



**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KİMYA ANABİLİM DALI**

**ANTAKYA ŞEHİR ATMOSFERİNDEKİ PARTİKÜLLERİN METAL**  
**İÇERİĞİNİN İNCELENMESİ**

**MELDA ŞAMLIOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Antakya /HATAY**

**ARALIK-2007**

**ÖZET****ANTAKYA ŞEHİR ATMOSFERİNDEKİ PARTİKÜLLERİN METAL İÇERĞİNİN İNCELENMESİ**

Hava partiküllerinden kaynaklanan hava kirliliği en önemli çevre problemlerinden biridir. Yapılan hava kalitesi çalışmaları 10 µm çapındaki PM<sub>10</sub> partiküllerinin insan sağlığını etkilediğini göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı Antakya atmosferindeki PM<sub>10</sub> partiküllerinin metal element bileşimini, derişimini, kaynaklarını belirlemek ve değerlerini bulmaktır. Antakya geçmişte birçok medeniyete ev sahipliği yapmış bir şehirdir. Toprakları son derece verimli olan, tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak sürdürüldüğü Amik Ovası üzerinde kurulmuştur. Antakya'da yapılan bu çalışma hava kirliliği alanında yapılan ilk çalışmadır.

Örnekleme zamanı Ocak 2006-Temmuz 2007 dönemleri arasındadır. 260 örnek, yüksek hacim hava örnekleme PM<sub>10</sub> cihazı ile Mustafa Kemal Üniversitesinin Antakya şehir merkezindeki kampüsünde kurulan istasyondan toplandı. Selülozik filtre kağıtları üzerinde toplanan PM<sub>10</sub> partikülleri mikrodalga fırında eritildikten sonra örnekler induktif eşleşmiş plazma atomik emisyon spektrometresi (ICP-AES) cihazında analiz edildi. PM<sub>10</sub> partiküllerinde Ca, Na, K, Cr, Fe, Mn, Pb, Cu, Al, Ba, Zn ve Mg elementleri bulundu. Co, Ni, Cd ise tespit edilemedi. 19 aylık çalışma süresince şehir atmosferinde bulunan en yüksek derişimli elementler sırası ile Ca, K, Na, Mg, Al ve Fe elementleridir. En düşük derişimli olanlar ise Ba ve Mn elementleridir. PM<sub>10</sub> partikülleri içindeki elementlerin yüzde dağılımlarında Kalsiyum 2006 yılında %23,1 ve 2007 yılında %32,1 değerleri ile maksimum yüzde değerinde olup en fazla bulunan metaldir. Her iki yıl için en düşük yüzde değeri %0,2 ile Baryuma aittir.

Elementlerin derişimleri mevsimlere ve zamana göre önemli ölçüde değişim gösterdi. Meteorolojik faktörler Antakya şehir atmosferindeki metal derişimlerini etkilemiştir. Tüm metal derişimleri genel olarak 2007 yılı Ocak-Temmuz aylarında, 2006 yılı Ocak-Temmuz aylarından daha yüksek derişimde bulunmuştur. Çalışma bölgesinde 2006 yılında ağırlıklı olarak SW ve SSW'den esen rüzgarlar, 2007'de bu

yönlere ek olarak NE ve NNE yönünden esmiştir. Rüzgarın değişik yönlerden esmesiyle partikül maddeler şehrin kuzeydoğusunda yer alan Amik ovası, güney batısında yer alan Hatay'ın Akdeniz kıyıları gibi çeşitli kaynaklardan şehir atmosferine taşınmışlardır. Bu da 2007 yılı metal derişimlerini arttırmıştır.

Cr, Zn, Mg, Ba, Mn, Al, Fe ve Ca metalleri yazın daha yüksek; Cu, Pb ve K metalleri ise kışın daha yüksek derişimde bulundu. Ayrıca meteorolojik faktörlerin ve insan faaliyetlerinin partikül derişimine olan etkisi incelendi ve gece-gündüz arası metal derişim farkına bakıldı. Al, Zn, Fe, Ca, K, Mg ve Cr elementlerinin gündüz derişimleri; Ba, Na, Mn ve Pb elementlerinin ise gece derişimleri daha yüksek çıktı. Cu için gece ve gündüz derişimi arasında büyük bir fark saptanamadı.

Elementlerin derişimlerine antropojenik katkının ne kadar olduğunu belirlemek amacıyla zenginleştirme faktörleri (EF)<sub>E</sub> hesaplanmıştır. (EF)<sub>E</sub> değeri 1,10–7,39 arasında bulunan Ba, K, Fe, Na, Ca, Mn ve Pb elementleri yer kabuğu ve deniz kökenli; (EF)<sub>E</sub> değeri 329,94–2500 arasında bulunan Cu, Pb, Zn ve Cr elementleri ise antropojenik kökenli olarak bulunmuştur.

Ayrıca elementlerin aynı veya benzer kaynaklı olup olmadığını araştırmak için korelasyon katsayıları (r) hesaplanmıştır. En yüksek korelasyon  $r = 0,92$  değeri ile Mg ve Na elementleri arasında belirlenmiştir.

Bu sonuçlar metal derişimine katkıda bulunan ana kaynakların toprak ve toprağa dayalı faaliyetler, deniz, trafik emisyonları ve şehir merkezine yakın olan küçük sanayi bölgesi olduğunu göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Partikül madde (PM), PM<sub>10</sub>, Antakya, hava kirliliği ve metaller

**2007, 90 sayfa**

**ABSTRACT****INVESTIGATION OF METAL CONTENT OF PARTICULATE MATTERS IN THE ATMOSPHERE OF ANTAKYA CITY**

The air pollution related to air particulate matter is the main environmental problem. Air quality studies indicated that PM<sub>10</sub> particulates, 10 µm aerodynamic matter, were affected human health.

The purpose of these study was to determine the metal element composition, concentration and the source of PM<sub>10</sub> particulate matter in the atmosphere of Antakya. In accient years several civilisations were held in Antakya city. City is located on Amik valley which has well rich soils and has heavy agricultural activities whole year. This study was the first research on air pollution in Antakya city.

The sampling period was between January 2006 and July 2007. Two hundred and sixty samples were collected with High Volume Air Sampler PM<sub>10</sub> at sampling station located in Mustafa Kemal University central campus in Antakya city center. PM<sub>10</sub> particulates were collected on cellulose filter paper and they were digested in microwave oven, were analyzed with Inductively Coupled Plasma –Atomic Emission Spectrometer (ICP-AES) instrument. Ca, Na, K, Cr, Fe, Mn, Pb, Cu, Al, Ba, Zn and Mg were obtained in PM<sub>10</sub> particulate matter. Co, Ni and Cd were not determined. During of sampling period, 19 months, the high concentration of elements in the atmosphere of Antakya city were sequentially Ca, K, Na, Mg, Al, Fe while Ba and Mn were obtained in low concentrations. In the percentage of metals in PM<sub>10</sub> particulates Ca was the most dominant metal with the maximum percentage as 23,1% and 32,1% in 2006 and 2007 respectively..The percentage of Ba were the lowest as 0,2% in both years.

The concentrations of elements showed significant seasonal and temporal variations. Metal concentrations in Antakya city were affected meteorological conditions. The higher concentrations for all elements were observed between January and July in 2007, than between January and July in 2006. In the study area, while wind from SW and SSW sectors were more frequent in 2006, wind from NE and NNE sectors were frequent in addition to SW, SSW sectors in 2007. With the differences in the frequencies of wind sector, particulate matters were transported to city atmosphere from

several sources such as Amik Valley on the north east of city, Mediterranean coast of Hatay on the south west etc. This increased the concentration of metals in 2007.

The concentrations of metals in summer were determined higher than winter for Cr, Zn, Mg, Ba, Mn, Al, Fe ve Ca whereas the winter concentration of Cu, Pb ve K were higher than the summer values. The local daily variations of metal concentrations were observed to determine the type/degree of human activities in addition to meteorological factors. Daily concentrations of Al, Zn, Fe, Ca, K, Mg ve Cr were found higher than nightly concentrations. There was no big variation for Cu concentrations in either day time period or night time period. The concentrations of Ba, Na, Mn, Pb, in night time period were determined higher than in the day time period.

The contribution of local terrestrial and anthropogenic sources were also investigated using Enrichment Factors (EF)<sub>E</sub> calculated relative to the soil. High EF (329,84-2500) and low EF values (1,1-7,39) were obtained for Cu, Pb, Zn, Cr and Ba, K, Fe, Na, Ca, Mn, Pb in PM<sub>10</sub> samples respectively. This indicated that Cu, Pb, Zn, Cr were highly enriched and they had significant anthropogenic sources while other elements had crustal and marine sources.

In order to determine the sources of elements and the relation between the elements, correlation matrixes were used. The highest correlation were obtained between Na and Mg as  $r=0,92$ .

This results showed that the major sources that contributed to the elemental concentrations were soil/soil related activities, sea, traffic emissions and industrial estate located close to Antakya city.

**Key words:** Particulate matter (PM), PM<sub>10</sub>, Antakya, air pollution and metals

**2007, 90 pages**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET .....	..IV
ABSTRACT.....	..VI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	..VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	..VIII
KISALTMALAR DİZİNİ.....	..XI
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Hava Kirliliği .....	1
1.1.1. Havanın tanımı ve temiz havanın bileşimi .....	1
1.1.2. Hava Kirliliğinin Tanımı ve Etkileri .....	1
1.2. Hava Kirliliği Kaynakları .....	3
1.2.1. Isınmadan kaynaklanan hava kirliliği .....	3
1.2.2. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliği .....	4
1.2.3. Sanayiden kaynaklanan hava kirliliği .....	4
1.2.4. Doğal kaynaklar .....	5
1.2.4.1. Relief faktörü .....	5
1.2.4.2. Meteorolojik faktörler .....	5
1.2.4.2.1. Basınç şartları ve rüzgâr .....	5
1.2.4.2.2. Nem .....	6
1.2.4.2.3. Sıcaklık ve İnversion .....	6
1.3. Hava Kirleticiler.....	7
1.3.1. Partikül maddeler ve etkileri .....	7
1.3.1.2. Partikül büyüklüğü .....	10
1.3.1.3. Partiküllerin bitkilere etkisi .....	11
1.3.1.4. Partiküllerin insana etkisi .....	12
1.3.1.5. Partiküllerin eşya üzerine etkisi .....	13
1.3.1.6. Partikülleri görüşe etkisi .....	13
1.3.1.7. Partiküllerin güneş ışınlarına etkisi.....	14

## II

1.3.2. Kükürtlü maddeler .....	14
1.3.3. Organik maddeler.....	15
1.3.4. Azotlu maddeler .....	15
1.3.5. Karbon monoksit .....	15
1.3.6. Halojenler .....	16
1.4. Metaller .....	16
1.4.1. Alüminyum (Al).....	16
1.4.2. Bakır (Cu).....	16
1.4.3. Baryum (Ba).....	17
1.4.4. Çinko (Zn).....	17
1.4.5. Demir (Fe).....	17
1.4.6. Kalsiyum (Ca).....	18
1.4.7. Krom (Cr).....	18
1.4.8. Kurşun (Pb).....	18
1.4.9. Magnezyum (Mg).....	19
1.4.10. Mangan (Mn).....	19
1.4.11. Potasyum (K).....	20
1.4.12. Sodyum (Na).....	20
1.5. Havada Metallerin İzin Verilen Sınır Değerleri.....	20
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	22
3.MATERYAL VE YÖNTEMLER .....	31
3.1. Materyal.....	31
3.1.1. İstasyon Seçimi.....	31
3.1.2. Çalışma Bölgesinin Özellikleri.....	32
3.1.2.1. Coğrafi Özellikleri.....	32
3.1.2.2. İklimi .....	33
3.1.2.3. Ekonomisi.....	33
3.1.3. Çalışma Bölgesinin Meteorolojik Özellikleri .....	34
3.1.3.1. Çalışma Bölgesinde Rüzgar Yönleri.....	35
3.1.3.2. Çalışma Bölgesinde Yağış Özellikleri.....	39

### III

3.1.3.3. Çalışma Bölgesinde Rüzgar Hızları.....	40
3.1.3.4. Kullanılan Kimyasallar.....	40
3.1.3.5. Kullanılan Cihazlar.....	40
3.2. Yöntem.....	42
3.2.1. Örneklerin Toplanması.....	42
3.2.2. Örneklerin Analize Hazırlanması .....	43
3.2.3. Örneklerin Analizi.....	45
3.2.4. Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi .....	47
3.2.4.1. Elementlerin Zenginleştirme Faktörleri .....	47
3.2.4.2. Elementlerin Korelasyon Katsayıları.....	48
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	49
4.1. Havadaki Metal Derişimleri .....	49
4.1.1 Havadaki metal derişiminin aylara bağlı değişimi.....	49
4.1.2. Havadaki metal derişiminin örnek toplama zamanına bağlı değişiminin incelenmesi.....	57
4.1.3. Havadaki metal derişiminin mevsimsel değişimi.....	62
4.1.4. Havadaki metal derişiminin yıllara bağlı değişimi.....	68
4.1.5. Ocak 2006-Temmuz 2007 dönemleri arasında metallerin Antakya atmosferindeki ortalama değerleri.....	70
4.1.6. Elementlerin zenginleştirme faktörleri.....	71
4.1.7. Elementler arasında belirlenen korelasyon değerleri....	72
4.1.8. Elde edilen sonuçların farklı çalışma bölgelerinde yapılan çalışmalar ile kıyaslanması .....	74
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	78
KAYNAKLAR.....	84
TEŞEKKÜR.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	88
EK 1 Metal derişimlerinin ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) aylara bağlı değişimi .....	89
EK 2 Yer kabuğunda elementlerin bulunma bollukları (ppm) ve (E / Al) yer kabuğu.....	90



## VIII

### ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge1.1. Temiz kuru havanın doğal bileşimi.....	1
Çizelge1.2. Partikül maddelerin sınıflandırılması .....	9
Çizelge1.3. Partikül maddelerin etkileri.....	10
Çizelge1.4. Bazı partiküllerin büyüklükleri.....	11
Çizelge1.5. Görüş mesafesinin partikül derişimine göre azalması.....	13
Çizelge1.6. Havada iz elementlerinin izin verilen üst sınır değerleri .....	21
Çizelge 3.1. Örnek toplama dönemlerinde meteorolojik şartların aylara bağlı değişimi.....	34
Çizelge 3.2. ICP-AES’de yapılan ölçümlerde elementler için seçilen dalga boyları ve bu dalga boylarındaki dedeksiyon limitleri .....	46
Çizelge 4.1. Çalışılan dönemde metallerin aritmetik ortalamaları, standart sapmaları ve üst-alt değerleri.....	70
Çizelge 4.2. Elementlerin zenginleştirme faktörleri.....	71
Çizelge 4.3. Elde edilen sonuçların farklı çalışma bölgelerinde yapılan çalışmalar ile kıyaslanması.....	75

## VIII

### ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Hava kirliliğinde başlıca elemanlar.....	2
Şekil 1.2. Hava kirliliği kaynakları.....	3
Şekil 3.1. Çalışma bölgesi ve istasyonun konumu.....	32
Şekil 3.2. Çalışma bölgesinde rüzgar yönlerinin değişimi.....	35
Şekil 3.3. Çalışma bölgesinde yağmurlu gün sayısının aylara bağlı değişimi.....	39
Şekil 3.4. Çalışma bölgesinde yağış miktarının aylara bağlı değişimi.....	39
Şekil 3.5. Çalışma bölgesinde ortalama rüzgar hızının aylara bağlı değişimi.....	40
Şekil 4.1. Ca metali derişiminin aylara bağlı değişimi.....	49
Şekil 4.2. Mn metali derişiminin aylara bağlı değişimi.....	50
Şekil 4.3. Zn metali derişiminin aylara bağlı değişimi.....	50
Şekil 4.4. Pb metali derişiminin aylara bağlı değişimi.....	51
Şekil 4.5. Na metali derişiminin aylara bağlı değişimi.....	51
Şekil 4.6. Mg metali derişiminin aylara bağlı değişimi.....	52
Şekil 4.7. K metali derişiminin aylara bağlı değişimi.....	52
Şekil 4.8. Cr metali derişiminin aylara bağlı değişimi.....	53
Şekil 4.9. Cu metali derişiminin aylara bağlı değişimi.....	53
Şekil 4.10. Fe metali derişiminin aylara bağlı değişimi.....	54
Şekil 4.11. Al metali derişiminin aylara bağlı değişimi.....	54
Şekil 4.12. Ba metali derişiminin aylara bağlı değişimi.....	55
Şekil 4.13. Ba metalinin gece-gündüz derişim farkı.....	57
Şekil 4.14. Na metalinin gece-gündüz derişim farkı.....	58
Şekil 4.15. Mn metalinin gece-gündüz derişim farkı.....	58
Şekil 4.16. Pb metalinin gece-gündüz derişim farkı.....	58
Şekil 4.17. Cu metalinin gece-gündüz derişim farkı.....	59
Şekil 4.18. K metalinin gece-gündüz derişim farkı.....	59
Şekil 4.19. Fe metalinin gece-gündüz derişim farkı.....	59
Şekil 4.20. Ca metalinin gece-gündüz derişim farkı.....	60
Şekil 4.21. Mg metalinin gece-gündüz derişim farkı.....	60

## X

Şekil 4.22. Zn metalinin gece-gündüz derişim farkı.....	60
Şekil 4.23. Cr metalinin gece-gündüz derişim farkı.....	61
Şekil 4.24. Al metalinin gece-gündüz derişim farkı.....	61
Şekil 4.25 Ba metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları.....	63
Şekil 4.26. Fe metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları.....	63
Şekil 4.27. Na metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları.....	63
Şekil 4.28. Ca metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları.....	64
Şekil 4.29. Mg metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları.....	64
Şekil 4.30. Zn metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları.....	64
Şekil 4.31. Cr metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları.....	65
Şekil 4.32. Al metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları.....	65
Şekil 4.33. Mn metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları.....	66
Şekil 4.34 K metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları.....	67
Şekil 4.35. Cu metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları.....	67
Şekil 4.36. Pb metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları.....	67
Şekil 4.37. Metallerin 2006 yılında oniki ay için % dağılımları.....	69
Şekil 4.38. Metallerin 2007 yılında yedi ay için % dağılımları.....	69

## XI

### KISALTMALAR DİZİNİ

<b>AAS</b>	: Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
<b>PIXE</b>	: Uyarılmış Parça X Işınları Emisyonu
<b>INNA</b>	: Nötron Aktivasyon Analiz Cihazı
<b>IC</b>	: İyon Kromatografisi
<b>HVPM<sub>10</sub></b>	: 10 µm ve daha küçük çaptaki partikül maddeleri toplayan yüksek hacim hava örnekleyicisi
<b>SFU LVAS</b>	: Düşük hacim hava örnekleyicisi
<b>PM</b>	: Partikül Madde
<b>US-EPA</b>	: Amerikan Çevre Koruma Ajansı
<b>WHO</b>	: Dünya Sağlık Örgütü
<b>ICP-OES</b>	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi
<b>PAN</b>	: Peroksi Asetil Nitrat
<b>PbzN</b>	: Peroksi Benzoil Nitrat
<b>TSP</b>	: Havada Asılı Halde Bulunan Toplam Partiküller
<b>UV</b>	: Ultra Viyole
<b>ED-XRF</b>	: Enerji Ayırmalı X Işınları Spektrometresi
<b>PMT</b>	: Photomultiplier Tube
<b>N</b>	: Kuzey
<b>S</b>	: Güney
<b>E</b>	: Doğu
<b>W</b>	: Batı
<b>NE</b>	: Kuzey Doğu
<b>NNE</b>	: Kuzey Kuzey Doğu
<b>SW</b>	: Güney Batı
<b>SSW</b>	: Güney Güney Batı

## 1.GİRİŞ

### 1.1. Hava Kirliliği

#### 1.1.1. Havanın tanımı ve temiz havanın bileşimi

Hava ortamı yerkürenin etrafını saran gaz tabakasından ibarettir. Temiz havanın çok açık bir tanımı olmamakla beraber pek çok araştırmacı temiz kuru havanın bileşimini Çizelge 1.1' de olduğu gibi kabul etmiştir (Karpuzcu,2004).

Çizelge 1.1. Temiz kuru havanın doğal bileşimi

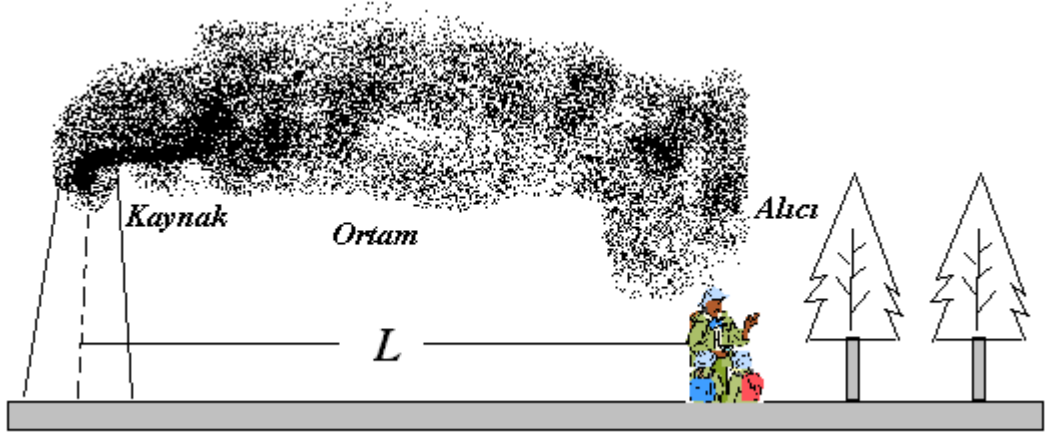
Bileşen	%	ppm
N <sub>2</sub>	78,0840±0,004	780800,00
O <sub>2</sub>	20,9546±0,002	209546,00
Ar	0,9340±0,001	9340,00
CO <sub>2</sub>	0,0330±0,001	330,00
Ne		18,00
He		5,20
CH <sub>4</sub>		1,20
Kr		0,50
H <sub>2</sub>		0,50
Xe		0,08
NO <sub>2</sub>		0,02
O <sub>3</sub>		0,01–0,04

#### 1.1.2. Hava Kirliliğinin Tanımı ve Etkileri

Temiz havanın çok açık bir tanımı olmadığı için hava kirlenmesi üzerinde kantitatif olarak tartışmak çok zordur. Çizelge 1. 1.' de verilen gazların temiz havayı teşkil ettiği kabul edilirse, bu tabloda bulunmayan herhangi bir maddenin atmosferde bulunması kirlilik olarak adlandırılabilir. Hava kirlenmesi bina dışı açık havada bir veya daha fazla

kirleticinin insan, bitki ve hayvan yaşamına, ticari ve kişisel eşyalara ve yaşamaktan zevk duyulabilecek bir çevre kalitesine zarar veren miktar ve sürelerde bulunmasıdır (Müezzinoğlu,2005).

Hava kirliliğinin ortaya çıkması ve değerlendirilmesinde 3 faktör etken olarak rol oynar. Bunlar Şekil 1.1.'de görüldüğü gibi Kaynak, Ortam ve Alıcıdır.



Şekil 1.1. Hava kirliliğinde başlıca elemanlar

Meteorolojik olayların hava kirlenmesi üzerinde büyük bir tesiri vardır. Ortam, kirleticinin hareketi ve taşınmasında rol oynar. Kirleticilerin tesirleri, kirletici derişimi, maruz kalma süresi kadar maruz kalan alıcı ortamın özelliklerine de bağlıdır.

Kirleticilerin atmosferde taşınmasında, periyodik rüzgârlar, bölgenin özellikleri ve diğer meteorolojik şartlar son derece etkilidir. Mesela, karaların su yataklarına nazaran erken ısınıp erken soğumaları neticesinde, sahil bölgelerinde sürekli rüzgârlar meydana gelir. Sahil rüzgârları geceleri denize doğru, gündüzleri ise denizden sahile doğru eser. Büyük şehirlerde binalar ve diğer beton yapılar gündüzleri ortamdaki ısıyı absorbe ederek bünyelerinde tutarlar. Bu olay geceleyin daha sıcak bir bölge olarak ısı adacıklarını ortaya çıkarır. Isı adacığı üzerindeki hava bir takke gibi bölgenin atmosferini kaplar ve kararlı bir durum alır. Bu durumda atmosferdeki kirleticiler ortamı terk edemez ve bölge uzun süre bu kirleticilere maruz kalır (Karpuzcu,2004).

## 1.2. Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirliliği kaynaklarına göre 4'e ayrılır;

- 1) Isınmadan kaynaklanan hava kirliliği
- 2) Motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliği
- 3) Sanayiden kaynaklanan hava kirliliği
- 4) Doğal kaynaklar (Anonim, 2005).

Hava kirliliğine yol açan kaynaklar Şekil 1.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Hava kirliliği kaynakları (Anonim, 2005).

### 1.2.1. Isınmadan kaynaklanan hava kirliliği

Ülkemizde özellikle ısınma amaçlı, düşük kalorili ve kükürt oranı yüksek kömürlerin yaygın olarak kullanılması ve yanlış yakma tekniklerinin uygulanması hava kirliliğine yol açmaktadır. Kentlerimizdeki hava kirliliği özellikle ısınma döneminin başlaması ile birlikte artış göstermektedir. Kış aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin temel sebepleri; ısınmada düşük vasıflı yakıtların iyileştirme işlemine tabi

tutulmadan kullanılması, kömüre uygun yakma sistemlerinin kullanılmaması, yanlış yakma tekniklerinin uygulanması ve kullanılan kazanlarının işletme bakımlarının düzenli yapılmaması olarak sıralanabilir (Anonim, 2005).

### **1.2.2. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliği**

Nüfus artışı ve gelir düzeyinin yükselmesine paralel olarak, sayısı hızla artan motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları, hava kirliliğinde önemli bir faktör oluşturmaktadır.

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar, atmosferde gaz, aerosol ve partikül madde olarak bulunan yüzlerce bileşiği içerirler. Motorlu taşıtlar ile ilişkili başlıca hava kirleticileri, karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), partikül madde (PM), azot oksitler (NO<sub>x</sub>) ve uçucu organik bileşikler yani hidrokarbonlardır (Anonim, 2005).

### **1.2.3. 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 (Anonim, 2005).

Hava Kirliliğine neden olan bazı önemli sanayi sektörlerini şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Petrol Rafinerileri,
- Petrokimya Entegre Tesisleri,
- Kimya Sanayi ve Tarımsal Mücadele İlaçları,
- Enerji Üretimi (Termik Santraller),
- Selüloz ve Kağıt Sanayi,
- Demir-Çelik Sanayi,
- Çimento Sanayi,
- Gübre Sanayi,



- Şeker Sanayi,
- Deri Sanayi,
- Taş- Toprak Sanayi,
- Tekstil Sanayi,
- Lastik Sanayi vb.

#### **1.2.4. Doğal kaynaklar**

Volkan faaliyetleri, orman yangınları açık arazide hayvan ve bitki ölümlerinin bozunmasını kapsar.

Hava kirliliğine yol açan doğal faktörler; aşağıda verilmiştir (Anonim, 2005).

##### **1.2.4.1. Relief faktörü**

Bir yerleşim merkezinin kuruluş yerinin topografik birtakım özellikleri, oradaki hava kirliliğinin derecesini, kalış süresini etkilemektedir. Relief faktörü, hava kirliliğini doğurucu bir faktör olmayıp, onun derecesini ve ortamın kirli kalma süresini belirler. Olumsuz relief şartları yanında, olumlu özelliklere sahip olan yerleşim merkezleri üzerindeki kirli hava, çoğu zaman hafif de olsa bir rüzgâr vasıtasıyla kolayca dağılabilmektedir (Anonim, 2005).

##### **1.2.4.2. Meteorolojik faktörler**

###### **1.2.4.2.1. Basınç şartları ve rüzgâr:**

Yüksek basınç şartlarının olduğu bir alanda hava, devamlı çökme eğilimi gösterir. Bu nedenle kirli havanın yükselme ve dağılma şansı bulunmaz. Alçak basınç (Siklon)'larda ise, hava hareketi yükselici özellik gösterir. Türbülans harekete sahiptir. Kirli havayı atmosferin üst katlarına taşıyarak, yükseklerdeki rüzgârlarla dağılmasına neden olur (Karpuzcu, 2004).

Rüzgârın varlığı, kirli havanın taşınması ve bir yerlere sürüklenmesi; rüzgârın sakin veya hafif olması ise kirli havanın olduğu yerde kalması demektir. Bu nedenle, rüzgâra kapalı alanlar, kirliliğin en yoğun olduğu alanlar olarak karşımıza çıkarlar (Karpuzcu, 2004).

#### 1.2.4.2.2. Nem

Havadaki nemin kirlilik açısından olumsuz yanları vardır. Atmosferin alt katlarında su buharlarının daha fazla olması, yere yakın güneş enerjisinin tutulmasına ve dolayısıyla daha fazla ısınmaya neden olmaktadır. Havadaki kükürt dioksit derişimi yoğun olduğunda bağıl nem de çok yüksek ise havadaki su buharı ile SO<sub>2</sub> reaksiyona girerek H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oluşturabilir (Karpuzcu, 2004).

#### 1.2.4.2.3. Sıcaklık ve İnversion

Atmosferin normal seyri olarak, dikey yönde yerküreden yukarıya doğru gidildikçe sıcaklık sürekli olarak azalmaktadır. Bazı zamanlarda bunun aksine durum görülebilir. İşte bu gibi durumlarda sıcaklık bir yerde artıp tekrar azalma gösteriyorsa bu olaya "Sıcaklık Terselmesi" (İnversion) denilmektedir. Hava kirliliği yönünden en tehlikeli olanı, sıcaklık terselmesinin olduğu günlerdir. İnsanlar ve diğer canlılar, bu kararlı durumun bozulmasına kadar çökmüş olan kirli havaya mahkûm olurlar (Karpuzcu, 2004).

Atmosferin normal seyri olan yükseklikle sıcaklığın azalması olayına "Lapse-rate" denir. Kuvvetli adyabatik lapse-rate olayında havada dikine olarak kuvvetli hareketler vardır. Bu kuvvetli konvektif hareket sayesinde havadaki kirleticiler de dağılma şansı bulur ki, temiz hava için en uygun ortam da bu gibi olayların olduğu zamana rastlamaktadır (Karpuzcu, 2004).

Adyabatik lapse-rate olayı kuru ve yaş olmak üzere iki şekilde görülür. Kuru adyabatik lapse-rate olduğu durumlarda hava nemce fakirdir ve her 100 m yükseldikçe sıcaklık 0,98 °C düşmektedir. Yaş adyabatik lapse-rate durumunda ise, hava nemce doygun olup her 100 m yükseldikçe sıcaklık 0,65 °C düşer. Dolayısıyla, havanın kararlı mı yoksa kararsız mı olduğu havada bulunan nem oranına da bağlıdır (Karpuzcu, 2004).

### 1.3. Hava Kirleticiler

Hava kirleticiler genel olarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılırlar:

1. Partikül Maddeler (Tozlar)
2. Kükürtlü Maddeler
3. Organik Maddeler
4. Azotlu Maddeler
5. Karbon Monoksit
6. Halojenler
7. Radyoaktif Maddeler

#### 1.3.1. Partikül maddeler ve etkileri

Saf su damlacıkları hariç, atmosferde bulunan çok küçük katı parçacıklarına ve sıvı damlacıklarına partikül denir. Partiküller de doğal atmosfer ortamında bulunmayan gazlar gibi atmosfer kirletici maddelerdir. Zaman zaman çok ciddi problemler oluşturabilirler. Partiküller, gaz moleküllerinden binlerce defa daha büyük olduklarından, er veya geç tekrar yeryüzüne dönerler. Partiküllerin yeryüzüne dönmeleri iki şekilde olur (Gündüz, 2000).

- Kuru dönme
- Yaş dönme

Kuru dönme, partiküllerin yerçekimi etkisi altında yeryüzüne dönmeleridir. Bu olaya difüzyon ve çarpışma yardımcı olur. Çarpışma özellikle rüzgârla meydana gelen partiküllerin birbirine ve sert bir yüzeye çarpmaları sonucu gerçekleşir. Difüzyonda da benzer olaylar meydana gelir. Yapılan çalışmalar atmosferdeki partiküllerin ancak %20 sinin bu yolla yeryüzüne döndüğünü göstermektedir. Kalan %80'i ise yağ olarak döner. Yağ olarak yeryüzüne dönme başlıca iki şekilde olur (Gündüz, 2000).

- Çekirdekleşme
- Sürüklenme

Partiküllerin çekirdekleşmeyle yeryüzüne dönmeleri olayında bulutlar arasında bulunan partiküller birer toplanma merkezi gibi davranırlar ve etraflarında su molekülleri veya mikro damlacıklar toplanır (yoğunlaşır). Bu şekilde toplanma veya

yoğunlaşma belirli bir miktara gelince partikül etrafındaki suyla birlikte yeryüzüne düşer. Düşme esnasında yoluna rastlayan öteki partikülleri de birlikte sürükler ve onları da yeryüzüne indirir. Yaş yolla partiküllerin yeryüzüne inmesinde çekirdekleşme olayı çok daha etkilidir. Çünkü büyüklüğü 1 µm den küçük olan parçacıklar ancak bu yolla yeryüzüne dönerler (Gündüz, 2000).

Atmosfer kirliliği söz konusu olduğu zaman, partikül kelimesinden başka bir de aerosol kelimesi kullanılır. Bir katı veya sıvının bir gaz içinde çok küçük parçacıklar halinde dağılmış şekline aerosol denir (Müezzinoğlu, 2005).

Çeşitli partiküllerden söz edilir ve başlıcaları şunlardır:

- Sis (mist)
- Duman veya tütsü (fume)
- Toz (dust)
- İs (smoke)

Sis veya pus havadaki çok küçük su kürecikleridir. Duman, inorganik ve organik buharların havada yoğunlaşması sonucu meydana gelen parçacıklardır. Toz, büyük katı maddelerin ufalanmaları sonucu meydana gelen parçacıklardır (mermer ve mozaik fabrikalarında olduğu gibi). İs yanma sonucu meydana gelen siyah parçacıklardır (Müezzinoğlu, 2005).

Ortalama gaz molekül büyüklüğü 0.0002 µm çaptan iri olan ve havada bir süre askıda kalabilen katı veya sıvı her türlü madde partikül sınıfına girer. Bu tanıma göre maddenin yoğunluğuna bağlı olmakla birlikte en iri partikülün 500 µm kadar çapta olması gerekir (Müezzinoğlu, 2005).

Tozluluk ister doğal ister yapay nedenlerden kaynaklansın görüş mesafesini kısaltan, güneş ışınlarının absorplandığı bandı değiştiren, insan, hayvan ve bitki sağlığına olumsuz etki yapan bir kirlilik türüdür. Tozları oluşturan maddenin kendisi kimyasal bakımdan aktif olabildiği ve çeşitli şekillerde insan sağlığını etkileyebildiği gibi üzerine adsorpladığı diğer kirletici gazların da, havada bulunan derişimlerinden çok daha yoğun olarak hassas canlı dokulara ulaşmasına neden olabilir ve yüksek tahribata yol açabilir (Müezzinoğlu, 2005).

