tozları	Kurutucu, Madde işleme sistemleri
Asit Üretimi		
Fosforik	Asit dumanları, tozlar	Isıl prosesler, fosfor kayası eritme
Sülfirik	Asit dumanları	Öğütme ve işleme tesisleri
Kok İmalatı	Kömür ve kok tozları, kömür katranı	Su ile soğutma, madde işleme, fırın hücrelerinin yüklenmesi ve boşaltma
Cu, Pb, Zn, ve Al için birincil ve ikincil kolaylaştırma	Duman, metal dumanları, yağ ve gres	Tasfiye ve eritme ocakları
Sabun ve Deterjan İmalatı	Deterjan tozları	Sprey dryer, ürün ve hammadde işleme sistemleri
Cam Fırınları ve Camlif İmalatı	H ₂ SO ₄ dumanları, hammadde tozu, alkali oksitleri	Cam lif biçimlendirme, sertleştirme, is jeneratörleri
Siyah Karbon	İs	İs jeneratörleri
Alçı Taşı Prosesi	Ürün tozları	Kalsiner, kurutucu, öğütme ve madde işleme sistemleri
Kahve Prosesi	Çöp, yağ aerosoller, kül, dehidrate kahve tozları	Çöplerin yakılması, soğutucu, kurutucu, tavlama tavası, atık ısı kazanı
Pamuk Çırçır makinası	Pamuk lifleri, toz ve duman	Çırçır makinası, çöplerin yakılması

3.5.1.4 Yapım ve Yıkım Aktivitelerinden Kaynaklanan PM

Periyodik olarak yolların ve binaların yapımı veya yıkım işlemleri özellikle yerel olarak partikül kaynaklarını oluşturur. Bina yıkımı, çalılıkların, fidanlıkların, ağaçların ve ahşap binaların açıkta yakılması, toprak yolda araçların hareketi, toprak erozyonu, binaların kum püskürtülerek temizlenmesi, belirli bir bölgede alçı ve Portland çimentosunun yığılması ve işlenmesi gibi yapım ve yıkım aktiviteleri sırasında önemli miktarda partikül maddeler atmosfere verilmektedir (Süren, 2007).

3.6 Partikül Maddelerin Sağlığa ve Çevreye Etkileri

Geçtiğimiz yüzyılda PM oluşumuna sebep olan insan kaynaklı emisyonlar çarpıcı bir biçimde artmış ve buna bağlı olarak insan sağlığında olumsuz etkilere, kentsel ve kırsal alanlarda görüş mesafesinde düşüşe, asit birikimine ve dünyanın radyasyon dengesinin bozulmasına sebep olmuştur (Kindap vd., 2006, Seinfeld ve Pandis 2006, Koçak vd., 2009)

Tozları oluşturan maddenin kendisinin de kimyasal bakımdan aktif olabildiği böylece insan sağlığını etkileyebildiği bilinmektedir. Ayrıca partiküller, yüzeyleri üzerine adsorpladıkları diğer kirleticileri, havadaki normal derişimlerinden daha yüksek olarak hassas canlı dokulara ulaştırmakta ve bu maddelerin zararlı etkilerini arttırlar. Yapılan çalışmalara göre ince partiküllerin insan sağlığına daha fazla zararlı etki yaptığı bildirilmiştir. (Müezzinoğlu, 2005, Seinfeld ve Pandis, 2006, Öztürk, 2008)

PM'in insan sağlığı üzerindeki tehlikeli etkileri ve bununla birlikte iklim, ekosistem gibi çevre üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle son yıllarda PM konulu çalışmalarda artış dikkat çekmektedir (IPCC 2001, WHO 2003). PM'nin insan sağlığı üzerinde birçok etkisi olabilir, fakat en dikkat edilmesi gereken ve en tehlikeli olanı partiküllerin solunum sistemi üzerindeki etkileridir (Hetland vd., 2004) . WHO'nun (Dünya Sağlık Örgütü) hava kirliliğinden dolayı oluşan hastalıklarla ilgili yapılan değerlendirmesine göre her yıl meydana gelen 2 milyon erken doğum ölümleri, katı yakıtların yanmasından dolayı ortaya çıkan kentsel iç ve dış ortam hava kirliliğinin etkilerine bağlanmaktadır (WHO, 2007).

Oyun parklarında çocuklar, direk solunum yoluyla veya ellerini ağzına götürerek, doğal ve insan kaynaklı oluşan PM (sokaklardan ve caddelerden gelen toz) ve bunun ile birlikte yüksek konsantrasyonlarda iz metallere maruz kalmakta ve toksik etkiye olan hassasiyeti fazla olması sebebiyle çocuklar için bu önemli bir sağlık riski oluşturmaktadır (Ljung vd., 2006, Miguel vd., 2007, Acosta vd., 2009). Bu nedenle, araştırmacılar özellikle çocuk oyun parklarındaki bu kirleticilerin kompozisyonu ve bunların sağlık üzerindeki etkileri üzerinde çalışmalar

yapmaktadırlar. Miguel ve ark. (2007), İspanya'nın Madrid şehrinde 20 çocuk oyun parkında, 2002 ve 2003 yıllarında aldıkları numuneler üzerinden yaptıkları çalışmada topraktaki iz metallere kaynaklanan kirliliği ortaya koymuşlar; Tijhuis ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada Norveç'in Oslo kentinde birçok çocuk oyun parkında benzer bir araştırma yapmışlardır (Miguel vd., 2007, Tijhuis vd., 2007). Bu iki çalışmada da çocukların parklarda oyun oynarken Arsenik (As) gibi kanserojen etkisi olan veya farklı toksik değerlere sahip Pb, Cr, Al gibi metallere maruz kalabilecekleri gösterilmiştir. Bunlar topraktan kaynaklanabildiği gibi aynı zamanda direk solunum yoluyla, PM ile birlikte de çocukların solunum sistemine karışabilmektedir. Bu toksik metaller özellikle ince partikül madde olarak tanımladığımız PM_{2.5}'in kompozisyonunda bulunduğundan dolayı, çapı 2.5 µm'den küçük partiküllerin PM₁₀'a göre solunum, kardiyovasküler hastalık ve ölüm tehdidinin daha fazla olduğundan bahsedilmiştir (Kunzli vd., 2000, Schwartz ve Neas, 2000, Arden vd., 2002).

3.7 Atmosferdeki PM' i Oluşturan Önemli Bazı Metalik Elementler

Havada bulunan partiküllerin % 0.01-3'ünü sağlık yönünden çok toksik etkiler gösteren eser elementler meydana getirmektedir. Bunların sağlık yönünden önemi insan dokularında birikime uğramalarından ve muhtemel sinerjik etkilerinden kaynaklanmaktadır. Havadan solunum yolu ile alınan partiküllere ek olarak, yenilen yiyecekler, içilen su aracılığı ile de önemli miktarda metalik partiküller maddeler vücuda alınmaktadır.

Atmosfer kirliliğinin bir bölümünü oluşturan metaller; fosil yakıtların yanması, endüstriyel işlemler, metal içerikli ürünlerin insineratörlerde yakılması sonucunda ortama yayılırlar. İnsan sağlığını geniş çapta olumsuz yönde etkileyen metaller arasında atmosferde yaygın olarak bulunan; Kurşun, Kadmiyum, Nikel, Civa vb metaller önem taşımaktadır. Diğer 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 (Özcan vd., 2007, RSHM, 2010).

3.7.1 Kurşun (Pb)

Mavimsi veya gümüş grisi renge sahip yumuşak bir metaldir. Kurşunun tetraetil veya tetrametil gibi organik bileşenlerinin yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaları nedeniyle kirletici parametre olarak önem göstermektedirler. Uçuculuklarının diğer petrol bileşenlerinden daha fazla olması nedeni ile ilave edildiği yakıtın da uçuculuğunu artırır.

Atmosferdeki kurşunun yaklaşık olarak % 80-90'ı ; yakıtlara katkı maddesi olarak ilave edilen alkil kurşunun yanması sonucunda meydana gelir. Motorlu taşıtlarda kullanılan yakıtların yanması ile atmosfere yayılan kurşun miktarı ülkeden ülkeye, kaynaktan kaynağa değişim gösterir. Ayrıca kurşun cevherinin çıkarılması amacı ile yapılan çalışmalar, endüstriyel faaliyetler, kurşun içeren eşya ve maddelerin insineratörlerde yakılması gibi işlemler de atmosferik kurşun emisyonuna katkıda bulunur.

Benzine ilave edilen tetraetil veya tetrametil kurşun katkı miktarlarının azaltılması sonucunda, atmosferik kurşun konsantrasyonunda azalma eğilimi gözlenmektedir.

Kurşunun farklı enzim sistemleri ile etkileşim göstermesi nedeniyle bir çok organ veya sistem, kurşun birikimi için odak noktalarını oluştururlar. Kandaki kurşun konsantrasyonunun 0.2 µg/ml limitini aşması durumunda olumsuz sağlık etkileri gözlenir. Ayrıca havadaki kurşun konsantrasyonu ile kandaki kurşun konsantrasyonu arasında doğrusal bir ilişki olduğu öne sürülmüştür. Kurşunun havadaki 1 µg/m³ konsantrasyonunun kanda 0.01-0.02 µg/ml lik konsantrasyonu oluşturduğu tesbit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü, sağlık üzerine olumsuz etkilerin gözlenmediği 0.1 µg/ml kan kurşun konsantrasyon limitinin aşılmaması amacı ile; kent havasındaki kurşun konsantrasyonunun 0.5-1 µg/m³ olarak hedeflenmesini önermektedir (RSHM, 2010).

3.7.2 Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum (Cd) gümüş beyazı renğinde bir metaldir. Havada hızla kadmiyum oksite dönüşür. Kadmiyum sülfat, kadmiyum nitrat, kadmiyum klorür gibi inorganik tuzları suda çözünür.

Kadmiyum doğada çinko ile birlikte bulunur. Çinkonun rafinasyonu sırasında yan ürün olarak elde edilir. Kadmiyum bileşikleri; metallerin kaplanmasında, bakır gibi diğer metal alaşımlarında, alkali bataryalarında, plastiklerde stabilizer veya pigment olarak kullanılmaktadır. Kadmiyum içeren madde veya eşyaların çevreye atılması veya insineratörlerde yakılması ve kadmiyumun kullanımı sırasında yapılan aktiviteler atmosferik kadmiyum kirliliğini meydana getirmektedir.

Akciğerler veya sindirim sisteminden emilen kadmiyum karaciğer ve böbrekte birikebilmektedir. Biyolojik yarılanma süresi; karaciğerde 10 yıl, böbreklerde ise daha uzundur. Kadmiyumun eliminasyonunun az olması ve vücutta birikim yapması nedeni ile, yaşın ilerlemesi ile konsantrasyonda artış görüldüğü yapılan çalışmalarda belirtilmiştir.

Havadaki kadmiyum fume konsantrasyonu 1 mg/m³ limitini aşması durumunda, solunumdaki akut etkilerin gözlenebilmesinin mümkün olacağı belirtilmiştir. Kadmiyumun vücuttan

atılımının az olması ve birikim yapması nedeni ile sağlık üzerine olumsuz etkileri zaman doğrultusunda gözlenebilmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü insan sağlığının korunması için havadaki kadmiyum konsantrasyonunun; kırsal alanlarda 1-5 ng/m³, zirai faaliyetlerin bulunmadığı kentsel ve endüstriyel bölgelerde 10-20 ng/m³ ü aşılmasını tavsiye etmektedir (RSHM, 2010).

3.7.3 Nikel (Ni)

Nikel gümüşsü beyaz renkli sert bir metaldir. Nikel yer kabuğunda 58-94 mg/kg arasında değişen oranlarda bulunur. Nikel; demir üretiminde, diğer metallerin alaşımlarında, metallerin elektrolizle kaplanmasında katalizör olarak, paranın basılması sırasında, bazı bataryalarda, elektronik aksam bileşimlerinde, propilen ve renkli camların boyanması işlemlerinde kullanılmaktadır.

Atmosferdeki nikel oluşum kaynaklarının başlıcasını, fuel-oil ve bunun kalıntılarının yakılması, nikel madeninin işlenmesi ve rafinerasyonu, belediye atık insineratörleri, kömürün yakılması oluşturmaktadır. Kömürün yanması sonucunda meydana gelen nikel sülfat emisyonunun, havadaki nikel sülfat emisyonunun % 20-80'ini oluşturduğu belirtilmiştir.

Çeşitli hayvan ve bitki türlerinin yaşam süreçlerinde önemli bir eser element olan nikelin, insan hayatındaki eksikliği ile oluşacak belirtileri hakkında kesin bilgi bulunmamaktadır. Havada bulunan nikel uzun süreli maruziyetin insan sağlığına etkileri hakkında güvenilir kanıtlar tesbit edilememişse; 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 olmamaktadır (RSHM, 2010).

3.7.4 Krom (Cr)

Vücutta insülin hareketini sağlayarak karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını etkileyen krom, doğada her yerde bulunan bir metal olup havada > 0.1 µg/m³ olarak bulunabilmektedir.

Krom günümüzde özellikle alaşım elementi olarak kullanılmaktadır. Krom içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtların, ağaç ve kağıt ürünlerinin yanması neticesinde doğada (hexavalent) altı değerlikli krom oluşmaktadır. Okside krom havada ve saf suda nispeten kararlı iken ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda üç değerliğe geri redüklenir. Kromun kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akar ve okyanus tabanında çöker.

Kromun başta insan bünyesinde olmak üzere canlı organizmalardaki davranışı oksidasyon kademesine ve oksidasyon kademesindeki kimyasal özelliklerine ve bulunduğu ortamdaki fiziksel yapısına bağlıdır. Günde ortalama krom alımı (tüm değerliklerde) ortalama 30-200 µg'dır. Bu oranda alınan kromun toksikolojik bir etkisi yoktur ve yetişkin bir insanda günlük krom ihtiyacını karşılar. Günde 250 µg' a kadar alınan kromun vücut sağlığına zararı yoktur.

Cr⁺⁶'nın hava yoluyla vücuda alınması ile burun akmaları, burun kanamaları, kaşınma ve üst solunum yollarında delinmelerin yanı sıra kroma karşı alerji gösteren insanlarda da astım krizleri görülmektedir. Cr⁺³'ün hava ile alınması solunum yollarına Cr⁺⁶ kadar negatif etki yapmamaktadır. Hegzavalent kromun (Cr⁺⁶) trivalent kroma (Cr⁺³) göre daha toksik olduğundan bahsedilmiştir (Kahvecioğlu vd., 2010).

3.7.5 Bakır (Cu)

Bakırın doğal kaynakları; rüzgarla savrulan tozlar, yanardağlar, orman yangınları ve deniz serpintisidir. Antropojenik emisyonlar ise, fabrikalardan, demir döküm sanayinden, enerji istasyonlarından ve bölgesel yakma tesisleri gibi yanma kaynaklarından oluşmaktadır.

Kırsal kesimlerde havadaki bakır konsantrasyonunun ortalama 5 ila 50 ng/m³ arasında değiştiği belirtilmiştir [2].

Endüstride bakırın önemli rol oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılmasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özelliklerinin arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyona direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir. Ayrıca alaşımları çok çeşitli olup endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik vd.) değişik amaçlı kullanılmaktadır .

Bakır vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşenlerinden birini oluşturmaktadır (Kartal vd., 2010).

3.7.6 Kobalt (Co)

Kobalt adını ortaçağ avrupa madencilerinin kurşun ve kalay madenlerinin üretimi esnasında oluşan, ergimeyen ve metalin kullanılmasını engelleyen katı yapı nedeniyle maden ruhu, anlamına gelen "Kobold" tanımlamasından almıştır. Yeryüzünde 25 mg/ton ortalama ile kobalt en az sıklıkla bulunan elementler grubundadır.

Kobalt stratejik ve endüstriyel uygulamalarda ve askeri alanda önemli kullanım alanlarına sahiptir. Kobalt, en çok süper alaşım olarak jet motor türbinlerinde kullanılırken, malzemelere

manyetiklik özelliği kazandırma, korozyondan korunma ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla alaşımlarda, yüksek hız çeliklerinde, takım çeliklerinde, elmas takımlarında ve kesici uçlarda alaşım elementi olarak da kullanılabilir. Bileşikleri ise petrol ve seramik endüstrisinde katalizör ve boyalarda pigment, mürekkep ve verniklerde kurutma maddesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca pil elektrotlarında, her tip manyetik malzemelerde ve kayıt cihazlarında kullanılmaktadır.

Havada bulunan toz halindeki kobaltın solunması ve kobalt tuzlarına deri teması neticesinde kobalt zehirlenmesi gerçekleşir. Toz halinde alınan elementel kobaltın akciğerlerde çözünerek kana ve idrara karışması olumsuz sağlık etkilerinin arasındadır (Kartal vd., 2010).

3.7.7 Çinko (Zn)

Atmosferdeki çinko, en çok aerosol partikül maddelere bağlanmış şekilde bulunur. Partikül boyutu, çinko emisyon kaynağı tarafından belirlenir. Endüstriyel prosesler sonucu oluşan çinkonun büyük kısmı, solunabilen aralıkta olan yeterince küçük partiküller üzerine adsorbe olur.

Çinkonun taşınımı ve yayılımı, sahip olduğu partikül boyutuna bağlı olduğu bileşik özelliklerine göre değişmektedir. Düşük yoğunlukta ve çaptaki partiküllere adsorbe olan çinko, uzun mesafeler boyunca taşınabilir.

Çinko atmosferde aerosollerde okside edilmiş formda bulunur. Atık yakma tesisleri atmosfere çinko içeren küçük partiküller yayarken, lastik sanayisinin büyük partiküller yaydığından bahsedilmiştir [3].

Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallere karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Çinko tuzlarının toksikliği çinkodan daha fazla, yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmının toksikliğine bağlıdır. Örneğin; çinko kromatın ($ZnCrO_4$) yüksek zehirleyici ve kanserojen özelliği Zn^{+2} yüzünden değil anyonik CrO_4^{-2} bileşeni sebebiyledir.

Diğer taraftan, çinko insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir (günlük doz 10 - 20 mg). Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbohidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi ya da degradasyon gibi çeşitli metabolik prosesler için gereklidir.

Fizyolojik miktarlardaki çinko Cd, Hg, Pb ve Sn gibi diğer ağır metal iyonlarının zehirleyici etkilerini azaltmaktadır (Kartal vd., 2010).

3.7.8 Vanadyum (V)

Yumuşak, gümüşü gri renkli, sünek bir geçiş metalidir. Element doğada 65 farklı mineralde bileşik halinde bulunur. Çin'de ve Rusya'da çelik üretiminde ortaya çıkan cürufun işlenmesi ile, diğer ülkelerde ise ağır yağ baca tozunun geridönüşümü ya da uranyum madenciliğinin bir yan ürünü olarak üretilir. Özellikle yüksek hız çeliği benzeri yüksek alaşımlı çeliklerin üretiminde kullanılır. Vanadyum pentoksit (V_2O_5) bileşiği sülfürik asit üretimi için bir katalizördür [4]. Vanadyum ve Nikel sıvı yakıt yakılmasının iz elementleridir (Yatkın ve Bayram, 2007).

3.7.9 Kalsiyum (Ca)

Kalsiyum yeryüzünde en bol bulunan beşinci elementtir. Kalsiyum, toprak alkalileri grubundan metalik bir elementtir. Volkanik kayaların % 3 - 63'ünü teşkil eder. Kimyevi reaktivitesi yüksek olduğundan serbest halde bulunmaz. Yer kabuğunda genellikle karbonat, sülfat, silikat ve fosfat bileşikleri şeklinde bulunur [5].

Kalsiyum elementi aerosollerde ölçülen metaller arasında önemli miktarlarda (majör) yoğunlaşma değerine sahip olan bir elementtir ve atmosfere fosil türevi yakıtların yakılması ile bol miktarlarda atılabilmektedir (McQuarrie, 1966).

Yaşayan canlıların fizyolojik kimyasında kalsiyum önemli rol oynar. İnsan vücudundaki kalsiyumun % 99'u kemiklerde ve dişte bulunur. Çok fazla alınması durumunda ise kas güçsüzlüğü, kireçlenme gibi belirtiler görülebilir (McQuarrie, 1966).

3.7.10 Sodyum (Na)

Diğer alkali metaller gibi sodyum da, hafif, yumuşak, gümüşümsü beyaz renkte ve reaktif bir metaldir. Yüksek reaktif özelliğinden dolayı, doğada hiçbir zaman saf ve elementel halde bulunmaz.

Tabiatta ya deniz suyundan çözülmüş (deniz tuzu) yada toprak içinde billurlarmış olarak (kaya tuzu) klorür halinde, bazen nitrat halinde (şili güherçilesi, $NaNO_3$) veya deniz bitkilerinde organik asitlerle birleşmiş halde çok yaygın olarak bulunan alkali metaldir.

Kan ve vücut sıvılarının sinir uyarılarının nakli, kalp faaliyetleri ve bazı metabolizma fonksiyonlarının düzenlenmesi için sodyum iyonları gereklidir. Pek çok insanın sodyumu, (sodyum klorür: $NaCl$) mutfak tuzu formunda gereğinden fazla tükettiği ve bunun da sağlık üzerinde olumsuz etkileri olduğu düşüncesi oldukça yaygındır. Çok kolay yükseltgendiği için ametallerin birçoğuyla, özellikle hidrojenle, halojenlerle, kükürtle birleşir [6].

3.7.11 Potasyum (K)

Potasyum dünya yerkabuğunun ağırlıkça yaklaşık olarak % 1,5' ni oluşturur ve bu oranıyla en çok bulunan yedinci elementtir. Potasyum beslenmede hayati bir mineraldir.

Vücut sıvısındaki potasyum eksikliği ishal ve kusmaya yol açar, ölümcül olabilir (hypokalemia). Potasyum eksikliği sonucu kas güçsüzlüğü, kalp atışı anormallikleri ve dolaşım bozukluğu, refleks yavaşlaması ve nefes almada güçlük, halsizlik görülebilir [7].

3.7.12 Alüminyum (Al)

Alüminyum yerkabuğunun yaklaşık % 7'sini oluşturur. Serbest halde bulunmaz. Her zaman bileşikleri halindedir. En önemli filizleri $KAlSi_3O_8$ (ortoklas), $NaAlSi_3O_8$ (albit) ve $CaAl_2Si_2O_8$ (muskovit)'tir. Saf alüminyum yumuşak ve hafiftir. Korozyona dayanıklıdır. Sertliği uygun alaşımlarla arttırılabilir. Alüminyum ve alaşımlarının yüksek elektrik ve ısı iletkenliği vardır. Korozyona dayanıklı olması metalin yüzeyindeki ince Al_2O_3 tabakasından ileri gelir. İnce levha haline gelebildiği için yiyecekleri ambalajlamada, mutfak kapları, biracılıkta, sütçülükte mayalama fiçileri ve kimya endüstrisinde çeşitli kazanların yapımında Al metali kullanılmaktadır (Şamlıoğlu, 2007).

3.7.13 Magnezyum (Mg)

Fotoğraf makinelerinin gövde ve flaş kaplamalarında, işaret fişeklerinde ve yangın bombaları başta olmak üzere pirotekni alanında yoğun olarak kullanılır. Günlük ihtiyaç 0,2-0,3 g kadardır ve eksikliğine pek rastlanmamaktadır. Fazla alınması halinde sindirim sistemi hastalıkları, böbrek hastalıkları, endokrin hastalıklar, metabolik bozukluklar, eksikliğinde ise böbrek yetmezliği, diyabetik koma ve Addison hastalığı görülebilmektedir (Şamlıoğlu, 2007).

3.8 Partikül Madde Kontrolü

Partikül madde giderme cihazları veya kontrol cihazları, bir kirli gaz kütlelerinde bulunan tozları gaz ortamından ayıran cihazlardır. Bu tür cihazlar kullandıkları prensiplere göre genel olarak farklılaşmaktadır.

Temel olarak partikül gideren sistemleri şu başlıklar altında toplayabiliriz.

Toz Çökeltim Odaları; parçacıkların kütlelerine bağlı olarak kendi ağırlıklarının etkisi altında çökelmeleri esasına dayanan en basit toz ayırıcılarıdır. Bunlar hızlı akan tozlu gaz akımı üzerinde aniden genişleyen odalar şeklinde yapılırlar. Burada gazın hızı aniden düşer ve

tozları sürükleyemez, böylece akımdan ayrılan tozlar dibe çöker ve buradan alınıp uzaklaştırılır. Toz çökeltim odaları 10 -10000 µm ve daha iri tozları ayırabilmektedir.

Ataletli (Santrifüjli) Ayırıcılar; içerisinde toz tanecikleri bulunan bir gaz kütlesi akım esnasında sistem içinde ayırıcı perdelerle karşılaşır, tozların bir kısmı yollarına aynı hızla devam etme eğilimleri yüzünden perdeler arasına çarpıp yön değiştirirler ve çöklerler.

Ataletli ayırıcıların en yaygın kullanılanları:

-*Basit ataletli ayırıcılar* ; 50 - 200 µm çaptaki iri tozları gaz akımından ayırabilir.

- *Siklonlar* ; 40 - 50 µm çaplı tozları iyi bir verimle tutabilir.

- *Multisiklonlar;* daha büyük gaz hacimlerini geçirebilmek için tasarlanmış, giriş çıkış yapıları ortak çoklu siklonlardan oluşur. Çimento tesisleri, tahıl deposu, gübre fabrikaları, asfalt ve mıcır şantiyeleri, kireç ve taş ocakları gibi yoğun toz emisyonu olan yerlerde sık kullanılmaktadır.

- *Dinamik ayırıcılar;* kuru tozlar için kullanılır, elyaf şeklindeki tozları tutamamaktadırlar.

Elektrostatik Çöktürücüler; Elektrikle çalışan bu toz filtrelerinde çok ince tozlarda bile verim % 99.9 'lara ulaşmaktadır. Bu sistemde toz parçacıkları elektrik kıvılcıklarının bulunduğu bir elektriksel alandan geçirilerek iyonize hale getirilirler. Yüklenen bu parçacıklar nötrleşmek için birbirleriyle birleşerek irileşirler ve topraklanmış plaka yüzeylerinde biriktikten sonra mekanik yolla ayrılırlar. Yapılarına bağlı olarak beş türü mevcuttur; plaka ve tel tipi (en yaygın kullanılan tür), düz plakalı tip, tüp tipi, ıslak tip (ilk üç tipten herhangi birini böyle çalıştırmak mümkündür) ve iki kademeli tip. Plaka ve tel tipi elektrostatik çöktürücüler kömürlü termik santraller, petrol rafinerilerindeki kraking üniteleri, sinter tesisleri, metalurjik ark ocakları, demir çelik tesisleri, cam fırınları, çimento tesisleri vb. kirletici gücü yüksek sanayilerde sık kullanılmaktadır.