Çizelge 1.2.'de partikül maddeler çaplarına ve yapılarına bağlı olarak sınıflandırılmıştır (Müezzinoğlu, 2005).

Çizelge1.2. Partikül maddelerin sınıflandırılması (Müezzinoğlu, 2005).

<b>Kirletici Adı</b>	<b>Çap (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Açıklama</b>
<b>Uçucu kül</b>	1-200	Katı yakıtların yakılmasından oluşan ve bünyesinde yakıtın da yer aldığı yanma gazlarındaki küllerdir.
<b>Toz</b>	1-10	Gaz ortamında geçici olarak asılı halde bulunan katı taneciklerdir.
<b>Duman</b>	<1	Tam olmayan yanma sonucu oluşan, çoğunlukla karbon ve diğer yanabilen maddeleri içeren parçacıklardır.
<b>İslilik</b>	<0,5	Karbonlu bileşiklerin tam yanmaması sonucu katran ile yapışarak aglomera olan ve havada dağılan karbon tanecikleridir.
<b>Sprey</b>	10-200	Bir sıvı ortamının atomize olması ile meydana gelen sıvı taneciklerdir.
<b>Sis</b>	0,1-10	Buharların yoğunlaşması ile oluşan ince sıvı damlacıklarıdır.

Sağlık etkileri açısından 10  $\mu\text{m}$  ' dan iri aerosoller burundan, 5 $\mu\text{m}$ ' dan iri olan aerosoller ise üst solunum yollarından aşağı inemediklerinden insan sağlığına doğrudan etkileri azdır. Oysa 3  $\mu\text{m}$ 'den ince olan tozlar sağlık etkileri büyük kirleticilerdir. Özellikle duman, buhar gibi mikron altı kirleticiler akciğerlerimizden alveollere kadar inerek etkili olabilmektedir. Çizelge 1.3.'de partikül maddelerin etkileri verilmiştir (Müezzinoğlu, 2005).

Çizelge1.3. 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 <sub>2</sub> 'nin 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den fazla olduğu durumlarda
300 (Günlük ortalama)	Kronik bronşitli hastalarda krizlerin ciddileşmesi	SO <sub>2</sub> 'nin 630 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den fazla olduğu durumlarda
750 (Günlük Ortalama)	Ölüm olaylarında artış ve hastalanmalar	SO <sub>2</sub> 'nin 7151 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den fazla olduğu durumlarda

Partikül maddelerin kaynakları doğal ve antropojenik (insan faaliyetleri sonucu) kökenli olabilir. Toprak ve deniz, havada asılı halde bulunan partikül maddeler için en önemli doğal kaynaklardır. Toz, havaya topraktan rüzgar yardımıyla, denizden ise dalgalanma sırasında meydana gelen buharlaşma ile taşınmaktadır. Antropojenik kökenli kaynakların en önemlileri yakıt kullanımı, ulaşım ve metalurji ile diğer endüstri çalışmalarıdır. Gerek evsel, gerekse endüstri ihtiyacına yönelik yakıt kullanımı sırasında tam yanmama sonucu partikül maddeler ve kül atmosfere atılır. Büyük şehirlerin çoğunda egzoz gazlarındaki tam yanmamış yakıt önemli bir partikül madde kaynağıdır. Demir-çelik ve diğer metal sanayi, çimento, un fabrikası gibi bir çok endüstri kuruluşu atmosfere fazla miktarda partikül madde atılmasına neden olurlar (Müezzinoğlu, 2005).

### 1.3.1.2. Partikül büyüklüğü:

Partiküllerin büyüklükleri 0,0003–5000  $\mu\text{m}$  arasında değişir. Bazı partiküllerin büyüklükleri Çizelge 1.4.'teki gibidir (Müezzinoğlu, 2005).

Çizelge 1.4. Bazı partiküllerin büyüklükleri (Müezzinoğlu, 2005).

İnsan saçları (kalınlığı)	50–300 $\mu\text{m}$
Çinko tozları	3–100 $\mu\text{m}$
Sigara dumanları	0,01–1 $\mu\text{m}$
Kömür tozları	1–100 $\mu\text{m}$
Baca tozları	1–120 $\mu\text{m}$
Oto egzoz dumanları	0.03–1,5 $\mu\text{m}$
Virüsler	0.01 $\mu\text{m}$
Bakteriler	0,5–40 $\mu\text{m}$
Deniz tuzu partikülleri	0,04–0,8 $\mu\text{m}$
Polenler	10–100 $\mu\text{m}$

Büyüklükleri 0,1–4  $\mu\text{m}$  arasında olan partiküller akciğerler için son derecede zararlıdır. Büyüklükleri 10  $\mu\text{m}$  nin üstünde olan partiküller mekanik işlemlerden, 1–10  $\mu\text{m}$  büyüklükte olanlar fabrika bacalarından, 0,1–1  $\mu\text{m}$  egzoz gazlarından ve fotokimyasal olaylardan kaynaklanırlar. Büyüklükleri 0,1  $\mu\text{m}$ 'nin altında bulunan partiküller molekül gibi davranırlar, devamlı ve gelişi güzel hareket halindedirler. Partikül büyüklüğü 10  $\mu\text{m}$  ye kadar olan parçacıklar havada uzun süre kalabilirler (Müezzinoğlu, 2005).

### 1.3.1.3. Partiküllerin bitkilere etkisi

Hava kirleticileri; bitkileri doğrudan veya dolaylı olmak üzere iki yoldan etkiler. Doğrudan etki, bitki yaprağının yüzeylerinde bulunan ve stomata denilen deliklerden girmeleri neticesinde meydana gelir (Okutan,1993).

Hava kirleticilerin dolaylı etkisi ise, toprak ve su kanalı ile bitki köklerini etkilemeleri suretiyle belirir (Okutan,1993).

Bitkiler üzerindeki gerek doğrudan, gerekse dolaylı olarak fitotoksik etki gösteren en önemli hava kirleticileri ozon, kükürt dioksit, azot dioksit, florürler, PAN (Peroksi Asetil Nitrat) ve hidrokarbonlar (özellikle etilen) dır. Bunlar, kloroplastların sayısında azalma nedeniyle renk solması veya sararması, dış epidermal tabakanın tahribatı

neticesinde yaprak yüzeyinin parlaklaşması veya yüzeyde benekleşme şeklinde fiziksel etkiler veya mekanizmalarında aksaklıklar, verimde düşmeler gibi fizyolojik ve biyokimyasal etkiler şeklinde belirir (Okutan,1993).

#### **1.3.1.4. Partiküllerin insana etkisi**

Partiküller insan vücuduna genellikle solunum yoluyla girerler ve daha çok solunum yollarını etkilerler. Etkileme büyük ölçüde partiküllerin büyüklüğüne ve içerdikleri elementlere bağlıdır. Küçük partiküller solunum sisteminin derinliklerine (akciğerlere) kadar dalarlar. Solunum sistemi üst solunum sistemi (ağız, burun, boğaz) ve alt solunum sistemi (akciğerler) olmak üzere ikiye ayrılır. 5 µm den büyük olan partiküller üst solunum sisteminde süzülürler. Süzme işinde burun içindeki kıllar ve sümüksü doku ön planda gelir. Bu arada SO<sub>2</sub> gibi toksik gazlar da daha üst solunum yollarında tutulurlar. Ancak 5 µm den daha küçük partiküller üst solunum sistemindeki filtrelerden kurtularak akciğerlere kadar gelirler. Bunların bir kısmı akciğerlerin girişindeki silialar tarafından tutulurlar ve akciğerlerin derinliklerine inmeden üst solunum sistemine geri gönderilirler. Siliyallar küçük yelpaze şeklinde kıllardır. Devamlı dalgalanırlar ve dalgalanmaları partikülleri dışarı atacak şeklidir. Bu nedenle partiküllerin çok büyük bir kısmı boğaza kadar geri gönderilirler. Oradan da sümürme ve boğaz temizleme gibi hareketlerle dışarı atılırlar (Gündüz, 2000).

Büyüklüğü 0.5 µm den küçük partiküller akciğerlerin en uç noktalarına kadar ulaşır orada yerleşirler (bunlar toksik gazlardan daha tehlikelidirler). Partikül ne kadar küçükse akciğerlere yerleşme ve orada kalma süresi o kadar uzun olur. Bazı partiküllerin kalma süreleri yılları bulur. Yıllarca akciğerlerin derinliklerinde kalan partiküller çeşitli toksik etki gösterirler. Bu etkiler başlıca şu şekildedir (Gündüz, 2000):

-Kendileri toksik olmasalar bile toksik olan partiküllerin etkilerini arttırırlar (sinerjistik etki). Siliaların yukarıya doğru olan temizleme hareketlerini engeller.

-Adsorbe ettikleri zehirli gazları akciğerlere kadar taşırlar ve yavaş yavaş serbest bırakarak kana karışmasına ve insanın zehirlenmesine sebep olurlar.

-İçlerindeki metaller toksik olabilirler, yavaş yavaş kana karışırlar ve akut zehirlenmelere sebep olurlar. Bu toksik metaller başlıca nikel, berilyum, kurşun, civa, kadmiyum, antimon ve bizmuttur (Gündüz, 2000).



### 1.3.1.5. Partiküllerin eşya üzerine etkisi

Partiküllerin madde üzerinde zararlı etkileri vardır. Zararın büyüklüğü daha çok partiküllerin kimyasal bileşimine ve büyüklüğüne bağlıdır. Partiküllerin etkilerinden bir tanesi, özellikle cilalı eşyalar üzerinde toplanmaları ve bunların temizlenmeleri için sık sık silinmeleridir. Eşyanın silinmesi en azından cilanın incilmesi ve zarar görmesidir. Partiküller korrozif de olabilirler ve eşyaya daha büyük zararlar verirler. Metal yüzeyler kuru havalarda partiküllere karşı dayanıklı olmalarına rağmen, nemli havalarda dayanıklı değildir ve kısa zamanda korozyona uğrarlar. Partiküller buldukları yerlerde su buharı için yoğunlaşma noktaları meydana getirirler. Yoğunlaşan su içinde, partikülde sorbe olmuş (adsorbe veya absorbe olmuş) asidik gazlar ( $SO_x$ ,  $NO_x$  gibi) çözünürler ve korozyon hızlanır. Alan çalışmaları şehirleşme ve endüstri merkezlerinde korozyonun kırsal kesime göre daha fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca ağır endüstri merkezlerindeki korozyonun daha da büyük olduğu tespit edilmiştir (Gündüz, 2000).

### 1.3.1.6. Partiküllerin görüşe etkisi

Partiküller görüş mesafesini azaltır. Bu da uçak, otomobil, gemi kazalarına sebep olur. Partikül derişimiyle görüş mesafesinin nasıl azaldığı Çizelge 1.5’de verilmiştir (Gündüz, 2000).

Çizelge1.5. Görüş mesafesinin partikül derişimine göre azalması

Derişim ( $\mu g \setminus m^3$ )	Görüş mesafesi (km)	Alan
30	40	Kırlık
100	12	Şehir
200	6	Şehir
750	1,6	Şehir (çok kirli)

Görüş mesafesinin azalmasının başlıca nedeni partiküller tarafından ışığın dağıtılmasıdır. İnsanla cisim arasındaki partiküller güneşten ve atmosferin diğer

kısımlarından gelen ışınları dağıtır. Bunun sonucu ışıklardan ancak bir kısmı insanla cisim arasında aydınlatır. Görüş mesafesi üzerine en çok etkili olan partiküller büyüklükleri 0,1–1 µm olanlardır (Gündüz, 2000).

### **1.3.1.7. Partiküllerin güneş ışınlarına etkisi**

Partiküller yeryüzüne gelen toplam güneş ışınlarını azaltır. Zira bazı partiküller güneş ışınlarını dağıtarak, çok büyük bir kısmını tekrar uzaya gönderirler. Bunun sonucu hem yerin sıcaklığı düşer, hem de görüş mesafesi azalır (göze görünen ışınlar azalır). Yapılan araştırmalar yerleşim merkezlerinin, kırsal kesimlerden %15-20 daha az gün ışınları aldığını göstermektedir. Aşırı derecede kirlenme anlarında bu miktar %30'a kadar çıkmaktadır. Bu da aydınlanmak için daha çok elektrik enerjisi kullanmak, çok elektrik enerjisi de fazla kömür yanması demektir. Fazla kömür yanması ise daha çok kirlenmeye neden olur. Havadaki CO<sub>2</sub> yüzdesinin artması dünyanın sıcaklığını artırmakta, partikül yüzdesinin artması ise dünya sıcaklığını azaltmaktadır (Gündüz, 2000).

### **1.3.2. Kükürtlü maddeler**

Atmosferde kirlenici etkisi olan başlıca kükürtlü maddeler kükürt oksitler ile hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) gazıdır. Havadaki kükürt oksitler (SO<sub>x</sub>) içerisinde en önemli pay SO<sub>2</sub> gazına aittir. Bu gaz yanmayan, renksiz bir madde olup 0,3-1 ppm derişimlerde ağızda karakteristik bir tat bırakmakta, 3 ppm'in üstünde ise boğucu bir hisse yol açmaktadır. Atmosferde oldukça hızlı bir oksitlenmeye uğrayarak SO<sub>3</sub> ve sülfatlara dönüşür. SO<sub>3</sub> ise H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidriti olup yağmur veya yoğunlaşmış nem damlalarıyla birleşerek havada bu asidin oluşmasına yol açar. Oluşan sülfatlar ise katı tanecikler şeklinde olduğu için, görünür ışıkla girişim yaparak görüş mesafesini azaltırlar (Karpuzcu, 2004).

Kükürtlü maddeler en çok malzemeye ve bitkilere verdikleri zararlarla tanınırlar. Örneğin, yağlı boyaların kuruma süresini arttırır ve boyanın ömrünü azaltır, metal yüzeylerin korozyonla aşınmasına yol açarlar. Ayrıca kireç, mermer ve sıva malzemesini de kısa sürede tahrip ederler. Kükürtlü gazlar insan sağlığı için de son derece zararlıdır. Özellikle SO<sub>2</sub>'nin solunum yolu rahatsızlıkları yarattığı, akciğer

yetmezliği ve solunum sistemi hastaları için öldürücü olabildiği düşünölmektedir. Kükürtlü bir kirletici olan hidrojen sülfür de oldukça toksik bir etkiye sahiptir (Karpuzcu, 2004).

### **1.3.3. Organik maddeler**

Gaz halindeki organik kirleticilerin direkt olarak değil atmosferde fotokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşturdukları ürünler kirlilik yönünden oldukça önem taşır. Atmosferde bulunan hidrokarbonlar, ozon, NO<sub>x</sub> ve UV ile fotokimyasal oksidasyona uğrayarak göz yaşartıcı, bitki örtüsünü tahrip eden ve kanserojen olduğu tahmin edilen PAN ve PBzN (peroksi benzoil nitrat) bileşiklerini oluştururlar. Daha büyük moleküller halinde olan ve katran, zift gibi sıvı-katı fazlarda olan yanmamış hidrokarbonlar ise kanser yapıcı oldukları kuşkusuyula üzerinde en çok araştırma yapılan kirleticilerdir (Müezzinoğlu,2005).

### **1.3.4. Azotlu maddeler**

Azot oksitler (NO<sub>x</sub>) en önemli kirletici gazlardandır. 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<sub>2</sub> gazının oksidasyonu sonucu oluşan azot oksitler gerek insan sağlığı, gerekse bitki örtüsünde zehir etkisi bulunan gazlardır (Müezzinoğlu,2005).

### **1.3.5. 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. Atmosferde kolay kolay yok olmayan bu gazın ömrü 2–4 aydır. Karbon monoksit yakıtların tam yanmaması nedeni ile oluşur ve insanlık tarihinde bilinen en eski gaz zehirlenmelerine neden olur. Bu zehirlenme, doku ve hücrelere oksijen taşımakla görevli kandaki hemoglobinin (oksi hemoglobin) karbon monoksit ile tercihli olarak kompleks oluşturması (karboksi hemoglobin kompleksi) ile oluşur. Kanda karboksi hemoglobin oluşum hızıoksi hemoglobin oluşum hızından 210 kat daha büyüktür. Bu nedenle hava

içinde oksijen varlığının en az 1/200- 1/250 kadar karbon monoksit derişimine ulaşıldığında CO hemoglobini tamamen bağlar. Bu da yaklaşık 750 – 1000 ppm değerine karşılık gelir ki gerçekten de 750 ppm CO içeren havanın öldürücü olduğu belirlenmiştir (Müezzinoğlu, 2005).

### **1.3.6. Halojenler**

Havadaki halojenlerin en zararlı olanları florlu gazlar olup, bitki ve hayvanlar için zehir etkisi yaparlar. Etkileri ekleniktir, yani çok düşük sayılabilecek derişimler bile canlıda mevcut miktarlara eklenerek etki yaparlar. Zehirlenme bitki yapraklarının uç kısımlarında yanık şeklinde oluşur (Müezzinoğlu,2005).

## **1.4. Metaller**

### **1.4.1. Alüminyum (Al)**

Alüminyum yerkabuğunun % 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 kullanılır (Boztepe, 1999).

### **1.4.2. Bakır (Cu)**

Madeni para yapımında, elektrik kabloları yapımında, oto radyatörlerinde, alaşımlarda (tunç, pirinç vb.), makine parçalarının yapımında bakır elementi kullanılır (Boztepe, 1999).

Bakırın birincil kaynakları metal ve madeni kaplama prosesleridir. Bakır aynı zamanda bakır tuzları ve bakır katalizörleri kullanan üretim proseslerinin atık sularında

mevcuttur (Patterson, 1985). İnsan bünyesinde bakır 100-150 mg civarında bulunur (Demirata, 1992).

#### **1.4.3. Baryum (Ba)**

Baryum metal olarak önemli değildir. Bileşikleri ise mürekkep, depilatör (BaS), radyopak madde (radyolojide) fare zehiri, seramik boya, cila, patlayıcı madde, kibrit, optik cam ve kağıt, havai fişek  $Ba(NO_3)_2$  yapımında kullanılır.

#### **1.4.4. Çinko (Zn)**

Çinko, demir ve çeliğin kaplanmasında, çinko bileşikleri boya yapımında, yüz kremlerinde vb. kullanılır (Boztepe, 1999).

Çinko; fazla miktarlarında tahriş edici özelliğindedir. Mide ve on iki parmak bağırsağında yara ve ura yol açar. Erişkin bir insanın günlük çinko ihtiyacı 8-10 mg'dır. İnsan vücudu 2 g çinko içerir ve 3-10 g öldürücüdür (Demirata, 1992).

#### **1.4.5. Demir (Fe)**

Demir içerisine vanadyum, mangan ve krom katılarak çeşitli çelikler elde edilmektedir. Bu çelikler genel olarak çelik torna tezgahlarının, kalem uçlarının ve zırh plakalarının yapımında ve mıknatıs üretiminde kullanılmaktadır (Boztepe, 1999).

Demir biyosferin en yaygın elementlerindedir. Yerkabuğunda yedinci sırayı teşkil etmektedir. Normal ağırlıkta (70 kg) bir insanın vücudunda toplam olarak 5 g kadar demir bulunmaktadır (Sevgican, 1987).

Demirin absorpsiyonu midede başlamakta ve ince bağırsakta devam etmektedir. Demir iyonize formda absorbe edilmektedir. İki ve üç değerli demir tuzları ile yapılan çalışmalarda, iki değerli demirin üç değerli demire kıyasla daha kolay absorbe edildiği belirlenmiştir. Organizmadan demir atılımı çok azdır. İdrar ile atılan miktar oldukça düşüktür (Sevgican, 1987).

#### 1.4.6. Kalsiyum (Ca)

Toryum, uranyum ve zirkonyum gibi metallerin hazırlanmasında ve çeşitli alaşımların eldesinde kullanılır. Sıvı yağların dehidrasyonunda da kalsiyumdan yararlanır. Kalsiyum kemiklerimizin oluşumunu ve sağlığını sağlayan vücudumuz için zorunlu minerallerden biridir. Tüm vücut ağırlığımızın % 1,5 - 2,0 sini oluşturur. Bu kalsiyumun % 98 i kemiklerimizde, % 1 i dişlerimizde, diğer % 1 i ise kan dolaşımı ve yumuşak dokularda bulunmakta ve bu %1 lik kısım hayati rol oynamaktadır. Çünkü bu küçük miktarlardaki kalsiyum azaldığında vücut kasları düzgün olarak kasılamaz, kan pıhtılaşamaz ve sinir iletimi düzgün olarak yapılamaz (Anonim, 2007).

#### 1.4.7. Krom (Cr)

Krom, tabiatta kromit (krom demirtaşı)  $FeCr_2O_4$  ve kırmızı kurşun  $PbCrO_4$  filizleri halinde bulunur. Çelik üretiminde %60 krom içeren ferrokrom alaşımı kullanılır. %3 krom içeren çeliklere paslanmaz çelik denir ve korozyona karşı çok dayanıklıdırlar. Krom parlak ve dayanıklı bir metaldir. Fakat hemen oksijenle birleşerek yüzeyinde ince bir oksit tabakası meydana gelir. Bu tabaka metali korozyona karşı korur. Kromun bu özelliğinden faydalanarak pasa karşı korunması istenen metaller ve madeni eşyalar kromla kaplanır (Boztepe, 1999).

Kromun çok çeşitli değerlikleri vardır. Krom (II) bileşikleri kuvvetli indirgen maddelerdir. Çünkü Krom (III) bileşikleri karalıdır. Son zamanlarda kromun +4 değerlikli olduğu  $CrO_2$ , yüksek kalitede ses kaydeden şeritleri kaplamada manyetik malzeme olarak kullanılmaktadır (Tunalı ve Özkar, 1999).

#### 1.4.8. Kurşun (Pb)

Kurşunun en önemli filizi  $PbS$  (galen)'dir. Diğer filizleri kırmızı kurşun minerali  $PbCrO_4$ , sarı kurşun  $PbMoO_4$  ve beyaz kurşun  $PbCO_3$ 'tür. Kurşun yumuşak bir metaldir. Saf kurşun dayanıklı değildir. Isı ve elektriği çok iyi ileten bir metaldir (Boztepe, 1999).

Kurşun insan vücuduna sindirim, solunum ve deri yoluyla alınır. Kurşun; sis, duman, buhar ve toz şeklinde solunum yoluyla, su, içecek ve yiyecek şeklinde ağız yoluyla ve organo kurşun bileşikleri ise deri yoluyla alınmaktadır. Kurşun alkalileri beyin fonksiyonlarını etkileyerek ölüme kadar götürebilir. Kemik dokusunda birikir. Yaşlı kadınlarda kemiklerin sertliğini yitirerek kamburlaşmaya, boy kısalmasına sebep olan osteoporosis hastalığına yüksek oranda yola açar. Kurşun D vitaminini işlemez duruma getirdiğinden ve kalsiyum kullanımına engel olduğundan bu hastalık meydana gelmektedir. Kurşun kalsiyumun etkili olduğu sinir sistemine girerek beyin hücrelerini öldürmeden, kimyasal gelişimini engeller. Kurşun enzim zehiridir. Hücre solunumunu bloke eder, kan hücreleri dışında omuriliği ve sinir hücrelerini etkiler. Ayrıca kanserojen olduğu düşünülmektedir. Organizmanın almış olduğu kurşun idrar yoluyla atılır. Ancak atılan miktar az olduğundan böbrek ve karaciğerde birikir (Demirata,1992).

#### **1.4.9. 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. Eksikliğine pek rastlanmaz. Vücuttaki toplam magnezyum miktarı 20-30 g kadardır. Bunun % 60-70'i kemiklerde, % 1,5 oranında magnezyum fosfat ( $Mg_3(PO_4)_2$ ) halinde yer alır. Geri kalan kısmı yumuşak dokularda, diğer kısmı ise sıvılarda bulunur. Kan plazmasında 0,02-0,03 mg; eritrositlerde 0,06 mg bulunur. Plazmadaki magnezyumun üçte biri proteinlere bağlıdır (Anonim, 2007).

Fazla alınması halinde sindirim sistemi hastalıkları, böbrek hastalıkları, endokrin hastalıklar, metabolik bozukluklar görülebilir (Anonim, 2007).

Eksikliğinde ise böbrek yetmezliği, diabetik koma ve Addison hastalığı görülebilir (Anonim, 2007).

#### **1.4.10. Mangan (Mn)**

Mangan, yeryüzünde her yerde bulunabilen çok yaygın bir elementtir. Mangan, toksik elementler arasında yer almaz. İnsan vücudunda çok yüksek derişimlerde bulunursa toksiktir. İnsanlar tavsiye edilen günlük alım miktarları kadar almazlarsa

sağlıkları bozulur. Fakat aynı zamanda yüksek alımlarda, sağlık problemleri oluşacaktır (Anonim,2006).

Manganın insan vücudundaki absorpsiyonundan sonra kan yolu ile karaciğer, böbrek, pankreas ve endokrin bezlerine taşınır (Anonim, 2006).

Mangan etkileri başlıca solunum sisteminde ve beyinde gözlenir. Mangan zehirlenmesinin belirtileri halüsinasyonlar, unutkanlık ve sinir hasarlarıdır.

#### **1.4.11. Potasyum (K)**

Cam, sabun, lens yapımında, yanıcı-patlayıcı maddelerin bileşiminde kullanılır. Sodyum-potasyum alaşımı iyi bir ısı ileticidir. Potasyum beslenmede hayati bir mineraldir (Anonim, 2007).

Vücut sıvısındaki potasyum eksikliği ishal ve kusmaya yol açar, ölümcül olabilir. Potasyum eksikliği sonucu kas güçsüzlüğü, kalp atışı anormallikleri, refleks yavaşlaması ve nefes almada güçlük görülebilir. Bir yetişkinin günlük 4,0 mg potasyum alması önerilmektedir (Anonim, 2007).

#### **1.4.12. Sodyum (Na)**

Sodyum, metallerin yüzeyini temizleyip düzgünleştirme işleminde, ergimiş tuzları saflaştırmada, sabun yapımında, sodyum buharlı lambalarda aydınlatma amacıyla kullanılır (Anonim, 2007).

Sodyum, hücrelerde ve dokulardaki su metabolizmasında ve organik sıvıların asit-baz dengesini sağlamakta önemli bir rol oynar. Fazlası, böbrekler tarafından organizmadan atılır. Potasyum iyonları ile sodyum iyonları arasında bir denge vardır ve bu denge sayesinde potasyum sodyumu etkisiz hale getirir ve sodyumun dışarı atılmasını sağlar. Günlük ihtiyaç 4-6 g kadardır (Anonim, 2007).

### **1.5. Havada Metallerin İzin Verilen Sınır Değerleri**

Bölüm 1.4'de açıklandığı gibi metaller insan sağlığı için son derece zararlı maddelerdir. Bu nedenle solunan havada insanlara zarar verecek sınır değerlerin bilinmesi



son derece önemlidir. Çizelge 1.6.' da havada iz elementlerinin izin verilen üst sınır değerleri verilmiştir (Müezzinoğlu,2005).

Çizelge 1.6. Havada iz elementlerinin izin verilen üst sınır değerleri

Metal	Üst Sınır Değer ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	Metal	Üst Sınır Değer ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )
As	1,250	Se	5,000
Ba	12,500	Fe	25,000
Cd	1,250	Ni	2,500
Pb	2,000	Hg	1,250
Zn	25,000	Cr	12,500

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kubilay ve ark.(1995a), Karadeniz'den Temmuz 1992 boyunca aerosol toplayarak, partikül maddelerin metal derişimini AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrometresi) ile belirlemişlerdir. Sonuçları değerlendirdiklerinde Karadeniz aerosolünün bileşimi rüzgar rejimine bağlı olarak hızla değiştiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca Sahra ölü'nden gelen partiküllerde eser metallerin elementel derişimini değiştirdiğini saptamışlardır. Karadeniz atmosferi dışında, İstanbul atmosferinden de aerosol toplayarak metal derişimlerini belirlediklerinde, Karadeniz aerosollerinden oldukça farklı sonuçlar elde etmişlerdir. Bu sonuçlar, İstanbul'un lokal emisyon noktalarına sahip olduğunu göstermiştir.

Hava koşullarının sakin olduğu dönemlerde petrol kökenli olan Pb ve V 'nin maksimum değerlere çıktığını gözlemişlerdir. Bunun nedenini Karadeniz'deki yoğun trafiğe bağlamışlardır. Karadeniz aerosollerinin bileşiminin sinoptik hava akımları ile önemli bir şekilde değiştiğini ve yaz aylarında bile Sahra ölü'nden partikül madde taşındığını belirlemişlerdir.

Kubilay ve Saydam (1995b), Kuzeydoğu Akdeniz havzasında ilk defa uzun süreli aerosol toplayarak toprak kökenli partikülleri incelemişlerdir. Ağustos 1991-Kasım 1992 tarihleri arasında yaptıkları çalışma sonucunda, havza üzerindeki partiküllerin daha çok Sahra ölü'nden kaynaklandığı sonucuna varmışlardır. Mart-Mayıs ve Ekim-Kasım dönemlerinde yerkabuğu kökenli elementlerin, özellikle Fe ve Al'un miktarlarında önemli artışlar gözlemlemişlerdir. Zn ve Cd gibi antropojenik elementlerin maksimum değerlerine kuru dönemlerde ulaştıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca yaz aylarında partikül büyüklüklerine göre fraksiyonladıkları aerosol örneklerinin analizini yapmışlar ve hem antropojenik hem de yer kabuğu kökenli partiküllerde azalma olduğunu gözlemlemişlerdir.

Carmine ve ark. (1999), İtalya'nın Florence kentinde biri yoğun trafikli, diğeri yeşillik alan olan iki pilot bölge seçmişlerdir. Yoğun kış döneminin yaşandığı 21 Ocak – 22 şubat tarihleri arasında yaptıkları çalışmada, 20 elementin derişimini PIXE (Particle – Induced X-ray Emission) tekniği ile belirlemişlerdir. Bu tarihler arasında 2 gün süre ile trafik yasaklanmıştır. Ancak bu durumun Pb ve Br derişiminde önemli bir azalmaya yol amadığını bildirmişlerdir. Yoğun trafikli Gramsci Bulvarında tavsiye

edilen CO değerinin üzerinde bir sonuç elde edildiğini ve trafiğe yasaklanmış olan 2 günde ciddi bir değişiklik olmadığını açıklamışlardır. Yeşillik alan Boboli Park'ta ise yine NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> derişiminin, tavsiye edilen değerleri aştığını bildirmişlerdir.

Özyılmaz G. 1999, Haziran 1998- Haziran 1999 dönemleri arasında Akdeniz'in önemli körfezlerinden biri olan İskenderun Körfezi'nde belirledikleri dört ayrı istasyonda sanayi kuruluşlarının neden olduğu hava kirliliği partiküler maddelerdeki metal içeriğini belirledikleri dört ayrı istasyonda araştırmışlardır. Ayrıca aynı istasyonlarda bu metallerin toprakta zamanla birikimini irdelemişlerdir.

13 ay boyunca düşük hacim hava örnekleycisi ile aylık periyotlarda havadaki partiküler maddeler nitroselüloz filtre kağıtları üzerinde toplamış ve aynı istasyonlardan belirli dönemlerde toprak örnekleri almışlar ve bu örnekleri ICP-AES ile analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre tüm istasyonlarda partiküler maddeler içerisinde Ag, Al, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Cd, Fe, Pb (Payas hariç) ve Zn tespit etmişlerdir.

Sanayi bölgesi ve Payas istasyonlarında metal derişimlerinin yüksek, buna karşılık kampüs ve şehir merkezinde daha düşük olduğunu gözlemiş, Ni, Fe ve Ba elementlerinin tümünün derişimlerinin Sanayi Bölgesi ve Payas'ta ve Pb'un ise şehir merkezinde sınır değerinin üzerine çıktığını saptamışlardır.

Güllü ve ark.(2000), Mart 1992 ve Aralık 1993 tarihleri arasında Doğu Akdeniz üzerindeki atmosferik element derişimlerinin zamana bağlı değişimini incelemişlerdir. Toplanan örnekleri yaklaşık 40 element ve iyonik türler için AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrometresi), INNA (Nötron Aktivasyon Analiz Cihazı), iyon kromatografisi ve kalorimetre cihazı ile analiz etmişlerdir. Örnekleme istasyonu HVPM<sub>10</sub>'u ( 10 µm ve daha küçük çaptaki partikülleri toplayan yüksek hacim hava örnekleycisi), Antalya'ya 20 km uzaklıkta bir kaya parçası üzerine kurmuşlardır.

Güllü ve ark., gözlemledikleri derişim değerlerinin, Akdeniz'in diğer bölgelerinde daha önce belirlenen değerlerden düşük olduğunu belirtmişlerdir. Toprak kökenli elementlerin düşük derişimde çıkmasını, Batı Akdeniz atmosferinin yerel rüzgar hızındaki farklılığa bağlamışlardır. Kirlilik türeten elementlerin ana kaynaklarını, Batı kısma yakınlaşan Avrupa ülkelerinin endüstriyel emisyonları olarak öngörmüşlerdir. Bu emisyonların Doğu Akdeniz atmosferine taşınırken uzun mesafeler kat etmiş olmaları ile birlikte, gözlenen derişimlerin düşük çıktığını bildirmişlerdir.

Güllü ve ark., çalışmalarında Mayıs-Ekim aylarını kuru sezon, Kasım- Nisan arasını ise ıslak sezon olarak belirlemiştir. V, Cr, Co, Ni, Zn ve Se gibi katmansal elementlerin derişimlerini yaz aylarında kış aylarından 2-3 kat yüksek bulmuşlardır. Islak sezonda ise Na ve Cl gibi deniz tuzu elementleri ile Hg ve Mo gibi antropojenik türler yüksek derişimde çıkmıştır. Na ve Cl nin ölçülen yüksek derişimlerin sebebini, kış sezonundaki güçlü fırtına aktivitelerine bağlamışlardır.

Chung ve ark. (2001), Kore'de seçtikleri kırsal ve endüstriyel iki bölgede 1998 Kasım – 1999 Ekim tarihleri arasında topladıkları aerosol örneklerinde INAA kullanarak 22 elementin analizini yapmışlardır. Örnek toplama aşamasında SFU Low-Volume Air Sampler (düşük hacim hava örnekleyicisi) kullanmışlardır. Topladıkları PM<sub>10</sub> örneklerinin bileşimindeki Al, Ba, Br, Ca, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, In, K, La, Mn, Na, Sb, Sc, Se, Ti, V, Zn elementlerinin derişimlerini belirlemiştir.

Chung ve ark. kırsal alanda en yüksek derişimi Al elementi için 690,86 ng.m<sup>-3</sup>, en düşük derişimi ise 0,01 ng.m<sup>-3</sup> olarak In elementi için bulmuşlardır. Endüstriyel alanda ise en yüksek derişimi Fe elementi için 1115,80 ng.m<sup>-3</sup>, en düşük derişimi ise 0,20 ng.m<sup>-3</sup> olarak Sc elementi için belirlemiştir.

Chung ve ark., PM<sub>10</sub> derişiminin Mart'tan Mayıs'a, Kasım'dan Ocak'a kadar diğer tarihlerden daha yüksek değerde olduğunu saptamışlardır. Bunun nedenini bahar sezonunda Asya çöllerinden gelen sarı kum fırtınası olayı ve kış aylarındaki yakıt atıklarındaki artışa bağlamışlardır.

Hien ve ark. (2002), Vietnam'da Hanoi bölgesinde Ağustos 1998-Ağustos 1999 tarihleri arasında yaptıkları çalışmada, meteorolojik şartların PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>2.5-10</sub> derişimleri üzerindeki etkisini incelemiştir. PM<sub>2.5</sub>'in havadaki derişimi için en önemli etkiyi rüzgar hızı ve hava sıcaklığı olarak bildirmişlerdir. Tozlu atmosferin özellikle kuru kış sezonu boyunca hakim olduğunu ve Muson aylarında (Haziran-Ağustos) özellikle PM<sub>10</sub> derişiminde önemli bir artış olduğunu gözlemiştir.

Fang ve ark.(2003), Ekim 2002 ve Nisan 2003 tarihleri arasında Tayvan merkezde banliyö ve endüstriyel bölgede TSP'de aerosol örnekleri toplamışlardır. TSP'nin endüstri bölgesindeki ortalama derişimini, örnekleme boyunca banliyö bölgesinden yüksek bulmuşlardır. Toplanan örnekleri AAS ile analiz etmişler ve korelasyon katsayısı muhtemel kirlilik kaynağı belirlemede kullanmışlardır. Motor araç

emisyolları, endüstri işlemlerinden yakım emisyolları ve inşaat emisyollarını parçacık kirliliğinin ana kaynakları olarak bildirmişlerdir.

Ortalama TSP (havada asılı halde bulunan toplam partikül) derişimleri kent ve endüstriyel bölgeden, yerleşim alanlarına doğru düşüş göstermiştir. Çöp ve yakıt yakımı, metal ve yanmaz karbon ihtiva eden inorganik maddeler içeren parçacık miktarını arttırmıştır.

Fang ve ark. birincisi Tunghai Üniversitesi (THU) ve ikincisi Taichung Endüstri Parkı (TIP) olmak üzere iki örnekleme bölgesi belirlemişlerdir. THU çevresi çeşitli ağaçlarla çevrili olan, TIP şehrin batı kıyısında, çevresinde 800'den fazla fabrika bulunan bir bölge idi. TSP'nin TIP ve THU'daki ortalama derişimlerini sırasıyla 91,7 ve 61,3  $\mu\text{g m}^{-3}$  olarak belirlemişlerdir.

Genel olarak TSP'nin TIP'teki derişimi 7-9 Ekim 2002 hariç THU'dan yüksek bulunmuştur. TSP'nin her iki bölgede de en düşük derişimi 7-9 Ocak 2003'te ve 11-13 Şubat 2003'te bulunmuştur (TIP'teki derişimi 11,2-18,2  $\mu\text{g m}^{-3}$ , THU'da 11,2-44,0  $\mu\text{g m}^{-3}$ ).

Her iki bölgedeki tüm TSP derişimleri arasında maksimum değer 4-6 Aralık 2002'de tespit edilmiştir. Fang ve ark. bu durumu kışın tarımsal aktivitelerin fazla olması ile açıklamışlardır (Çiftçilerin gelecek yıla hazırlık olması için pirinç samanlarını yakması sebebiyle aktiviteler artmıştır).

Braga ve ark. (2004), Güney Brezilya'da çeşitli kirlilik kaynaklarının etkisi altında bulunan Guaiba Hydrographic Havzası'nda  $\text{PM}_{10}$  ve  $\text{PM}_{2,5}$  derişimlerini belirlemişlerdir. Ekim 2001 – Aralık 2002 tarihleri arasında HV  $\text{PM}_{10}$  ve Dichotomous örnekleycisi ile topladıkları örnekleri PIXE tekniği kullanarak 12 elementin (Si, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn) derişimini incelemişlerdir. Havza üzerinde ağır trafikli, trafikten uzak ve kırsal bölge olmak üzere üç çalışma bölgesi seçmişlerdir. Yoğun trafikli bölgede diğer bölgelere göre tüm element derişimleri yüksek bulunmuştur. Bu bölgede en yüksek element derişimi 591,2  $\text{ng.m}^{-3}$  olarak Fe elementi için, en düşük derişimi ise 17,0  $\text{ng.m}^{-3}$  olarak Ti elementi için belirlemişlerdir. Kırsal bölgede ise tüm element derişimleri diğerlerinden daha düşük bulunmuştur (Cu hariç). En yüksek derişimi 348,6  $\text{ng.m}^{-3}$  olarak Cu elementi için, en düşük derişim ise 1,5  $\text{ng.m}^{-3}$  olarak Mn elementi için belirlemişlerdir. Kırsal bölgede Si elementi bulunamamıştır. Trafikten uzak bölgede ise

en yüksek derişim 204,8 ng.m<sup>-3</sup> olarak Si elementi için, en düşük derişim ise 2,7 ng.m<sup>-3</sup> olarak Ni elementi için bulunmuştur.

V, Cr, Zn, Ni, Mn ve Fe elementlerinin ağır trafikli bölgede yüksek derişimde çıkmasını, bölgede bulunan çelik fabrikaları ve kömür yakım fabrikası ile açıklamışlardır. Kırsal bölgede S ve Cl'nin deniz aerosolleriyle doğu, güneydoğu ve güneyden esen rüzgarlar ile taşınmış olabileceğini vurgulamışlardır.

Fang ve ark. (2004), Tayvan merkezde bir trafik örnekleme bölgesinde gece ve gündüz zamanları metal derişimlerinin analizini yapmışlardır. Ağustos 2003 – Mart 2004 tarihleri arasında topladıkları örneklerdeki metal derişimlerini AAES (Alev Atomik Emisyon Spektrometresi) ile belirlemişlerdir. Çalışmalarında örnekleme bölgesinden gece ve gündüz geçen ortalama taşıt sayısını belirleyerek, kirliliğin kaynakla ilişkisini ortaya çıkarmışlardır. Fang ve ark. çalışmalarında, gündüz zamanını 09:00–21:00 arası, gece zamanını ise 21:00–09:00 arası belirlemişlerdir. PM<sub>10</sub> derişiminin gündüz ortalama değerini 74,7 µg m<sup>-3</sup>, gece ortalama değerini ise 68,2 µg m<sup>-3</sup> olarak belirlemişlerdir.

Fang ve arkadaşları PM<sub>2,5</sub> derişiminin gündüz zamanı geceden daha yüksek derişime sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ancak bu durumun Ağustos 2003 – Ocak 2004 tarihleri arası PM<sub>2,5-10</sub> ve PM<sub>10</sub> için farklı olduğunu saptamışlardır. PM<sub>10</sub> derişiminin Şubat-Mart 2004 tarihleri arasında PM<sub>2,5</sub> derişiminden yüksek çıktığını belirterek, bu durumun sebebini 11-17 Şubat ve 16 Mart'ta bölgede yaşanan toz fırtınasına bağlamışlardır. İnce partiküllerin (PM<sub>2,5</sub>) uzun mesafeler üzerinden getirilmiş, iri partiküllerin (PM<sub>2,5-10</sub>) ise yerel kirlilik kaynaklarından etkilenmiş olabileceğini bildirmişlerdir.

Shaodong ve ark.(2004), Nisan 2000'de kum fırtınası süresince Beijing'de üç örnekleme bölgesinde PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve O<sub>3</sub>'ün kütle derişimlerinin saatlik değişimlerini gözlemlemişlerdir. Sonuçlar PM<sub>10</sub> derişiminin 1500 µg m<sup>-3</sup> 'e ulaştığını (6-25 Nisan kum fırtınası olayları boyunca) göstermiştir ki bu derişim tozlu olmayan havadakinin 5-10 katı olarak bulunmuştur. Shaodong ve ark., bu yüksek PM<sub>10</sub> kütle derişiminin 14 saat boyunca kaldığını, daha sonra fırtına öncesi seviyesine 6 saatte geri döndüğünü bildirmişlerdir.

Güçlü rüzgar sebebiyle toz fırtınası boyunca SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> derişimleri düşük seviyede kalmıştır. Toz fırtınası boyunca PM<sub>2,5</sub> derişimini yaklaşık 230 µg m<sup>-3</sup> olarak bulmuşlardır. Bu toplam değeri PM<sub>10</sub> derişiminin %30'u, tozsuz hava şartlarının

ise 4 katı olarak belirlemişlerdir.  $PM_{2,5}$ 'in kimyasal bileşenlerinin % 66.4 'ünü yer kabuğu kökenli elementlerin oluşturduğunu, sülfat ve nitratın katkısı ise daha az olduğunu bildirmişlerdir. Puslu, sisli günlerde  $PM_{2,5}$ 'in kimyasal bileşiminin başında sülfat, nitrat ve organik türlerin geldiğini vurgulamışlardır.

Shaodong ve ark. çalışmalarında en yüksek  $PM_{10}$  derişimini  $898 \mu g m^{-3}$  olarak toz fırtınası döneminde, en düşük derişimi ise  $124 \mu g m^{-3}$  olarak toz fırtınası öncesinde; en yüksek  $SO_2$  derişimini  $60 \mu g m^{-3}$  olarak sisli havalarda, en düşük derişimi ise  $12 \mu g m^{-3}$  olarak fırtına sonrasında; en yüksek  $NO_x$  derişimini  $148 \mu g m^{-3}$  olarak sisli havalarda, en düşük derişimi ise  $45 \mu g m^{-3}$  olarak toz fırtınası sonrasında; en yüksek  $NO_2$  derişimini ise  $92 \mu g m^{-3}$  olarak sisli günlerde, en düşük derişimi ise  $34 \mu g m^{-3}$  olarak toz fırtınası sonrasında bulmuşlardır.

Vallius ve ark. (2004), Amsterdam (Hollanda), Erfurt (Almanya) ve Helsinki (Finlandiya)'de yaptıkları çalışmada ED-XRF (Enerji Ayırmalı X ışınları Spektrometresi) kullanarak  $PM_{2,5-10}$  ve  $PM_{10}$  için kaynak sınıflandırması yapmışlardır. Vallius ve arkadaşları bu üç değişik Avrupa ülkesi için kirlilik kaynaklarını lokal yanma, trafik, ikincil PM, yerkabuğu materyalleri, yağ yakıtları, endüstriyel yakıtlar ve toprak olarak belirlemişlerdir.  $PM_{10}$  için Amsterdam, Erfurt ve Helsinki'de en yüksek derişimi sırasıyla 0,48, 0,47 ve 0,57  $\mu g m^{-3}$  olarak ikincil PM kaynaklı bulmuşlardır.  $PM_{2,5-10}$  için ise sırasıyla 0,45, 0,49 ve 0,51  $\mu g m^{-3}$  olarak yerkabuğu materyal kaynaklı bulmuşlardır.

Chung ve ark. (2005), 2000–2003 yılları arasında Kore'nin Daejeon kentinde kırsal ve endüstriyel olarak belirledikleri iki istasyonda enstrümental INAA kullanarak  $PM_{2,5}$  ve  $PM_{10}$  analizi yapmışlardır.

Chung ve arkadaşları çalışmalarında emisyon kaynaklarını ve bunların PM derişimlerine etkisini açığa çıkarmışlardır.  $PM_{2,5}$  ve  $PM_{10}$  derişimlerinin endüstriyel bölgede, kırsal bölgeden çok daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır. Daehwa (Endüstriyel bölge)'da toplam  $PM_{10}$  kirliliğinin %35,7'sinin toprak, %19,5'inin çimento, %14,2'sinin yağ yakımı, %9,8'inin kömür yakımı, %8,8'inin deniz tuzu, %5,3'ünün taşıt egzozu, %4,5'inin geri kazanım için yakma ve %2,3'ünün metal alaşımları kaynaklı olduğunu bulmuşlardır.  $PM_{2,5}$  için ise %19,4'ün metal alaşımlardan, %16,4'ün yağ yakımından, %14,4'ün dizel taşıt egzozlarından, %12,4'ün kömür yakımından, %9,1'in benzin taşıt egzozlarından, %8,8'in geri kazanım için yakmadan, % 8,2 sinin

bakır işleme tesislerinden, %7,3'ünün biokütle yakımından, %2,5'inin deniz tuzundan ve %1,6'sının ise toprak tuzundan kaynaklandığını belirlemişlerdir.

Kaeri (kırsal bölge)'de ise PM<sub>10</sub> kirlilik kaynaklarının %34'ünü toprak tozu, %24,1'ini taşıt egzozu, %16,6'sını yağ yakımı, %14,3'ünü deniz tuzu, %9,3'ünü kömür yakımı ve % 1,7'sini geri kazanım için yakma olarak bulmuşlardır. PM<sub>2,5</sub> için ise kirlilik kaynaklarının %30,4'ünü geri kazanım için yakma, %21,4'ünü biokütle yakımı, %12,4'ünü dizel taşıt egzozları, %11'ini yağ yakımı, %10,6'sını benzin egzozları, %7,3'ünü toprak tozu ve %6,9'unu deniz tuzu kaynaklı olduğunu bulmuşlardır.

Fang ve ark.(2005), Mart 2004-Ocak 2005 tarihleri arasında Tayvan'daki Taichung limanında, havada asılı halde bulunan parçacıkların (TSP), PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>2,5-10</sub> ve metalik elementlerin analizi için aerosol örnekleri toplamışlardır. Fang ve arkadaşları çalışmalarında TH (Taichung Harbor)' de ilkbahar (Mart, Nisan, Mayıs), yaz (Haziran, Temmuz, Ağustos), sonbahar (Eylül, Ekim, Kasım) ve kış (Aralık, Ocak) aylarında topladıkları örneklerde metalik element ve PM derişimlerinin mevsimsel değişimlerini incelemişlerdir. TSP için en yüksek derişim ilkbaharda 117,1 µg m<sup>-3</sup>, en düşük derişim ise yaz döneminde 132,0 µg m<sup>-3</sup> olarak belirlenmiştir. PM<sub>2,5-10</sub> için en yüksek derişim 37,0 µg m<sup>-3</sup>, en düşük derişim ise 26,2 µg m<sup>-3</sup> olarak sonbahar döneminde bulunmuştur. PM<sub>2,5</sub> için en yüksek derişim 49,5 µg m<sup>-3</sup>, en düşük derişim ise 43,0 µg m<sup>-3</sup> olarak sonbahar döneminde bulunmuştur.

Lopez ve ark.(2005), İspanya'nın Kuzeydoğusunda yer alan Zaragoza şehrinde Temmuz 2001-Temmuz 2002 arasında Andersen HV PM<sub>10</sub> örnekleyicisi ile 16 element derişimini (Al, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, V, Zn) ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi) ile belirlemişlerdir. Derişimler ng.m<sup>-3</sup> cinsinden belirlenmiş olup, Al 2690 ng.m<sup>-3</sup>, Ba 33,1 ng.m<sup>-3</sup>, Ca 1060 ng.m<sup>-3</sup>, Co 0,128 ng.m<sup>-3</sup>, Cr 7,70 ng.m<sup>-3</sup>, Cu 22,8 ng.m<sup>-3</sup>, Fe 666 ng.m<sup>-3</sup>, K 1010 ng.m<sup>-3</sup>, Mg 367 ng.m<sup>-3</sup>, Mn 24,7 ng.m<sup>-3</sup>, Na 935 ng.m<sup>-3</sup>, Ni 0,833 ng.m<sup>-3</sup>, Pb 18,7 ng.m<sup>-3</sup>, Sr 8,44 ng.m<sup>-3</sup>, V 6,56 ng.m<sup>-3</sup> ve Zn 212 ng.m<sup>-3</sup> olarak bulunmuştur. Bulunan değerlerin US-EPA (Amerikan Çevre Koruma Ajansı) ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından limitleri aşmadığını bildirmişlerdir. Zaragoza'nın orta derecede kirli bir şehir olduğu düşünülürse bu durum ilginçtir. Antropojenik kaynakların, atmosferik element seviyelerine yaptıkları katkıları Zn, Pb ve Cu için zenginleştirme faktörlerinin yüksek değerleri ile açıklamışlardır.



İstatistiksel analizler ayrıca  $PM_{10}$ 'a farklı kaynakların katkısını da belirlemiştir ki araç trafiği ve yakım işlemiyle ilgili antropojenik emisyonlar ve endüstriyel işlemler, bazı dönemlerde Afrika'dan gelen tozlarla ilişkili doğal kaynaklar kadar ana kirlilik kaynaklarıdır.  $PM_{10}$  üzerindeki meteorolojik şartların etkisi ve zerre element derişimleri düşünüldüğünde, düşük rüzgar hızı, ılık hava şartları  $PM_{10}$  toplanmasına ve zerre elementler için kirliliğe yardım etmiş olabilir ve yerel kaynakların etkisini arttırmıştır.

Lee ve ark.(2006), Kore'de 10 farklı ilde 45 bölgede 2002'de yaşanan bir Asya toz olayının öncesi, esnası ve sonrasındaki  $PM_{10}$  derişiminin zamana bağlı ve bölgesel dağılımını analiz etmek için yapılmıştır.  $PM_{10}$  derişimleri, orta batı, güneybatı, güney Kore'de Asya toz olayı süresince her bölge veya şehirdeki hâkim rüzgar yönü ve hızları ve farklı hava kütle hareket zamanlarına göre değişiklikler göstermiştir. Üç günlük Asya toz fırtınasının başlangıcı, iki gün önceki hava yörüngeleri analizörü tarafından tespit edildi. Her gün için farklı başlangıçlar  $PM_{10}$  derişiminde de konumsal ve zamansal olarak ciddi değişikliklere sebep olmuştur.  $PM_{10}$  derişimleri ve Asya toz fırtınasının ilk zirve günleri arasında önemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (yalnız orta batı bölgesinde).  $PM_{10}$  derişimi Asya toz fırtınasından hemen sonra hemen öncesine göre çok daha yüksek bulunmuştur. Asya toz fırtınası süresince toprak orijinlerini içeren iri parçacıklarda ciddi artış gözlenmiştir. Pb, Cu ve Cd artışının yalnızca toz olayına bağlı olmayıp, yerel trafik veya endüstriyel emisyonlar gibi yerel kaynaklardan da bu metal derişimlerinin etkilendiğini bildirmişlerdir.

Vardoulakis, S. ve Kassomenos, P.(2006), üç yıllık periyot boyunca (2001–2003) Atina ve Birmingham'da yaptıkları çalışmada meteorolojik parametreler (rüzgar hızı, sıcaklık, kısmi nem, yağış miktarı, güneş radyasyonu ve atmosferik basınç) ve kirleticilerin ( $NO_x$ , CO ve  $O_3$ )  $PM_{10}$  derişimine yaptıkları katkıyı belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma bölgesi olarak Avrupa'nın iki büyük kenti olan Atina ve Birmingham şehirlerini seçme nedenlerini, bu iki şehrin benzer nüfuslara fakat farklı iklim ve topografik karakteristiklere sahip olmaları ile açıklamışlardır. Her iki bölge için de araç filolarındaki farklılıklardan dolayı trafiği atmosferik emisyonların ana yerel kaynağı olarak belirlemişlerdir.

Çalışmalarında monitörleme bölgelerini emisyon kaynaklarından direk etkilenmeyecek şekilde, ana yollardan en az 200 m uzağa kurduklarını belirtmişlerdir. Örnek toplama aşamasında TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance)  $PM_{10}$

örnekleyicisi kullanmışlardır. Çalışma bölgelerinde iki sinoptik hava istasyonundan rüzgar, hava sıcaklığı, bağıl nem, yağış miktarı, güneş radyasyonu gibi meteorolojik verileri belirlemişlerdir. Monitörlenен tüm verileri soğuk(16 Ekim-15 Nisan) ve ılık (16 Nisan-15 Ekim) olmak üzere 6 aylık periyotlara bölerek, PM<sub>10</sub> derişiminin mevsimsel değişimini incelemişlerdir.

Atina şehrinde soğuk sezonda PM<sub>10</sub> derişimi 2001 ve 2002 yılları için sırasıyla 56,42 ng.m<sup>-3</sup> ve 67,32 ng.m<sup>-3</sup>; Birmingham'da ise sırasıyla 19,57 ng.m<sup>-3</sup> ve 17,54 ng.m<sup>-3</sup> 'tür. Atina şehrinde ılık sezonda PM<sub>10</sub> derişimi 2001 ve 2002 yılları için sırasıyla 54,82 ng.m<sup>-3</sup> ve 59,33 ng.m<sup>-3</sup> 'tür. Birmingham'da ise ılık sezon için derişimler sırasıyla 16,32 ng.m<sup>-3</sup> ve 15,97 ng.m<sup>-3</sup> 'tür. Atina'da gözlenen mevsimsel ortalama PM<sub>10</sub> derişimini, Birmingham'dan çok daha yüksek bulma sebeplerini, Atina'nın daha eski ve daha geniş araç filolarından kaynaklanan daha güçlü emisyon kaynakları, daha ılık ve daha güneşli havalardan kaynaklanan daha yoğun fotokimyasal aktiviteler ve Atina bölgesinin kompleks topografisi ile açıklamışlardır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

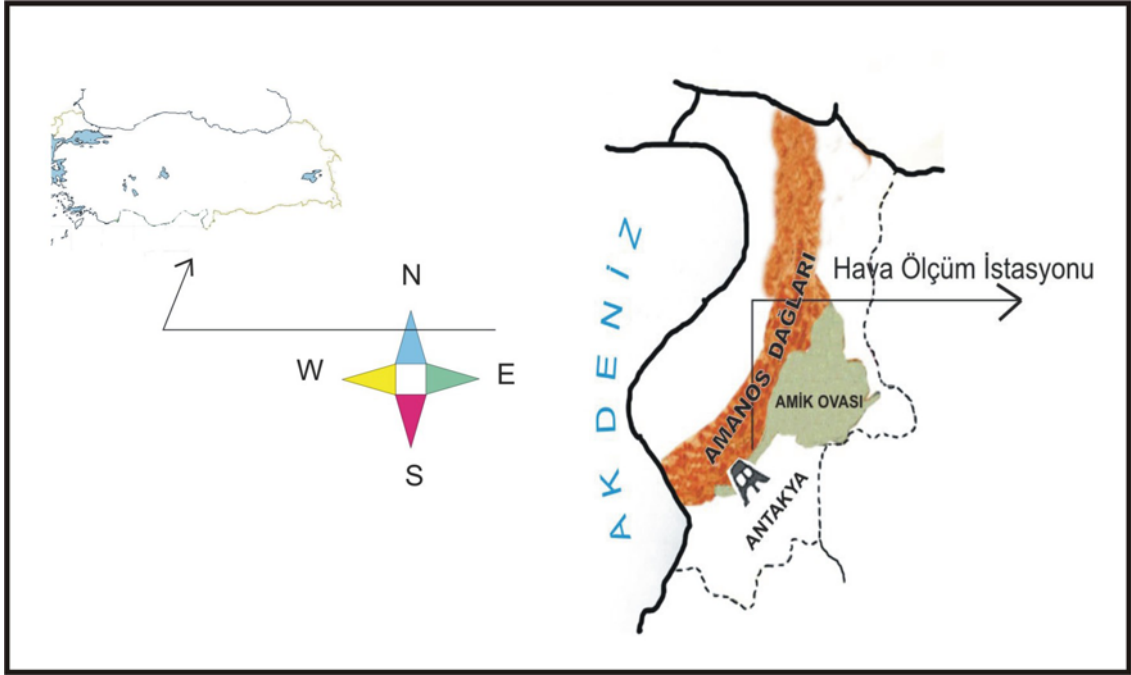
#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. İstasyon Seçimi

Partiküler maddelerin sebep olduğu hava kirliliği, günümüzde araştırması yapılan en önemli konulardan biridir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, PM<sub>10</sub> partikülleri üzerinde durulmuştur. Bu partiküller, solunum yollarından geçebilmekte ve insan sağlığı açısından büyük tehdit oluşturmaktadır.

Antakya Akdeniz'e kıyısı olan Hatay ilinin merkez ilçesi olup, toprakları son derece verimli olan Amik ovası üzerinde kurulmuştur. Antakya'nın ekonomisi, var olan küçük sanayi sitesine ek olarak organize sanayi bölgesinin kurulması ile birlikte, tarımdan sanayiye doğru kaymaya başlamıştır. Daha önce bu konuda herhangi bir fizibilite çalışması yapılmadığından, bundan sonra yapılacak olan çalışmalara temel oluşturması amacıyla çalışma bölgesi olarak Antakya seçilmiştir. Antakya'nın içinde bulunduğu Kuzeydoğu Akdeniz bölgesinin, özellikle bahar aylarında Arap Yarımadası ve Afrika'daki çöllerden gelen sahra tozlarının etkisi altında kaldığı düşünülmektedir.

İstasyon şehrin yerleşim yerlerini de içine alan ve küçük sanayi sitesine yakın bir konumda olan Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi merkez kampüsü içinde seçilmiş; örnekleme cihazı yerden yüksekliği yaklaşık 15 m olan Eğitim Fakültesinin çatısına yerleştirilmiştir. Örnekleme yeri yerleşim yerlerinin arasında olup, hem hakim rüzgarlara açık, hem de şehir trafiğine yakın bir bölgededir. Antakya 'da böyle bir istasyon daha önce kurulmamıştır. Çalışma bölgesinin konumu Şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma bölgesi ve istasyonun konumu

### 3.1.2. Çalışma Bölgesinin Özellikleri

#### 3.1.2.1. Coğrafi Özellikleri

Akdeniz'in doğu kıyılarında Toroslar'ın güney uzantısı Amanos ile Habib Neccar Dağları'nın önündeki Amik ovasında kurulmuş olan Hatay ilinin merkez ilçesi Antakya, Anadolu'nun en erken yerleşim merkezlerinden birisidir. Kızıldeniz'den başlayan, Şeria ve Asi Nehir yataklarının çöküntüsü olan Amik Ovası'nı, Lübnan Dağları'ndan çıkarak Akdeniz'e dökülen Asi Nehri ikiye bölmektedir. İlin yüzey şekillerini dar kıyı ovaları, bunların gerisinde kıyıya paralel olarak uzanan dağlar ve doğu kesimini kaplayan Kahramanmaraş-Hatay çöküntü oluşu belirlemektedir. İl topraklarını Amanos Dağları engemelendirir. (ATSO,2004).

Hatay, Türkiye' nin güneyinde 5403 km<sup>2</sup> lik alana sahip olup, ülkenin % 0,8 ini oluşturmaktadır. İl genelinde Antakya, İskenderun, Kırıkhan, Samandağ, Reyhanlı, Yayladağı, Belen, Kumlu, Dört Yol, Erzin, Hassa, Altınözü olmak üzere oniki ilçe bulunmaktadır. Hatay topraklarının % 46 sı dağlar, % 34 ü ovalar ve % 20 si platolardan oluşmaktadır. Akdeniz' de 152 km kıyısı bulunmaktadır. Km<sup>2</sup> ye düşen kişi sayısı 215

olup, nüfus yoğunluğu açısından ülkenin 4. ilidir. Yüzölçümü 5.570 km<sup>2</sup> olan ilin toplam nüfusu 2000 yılı nüfus sayımına göre 1.253.726 'dır (ATSO,2004).

### 3.1.2.2. İklimi

Antakya ve civarında Akdeniz iklim tipi egemendir. Bu nedenle kentte yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Ancak, kıyı şeridi ile dağların arka kısımları ve yükseltisi fazla olan yerler arasında iklim koşullarındaki bölgesel farklar nedeniyle Antakya'daki iklim koşulları kıyı şeridinde kıyasla biraz farklılık gösterir (ATSO,2004).

Antakya'da yıllık sıcaklık ortalaması 18.2 °C dir. En yüksek sıcaklık 26 Ağustos 1962'de 43.9 °C, en düşük sıcaklık ise 15 Ocak 1950'de -14.6 °C olarak kaydedilmiştir. Antakya'da yıllık ortalama nem oranı %69'dur ve nem oranı kış aylarında en yüksek değerlere ulaşır. Sonbahar ve ilkbahar daha az yağış alan mevsimlerdir. Temmuz ve Ağustos aylarında hiç yağış almaz (ATSO,2004).

### 3.1.2.3. Ekonomisi

İlin ekonomisi sanayi, tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Yetiştirilen başlıca tarımsal ürünler; domates, buğday, portakal, soğan, mandalina, pamuk, zeytin, patlıcan, sakız kabağı, üzüm, kavun, dolmalık biber, taze fasulye, yerfıstığı, soya fasulyesi ve salatalıktır. İlde bitkisel üretim geliştiğinden hayvancılık gerilemiştir (ATSO,2004).

Sanayide ise yapay gübre, dokuma, makine, yedek parça, un, bitkisel yağ, sabun, tuğla ve kiremit üretimi yapan fabrikaları bulunmaktadır. Nüfusun % 61,63' ü tarım, % 8,41' i sanayi, % 26,4' ü hizmetler, % 3,6' sı inşaat sektöründe çalışmaktadır. Hatay'ın tarım arazilerinin mevcudu 270,766 ha olup, bu rakam Türkiye tarım arazisinin %1'idir. Türkiye'nin pamuk üretimindeki payı % 11, zeytin üretimindeki payı % 7,5, zeytinyağı üretimindeki payı % 2,27, turunçgil üretimindeki payı % 15,77, portakal üretimindeki payı % 16,8, mandalina üretimindeki payı % 22,1 ve sebze üretimindeki payı % 4' tür (ATSO,2004).

Hatay'da 3 adet organize sanayi bölgesi, 6 adet küçük sanayi sitesi bulunmaktadır. Antakya Organize Sanayi Bölgesinde 20 fabrikada üretim yapılmakta ve 500 den fazla kişiye istihdam yaratılmış durumdadır. Antakya' da geleneksel olarak

dericilik, ayakkabıcılık ve mobilyacılık yapılmaktadır. Türkiye’de yapılan deri üretiminin % 10 u Antakya’dan karşılanmaktadır (ATSO,2004).