Filtrasyon ve Torba Filtreler; tozların gözenekli bir yapıdaki bir yüzeyde tutulup, gazların ise gözeneklerden elenerek geçmesi esasına göre çalışan sistemlerdir. Başlıca iki türü vardır. Bunlar yüzey filtreleri/dokuma filtreler (temizlenip yeniden kullanılabilir) ve derinlik filtreleri/keçe filtreleridir (temizlenerek yeniden kullanılamaz).

Islak Toz Tutma (Gaz Yıkama); torba filtreler ve elektrostatik filtreler hariç diğer toz tutma işlemlerinin hepsi sisteme eklenerek duş ve atomize sprey düzenekleri ıslak toz tutucu olarak çalıştırılabilir. Bunun en önemli ön koşulu söz konusu tozun su damlacıkları ile karşılaştığında yapışkan çamurlara dönüşmemesi veya gazların reaksiyona girip malzemeye zarar vermemesidir

Çeşitli toz tutucu türleri, çalışma prensiplerine ve en başarılı oldukları toz iriliklerine göre Çizelge 3.4 'de özetlenmiştir (Müezzinoğlu, 2005).

Çizelge 3.4 Tozlu gazlardan toz uzaklaştıran cihaz ve yöntemler (Müezzinoğlu, 2005)

Cihaz	En Başarılı Olduğu Toz İrilik aralığı	Mekanizma
Çökeltme odaları	>100 (µm)	Ağırlıkla çökeltme
Tekli Siklonlar	>15(µm)	(Santrifüjle) ataletli ayırma
Multisiklonlar	>5 (µm)	(Santrifüjle) ataletli ayırma
Yıkama kuleleri	>3 (µm)	İrileşip Ağırlıkla Çökeltme
Venturi Yıkayıcısı	>0,5 (µm)	İrileşip ataletle ayrılma
Torba Filtre	>0,1 (µm)	Filtrasyon
Elektrostatik Çöktürücü	>0,001(µm)	Elektrostatik yüklerin giserimi ile irileşerek çökeltme

3.9 Partikül Maddeler İçin Sınır Değerler

Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için ülkeler standartlar geliştirmiştir. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ortam havasında 10 mikrondan daha ince tozlara sınırlama getirmektedir.

Son yıllarda A.B.D. 'den başlayarak tüm dünyada 2.5 mikronun altındaki tozları kısıtlamak üzere çalışmalara girişilmiştir. Bu amaçla yeni limit değerler geliştirilmekte, ölçüm cihazları yeniden düzenlenmektedir.

Ülkemizde PM₁₀ için sağlığın korunması amacıyla uzun vadede yıllık ortalama sınır değer 150 µg/m³, kış ayları ortalaması sınır değer 200 µg/m³ ve 24 saatlik ortalama sınır değer 300 µg/m³ dür. Uzun vadeli sınır değer; yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması olan ve aşılmaması gereken değerdir. Kısa vadeli sınır değer ise; günlük ölçümler sonucunda elde edilen değerlerin ortalaması olup, aşılmaması gereken sınır değerdir (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği).

A.B.D. ve A.B. ülkelerinde havadaki partikül madde konsantrasyonu ile ilgili uygulanan sınır değerler aşağıda verilmiştir.

A.B.D.'de partikül madde için sınır değerler;

PM₁₀ için yıllık aritmetik ortalama maksimum değer 50 µg/m³, 24 saatlik ortalama maksimum değer 150 µg/m³'den yüksek olamaz. PM_{2.5} için yıllık aritmetik ortalama

maksimum değer $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 saatlik ortalama maksimum değer $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den yüksek olmaması istenmektedir.

A.B. Ülkelerinde partikül madde için sınır değerler;

PM_{10} için yıllık aritmetik ortalama maksimum değer $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 saatlik ortalama maksimum değer $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$,

Dünya Sağlık Teşkilatı tarafından partikül madde için belirlenen sınır değerler;

PM_{10} için yıllık aritmetik ortalama maksimum değer $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 saatlik ortalama maksimum değer $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirtilmiştir (Öztürk, 2008).

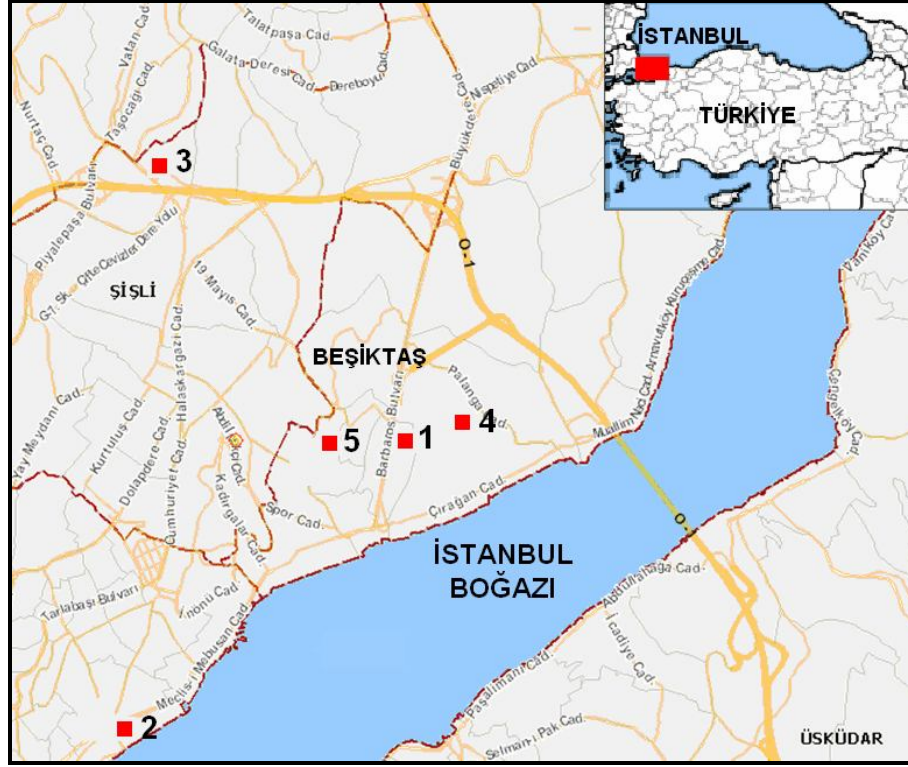
4 MATERYAL ve METOT

4.1 Çalışma Bölgesi ve Ölçüm Periyotları

İstanbul, Türkiye'nin en kalabalık ve ekonomik açıdan en önemli şehri olmakla birlikte belediye sınırları göz önüne alınarak yapılan sıralamaya göre, 18,3 milyonluk nüfusuyla dünyanın 5. Avrupa'nın ise en büyük şehirlerinden biri olarak kabul edilmektedir [8]. Ayrıca bir mega şehir olarak İstanbul, Türkiye'nin kültür ve finans merkezi özelliğini taşımaktadır. Şehir, Türkiye'nin kuzeybatı bölgesinde (41 °K ve 29 °D) İstanbul Boğazı'na yerleşmiştir ve trafik problemiyle birlikte önemli ölçüde endüstriyel aktiviteyi de içermektedir. Bununla birlikte; plansız kentleşme, yeşil alanların giderek azalması ve yüksek binaların inşaatı havanın sirkülasyonunu olumsuz yönde etkilemiş ve bunların sonucu olarak İstanbul'un bazı bölgeleri yılın diğer aylarına göre daha soğuk olan Ekim ve Mart ayları arasında yüksek hava kirliliğine maruz kalmaktadır (Karaca vd., 2005).

Proje kapsamında araştırma yapılan çalışma bölgesi Beşiktaş ve çevresini kapsamaktadır. Bu çalışmada araştırılmak üzere, trafiğe göre konumu farklı 5 çocuk oyun parkı seçilmiştir; (1) şehir içinde trafiğin yoğun olduğu bir ana cadde üzerinde (Barbaros Bulvarı, Beşiktaş), (2) boğaz ve deniz etkisinin görülebileceği İstanbul Boğazına yakın sahil kenarında (Kabataş), (3) trafik yoğunluğunun yüksek olduğu anayol kenarında (Abide-i Hürriyet Parkı, Okmeydanı), (4) trafiğe uzak ve dinlenme alanlarının olduğu ormanlık bir alanın içinde (Yıldız Parkı, Beşiktaş) ve (5) yerleşim alanlarının yoğun olduğu (Abbasağa Parkı, Beşiktaş) olarak seçilmiştir.

Seçilen bu 5 parkın güvenli yerlerine, ölçüm cihazlarının koyulacağı istasyonlar yaptırılarak yerleştirilmiştir. Şeki 1'deki harita üzerinde bu parkların (ölçüm istasyonları) yerleri gösterilmektedir. İstasyonların birbirine yakın yerlerde olması, meteorolojik ve klimatolojik açıdan bir problem oluşturmamış, güvenli ve sağlıklı bir ölçüm yapılabilmesine imkan sağlamıştır. Her bir istasyonda 18 günlük ölçüm periyotları uygulanmış ve bu sürenin sonunda ölçüm bir sonraki parkta yine 18 gün devam etmiştir. Böylece 5 parkın ölçümü 3 ayda (1 periyot), bir diğer ifadeyle bir mevsimde tamamlanmıştır. Bu çalışmada, 1 Mart 2009 ve 1 Mart 2010 arasında ölçümler alınmış ve böylece 4 mevsim tamamlanmıştır.



Şekil 4.1. Ölçüm istasyonlarının yerleri

4.2 Örnekleyici Ekipman

Partikül madde ölçümleri, düşük hacimli ortam havası örnekleyicisi olan “Zambelli ISO PLUS 6000” cihazı ile “EPA 40 CFR PART 50” standartları kullanılarak yapılmıştır. 16.7 litre/dakika akış hızında 24 saatlik ölçümler alınmış ve haftanın altı günü ölçümler alınıp, cihazın kalibrasyonu ve bakımı için ölçümlere bir gün ara verilmiştir. Cihaz bir günde bir fraksiyon için kullanılabildiğinden, PM_{2.5} ve PM₁₀ ölçümleri ardışık günlerde sırayla yapılmıştır.

ZAMBELLİ 6000 ISO PLUS İzokinetik Toz Örneklem Cihazı, ISO 9096’ ve EPA Metotlarında (EPA Metot 5 – EPA Metot 17) belirlenen tasarım ve protokol kriterlerine uyan interaktif izokinetik örneklem sistemidir.

Sistem aşağıdaki ekipmanları içerir:

- Örneklem Pompası (ISO 600 Plus)
- Bacagazında izokinetik örneklem yapabilmesi için S tipi pitot tüp (Uzunluk 1m veya 1,5m veya 2m veya 2,5m)
- Bacagazından numune çekebilmesi için numune alma probu (Uzunluk 1 m veya 1,5 m veya 2 m veya 2,5 m)

- Numune alma probunda kullanılmak üzere nozzle set (nozzle çapları 3,4,5,6,7,8..mm)
- Filtre tutucu (47mm veya 37mm veya 35mm çapında)
- Sıcaklık sensörü ve uzatma kablosu
- İki probu birbirine bağlama aparatı ve flansı
- Kaçak manometresi
- Silikon hortum
- Silika jeli ile beraber PVC kondensat ünitesi
- Opsiyon olarak sıcaklık göstergeli konteyner
- Opsiyon olarak dereceli cam kondensat ünitesi

Bu sistemde, sıcaklık ve basınç transdüserleri bulunur. Bu ölçümler, iyi bir izokinetik örnekleme yapabilmek için ne kadar örnekleme akış hızının gerektiğini belirlemek ve örnekleme yerindeki koşullardaki değişiklikleri yansıtacak şekilde fiili akış hızını sürekli ve otomatik olarak güncellemek için kullanılır.

ZAMBELLİ 6000 ISO PLUS İzokinetik Toz Örnekleme Cihazı, güçlü bir vakum pompasına (0 - 40 l/min) ve standart bir dizi örnekleme giriş nozullarıyla birlikte kullanıldığında yaklaşık 2-120 m/sn aralığında bir örnekleme giriş hızı veren kuru tip hacimsel gaz akış ölçüm sistemine sahiptir.

Cihaz üzerinde, çeşitli çalışma parametrelerinin ve örnekleme protokollerinin girilebildiği, mahfazanın üst kısmında, aşağı açılan bir kapakla korunmuş su geçirmez bir tuş takımı bulunmaktadır. Cihazın arka tarafında bir güç girişinden (220 VAC), pitot-statik sistemin iki koluna bağlanmak üzere basınç muslukları, standart bir K tipi ısıt çift bağlantısı (bu konektör, kolludur ve bir tek yönden takılır), bir yazıcı girişi ve bir RS232 bilgisayar girişinden oluşan bir bağlantı paneli yer almaktadır (Zambelli Kullanım Kılavuzu).



Şekil 4.2 US EPA standartlarına göre PM 10 Başlık (akış 1 m³/h) (Zambelli)

4.3 Veri Kalite Kontrolü (QA/QC)

Veri kalite kontrolü, verilerdeki ve veri üretim süreçlerindeki eksiklik ve performansı, tanımlanmış standartlara göre ölçen, oluşabilecek hataları minimize eden, teknik aktivitelerin tümüdür (EPA, 1998). Numunelerin toplanmasında ve analizlerinde en önemli sorun, çok düşük seviyelerdeki konsantrasyonlar sebebiyle meydana gelebilecek kontaminasyondur. Numune analizlerinde ne kadar hassas çalışılsa bile, çok fazla sayıda numunenin rutin analizlerinin tümünde en doğru sonucu yakalamak çok zordur (Kaya ve Tuncel, 1997). Bu nedenle her analiz için veri kalite kontrolü prosedürleri uygulanmıştır.

Bu çalışmada; numune alma aşamasında, numunelerin taşınmasında, şartlandırılmasında, saklanmasında, analizinde ve şahit filtrelerin kullanılmasında kontaminasyon ihtimalini minimize etmek için veri kalite kontrol prosedürleri uygulanmıştır. Bu prosedürler “EPA 40 CFR PART 50” standartlarına göre aşağıda belirtilmektedir:

- Çalışmada kullanılan cihazların kalibrasyonları, bakımları ve kaçak testleri cihazların kullanım kılavuzlarında belirtilen periyotlara ve şartlara göre yapılmaktadır.
- Analizlerin yapıldıkları ortam şartlandırılmakta ve izlenmektedir.
- Numuneler metal kontaminasyonunu önlemek için plastik araçlarla tutulmaktadır.
- Filtrelerde herhangi bir delik veya hasar olup olmadığı gözle bakılarak kontrol edilmektedir.
- Filtreler ölçümden önce ve sonra 24 saat boyunca şartlandırılmaktadır.

- Filtreler, ölçüm istasyonu ve laboratuvara kapalı (hava ve güneş almayacak şekilde) plastik petri kaplarında taşınmaktadır
- Her oyun parkı için birer saha ve laboratuvar şahit numuneleri (blank) alınmakta ve numune için yapılan analiz prosedürleri bunlar için de tekrar edilmektedir.
- Çalışma süresince ortam şartları ile analiz sonuçları kayıt formlarında ve numune kaplarının üstündeki etiketlerde kayıt altına alınmaktadır.
- Numune alma cihazının girişi etrafındaki akış, numune alma cihazının yakınındaki hava akışını etkileyecek hiçbir engel ile kısıtlanmamıştır.
- Numune ölçümü belirli yükseklikte ve debide yapılmaktadır.
- Cihazlar güvenlik nedenlerinden ötürü kapalı ve güvenli dolaplar içerisinde bulunmaktadır.
- Deneysel sırasında çevresel faktörler de gözlenerek, ölçüm sonuçları üzerinde etkisi olabilecek durumlar kayıt altına alınmaktadır.
- Numuneler laboratuvar analizleri öncesinde ve sonrasında şartlandırılmış ortamda muhafaza edilmektedir.
- Laboratuvar analizleri için kullanılan araçlar her analiz öncesi steril edilmektedir.
- Numunelerin laboratuvar analizlerinin her safhasında ultra-pure saf su ve ultra-pure asitler kullanılmıştır (EPA, 1997).

4.4 Gravimetrik Analiz

Partikül maddeler, 47 mm filtre çapı ve 2 µm gözenek çapı olan teflon (PTFE) tip filtreler üzerinde toplanmıştır. Filtreler kullanımdan önce ve sonra, sabit tartıma gelebilmesi için oda sıcaklığında ve belirli aralıktaki nem oranında 24 saat desikatörde bekletildikten sonra hassas terazide tartılmıştır (Demir vd., 2010). Örnekleme ve tartım esnasında olabilecek kontaminasyonları belirlemek amacıyla, “EPA 40 CFR PART 50”ye göre her istasyon için birer adet saha ve laboratuvar şahit filtresi (blank) alınmıştır.

4.5 Çözünürleştirme İşlemi

“Zambelli 6000 Iso Plus” cihazı kullanılarak filtreler üzerinde tutulan PM₁₀ ve PM_{2.5} metal ve ağır metal analizlerini yapabilmek için filtrelerin çözünürleştirilme işlemi “Berghof MWS 2” mikrodalga numune hazırlama cihazı kullanılarak yapılmıştır. Aerosol örneklerin çözünürleştirilmesi için literatürde verilmiş çeşitli asit kombinasyonları denenmiş ve optimum

çözünürleştirme işlemi için en çok kullanılan sülfürik asit - perklorik asit kombinasyonu kullanılmıştır.

Bu amaçla filtreler, ultra saf su ile temizlenmiş teflon tüplere yerleştirildi. Üzerlerine ultra saf 5 ml H₂SO₄ ve 3 ml HClO₄ ilave edildi. Teflon kaplar cihaz prosedürüne uygun şekilde kapatıldılar ve çözünürleştirilme işlemi için mikrodalga fırına yerleştirildiler. Cihaz birinci aşamada 165 derecede 15 dakika, ikinci aşamada 175 derecede 15 dakika, üçüncü aşamada 185 derecede 15 dakika olmak üzere toplamda 45 dakika kadar ısıtıldı. İşlem bittikten sonra teflon kaplar açıldı, 50 ml'lik balon jodelere süzüldü ve ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlandı. "ICP-OES" de ağır metal analizleri için hazır hale getirildi.

4.6 Elementel Analiz

Bu çalışmada filtre üzerinde toplanmış partiküllerin elementel analizi PerkinElmer marka ICP-OES Endüktif eşleşmiş plazma spektroskopisi (Inductively Coupled Plasma) cihazı ile yapılmıştır.

ICP emisyon spektroskopisinde, elde edilen yüksek sıcaklık nedeniyle, çok kararlı bileşikler bile, plazma sıcaklığında atomlarına ayrışırlar. Ayrıca alevin kullanıldığı absorpsiyon ve emisyon spektroskopisi yöntemlerinde, oksijenin yüksek kısmi basıncı nedeniyle, toprak alkali elementleri, nadir toprak elementleri ve bor, silisyum gibi bozunmayan oksit ve hidroksit radikaller oluşturan elementlerin analizinde duyarlılık düşüktür. Fakat argon gazı ile oluşturulan plazmada böyle bir sorun yoktur. ICP emisyon spektroskopisinin iyonlaşmayı büyük ölçüde engelliyor olması ve aynı anda birden çok elementin analizinin yapılabilmesi önemli avantajlarından (Leblebici ve Aksoy, 2008).

ICP de autosampler ile alınan numune nebulizer a verilir ve burada argon gazı ile karışarak aerosol haline gelir. Daha sonra yaklaşık 6000-7000 K sıcaklık altında plazma haline geçer. Plazmanın oluşturulduğu "Torch", iç içe geçmiş 3 kuartz kanaldan oluşmaktadır. Bu kanalların dış kısımdaki iki tanesinden Argon gazı, içteki küçük kanaldan (enjektör) ise argon gazı ile birlikte numune püskürtülmektedir. Argon gazı ile birlikte enjektörün uç kısmından püskürtülen numune, bu bölgenin kenarındaki metal bobine uygulanan RF (Radyo Frekans) sinyal ile indüklenerek plazma haline getirilir. Plazmanın orta kısmındaki sıcak bölgeden gelen emisyonlar analiz için kullanılmaktadır (PerkinElmer çalışma prensibi notları).

Numunelerin analizi için beş adet standart hazırlanarak kalibrasyon eğrisi çizildi. Kalibrasyonlar günlük oluşturuldu ve ara vakitlerde standart çözeltiler okutularak cihazın hassasiyeti kontrol edildi. Kalibrasyon eğrilerinin r² değeri (korelasyon katsayısı) 0.999 dan

büyük olduğu zamanlarda numuneler analiz edildi. Her analiz sonunda hazırlanan standartlar tekrar okutulurken cihazın performansı kontrol edildi.

Toz partikülleri içinde yüksek oranda toprak kaynaklı olan; Alüminyum (Al), Potasyum (K), Sodyum (Na), Magnezyum (Mg), Kalsiyum(Ca) ve yine havada uçuşan partiküllerin içinde çok yüksek oranlarda antropojenik kaynaklı; Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Krom (Cr), Kadmiyum (Cd), Zn (Çinko), Kobalt (Co), Vanadyum (V), Nikel (Ni) gibi toksik özelliği olan ve olumsuz sağlık etkilerine neden olabilen birçok element bulunmaktadır. Olumsuz sağlık etkileri, toksik özelliği ve bu konuda yapılan çalışmalarda en çok analiz edilen elementler olmaları nedeniyle bu seçilen 13 elementin analizi belirtilen şekillerde ICP-OES cihazında gerçekleştirilmiştir.

4.7 Hesaplamalar

4.7.1 Ortam havası PM konsantrasyonlarının hesaplanması

PM konsantrasyonları aşağıdaki denklemde belirtilen şekilde hesaplanmıştır.

$$C = m / V$$

$$C = \text{PM konsantrasyonu (PM}_{2.5} \text{ veya PM}_{10}), \mu\text{g} / \text{m}^3$$

m= PM nin kütlesi (filtrelerin son ve ilk tartım arasındaki farkı)

V=Toplanan PM fraksiyonu boyunca çekilen hava miktarı, m^3

4.7.2 Elementel konsantrasyonların hesaplanması

Ortam havası elementel konsantrasyonların hesaplanması aşağıdaki denklemde belirtildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$C_{\text{element}} = [(C_s \cdot V_s) - (C_b \cdot V_b)] \cdot 10^3 / V_a$$

$$C_{\text{element}} = \text{Elementin konsantrasyonu, ng/m}^3$$

$$C_s = \text{Elementin numunede okunan değeri, } \mu\text{g/l}$$

$$C_b = \text{Elementin blankte okunan değeri, } \mu\text{g/l}$$

$$V_s = \text{Numune hacmi, l}$$

$$V_b = \text{Blank çözeltisi hacmi, l}$$

$$V_a = \text{Toplanan PM fraksiyonu boyunca çekilen hava miktarı, } \text{m}^3$$

$$10^3 = \text{Birim değiştirme (ng/}\mu\text{g)}$$

4.8 İstatiksel Analizler

Çalışma süresi boyunca elde edilen $PM_{2.5}$ ve PM_{10} değerlerini yorumlayabilmek için her mevsime ve istasyona göre kütle konsantrasyonlarının ortalaması, minimum ve maksimum değerleri, standart sapma değeri ve veri sayısını içeren istatiksel çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca bu partikül maddelerin elementel kompozisyonunu oluşturan elementler arasındaki ilişkiyi de anlayabilmek amacıyla da korelasyon matrisleri oluşturularak çalışma sonuçlarının yorumlanması ve değerlendirilmesine yardımcı olunmuştur.