### 3.1.3. Çalışma Bölgesinin Meteorolojik Özellikleri

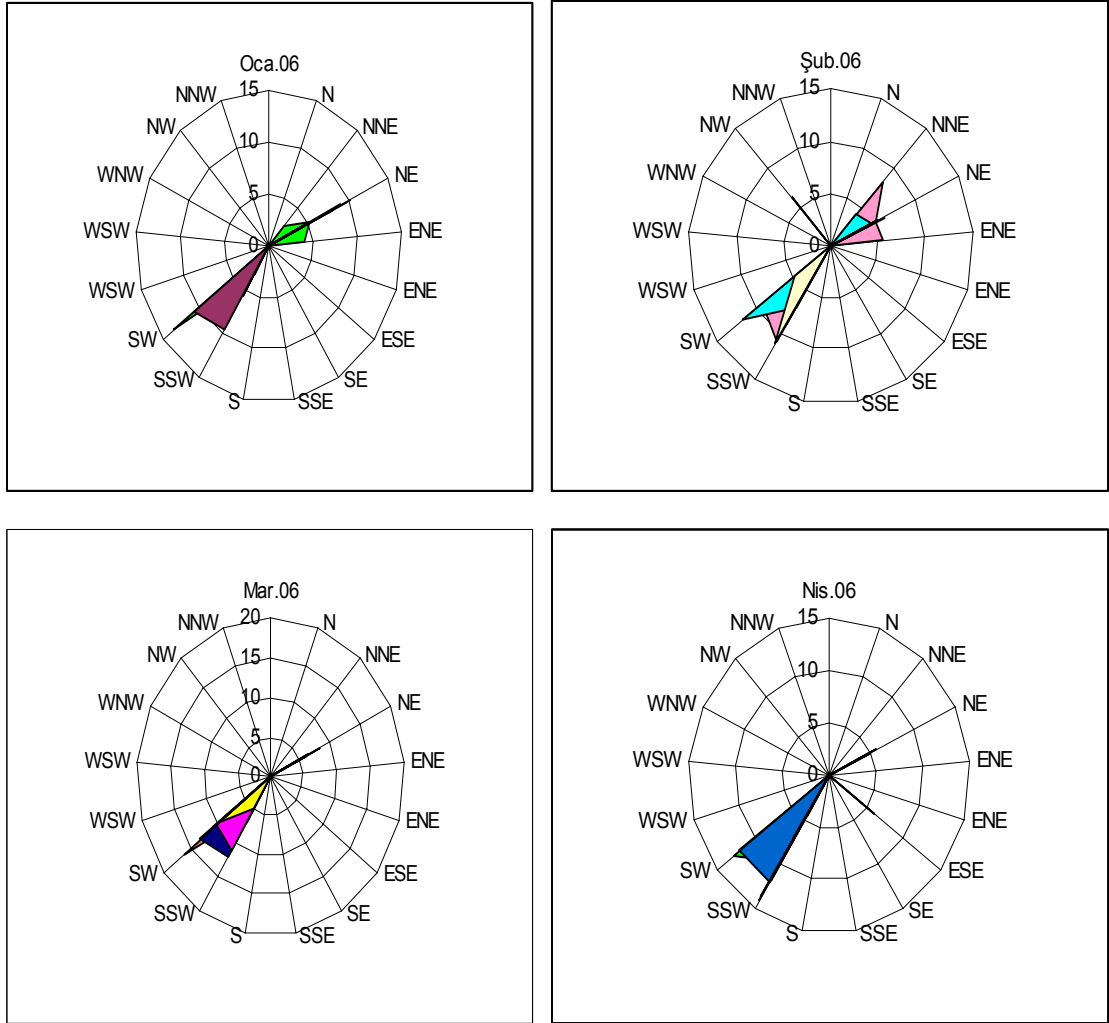
Örnek toplama süresince bölgedeki meteorolojik koşulları takip edebilmek için Hatay Meteoroloji Müdürlüğü’nden (HMM) veriler alınmıştır. HMM’ den alınan verilere göre meteorolojik şartların aylara bağlı değişimi Çizelge 3.1. de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Örnek toplama dönemlerinde meteorolojik şartların aylara bağlı değişimi

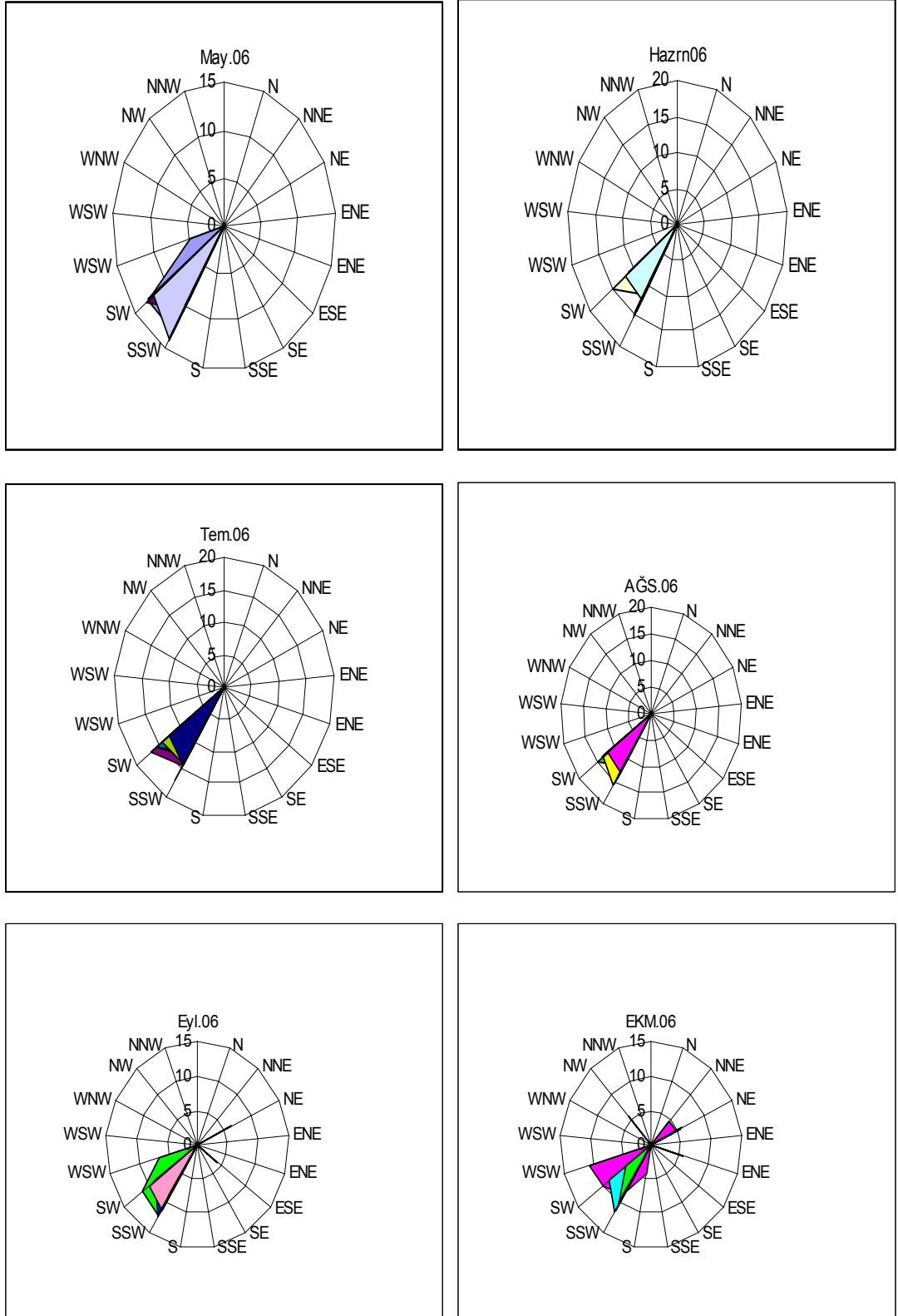
	Basınç (mb)	Max. Ortalama Sıcaklık (°C)	Min. Ort. Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ort. Nem	Ort.Rüzgar Hızı (m.dk <sup>-1</sup> )	Max Rüzgar Hızı (mdk <sup>-1</sup> )	Top. Yağış (mm)
Oca.06	1007,2	11,5	4,4	7,5	72,5	1,6	13,4	180,5
Şub.06	1003,9	14,7	6,8	10,4	70,8	1,5	11,6	134,0
Mar.06	1002,2	19,1	10,0	14,2	72,9	2,0	16,1	182,7
Nis.06	999,0	22,9	14,4	18,0	68,0	2,8	14,1	39,0
May.06	1000,2	27,3	17,2	21,9	65,3	3,3	14,1	14,9
Haz.06	997,8	29,3	22,3	25,3	68,0	4,3	15,1	0,0
Tem.06	994,0	31,1	24,5	27,3	72,4	4,9	16,8	0,0
Ağu.06	993,9	32,1	25,5	28,2	74,7	4,7	15,9	0,0
Eyl.06	998,8	31,7	21,9	25,9	65,9	2,8	12,2	62,7
Eki.06	1001,2	26,4	16,9	20,9	73,0	1,8	11,2	98,2
Kas.06	1006,6	19,0	7,8	12,5	67,6	1,2	20,2	123,4
Ara.06	1010,1	14,9	2,9	8,4	57,3	1,2	10,3	6,5
Oca.07	1010,2	13,2	2,8	7,6	70,1	1,5	10,9	109,4
Şub.07	1002,9	15,1	7,0	10,6	77,0	1,4	10,6	198,8
Mar.07	1002,1	19,2	9,3	13,9	66,4	1,9	15,0	130,4
Nis.07	1000,6	21,0	11,2	15,9	64,6	2,1	13,0	124,2
May.07	998,6	28,1	18,6	22,6	68,5	2,9	14,8	32,7
Haz.07	994,8	30,1	21,9	25,6	63,5	3,9	15,8	4,4
Tem.07	992,9	33,0	24,7	28,2	67,0	4,3	17,8	0,0

### 3.1.3.1. Çalışma Bölgesinde Rüzgâr Yönleri

Örnek toplama periyodu olan Ocak 2006-Temmuz 2007 tarihleri arasında rüzgârın estiği yönlerin aylara göre değişimi Şekil 3.2. de rüzgâr gülleri ile verilmiştir.

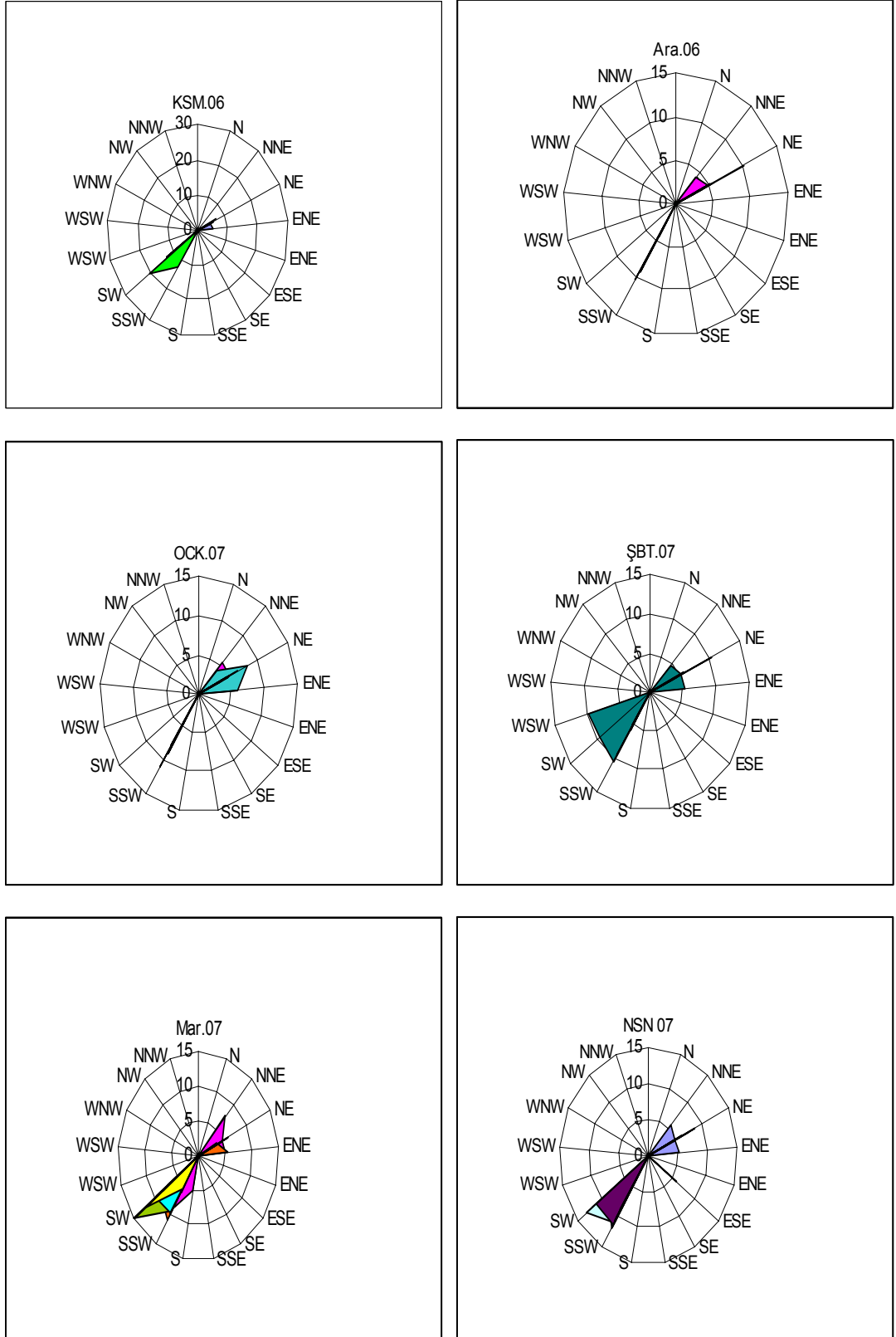


Şekil 3.2. Çalışma bölgesinde rüzgâr yönlerinin değişimi

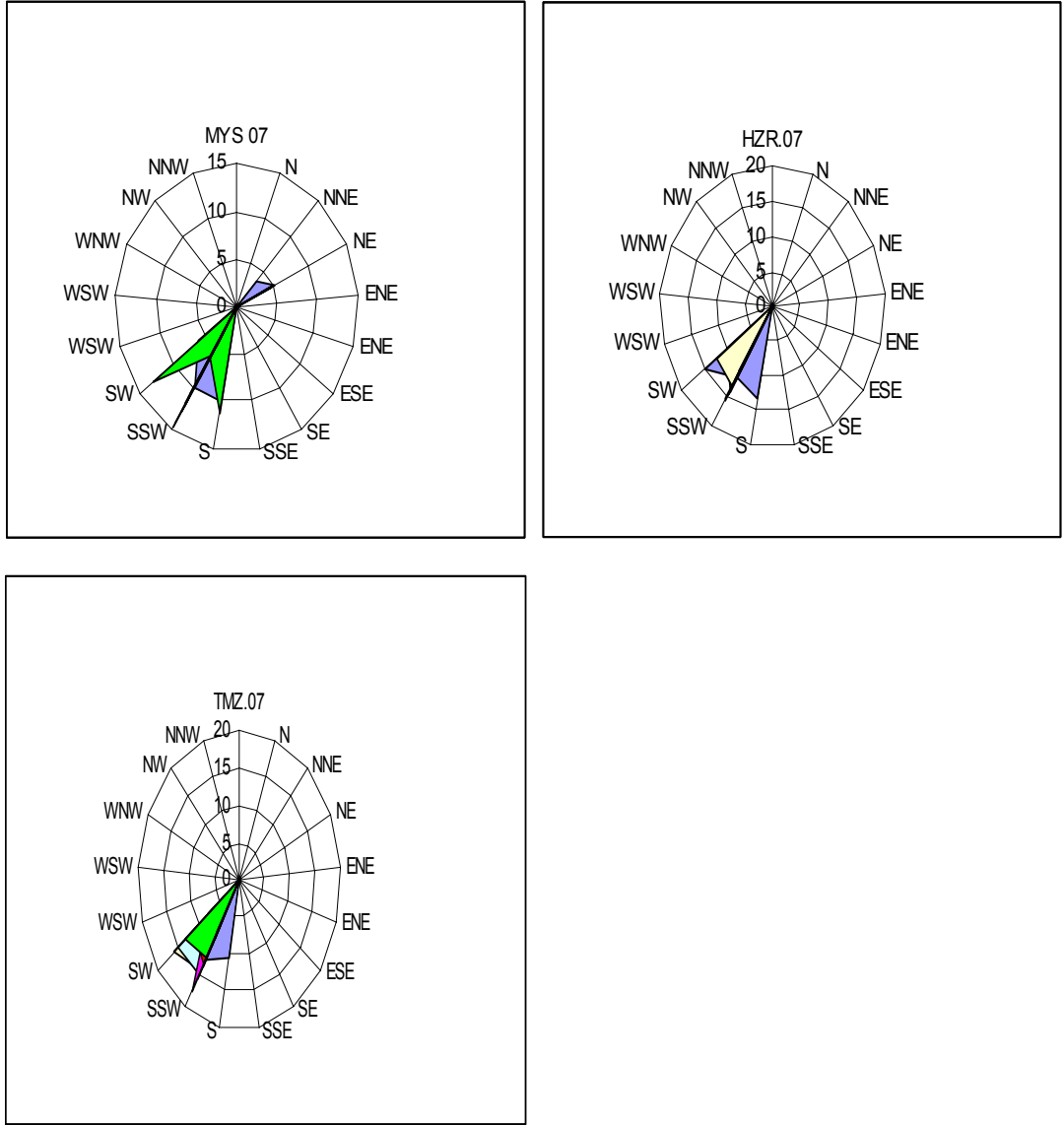


Şekil 3.2. Çalışma bölgesinde rüzgar yönlerinin değişimi (Devam)





Şekil 3.2. Çalışma bölgesinde rüzgar yönlerinin değişimi (Devam)

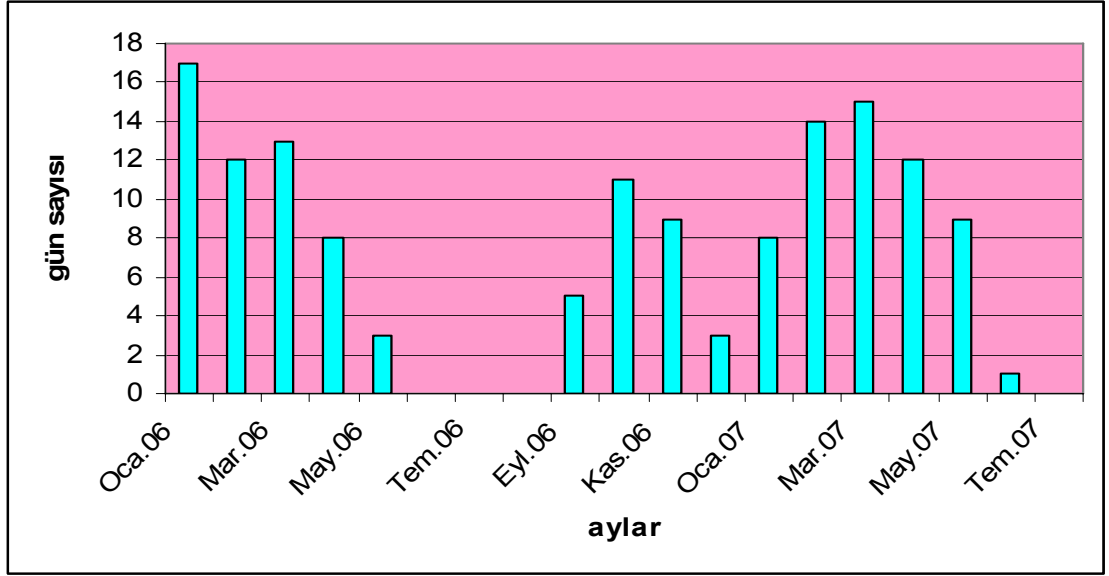


Şekil 3.2. Çalışma bölgesinde rüzgar yönlerinin değişimi (Devam)

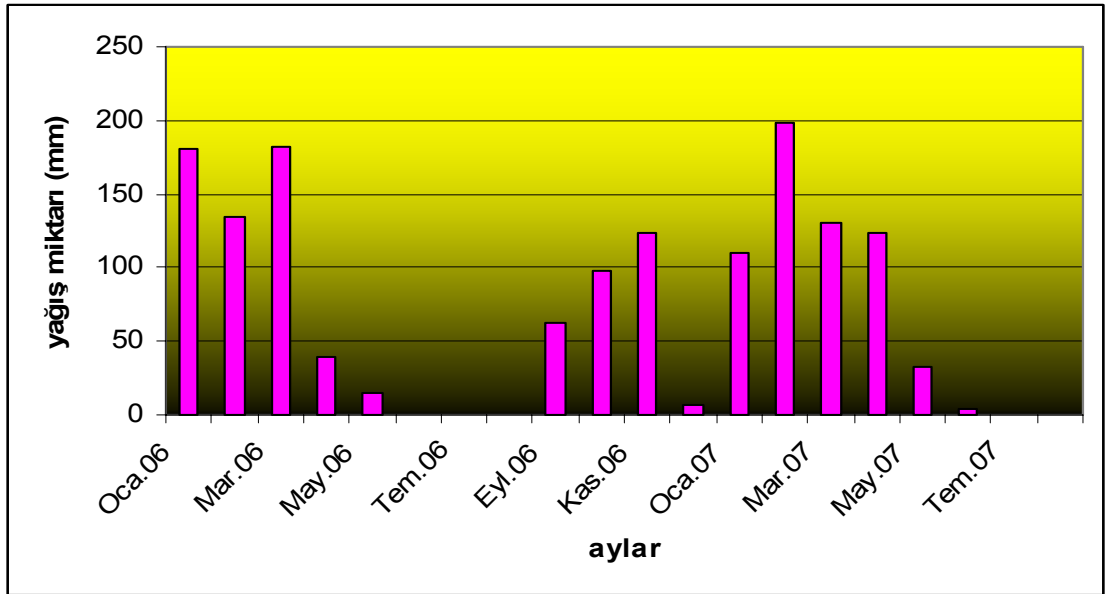
\*Dipnot: Yön harflerinin karşılığı kısaltmalar dizininde verilmiştir.

### 3.1.3.2. Çalışma Bölgesinde Yağış Özellikleri

Çalışma bölgesinde yağmurlu gün sayısının ve yağış miktarının aylara göre değişimi Şekil 3.3 ve Şekil 3.4.de verilmiştir.



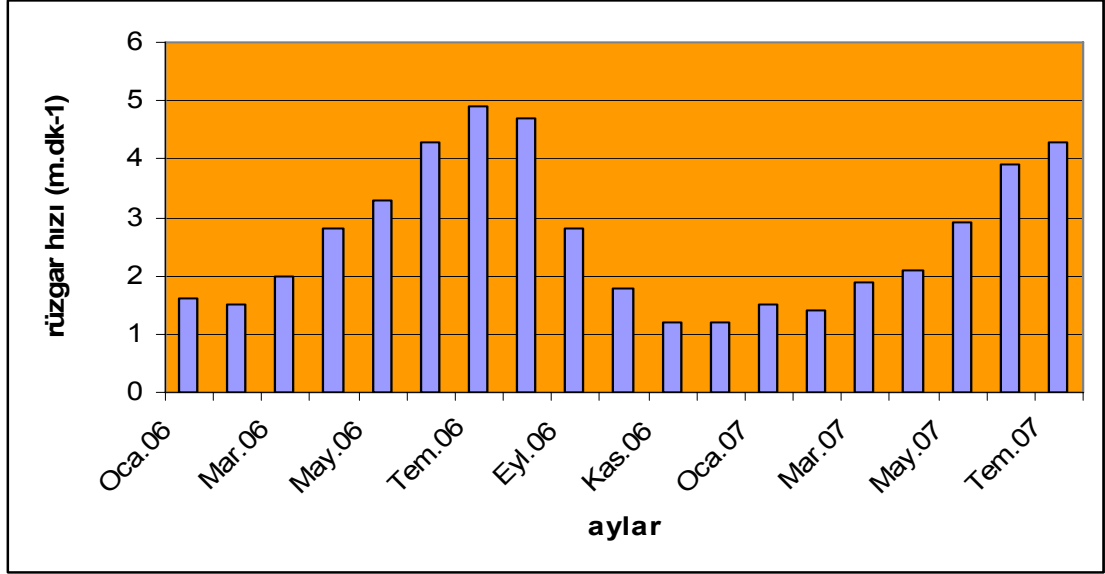
Şekil 3.3. Çalışma bölgesinde yağmurlu gün sayısının aylara bağlı değişimi



Şekil 3.4. Çalışma bölgesinde yağış miktarının aylara bağlı değişimi

### 3.1.3.3. Çalışma Bölgesinde Rüzgar Hızları

Çalışma bölgesinde ortalama rüzgar hızının aylara bağımlı olarak değişimi Şekil 3.5.de verilmiştir.



Şekil 3.5. Çalışma bölgesinde ortalama rüzgar hızının aylara bağımlı değişimi

### 3.1.4. Kullanılan Kimyasallar

Nitrik Asit (HNO <sub>3</sub> )	: % 65, Merck
Hidroklorik Asit (HCl)	: % 37, Merck
Hidroflorik Asit (HF)	: % 40, Merck
Borik Asit (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	: Merck
ICP-AES Multi Standart Çözelti	: High Purity Standarts (Multi Standart Çözelti)
Argon Gazı	:Asgaz, %99.998 saf

### 3.1.5. Kullanılan cihazlar

<b>High-Volume Air Sampler</b>	: <u>Marka</u>	: Graseby Andersen GMW
(Yüksek hacim hava örnekleyicisi)	<u>Hava Emiş Hızı</u>	: 1,13 m <sup>3</sup> dk <sup>-1</sup>
	<u>Seri No</u>	: 4223 PM <sub>10</sub>
	<u>Referans Metot No</u>	: RFPS-1287-063

Voltajı : 220 V

### ICP-AES

#### (İndüktif Eşleşmiş Plazma

#### -Atomik Emisyon Spektroskopisi)

Marka : Varian Liberty Series II

Gaz Akış Hızı : 15 ml dk<sup>-1</sup>

PMT Voltajı : 650 V

### Çalışma Prensibi

Alev emisyon spektrofotometresinde alevin görevi elementi önce atomlaştırmak daha sonra oluşan atomları uyarılmış enerji düzeyine çıkarmaktır. Yöntemin prensibinde analiz edilecek madde önce atomlaştırılır daha sonra uyarılır. Uyarılan atom, temel enerji düzeyine dönerken bir ışımaya yapar. Yayılan bu ışımaya analizi yapılacak elementin karakteristik dalga boyundadır. Yayılan ışınların şiddeti örnek içerisindeki analiz yapılan elementin derişimi ile doğru orantılıdır.

**Mikrodalga Fırın** : Marka : Mars 5 Cem XP 1500

**Filtre Kağıdı (PM<sub>10</sub> için)** : Marka : Whatman

Kodu : 41

Çapı : 20.3 x 25.4 cm

Katalog No : 1441-866

Malzeme : Selüloz

**Filtre Kağıdı (Süzme için)** : Marka : Schleicher & Schuell

Kodu : Mavi bant, 589

Çap : 11 cm

Malzeme : Selüloz

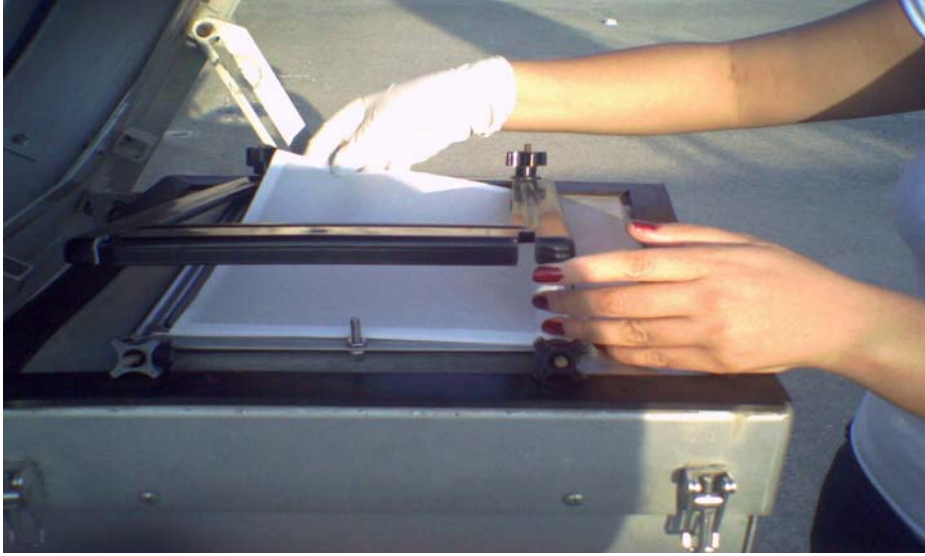
## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Örneklerin Toplanması

Hava örneklerinin toplanmasına Ocak 2006'da başlanmıştır. Örnekler 48 saatlik periyotlarla alınmış ve yaklaşık 260 örnek toplanmıştır. 2007 yılının Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında 48 saatlik periyotlar halinde gece ve gündüz ölçümleri farklı filtre kağıtları üzerinde yapılmıştır. Mustafa Kemal Üniversitesi Eğitim Fakültesi çatısına kurulan istasyonda, HVPM<sub>10</sub> (havada bulunan 10 µm ve daha altındaki partikülleri toplayan yüksek hacim hava örnekleme cihazı) ile PM<sub>10</sub> parçacıkları, emiş tablasına yerleştirilen selüloz filtre kağıtları üzerinde toplanmıştır. Toplanan filtre kağıtları, analiz edilinceye kadar hava geçirmeyen plastik dosyalara koyularak, nemden uzak tutmak amacıyla desikatörde bekletilmiştir. Örnek toplama aşaması fotoğraflarla gösterilmiştir.



Resim 3.1. Hava örneklerinin toplandığı yüksek hacim hava örnekleme cihazı



Resim 3.2. Filtre kağıtlarının cihazdan alınması

### 3.2.2. Örneklerin Analize Hazırlanması

Hava örneklerinin ICP-AES cihazına hazırlanması için üzerinde  $PM_{10}$ 'un toplandığı filtre kağıtları 4 parçaya bölündü. Bölme işlemi yapılırken metal derişiminin değişmemesi için misina ipi kullanıldı. İlk olarak 2'ye daha sonra 4'e katlanan filtre kağıtları Resim 3.3'de görüldüğü gibi iple kesildi. Kesilen parça tekrar 2 parçaya katlanarak aynı şekilde kesildi. Toplam 260 örnekle çalışıldı.



Resim 3.3 Filtre kağıtlarının kesilme işlemi



Filtre kağıtlarının yaklaşık 1/4 lük kısmı alınarak, mikrodalga fırının hücrelerine koyuldu. Üzerlerine 10 ml kral suyu ( 7,5 ml HCl ve 2,5 ml HNO<sub>3</sub> ) ve 10 ml HF eklendi. 30 dakikalık bir programla 220 °C sıcaklık ve 260 PSI basınçta çözünürleştirme işlemi yapıldı. Mikrodalga fırından çıkan örnekler % 4 lük borik asit çözeltisi ile 50 ml ye seyreltilerek, kapalı plastik şişelerde muhafaza edildi. Filtre kağıdından gelen metal derişimlerini belirlemek amacıyla, aynı işlemler boş filtre kağıdı için de yapıldı. Örneklerin analizinde kullanılan cihazlar Resim 3.4 ve 3.5’de gösterilmiştir.



Resim 3.4. Filtre kağıtlarının çözünürleştirildiği mikrodalga fırın



Resim 3.5. Çözünürleştirme işleminin yapıldığı hücreler



### 3.2.3. Örneklerin Analizi

Hazırlanan çözeltiler ICP-AES cihazında aşağıda verilen çalışma koşullarında analiz edildi:

Torch	: Demountable Quartz Torch
Nebulizer	: Concentric Glass Nebulizer
Plazma Gaz Hızı	: 15 L dk <sup>-1</sup>
Auxiliary Gaz Hızı	: 1,5 L dk <sup>-1</sup>
PMT Voltaj	: 650 V
Güç	: 1,2 W
İntegrasyon	: 1,5 s
Pompa Hızı	: 15 rpm
Numune Seyreltme Süresi	: 15 s
Replikasyon	: 3

ICP-AES cihazı ve analiz işlemleri resim 3.6 ve 3.7'de gösterilmiştir.



Resim 3.6. ICP-AES cihazı



Resim 3.7. Çözünürleştirilen filtre kağıtlarının cihaza verilmesi

Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Al, Ca, Fe, K, Mg, Na ve Zn elementlerini içeren High Purity Standarts marka multi element standart çözeltisinden, makro elementler (K, Na, Fe, Ca, Mg ve Al) için 1, 5, 10, 20, ve 40 ppm; mikro elementler (Ba, Cu, Mn, Pb, Zn ve Cr), için 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 ppm derişimdeki çözeltiler hazırlanarak, kalibrasyon için kullanıldı. Çalışılan elementlerin ICP cihazındaki dalga boyu ve dedeksiyon limiti değerleri Çizelge 3.2 de verilmiştir.

Çizelge3.2. ICP-AES’de yapılan ölçümlerde elementler için seçilen dalga boyları ve bu dalga boylarındaki dedeksiyon limitleri

Metal	Dalga boyu(nm)	Dedeksiyon Limiti ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	Metal	Dalga boyu (nm)	Dedeksiyon Limiti ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	Metal	Dalga boyu(nm)	Dedeksiyon Limiti ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )
Ba	413,066	0,010	Mn	403,076	0,04	Fe	259,940	0,30
Cd	228,802	0,30	Ni	352,454	0,60	K	766,490	8,00
Co	345,350	0,30	Pb	405,783	2,00	Mg	383,826	0,02
Cr	357,896	0,30	Al	396,152	0,70	Na	589,592	0,30
Cu	224,700	0,50	Ca	393,066	0,005	Zn	213,856	0,20

ICP-AES cihazının ölçüm doğruluğunu anlayabilmek için numune analizlerinden önce, BCR-142R toprak örneği referans alınarak, bu örneğin bileşimindeki Co, Cu, Pb, Mn, Ni, Cd ve Zn metallerinin analizi yapılmıştır.

Bu aşamadan sonra yapılan numune okumaları cihazdan ppm birimi cinsinden alınarak, her elementin derişimi aşağıda verildiği gibi  $\mu\text{g m}^{-3}$  olarak hesaplandı:

Cihazda okunan örnek değeri-Blank\*\* değeri = X ppm (mg/L)

Blank\*\* = Boş filtre kağıdı okuma değeri

$$X \text{ mg} / 1000 \text{ ml} \times 50 \text{ ml} \times 1 \mu\text{g} / 10^{-3} \text{ mg} = A \mu\text{g}$$

Cihazdan 1 dakikada yaklaşık  $1.13 \text{ m}^3$  hava geçtiği için, örnekleme süresince cihazdan geçen hava miktarı aşağıdaki formülle hesaplandı:

$$B = \text{Örnek alma süresi (dk)} \times \text{cihazdan geçen hava miktarı (m}^3/\text{dk)}$$

Cihazdan geçen hava miktarı  $1,13 \text{ m}^3/\text{dk}$  olarak alınmıştır.

$$\text{Element derişimi} = A \mu\text{g} / B \text{ m}^3$$

### 3.2.5. Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

#### 3.2.5.1. Elementlerin Zenginleştirme Faktörleri

Atmosferdeki partikül maddelerin belli başlı doğal kaynakları toprak, deniz tuzu, volkanik toz ve gazlar olarak sıralanır. Ancak partiküler maddelerin bir kısmı da antropojenik kökenli olup yanma prosesleri, metalurji ve ulaşım nedeniyle de ortaya çıkarlar. Zenginleştirme faktörleri  $(EF)_E$  havada partikül madde bileşimindeki elementlere antropojenik katkının olup olmadığını belirlemeye yardımcı olur. Elementlerin  $(EF)_E$  değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanır. (Hamzaoğlu, 1998)

$$(EF)_E = (C_E \setminus C_{AI}) \text{ ÖRNEK} \setminus (C_E \setminus C_{AI}) \text{ YER KABUĞU} \quad \text{Eşitlik 3.1}$$

$(EF)_E$  : E elementi için zenginleştirme faktörü

$(C_E \setminus C_{Al})$  ÖRNEK : Partikül madde içindeki E metali derişiminin partikül madde içindeki Al metali derişimine oranı

$(C_E \setminus C_{Al})$  YER KABUĞU : Yer kabuğunda E metali derişiminin yerkabuğundaki Al metali derişimine oranı

Yukarıdaki denklem ile hesaplanan  $(EF)_E$  değeri 1-10 arasında ise, havadaki partikül madde tamamen yer kabuğu kökenlidir. 10-100 arasında ise element orta derecede zenginleştirilmiş olup, elemente katkının büyük çoğunluğunun yerkabuğu olduğu düşünülür. Eğer element antropojenik bir kaynak tarafından zenginleştiriliyorsa  $(EF)_E$  değeri 100'den büyük olmalıdır.

$(EF)_E$  değeri element miktarına doğal veya antropojenik kaynakların katkısını belirleyemez. Sadece yer kabuğu dışında katkı olup olmadığını anlamamıza yardımcı olur (Hamzaoğlu, 1998).

### 3.2.5.2. Korelasyon Katsayısı

Yapılan çalışmada istasyonda toplanan metal derişimlerinin birbirleriyle olan ilişkisi ortaya konmuştur. Bu amaçla Eşitlik 3.2 den yararlanılmıştır (Örnektekin, 1998).

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) \sum (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad \text{Eşitlik 3.2}$$

r : Korelasyon katsayısı

$X_i$  : X metalinin dönemler bazında havadaki derişimi

$\bar{X}$  : X metalinin dönemler bazında havadaki ortalama derişimi

$Y_i$  : Y metalinin dönemler bazında havadaki derişimi

$\bar{Y}$  : Y metalinin dönemler bazında havadaki ortalama derişimi

r korelasyon katsayısı 1'e yaklaştıkça havadaki metallerin arasında o denli lineer bir ilişki vardır. Korelasyon, partikül madde içindeki farklı elementlerin birbirleriyle ilişkisini bulmakta en önemli istatistiksel metotlardan biridir. Aynı zamanda elementlerin atmosferdeki ortak taşınımaları ya da ortak kaynakları konusunda bilgi verebilir.