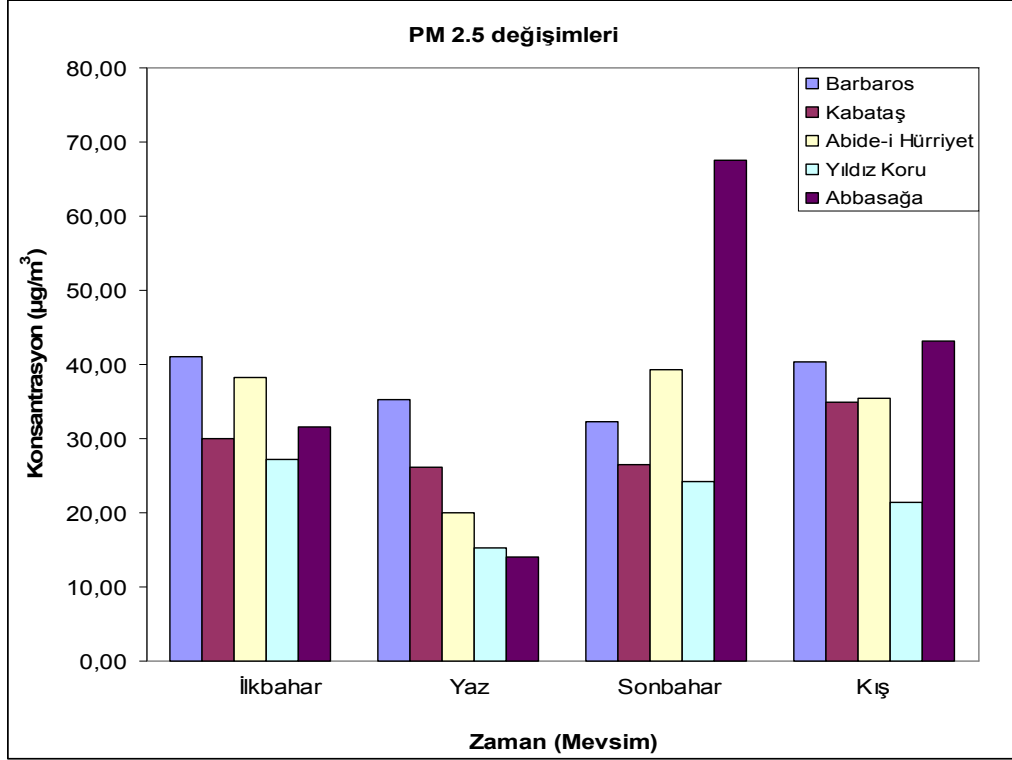
5 ANALİZ SONUÇLARI

5.1 PM_{2,5} ve PM 10 kütle konsantrasyonları

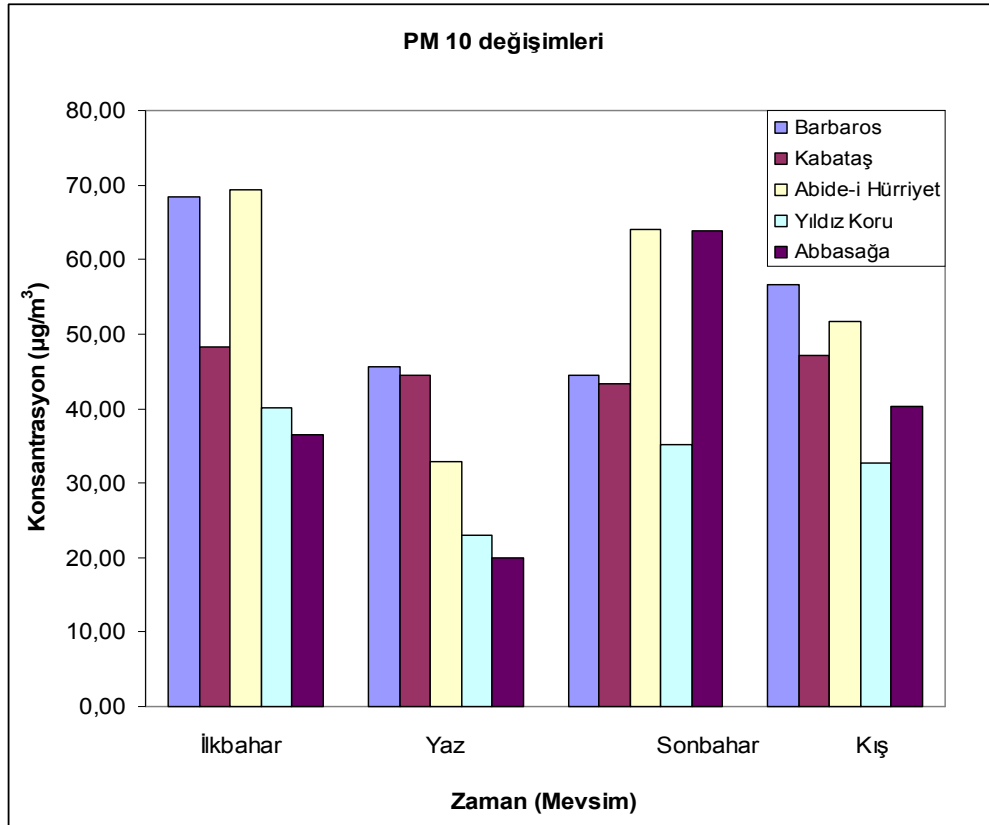
01 Mart 2009 ve 01 Mart 2010 tarihleri arasında toplanan partiküllerin konsantrasyonları gravimetrik yöntemle tayin edilmiştir. Bütün parkların mevsimsel dönemlere ait ortalama partikül madde konsantrasyonları Çizelge 5.1, Şekil 5.1 ve Şekil 5.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 01 Mart 2009 ve 01 Mart 2010 tarihleri arasında ölçülen ortalama PM_{2.5} ve PM₁₀ kütle konsantrasyonları

Ölçüm yapılan parklar	İstatiksel Değerler	İlkbahar Dönemi 01 Mart - 31 Mayıs 2009		Yaz Dönemi 01 Haziran-31 Ağustos 2009		Sonbahar Dönemi 01 Eylül - 30 Kasım 2009		Kış Dönemi 02 Aralık 2009 - 01 Mart 2010	
		PM _{2.5} µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³
		Barbaros Bulvarı	Ortalama	40,99	68,50	35,32	45,59	32,36	44,41
	Minimum	28,80	25,97	17,28	34,50	21,80	30,17	21,58	41,32
	Maksimum	60,80	181,00	43,70	52,88	43,14	56,00	104,16	77,98
	S.S.	11,31	51,76	9,87	6,63	8,49	7,88	29,05	13,08
	Veri Sayısı	8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00	7,00	7,00
Kabataş Parkı	Ortalama	30,04	48,33	26,09	44,50	26,51	43,33	34,85	47,06
	Minimum	13,00	30,26	21,60	25,80	12,90	28,60	17,37	21,60
	Maksimum	69,50	78,30	33,20	56,60	43,50	82,60	73,66	103,23
	S.S.	18,25	18,68	5,00	9,85	11,39	20,68	18,18	28,08
	Veri sayısı	8,00	7,00	7,00	8,00	7,00	7,00	8,00	7,00
Abide-i Hürriyet Parkı	Ortalama	38,21	69,44	19,94	32,90	39,35	63,99	35,44	51,68
	Minimum	26,00	38,90	13,20	8,80	22,11	34,64	21,57	34,72
	Maksimum	56,20	129,58	31,30	43,40	77,75	125,59	56,26	65,58
	S.S.	11,59	31,54	6,39	11,91	18,25	34,25	11,81	11,57
	Veri sayısı	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00	7,00	7,00	7,00
Yıldız Parkı	Ortalama	27,12	40,10	15,35	22,94	24,18	35,11	21,39	32,64
	Minimum	17,27	17,85	4,34	17,40	8,96	12,99	8,65	13,25
	Maksimum	46,90	61,67	27,10	34,79	34,60	71,94	39,07	47,93
	S.S.	10,50	13,59	6,81	5,52	9,55	24,34	11,37	12,00
	Veri sayısı	8,00	7,00	8,00	8,00	7,00	7,00	8,00	8,00
Abbasğa Parkı	Ortalama	31,61	36,46	14,11	20,01	67,60	63,76	43,13	40,23
	Minimum	17,28	17,56	8,70	17,30	43,30	34,70	26,01	21,65
	Maksimum	70,19	82,00	17,40	25,90	90,80	117,30	60,65	73,59
	S.S.	16,96	20,06	3,05	3,18	20,29	33,70	12,07	17,95
	Veri sayısı	8,00	8,00	8,00	8,00	6,00	7,00	6,00	7,00



Şekil 5.1 İstasyonlar arası ortalama PM_{2.5} konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi



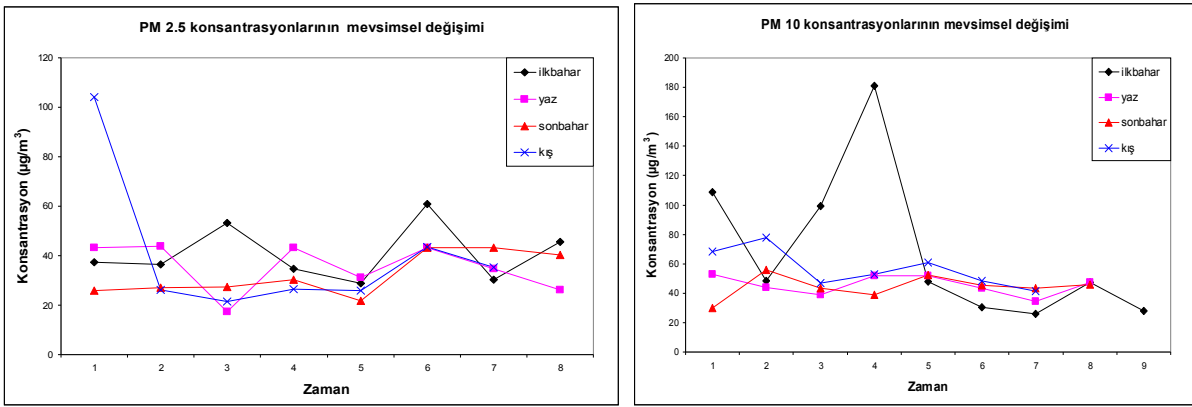
Şekil 5.2 İstasyonlar arası ortalama PM₁₀ konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Çizelge 5.1’ de istasyonlar arası mevsimsel pm değerlerinin istatistiksel değerlendirilmesi verilmiştir. Ayrıca Şekil 5.1 ve 5.2’ de istasyonlar arası PM_{2.5} ve PM₁₀ konsantrasyonlarının mevsimsel ortalamaları görülmektedir.

Bu çizelge ve şekillere bakıldığında, PM_{2.5} ortalamaları arasında en yüksek ortalama sonbahar mevsiminde 67 µg/m³ lük değer Abbasağa parkında görülmüştür. En düşük PM_{2.5} ortalaması ise yaz mevsiminde 14,11 µg/m³ lük değer ile yine Abbasağa parkında görülmüştür.

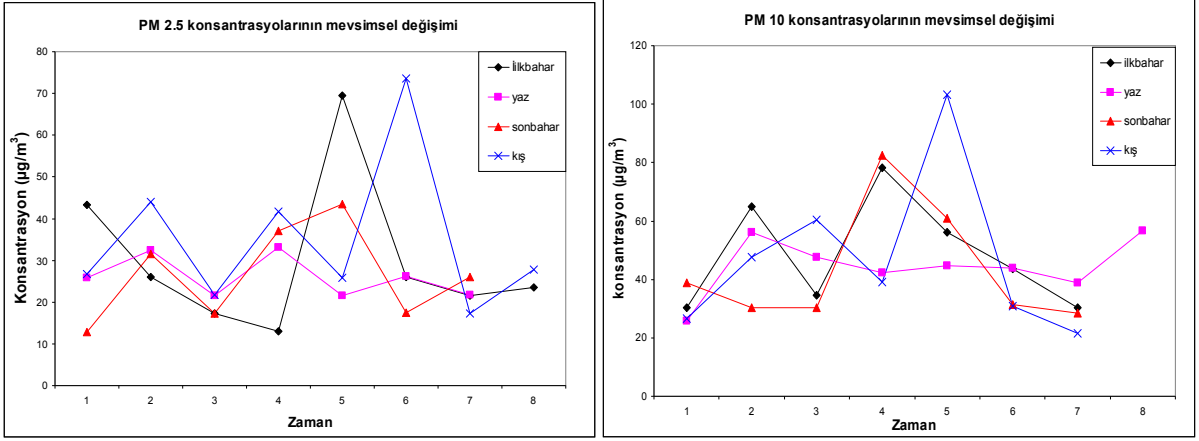
PM₁₀ değerlerine bakıldığında en yüksek ortalama ilkbahar döneminde Abide-i Hürriyet parkında 69 µg/m³’ tür. Ayrıca ilkbahar döneminde Barbaros Bulvarı ve sonbahar döneminde Abide-i Hürriyet parkı ve Abbasağa parkı değerleri de birbirine yakın ve yaklaşık 60 µg/m³ değer ile yüksek değerler arasındadır.

Şekil 5.3 – 5.7’ de her parkın mevsime bağlı olarak kendi içinde değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

a) PM_{2.5}b) PM₁₀

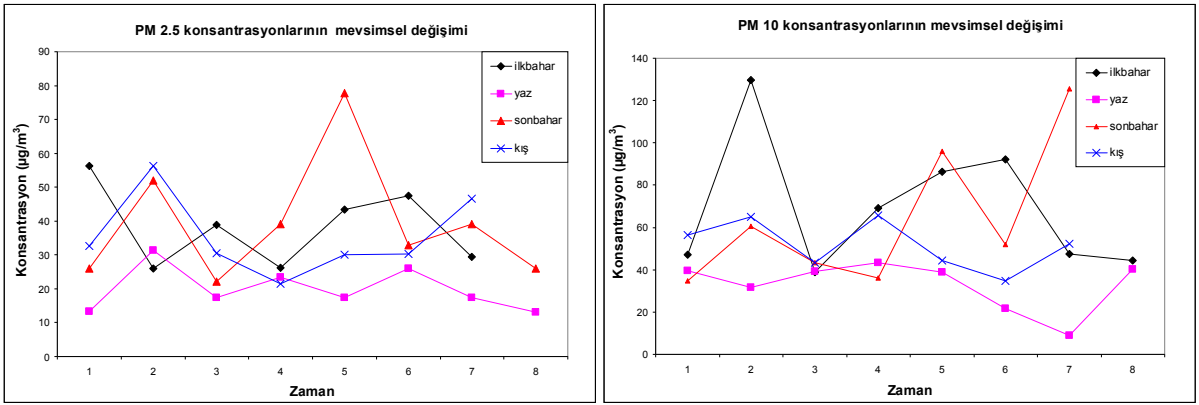
Şekil 5.3 Barbaros Bulvarı PM değerlerinin mevsimsel değişimi

Barbaros Bulvarında yıllık PM_{2.5} ortalaması 35-40 µg/m³ arasında değişmektedir. Yüksek değerler ilkbahar ve kış mevsimlerinde görülmüştür. Barbaros Bulvarında yıllık PM₁₀ ortalaması 45-70 µg/m³ arasında değişmektedir. PM₁₀ için en yüksek ortalama değer 68,5 µg/m³ ile ilkbahar mevsiminde görülürken, en düşük ortalama değer bu park için 44 ve 45 µg/m³ ile sonbahar ve yaz mevsiminde görülmüştür. PM₁₀ grafiğinde ilkbahar döneminde 180 µg/m³ gibi yüksek bir değer görülmüştür. Yapılan araştırma sonucunda ve Dünya Meteoroloji Örgütünden (WMO) alınan bilgilere göre bu yüksek değer (180 µg/m³) görüldüğü gün Sahra Çölünde kum fırtınasının olduğu bilgisine ulaşılmış ve dolayısıyla elde edilen bu değer Sahra Çölünde oluşan toz taşınımından olabileceği düşünülmüştür.

a) PM_{2.5}b) PM₁₀

Şekil 5.4 Kabataş Parkı PM değerlerinin mevsimsel değişimi

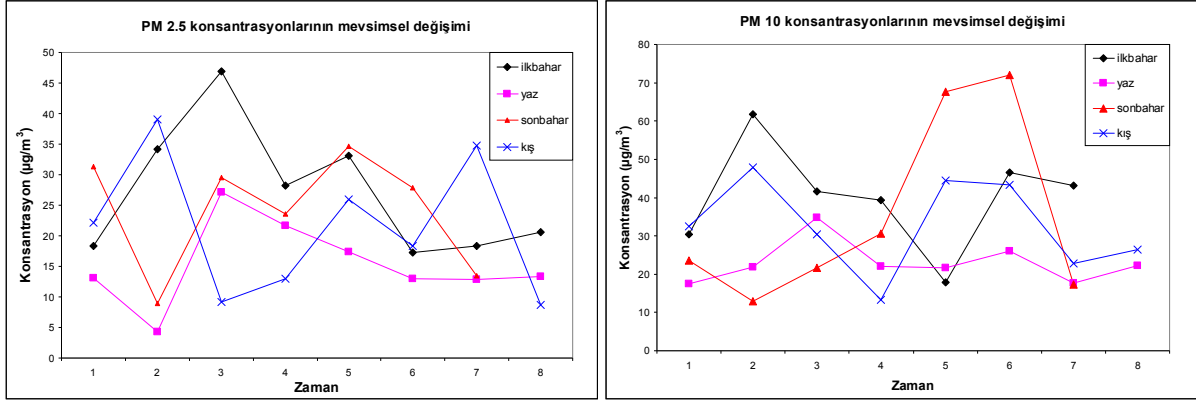
Kabataş parkında yıllık PM_{2.5} ortalaması 26-35 µg/m³ arasında değerlere sahip olmuştur ve yüksek ortalama değerler ilkbahar ve kış mevsimlerinde tespit edilmiştir. Kabataş parkında yıllık PM₁₀ ortalaması 43-48 µg/m³ arasında değişmektedir. Yüksek ortalama değerler 48 ve 47 µg/m³ ile sonbahar ve kış mevsiminde görülmüştür. Düşük ortalama değerler ise 43 ve 44 µg/m³ ile sonbahar ve yaz mevsiminde görülmüştür.

a) PM_{2.5}b) PM₁₀

Şekil 5.5 Abide-i Hürriyet parkı PM değerlerinin mevsimsel değişimi

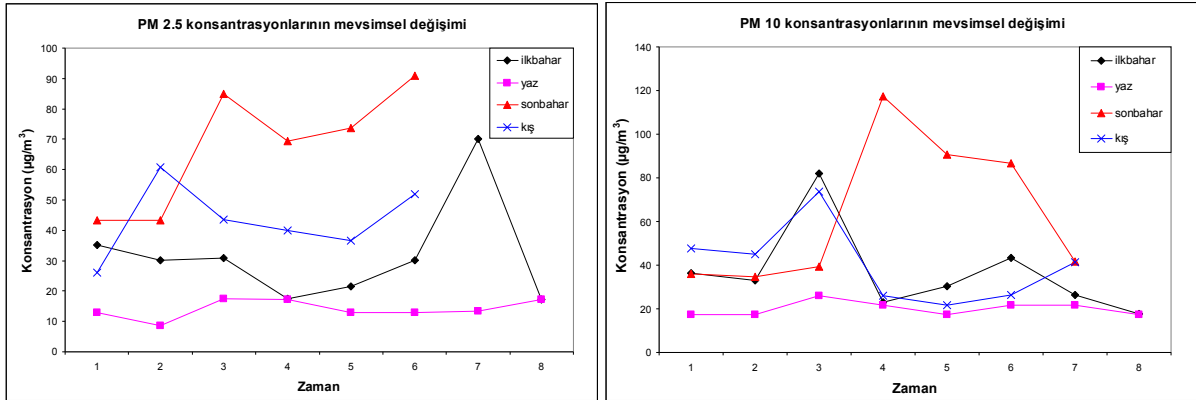
Abide-i Hürriyet parkında yıllık PM_{2.5} ortalaması 19-39 µg/m³ arasında görülerek yüksek değerlerin ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde tespit edildiği sonucuna varılmıştır. Yıllık PM₁₀ ortalamasının ise 32-69 µg/m³ arasında değişerek en yüksek ortalama değerinin 69,44 µg/m³ ile ilkbahar mevsiminde görüldüğü saptanmıştır. En düşük değerler ise ortalama 19,94

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile yaz mevsiminde görülmüştür. $\text{PM}_{2.5}$ için sonbaharda $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{10} için ilkbaharda $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerleri partikül maddenin en yüksek ölçüldüğü günlerdir.

a) $\text{PM}_{2.5}$ b) PM_{10}

Şekil 5.6 Yıldız parkı PM değerlerinin mevsimsel değişimi

Yıldız parkında yıllık $\text{PM}_{2.5}$ ortalaması $15\text{-}27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. En yüksek ortalama değerler ilkbahar mevsiminde görülmüştür. Yıllık PM_{10} ortalaması $22\text{-}40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. En yüksek ortalama değer $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile ilkbahar mevsiminde görülmüştür. En düşük ortalama değer ise $22,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile yaz mevsiminde görülmüştür.

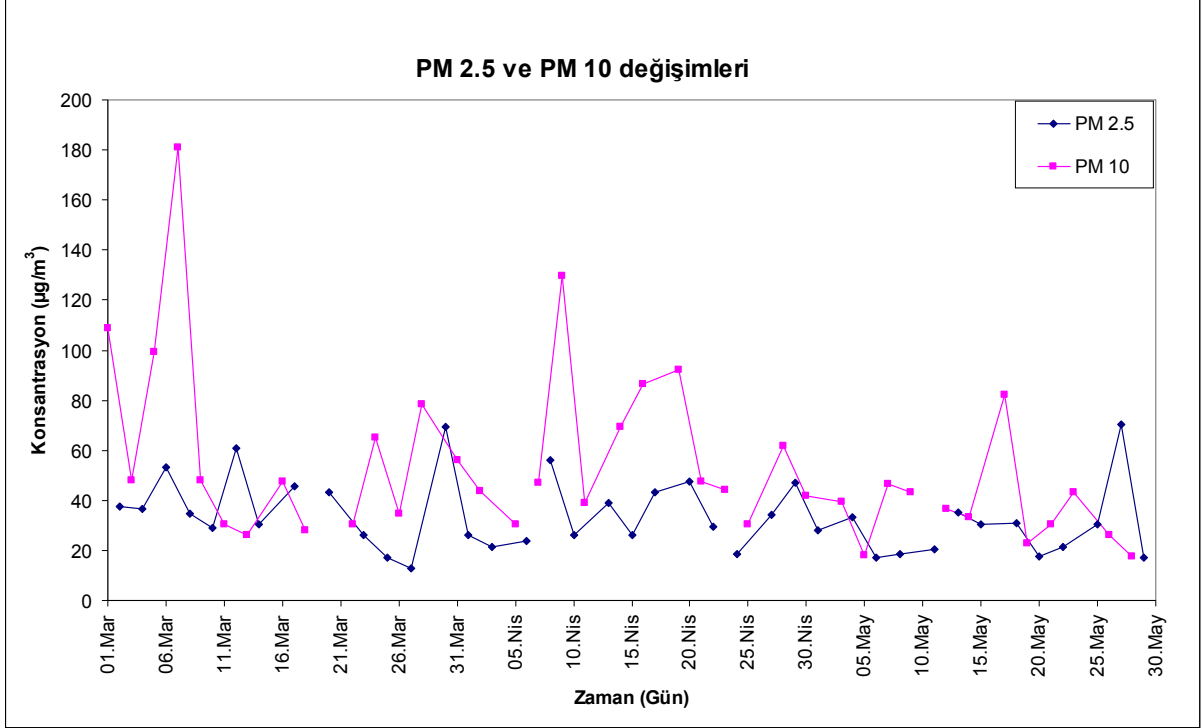
a) $\text{PM}_{2.5}$ b) PM_{10}

Şekil 5.7 Abbasğa parkı PM değerlerinin mevsimsel değişimi

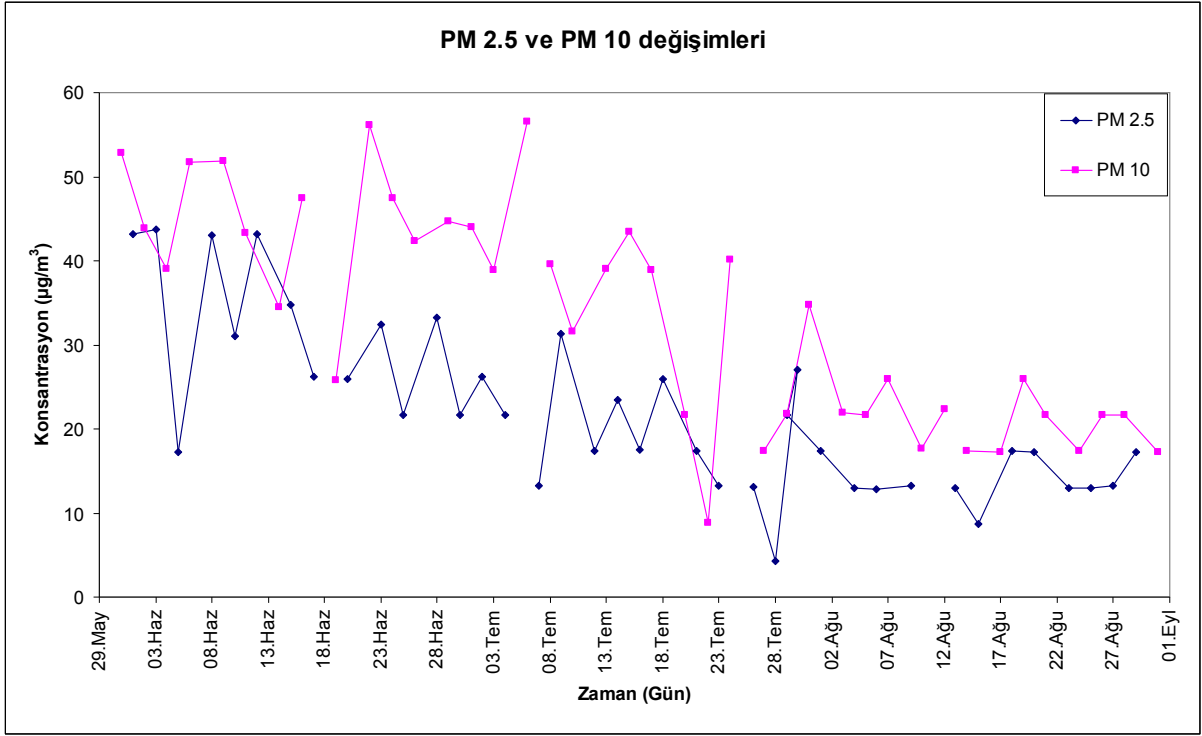
Abbasğa parkında yıllık $\text{PM}_{2.5}$ ortalaması $14\text{-}67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. En yüksek ortalama değer $67,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile sonbahar mevsiminde görülmüştür. Yıllık PM_{10} ortalaması ise $20\text{-}63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. En yüksek ortalama değer $63,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile sonbahar

mevsiminde görülmüştür. En düşük ortalama değer ise $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile yaz mevsiminde görülmüştür.

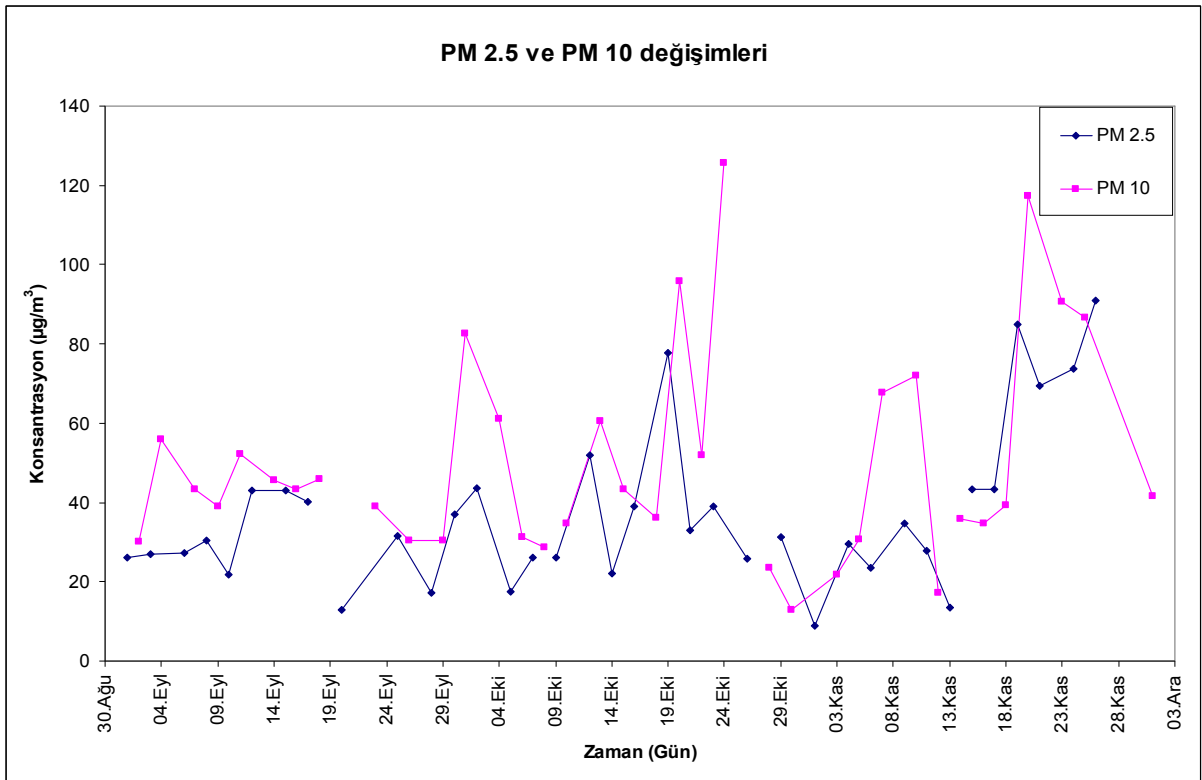
Şekil 5.8 – 5.11 arasındaki grafiklerde bütün istasyonlardaki üçer aylık ölçüm periyodu boyunca (toplamda dört mevsim) partikül maddelerin günlük değişimi görülmektedir.