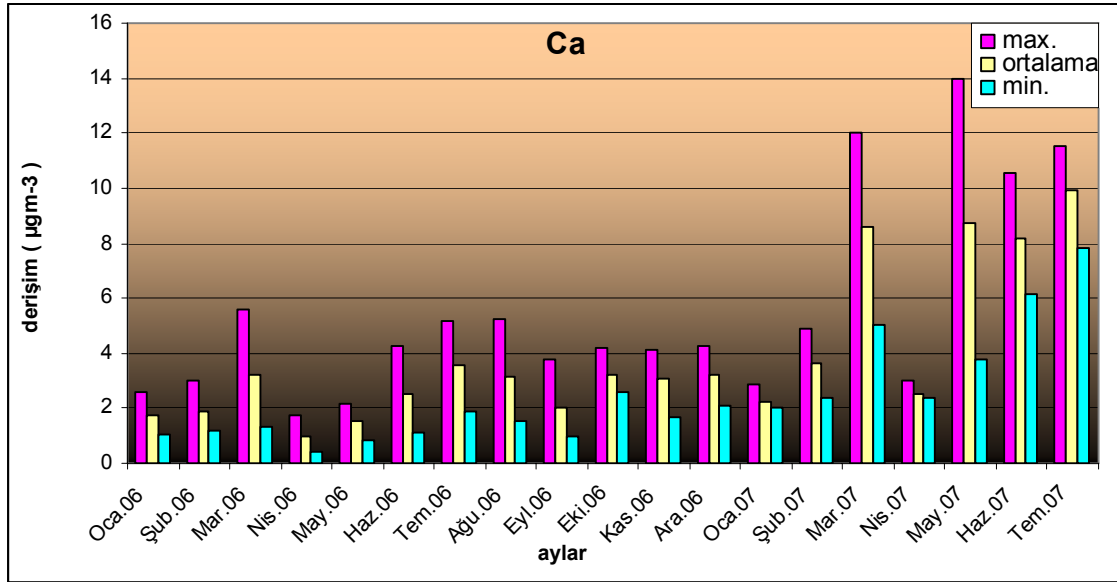
## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Havadaki Metal Derişimleri

#### 4.1.1. Havadaki metal derişimlerinin aylara bağlı değişimi

Mustafa Kemal Üniversitesi Şehir merkezindeki kampüsünde kurulan istasyonda Ocak 2006-Temmuz 2007 tarihleri arasında 19 ay süresince Yüksek Hacim Hava Örnekleycisi ile havadaki 10 µm çapındaki PM<sub>10</sub> parçacıklarını içeren 260 örnek toplanmıştır. Hava örneklerindeki partikül madde kompozisyonunu belirlemek için Ba, Cr, Cu, Mn, Pb, Al, Ca, Fe, K, Mg, Na ve Zn metallerinin derişimleri µg.m<sup>-3</sup> cinsinden belirlenmiştir. Ayrıca Cd, Co ve Ni metallerine de bakılmış ancak bu metallere toplanan örneklerde rastlanmamıştır.

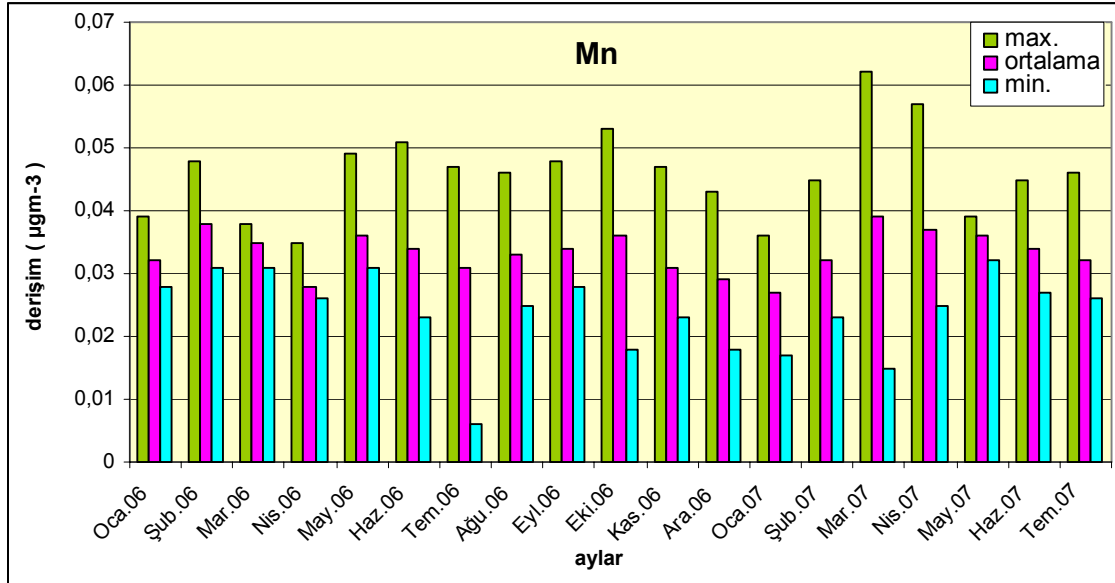
Hava ölçüm istasyonunda toplanan metallerin Ocak 2006-Temmuz 2007 dönemleri arasındaki aylık değerleri µg.m<sup>-3</sup> cinsinden Ek1’de verilmiştir. Metallerin aylık ortalama derişimleri, aylar arasında karşılaştırma yapabilmek için ayrı ayrı grafiğe geçirilmiştir.



Şekil 4.1. Ca metalinin derişiminin aylara bağlı değişimi

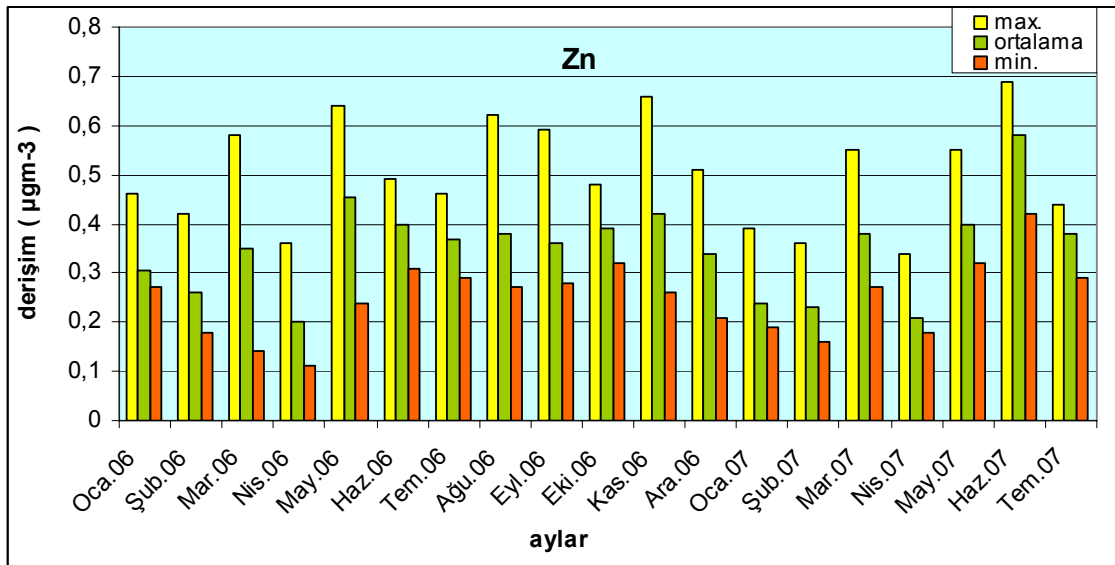
Ölçüm yapılan tüm aylarda Ca metaline rastlanmıştır. Bu aylar içerisinde en yüksek derişim değeri Temmuz 2007’de 9,91 µg.m<sup>-3</sup> olarak ölçülmüştür. En düşük değer ise

0,98  $\mu\text{g.m}^{-3}$  olarak Nisan 2006'da ölçülmüştür. 2006 ve 2007 yıllarında Ocak-Temmuz ayları arasında periyodik bir değişim gözlenmektedir.



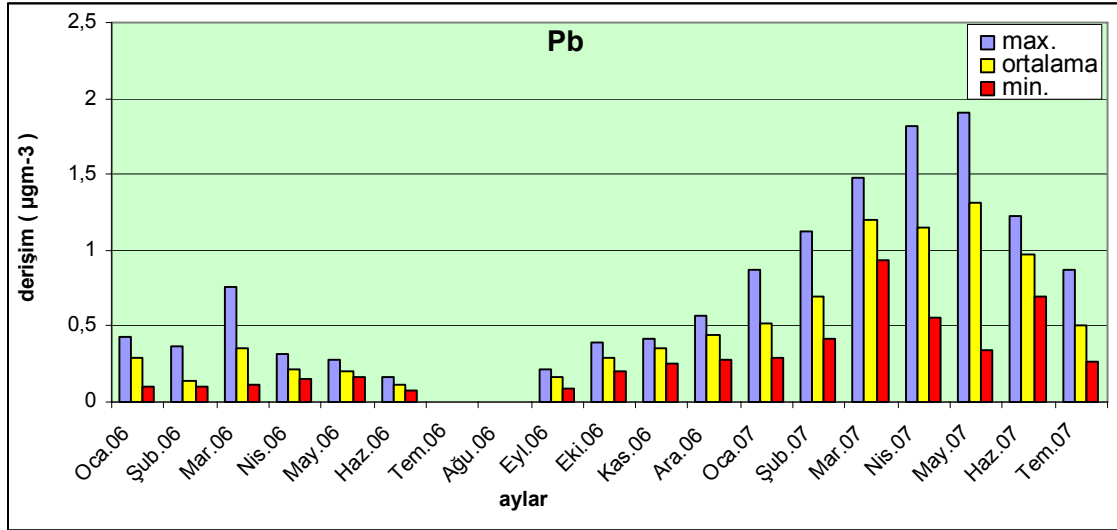
Şekil 4.2. Mn metali derişiminin aylara bağıli değişimi

Ölçüm yapılan tüm aylarda Mn metaline rastlanmıştır. Bu aylar içerisinde en yüksek değer 0,039  $\mu\text{g.m}^{-3}$  ile Mart 2007'ye, en düşük değer ise 0,027  $\mu\text{g.m}^{-3}$  ile Ocak 2007' ye aittir. Mn elementi mevsimsel olarak çok büyük bir derişim farkı göstermemektedir.



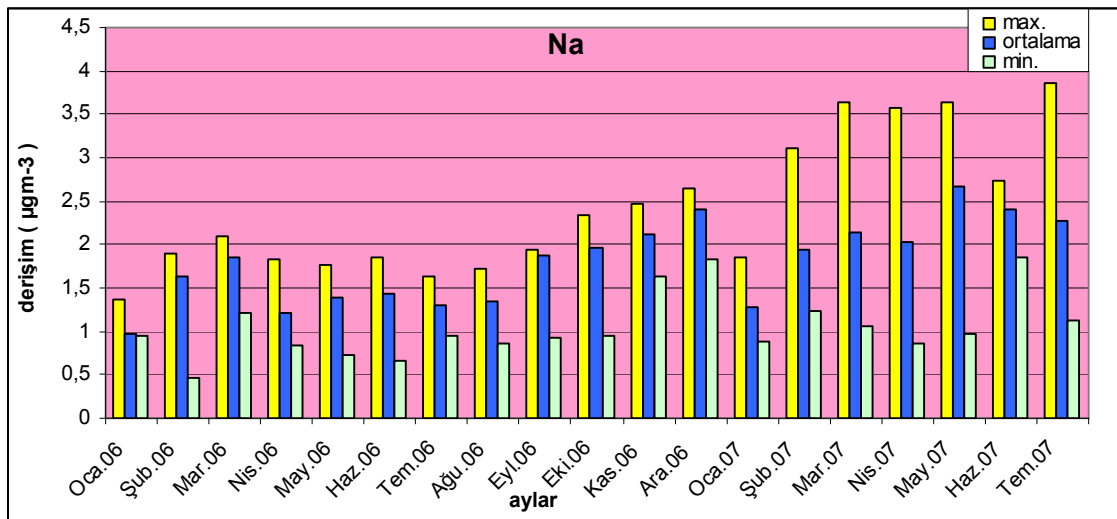
Şekil 4.3. Zn metali derişiminin aylara bağıli değişimi

Zn metali her dönemde gözlenmiştir. En yüksek değeri  $0,58 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak Haziran 2007’de, en düşük değeri  $0,2 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak Nisan 2006’da ölçülmüştür. 2006 ‘da en yüksek derişim Mayıs ayında, 2007 ‘de en yüksek derişim ise Haziran ayında bulunmuştur.



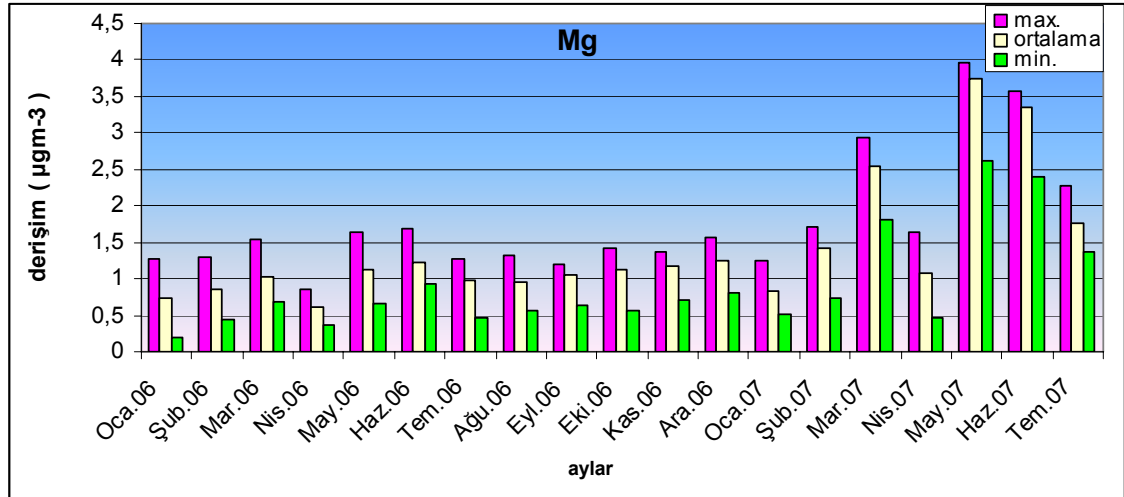
Şekil 4.4. Pb metali derişiminin aylara bağlı değişimi

Temmuz 2006 ve Ağustos 2006’da hava örneklerinde Pb metali tespit edilememiştir. En yüksek derişim değeri Mayıs 2007’de  $1,31 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak bulunmuştur. 2006’da en yüksek derişim Aralık ayında, 2007’de en yüksek derişim ise Mayıs ayında belirlenmiştir. 2006 yılında kış dönemi derişimleri yaz ve bahar aylarından yüksektir.



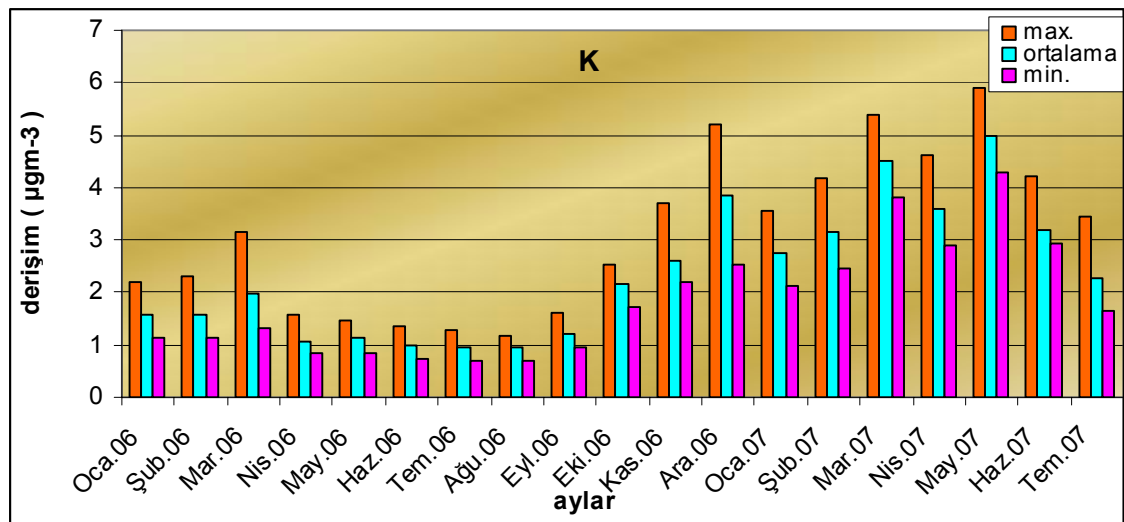
Şekil 4.5. Na metali derişiminin aylara bağlı değişimi

Na metali ölçüm yapılan tüm aylarda gözlenmiştir. Metalin tüm aylar içerisinde en yüksek derişimi Mayıs 2007'de  $2,67 \mu\text{g.m}^{-3}$ , en düşük derişimi ise Ocak 2006'da  $0,98 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak bulunmuştur. 2006-2007 yılı arasında periyodik bir değişim görölmüştür.



Şekil 4.6. Mg metali derişiminin aylara bağlı değişimi

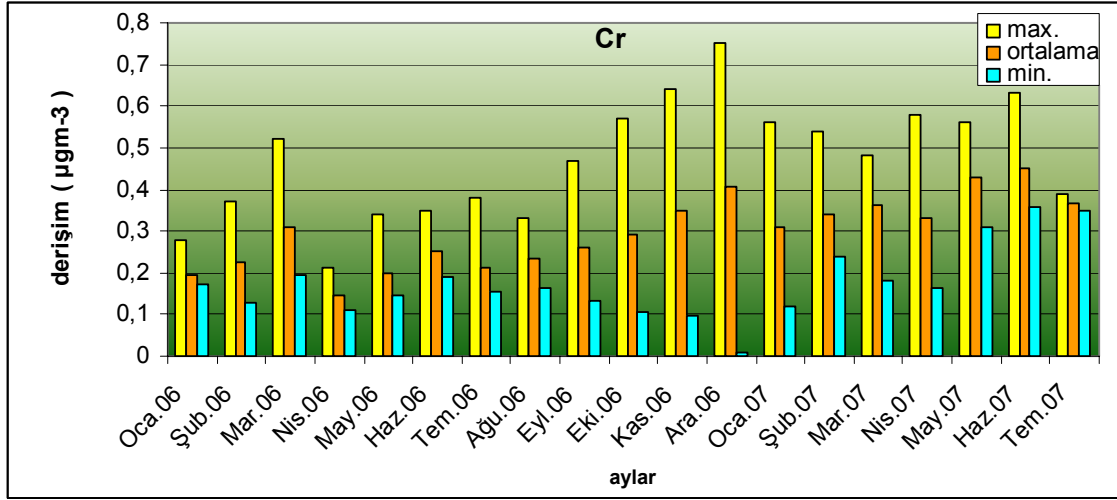
Ölçüm yapılan tüm aylarda Mg metaline rastlanmıştır. Bu aylar içerisinde en yüksek değer  $3,73 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak Mayıs 2007'de, en düşük değer ise  $0,62 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak Nisan 2006'da gözlenmiştir. 2006 ve 2007 yılları arasında Mg metali derişimi periyodik olarak değişmektedir.



Şekil 4.7. K metali derişiminin aylara bağlı değişimi

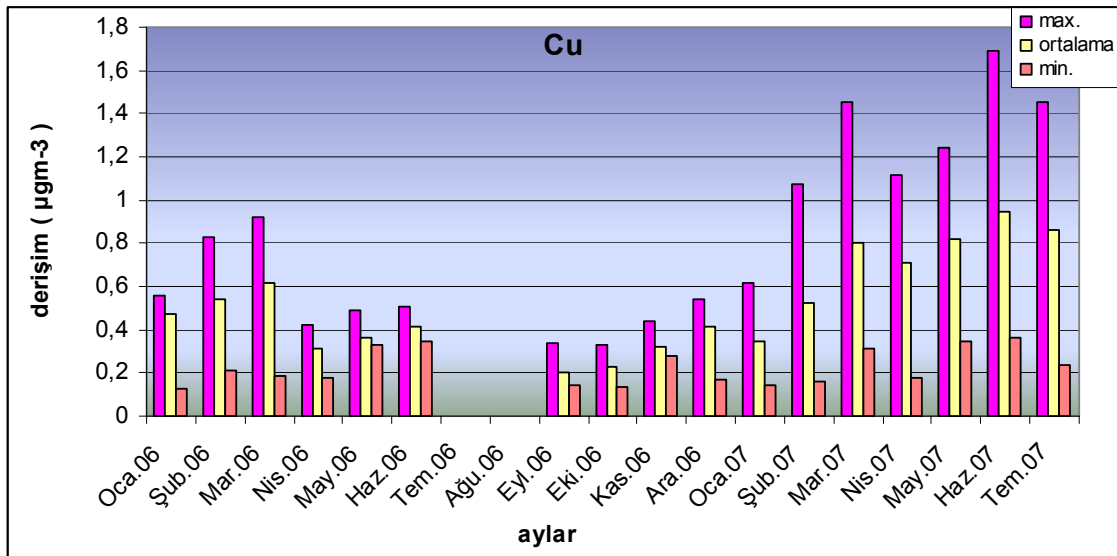


Ölçüm yapılan tüm aylarda K metaline rastlanmıştır. Bu aylar içerisinde en yüksek değer  $5,0 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak Mayıs 2007’de, en düşük değer ise  $0,95 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak Ağustos 2006’da bulunmuştur. 2006 yılında kış ayları derişimi daha yüksek belirlenmiştir. 2006 ve 2007 yıllarında metal derişimleri kendi içinde periyodik bir değişim göstermiştir.



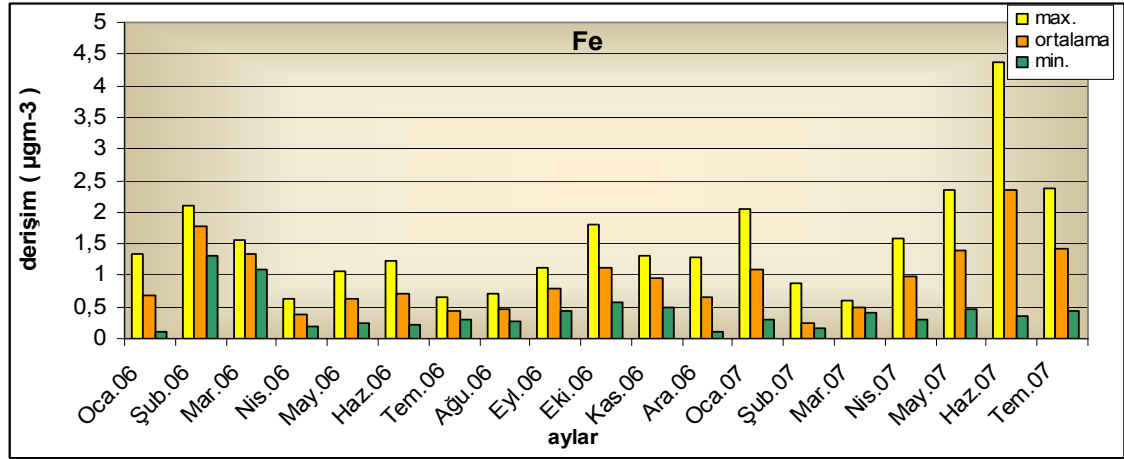
Şekil 4.8. Cr metali derişiminin aylara bağlı değişimi

Ölçüm yapılan tüm aylarda Cr metaline rastlanmıştır. Bu aylar içerisinde en yüksek değer  $0,45 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak Haziran 2007’de, en düşük değer ise  $0,147 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak Nisan 2006’da gözlenmiştir. 2006 yılında kış dönemi değerleri, yaz ve bahar aylarından yüksek bulunmuştur. 2006-2007 yıllarında metal derişimlerinde periyodik bir değişim görülmüştür.



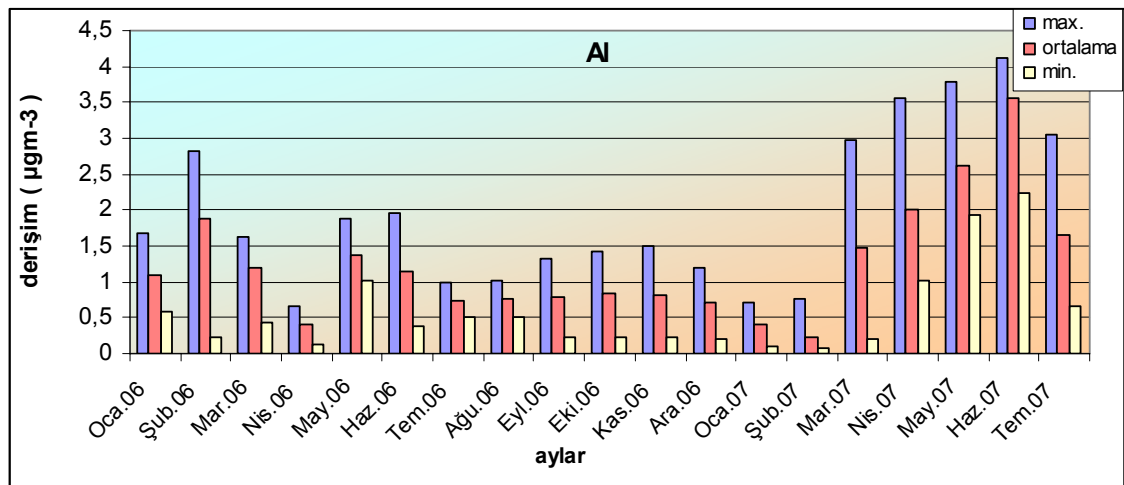
Şekil 4.9. Cu metali derişiminin aylara bağlı değişimi

Temmuz 2006 ve Ağustos 2006'da hava örneklerinde Cu metali tespit edilememiştir. En yüksek değer Haziran 2007'de  $0,95 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak, en düşük değer ise Eylül 2006'da  $0,20 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak bulunmuştur. 2006 kış ayları derişimleri bahar ve yaz aylarından yüksektir. 2006-2007 yıllarında metal derişimlerinde periyodik bir değişim görölmektedir.



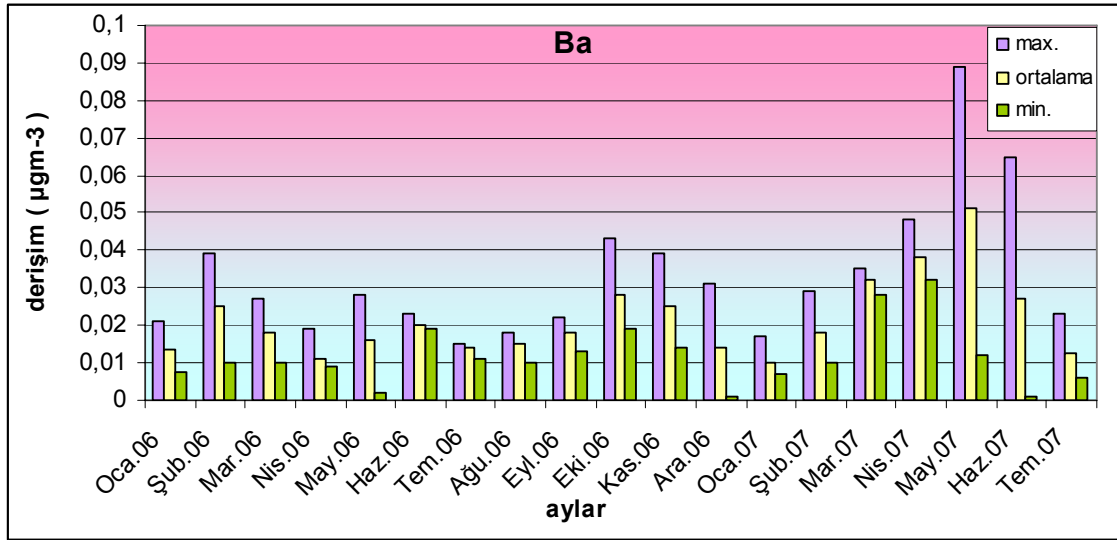
Şekil 4.10. Fe metali derişiminin aylara bağlı değişimi

Ölçüm yapılan tüm aylarda Fe metaline rastlanmıştır. Bu aylar içerisinde en yüksek değer  $2,35 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak Haziran 2007'de, en düşük değer ise  $0,258 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak Şubat 2007 'de gözlenmiştir. 2006 yılında en yüksek derişim Şubat ayında, 2007 yılında ise en yüksek derişim Haziran ayında belirlenmiştir.



Şekil 4.11. Al metali derişiminin aylara bağlı değişimi

Ölçüm yapılan tüm aylarda Al metaline rastlanmıştır. Bu aylar içerisinde en yüksek değer  $3,55 \mu\text{g.m}^{-3}$  ile Haziran 2007'ye, en düşük değer ise  $0,24 \mu\text{g.m}^{-3}$  ile Şubat 2007'ye aittir. 2006 yılında en yüksek derişim Şubat ayında, 2007 yılında ise en yüksek derişim Haziran ayında gözlenmiştir.



Şekil 4.12. Ba metali derişiminin aylara bağılı değişimi

Ölçüm yapılan tüm aylarda Ba metaline rastlanmıştır. Bu aylar içerisinde en yüksek değer  $0,051 \mu\text{g.m}^{-3}$  ile Mayıs 2007'ye, en düşük değer ise  $0,01 \mu\text{g.m}^{-3}$  ile Ocak 2007'ye aittir. Ba metali derişimi 2006 yılı değerlerine göre 2007 yılında daha yüksek çıkmıştır. Özellikle 2007 yılı baharında Ba metali yüksek derişime sahiptir.

Şekil 4.1 den 4.12 ye kadar olan grafikler incelendiğinde Ca, Al ve Fe ile Cu elementlerinin 2006 yılı aylık değişimlerinde, Yatkın ve Bayram (2006)'ın İzmir'de yaptıkları çalışma ile paralellik görülmekte olup, bu elementler için 2006 Nisan'ında en düşük derişim değerleri ölçülmüştür. Cu elementi 2006 yılı Mart ayında en yüksek derişimde bulunmuş olup, yine İzmir'deki çalışma ile paralellik göstermiştir. 2006 yılında sonbahardan itibaren insan faaliyetlerinin (okulların açılması, yazlıklardan şehir merkezine göç, havaların soğuması ile evsel ısınma faaliyetlerinin artması v.b.) artması ile antropojenik elementlerden Pb, Cu ve Cr'nin derişimlerinde artış görülmüştür. Fang ve arkadaşları da (2005) Tayvan'da yaptıkları çalışmada Pb, Cu ve Cr için aynı değişimi gözlemlemişlerdir.

2006 ve 2007 yıllarında Ocak-Temmuz ayları arasındaki metal derişimlerinin değişimi aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Cu ve Cr elementlerinin aylık derişim değişimleri aynı aylarda düşme ve yükselme göstermiş olup, Ocak'tan Mart'a kadar ve aynı şekilde Nisan'dan Haziran'a doğru derişimlerinde artış görülmektedir. Fe, Al ve Ba elementlerinin aylık derişim değerleri aynı trendi göstermiş olup, 2006 yılının Şubat ayında derişimler maksimum değere ulaşırken, 2007 yılında Şubat ayından itibaren Haziran'a kadar düzenli bir artış görülmüştür. Na, Mg ve K elementlerinin 2006 ve 2007 yıllarında derişim değişimi aynı düzen içinde görülmekte olup, hepsi Mart 2006 ve Mayıs 2007'de maksimum değer göstermektedirler. Ancak Ca, Mn, Zn, Pb hiçbir elementle aynı değişim grafiği göstermemektedir.

Rüzgar hızının maksimum değerlere ulaştığı (4,7-4,9 mdk<sup>-1</sup>) Temmuz ve Ağustos aylarında ise tespit edilemeyen Cu ve Pb ile çalışılan tüm aylarda bulunan Ca hariç, tüm metallerin Temmuz ve Ağustos aylarındaki derişimlerinin çok fazla değişmediği görülmektedir.

Fe ve Al metallerinin derişimlerinde 2007 yılının Mart ayından Mayıs ayına doğru hızlı bir yükselme görülmüştür. Bu artışlar Kubilay ve Saydam (1995b)'ın Kuzeydoğu Akdeniz'de yaptıkları çalışma ile örtüşmekte olup, SW ve SSW'den esen rüzgarların da etkisi ile Fe ve Al metallerinin Sahra tozları ile Antakya atmosferine de taşındığını desteklemektedir.

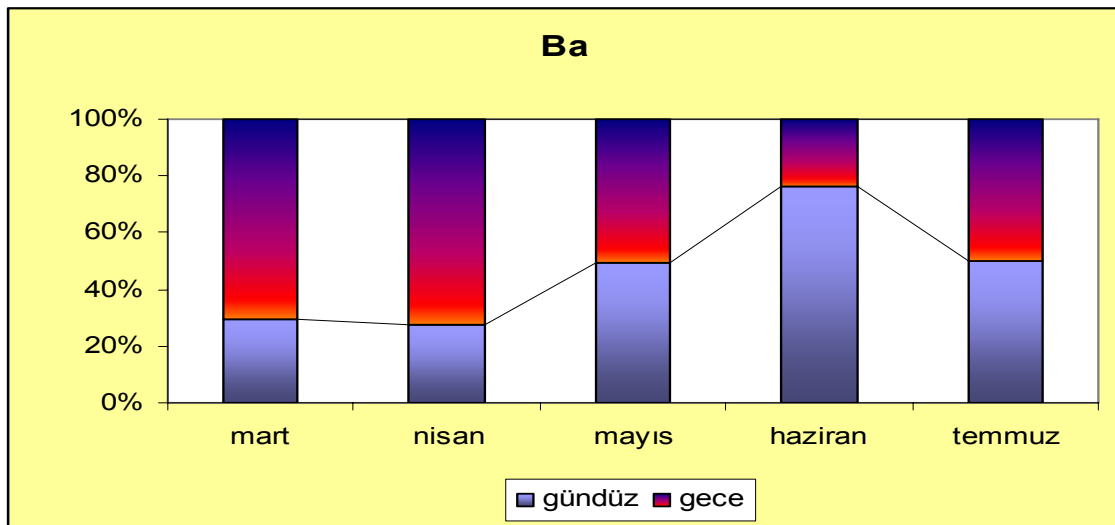
Tüm metal derişimleri göz önüne alındığında, genel olarak 2007 yılının ilk yedi aylık değerlerinin 2006 yılının ilk yedi aylık değerinden çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Meteorolojik faktörlerin PM<sub>10</sub> içindeki metallerin aylık değişimi ile ilgisi incelendiğinde, rüzgarın esiş yönü metallerin denizden, yüzey toprağından ve trafik emisyonlarından taşınmasında etkili olmaktadır (Hien ve ark., 2002, Vallius ve ark., 2004, Yatkın ve Bayram, 2006). Bu çalışmada da Antakya şehir atmosferindeki PM<sub>10</sub> içerisindeki metal derişimlerinin aylara bağlı değişiminin rüzgar yönü ile ilişkisi incelenmiştir. 2006 yılının Ocak-Haziran aylarında (Şubat hariç) hakim rüzgar yönü SW ve SSW'dir. Ancak 2007 yılının Ocak-Haziran ayları arasında rüzgar hem SW, SSW hem de NE, NNE'den esmiştir. Bu durum şehrin kuzeydoğusunda yer alan, küçük sanayi sitesi, Türkiye'nin en büyük tarım alanlarından biri olan Amik Ovası ve Antakya'yı diğer merkezlere bağlayan karayolundan antropojenik kökenli elementlerle,

toprak kökenli elementlerin ve şehrin güneybatısında yer alan Akdeniz kıyısındaki Samandağ grabeni üzerinden deniz kökenli elementlerin, aynı anda Antakya şehir atmosferine taşınmasında etkin olmuştur. 2007 yılındaki metal derişimlerinin 2006 yılının aynı döneminden daha yüksek çıkması bu durumu açıkça göstermektedir. En yüksek artış Pb ve Cr elementlerinde görülmüş olup, toplam Pb derişimi 2007'de 2006'ya göre 4,5 kat; toplam Cr derişimi ise 1,7 kat artış göstermiştir.