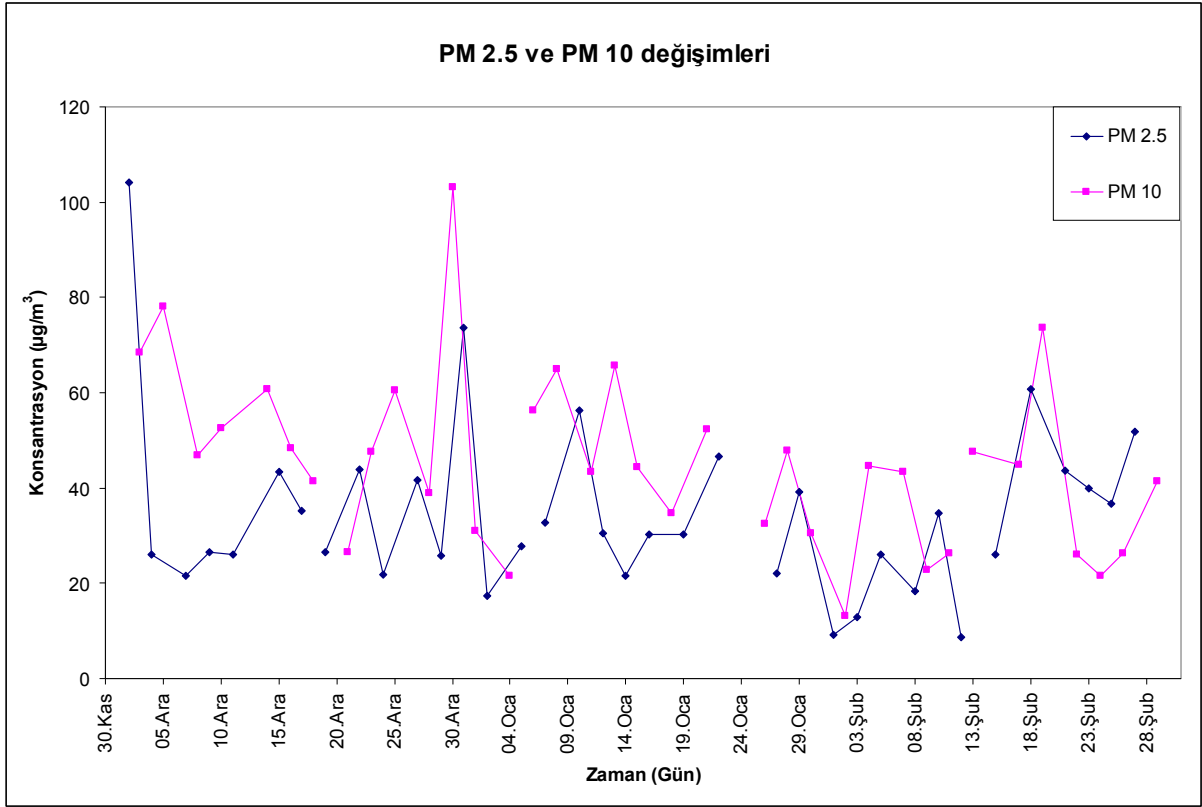
Şekil 5.8 01 Mart-30 Mayıs 2009 (İlkbahar dönemi) $\text{PM}_{2.5}$ ve PM_{10} değerlerinin günlük değişimi



Şekil 5.9 30 Mayıs-30 Ağustos 2009 (Yaz dönemi) PM_{2.5} ve PM₁₀ değerlerinin günlük değişimi



Şekil 5.10 01 Eylül-01Aralık 2009 (Sonbahar dönemi) PM_{2.5} ve PM₁₀ günlük değişimi



Şekil 5.11 01 Aralık 2009-28 Şubat 2010 (Kış dönemi) PM_{2.5} ve PM₁₀ değerlerinin istasyonlararası değişimi

Seçilen parkların PM_{2.5} ve PM₁₀ üzerindeki elementel kompozisyonun ortalama konsantrasyonlarının mevsimsel değişimleri Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3' de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Seçilen parkların PM_{2,5} elementel kompozisyonun ortalama konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi (ng/m³)

		Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd	V
Barbaros Bulvarı	İlkbahar	229,9	1081,8	371,3	822,1	160,0	35,3	88,7	26,3	15,4	66,8	23,0	11,5	23,9
	Yaz	422,9	799,1	229,2	790,3	168,4	23,9	58,5	6,5	1,3	58,1	4,4	1,1	15,5
	Sonbahar	224,1	888,3	133,3	1110,7	169,3	6,7	34,3	4,3	0,3	39,0	2,6	-	-
	Kış	255,2	382,4	378,1	1488,4	116,1	16,9	27,6	9,9	1,0	85,5	10,1	0,6	10,6
Kabataş parkı	İlkbahar	340,1	1220,9	533,0	961,0	141,5	44,5	75,0	11,5	7,5	68,1	23,0	7,9	44,9
	Yaz	283,2	1214,5	267,6	973,6	229,7	22,1	54,0	3,9	1,4	33,9	12,4	0,9	27,3
	Sonbahar	136,9	402,6	202,3	367,2	62,2	9,5	22,9	2,2	0,1	47,2	12,0	-	38,6
	Kış	422,9	504,2	407,1	1175,0	221,4	16,4	57,4	7,9	0,1	45,6	11,0	0,8	15,9
Abide-i Hürriyet parkı	İlkbahar	1014,3	2134,8	687,4	866,4	127,2	22,9	123,4	7,0	0,8	89,8	10,8	-	6,4
	Yaz	211,0	1447,9	578,0	950,9	200,3	26,7	74,6	4,4	5,1	69,7	4,5	-	4,4
	Sonbahar	713,3	594,1	701,7	1106,0	186,5	19,9	59,9	6,1	1,9	129,9	14,5	1,2	22,7
	Kış	418,5	257,3	456,3	661,2	43,7	27,3	48,8	2,8	-	74,3	27,7	-	3,2
Yıldız parkı	İlkbahar	540,1	1955,2	369,4	786,4	113,5	11,0	83,9	9,2	0,5	55,0	12,4	4,0	5,8
	Yaz	85,3	3047,2	352,1	639,0	113,1	19,1	51,9	2,6	-	22,9	1,7	0,9	0,4
	Sonbahar	60,4	322,2	140,6	296,2	29,3	34,4	8,8	0,8	0,5	62,9	3,1	0,7	9,1
	Kış	110,9	417,4	176,0	735,1	65,1	8,2	23,6	1,1	-	28,5	4,4	-	7,2
Abbasağa parkı	İlkbahar	1009,7	1655,5	658,3	1685,7	310,8	22,5	76,0	19,3	8,4	93,8	12,4	1,5	13,3
	Yaz	152,2	720,0	294,7	564,0	121,7	22,0	50,3	2,8	2,3	28,7	4,1	-	1,7
	Sonbahar	33,5	359,0	610,2	215,7	43,0	57,3	32,8	2,9	-	109,4	11,9	1,8	28,3
	Kış	543,8	433,6	509,1	653,8	121,6	41,7	29,8	1,7	-	95,8	17,3	-	21,1

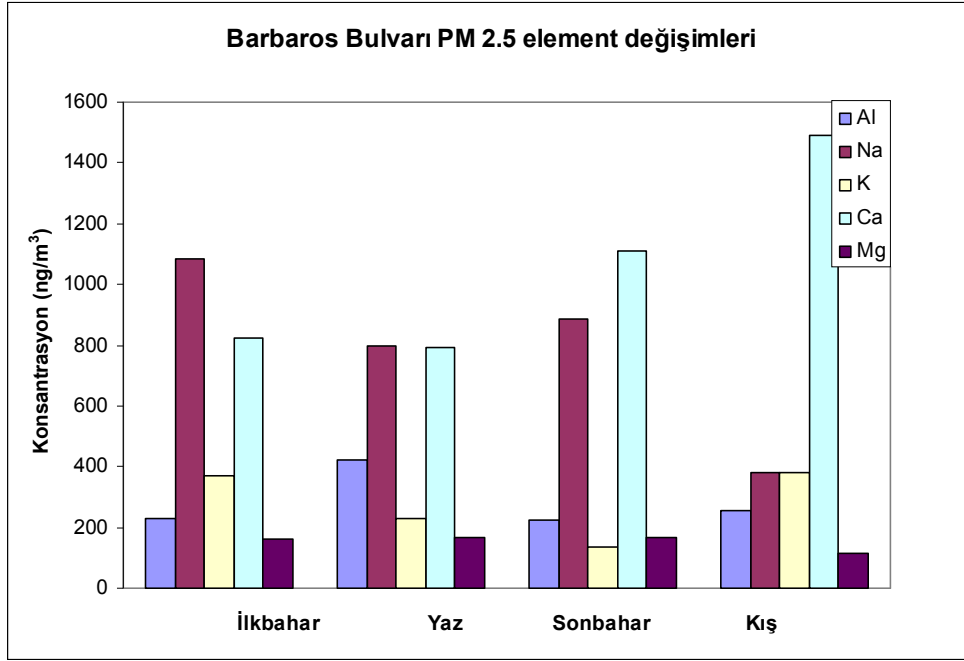
Çizelge 5.3 Seçilen parkların PM₁₀ elementel kompozisyonunun ortalama konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi (ng/m³)

		Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd	V
Barbaros Bulvarı	İlkbahar	2149,3	1957,3	927,7	4407,3	777,7	60,2	102,9	30,4	16,3	96,6	22,1	12,4	19,9
	Yaz	798,3	1123,5	390,3	1773,0	300,3	27,3	100,9	11,7	1,2	107,2	5,9	1,5	10,3
	Sonbahar	599,9	940,9	269,0	1270,5	312,5	13,0	78,3	10,3	0,6	49,4	5,0	-	5,1
	Kış	583,4	364,4	952,1	1325,0	226,3	22,7	44,9	9,1	1,0	120,0	37,2	1,0	12,0
Kabataş parkı	İlkbahar	1233,7	3095,0	517,8	2512,3	332,9	159,8	111,6	12,9	6,4	140,0	15,5	15,5	22,4
	Yaz	730,3	2178,4	569,6	1918,8	470,9	37,5	78,5	9,1	1,6	127,7	18,2	1,0	43,2
	Sonbahar	748,8	1430,0	471,1	2419,2	396,7	25,1	91,4	11,6	0,7	143,7	22,7	-	38,1
	Kış	793,3	1343,8	682,0	1837,9	396,0	36,5	80,7	9,3	0,2	133,8	14,2	1,5	27,7
Abide-i Hürriyet parkı	İlkbahar	2217,2	5734,2	1632,1	8748,7	854,8	69,1	188,3	13,3	8,9	227,2	18,2	1,0	29,9
	Yaz	714,3	2058,6	566,3	2451,6	343,5	30,4	75,9	5,8	10,0	45,6	6,1	-	2,9
	Sonbahar	1321,9	712,2	926,9	3588,0	520,3	24,4	121,4	17,8	6,6	237,7	19,8	1,7	29,2
	Kış	718,0	1574,6	674,1	1520,1	271,3	25,4	107,8	6,5	1,9	140,9	27,2	-	7,9
Yıldız parkı	İlkbahar	848,7	1240,1	270,3	997,3	148,7	26,0	98,4	11,8	4,3	111,9	16,3	2,9	22,6
	Yaz	220,7	1393,7	339,2	943,1	204,3	15,9	54,7	3,3	-	26,9	2,7	0,9	1,3
	Sonbahar	79,4	626,1	173,9	1115,1	82,8	7,3	7,9	0,9	-	36,0	3,5	0,4	3,3
	Kış	196,7	1051,4	280,1	1005,0	143,7	11,9	51,8	2,0	-	41,5	27,0	-	9,6
Abbasağa parkı	İlkbahar	905,3	1439,2	532,6	1810,4	294,0	36,7	97,1	19,2	3,6	131,4	13,7	15,0	20,7
	Yaz	401,6	1029,0	396,6	1220,9	222,1	25,9	67,5	5,3	2,8	42,2	10,6	0,1	2,2
	Sonbahar	480,8	491,1	693,8	1435,8	197,5	66,7	71,0	7,2	0,6	150,6	13,4	2,0	26,9
	Kış	681,5	829,7	425,2	1305,1	293,0	17,5	36,8	2,9	-	74,2	12,5	-	19,3

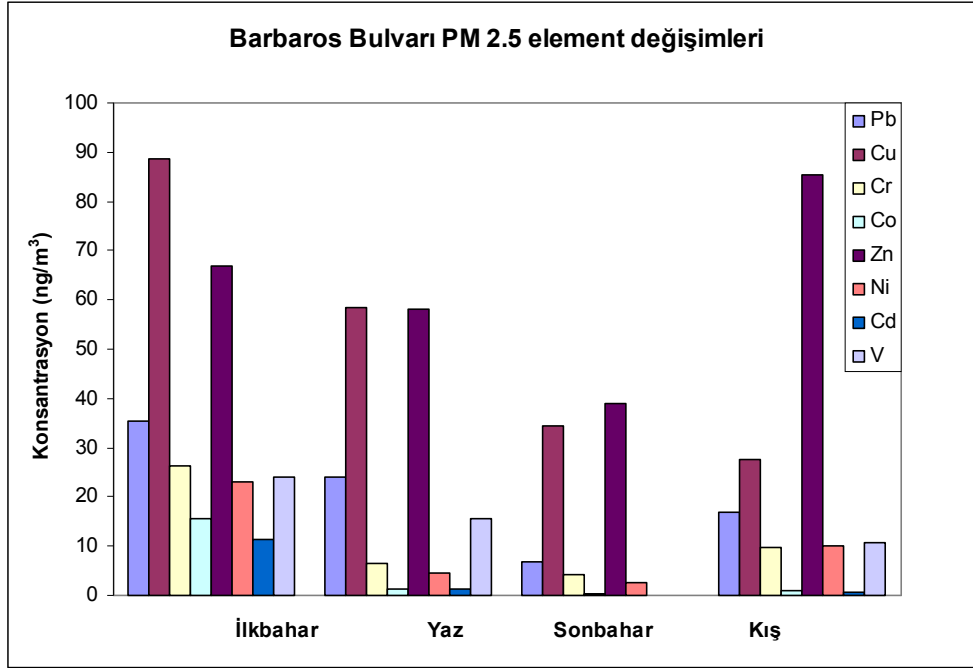
5.2 Partikül Maddeler Üzerinde Elementel Analiz

İstasyonlara göre elde edilen değerlerin daha net anlaşılmasını sağlamak amacıyla Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3’ de verilen $PM_{2.5}$ ve PM_{10} üzerindeki elementel kompozisyonun ortalama konsantrasyonlarının mevsimsel değişimleri Şekil 5.12- Şekil 5.16’ da verilmiştir.

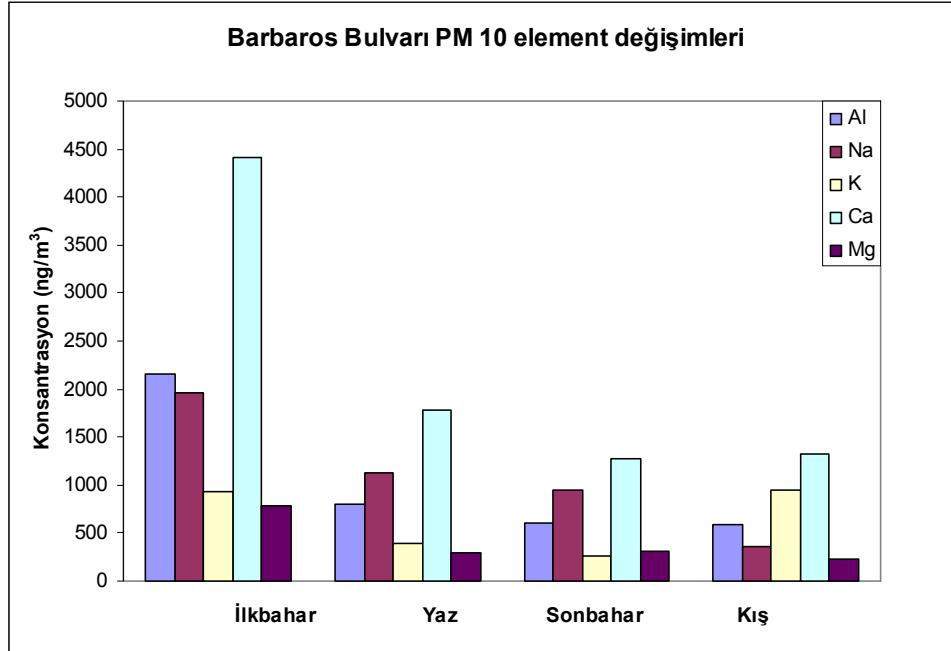
Barbaros Bulvarının elementel ortalama konsantrasyonları Şekil 5.12 a, Şekil 5.12 b, Şekil 5.12 c, ve Şekil 5.12 d’ de verilmiştir.



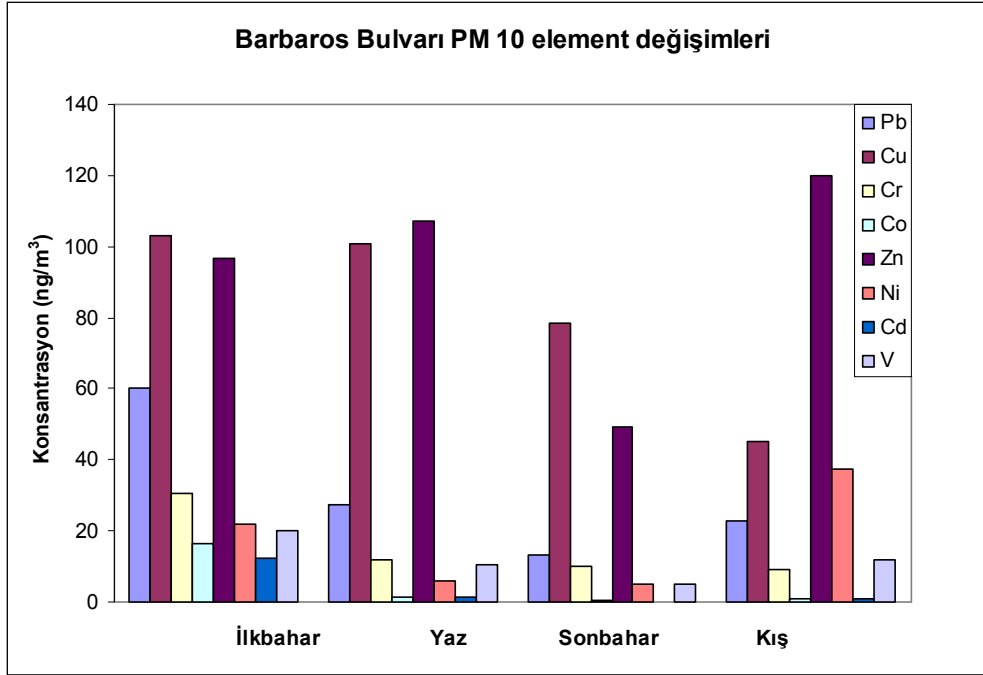
Şekil 5.12 a) $PM_{2.5}$ için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri



Şekil 5.12 b) PM_{2.5} için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri



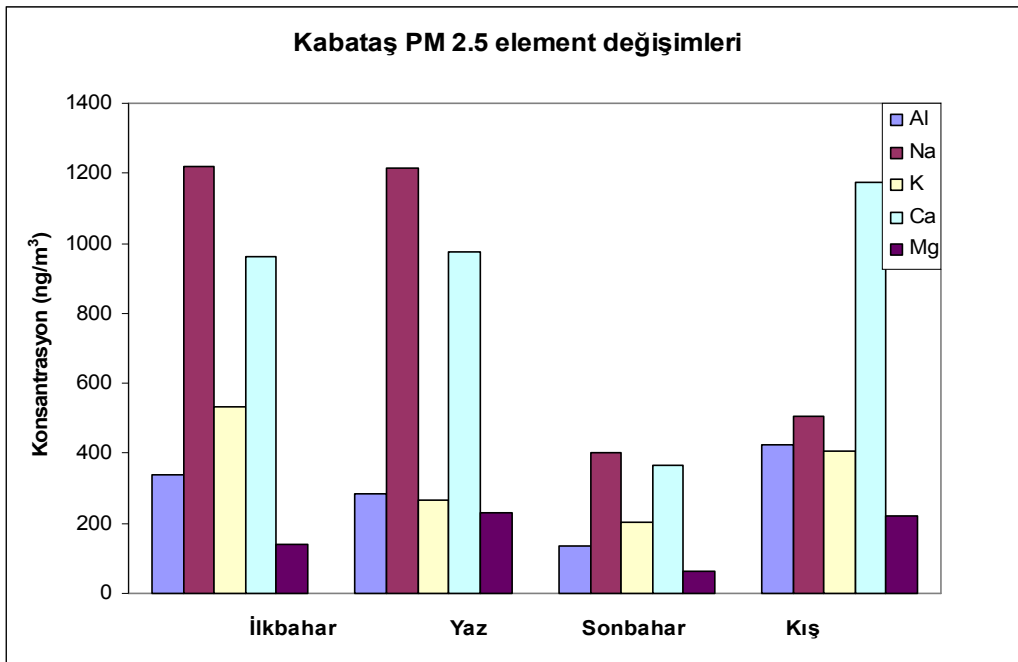
Şekil 5.12 c) PM₁₀ için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri



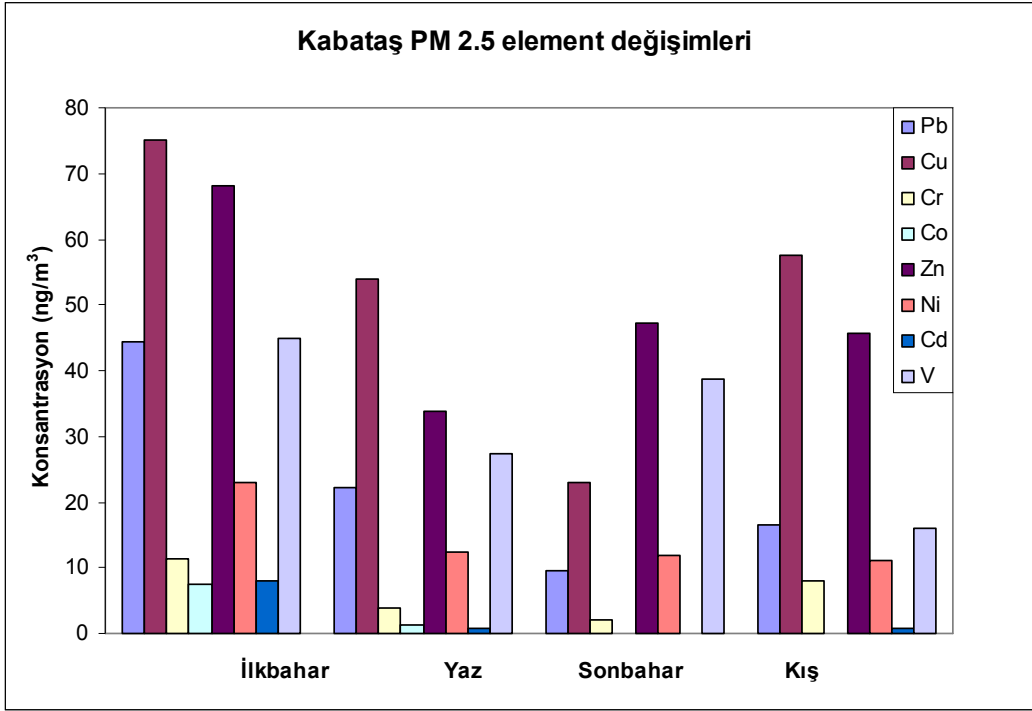
Şekil 5.12 d) PM₁₀ için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değışimleri

Şekil 5.12 Barbaros Bulvarı partikül madde elementel kompozisyonunun mevsimsel değışimi

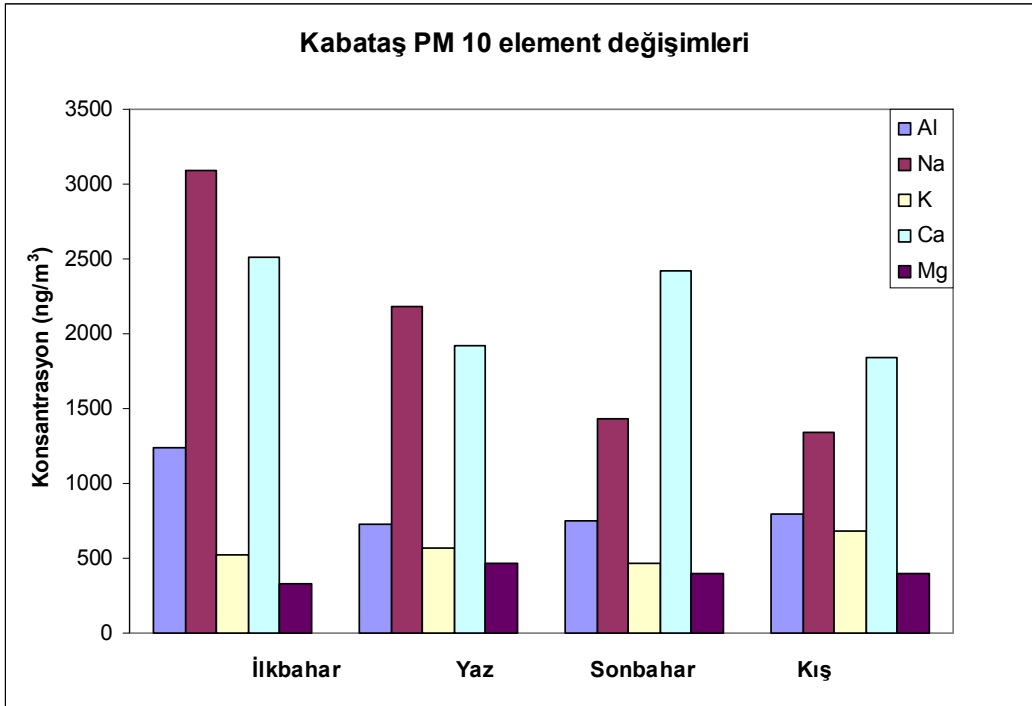
Kabataş parkının elementel ortalama konsantrasyonları Şekil 5.13 a, Şekil 5.13 b, Şekil 5.13 c, ve Şekil 5.13 d' de verilmiştir.



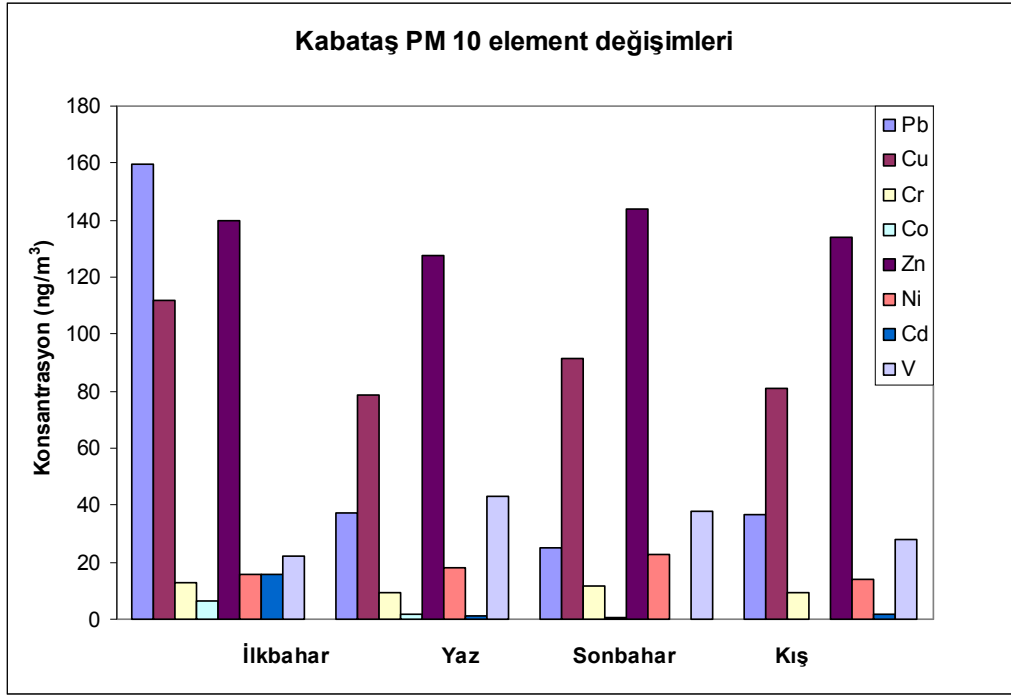
Şekil 5.13 a) PM_{2.5} için Al, Na, K, Ca, Mg değışimleri



Şekil 5.13 b) PM_{2.5} için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri



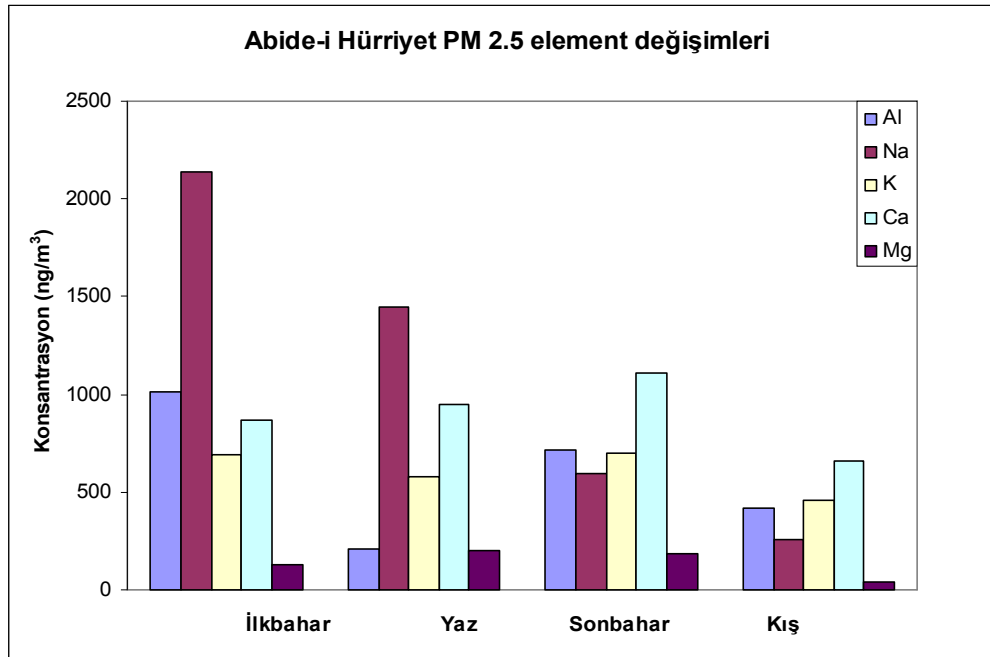
Şekil 5.13 c) PM₁₀ için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri



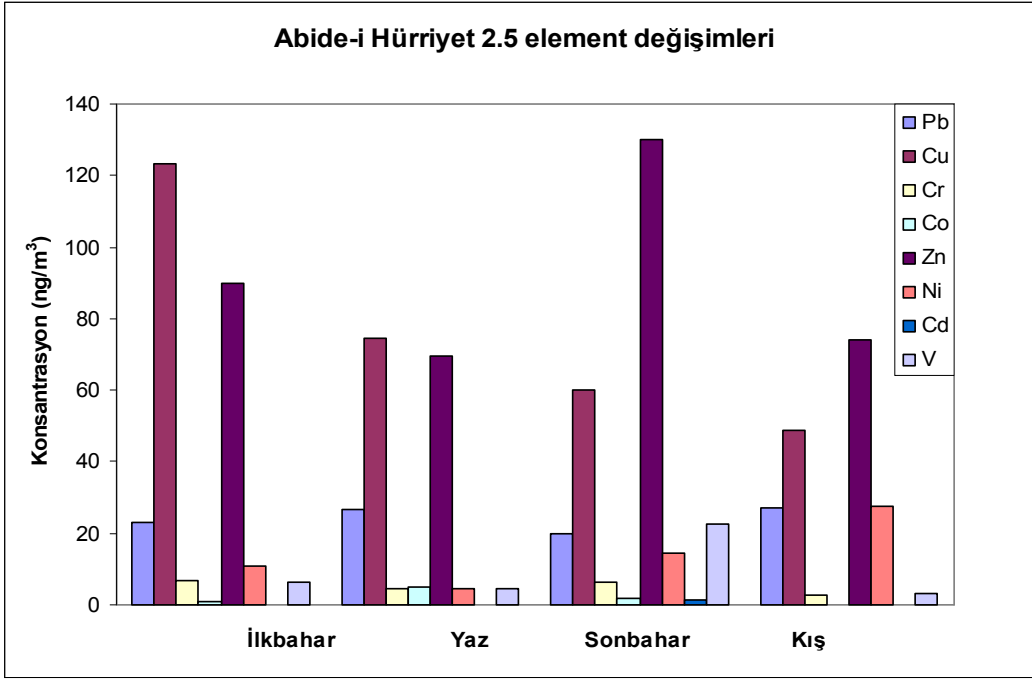
Şekil 5.13 d) PM₁₀ için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri

Şekil 5.13 Kabataş parkı partikül madde elementel kompozisyonunun mevsimsel değişimi

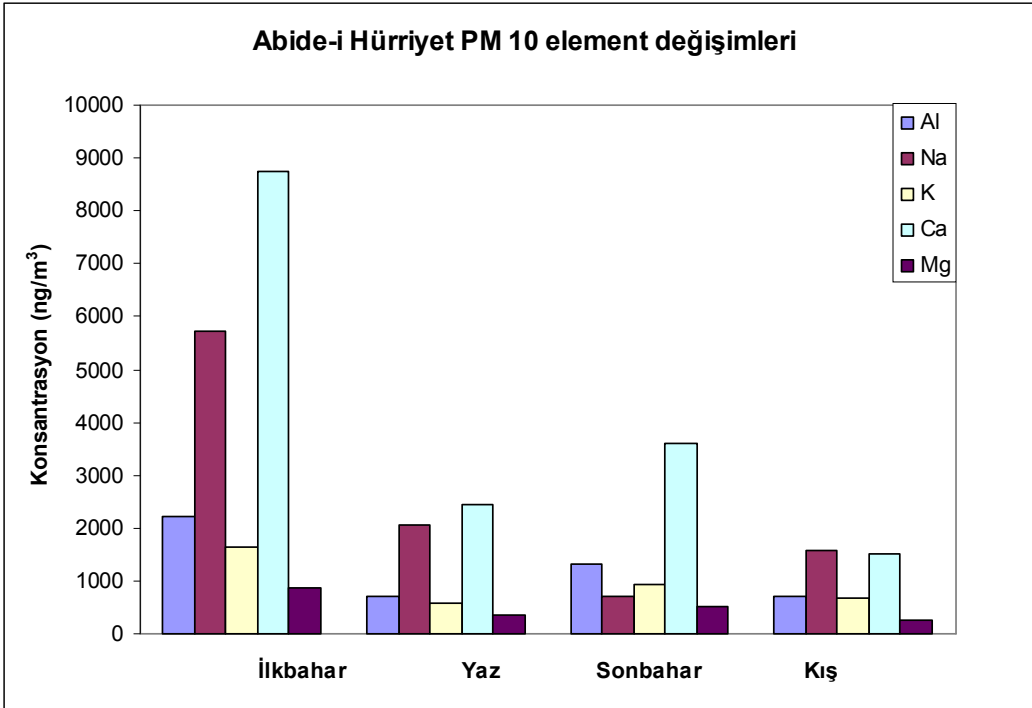
Abide-i Hürriyet parkını elementel ortalama konsantrasyonları Şekil 5.14 a, Şekil 5.14 b, Şekil 5.14 c, ve Şekil 5.14 d' de verilmiştir.



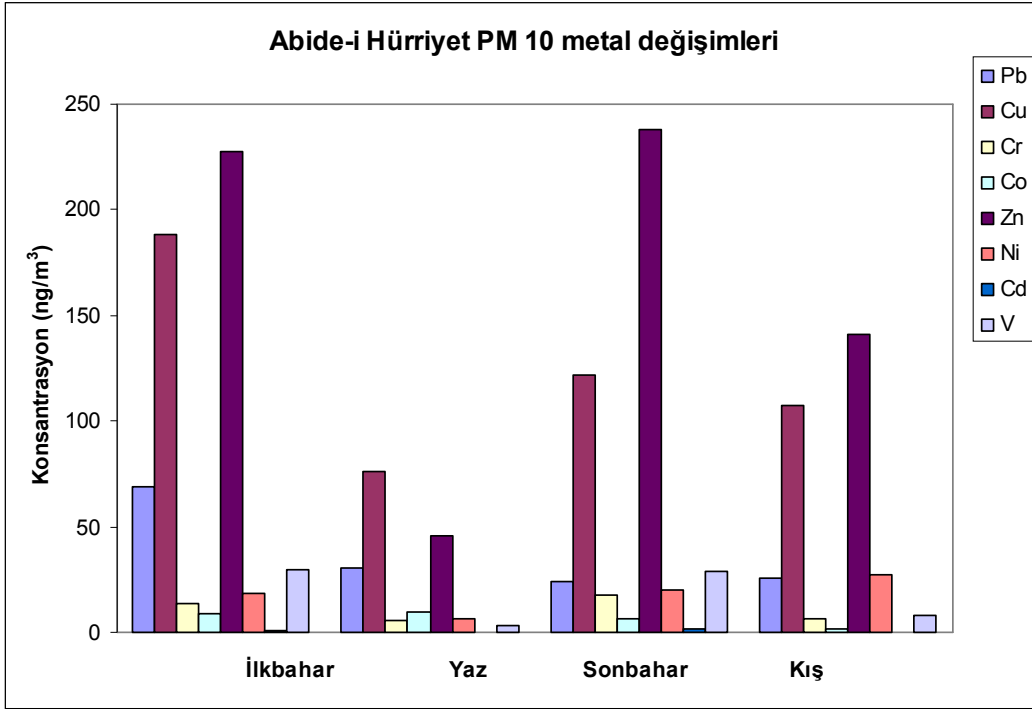
Şekil 5.14 a) PM_{2.5} için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri



Şekil 5.14 b) PM_{2.5} için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri



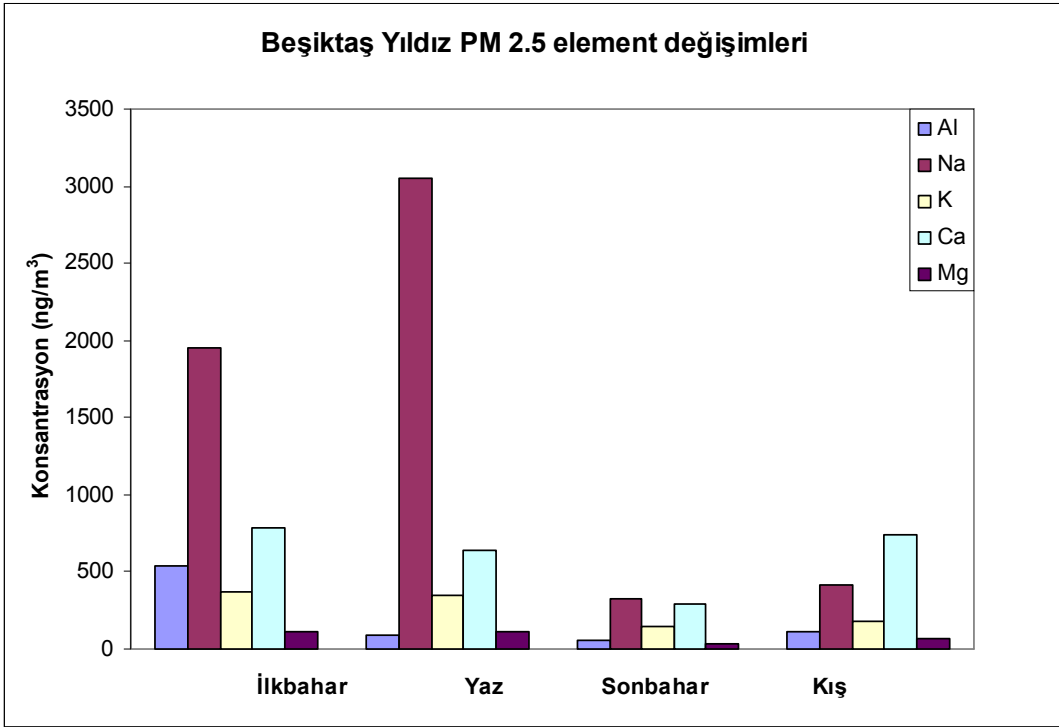
Şekil 5.14 c) PM₁₀ için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri



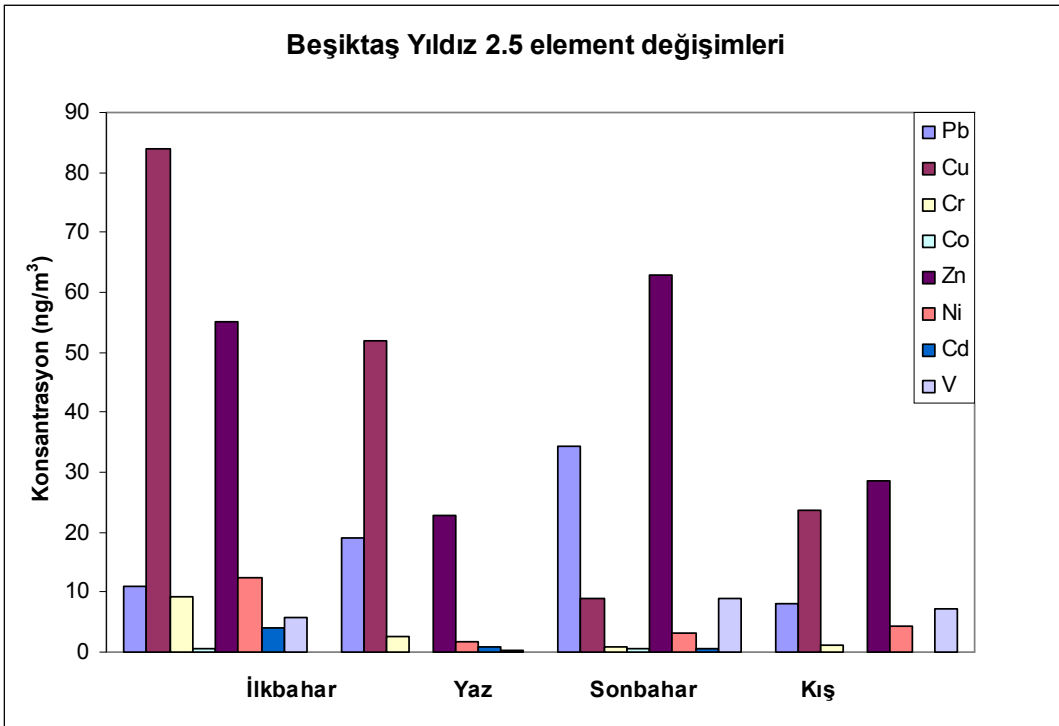
Şekil 5.14 d) PM₁₀ için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri

Şekil 5.14 Abide-i Hürriyet parkı partikül madde elementel kompozisyonunun mevsimsel değişimi

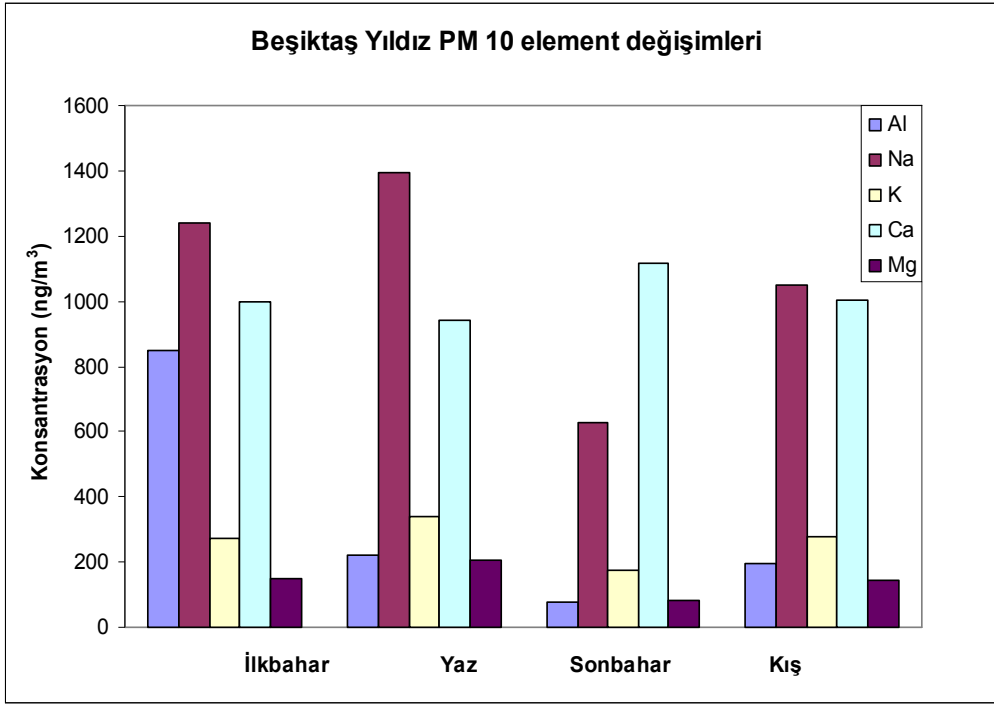
Yıldız parkının elementel ortalama konsantrasyonları Şekil 5.15 a, Şekil 5.15 b, Şekil 5.15 c, ve Şekil 5.15 d' de verilmiştir.



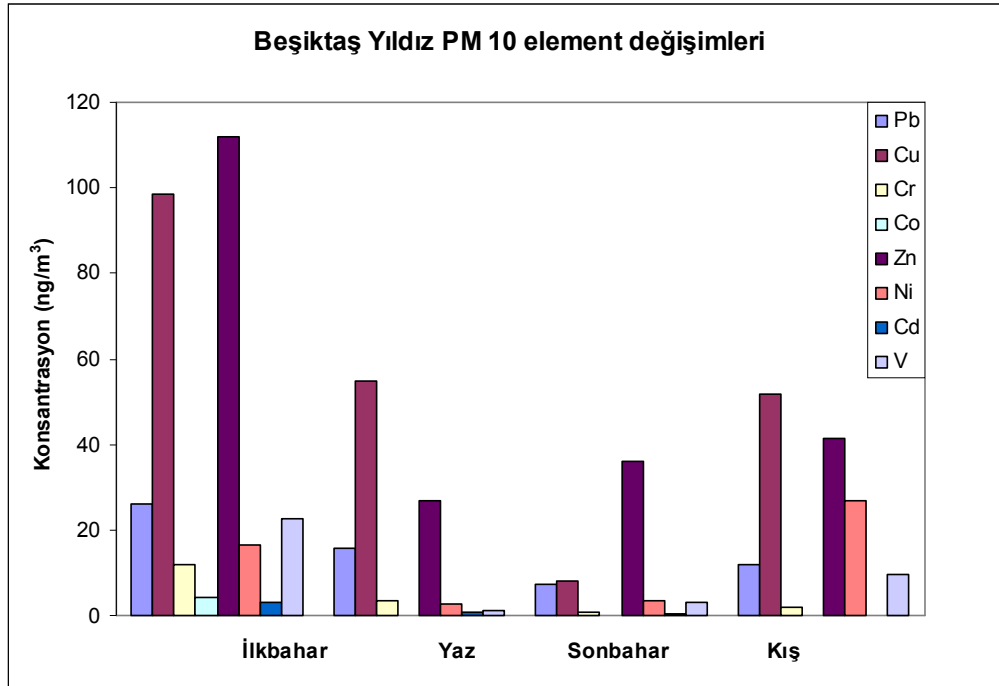
Şekil 5.15 a) PM_{2.5} için Al, Na, K, Ca, Mg değışimleri



Şekil 5.15 b) PM_{2.5} için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değışimleri



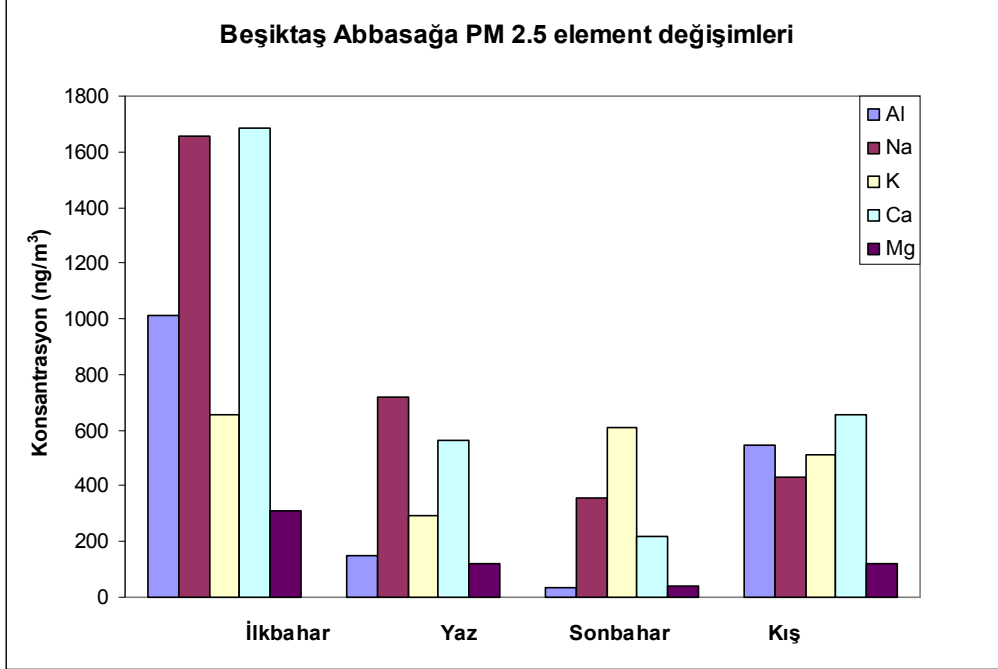
Şekil 5.15 c) PM₁₀ için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleri



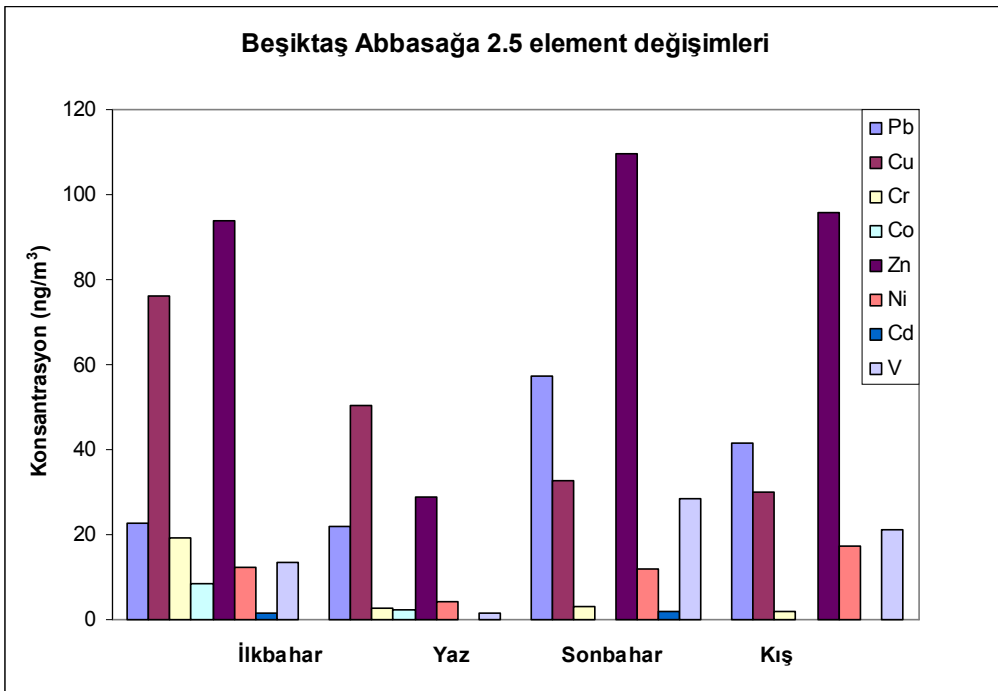
Şekil 5.15 d) PM₁₀ için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri