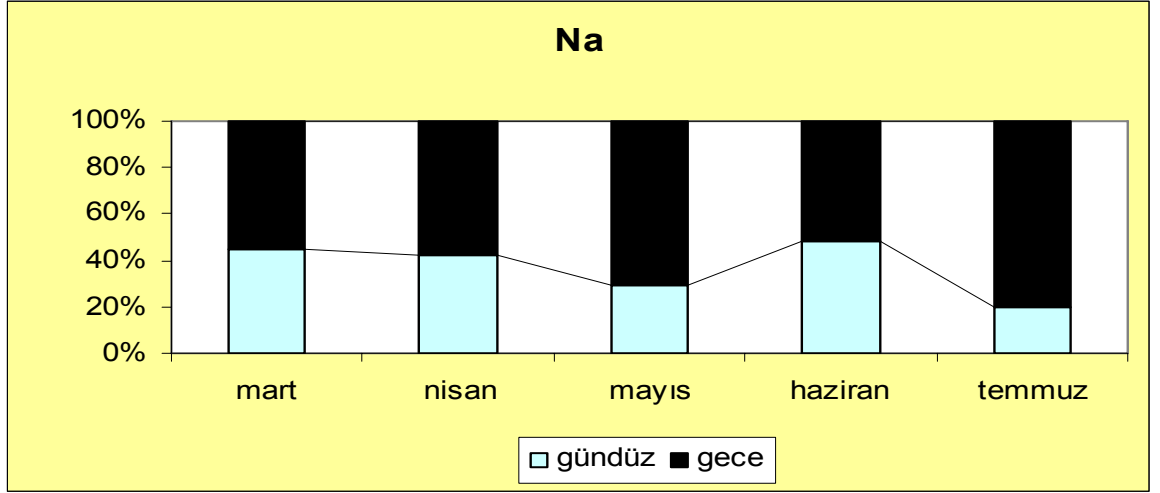
Çizelge 3.1.'de görüldüğü gibi 2007 yılında rüzgar hızı 2006 yılının aynı döneminden daha düşük esmiştir. Rüzgar hızının düşük olduğu dönemlerde havadaki partiküller şehir atmosferinde daha uzun süre asılı kalabilmektedir. Rüzgarın 2007 yılında hem farklı yönlerden esmesi hem de hızının düşmesi PM<sub>10</sub> içindeki metal derişimlerinin artmasına neden olmuştur. Ayrıca rüzgar hızının oldukça düşük olduğu 2006 yılının son dört ayında (Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık ayları) Ba, Fe, Al, Mn, Cr, Zn, Pb, K, Mg, Cu ve Na metallerinin derişimlerinin arttığı görülmektedir.

#### 4.1.2. Havadaki metal derişiminin örnek toplama zamanına bağlı değişiminin incelenmesi

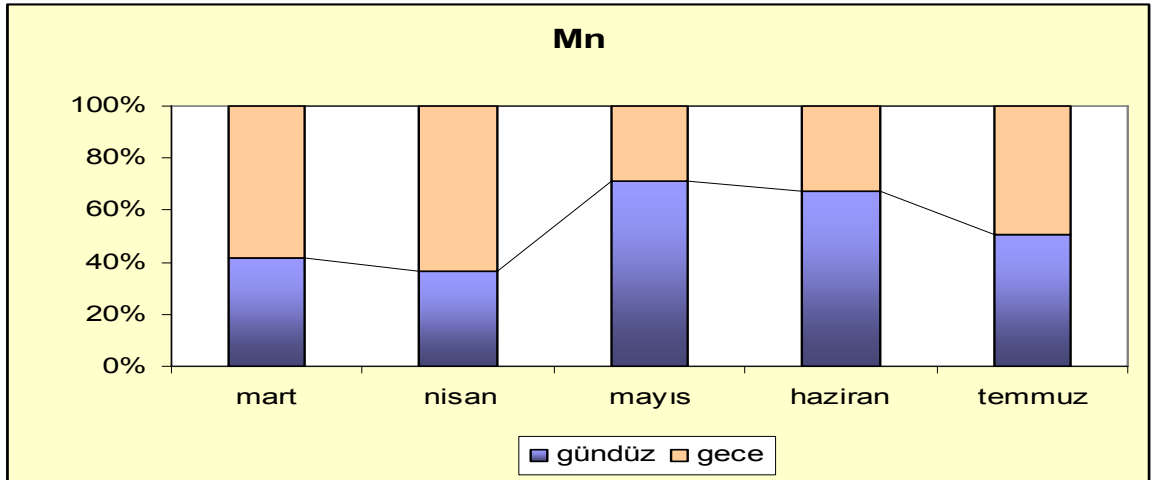
2007 yılının Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında gece ve gündüz arasındaki metal derişim farkını görebilmek için hava örnekleri Sabah 08:00-Akşam 17:00; Akşam 18:00- Sabah 07:00 saatleri arasında ayrı filtre kağıtları üzerinde toplanmıştır. Örnek toplama süresi 48 saat olarak sabit tutulmuştur. Gece ve gündüz derişim farkı her metal için ayrı ayrı şekillerle gösterilmiştir.



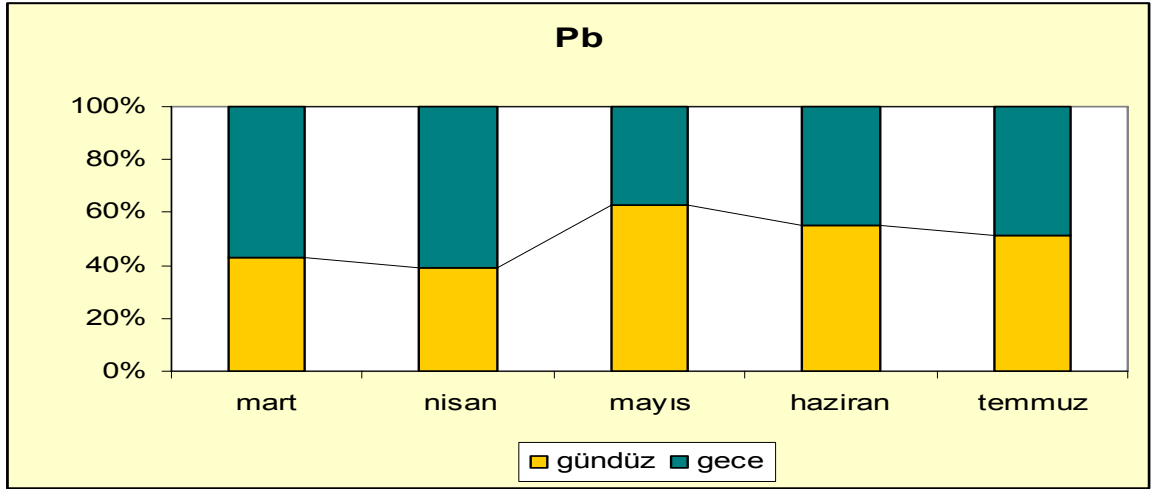
Şekil 4.13. Ba metalinin gece-gündüz derişim farkı



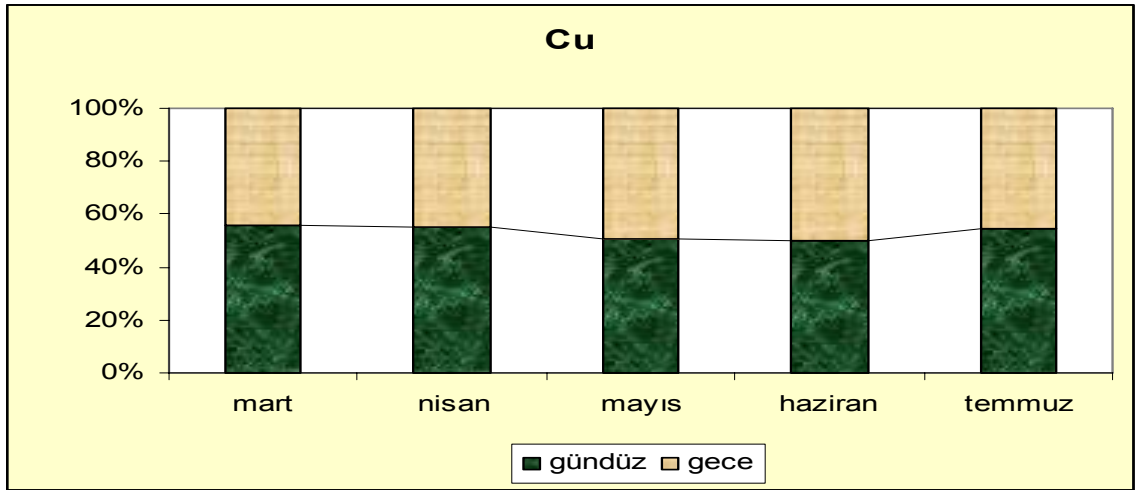
Şekil 4.14. Na metalinin gece-gündüz derişim farkı



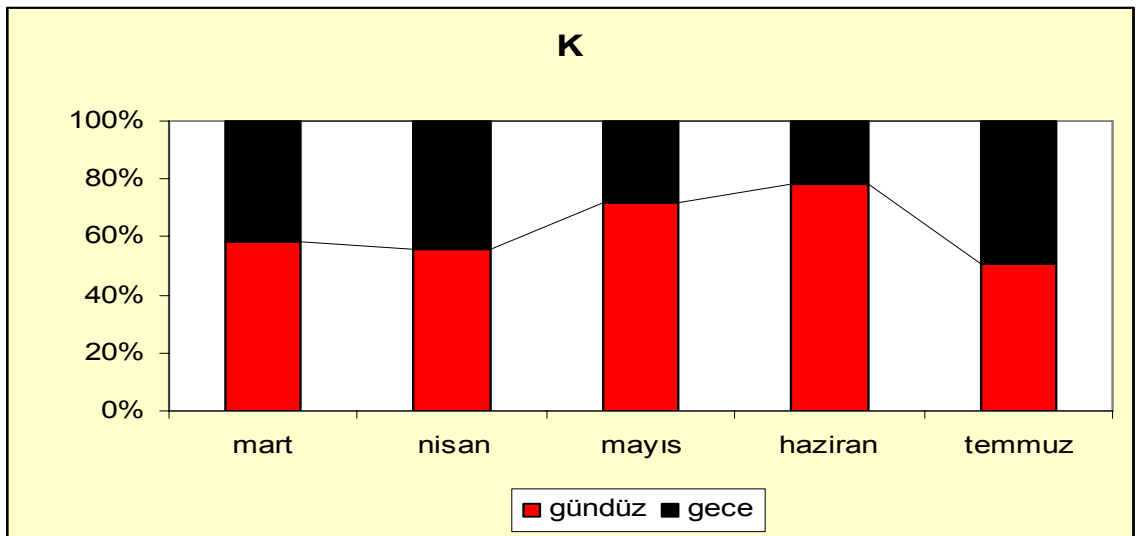
Şekil 4.15. Mn metalinin gece-gündüz derişim farkı



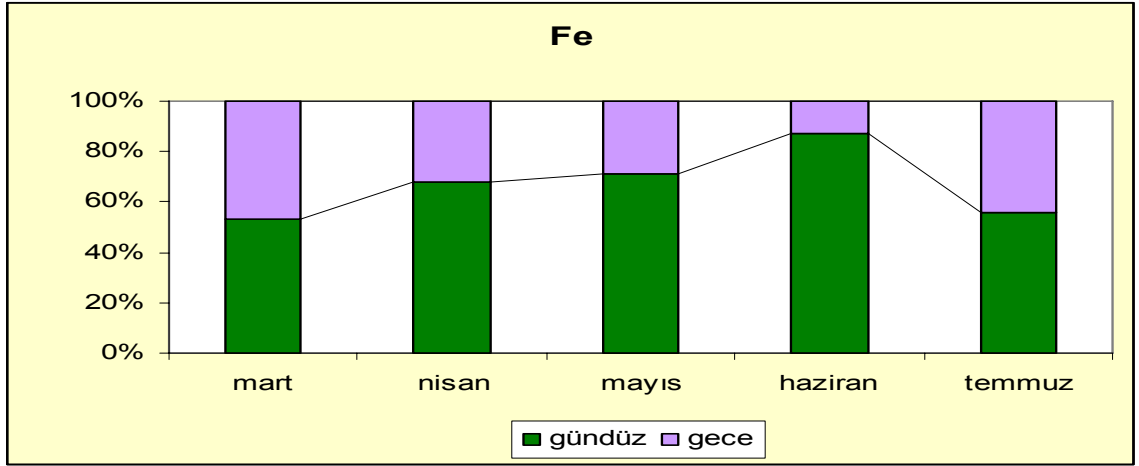
Şekil 4.16. Pb metalinin gece-gündüz derişim farkı



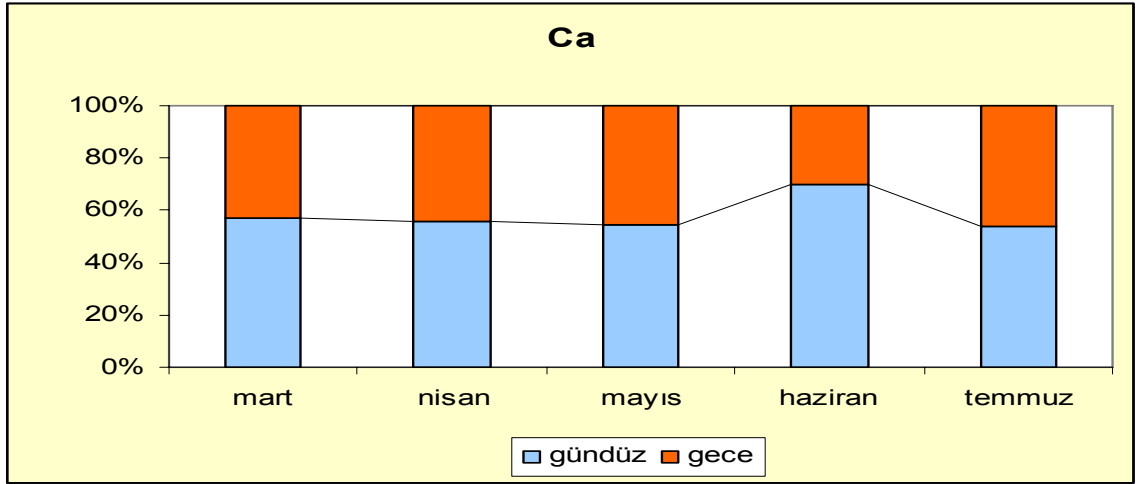
Şekil 4.17. Cu metalinin gece-gündüz derişim farkı



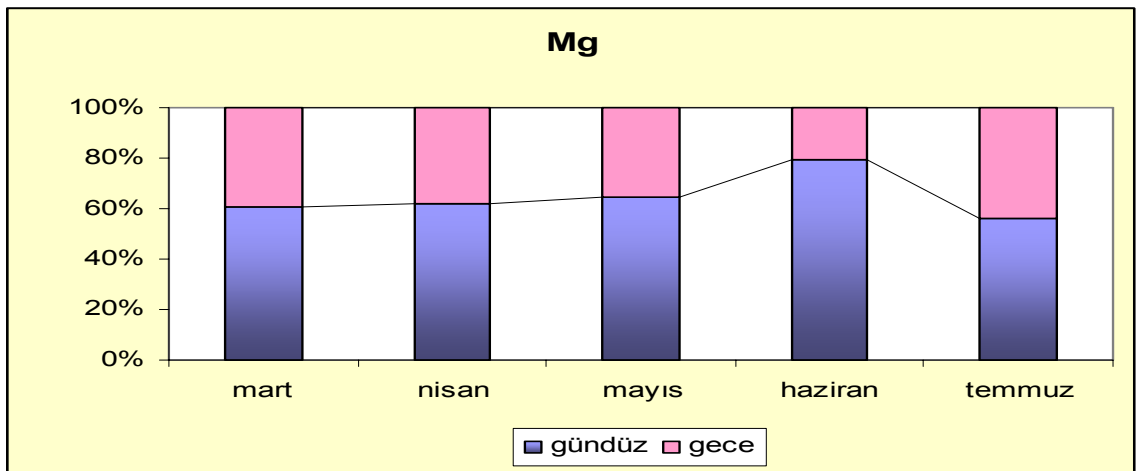
Şekil 4.18. K metalinin gece-gündüz derişim farkı



Şekil 4.19. Fe metalinin gece-gündüz derişim farkı

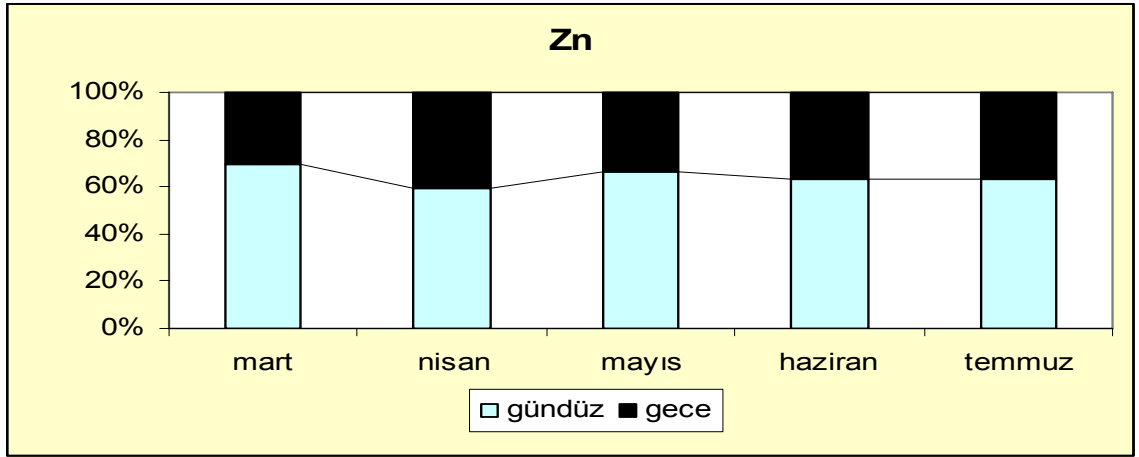


Şekil 4.20. Ca metalinin gece-gündüz derişim farkı

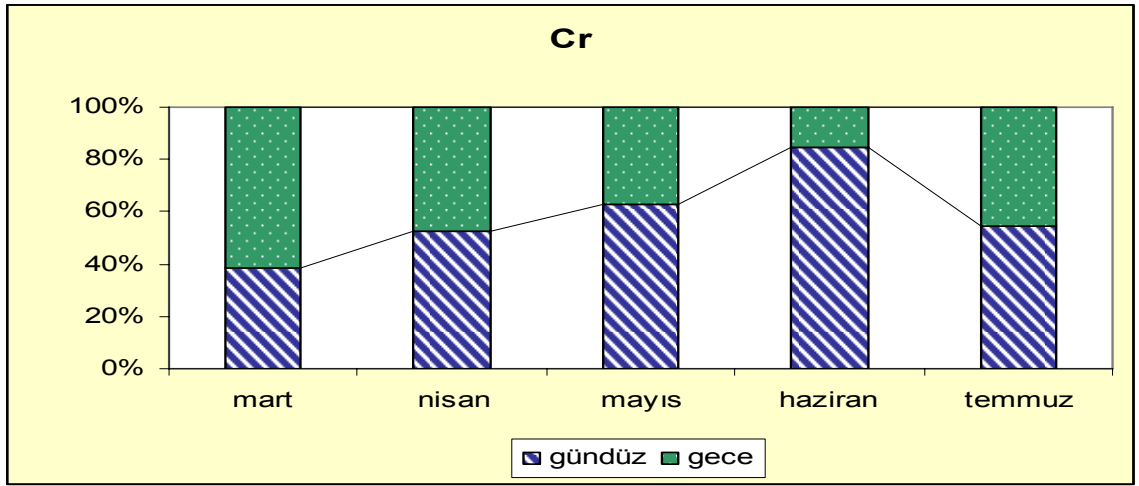


Şekil 4.21. Mg metalinin gece-gündüz derişim farkı

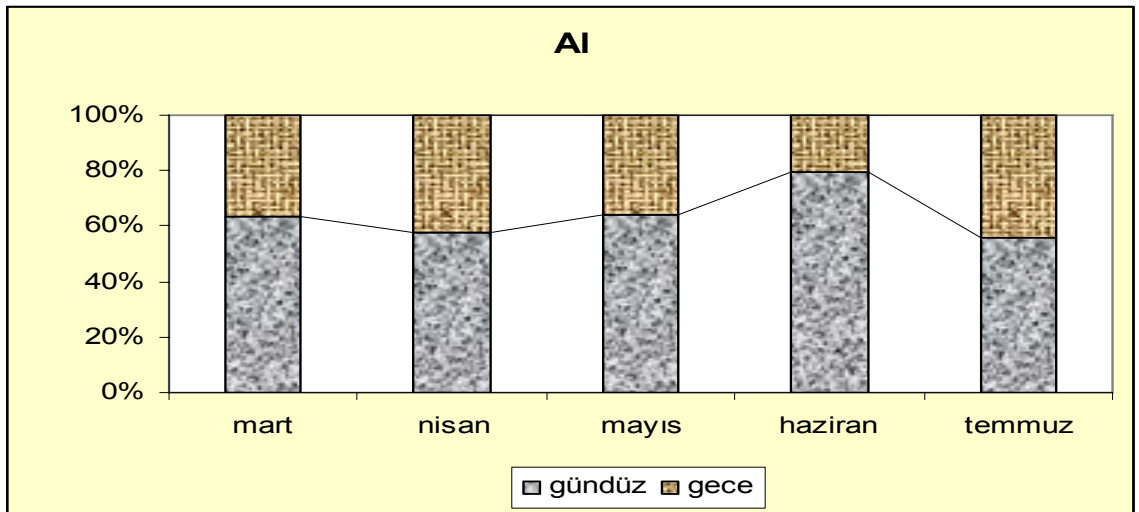




Şekil 4.22. Zn metalinin gece-gündüz derişim farkı



Şekil 4.23. Cr metalinin gece-gündüz derişim farkı



Şekil 4.24. Al metalinin gece-gündüz derişim farkı

Antakya’da gündüz saatlerinde rüzgar hızı geceye göre daha düşüktür (HMM, 2006). Şekil 4.13-4.24 incelendiğinde Al, Zn, Fe, Ca, K, Mg ve Cr elementlerinin gündüz saatlerinde gece saatlerinden daha yüksek derişimde olduğu görülmektedir. Bu durum geceye göre azalan rüzgar hızının, şehir atmosferinde bulunan bu partiküler maddeleri sürüklememesi ile açıklanabilir. Fang ve ark. (2004), Tayvan’ın Taichung şehrinde PM<sub>10</sub> gündüz derişim değerini (74,7 µg.m<sup>-3</sup>), gece derişim değerinden (68,2 µg.m<sup>-3</sup>) daha yüksek ve 2006 yılında aynı şehirde yaptıkları çalışmada ise Zn, Fe, Mg ve Cr metallerinin gündüz derişimlerini daha yüksek bulmuşlardır.

Çalışma bölgesinde Al ve Zn elementlerinin gündüz saatlerinde yüksek derişimde çıkması, ölçüm istasyonuna yaklaşık 1-2 km uzakta bulunan kaplamacılık işletmelerinden kaynaklanabilir.

Fe elementi ise inşaatlarda beton kolon, kiriş ve yüzeylerin güçlendirilmesinde kullanıldığı için, inşaat faaliyetlerinin yoğunlaşması, gündüz saatlerinde bu metal derişiminin daha yüksek bulunmasına katkı sağlayabilir.

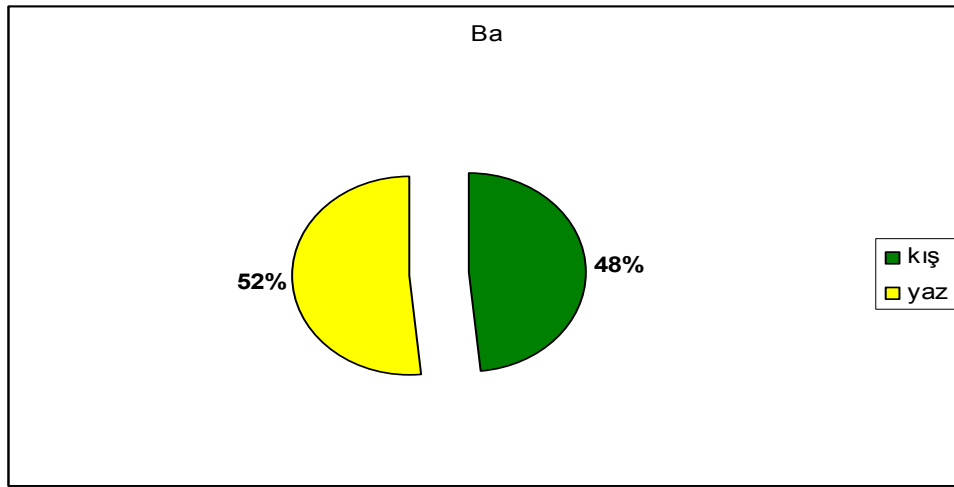
Cr elementi ise özellikle otomobil parçalarında korozyon önleyici kaplama yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca Antakya şehrinin bulunduğu bölgede zengin krom yatakları vardır (Anonim 2007a). Bu krom yatakları istasyonun güneybatısında yer alan Amanos Dağları üzerinde olup, Antakya şehrinin yaklaşık 10–15 km uzağındadır. Gerek kaplamacılık, gerekse maden faaliyetlerinin, Cr elementi derişiminin gündüz saatlerinde daha yüksek değerlere ulaşmasına katkı sağladığı düşünülmektedir.

Mn elementi Mart ve Nisan’da gece saatlerinde, Mayıs-Temmuz arası ise gündüz saatlerinde daha yüksek derişimde bulunmuştur. Pb elementi ise genellikle gece daha yüksek derişimde bulunmuştur. Bu durum Pb elementinin bu dönemde sadece trafikten gelmediğini ve başka kaynakların da derişimi etkilediğini göstermektedir. Na elementinin ise genellikle gece yüksek derişimde bulunması, sodyum buharlı lambaların sokak aydınlatması amacıyla gece boyu yanması ile açıklanabilir.

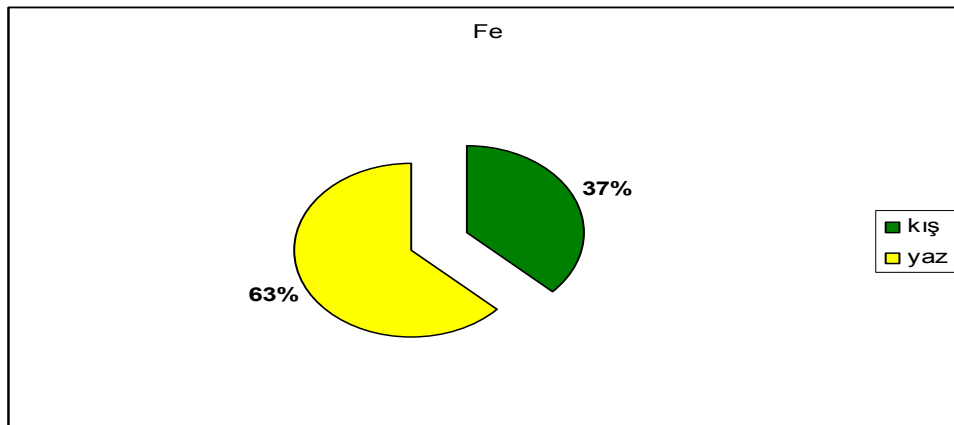
Ba metali ise kalıcı beyaz özelliği ile boyaların içeriğinde bulunmaktadır. Ba metali derişimi özellikle yaz aylarında gündüz saatlerinde yüksek derişimde bulunmuştur. Bunun nedeni yazın artan inşaat faaliyetleri ile birlikte, bu metal derişiminin atmosferde bulunma bolluğunun artması ile açıklanabilir.

#### 4.1.3. Havadaki metal derişiminin mevsimsel değişimi

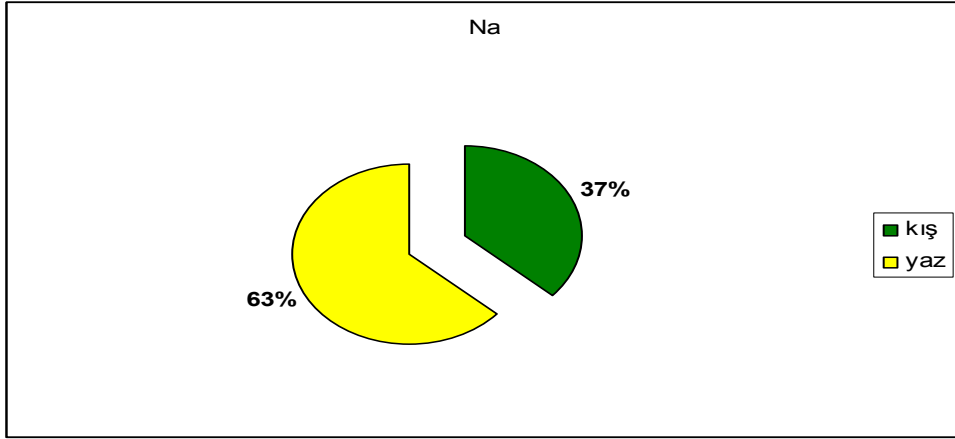
Metallerin yaz ve kış dönemi yüzde derişim farkları için Ağustos 2006 ve Temmuz 2007 dönemi arasında her metal için ayrı ayrı grafik çizilmiştir. Akdeniz iklim kuşağında yer alan Antakya şehri için kış dönemi olarak yağışın daha bol olduğu Kasım 2006-Nisan 2007 ayları arası; yaz dönemi olarak da yağışın az/hiç olmadığı 2006 Ağustos-Eylül-Ekim ve 2007 Mayıs-Haziran-Temmuz ayları alınmıştır.



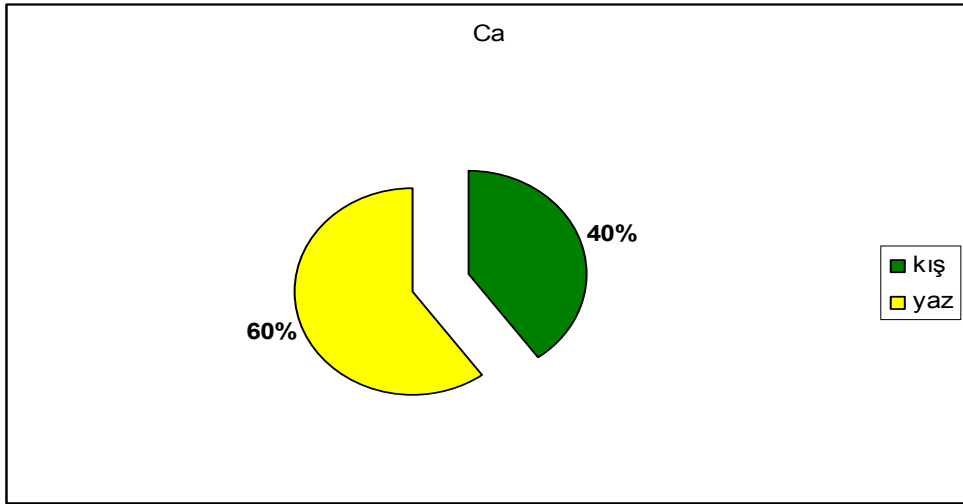
Şekil 4.25 Ba metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları



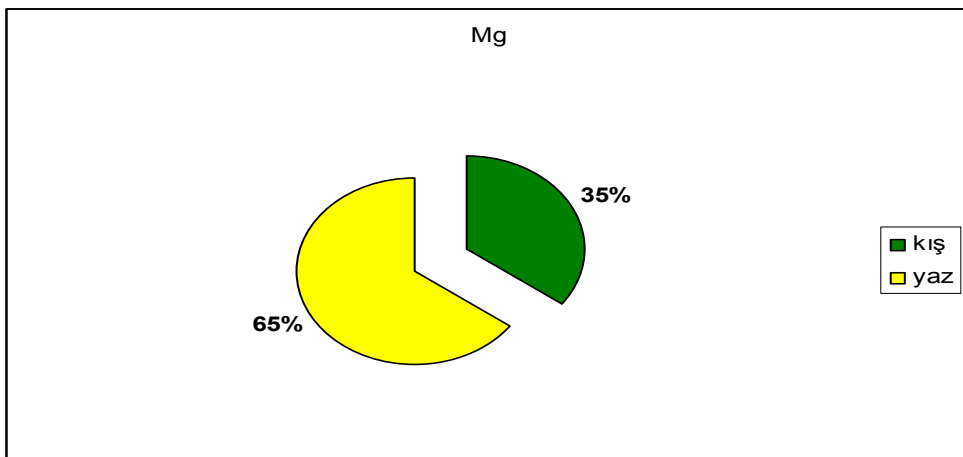
Şekil 4.26. Fe metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları



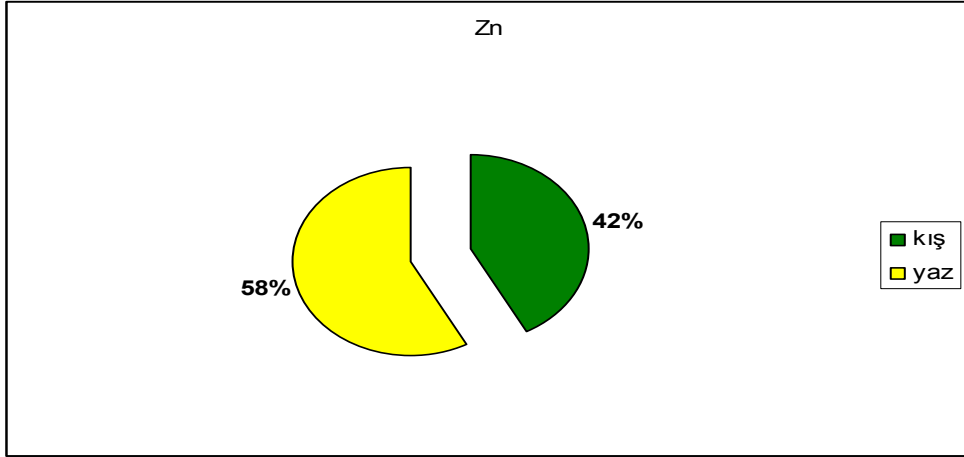
Şekil 4.27. Na metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları



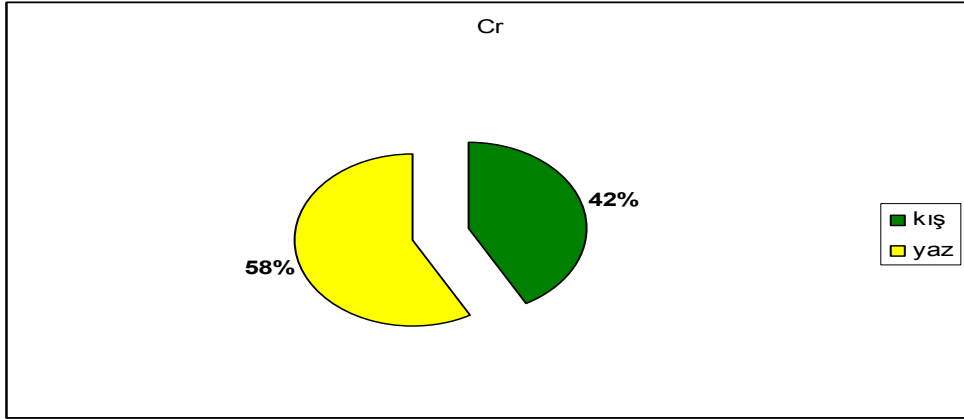
Şekil 4.28. Ca metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları



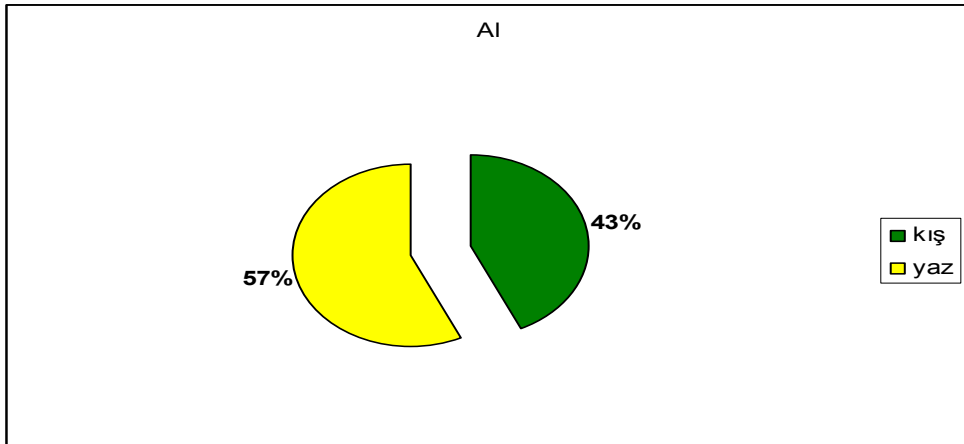
Şekil 4.29. Mg metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları



Şekil 4.30. Zn metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları



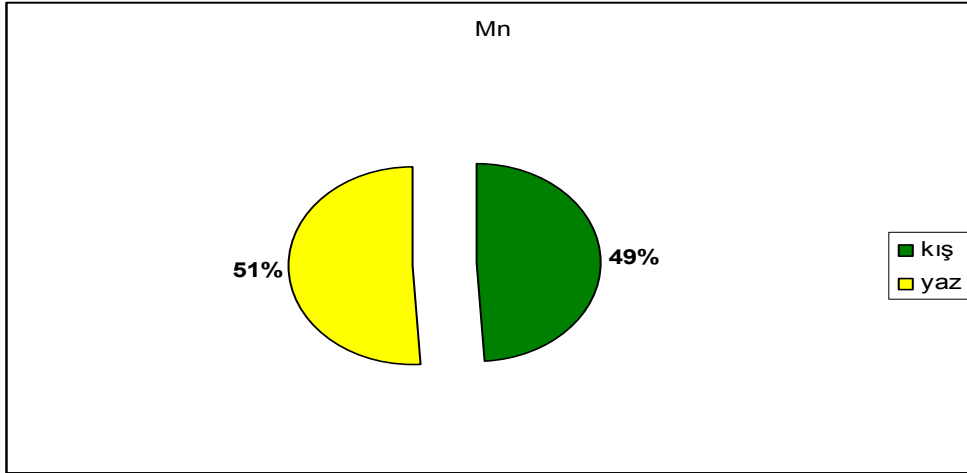
Şekil 4.31. Cr metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları



Şekil 4.32. Al metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları

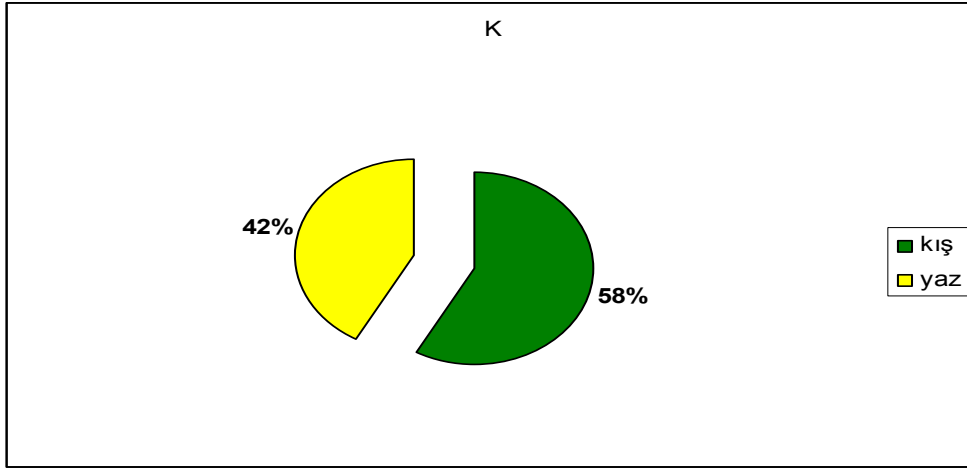
Şekil 4.25- 4.32 incelendiğinde Antakya’da Cr, Zn, Mg, Ba, Mn, Al, Fe, Na, Ca metallere yazın daha yüksek yüzde derişime sahip olduğu görölmektedir. Yılda iki defa ürün alınan Amik Ovası’ndaki tarımsal faaliyetler içinde yer alan ekim, dikim ve sürüm dönemlerinde atmosfere atılan toprak kökenli elementler şehrin ovanın kenarında kurulu olmasından dolayı, bölgesel rüzgarlarla şehir atmosferine kolaylıkla taşınmaktadırlar. Yazın yağışın az/hiç olmaması partikül maddelerin atmosferde daha uzun süre asılı kalmasına neden olmaktadır. Ca, Al, Fe, Na, Mg gibi elementlerin derişimlerinin yazın yüksek çıkması toprak ve deniz yüzeyinden daha çok elementin şehir atmosferine taşındığını göstermektedir. Yaz dönemlerinde hakim rüzgarın SW ve SSW yönünde olması, denizden 20 km içeride olan Antakya’ya Na, Mg, Ca gibi deniz kökenli elementlerin taşınmasına neden olmaktadır. Mevsimsel değişmelerde rüzgar yönü elementlerin derişim değerlerini önemli ölçüde etkilemiştir. Yaz döneminde hem denizden hem de ovidan rüzgarlarla taşınan elementlerden Ca elementi derişimi 1,5 kat; Mg elementi derişimi 1,8 kat; Na ve Fe elementleri derişimi ise 1,7 kat artmıştır. Yaz ve kış dönemleri bizim çalışmamızla paralellik gösteren Güllü ve ark.(2000), Antalya’daki çalışmalarında elementlerin derişimlerinin mevsimsel değişiminde rüzgar yönü ve yağmurun etkili olduğunu ve Cr, Zn gibi antropojenik elementlerin derişimlerinin yaz aylarında kış aylarından 2-3 kat daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da aynı şekilde Al, Cr ve Zn elementleri için yaz derişimleri 1,3 kat artmıştır.

Cr elementinin kaynaklarından biri yakılan kömürlerdir (Yatkın ve Bayram, 2006). Ancak Cr değerlerinin yazın yüksek çıkması başka kaynakların da Cr ‘nin Antakya atmosferine taşınmasında etkili olduğunu göstermektedir. Yazın maden ocakları daha çok çalışmakta olup, Cr elementinin güney ve batıda yer alan yataklardan SW ve SSW rüzgarlarıyla taşındığını göstermektedir.

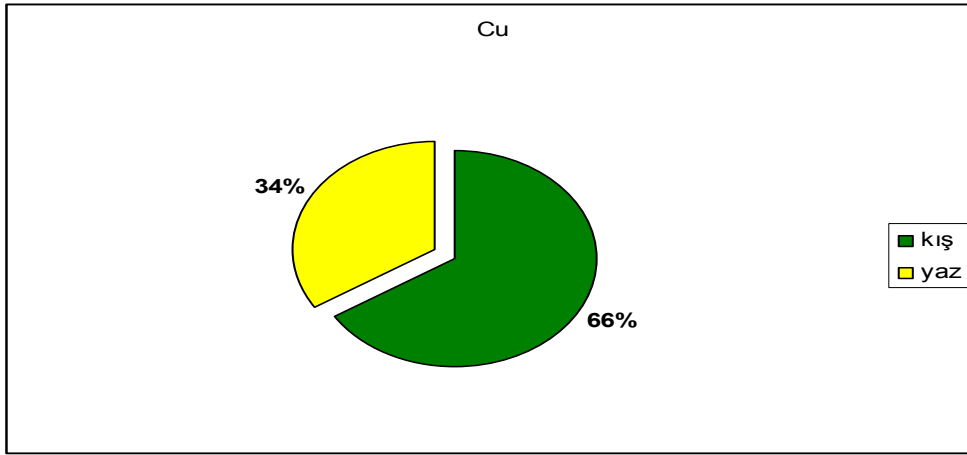


Şekil 4.33. Mn metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları

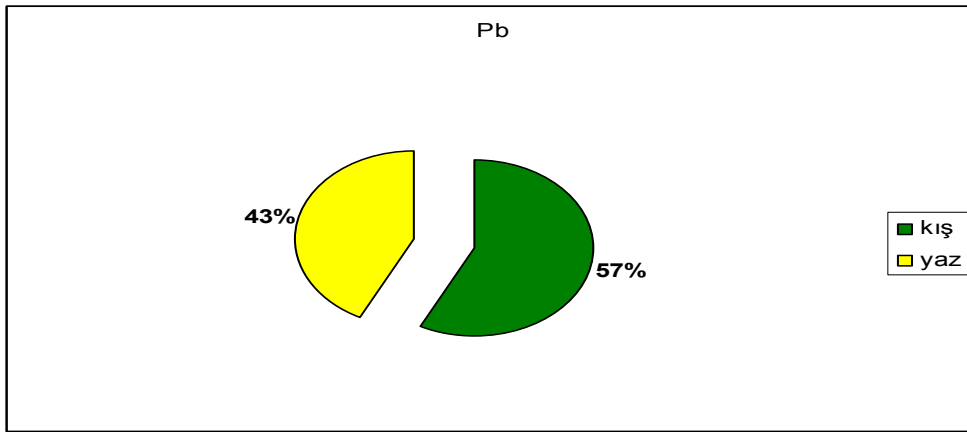
Mn elementinin yaz ve kış dönemleri arasında çok büyük bir fark görülmemektedir. Mn elementinin yaz ve kış dönemleri derişimlerinin yakın çıkması Mangan'ın birbirine yakın değerlerle mevsimsel değişimini gösteren Şekil 4.2.'yi desteklemektedir.



Şekil 4.34. K metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları



Şekil 4.35. Cu metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları



Şekil 4.36. Pb metalinin yaz ve kış dönemi % derişim farkları

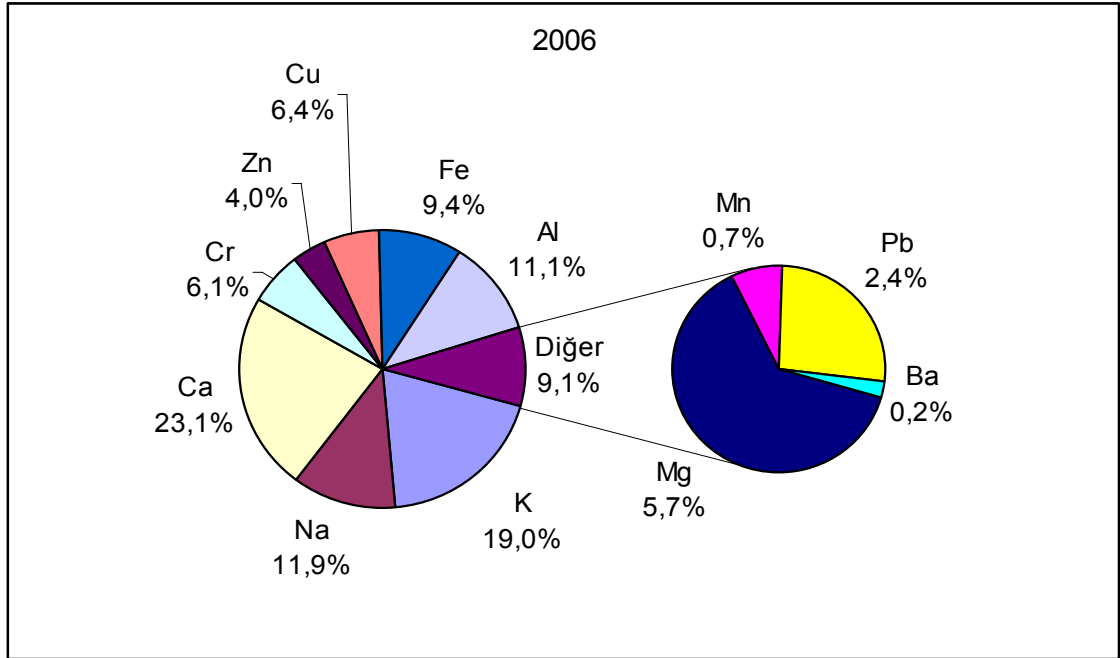
Şekil 4.34, 4.35, 4.36'da grafikleri verilen Cu, Pb ve K metal derişimleri kışın daha yüksek değerde bulunmuştur. Fang ve ark. (2005) da yaptıkları çalışmada Taichung Harbor şehrinde Cu ve Pb elementlerinin kış derişimlerini daha yüksek bulmuşlardır. Pb metalinin trafik emisyonu için iz element olduğu bilinmektedir (Odabaşı ve ark., 2002, Chung ve ark., 2005, Yatkın ve Bayram, 2006). Querol (2001) yaptığı çalışmada Pb ile birlikte Cu ve Zn elementlerinin de trafik emisyonu için indikatör element olduğu bildirilmiştir. Ayrıca K metali ısınma amaçlı yakılan tezek ve biokütleden gelebilir (Yatkın ve Bayram, 2006). K metalinin gübrelerden de geldiği bilinmektedir (Boztepe, H.,1999). Çalışma bölgesi, senede iki defa ürün alınan Amik ovası kenarında kurulmuş olduğu için, gübreleme faaliyetleriyle K metali şehir atmosferine taşınmış olabilir.



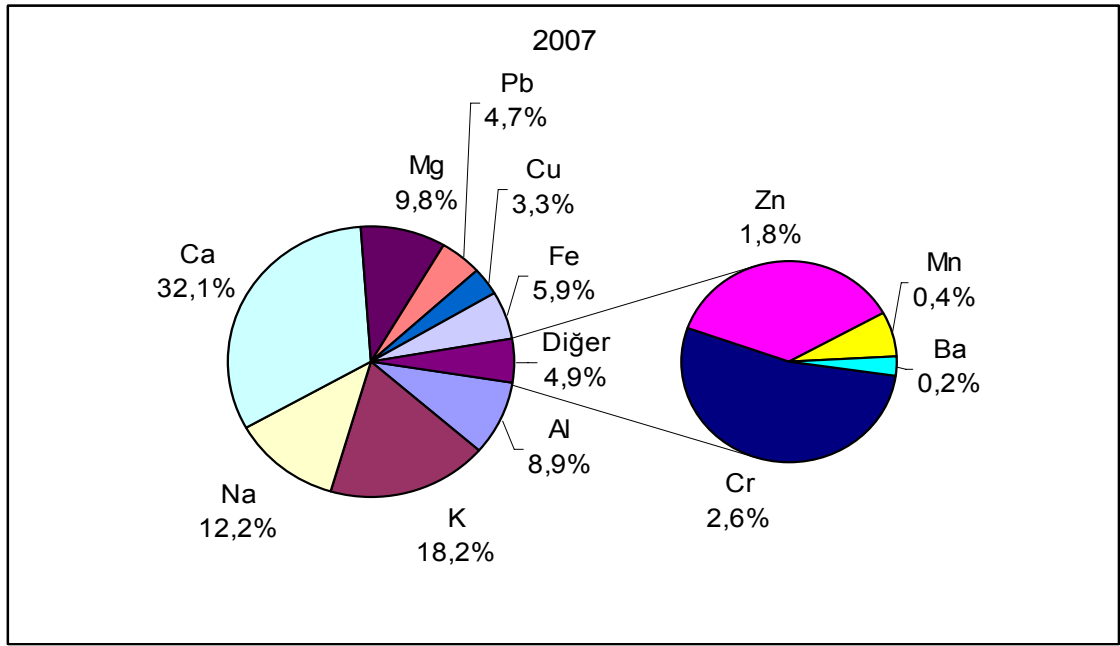
Antakya şehrinin tarihten gelen yazın soğuk yaylalara göçme geleneği günümüzde yayla ve deniz kenarları olmak üzere devam etmektedir. Bu da kışın insanların daha çok şehir merkezinde yaşaması ve daha çok trafik yoğunluğu demektir. Bu da trafik için iz element olarak belirtilen Cu ve Pb'nin derişimlerinin kışın yüksek çıkmasına neden olmaktadır.

#### 4.1.4. Havadaki metal derişiminin yıllara bağılı değişimi

Her metalin yıl bazında % dağılımları 2006 yılı için Şekil 4.37'de; 2007 yılı için Şekil 4.38'de verilmiştir.



Şekil 4.37. Metallerin 2006 yılında oniki ay için % dağılımları



Şekil 4.38. Metallerin 2007 yılında yedi ay için % dağılımları

Şekiller incelendiğinde görüleceği gibi, hava partiküllerinin içinde Ca elementi en yüksek oranda bulunmakta; bunu K ve Na elementleri takip etmektedir. 2006 yılının on iki ayında (Ocak-Aralık) en yüksek değer %23,1 ile Ca elementine ait olup, en düşük değer ise %0,2 ile Ba elementine aittir. 2007 yılının yedi ayında (Ocak-Temmuz) ise en yüksek değer % 32,1 ile Ca elementi için, en düşük değer ise % 0,2 ile Ba elementi için bulunmuştur. 2006 yılı için PM<sub>10</sub> içindeki metallerin yüzde dağılımları en yüksekten en düşüğe Ca, K, Na, Al, Fe, Cu, Cr, Mg, Zn, Pb, Mn, Ba şeklinde sıralanabilir. 2007 yılında ise yüzde dağılım sıralaması Ca> K> Na> Mg> Al> Fe> Pb> Cu> Cr> Zn> Mn> Ba şeklindedir. 2006 yılının Ocak-Aralık ayları (12 ay), 2007 yılının Ocak-Temmuz ayları (7 ay) ile karşılaştırıldığında partikül içeriği açısından 2007'de Ca, Mg, Na ve Pb yüzdesi artarken; K, Fe, Zn, Cu, Mn, Cr ve Al elementlerinin yüzdesi düşmüştür.

#### 4.1.5 Ocak 2006-Temmuz 2007 Dönemleri Arasında Metallerin Antakya Atmosferindeki Ortalama Değerleri

19 aylık çalışma süresinde PM<sub>10</sub> partiküllerinin bileşimindeki elementlerin aylık ortalamaları, standart sapmaları ve üst-alt değerleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışılan dönemde metal derişimlerinin aritmetik ortalamaları, standart sapmaları ve üst-alt değerleri

Metal	Ortalama Derişim ( $\mu\text{gm}^{-3}$ ) $\pm$ Standart Sapma	Üst-Alt Değerler	Metal	Ortalama Derişim( $\mu\text{gm}^{-3}$ ) $\pm$ Standart Sapma	Üst-Alt Değerler
Ba	0,021 $\pm$ 0,010	0,051-0,010	Cu	0,467 $\pm$ 0,274	0,950-0,000
K	2,342 $\pm$ 1,262	5,000-0,950	Mn	0,033 $\pm$ 0,003	0,039-0,027
Na	1,803 $\pm$ 0,479	2,670-0,980	Cr	0,301 $\pm$ 0,087	0,450-0,147
Ca	3,892 $\pm$ 2,742	9,910-0,980	Fe	0,943 $\pm$ 0,531	2,350-0,258
Mg	1,411 $\pm$ 0,861	3,730-0,620	Pb	0,468 $\pm$ 0,409	1,310-0,000
Zn	0,349 $\pm$ 0,093	0,580-0,200	Al	1,248 $\pm$ 0,823	3,550-0,240

Buna göre Antakya şehir atmosferinde en bol bulunan elementler sırası ile Ca, K, Na, Mg, Al ve Fe gibi toprak ve deniz kökenli metallerdir. Bu sonuçlar Yatkın ve Bayram 'ın (2006) İzmir'de yaptıkları çalışma ile benzerlik göstermekte olup, İzmir atmosferinde de Ca, Al, Fe ve Na en fazla bulunan elementlerdir. En düşük derişimli element ise 0,021  $\mu\text{gm}^{-3}$  ile Ba elementidir. En yüksek antropojenik kaynaklı elementler Pb (0,468  $\mu\text{gm}^{-3}$ ) ve Cu (0,467  $\mu\text{gm}^{-3}$ ) derişimleri birbirine yakın bulunmuştur. En düşük derişimli antropojenik element ise 0,301  $\mu\text{gm}^{-3}$  ile Cr elementidir.

#### 4.1.6 Elementlerin Zenginleştirme Faktörleri

Çalışılan bölgede metal derişimlerine antropojenik katkının ne kadar olduğunun belirlenmesi amacıyla Eşitlik 3.1 kullanılarak, elementlerin zenginleştirme faktörleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan yer kabuğu element derişimi ve bunların Al metali derişimine oranları çizelge olarak Ek 2'de verilmiştir.

Elementlerin hesaplanan zenginleştirme faktörleri Çizelge 4,2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2.Elementlerin zenginleştirme faktörleri

Element	Zenginleştirme Faktörü	Element	Zenginleştirme Faktörü
Ba	3,51	Mn	4,34
K	7,39	Pb	2500
Cu	704,41	Mg	2,87
Fe	1,10	Zn	329,94
Na	4,25	Cr	347,89
Ca	5,66	Al	-----

(EF)<sub>E</sub> değerleri 1-10 arası olan elementlerin tamamen yer kabuğu kökenli; 10 ile 100 arasında değişen elementlerin orta derecede zenginleştirildiği; 100'den büyük elementlerin ise yüksek derecede zenginleştirildiği kabul edilmektedir (Hamzaoğlu, 1998).

Çizelge 4.2. incelendiğinde EF değerleri 1-10 arasında olan Ba, K, Fe, Na, Ca, Mn ve Mg metallerinin antropojenik kaynaklarla zenginleştirilmediği ve yer kabuğu kökenli oldukları görülmektedir. EF değerleri 100'den büyük olan Cu, Pb, Zn ve Cr metallerine antropojenik katkının yüksek olduğu açıkça görülmektedir.

Hesaplanan zenginleştirme faktörlerine göre antropojenik kaynaklı elementlerden Kurşun (EF)<sub>Pb</sub>=2500 zenginleştirme faktörü değeri ile en yüksek antropojenik element olarak bulunmuş olup, bunu (EF)<sub>Cu</sub>=704,41 zenginleştirme faktörü değeri ile Bakır ve (EF)<sub>Cr</sub>=347,89 değeri ile Krom elementi izlemektedir. Çinko (EF)<sub>Zn</sub>=329,94 değeri ile antropojenik elementler içinde en düşük zenginleştirme faktörüne sahiptir. Lopez ve ark. (2005) İspanya'nın Zaragoza şehir merkezindeki çalışmalarında aynı elementleri antropojenik kaynaklı bulmuş olup, en yüksek zenginleştirme faktörüne sahip elementin ise (EF)<sub>Zn</sub>=500 değeri ile Çinko olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada Na ve Mg elementlerinin zenginleştirme faktörleri 10'dan küçük olup, bu elementlerin zenginleştirme faktörünü 10'dan küçük bulan diğer araştırmacıların [Odabaşı ve ark., (2002), Lopez ve ark., (2005), Fang ve ark., (2004)] da yaptıkları çalışmalarda Na ve Mg elementlerini hem yer kabuğu hem de deniz kaynaklı olarak belirtmiş olması, bu metallerin Antakya atmosferine Akdeniz üzerinden de SW ve SSW rüzgarları ile taşınmış olabileceğini desteklemektedir.

#### 4.1.7. Elementler Arasında Belirlenen Korelasyon Değerleri

	Ba	K	Na	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Cr	Fe	Pb	Al
Ba	1.00											
K	<b>0.67</b>	1.00										
Na	<b>0.63</b>	<b>0.79</b>	1.00									
Ca	0.44	<b>0.61</b>	<b>0.87</b>	1.00								
Mg	<b>0.68</b>	<b>0.69</b>	<b>0.92</b>	<b>0.85</b>	1.00							
Zn	0.19	0.04	0.39	0.48	0.57	1.00						
Cu	0.44	<b>0.68</b>	<b>0.82</b>	<b>0.65</b>	<b>0.63</b>	0.20	1.00					
Mn	0.25	0.24	0.21	0.01	0.04	-0.28	0.36	1.00				
Cr	0.39	0.30	<b>0.61</b>	0.37	0.52	<b>0.59</b>	0.55	0.04	1.00			
Fe	0.35	0.23	0.57	0.42	0.48	0.41	<b>0.63</b>	-0.04	<b>0.69</b>	1.00		
Pb	<b>0.73</b>	<b>0.91</b>	<b>0.78</b>	<b>0.64</b>	<b>0.76</b>	0.06	<b>0.68</b>	0.21	0.16	0.29	1.00	
Al	<b>0.63</b>	0.41	<b>0.72</b>	<b>0.60</b>	<b>0.75</b>	0.53	<b>0.62</b>	-0.05	0.58	<b>0.78</b>	0.58	1.0

Yer kabuğu kökenli olan Al metali; Na, Ca, Mg, Fe, Ba gibi yer kabuğu kökenli elementlerle ve antropojenik kökenli olan Cu elementi ile korelasyon göstermiştir. Yatkın ve Bayram (2006) İzmir'deki çalışmalarında Al metalinin Cu ve Fe elementleri ile yüksek korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Chung ve ark. (2001) Kore'deki çalışmalarında Al metalinin en yüksek korelasyonunu ( $r=0,90$ ) Fe elementi ile yaptığını bulmuşlardır.

Pb elementi ise sırasıyla K, Na, Mg, Ba, Ca gibi yer kabuğu kökenli elementlerle korelasyon göstermiştir. Ayrıca antropojenik kökenli olan elementlerden Cu elementi ile ( $r=0,68$ ) yüksek korelasyon göstermiştir. İzmir'de yapılan çalışmada da Pb elementi için benzer sonuç bulunmuştur [Yatkın ve Bayram (1999)]. Pb elementinin hem antropojenik hem de yer kabuğu kökenli elementlerle korelasyon göstermesi, bu metalin farklı kaynaklardan Antakya şehir atmosferine taşındığını pekiştirmiştir. Pb elementi ile Ba arasındaki korelasyon ( $r=0,73$ ), bu iki metalin de sanayide boya endüstrisinde kullanılmasıyla açıklanabilir.

Yer kabuğu kökenli olan Fe metali antropojenik kaynaklı Cu ve Cr elementleriyle ve yer kabuğu kökenli olan Al ile yüksek korelasyona sahiptir. Fe metali ile Cr elementinin yüksek korelasyona sahip olması, Cr elementinin tabiatta kromit ( $FeCr_2O_4$ ) halinde bulunması ile açıklanabilir. Fe ile Al elementleri arasında yüksek korelasyon ( $r=0,78$ ) görülmesi, diğer çalışmacıların da belirttiği gibi (Kubilay ve ark., 1995b, Güllü ve ark., 2000) Fe ve Al içeriği açısından zengin olan Sahra tozlarının Antakya'nın da içinde bulunduğu Kuzeydoğu Akdenize taşınmasıyla açıklanabilir. Bölgedeki hakim rüzgar yönünün SW ve SSW olması da Sahra tozlarının taşınmasında etkili olmaktadır.

Cr elementi ile antropojenik kaynaklı Zn elementi arasında korelasyon görülmüştür. Chung ve arkadaşlarının (2001) da Kore'deki çalışmalarında aynı elementler arasında korelasyon ( $r=0,85$ ) bulmuşlardır. Ayrıca Cr elementi toprak kökenli Na ve Fe metalleriyle yüksek korelasyona sahiptir.

Cu elementi Al, K, Na, Ca ve Mg elementleriyle korelasyon göstermiştir. Önceki çalışmalarda da Cu elementinin Ca ve K ile korelasyon gösterdiği belirtilmektedir (Yatkın ve Bayram, 2006, Saliba ve ark., 2007)

Yer kabuğu kökenli olan Mg elementi, Na, Ca, K ve Ba gibi yer kabuğu kökenli elementlerle yüksek korelasyona sahiptir. Deniz yataklarının kesitlerinde en çok bulunan metaller Mg, Na, Ca ve K dur (Boztepe, 1999). Mg elementinin bu elementlerle

yüksek korelasyonda çıkması Antakya'nın deniz yatağında bir şehir olması ile açıklanabilir.

Ca elementi hem Na ve Mg gibi yer kabuğu ve deniz kökenli elementlerle hem de Cu ve Pb gibi antropojenik kaynaklı elementlerle yüksek korelasyon göstermiştir. Yer kabuğu ve deniz kökenli olan Ca elementinin, antropojenik elementlerle de korelasyon göstermesi, bu metalin Antakya şehir atmosferine farklı kaynaklardan taşındığını göstermektedir.

Na elementi en yüksek korelasyonunu Mg elementi ile vermiştir. Ayrıca Ca, Cu, Pb, Ba, K ve Al gibi elementlerle de korelasyonu vardır. Na elementinin Al ile yüksek korelasyon göstermesi Na'un doğada  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  bileşiği olarak da bulunması ile açıklanabilir (Boztepe, 1999). Yatkın ve Bayram'ın 2006 'daki çalışmalarında Na elementinin Mg gibi deniz kökenli elementlerle; Ca, K, Mn gibi yer kabuğu kökenli elementlerin yanı sıra, Cu gibi antropojenik kaynaklı elementlerle yüksek korelasyon göstermesini, bu metalin çeşitli kaynak gruplarından etkilendiğinin göstergesi olarak ifade etmişlerdir.

#### **4.1.8. Elde edilen sonuçların farklı çalışma bölgelerinde yapılan çalışmalar ile kıyaslanması**

Elde edilen bulguların farklı bölgelerde yapılan çalışmalarla kıyaslanması Çizelge 4.3. te verilmiştir. Derişim değerleri  $\mu\text{g.m}^{-3}$  birimindedir.

Çizelge 4.3. Elde edilen sonuçların farklı çalışma bölgelerinde yapılan çalışmalar ile kıyaslanması

Metal	Antakya Şehir M. $\mu\text{g.m}^{-3}$	İzmir (a) $\mu\text{g.m}^{-3}$	Karadeniz (b) $\mu\text{g.m}^{-3}$	İskenderun (c) $\mu\text{g.m}^{-3}$	Payas (c) $\mu\text{g.m}^{-3}$	Güney Brezilya Porto Alegre (d) $\mu\text{g.m}^{-3}$	İspanya, Zaragoza (e) $\mu\text{g.m}^{-3}$	İtalya, Florence (f) $\mu\text{g.m}^{-3}$	Tayvan Şehir m. (g) $\mu\text{g.m}^{-3}$	Akdeniz, Antalya (h) $\mu\text{g.m}^{-3}$	Kore, Deagu (i) $\mu\text{g.m}^{-3}$	Kore Endüstri (j) $\mu\text{g.m}^{-3}$	Kore Kırsal (j) $\mu\text{g.m}^{-3}$	Tayvan Endüstri (k) $\mu\text{g.m}^{-3}$	Tayvan Kırsal (k) $\mu\text{g.m}^{-3}$
Ba	0,022	---	--	0,506	4,284	---	0,0331	--	--	--	--	0,0244	0,0123	--	--
K	2,342	---	--	0,511	0,0132	0,0626	1,010	0,08	--	0,365	--	0,5221	0,293	--	--
Cu	0,522	0,154	--	0,935	1,436	0,0488	0,0228	0,04	0,046	--	0,21	0,0439	0,0148	0,046	0,22
Fe	0,738	3,438	0,138	0,209	8,393	0,5912	0,666	0,67	0,086	0,390	2,57	1,116	---	2,28	2,85
Na	1,803	---	0,470	3,386	13,860	---	0,935	0,30	--	1,90	--	0,628	---	--	--
Ca	3,892	0,040	0,600	1,859	18,634	0,1526	1,060	0,96	--	2,10	--	0,774	0,465	--	--
Mn	0,050	0,135	0,020	0,071	0,161	0,0176	0,0247	0,01	0,007	--	0,09	0,0321	0,0112	0,11	0,085
Pb	0,524	0,111	0,019	0,639	---	---	0,0187	0,02	--	0,021	0,11	--	---	0,15	0,29
Mg	1,411	3,890	0,620	5,560	17,720	---	0,367	0,11	0,055	0,365	--	--	---	0,27	0,16
Zn	0,349	0,733	0,017	1,064	7,938	0,0326	0,212	0,02	0,057	--	--	0,0882	0,0251	1,28	1,16
Cr	0,301	0,011	0,0092	0,0603	0,037	0,0172	0,0077	0,01	0,002	0,003	0,01	0,0256	0,006	--	--
Al	1,248	0,145	0,960	0,373	3,980	---	2,690	0,16	--	0,54	--	0,9874	0,6908	--	--

(a) Odabaşı, M. ve ark. (2002) (b) Kubilay ve ark. (1995) (c) Özyılmaz (1999) (d) Braga ve ark. (2004) (e) Lopez ve ark. (2006)

(f) Carmine ve ark. (1999) (g) Fang ve ark. (2004) (h) Güllü ve ark. (1999) (i) Lee ve ark. (2005) (j) Chung ve ark. (2005)

(j) Chung ve ark. (2001) (k) Fang ve ark. (2003)

Çizelge 4.3. incelendiğinde toprak kökenli olan Ba metali derişimi çalışma bölgesi Antakya'da  $0,022 \mu\text{g.m}^{-3}$  bulunmuş ve bu değer İskenderun ( $0,506 \mu\text{g.m}^{-3}$ ), Payas ( $4,284 \mu\text{g.m}^{-3}$ ), Kore (endüstri) ( $0,0244 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) ve İspanya'dan ( $0,0331 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) daha düşük ancak; Kore (kırsal) ( $0,0123 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) den daha yüksek olarak belirlenmiştir.

K metali Antakya'da  $2,342 \mu\text{g.m}^{-3}$  derişimde olup; bu metalin derişimi diğer bölgelerden daha yüksek çıkmıştır. En yakın derişim ise  $1,010 \mu\text{g.m}^{-3}$  değeri ile İspanya Zaragoza şehrinde bulunmuştur.

Cu metali  $0,522 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak bulunmuştur. Bu değer İskenderun ( $0,935 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) ve Payas ( $1,436 \mu\text{g.m}^{-3}$ )'dan düşük ancak; diğer çalışma bölgelerinden yüksek çıkmıştır.

Fe metalinin Antakya atmosferinde ortalama derişimi  $0,738 \mu\text{g.m}^{-3}$  bulunmuştur. Bu değer diğer bölgeler ile kıyaslandığında İzmir, Payas, Kore (Deagu), Kore (endüstri), Tayvan (endüstri), Tayvan (kırsal) 'dan düşük ancak; Karadeniz, İskenderun, G. Brezilya (Porto Alegre), İspanya, İtalya, Tayvan ve Antalya'dan yüksek bulunmuştur.

Na metali derişimi  $1,803 \mu\text{g.m}^{-3}$  olup, Karadeniz, İspanya, İtalya, Kore (endüstri) 'den yüksek; İskenderun, Payas ve Antalya 'dan düşük derişimde çıkmıştır.

Ca metali derişimi  $3,892 \mu\text{g.m}^{-3}$  olup, Payas ( $18,634 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) 'dan düşük ancak; diğer çalışma bölgelerinden yüksek derişimdedir.

Mn metalinin çalışma bölgesindeki derişimi  $0,05 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak belirlenmiştir. Bu değer, İzmir, İskenderun, Payas, Kore, Tayvan (endüstri) ve Tayvan (kırsal)'dan düşük ancak; Karadeniz, G. Brezilya, İspanya, İtalya, Tayvan, Kore (endüstri) ve Kore (kırsal) 'dan yüksektir.

Pb elementi derişimi ise  $0,524 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak belirlenmiştir. Bu metal derişimi diğer çalışmalar ile kıyaslandığında daha yüksek çıkmıştır. Yalnızca İskenderun'da belirlenen derişim daha yüksek ( $0,639 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) bulunmuştur.

Mg elementinin Antakya şehir atmosferindeki derişimi  $1,411 \mu\text{g.m}^{-3}$  tür ve İzmir ( $3,890 \mu\text{g.m}^{-3}$ ), İskenderun ( $5,560 \mu\text{g.m}^{-3}$ ) ve Payas ( $17,720 \mu\text{g.m}^{-3}$ )'dan daha düşük ancak; diğer çalışma bölgelerinden daha yüksek bulunmuştur.



Zn elementinin derişim değeri  $0,349 \mu\text{g.m}^{-3}$  bulunmuş olup, İzmir, İskenderun, Payas, Tayvan (endüstri) ve Tayvan (kırsal)'dan düşük ancak; Karadeniz, G. Brezilya, İspanya, İtalya, Tayvan, Kore (endüstri), Kore (kırsal)'dan daha yüksektir.

Cr elementi derişimi ise  $0,301 \mu\text{g.m}^{-3}$  olarak bulunmuştur. Bu değer, Cr metali için yapılmış önceki çalışmalardan daha yüksek çıkmıştır.

Al metali ise çalışma bölgesi için  $1,248 \mu\text{g.m}^{-3}$  bulunmuş olup, Payas ve İspanya'dan düşük ancak; İzmir, Karadeniz, İskenderun, İtalya, Antalya, Kore (endüstri) ve Kore (kırsal) 'den yüksektir.

Antakya atmosferinde bulunan yer kabuğu kökenli metallerin derişimi diğer bölgelerle kıyaslandığında K, Ca (Payas hariç), Mg (İskenderun ve Payas hariç) metalleri diğer tüm bölgelerden yüksek, Al, Fe, Na ve Mn metal derişimleri ise birçok çalışma bölgesinden yüksek bulunmuştur.

Antropojenik kaynaklı Cu, Pb, Zn ve Cr metalleri diğer bölgelerle kıyaslandığında Cu metali Payas ve İskenderun'dan düşük ancak; diğer bölgelerden yüksek, Pb metali İskenderun hariç diğerlerinden yüksek, Zn ve Cr metali tüm bölgelerden yüksek derişimde bulunmuştur.

Çalışma bölgesindeki Ba, Pb, Zn, Fe ve Cr element derişimleri hava kalitesi sınır değerlerinin altında çıkmıştır. Diğer metallerin sınır değerleri henüz belirlenmediği için, bu metallerin sınır değerlerini aşıp aşmadığı konusunda yorum yapılamamaktadır.

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma, Antakya şehrinin hava kalitesi değerlerini bulmak için yapılmıştır. Antakya, geçmişte birçok medeniyete ev sahipliği yapmış ve toprakları son derece verimli olan, tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak sürdürüldüğü Amik Ovası üzerinde kurulmuştur. Gerek coğrafik konumu, gerekse tarihi açısından son derece önemli bir merkez olan Antakya'da yapılan bu çalışma, hava kalitesi açısından bir fizibilite çalışmasıdır. Bu araştırmada şehrin gelişim planına katkı sağlamak hedeflenmiştir. Bu amaçla Ocak 2006-Temmuz 2007 dönemleri arasında 19 ay süresince Andersen HVPM<sub>10</sub> (yüksek hacim hava örnekleme cihazı) ile havadan 10 µm ve daha küçük çaptaki partikül maddeler toplanmıştır. Örnekler 48 saatlik periyotlarla toplanmış ve yaklaşık 260 örnekle çalışılmıştır. Örnekler ICP-AES cihazı ile analiz edilmiş ve Antakya atmosferindeki partikül madde bileşiminde Ba, K, Na, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Cr, Fe, Pb ve Al metalleri bulunmuş ve ayrıca Ni, Co ve Cd elementlerinin varlığı araştırılmış ancak, bu metaller hava örneklerinde tespit edilememiştir. 19 aylık çalışma süresince şehir atmosferinde bulunan en yüksek derişimli elementler sırası ile Ca (3,892 µgm<sup>-3</sup>), K (2,342 µgm<sup>-3</sup>), Na (1,803 µgm<sup>-3</sup>), Mg (1,411 µgm<sup>-3</sup>), Al (1,248 µgm<sup>-3</sup>) ve Fe (0,943 µgm<sup>-3</sup>) elementleridir. Bu sonuçlar İzmir'de yapılan çalışma ile paralellik göstermiş olup, İzmir atmosferinde de Ca, Al, Fe ve Na elementleri yüksek derişimde bulunmuştur. Antakya atmosferinde PM<sub>10</sub> bileşiminde bulunan en düşük derişimli elementler ise sırası ile Ba (0,021 µgm<sup>-3</sup>) ve Mn (0,033 µgm<sup>-3</sup>) elementleridir.

Meteorolojik faktörler Antakya şehir atmosferindeki metal derişimlerini etkilemiştir. Çalışma bölgesinde tüm metal derişimleri genel olarak 2007 yılı Ocak-Temmuz döneminde, 2006 yılı Ocak-Temmuz döneminden çok daha yüksek bulunmuştur. Antakya'da 2006 yılının Ocak-Haziran aylarında (Şubat hariç) hakim rüzgar yönü SW ve SSW olup, 2007'de rüzgar rejimi değişkenlik göstermiş ve SW ve SSW nin yanı sıra NE ve NNE yönünden esmiştir. Değişken yönlerde esen rüzgarlarla, şehrin kuzeydoğusunda yer alan küçük sanayi sitesinden, Türkiye'nin en büyük tarım arazilerinden biri olan Amik Ovası'ndan ve ölçüm istasyonuna yakın bir konumda olan trafiğin yoğun olduğu karayolundan antropojenik ve yer kabuğu kökenli elementlerle beraber, şehrin güneybatısında yer alan Samandağ grabeni üzerinden deniz kökenli

elementler aynı anda şehir atmosferine taşınmışlardır. Bu da 2007 yılı metal derişimlerinin, 2006 yılından çok daha yüksek çıkmasına neden olmuştur. Akdeniz bölgesinde yapılan çalışmalarda ortaya konduğu gibi Sahra tozları bahar ve yaz dönemlerinde Kuzeydoğu Akdeniz atmosferinde görülmektedir. Aynı dönemde çalışma bölgemizde rüzgarlar SW ve SSW'den estiğinden, Afrika üzerinden gelen bu rüzgarlar Fe ve Al yönünden zengin olan Sahra tozlarını Antakya atmosferine taşımaktadırlar. Bu nedenle Fe ve Al metalleri derişimi 2007 yılının Mart-Mayıs aylarında yükselmiştir.

Antakya'da 2007 yılının ilk yedi aylık döneminde rüzgar hızı, 2006 yılının aynı döneminden daha düşük hızda esmiştir. 2007 yılında rüzgarın hem farklı yönlerden esmesi hem de rüzgar hızının düşük olması partikül maddelerin farklı kaynaklardan taşınımına ve daha uzun süre havada askıda kalarak metal derişimlerinin artmasına neden olmuştur.

Tüm metal derişimleri aylık bazda değışim göstermiş olup, rüzgarın en hızlı estiğı ve yağmurun hiç olmadığı Temmuz ve Ağustos aylarında metal derişimleri diğer aylardan düşük ve birbirine yakın değerde bulunmuştur. Bu duruma uymayan Ca elementi olup, Cu ve Pb elementleri 2006 yılının Temmuz ve Ağustos aylarında hava örneklerinde tespit edilememiştir. 2006 yılında sonbahardan itibaren insan faaliyetlerinin artması ile antropojenik kaynaklı Pb, Cu ve Cr elementlerinin derişimlerinde artış görülmüştür.

Metal derişimleri diğer çalışma bölgeleri ile kıyaslandığında K metali derişimi hepsinden yüksek çıkmıştır. K metalinin derişiminin yüksek çıkmasında, Antakya şehrinin üzerinde kurulduğu Amik Ovası'nda tarımsal faaliyetlerin yıl boyu devam etmesi ve buna bağılı gübreleme faaliyetlerinin de olması ile açıklanabilir. Na, Mg ve Ca gibi yer kabuğı ve deniz kökenli elementlerin İspanya'nın Zaragoza şehrinde ve İtalya'nın Florence şehrinde yapılan çalışmalardan daha yüksek çıkması, bu metallerin Antakya şehir atmosferine hem denizden hem de yer kabuğundan katılması ile açıklanabilir. Cu, Cr, Zn ve Pb metalleri antropojenik kaynaklı olup, derişimleri genel olarak diğer çalışma bölgelerinden yüksek bulunmuştur. Bu durum metallerin, şehrin kuzeydoğusunda yer alan ve içinde deri, mobilya, kaplama ve oto bakım sanayi gibi faaliyetlerin sürdürüldüğü küçük sanayi sitesinden gelmesi ile açıklanabilir. Cr elementinin tüm çalışma bölgelerinden yüksek derişimde bulunması, bu elementin

Antakya şehrinin güneybatısında yer alan zengin krom yataklarından rüzgarlarla şehir atmosferine taşındığını göstermektedir.

Çalışma bölgesinde PM<sub>10</sub> bileşimindeki metallerin yaz ve kış dönemi yüzde derişim farklarını görebilmek için Ağustos 2006 ve Temmuz 2007 arasında kış dönemi olarak yağışın daha bol olduğu Kasım 2006-Nisan 2007 ayları arası; yaz dönemi olarak da yağışın az/hiç olmadığı 2006 Ağustos-Eylül-Ekim ve 2007 Mayıs-Haziran-Temmuz ayları alınmıştır. Buna göre antropojenik kaynaklı Cr ve Zn; deniz ve yer kabuğu kökenli Na, Mg ve Ca metalleri ile yer kabuğu kökenli Ba, Mn, Al ve Fe metallerinin yazın daha yüksek yüzde derişime sahip olduğu görülmüştür. Antakya'da hakim rüzgar yönünün SW ve SSW olması, denizden yaklaşık 20 km içerde olan şehire, Na, Mg ve Ca elementlerinin denizden buharlaşma yoluyla taşınmasına neden olmuştur. Aynı zamanda Antakya topraklarının Na, Mg ve Al yönünden zengin olması, bu metallerin Amik Ovası'nda özellikle yazın yoğunlaşan tarımsal faaliyetlerle de şehir atmosferine katıldıklarını göstermiştir. Cr elementi yaz döneminde yüzde 58, kış döneminde ise yüzde 42 değerine sahip olup, aralarında çok büyük bir fark görülmemektedir. Bu durum bölgenin güney ve güney batısında yer alan krom yataklarındaki madencilik faaliyetlerinin ve çalışma istasyonuna yaklaşık 1-2 km uzakta bulunan kaplamacılık işletmelerindeki faaliyetlerin yaz ve kış döneminde sürdürülmüş olması ile açıklanabilir. Zn elementi de antropojenik kaynaklı olup, yazın daha yüksek yüzde derişim farkına sahiptir. Çevredeki kaplamacılık işletmelerinden atmosfere karışan Zn elementinin yazın yüksek derişimde çıkması, kaplamacılık işletmelerinin yazın sıcak havanın etkisi ile daha çok atmosfere açık olarak çalışmalarıyla ilişkilendirilebilir. Antropojenik kaynaklı elementlerden Cu ve Pb'nin yanı sıra yer kabuğu kökenli K elementi de kışın daha yüksek yüzde derişimde bulunmuştur. Trafik emisyonlu Pb ve Cu metallerinin yazın daha düşük derişimde çıkması, Antakya'da yaz aylarının kış aylarına göre daha yüksek rüzgar hızına sahip olması ve insanların yaz aylarında yayla ve deniz kenarlarına taşınmaları ile açıklanabilir.

Hem meteorolojik faktörlerin hem de insan faaliyetlerinin şehir atmosferindeki partikül maddeye olan etkisini araştırmak amacıyla 2007 yılının Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında gece ve gündüz arasındaki metal derişim farkı incelenmiştir. Bu amaçla hava örnekleri Sabah 08:00-Akşam 17:00; Akşam 18:00-Sabah 07:00 saatleri arasında ayrı filtre kağıtları üzerinde toplanmıştır. Örnek toplama

süresi 48 saat olarak sabit tutulmuştur. Antakya'da gündüz saatlerinde geceye göre rüzgar hızının azalması ile şehir atmosferinde bulunan partiküler maddeler sürüklenememektedir. Buna bağlı olarak Al, Zn, Fe, Ca, K, Mg ve Cr elementlerinin gündüz saatlerinde derişimleri daha yüksek bulunmuştur. Aynı yıllarda Taichung şehrinde yapılan çalışmada Zn, Fe, Mg ve Cr metallerinin gündüz derişimleri daha yüksek bulunmuş olup, Antakya'daki sonuçları desteklemektedir. Örnekleme bölgesinde inşaat faaliyetlerinin gündüz saatlerinde yoğunlaşması, Fe elementinin gündüz derişiminin artmasında etken olmuştur. Ba, Na, Mn ve Pb elementlerinin gece derişimleri ise gündüz derişimlerinden yüksek bulunmuş ancak Cu elementi için büyük bir fark saptanamamıştır. Na elementinin gece yüksek derişimde çıkması sodyum buharlı lambaların sokak aydınlatması amacıyla gece boyu yanması ile açıklanabilir. Pb elementinin ise gece yüksek derişimde çıkması, gece ölçüm saatlerinin işe gidiş ve işten çıkış saatleri ile denk gelmesi ve trafik yoğunluğunun artması ile açıklanabilir.

Elementlerin derişimlerine antropojenik katkının ne kadar olduğunu belirlemek amacıyla zenginleştirme faktörleri EF hesaplanmıştır. EF değeri 1,10–7,39 arasında bulunan Ba, K, Fe, Na, Ca, Mn ve Mg elementleri yer kabuğu ve deniz kökenli; EF değeri 329,94–2500 arasında bulunan Cu, Pb, Zn ve Cr elementleri ise antropojenik kökenli olarak bulunmuştur. Daha önce çeşitli bölgelerde yapılan çalışmalarda da Ca, Na ve Mg elementlerinin hem yer kabuğu hem de deniz kökenli olduğu belirtilmiştir. Bu elementler SSW yönünde esen lokal rüzgarlarla Samandağ grabeni yolu ile Akdeniz'den Antakya atmosferine taşınmaktadırlar.

Elementlerin aynı veya benzer kaynaklardan gelip gelmediğini anlamak için korelasyon katsayıları (r) hesaplanmıştır. Buna göre Na elementi Al, Pb, Cu, Mg, Ca ve K elementleri ile yüksek korelasyonlu olup, korelasyon katsayısı  $r = 0,72-0,92$  değerleri arasındadır. Al elementinin en yüksek korelasyonu Mg ( $r = 0,75$ ) ve Fe ( $r = 0,78$ ) elementleri ile çıkmıştır. Na ve Al elementleri arasında yüksek korelasyon bulunması, Na elementinin doğada  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  bileşiği olarak da bulunması ile açıklanabilir. Pb elementi ise en yüksek korelasyonunu  $r = 0,73-0,91$  arasında değişen Ba, K ve Mg elementleri ile göstermiştir. Ayrıca deniz ve yer kabuğu kökenli olan Mg ve Ca elementi arasında  $r = 0,85$  değeri ile yüksek korelasyon katsayısı bulunmuştur. Antakya deniz yatağında bulunan bir şehir olduğu için, Mg elementinin deniz kökenli Na ve Ca elementleri ile korelasyonu yüksek çıkmıştır. Al ve Pb metallerinin hem

antropojenik hem yer kabuğu hem de deniz kökenli elementlerle korelasyonlu çıkması, bu metallerin Antakya atmosferine çeşitli kaynaklarla taşındığını göstermiştir.

Antakya şehir atmosferindeki PM<sub>10</sub> partikülleri içinde metallerin yüzde dağılımı 2006 yılında 12 ay için hesaplanmış ve en yüksek değer % 23,1 ile Ca elementine ait olup, en düşük değer ise %0,2 ile Ba elementine aittir. 2007 yılında 7 ay için metallerin yüzde dağılımı hesaplanmış ve en yüksek değer %32,1 ile Ca elementi için, en düşük değer ise %0,2 ile Ba elementi için bulunmuştur. Partikül madde içindeki deniz ve yer kabuğu kökenli elementlerin bulunma yüzdesi, antropojenik kökenli elementlerden daha fazladır. Yüzde dağılımlarının artış sırası 2006 yılı için Ba, Mn, Pb, Zn, Mg, Cr, Cu, Fe, Al, Na, K ve Ca; 2007 yılındaki artış sırası ise Ba, Mn, Zn, Cr, Cu, Pb, Fe, Al, Mg, Na, K ve Mg şeklinde ifade edilebilir. 2006 yılında yer kabuğu ve deniz kökenli elementlerin toplam yüzde dağılımları %81,1 ve 2007 yılında ise %87,7 bulunmuştur. Bu da bize Antakya şehir atmosferinde en fazla yer kabuğu ve toprak kökenli elementlerin bulunduğunu göstermektedir. 2006 yılında antropojenik kaynaklı elementlerin toplam yüzde dağılımı %18,9; 2007 yılında ise %12,3 olarak bulunmuştur. 2007 yılının sadece yedi aylık döneminde bile, 2006 yılının on iki aylık dönemine göre yer kabuğu kökenli elementlerin yüzdesi artmıştır. Antropojenik kaynaklı olan Cu, Cr ve Zn elementlerinin 2006 yılındaki yüzde dağılımları 2007 yılında yaklaşık yarı değerine düşmüş olup, yüzde dağılımlar yaklaşık %50 oranında azalmıştır. Ancak buna karşılık Pb elementi yüzde dağılımı 2006 yılında %2,4 iken 2007 yılında % 4,7 'ye çıkmış ve yüzde dağılım yaklaşık iki katına çıkmıştır. Bu durum her yıl daha çok aracın şehir trafiğine katılması ancak taşıtların kullandığı yolların aynı büyüklükte kalması ve tek ya da iki katlı evlerin yerine çok katlı apartmanların yolların iki tarafına yapılması ile trafikten kaynaklanan kirleticilerin atmosferin üst katmanlarına ulaşmalarının engellememiş olması ile açıklanabilir. Bu da insan sağlığı için toksik özellik gösteren Pb metalinin, gelecekte bu bölgede yaşayan insanlar için bir tehdit unsuru teşkil edebileceğini göstermektedir.

Belirlenen değerler açıkça gösteriyor ki, Antakya şehir atmosferinde, partikül madde içerisinde ağır metaller artmaktadır. Gelecekte buna bağlı olarak hava kirliliği sorunu yaşanabilir. Partikül hareketi ve taşınmasında, bölgenin coğrafik konumu ve meteorolojik şartları etkili olmaktadır. Sanayi bölgesi olan İskenderun'a göre metal derişimlerinin genel olarak düşük çıkması, bölgenin kuzeyinde kalan Amanos

dağlarının İskenderun'dan partikül madde taşınmasında bir engel olabileceğini düşünülebilir.

Bu çalışmanın pasif örnekleyicilerle desteklenmesi, sadece katyonların değil anyonların da analizinin yapılması ve uçucu organik bileşikler ve PAN değerlerinin Antakya şehir atmosferi için tespit edilmesi, Antakya atmosferindeki kirleticilerin ortaya konması açısından gereklidir. Çünkü Antakya şehri büyük bir tarihi açık hava müzesine sahiptir. Bu tarihin korunması herşeyden önce temiz bir hava ortamı ile gerçekleştirilebilir. Ancak şu anda sadece küçük sanayi sitelerinin var oluşu bile, şehir merkezinde belirlenen partikül madde içeriğinde antropojenik kaynaklı elementlerin yüksek derişimde çıkmasına neden olmuştur. Şehrin hemen kuzeydoğusunda yer alan ve Türkiye'nin önemli bir tarım arazisine sahip olan Amik Ovası'nda, yılda iki defa ürün alınması sonucu gerçekleşen tarımsal faaliyetlerle, havaya hem yer kabuğu kökenli hem de antropojenik kaynaklı elementler atılmaktadırlar.

Ayrıca çalışmanın insan sağlığı üzerindeki etkilerinin de korelasyonlu olarak araştırılması; hava kirleticiler ve insan sağlığı arasındaki ilişkiyi görmek açısından önemlidir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2005. Hava Kirliliği ve Hava Kirliliği Kaynakları. [www.ibb.gov.tr/](http://www.ibb.gov.tr/) çevre koruma
- Anonim, 2006. Metaller ve Özellikleri. [www.http:// tr.wikipedia.org](http://tr.wikipedia.org)
- Anonim, 2007. Metaller ve Özellikleri. [www.populermedikal.com.tr/](http://www.populermedikal.com.tr/)
- Anonim, 2007a. İllerin Maden Potansiyeli. [www.mta.gov.tr](http://www.mta.gov.tr)
- ATSO, 2004. **Hatay İli Genel Bilgiler**. Antakya Sanayi ve Ticaret Odası, Antakya
- Boztepe, H., 1999. **Anorganik Kimya Prensip ve Uygulamaları**. Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Adana.
- Braga, C.F., Teixeira, E.C., Meira, L., Wiegand F., Yoneama M.L., Dias, J.F., 2004. **Elemental composition of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in urban environment in South Brazil**. Atmospheric research, 39, 1801-1815, Brezilya.
- Carmine, P.D., Lucarelli, F., Mando, P.A., Valerio, M., Prati, P., Zucchiatti, A., 1999. **Elemental composition of size-fractionated urban aerosol collected in Florence, Italy; preliminary results**. Nuclear instruments and methods in physics research, 150, 450-456, İtalya.
- Chung, Y.S., Moon, J.H., Park, K.W., Kim, S.H., Lee, J.H., Lee, K.Y., 2001. **Airborne particulates (PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>) monitoring in Korea by instrumental neutron activation analysis**. Journal of radioanalytical and nuclear chemistry, 1, 117-128, Kore.
- Chung, Y.S., Kim, S.H., Moon, J.H., Kim, Y.J., Lim, J.M., Lee, J.H., 2005. **Source identification and long-term monitoring of airborne particulate matter (PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>) in urban region of Korea**. Journal of radioanalytical and nuclear chemistry, 1, 35-48, Kore.
- Demirata, B., 1992. **Çevre Kimyası Ders Notları**. İ.T.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, İstanbul.
- Fang, G.C., Chang, C.N., Wu, Y.S., Chen, M.H., Ho, T.T., Huang, S.H., 2003. **A study of metallic elements at suburban and industrial regions in central Taiwan during 2002-2003**. Atmospheric research, 70, 131-142, Tayvan.
- Fang, G.C., Chang, C.N., Wu, Y.S., Chen, J.C., Chen M.H., 2004. **Metallic elements study on fine and coarse particulates during daytime and nighttime periods at a traffic sampling site in central Taiwan**. Science of the total environment, 345 , 61-68 , Tayvan.



- Fang, G.C., Wu, Y.S., Huang, S.H., Rau, J.Y., 2005. **Review of atmospheric metallic elements in Asia during 2000-2004.** Atmospheric environment, 39, 3003-3013, Tayvan.
- Fang, G.C., Wu, Y.S., Lin, J.B., Lin, C.K., Rau, J.Y., Huang, S.H., 2005. **Characterization of atmospheric particulate and metallic elements at Taichung Harbor near Taiwan Strait during 2004-2005.** Chemosphere, 1-12, Tayvan.
- Fang, G.C., Wen, C.C., Lee, W.J., 2006. **Apply appropriate statistic methods in analyzing ambient air particulate and metallic elements concentrations at a traffic sampling site.** Journal of Hazardous Materials B137, 1502-1513, Tayvan.
- Güllü, G.H., Ölmez, İ., Tuncel G., 2000. **Temporal variability of atmospheric trace element concentrations over the eastern Mediterranean Sea.** Spectrochimica Acta Parte, 55, 1135-1150, Türkiye.
- Gündüz, T., 2000. **Çevre Kimyası.** Bilge Yayıncılık, Ankara.
- Hamzaoğlu, A. 1998. **Assesment of The Potential İmpact of Fugitive Dust From Seyitömer (Kütahya) Coal-Fired Pover Plant Fly Ash Disposal Area.** Master of Science the Department of Environmental Engineering, METU.
- Hien, P.D., Bac, V.T., Tham, H.C., Nhan, D.D., Vinh, L.D., 2002. **Influence of conditions on PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>2.5-10</sub> concentrations during the monsoon season in Hanoi, Vietnam.** Atmospheric environment, 36, 3473-3484, Vietnam.
- HMM,2006. Hatay Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü. [www.meteoroloji.gov.tr](http://www.meteoroloji.gov.tr)
- Karpuzcu, M., 2004. **Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü.** Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Kubilay, N., Yemenicioğlu, S., Saydam, A.C.,1995a. **Airborne Material Collections and Their Chemical Composition Over the Black-Sea, Mar.Pollut.Bull.,** 30(7); 475-483.
- Kubilay, N., Saydam, A.C.,1995b. **Trace Metal Characterisation of Airborne Particles from the North-Eastern Mediterranean.** Fresenius Environment Bull,3, 344-448.
- Lee, B.K., Lee, H.K., Jun, N.Y., 2006. **Analysis of regional and temporal characteristics of PM<sub>10</sub> during an Asian dust episode in Korea.** Chemosphere, 63, 1106-1115, Kore.
- Lopez, J.M., Callen, M.S., Murillo, T.G., Navarro, M.T., Mastral, A.M., 2005. **Levels of selected metals in ambient air PM<sub>10</sub> in an urban site of Zaragoza (Spain).** Environmental research, 99, 58-67, İspanya.

- Müezzinoğlu, A., 2005. **Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları**. Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir.
- Querol, X., Alastuey, A., 2001. **PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> Source Apportionment in the Barcelona Metropolitan Area, Catalonia, Spain**. Atmospheric Environment, 35, 6407-6419.
- Odabaşı, M., Müezzinoğlu, A., Bozlaker, A., 2002. **Ambient Concentrations and Dry Deposition Fluxes of Trace Elements in İzmir, Turkey**. Atmospheric Environment, 36, 5841-5851.
- Okutan, H., 1993. **Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü**. TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi Kimya Mühendisliği Araştırma Bölümü, Gebze-Kocaeli.
- Örnektekin, S., 1998. **The Effects of Industrialization on Air Quality in İskenderun, North East Mediterranean**. Environmental Research Forum vols.7-8, 51-57.
- Özyılmaz, G. 1999. **İskenderun Körfezinde Endüstri Kuruluşlarının Neden Olduğu Hava ve Toprak Kirliliği**. M.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Antakya, 127s.
- Patterson, J. W., 1985. **Industrial Wastewater Treatment Technology**. Butterworth, Boston.
- Saliba, N.A., Kouyoumdjian, H., Roumie, M., 2007. **Effects of Local and Long-Range Transport Emissions on the Elemental Composition of PM<sub>10-2.5</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Beirut**. Science Direct 6497-6509,41, Beyrut.
- Sevgican, F., 1987. **İnorganik Elementler ve Metabolizması**. E.Ü.Z.F. Yayınları, İzmir.
- Tunalı, N. K., Özkar, S., 1999. **Anorganik Kimya**. Gazi kitapevi, Ankara.
- Vallius, M., Janssen, N.A.H., Heinrich, J., Hoek, G., Ruuskanen, J., Cyrys, J., Grieken, V.R., Hartog, J.J., Kreyling, W.G., Pekkanen, J., 2004. **Sources and Elemental Composition of Ambient PM<sub>2.5</sub> in Three European**. Science of the Total Environment, 337, 147-162.
- Vardoulakis, S., Kassomenos, P., 2006. **Sources and Factors Affecting PM<sub>10</sub> Levels in Two European Cities: Implications for local air quality management**. Atmospheric environment, 1-15, Yunanistan.
- Yatkın, S., Bayram, A., 2006. **Elemental Composition and Sources of Particulate Matter in the Ambient Air of a Metropolitan City**. Atmospheric Research, 85, 126–139, Türkiye.

## TEŞEKKÜR

Master tez konumun belirlenmesinde ve çalışmamın her aşamasında bilgi ve deneyimi ile bana yol gösteren, manevi yönden de büyük desteğini aldığım danışman hocam Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Dekanı Prof.Dr. Sermin Örnektekin'e teşekkürü bir borç bilirim.

Bölüm imkanlarından faydalanmamı sağladığı için Kimya bölüm başkanı Prof.Dr. Nurettin Çolak'a teşekkür ederim.

Deneysel aşamalarda büyük yardımlarını ve katkılarını gördüğüm MKÜFAM müdürü Yrd. Doç. Dr. M. Kemal Sangün'e, MKÜFAM çalışanları Müh. Mehmet Bayrakçıoğlu'na, Müh. Hidayet Duman'a ve Uzman Seher Mısırlıoğlu'na teşekkür ederim.

Çalışmalarına yaptığı katkılardan dolayı Doç. Dr. Şana Sungur'a teşekkür ederim.

Çalışmalarına yaptığı katkılardan dolayı Yrd. Doç. Dr. Gül Özyılmaz' a teşekkür ederim.

Çalışmamın numune toplama aşamasında manevi desteklerini esirgemeyen BESYO personeline teşekkür ederim.

Hatay İl Kontrol Laboratuvar çalışanlarına analiz aşamasında yardımlarını esirgemediğinden teşekkür ederim.

Tez düzenleme ve yazım aşamasında desteğini esirgemeyen meslektaşım Sıdıka Sertkol'a ve İsmail Alkaya 'ya teşekkür ederim.

Son olarak bugüne kadar her anımda yanımda olan ve beni destekleyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

## ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Antakya'da doğdu ilk, orta, lise öğrenimini Antakya'da tamamladım. 1998 yılında girdiğim Niğde Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünü 2001 'de bölüm ikincisi olarak bitirdim. 2004 yılında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalında master programına yerleştim. 2001 yılında Antakya'da başladığım Kimya Öğretmeliği görevine halen devam etmekteyim.

EK:1

Metal derişimlerinin ( $\mu\text{gm}^{-3}$ ) aylara bağlı değişimi

AYLAR	Ba	K	Na	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Cr	Fe	Pb	Al
Oca.06	0,0134	1,56	0,98	1,74	0,74	0,306	0,47	0,032	0,195	0,68	0,29	1,1
Şub.06	0,025	1,58	1,64	1,91	0,86	0,26	0,54	0,038	0,225	1,78	0,14	1,87
Mar.06	0,018	1,98	1,86	3,23	1,02	0,35	0,62	0,035	0,31	1,33	0,35	1,2
Nis.06	0,011	1,06	1,21	0,98	0,62	0,2	0,31	0,028	0,147	0,396	0,21	0,4
May.06	0,016	1,13	1,38	1,53	1,12	0,45	0,36	0,036	0,198	0,64	0,201	1,37
Haz.06	0,02	0,98	1,44	2,5	1,22	0,4	0,41	0,034	0,25	0,7	0,11	1,15
Tem.06	0,014	0,96	1,31	3,56	0,98	0,37	0	0,031	0,21	0,45	0	0,75
Ağu.06	0,015	0,95	1,34	3,15	0,96	0,38	0	0,033	0,233	0,46	0	0,76
Eyl.06	0,018	1,2	1,87	2,01	1,04	0,36	0,2	0,034	0,26	0,78	0,17	0,8
Eki.06	0,028	2,16	1,96	3,22	1,13	0,39	0,23	0,036	0,29	1,116	0,29	0,83
Kas.06	0,025	2,6	2,12	3,1	1,18	0,42	0,32	0,031	0,35	0,95	0,35	0,81
Ara.06	0,014	3,85	2,41	3,21	1,25	0,34	0,41	0,029	0,405	0,66	0,44	0,715
Oca.07	0,01	2,76	1,27	2,26	0,83	0,24	0,35	0,027	0,31	1,085	0,52	0,402
Şub.07	0,018	3,17	1,94	3,66	1,41	0,23	0,52	0,032	0,34	0,258	0,7	0,24
Mar.07	0,032	4,5	2,13	8,58	2,54	0,38	0,8	0,039	0,364	0,492	1,2	1,487
Nis.07	0,038	3,6	2,04	2,5	1,08	0,21	0,71	0,037	0,33	0,98	1,15	2,01
May.07	0,0513	5,01	2,67	8,72	3,73	0,4	0,82	0,036	0,43	1,39	1,31	2,62
Haz.07	0,027	3,18	2,41	8,18	3,36	0,58	0,95	0,034	0,45	2,35	0,97	3,55
Tem.07	0,0126	2,29	2,28	9,91	1,75	0,38	0,86	0,032	0,367	1,42	0,5	1,65

## EK 2

Element	Miktar (ppm)	(E/Al) <sub>yer kabuğu</sub>
Al	82300	1.00
Ba	425	$5,16 \cdot 10^{-3}$
Ca	41500	0,504
Cr	100	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Cu	55	$6,7 \cdot 10^{-4}$
Fe	56300	0,684
K	20900	0,254
Mg	23300	0,283
Mn	950	0,012
Na	23600	0,287
Pb	12,5	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Zn	70	$8,5 \cdot 10^{-4}$

Yer kabuğunda elementlerin bulunma bollukları (ppm) ve (E / Al) yer kabuğu