Şekil 5.15 Beşiktaş Yıldız parkı partikül madde elementel kompozisyonunun mevsimsel değişimi

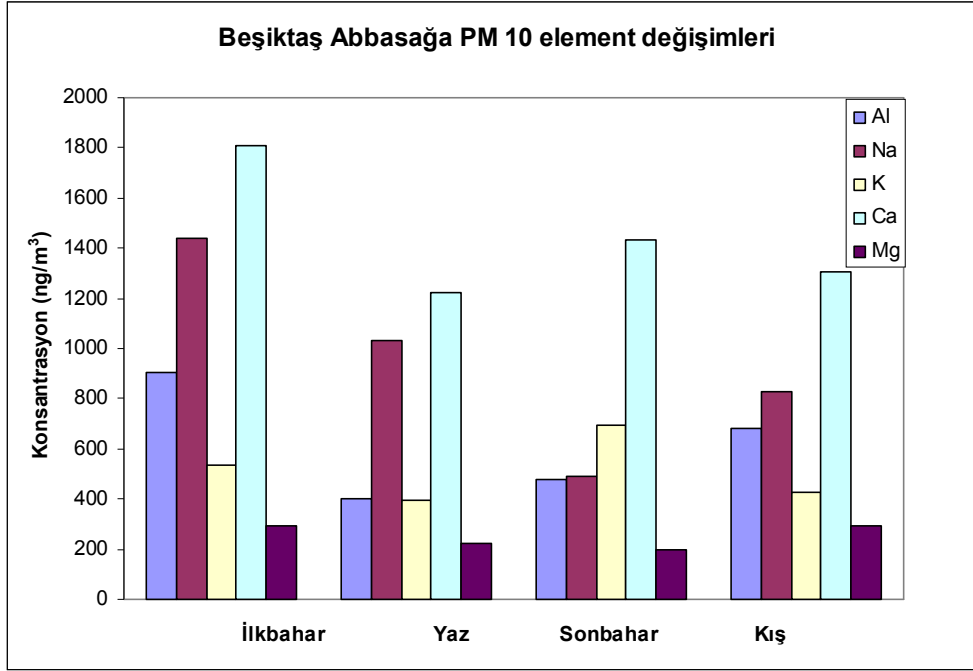
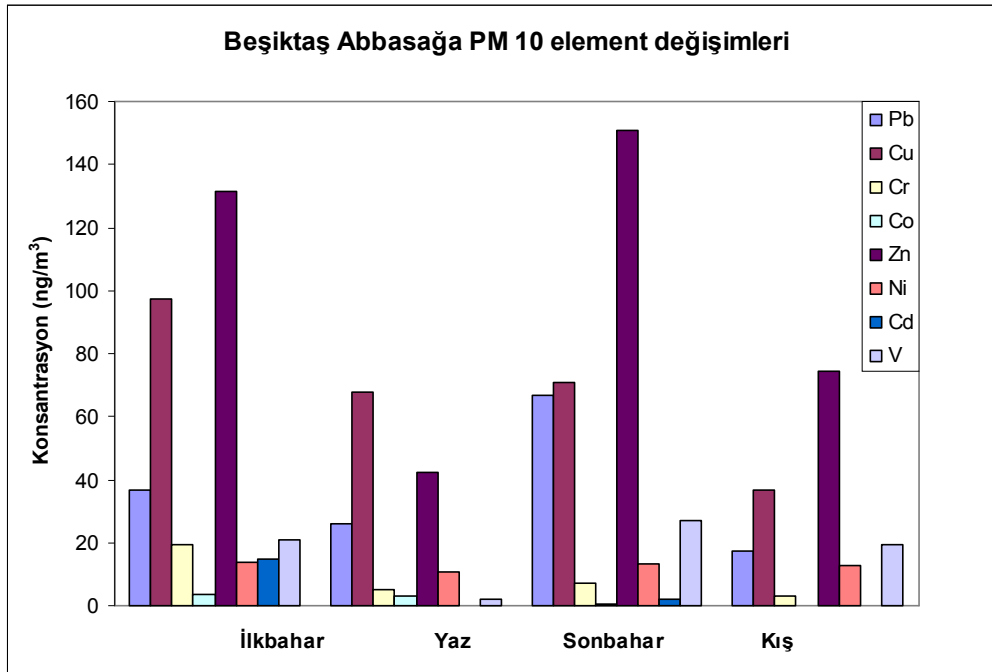
Abbasğa parkının elementel ortalama konsantrasyonları Şekil 5.16 a, Şekil 5.16 b, Şekil 5.16 c, ve Şekil 5.16 d' de verilmiştir.



Şekil 5.16 a) PM_{2.5} için Al, Na, K, Ca, Mg değışimleri



Şekil 5.16 b) PM_{2.5} için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değışimleri

Şekil 5.16 c) PM₁₀ için Al, Na, K, Ca, Mg değişimleriŞekil 5.16 d) PM₁₀ için Pb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, Cd, V değişimleri

Şekil 5.16 Beşiktaş Abbasağa parkı partikül madde elementel kompozisyonunun mevsimsel değişimi

5.2.1 Atmosferik Aerosollerin Elementel Kompozisyonunun Korelasyon Matrisleri

Verilen boyut aralığında elementler arasındaki korelasyonun hesaplanması, elementlerin muhtemel grup veya davranışlarını tanımlamak için kullanılan alternatif bir araçtır (Karaca vd., 2008). Elementel konsantrasyonlar arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon matrisleri hesaplanmıştır. PM_{2.5} ve PM₁₀ boyut fraksiyonlarında elementlerin korelasyonları ölçüm yapılan beş parka göre mevsimsel olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 5.4 - Çizelge 5.23' de bu matrisler verilmiştir.

Çizelge 5.4 Barbaros Bulvarı ilkbahar dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,46											
K	-1	0,476										
Ca	-0,254	0,975	0,271									
Mg	0,999	-0,496	-1	-0,292								
Pb	0,974	-0,247	-0,97	-0,027	0,964							
Cu	-0,848	-0,081	0,838	-0,298	-0,826	-0,946						
Cr	-0,419	-0,613	0,403	-0,772	-0,382	-0,614	0,837					
Co	-0,499	-0,539	0,484	-0,712	-0,464	-0,683	0,883	0,996				
Zn	-0,667	0,968	0,68	0,89	-0,697	-0,481	0,171	-0,397	-0,312			
Ni	-0,502	-0,537	0,487	-0,709	-0,467	-0,685	0,884	0,996	1	-0,309		
Cd	-0,532	-0,507	0,517	-0,684	-0,498	-0,71	0,9	0,992	0,999	-0,276	0,999	
V	0,145	-0,945	-0,163	-0,994	0,185	-0,083	0,402	0,837	0,785	-0,834	0,783	0,761

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,323											
K	0,971	-0,087										
Ca	0,999	-0,273	0,982									
Mg	0,999	-0,282	0,98	1								
Pb	-0,982	0,497	-0,908	-0,97	-0,973							
Cu	0,552	0,611	0,735	0,595	0,587	-0,383						
Cr	0,916	0,083	0,985	0,936	0,933	-0,823	0,614					
Co	-0,32	1	-0,084	-0,269	-0,278	0,494	0,614	0,087				
Zn	0,231	-0,995	-0,008	0,18	0,188	-0,412	-0,684	-0,178	-0,996			
Ni	0,505	0,653	0,697	0,55	0,542	-0,332	0,999	0,809	0,656	-0,723		
Cd	-0,706	-0,442	-0,855	-0,742	-0,736	0,558	-0,98	-0,931	-0,446	0,526	-0,968	
V	0,929	-0,651	0,813	0,908	0,912	-0,982	0,203	0,703	-0,648	0,575	0,15	-0,393

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,744											
K	1,000	0,757										
Ca	0,998	0,786	0,999									
Mg	0,953	0,507	0,947	0,931								
Pb	-0,345	0,370	-0,327	-0,283	-0,613							
Cu	-0,967	-0,548	-0,962	-0,948	-0,999	0,574						
Cr	-0,825	-0,237	-0,814	-0,787	-0,958	0,815	0,942					
Co	0,538	0,964	0,554	0,592	0,257	0,605	-0,304	0,032				
Zn	-0,190	0,515	-0,171	-0,125	-0,478	0,987	0,435	0,711	0,726			
Ni	-0,213	0,494	-0,194	-0,149	-0,499	0,991	0,456	0,728	0,709	1,000		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
V	-0,110	0,582	-0,091	-0,045	-0,406	0,971	0,361	0,652	0,779	0,997	0,995	ND

Çizelge 5.7 Barbaros Bulvarı kış dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,952											
K	0,962	0,832										
Ca	0,513	0,751	0,259									
Mg	0,947	1,000	0,824	0,761								
Pb	0,835	0,626	0,954	-0,044	0,615							
Cu	0,792	0,567	0,929	-0,117	0,555	0,997						
Cr	0,955	1,000	0,838	0,743	1,000	0,636	0,577					
Co	0,982	0,877	0,996	0,341	0,870	0,924	0,893	0,882				
Zn	0,953	0,815	1,000	0,230	0,807	0,962	0,939	0,822	0,993			
Ni	-0,128	-0,426	0,148	-0,917	-0,439	0,438	0,503	-0,415	0,061	0,177		
Cd	0,958	0,824	1,000	0,245	0,816	0,958	0,934	0,831	0,995	1,000	0,161	
V	0,968	0,998	0,863	0,712	0,997	0,671	0,614	0,999	0,903	0,847	-0,373	0,855

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,354											
K	-0,943	-0,646										
Ca	0,177	0,983	-0,496									
Mg	-0,958	-0,072	0,808	0,111								
Pb	0,031	0,946	-0,363	0,989	0,256							
Cu	-0,901	0,087	0,704	0,268	0,987	0,406						
Cr	-0,256	0,813	-0,081	0,906	0,522	0,958	0,650					
Co	-0,377	-1,000	0,665	-0,978	0,097	-0,937	-0,062	-0,798				
Zn	0,332	1,000	-0,628	0,987	-0,049	0,953	0,110	0,827	-0,999			
Ni	-0,720	-0,904	0,910	-0,811	0,492	-0,716	0,347	-0,486	0,914	-0,894		
Cd	-0,029	0,925	-0,307	0,979	0,313	0,998	0,460	0,974	-0,915	0,933	-0,673	
V	0,476	0,991	-0,742	0,950	-0,205	0,894	-0,047	0,728	-0,994	0,988	-0,953	0,865

Çizelge 5.8 Kabataş parkı ilkbahar dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,136											
K	0,991	-0,001										
Ca	0,835	0,432	0,901									
Mg	0,985	-0,307	0,952	0,726								
Pb	0,171	-0,999	0,037	-0,4	0,341							
Cu	-0,764	0,743	-0,67	-0,282	-0,865	-0,767						
Cr	-0,709	-0,602	-0,798	-0,98	-0,575	0,573	0,087					
Co	-0,581	-0,728	-0,685	-0,933	-0,43	0,703	-0,082	0,986				
Zn	0,935	-0,479	0,878	0,585	0,982	0,51	-0,943	-0,412	-0,254			
Ni	0,902	-0,551	0,835	0,514	0,963	0,58	-0,968	-0,334	-0,172	0,996		
Cd	-0,559	-0,746	-0,665	-0,923	-0,405	0,722	-0,109	0,981	1	-0,227	-0,145	
V	0,888	-0,576	0,818	0,488	0,955	0,605	-0,975	-0,305	-0,141	0,993	1	-0,114

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,236											
K	0,937	-0,117										
Ca	0,163	0,997	-0,191									
Mg	0,885	0,662	0,667	0,604								
Pb	1	0,236	0,938	0,162	0,884							
Cu	0,607	0,916	0,292	0,883	0,907	0,606						
Cr	-0,069	-0,986	0,282	-0,996	-0,527	-0,069	-0,835					
Co	-0,714	-0,849	-0,426	-0,807	-0,958	-0,714	-0,99	0,748				
Zn	0,989	0,376	0,877	0,305	0,943	0,989	0,716	-0,214	-0,809			
Ni	0,398	-0,797	0,692	-0,841	-0,076	0,398	-0,488	0,888	0,358	0,26		
Cd	0,669	-0,564	0,886	-0,625	0,245	0,669	-0,185	0,695	0,043	0,553	0,948	
V	0,777	-0,428	0,947	-0,495	0,394	0,777	-0,03	0,574	-0,114	0,677	0,887	0,988

Çizelge 5.9 Kabataş parkı yaz dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,527											
K	0,525	0,446										
Ca	-0,433	0,994	0,540									
Mg	-0,903	0,841	-0,110	0,778								
Pb	0,359	-0,982	-0,606	-0,997	-0,724							
Cu	0,435	-0,994	-0,537	-1,000	-0,779	0,997						
Cr	0,123	-0,908	-0,780	-0,948	-0,536	0,970	0,947					
Co	-0,410	0,991	0,561	1,000	0,761	-0,998	-1,000	-0,955				
Zn	-0,278	-0,669	-0,964	-0,745	-0,160	0,796	0,743	0,919	-0,762			
Ni	-0,439	-0,532	-0,995	-0,620	0,011	0,681	0,618	0,838	-0,640	0,985		
Cd	0,318	-0,973	-0,640	-0,992	-0,694	0,999	0,992	0,980	-0,995	0,822	0,712	
V	0,114	-0,904	-0,786	-0,945	-0,528	0,968	0,944	1,000	-0,953	0,923	0,843	0,978

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd	
Al													
Na	-0,586												
K	0,737	0,115											
Ca	0,765	0,073	0,999										
Mg	0,763	0,077	0,999	1,000									
Pb	0,927	-0,239	0,937	0,951	0,950								
Cu	0,405	0,503	0,916	0,899	0,900	0,719							
Cr	0,036	0,788	0,702	0,671	0,674	0,408	0,928						
Co	0,300	0,597	0,866	0,844	0,846	0,636	0,994	0,964					
Zn	0,712	0,151	0,999	0,997	0,997	0,924	0,930	0,727	0,883				
Ni	0,279	0,614	0,855	0,832	0,834	0,619	0,991	0,970	1,000	0,873			
Cd	0,883	-0,139	0,968	0,978	0,977	0,995	0,786	0,500	0,712	0,958	0,697		
V	0,779	-0,965	0,150	0,192	0,188	0,486	-	-0,599	-	0,365	0,114	0,385	0,394

Çizelge 5.10 Kabataş parkı sonbahar dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,338											
K	0,280	0,998										
Ca	0,596	0,957	0,938									
Mg	0,979	0,520	0,468	0,746								
Pb	-0,046	0,925	0,946	0,774	0,156							
Cu	-0,033	0,930	0,950	0,783	0,169	1,000						
Cr	0,188	0,988	0,996	0,901	0,382	0,972	0,975					
Co	0,684	0,918	0,892	0,993	0,817	0,697	0,707	0,845				
Zn	-0,207	0,851	0,881	0,662	-0,005	0,987	0,985	0,922	0,573			
Ni	-0,132	0,888	0,915	0,717	0,071	0,996	0,995	0,949	0,633	0,997		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
V	-0,078	0,912	0,935	0,754	0,125	0,999	0,999	0,965	0,674	0,992	0,999	ND

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,597											
K	0,873	0,912										
Ca	0,873	0,130	0,525									
Mg	0,997	0,654	0,907	0,835								
Pb	0,510	0,994	0,864	0,025	0,571							
Cu	0,987	0,718	0,940	0,783	0,996	0,641						
Cr	0,958	0,802	0,976	0,696	0,976	0,735	0,992					
Co	0,837	0,939	0,998	0,464	0,875	0,897	0,914	0,959				
Zn	0,733	0,983	0,971	0,308	0,781	0,959	0,833	0,898	0,986			
Ni	0,135	0,876	0,601	-0,365	0,207	0,921	0,293	0,414	0,655	0,773		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
V	0,937	0,840	0,988	0,647	0,960	0,778	0,981	0,998	0,975	0,924	0,473	ND

Çizelge 5.11 Kabataş parkı kış dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,821											
K	0,865	0,997										
Ca	-0,916	-0,523	-0,591									
Mg	1,000	0,809	0,855	-0,924								
Pb	-0,746	-0,993	-0,980	0,417	-0,733							
Cu	0,995	0,762	0,813	-0,950	0,997	-0,679						
Cr	0,682	0,978	0,957	-0,332	0,668	-0,996	0,609					
Co	0,026	0,593	0,524	0,376	0,007	-0,685	-0,070	0,749				
Zn	-0,921	-0,533	-0,601	1,000	-0,928	0,428	-0,954	-0,343	0,366			
Ni	-0,364	-0,831	-0,782	-0,040	-0,346	0,892	-0,273	-0,929	-0,941	-0,028		
Cd	0,546	-0,031	0,051	-0,835	0,562	0,151	0,623	-0,241	-0,824	-0,829	0,582	
V	0,991	0,735	0,788	-0,962	0,993	-0,648	0,999	0,576	-0,110	-0,965	-0,234	0,655

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,853											
K	0,332	-0,209										
Ca	0,802	0,372	0,830									
Mg	1,000	0,857	0,326	0,798								
Pb	-0,177	-0,665	0,869	0,446	-0,184							
Cu	-0,078	-0,587	0,914	0,533	-0,085	0,995						
Cr	0,039	-0,488	0,955	0,628	0,032	0,976	0,993					
Co	0,815	0,393	0,817	1,000	0,811	0,425	0,513	0,610				
Zn	-0,285	-0,743	0,809	0,344	-0,292	0,994	0,978	0,947	0,322			
Ni	-0,074	-0,584	0,916	0,537	-0,081	0,995	1,000	0,994	0,517	0,977		
Cd	-0,974	-0,714	-0,536	-0,916	-0,973	-0,048	-0,148	-0,262	-0,925	0,062	-0,152	
V	0,023	-0,502	0,951	0,616	0,016	0,980	0,995	1,000	0,598	0,952	0,995	-0,247

Çizelge 5.12 Abide-i Hürriyet parkı ilkbahar dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,586											
K	-0,402	0,507										
Ca	0,759	0,972	0,291									
Mg	0,202	0,912	0,816	0,791								
Pb	-0,643	-0,997	-0,443	-0,987	-0,88							
Cu	0,097	0,863	0,873	0,722	0,994	-0,825						
Cr	-0,394	0,514	1	0,3	0,821	-0,451	0,877					
Co	-0,602	-1	-0,489	-0,977	-0,904	0,999	-0,853	-0,497				
Zn	-0,262	0,628	0,989	0,429	0,892	-0,571	0,935	0,99	-0,612			
Ni	0,059	0,843	0,89	0,695	0,99	-0,803	0,999	0,895	-0,832	0,948		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
V	0,022	-0,797	-0,924	-0,634	-0,975	0,752	-0,993	-0,928	0,785	-0,971	-0,997	ND

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,776											
K	-0,523	-0,132										
Ca	-0,94	0,513	0,783									
Mg	-0,773	0,2	0,945	0,944								
Pb	0,835	-0,995	0,033	-0,596	-0,296							
Cu	-0,234	0,795	-0,706	-0,112	-0,435	-0,731						
Cr	0,505	0,152	-1	-0,77	-0,938	-0,054	0,72					
Co	0,796	-0,999	0,099	-0,541	-0,233	0,998	-0,775	-0,12				
Zn	-0,982	0,88	0,353	0,859	0,641	-0,923	0,413	-0,334	-0,896			
Ni	-0,005	0,635	-0,85	-0,337	-0,63	-0,555	0,973	0,86	-0,609	0,192		
Cd	0,796	-0,999	0,099	-0,541	-0,233	0,998	-0,775	-0,12	1	-0,896	-0,609	
V	0,52	0,135	-1	-0,781	-0,944	-0,036	0,708	1	-0,102	-0,351	0,851	-0,102

Çizelge 5.13 Abide-i Hürriyet parkı yaz dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,177											
K	0,989	-0,324										
Ca	0,934	0,187	0,869									
Mg	0,951	0,135	0,894	0,999								
Pb	0,984	0,003	0,945	0,983	0,991							
Cu	0,917	0,231	0,846	0,999	0,995	0,974						
Cr	0,975	0,047	0,930	0,990	0,996	0,999	0,983					
Co	-0,045	0,991	-0,195	0,316	0,265	0,136	0,358	0,179				
Zn	0,984	0,002	0,945	0,983	0,991	1,000	0,974	0,999	0,135			
Ni	0,997	-0,104	0,975	0,958	0,972	0,994	0,944	0,989	0,029	0,994		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
V	0,965	0,087	0,914	0,995	0,999	0,996	0,989	0,999	0,219	0,996	0,982	ND

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,448											
K	1,000	0,446										
Ca	0,984	0,600	0,984									
Mg	0,997	0,520	0,996	0,995								
Pb	0,972	0,224	0,972	0,914	0,949							
Cu	0,893	0,803	0,892	0,959	0,927	0,761						
Cr	0,844	0,858	0,843	0,926	0,885	0,693	0,995					
Co	-0,675	-0,962	-0,673	-0,795	-0,733	-0,481	-0,935	-0,965				
Zn	0,992	0,334	0,993	0,955	0,979	0,993	0,830	0,771	-0,578			
Ni	0,973	0,230	0,973	0,916	0,951	1,000	0,765	0,697	-0,486	0,994		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
V	-0,112	0,838	-0,114	0,066	-0,031	-0,344	0,347	0,438	-0,658	-0,234	-0,339	ND

Çizelge 5.14 Abide-i Hürriyet parkı sonbahar dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,379											
K	-0,658	0,946										
Ca	0,651	0,456	0,144									
Mg	0,687	0,413	0,096	0,999								
Pb	0,171	-0,977	-0,855	-0,636	-0,599							
Cu	0,582	0,532	0,230	0,996	0,991	-0,701						
Cr	0,704	0,391	0,072	0,997	1,000	-0,579	0,987					
Co	0,712	0,380	0,061	0,997	0,999	-0,570	0,985	1,000				
Zn	-1,000	0,399	0,674	-0,634	-0,670	-0,193	-0,564	-0,688	-0,696			
Ni	-0,835	0,825	0,963	-0,126	-0,174	-0,685	-0,039	-0,197	-0,208	0,847		
Cd	0,380	0,712	0,447	0,949	0,933	-0,847	0,973	0,924	0,920	-0,359	0,192	
V	-0,722	0,914	0,996	0,055	0,007	-0,805	0,142	-0,017	-0,028	0,737	0,983	0,366

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,881											
K	0,941	-0,667										
Ca	0,947	-0,986	0,782									
Mg	0,958	-0,979	0,804	0,999								
Pb	0,997	-0,844	0,963	0,921	0,935							
Cu	0,656	-0,219	0,873	0,378	0,412	0,708						
Cr	0,957	-0,980	0,802	0,999	1,000	0,934	0,408					
Co	0,340	0,146	0,639	0,019	0,056	0,407	0,933	0,052				
Zn	0,884	-0,557	0,990	0,687	0,713	0,915	0,932	0,710	0,740			
Ni	0,895	-0,999	0,691	0,991	0,986	0,861	0,251	0,986	-0,114	0,584		
Cd	0,730	-0,318	0,918	0,471	0,503	0,777	0,995	0,500	0,891	0,965	0,349	
V	-0,491	0,020	-0,758	-0,185	-0,221	-0,552	-0,980	-0,217	-0,986	-0,841	-0,052	-0,954

Çizelge 5.15 Abide-i Hürriyet parkı kış dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,996											
K	0,988	0,969										
Ca	0,816	0,758	0,896									
Mg	-0,167	-0,073	-0,318	-0,706								
Pb	0,975	0,950	0,998	0,923	-0,380							
Cu	0,997	0,986	0,997	0,855	-0,237	0,989						
Cr	-0,286	-0,195	-0,431	-0,787	0,993	-0,490	-0,354					
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
Zn	0,844	0,891	0,751	0,379	0,388	0,705	0,803	0,272	ND			
Ni	0,964	0,935	0,994	0,940	-0,423	0,999	0,981	-0,531	ND	0,671		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
V	-0,198	-0,106	-0,348	-0,728	0,999	-0,409	-0,268	0,996	ND	0,358	-0,452	ND

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,971											
K	-0,923	-0,988										
Ca	0,948	0,844	-0,753									
Mg	0,864	0,718	-0,604	0,979								
Pb	-0,970	-1,000	0,989	-0,843	-0,717							
Cu	-0,072	-0,310	0,451	0,248	0,439	0,311						
Cr	0,969	1,000	-0,989	0,841	0,714	-1,000	-0,316					
Co	-0,960	-0,865	0,778	-0,999	-0,970	0,864	-0,209	-0,861				
Zn	-0,949	-0,845	0,754	-1,000	-0,979	0,845	-0,246	-0,842	0,999			
Ni	-0,979	-0,901	0,824	-0,993	-0,949	0,900	-0,133	-0,898	0,997	0,993		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
V	0,715	0,526	-0,390	0,900	0,970	-0,525	0,646	0,520	-0,882	-0,899	-0,843	ND

Çizelge 5.16 Yıldız parkı ilkbahar dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2,5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,820											
K	0,972	0,931										
Ca	0,839	0,376	0,688									
Mg	0,946	0,590	0,844	0,970								
Pb	-0,987	-0,902	-0,997	-0,739	-0,881							
Cu	0,965	0,942	1,000	0,666	0,827	-0,995						
Cr	-0,994	-0,750	-0,939	-0,895	-0,977	0,962	-0,929					
Co	-0,596	-0,949	-0,768	-0,064	-0,304	0,720	-0,787	0,502				
Zn	0,934	0,562	0,824	0,978	0,999	-0,864	0,807	-0,969	-0,271			
Ni	-0,927	-0,545	-0,813	-0,982	-0,998	0,853	-0,795	0,963	0,252	-1,000		
Cd	-0,904	-0,497	-0,779	-0,991	-0,994	0,822	-0,760	0,947	0,197	-0,997	0,998	
V	-1,000	0,902	-0,973	-0,836	-0,944	0,988	-0,966	0,993	0,601	-0,932	0,925	0,902

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,378											
K	0,827	-0,209										
Ca	0,992	0,490	0,750									
Mg	0,997	0,452	0,778	0,999								
Pb	0,932	0,017	0,974	0,880	0,900							
Cu	0,139	0,969	-0,442	0,261	0,219	-0,229						
Cr	0,982	0,196	0,918	0,951	0,963	0,984	-0,050					
Co	0,998	0,325	0,857	0,984	0,991	0,951	0,083	0,991				
Zn	0,943	0,048	0,967	0,894	0,913	1,000	-0,199	0,989	0,960			
Ni	-0,012	-0,930	0,553	-0,136	-0,093	0,351	-0,992	0,177	0,044	0,322		
Cd	-0,050	-0,944	0,521	-0,174	-0,131	0,315	-0,996	0,139	0,006	0,286	0,999	
V	0,325	-0,753	0,801	0,204	0,247	0,645	-0,892	0,497	0,377	0,621	0,942	0,928

Çizelge 5.17 Yıldız parkı yaz dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,427											
K	0,278	-0,987										
Ca	0,798	-0,886	0,801									
Mg	-0,668	0,958	-0,901	-0,982								
Pb	0,976	-0,615	0,481	0,910	-0,814							
Cu	-0,772	-0,245	0,397	-0,232	0,042	-0,614						
Cr	0,893	0,025	-0,184	0,441	-0,261	0,773	-0,975					
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
Zn	0,089	-0,938	0,982	0,672	-0,801	0,304	0,565	-0,369	ND			
Ni	0,973	-0,625	0,493	0,916	-0,822	1,000	-0,603	0,765	ND	0,317		
Cd	0,995	-0,517	0,373	0,854	-0,740	0,993	-0,703	0,843	ND	0,189	0,991	
V	0,214	0,791	-0,879	-0,418	0,584	-0,004	-0,787	0,631	ND	-0,954	-0,017	0,115

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,970											
K	-0,065	-0,181										
Ca	0,614	-0,788	0,748									
Mg	-0,097	0,338	-0,987	-0,845								
Pb	0,717	-0,866	0,650	0,990	-0,764							
Cu	0,826	-0,939	0,510	0,952	-0,642	0,985						
Cr	0,648	-0,814	0,718	0,999	-0,821	0,996	0,965					
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
Zn	-0,438	0,205	0,925	0,441	-0,852	0,313	0,145	0,401	ND			
Ni	0,743	-0,884	0,620	0,984	-0,738	0,999	0,991	0,991	ND	0,276		
Cd	0,834	-0,943	0,497	0,948	-0,631	0,983	1,000	0,961	ND	0,131	0,989	
V	0,834	-0,943	0,497	0,948	-0,631	0,983	1,000	0,961	ND	0,131	0,989	1,000

Çizelge 5.18 Yıldız parkı sonbahar dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,195											
K	-0,818	-0,404										
Ca	0,434	-0,968	0,163									
Mg	0,929	-0,544	-0,548	0,736								
Pb	-0,937	0,525	0,566	-0,721	-1,000							
Cu	-0,617	-0,652	0,957	0,441	-0,282	0,303						
Cr	-0,574	-0,691	0,941	0,488	-0,231	0,252	0,999					
Co	-0,581	0,912	0,007	-0,986	-0,840	0,828	-0,283	-0,333				
Zn	-0,844	-0,361	0,999	0,117	-0,586	0,604	0,943	0,924	0,053			
Ni	-0,567	-0,697	0,938	0,496	-0,222	0,244	0,998	1,000	-0,341	0,920		
Cd	-0,243	-0,904	0,756	0,769	0,133	-0,111	0,913	0,934	-0,649	0,725	0,937	
V	-0,602	-0,665	0,952	0,458	-0,265	0,286	1,000	0,999	-0,300	0,937	0,999	0,921

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,546											
K	0,599	0,344										
Ca	-0,654	-0,277	-0,998									
Mg	-0,796	0,941	0,007	0,063								
Pb	0,919	-0,832	0,235	-0,303	-0,970							
Cu	0,160	-0,914	-0,695	0,642	-0,724	0,536						
Cr	-0,064	-0,801	-0,837	0,797	-0,553	0,334	0,975					
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
Zn	0,976	-0,716	0,410	-0,473	-0,909	0,983	0,372	0,156	ND			
Ni	0,646	0,287	0,998	-1,000	-0,052	0,293	-0,650	-0,803	ND	0,464		
Cd	0,896	-0,862	0,180	-0,249	-0,982	0,998	0,582	0,387	ND	0,971	0,239	
V	-0,421	0,990	0,474	-0,411	0,884	-0,744	-0,963	-0,878	ND	-0,609	0,420	-0,781

Çizelge 5.19 Yıldız parkı kış dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,910											
K	0,332	-0,087										
Ca	0,106	0,507	-0,903									
Mg	0,952	0,993	0,029	0,404								
Pb	0,523	0,124	0,978	-0,792	0,238							
Cu	0,919	1,000	-0,065	0,488	0,996	0,146						
Cr	0,776	0,445	0,853	-0,546	0,546	0,944	0,465					
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
Zn	0,902	0,643	0,707	-0,334	0,727	0,840	0,660	0,972	ND			
Ni	0,652	0,907	-0,498	0,823	0,852	-0,305	0,898	0,028	ND	0,261		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
V	-1,000	-0,917	-0,316	-0,123	-0,957	-0,508	-0,926	-0,765	ND	-0,895	-0,665	ND

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,250											
K	0,808	-0,773										
Ca	0,728	0,482	0,184									
Mg	-0,181	0,997	-0,726	0,543								
Pb	0,404	-0,987	0,866	-0,333	-0,973							
Cu	0,987	-0,094	0,704	0,827	-0,023	0,254						
Cr	0,170	-0,997	0,718	-0,552	-1,000	0,970	0,012					
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
Zn	0,925	-0,599	0,971	0,413	-0,540	0,721	0,854	0,531	ND			
Ni	0,792	0,394	0,279	0,995	0,458	-0,239	0,878	-0,467	ND	0,501		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
V	0,505	-0,962	0,917	-0,224	-0,940	0,994	0,363	0,936	ND	0,795	-0,127	ND

Çizelge 5.20 Abbasağa parkı ilkbahar dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,984											
K	0,904	0,966										
Ca	0,998	0,992	0,927									
Mg	0,996	0,996	0,940	0,999								
Pb	0,965	0,901	0,759	0,948	0,936							
Cu	0,394	0,222	-0,037	0,340	0,307	0,622						
Cr	0,787	0,663	0,448	0,750	0,727	0,922	0,877					
Co	-0,447	-0,601	-0,787	-0,498	-0,528	-0,195	0,646	0,200				
Zn	0,959	0,994	0,988	0,973	0,981	0,849	0,115	0,579	-0,684			
Ni	-0,156	-0,331	-0,563	-0,213	-0,246	0,110	0,847	0,487	0,953	-0,431		
Cd	0,930	0,981	0,998	0,949	0,960	0,800	0,027	0,505	-0,745	0,996	-0,509	
V	-0,351	-0,514	-0,718	-0,405	-0,436	-0,092	0,722	0,301	0,995	-0,604	0,980	-0,671

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	-0,422											
K	0,886	-0,794										
Ca	0,871	-0,812	1,000									
Mg	0,789	-0,890	0,984	0,989								
Pb	-0,595	0,980	-0,900	-0,913	-0,963							
Cu	0,945	-0,694	0,989	0,984	0,946	-0,824						
Cr	0,461	0,611	-0,004	-0,034	-0,183	0,439	0,146					
Co	-0,366	0,998	-0,756	-0,775	-0,861	0,966	-0,649	0,658				
Zn	0,964	-0,647	0,977	0,970	0,923	-0,786	0,998	0,209	-0,599			
Ni	0,971	-0,191	0,748	0,727	0,617	-0,384	0,839	0,661	-0,131	0,872		
Cd	0,970	-0,629	0,972	0,964	0,914	-0,772	0,996	0,232	-0,580	1,000	0,883	
V	0,768	-0,905	0,977	0,983	0,999	-0,972	0,935	-0,215	-0,877	0,910	0,591	0,900

Çizelge 5.21 Abbasağa parkı yaz dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,301											
K	0,176	0,992										
Ca	0,893	0,698	0,600									
Mg	-0,145	0,900	0,949	0,316								
Pb	-0,598	0,584	0,684	-0,173	0,880							
Cu	0,164	0,990	1,000	0,590	0,952	0,693						
Cr	0,582	0,951	0,903	0,886	0,720	0,304	0,898					
Co	-0,488	-0,979	-0,945	-0,829	-0,793	-0,408	-0,941	-0,994				
Zn	-0,492	0,682	0,771	-0,047	0,933	0,992	0,778	0,422	-0,520			
Ni	-0,976	-0,503	-0,387	-0,970	-0,076	0,408	-0,376	-0,746	0,667	0,289		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
V	-0,912	0,117	0,244	-0,629	0,538	0,874	0,255	-0,197	0,087	0,806	0,800	ND

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,792											
K	0,999	0,760										
Ca	0,927	0,963	0,907									
Mg	0,986	0,883	0,976	0,977								
Pb	-0,086	0,540	-0,136	0,293	0,082							
Cu	0,990	0,870	0,982	0,971	1,000	0,054						
Cr	0,898	0,980	0,875	0,997	0,959	0,361	0,951					
Co	0,980	0,654	0,989	0,833	0,932	-0,284	0,942	0,792				
Zn	0,324	0,834	0,275	0,654	0,477	0,915	0,453	0,707	0,127			
Ni	-0,731	-0,163	-0,765	-0,423	-0,607	0,742	-0,629	-0,357	-0,853	0,409		
Cd	-0,540	0,086	-0,582	-0,186	-0,392	0,885	-0,417	-0,115	-0,698	0,622	0,969	
V	0,968	0,920	0,954	0,992	0,996	0,167	0,994	0,980	0,898	0,551	-0,536	-0,311

Çizelge 5.22 Abbasğa parkı sonbahar dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,399											
K	0,177	0,973										
Ca	-0,822	-0,850	-0,706									
Mg	-0,074	-0,944	-0,995	0,629								
Pb	0,678	0,944	0,843	-0,976	-0,783							
Cu	0,560	0,983	0,914	-0,932	-0,867	0,989						
Cr	0,802	0,868	0,730	-0,999	-0,655	0,983	0,944					
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
Zn	0,045	0,934	0,991	-0,606	-1,000	0,765	0,853	0,633	ND			
Ni	0,908	0,746	0,573	-0,985	-0,485	0,924	0,856	0,978	ND	0,460		
Cd	0,633	0,962	0,874	-0,961	-0,819	0,998	0,996	0,970	ND	0,802	0,899	
V	0,803	0,867	0,729	-0,999	-0,654	0,983	0,944	1,000	ND	0,632	0,979	0,970

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,977											
K	0,952	0,995										
Ca	0,878	0,960	0,982									
Mg	0,947	0,994	1,000	0,985								
Pb	0,859	0,730	0,660	0,508	0,649							
Cu	0,684	0,824	0,874	0,950	0,881	0,213						
Cr	0,834	0,932	0,963	0,996	0,967	0,433	0,973					
Co	0,949	0,860	0,807	0,682	0,798	0,976	0,418	0,617				
Zn	0,987	0,999	0,989	0,943	0,986	0,765	0,792	0,911	0,886			
Ni	0,305	0,501	0,582	0,724	0,594	-0,227	0,903	0,780	-0,011	0,453		
Cd	0,873	0,749	0,682	0,533	0,671	1,000	0,241	0,459	0,982	0,784	-0,198	
V	0,782	0,897	0,935	0,985	0,941	0,352	0,989	0,996	0,546	0,872	0,832	0,379

Çizelge 5.23 Abbasğa parkı kış dönemi korelasyon matrisleri

PM _{2.5}	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	0,075											
K	-0,976	0,143										
Ca	0,613	0,834	-0,427									
Mg	0,173	0,995	0,044	0,884								
Pb	-0,565	-0,865	0,373	-0,998	-0,910							
Cu	0,353	-0,906	-0,548	-0,522	-0,860	0,572						
Cr	-0,762	0,588	0,884	0,044	0,506	-0,103	-0,875					
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
Zn	-0,617	-0,831	0,432	-1,000	-0,882	0,998	0,518	-0,039	ND			
Ni	0,522	0,890	-0,325	0,994	0,930	-0,999	-0,614	0,154	ND	-0,993		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
V	-0,273	0,939	0,475	0,593	0,900	-0,640	-0,996	0,831	ND	-0,588	0,678	ND

PM ₁₀	Al	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu	Cr	Co	Zn	Ni	Cd
Al												
Na	1,000											
K	0,942	0,940										
Ca	0,869	0,866	0,985									
Mg	1,000	1,000	0,946	0,875								
Pb	0,412	0,407	0,694	0,809	0,422							
Cu	0,656	0,652	0,872	0,944	0,665	0,958						
Cr	0,605	0,601	0,837	0,920	0,614	0,975	0,998					
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
Zn	0,246	0,241	0,557	0,694	0,257	0,985	0,893	0,921	ND			
Ni	0,937	0,935	1,000	0,987	0,941	0,705	0,879	0,845	ND	0,570		
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
V	0,948	0,947	1,000	0,981	0,952	0,680	0,862	0,826	ND	0,541	0,999	ND

5.3 Analiz Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi

5.3.1 Barbaros Bulvarı İçin Genel Yorumlar

Cu, Cr, Zn, Cd, V, Co metallerinin bütün mevsimlerde çok iyi korelasyon (>0.8) gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 5.4). Bu elementlerin kaynaklandığı kirleticilerin dört mevsimde de bu park üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Bu ağır metallerin, ince partiküllerde kaba partiküllere nazaran daha yüksek korelasyon gösterdiği ve sonbahar ve kış aylarında Pb elementinin de bu metallerle yüksek korelasyon (>0.9) gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6). Araçlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarının genellikle ince partikül boyutlarında olduğu, yanma ve mekanik prosesler sonucu oluşan partikül maddelerin ise genellikle kaba partikül boyutunda olduğu bildirilmiştir (Valavanidis vd., 2008). İnce partiküllerde bu elementler arasındaki korelasyonun görülmesi, bu kirleticilerin taşıt emisyonları sonucu oluştuğu gerçeği ile açıklanabilmektedir. Taşıt emisyonlarında en çok bulunan elementlerin Cu, Zn ve Pb olduğu

daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Yatkın ve Bayram, 2007). Bu bilgiler Barbaros Bulvarındaki parkın trafiğin yoğun olduğu bölgede bulunduğunu desteklemektedir. Sonbahar döneminde okulların açılması, yazlıklardan şehir merkezine dönüş ve evsel ısınma faaliyetlerinin artması ile sonbahar ve kış döneminde Pb konsantrasyonları artmakta ve böylece diğer ağır metallerle bulunan yüksek korelasyonun nedeni açıklanabilmektedir.

Ni ve V elementleri arasındaki korelasyon da her dönemde gözlemlenmektedir. Sonbahar ve kış aylarında K metali ile Pb, Cu, Cr, Co, Zn metalleri arasında korelasyon (>0.8) dikkate değer ölçüde diğer mevsimlere nazaran artmıştır (Çizelge 5.7). Kışın K metalindeki artışın sebebi bölgesel ısınmada biyokütle yakılması ile açıklanabilmektedir. V ve Ni elementlerinin sıvı yakıt (fuel oil) yakılmasının iz elementleri olduğu bilinmektedir (Yatkın ve Bayram, 2007).

Bu çalışma bölgesinde genel olarak Al, K, Na, Ca, Mg metalleri korelasyonlarının yüksek (0.5 – 0.9) olduğu tespit edilmiştir. Al, Ca, Fe, K metallerinin toprakla ilgili, Na metalinin ise deniz tuzu elementi olduğundan bahsedilmiştir (Yatkın ve Bayram, 2007). Yapılan araştırmalar sonucu Pb, Zn, Cu elementlerinin trafik emisyonları sonucu ortaya çıkan başlıca elementler olduğu görülmüştür (Fang vd., 2002, Voutsas vd., 2002).

Ayrıca Barbaros Bulvarı parkında her dönemde Na ve Co elementleri arasında da bir korelasyon (0.6-1) olduğu görülmüştür.

Ayrıca ilkbahar döneminde Al, K, Ca, Mg korelasyonları (>0.9) PM_{10} boyutunda dikkat çekmektedir. Bu durum, Mart ayında ülkemizde görülen Sahra çölünden gelen toz taşınımları ile açıklanabilir. Çin toz fırtınaları boyunca toplanan aerosol partiküllerinde Mg, Al, Si, K, Ca ve Fe elementlerinin partiküllerin major fraksiyonunu oluşturduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Fang vd., 2006).

Bu parkta $PM_{2.5}$ için major ve minor elementler açısından en yüksek ortalama değerlerin ilkbaharda, en düşük değerlerin ise major elementlerde yaz mevsiminde, minor elementlerin ise sonbahar mevsiminde olduğu görülmüştür. Sonbaharda ağır metal değerlerinin ortalamasının en düşük çıkmasının nedeni Cd ve V elementlerinin bu dönemde havada bulunmaması ve dolayısıyla ortalama değerinin düşük çıkması sebebi ile açıklanabilmektedir.

5.3.2 Kabataş Parkı İçin Genel Yorumlar

Deniz kıyısında bulunan Kabataş parkında yapılan ölçümlerde Na metalinin Mg metali ile korelasyon içinde olduğu görülmüştür (Çizelge 5.9- Çizelge 5.12). Bu durum, partikül maddenin bir kısmının deniz tuzlarından etkilendiğini gösterebilmektedir (Demir vd., 2010). $PM_{2.5}$

boyutunda Pb, Zn, Ni, V elementlerinin en yüksek ortalama konsantrasyonları ilkbaharda görülmüştür. PM₁₀ boyutunda Pb, Cd, Co ağır metallerinin en yüksek ortalama değerleri ilkbaharda görülmüştür. Cu, Zn, Cr ve Ni elementlerinin dört mevsimde yaklaşık aynı değerde olduğu görülmüştür.

Bu parkta, hem PM_{2.5} hem de PM₁₀ için hem major hem de minor elementler açısından en yüksek konsantrasyon ilkbahar mevsiminde, en düşük konsantrasyon ise yaz mevsiminde görülmüştür.

Bu park da diğer parklarda olduğu gibi trafikten gelen emisyonların etkisinde kaldığı için her mevsimde Pb, Cu, Cr, Zn, Cd, V metalleri arasında korelasyon (0.6-1) görülmüştür.

Ayrıca her dönemde Ca ve Co elementleri arasındaki korelasyon (0.8-1) da dikkat çekmektedir.

5.3.3 Abide-i Hürriyet Parkı İçin Genel Yorumlar

Genel olarak bu parkta Al, K, Ca, Mg metallerinin dört mevsimde de öncelikle kaba partikül boyutunda korelasyon içinde olduğu görülmüştür (Çizelge 5.12 - Çizelge 5.15). Al, Ca, Mg, K yerkabuğu, toprak ve mineral tozlarla ilgili elementlerdir. Özellikle Ca ve Al en çok bilinen yerkabuğu ve mineral tozları elementleridir. (Lee ve Hills, 2003). Bu parkın hemen yakın çevresinde uzun süredir devam eden inşaat yapım aktiviteleri bu metallerin her mevsimde sürekli bulunmasını açıklayabilir. Bunun yanında toz taşınımları ve çeşitli endüstriler (çimento, kum vb) de katkı sağlamış olabilir.

PM_{2.5} için Pb değerlerinin yıllık yaklaşık 25 ng/m³ olarak her mevsimde benzer değerlerde olduğu görülmüştür. Trafik emisyonlarının sürekli etkisi altında kalan bu parkta ince partikül boyutunda bulunan Pb konsantrasyonları da bu durumu desteklemektedir. Cu ve Zn her mevsimde değeri en yüksek olan elementlerdir. PM₁₀ için bu elementler incelendiğinde, Pb elementi, ilkbaharda maksimum diğer mevsimlerde yaklaşık aynı değerlerdedir. Cu ve Zn elementlerinin, ilkbaharda maksimum yaz mevsiminde minimum değerlerde olduğu görülmüştür.

Bu parkta hem PM_{2.5} hem de PM₁₀ için major ve minor elementler açısından en yüksek ortalama değerler ilkbaharda, en düşük değerler ise kış döneminde görülmüştür. Diğer parklarda en düşük değerler yaz aylarında görülürken bu parkta kış döneminde görülmesinin nedeni meteorolojik faktörlerin etkisi (rüzgar, yağış) ile partiküllerin atmosferde kalma süresinin azalması olabilir.

5.3.4 Yıldız Parkı İçin Genel Yorumlar

Bu parkta yapılan ölçümlerde hem $PM_{2.5}$ hem de PM_{10} için Na elementi ilkbahar ve yaz mevsimlerinde konsantrasyonu en yüksek element olarak tespit edilmiştir. Az da olsa İstanbul Boğazının etkisinde kalan bu park için bu mevsimde bu değerlerin yüksek çıkmasının deniz suyunun daha çok buharlaşması ve atmosferdeki Na miktarının artması ile açıklanabilir. Sodyuma bağlı olarak Mg elementi de ilkbahar ve yaz dönemlerinde en yüksek değerlerindedir. Na ve Mg elementleri deniz tuzlarının etkisini göstermektedir. Hem $PM_{2.5}$ hem de PM_{10} için major elementlerin en yüksek değeri ilkbahar ve ardından yaz mevsiminde görülmüştür. Yapılan çalışmalarda kırsal bölgede yaz aylarında toprağın kuru olması nedeniyle yüzey toprak tozlarının meteorolojik faktörlerle atmosfere taşınabildiği bildirilmiştir (Yatkın ve Bayram, 2007). Böylece toprak kaynaklı bu elementlerin konsantrasyonlarının kırsal bölge olarak kabul edilebilen bu parkta bu mevsimlerde daha yüksek olabileceği düşünülmüştür. Kış mevsiminde $PM_{2.5}$ ve PM_{10} için bu elementlerde korelasyon görülmemiştir. Benzer durum Yatkın ve Bayram, (2007), ın kırsal bölgedeki çalışmasında da görülmüştür.

Dört mevsimde de en yüksek konsantrasyona sahip olan elementler Pb, Cu ve Zn olarak tespit edilmiştir. Pb, Zn, Cu elementlerinin trafik emisyonlarının indikator elementleri olduğundan daha önceki bölümlerde bahsedilmiştir. Bu park özellikle $PM_{2.5}$ boyutunda Pb ve Zn için sonbaharda en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Pb elementinin, ikinci yüksek değeri yaz mevsiminde görülmüştür. Bu parkta Pb değerindeki artış atmosferdeki taşınımlarla veya taşıt emisyonları ile açıklanabilmektedir.

5.3.5 Abbasğa Parkı İçin Genel Yorumlar

Al, K, Na, Ca, Mg metallerinin PM 10 boyutunda her mevsimde genel olarak korelasyon içinde olduğu görülmektedir (Çizelge 5.20 – Çizelge 5.23). Abbasğa parkı konumu itibariyle yüksek binaların ve ağaçların arasına yerleşmiştir. Toprak kaynaklı elementlerin özellikle kaba partikül boyutunda ve ilkbahar ve kış aylarında daha yüksek olduğu ve bu elementlerin sonbahar ve kış aylarında PM_{10} boyutunda Cu, Cr, Zn, Ni, V elementleri ile korelasyon içinde olduğu görülmüştür (Çizelge 5.22 ve Çizelge 5.23). Taşıt emisyonlarının indikator elementleri olarak bilinen Pb, Cu, Zn elementleri her mevsimde bu parkta da etkisini göstermiş ve bu elementlerin en yüksek konsantrasyonu sonbaharda görülmüştür.

Bu parkta PM_{10} için major ve minor elementler açısından en yüksek ortalama değerleri ilbaharda, en düşük değerler ise yaz döneminde görülmüştür. $PM_{2.5}$ boyutunda ise major elementler açısından en yüksek ortalama değerleri ilbaharda, en düşük değerler ise sonbahar

döneminde, minor elementler için ise en yüksek ortalama değerleri ilkbaharda, en düşük değerler ise yaz döneminde görülmüştür.

6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, İstanbul'un Beşiktaş ilçesinde, trafik yoğunluğuna bağlı olarak seçilen, konumları farklı 5 çocuk oyun parkında PM konsantrasyonlarının değişimleri, Mart 2009- Mart 2010 arasında alınan periyodik ölçümlerle araştırılmıştır. Her parkta 18'er günlük ölçümler alınmış böylece üç ayda bir tur (bir mevsim) tamamlanarak parklardaki partikül madde kirliliğinin mevsimsel değişimi incelenmiştir.

Seçilen parklarda en yüksek ve en düşük kirletici konsantrasyonu mevsime bağlı olarak değişiklik göstermiştir. İlkbahar döneminde yapılan ölçümlere göre, Barbaros Bulvarı PM_{2.5} için 41 µg/m³, PM₁₀ için 68,5 µg/m³, Abide-i Hürriyet parkı PM_{2.5} için 38 µg/m³ PM₁₀ için ise 69,5 µg/m³ lük değerler ile en yüksek konsantrasyonlu parklardır. Diğer parklarda değerler birbirine yakın olmakla birlikte PM_{2.5} için ortalama 30 µg/m³, PM₁₀ için ise ortalama 45 µg/m³ olarak tespit edilmiştir.

Yaz döneminde yapılan ölçümlere göre ise, Barbaros Bulvarı PM_{2.5} için 35,3 µg/m³, PM 10 için 45,6 µg/m³, Kabataş parkı PM_{2.5} için 26 µg/m³, PM₁₀ için 44,5 µg/m³ ile kirletici konsantrasyonu en yüksek parklardır. Diğer parklarda PM_{2.5} için ortalama 17 µg/m³ PM₁₀ için ise ortalama 25 µg/m³ civarında olduğu görülmüştür.

Sonbahar döneminde Abbasağa parkı PM_{2.5} için 67,6 µg/m³ PM₁₀ için 63,76, Abide-i Hürriyet Parkı ise PM_{2.5} için 39,35 PM₁₀ için 63,99 µg/m³ ile en yüksek konsantrasyonlu değerleri oluşturmaktadır. Diğer iki mevsimde düşük PM değerlerine sahip olan Abbasağa parkı bu dönemde en yüksek değerlerle birinci sıradadır. Bunun sebebinin ölçüm yapılan kasım ayındaki meteorolojik faktörlerin etkisi ile oluştuğu düşünülmektedir.

Kış döneminde en yüksek konsantrasyonlar PM_{2.5} için Abbasağa parkında 43,13 µg/m³ ve Barbaros Bulvarında 40,42 µg/m³, PM₁₀ için ise 56,61 µg/m³ ile Barbaros Bulvarı, 51,68 µg/m³ ile Abide-i Hürriyet parkıdır.

Sonuçlar mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, PM_{2.5} ve PM₁₀ fraksiyonlarının her ikisinde yaz aylarında düşük seviyelerde gözlemlenirken, ölçümlerin başlangıcı ve sonuna denk gelen daha soğuk aylarda konsantrasyonların daha yüksek olduğu görülmüştür. Yaz aylarında okulların kapanmasıyla birlikte trafik yoğunluğunun şehirde azalması ile yerleşik yakma kaynaklı PM emisyonunun olmaması ve bununla birlikte soğuk aylarda ısınmadan kaynaklanan fosil yakıtların kullanımının artması bu sonucun ortaya çıkmasında etkilidir. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ve aynı zamanda Avrupa Birliği (EU) ile Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) belirlediği PM₁₀ sınır değerinin (50 µg/m³), ölçümler sırasında birçok kez, özellikle

ilkbaharda 1. ve 3. parkta, sonbahar ve kış aylarında ise hemen hemen her parkta aşıldığı Şekil 5.8, Şekil 5.10 ve Şekil 5.11'de açıkça görülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün, PM_{2.5} için belirlediği sınır değer olan 25 µg/m³ değeri aynı şekilde özellikle ilkbahar, sonbahar ve bazı günleri olmak üzere kış döneminde birçok kez aşılmıştır (5.8, Şekil 5.10 ve Şekil 5.11).

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, trafiğin yoğun olduğu ana yol ve cadde kenarlarındaki çocuk oyun parklarında (1. ve 3. istasyon), konsantrasyonların çocukların sağlığını olumsuz derecede etkileyecek değerlere ulaştığı görülmüştür. Bu yüksek sonuçlar, binaların arasında kalan ve anayola uzak olarak seçilen 5. istasyonda da (Abbasağa Parkı) aynı şekilde ölçülmüştür. Bu da binaların ve sokakların aralarında kalan çocuk oyun parklarının hem atmosferik hareketlere açık olmaması hem de ana yoldan taşınım ile gelen PM'den etkilendiği sonucunu doğurmaktadır. Deniz kenarında seçilen çocuk oyun parkında (2.istasyon-Kabataş) ise sonuçlar, 1., 3. ve 5. istasyonlara göre daha düşük seviyelerde ölçülmüştür. Bu sonuç, İstanbul Boğazının meteorolojik etkisinin PM konsantrasyonu üzerindeki azaltıcı etkisini göstermektedir. Bütün istasyonlar içerisinde PM_{2.5} ve PM₁₀ fraksiyonları en düşük 4. istasyonda (Yıldız Parkı) gözlemlenmiş ve konsantrasyonlar genellikle sınır değerlerin altında kalmıştır. 4. istasyonun trafikten uzak bir noktada ve ağaçlarla çevrili bir çocuk oyun parkında seçilmesinin, konsantrasyonların düşük çıkmasında önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

Ölçüm sonuçlarının elementel analiz sonuçları değerlendirildiğinde; ölçüm yapılan parklarda kadmiyum değerlerinin 0,1 ile 15,5 ng/m³ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Dış ortam kadmiyum konsantrasyonları ile ilgili yapılan çalışmalarda kırsal kesimlerde genellikle 0,1 ile 5 ng/m³, kentsel alanlarda 2 ile 15 ng/m³ ve endüstrileşmiş alanlarda ise 15 ile 150 ng/m³ civarı konsantrasyonlarda olduğundan bahsedilmiştir (Elinder, 1985; WHO, 1992, Karaca, 2005). Barbaros Bulvarı, Kabataş parkı ve Abbasağa parkında bazı mevsimlerde en yüksek kadmiyum değerleri görülmüştür. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre, bu parklar kentsel alanlar sınıfına girmektedir. Abide-i Hürriyet parkı ve Yıldız parkındaki değerler ise oldukça düşüktür. Cd elementi ile ilgili yapılan değerlendirme sonucuna göre bütün parkların endüstriden etkilenmeyen ve kentsel bölge konumunda olduğu ortaya çıkmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü insan sağlığının korunması için havadaki kadmiyum konsantrasyonunun; kırsal alanlarda 1-5 ng/m³, zirai faaliyetlerin bulunmadığı kentsel ve endüstriyel bölgelerde 10-20 ng/m³ ü aşılmamasını tavsiye etmektedir (RSHM, 2010). Bu değerlendirmeye göre ölçüm yapılan parklarda kadmiyum değeri limitlerin altında olmakla beraber sağlık açısından bir tehlike arz etmemektedir. Fakat ilerleyen zamanlarda kirletici kaynakların değişmesine ve meteorolojik

faktörlere bağlı olarak, sınır değerlerin aşılması ihtimali olabilir. Bu durum göz önüne alınarak gerekli önlemler alınmalıdır.

Ölçüm yapılan parklarda kurşun değerlerinin 6,7 ile 159,8 ng/m³ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Yapılan araştırmalarda Pb konsantrasyonları değerlendirilecek olursa; Yatkın ve Bayram (2007) İzmir’ de yaptıkları çalışmalarında kırsal alanda 22,7 – 61 ng/m³ arasında, Karaca vd. (2008) İstanbul’da yaptıkları çalışmada kırsal alanda 57,9 ve 77,7 ng/m³, Samura vd. (2003) Bursa’da yaptıkları çalışmalarında kentsel alanda 53 ve 88 ng/m³ olarak bulmuşlardır. Ölçüm yapılan parklardaki değerler ile bu çalışmalarda elde edilen değerler birbirine yakın olmakla beraber bazı mevsimlerde daha yüksek değerler elde edilmiştir. Genel olarak parklar Pb konsantrasyonu açısından değerlendirildiğinde kentsel alan olarak düşünülebilir. Dünya Sağlık Örgütü, sağlık üzerine olumsuz etkilerin gözlenmemesi için kent havasındaki kurşun konsantrasyonunun 0.5-1 µg/m³ olarak hedeflenmesini önermektedir (RSHM, 2010). Pb değeri açısından ölçüm yapılan parklar da sınır değerinin altındadır.

Toplanan örneklerde krom konsantrasyonlarının 0,8- 30,4 ng/m³ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Atmosferik partiküler krom için EPA sınır değeri 0,1 µg/m³ olarak belirlemiştir (Karaca, 2005). Krom konsantrasyonları açısından ölçüm istasyonları sınır değerlerin oldukça altındadır.

Avrupanın bazı kentlerinden uzak alanlarda 0-0,6 ng/m³, kent yakınında 9-50 ng/m³, kentlerde ise 60-300 ng/m³ nikel konsantrasyonlarının tespit edildiğinden bahsedilmiştir. Bu çalışmada nikel konsantrasyonlarının ise 2,7-37,2 ng/m³ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Havada bulunan nikel uzun süreli maruziyetin insan sağlığına etkileri hakkında güvenilir kanıtlar tesbit edilememişse de; nikel işinde çalışanlarda astım gibi olumsuz sağlık etkilerinin yanı sıra, burun ve gırtlak kanserlerine neden olduğu kanıtlanmıştır. Kanserojen etkisi nedeni ile güvenilirlik limitinin belirtilmesinin mümkün olmadığı belirtilmiştir (RSHM, 2010).

Kırsal kesimlerde havadaki bakır konsantrasyonunun ortalama 5 ila 50 ng/m³ arasında değiştiği belirtilmiştir [2]. Bu çalışmada bakır konsantrasyonlarının 8,8-188,3 ng/m³ arasında olduğu görülmüştür. Bu değerlendirmeye göre Yıldız ve Abbasağa parkının bazı mevsimler hariç değerler birbirine yakın olmakla birlikte diğer parklardaki bakır konsantrasyonlarının ise bu değerlerden oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Karaca vd. (2008), kobalt konsantrasyonlarını kırsal alanda 0,91 ve 1,98 ng/m³ olarak bulmuşlardır. Ölçüm yapılan parklarda 0,1-16,3 ng/m³ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bütün parklarda ilkbahar mevsiminde oldukça yüksek kobalt değerleri görülmüştür. Diğer üç mevsimde

oldukça düşük olan kobalt konsantrasyonunun ilkbaharda yüksek değerlerde olması, kobaltın ilkbahar mevsiminde bölgeye uzun mesafeler boyunca taşınmış olabileceği ihtimalini ortaya çıkarmaktadır. Havada bulunan toz halindeki kobaltın solunması ve kobalt tuzlarına deri teması neticesinde kobalt zehirlenmesi gerçekleşmektedir.

Vanadyum konsantrasyonları değerlendirilirse; Yatkın ve Bayram (2007) İzmir’ de yaptıkları çalışmalarında kırsal alanda 7,6 – 12,8 ng/m³ arasında, Karaca vd. (2008) İstanbul’da yaptıkları çalışmada kırsal alanda 8 ve 10,8 ng/m³, Samura vd. (2003) Bursada yaptıkları çalışmalarında kentsel alanda 18 ve 20,5 ng/m³ olarak bulmuşlardır. Bu çalışmalarda toplanan numunelerde vanadyum konsantrasyonları 0,4- 44,9 ng/m³ arasında değişen değerlerdedir. Yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında vanadyum değerleri birbirine benzerdir.

Al, K, Na, Ca, Mg metalleri genellikle doğal kaynaklı elementlerdir. Al, Ca, Fe, K metallerinin toprakla ilgili, Na metalinin ise deniz tuzu elementi olduğundan bahsedilmiştir (Yatkın ve Bayram, 2007). Çalışma bölgeleri genel olarak değerlendirildiğinde, ilkbahar döneminde Al, K, Na, Ca, Mg konsantrasyonlarının diğer mevsimlere göre daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, Mart ayında ülkemizde görülen Sahra çölünden gelen toz taşınımları ile açıklanabilir. Çin de meydana gelen toz fırtınaları boyunca toplanan aerosol partiküllerinde Mg, Al, Si, K, Ca ve Fe elementlerinin partiküllerin major fraksiyonunu oluşturduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Fang vd., 2006). Ayrıca Na ve Mg elementlerinin Kabataş parkı ve Yıldız parkında korelasyon içinde oldukları görülmüş ve bunların deniz tuzlarının göstergesi olabileceği sonucuna varılmıştır.

Parkların çoğunda genel olarak Pb, Cu, Cr, Zn, Cd, V elementleri çalışma bölgeleri atmosferinde en çok bulunan başlıca minör elementleri oluşturmaktadır. Pb, Cu, Zn elementleri taşıt emisyonlarının indikator elementleri olarak bilindiği gibi, hem bu elementler hem de Cr, Cd, ve V elementleri endüstriyel emisyonlar sonucu da ortaya çıkabilmektedir.

Ölçüm parklarında analizi yapılan bu elementlerin hangi kaynaklardan atmosfere bırakılmış olabileceğinin tespiti ve daha detaylı incelenebilmesi için faktör analizine ve zenginleştirme faktörlerinin hesaplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, elde edilen veriler çocuk oyun parklarının anayol ve caddelere ve hatta sokak kenarlarında konumlandırılmasının, trafik sebebiyle uygun olmayacağı sonucunu ortaya çıkartmaktadır. Dolayısıyla, çocuk oyun parklarının yerlerinin, mümkün olduğunca ağaçlarla çevrili veya deniz kenarlarında ve özellikle trafiğin olabildiğince uzağındaki lokasyonlarda seçilmesi, hassas bünyelere sahip çocukların sağlığı açısından önemli faydalar

getireceği düşünölmektedir. Bu bağlamda bu çalışmanın sonuçlarının şehir ve bölge plancı ve yerel yöneticilere önemli bir veri teşkil edebileceği düşünölerek bilimsel anlamda sonuçlar ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

- Acosta J.A., Cano, A.F., Arocena, J.M., Debela, F. ve Martinez, S.M., (2009), "Distribution of Metals in Soil Particle Size Fractions and Its Implication to Risk Assessment of Playgrounds in Murcia City (Spain)", *Geoderma*, 149: 101-109.
- Agren,C., (1991), EMEP Report, MCS-W 1/91 Norway.
- Ambient Particulate Matter Characterization Guidelines (APMCG), (2001), Canadian Chemical Producers' Association, April.
- Arden Pope, I.I.I.C., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Ito, K. ve Thurston, G.D., (2002), "Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution", *Journal of American Medical Association*, 287 (9): 1132–1141.
- Ayvaz Kahramantekin, T., Özden, Ö., Döğeroğlu, T., Kara, S., Tuncel, G. ve Gaga, E., (2007), "Eskişehir Atmosferindeki Partikül Maddenin İyonik Bileşenler Açısından Karakterizasyonu", 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Yaşam Çevre Teknoloji, 24-27 Ekim 2007, İzmir.
- Bayat, C., (2002), Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ders Notları.
- Chylek, P., Ramaswamy, V. ve Srivastava, V., (1984), "Graphiticcarbon Content of Aerosols, Clouds and Snow and Its Climatic Implications", *The Science of the Total Environment*, 36:117-120.
- Demir, G., Yigit, S., Ozdemir, H., Borucu, G. ve Saral, A., (2010), "Elemental Concentrations of Atmospheric Aerosols and the Soil Samples on the Selected Playgrounds in İstanbul", *Journal of Residuals Science and Technology*, 7(2):123-130.
- EPA, (1997), National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter, 40 CFR PART 50.
- EPA, (1998), Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems, Volume II: Part 1, Section No: 10:1-5.
- Fang, G-C., Chang, C-N., Chu, C-C., Wu, Y-S., Fu., P. P-C., Yang, I-L., ve Chen, M H., (2003), "Characterization of Particulate, Metallic Elements of TSP, PM_{2.5} and PM_{2.5-10} Aerosols at a Farm Sampling Site in Taiwan, Taichung", *The Science of the Total Environment*, 308: 157–166.
- Fang, G-C., Wu, Y-S., Lin, J-B, Lin, C-K., Rau, J-Y., ve Huang, S-H., (2006), "Characterization of Atmospheric Particulate and Metallic Elements at Taichung Harbor near Taiwan Strait during 2004–2005", *Chemosphere*, 63:1912–1923
- Finlayson-Pitts, B. J. ve Pitts, J. N., (2000), *Atmospheric Chemistry Fundamentals and Experimental Techniques*, Wiley.
- Gomiscek, B., Hauck, H., Stopper, S. ve Preining, O., (2004), "Spatial and Temporal Variation of PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀ and Particle Number Concentration during the AUPHEP-Project. *Atmospheric Environment* 38: 3917–3934.
- Gray, H.A., G.R. Cass, J.J. Huntzicker, E.K. Heyerdahl, ve J.A. Rau, (1986), "Characteristics of Atmospheric Organic and Elemental Carbon Particle Concentrations in Los Angeles", *Environmental Science and Technology*, 20:580.
- Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği.
- Hava Kirliliğine Genel Bakış, Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü (RSHM), <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf> 19.03.10 sa: 09:45

- Harrison, R. M., Deacon, A. R., Jones, M. R., ve Appleby, R. S., (1997), "Sources and Processes Affecting Concentrations of PM₁₀ and PM_{2.5} Particulate Matter in Birmingham (U.K.), Atmospheric Environment, Vol. 31, No. 24, pp. 4103~4117.
- Hetland RB, Cassee FR, Refsnes M, Schwarze PE, Lag M, Boere AJF ve Dybing E, (2004), "Release of Inflammatory Cytokines, Cell Toxicity and Apoptosis in Epithelial Lung Cells after Exposure to Ambient Air Particles of Different Size Fractions", Toxicology in Vitro, 18: 203–212.
- IPCC, (2001), Intergovernmental Panel on Climate Change, Third Assessment Report. In: Climate Change 2001: Synthesis Report. Cambridge University Press, New York.
- İncecik, S., (1994), Hava Kirliliği, Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.
- Kaya, G. ve Tuncel, G., (1997), "Trace Element and Major Ion Composition of Wet and Dry Deposition in Ankara, Turkey", Atmospheric Environment, 31:3985-3998.
- Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A. ve Timur S., "Metallerin Çevresel Etkileri –I," İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü.
www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf 19.03.10 sa: 11:30.
- Karaca F., Alagha O. ve Ertürk F., (2005), "Statistical Characterization of Atmospheric PM₁₀ and PM_{2.5} Concentrations at a Non-Impacted Suburban Site of Istanbul, Turkey", Chemosphere, 59:1183-1190.
- Karaca, F., (2005), "Büyükçekmece Bölgesine Taşınan Aerosollerdeki Metal Konsantrasyonlarının İncelenmesi ve Modellenmesi" , Doktora Tezi, YTÜ.
- Karaca, F., Alagha, O., Ertürk, F., Yılmaz, Y. Z. ve Özkara, T., (2008), "Seasonal Variation of Source Contributions to Atmospheric Fine and Coarse Particles at Suburban Area in Istanbul, Turkey", Environmental Engineering Science, 25 (5): 767-781.
- Karpuzcu, M., (2004), Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Kartal G., Güven A., Kahvecioğlu Ö. ve Timur S., "Metallerin Çevresel Etkileri –I I", İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü.
http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4651.pdf 03.05.10 sa: 13:30
- Kim Oanh, N. T., Pongkiatkul, P., Upadhyay, N. ve Hopke P. P., (2009), "Designing Ambient Particulate Matter Monitoring Program for Source Apportionment Study by Receptor Modeling, Atmospheric Environment, 43: 3334–3344.
- Kindap, T., Unal. A., Chen, S. H., Hu, Y., Odman, M. T. ve Karaca, M., (2006), "Long-range Aerosol Transport from Europe to Istanbul, Turkey", Atmospheric Environment, 40:3536-3547.
- Koçak, M., Mihalopoulos, N. ve Kubilay, N., (2009), "Origin and Source of PM₁₀ in the Eastern Mediterranean Atmosphere", Atmospheric Research, 92:464-474.
- Kunzli, N., Kaiser, R., Studnicka, M., Chanel, O., Filliger, P., Herry, M., Horak, J. F., Puybonnieux, T. V., Querel, P., Schneider, J., Seethaler, R., Vergnaud, J. C. ve Sommer, H., (2000), "Public Health Impact of Outdoor Traffic-related Air Pollution a European Assessment", Lancet, 356: 795–801.
- Leblebici, Z. ve Aksoy, A., (2008), "Kayseri Civarında Satılan Bazı Kuruyemişlerin Ağır Metal Miktarlarının Karşılaştırılması", BİBAD Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 1 (1): 05-09.
- Lee, Y. C.ve Hills, P.R., (2003), "Cool Season Pollution Episodes in Hong Kong, 1996–2002", Atmospheric Environment, 37: 2927.

Ljung, K., Selinus, O., Otabbong, E. ve Berglund, M., (2006), "Metal and Arsenic Distribution in Soil Particle Sizes Relevant to Soil Ingestion by Children", *Applied Geochemistry*, 21: 1613–1624.

Miguel, E.D., Iribarren, I., Chacon, E., Ordonez, A. ve Charlesworth, S., (2007), "Risk-based Evaluation of the Exposure of Children to Trace Elements in Playgrounds in Madrid (Spain)", *Chemosphere*, 66: 505-513.

Schwartz, J. ve Neas, L., (2000), "Fine Particles are more Strongly Associated than Coarse Particles with Acute Respiratory Health Effects in School-children", *Epidemiology*, 11: 6–10.

McQuarrie, M. C., (1966), Lime. In: McGraw-Hill encyclopedia of science and technology: an international reference work. McGraw-Hill, New York, NY

Müezzinoğlu, A., (2005), Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Yayınları, İzmir.

Özcan, H.K., Nemlioğlu, S., Sezgin, N., Demir, G., ve Bayat, C., (2007), "Heavy Metal Concentrations of Atmospheric Ambient Deposition ust in Istanbul-Bosphorus Bridge Tollhouses", *Journal of Residuals Science and Technology*, 4 (1):55–59.

Özdemir, H., Borucu, G., Demir, G., Yiğit, S. ve Ak, N., (2010), "İstanbul'daki Çocuk Oyun Parklarında Partikül Madde (PM_{2.5} ve PM₁₀) Kirliliğinin İncelenmesi", *Ekoloji (Kabul edildi)*.

Öztürk, M., (2008), "Şehir İçi Bölgelerde Havadaki Partikül Maddenin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri", Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara. <http://www.mozturk.net/Upload//parson.doc> 12.02.2010 sa: 17:15

Peavy, H. S., (1985), *Environmental Engineering*, McGraw-Hill, USA, 696s.

PERKIN ELMER OPTIMA 7000 DV ICP OES Cihazı çalışma prensibi notları.

Rogge, W.F., M.A. Mazurek, L.M. Hildemann, G.R. Cass ve B.R.T., Simoneit, (1993), "Quantification of Urban Organic Aerosols at a Molecular Level: Identification, Abundance and Seasonal Variation", *Atmospheric Environment*, 27:309, 1330.

Röösli, M., Theis, G., Kunzli, N., Staehelin, J., Mathys, P., Oglesby, L., Comenzind, M. ve Braun-Fahrlanden, Ch., (2001), "Temporal and Spatial Variation of Chemical Composition of PM₁₀ at Urban and Rural Sites in the Basel Area, Switzerland", *Atmospheric Environment*, 35: 3701–3713.

Ruuskanen, J., Tuch, T., Ten Brink, H., Peters, A., Khlystov, A., Mirme, A., Kos, G.P.A., Brunekreef, B., Wichmann, H.E., Buzorius, G., Vallius, M., Kreyling, W.G. ve Pekkanen, J., (2001), "Concentrations of Ultrafine, Fine and PM_{2.5} Particles in Three European Cities, *Atmospheric Environment*, 35: 3729–3738.

Samura, A., Al-Agha, O. ve Tuncel, S. G., (2003), "Study of Trace and Heavy Metals in Rural and Urban Aerosols of Uludağ and Bursa (Turkey)", *Water Air Soil Pollut.*, 3(5):109.

Sezgin, N., Özcan, H.K., Demir, G., Nemlioğlu, S. ve Bayat, C., (2003), "Determination of Heavy Metal Concentrations in Street Dust in Istanbul E-5 Highway", *Environmental International*, 29:979–985.

Süren, P., (2007), "Zonguldak Kent Merkezi Atmosferik Partikül Madde Kirliliğinin: PM_{2.5} ve PM₁₀ Boyut Dağılımı, Kaynak ve Metalik Kompozisyon Temelinde İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi.

Seinfeld, J. H. and Pandis, S.N., (1998), *Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change*, John Wiley and Sons, Inc, Canada.

Seinfeld H. ve Pandis N., (2006), *Atmospheric Chemistry and Physics, From Air Pollution to Climate Change*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

Şamlıoğlu, M., (2007), “Antakya Şehir Atmosferindeki Partiküllerin Metal İçeriğinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.

Taşdemir, Y., Çağlar, Ö., (2002), “Uludağ Üniversitesi Kampüsü’nde Ölçülen Partikül Madde Kuru Çökeltme Akıları”, *Ekoloji* (11), 42: 8-11.

Tijhuis, L., Brattli, B., ve Sæther, O. M., (2007), “Levels of Trace Metals and Sequential Extraction of Arsenic in Topsoil and Sand from Sandboxes at Playgrounds in Oslo, Norway”, *Trace Metals and other Contaminants in the Environment*, 9: 269–295.

U.S. EPA, (1988), “Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air”, EPA/600/4-89/017, U.S. Environmental Protection Agency.

WHO, (2003), *World Health Organization in Collaboration with UNEP and WMO Climate Change and Human Health – Risk and Responses*. WHO, 37.

WHO, (2007), *Urban Air Pollution and Health in a Warming World* World Bank, Washington D.C.

Wilson, Wm. E., (1998), “Fine and Course Particles: Chemical and Physical Properties Important for the Standard-Setting Process”, *Studies in Environmental Science*, 72: 87-115.

Wichmann, H.E., Spix, C., Tuch, T., Wolke, G., Peters, A., Heinrich, J., Kreyling, W.G. ve Heyder, J., (2000), “Daily Mortality and Fine and Ultrafine Particles in Erfurt, Germany. Part 1: role of Particle Number and Particle Mass”, *Research Report Health Effects Institute*, 98: 5–86.

Whitby, K., (1978), “The Physical Characteristics of Sulphur Aerosols”, *Atmospheric Environment*, 12:135.

Working Group on Air Quality Objectives and Guidelines (WGAQOG) (1998), *National Ambient Air Quality Objectives for Particulate Matter: Science Assessment Document*, Canadian Environmental Protection Act (CEPA)/Federal-Provincial Advisory Committee (FPAC) Working Group on Air Quality Objectives and Guidance.

Valavanidis, A., Fiotakis, K. ve Vlachogianni, Thomais., (2008), “Airborne Particulate Matter and Human Health: Toxicological Assessment and Importance of Size and Composition of Particles for Oxidative Damage and Carcinogenic Mechanisms”, *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 26:4,339-362.

Yatkin, S. ve Bayram, A., (2007), “Elemental Composition and Sources of Particulate Matter in the Ambient Air of a Metropolitan City”, *Atmospheric Research*, 85: 126-139.

Zambelli ISO PLUS 6000 Kullanma Kılavuzu.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava-kirliligi-modellemesi.pdf> 12.02.2010 sa: 17:15
- [2] <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc200.htm#PartNumber:2> 04.05.10 sa:11:20
- [3] <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc221.htm#3.2.3.1> 19.03.10 sa:13:00
- [4] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Vanadyum> 20.05.10 sa: 15:35
- [5] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Kalsiyum> 04.05.10 sa: 15:00
- [6] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Sodyum> 04.05.10 sa: 15:10
- [7] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Potasyum> 04.05.10 sa: 15:20
- [8] <http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0stanbul> 25.03.10 sa:16:00
- [9] http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava_kirliligi_ve_kirleticiler_rapor1.pdf sa: 13.30 25.05.10
- [10] http://www.cem.yildiz.edu.tr/3menu_icerikleri/3egitimogretim/ogretim_kademeleri/lisans/de rs_notlari/0412052HK/HK_bolum1_sun u.pdf 26.05.10 sa:17:30

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	16.05.1986	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	2000-2004	Maltepe Kadir Has Anadolu Lisesi
Lisans	2004-2005	Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
	2005-2008	İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2008- --	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü