

**İÇ VE DIŞ HAVA ORTAMLARINDA PARTİKÜLER MADDE  
(PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub>) KONSANTRASYONLARININ  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**ASSESSMENT OF PARTICULATE MATTER (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>  
and PM<sub>1</sub>) CONCENTRATIONS IN INDOOR AND OUTDOOR  
ENVIRONMENTS**

**BİLGE KARAKAŞ**

**PROF. DR. GÜLEN GÜLLÜ**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin  
ÇEVRE Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2015

**BİLGE KARAKAŞ**'ın hazırladığı “İç ve Dış Hava Ortamlarında Partiküller Madde (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub>) Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet Cemal Saydam

Başkan

.....

Prof. Dr. Gülen Güllü

Danışman

.....

Doç. Dr. Aydın Akbulut

Üye

.....

Yrd. Doç. Merih Aydınalp Köksal

Üye

.....

Doç. Dr. Eftade Emine Gaga

Üye

.....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

23/01/2015

BİLGE KARAKAŞ

## ÖZET

### **İÇ VE DIŞ HAVA ORTAMLARINDA PARTİKÜLER MADDE (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub>) KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Bilge KARAKAŞ**

**Yüksek Lisans, Çevre Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ**

**Ocak 2015, 137 sayfa**

Gerçekleştirilen bu çalışma, 0-2 yaş dönemi çocukların vakitlerinin önemli bir kısmını geçirdikleri kapalı ortamlardaki partikül madde (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub>) seviyelerinin ve kaynaklarının belirlenmesi ile sonuçların ev ve çevre koşullarına göre etkilerinin incelenmesi üzerinedir. Tez çalışması kapsamında Ankara ilinin çeşitli semtlerinde, evlerin oturma ve bebek odası ile dış ortamlarında PM ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sırasında araştırmaya katılan ailelerin evlerinde eşzamanlı olarak PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> ölçümleri gerçekleştirilerek, aynı zamanda bu ortamlarda yaşayan bireylerin yaşam alışkanlıkları, ev ve çevre koşulları da kayıt altında tutulmuştur. Bazı ölçüm dönemlerinde sıcaklık, bağıl nem ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonları da anlık olarak ölçülmüştür.

Çalışmada, 6 saniye aralıklar ile elektronik kayıt sağlayan, havadan taşınan partiküllerin konsantrasyonunu ölçmek için geliştirilmiş “Grimm Environmental Dust Monitor (EDM) 107” toz konsantrasyonu ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümler her bir mikro ortamda 15 dakika süre ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın sonucunda genel olarak iç ortam PM seviyelerinin büyük oranda ortak kullanılan odalarda, ayrı olarak ise oturma ve bebek odalarına oranla yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, bebek odalarında gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarının oturma odasına göre düşük olduğu tespit edilmiştir. CO<sub>2</sub> seviyelerinin ise EPA'nın belirlediği limit değer olan 800 ppm'in üzerinde olduğu belirlenmiştir. Dış ortam ölçümleri gerçekleştirilen dönemlerde oturma ve bebek odalarına ait İ/D konsantrasyon oranları tüm kirleticiler için birden büyük olduğu dolayısıyla kirletici kaynağının iç ortamdaki kaynağından kaynaklandığı gözlenmiştir. Ev koşullarına göre yapılan analizlerde; soba ile ısınan evlerde PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun kombi kullanımı olan evlere göre yüksek, evin içerisinde sigara kullanılan evlerde sadece balkonda sigara içilen ve sigara içilmeyen evlere göre yüksek, dış ortamda PM konsantrasyonlarının örnekleme esnasında çevrede inşaat faaliyetlerinin olduğu evlerin olmayanlara göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Dış hava kalitesinin ise meteorolojik faktörler ile belirgin değişim gösterdiği saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** İç ortam havası, partiküller madde, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>

## **ABSTRACT**

### **ASSESSMENT OF PARTICULATE MATTER (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub>) CONCENTRATIONS IN INDOOR AND OUTDOOR ENVIRONMENTS**

**Bilge KARAKAŞ**

**Master Degree, Department of Environmental Engineering**

**Advisor: Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ**

**January 2015, 137 pages**

This study is about determining the levels and sources of particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub>) in indoor environments where 0 to 2 years old children spend most of their time and examining the impacts of the results according to domestic and environmental conditions. Within the scope of thesis, PM measurements were carried out in the living, babies rooms and outdoor environments of the houses present in various districts of Ankara. During this study, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> measurements were carried out simultaneously in the houses of the participant families and at the same time, the life styles of the family members and domestic and environmental conditions were recorded. In some of the measurement periods, temperature, relative humidity and CO<sub>2</sub> concentrations were also measured instantly.

In the study, “Grimm Environmental Dust Monitor (EDM) 107” dust concentration measurement device developed to measure the airborne particle concentration and record the data every 6 seconds was used. The measurements were carried out for 15 minutes in each micro environment.

As a result of the study, it was observed that: generally indoor PM levels were significantly higher in the joint rooms which were used for both living and baby room purposes compared to living and babies rooms. It was also determined that the measurement results were lower in the babies rooms compared to living rooms. It was identified that the CO<sub>2</sub> levels were higher than the limit value of 800 ppm determined by EPA. Indoor to outdoor ratios for both living and baby rooms were higher than one meaning that the source of pollution was indoor environment. According to analyses of house conditions; PM<sub>10</sub> concentration was higher in houses heated by stove compared to houses heated by central heating boiler; it was also higher in houses where cigarette is smoked within the house compared to houses where the cigarette is smoked only in the balcony or not smoked; the outdoor PM concentrations were higher in the houses around which a building was under construction compared to houses with no construction around. On the other hand, it is found out that the outdoor air quality varies significantly depending on the meteorological conditions.

**Key Words:** Indoor air quality, particulate matter, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>

## TEŞEKKÜRLER

Çalışma boyunca bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren, her konuda tüm desteklerini esirgemeyen ve çalışmamın kilit noktasında görüşleriyle beni yönlendiren değerli danışmanım Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ 'ye ve değerli jüri üyelerime,

Çalışmalarımdaki maddi desteklerinden dolayı TÜBİTAK ve Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi'ne,

Tezin saha çalışmaları (evlerden örnek alınması aşaması) ve anket çalışmalarının düzenlenmesi aşamalarında yardımcı olan arkadaşlarım Sanaz LAKESTANİ, Parisa BABAEİ, Betül KURADA ve Elham AGLAHARA ile partikül madde verilerinin düzenlenmesi ve yorumlanmasındaki katkılarından dolayı değerli arkadaşım Ahmet KORKMAZ'a,

İş hayatı ile birlikte yüksek lisans yapmanın zorluğunu hafifleten, her türlü kolaylığı sağlayan, manevi desteğini hep yanımda hissettiğim Sayın Neslihan ARTAR AYBAR'a ve her zaman olumlu düşünceleriyle beni yüreklendiren iş arkadaşlarıma,

Her konuda göstermiş olduğu yardımları ve pratik tecrübeleriyle desteğini her zaman hissettiğim dostum Selcen ÇELİK ve manavi tüm desteğini benden esirgemeyen Çağrı KARAHAN'a,

Kendilerini bana, desteklerini her zaman hissettiğim kardeşlerim Ayşe KARAKAŞ, Canan KARAKAŞ ve Oğuzhan KARAKAŞ'a adayan, arkamda her zaman desteklerini hissetmemin verdiği güçle benim ilerlememi teşvik eden ve ileride kendilerine yakışır güzel yerlere gelmemi arzulayan annem Meryem KARAKAŞ ve babam Abdullah KARAKAŞ'a,

En derin şükranlarımı sunuyorum.



# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜRLER.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
1.1 Yapılan Çalışmanın Amacı .....	3
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1 Hava Kirliliği.....	5
2.2 İç Ortam Hava Kirliliği .....	6
2.2.1 İç Ortam Hava Kirletici Kaynakları .....	6
2.2.2 İç Ortam Hava Kirliliğini Etkileyen Faktörler .....	12
2.2.3 İç Ortam Hava Kirleticileri: Partikül Madde (PM) .....	14
2.3 Partikül Maddenin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri .....	25
2.4 Yasal Düzenlemeler.....	26
3. MATERYAL VE METOD .....	32
3.1 Örnekleme Noktalarının Seçimi ve Örnekleme Dönemleri.....	32
3.2 Örnekleme Dönemlerinde Gerçekleştirilen Ölçüm Parametreleri .....	33
3.3 Anket Çalışması Sonuçları .....	41
3.4 Örnekleme ve Analiz Yöntemi .....	43
3.5 Yapılan Referans Deneyler Hakkında Genel Bilgi .....	50
3.6 İstatistiksel Değerlendirmeler.....	51
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR.....	52

4.1 Tüm Dönemlere Ait Ortak Evlerde PM Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi .....	54
4.2 Tüm Örneklerle İlişkin Mevsimsel Bazda PM Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi .....	61
4.3 Referans Deneylere Ait Sonuçlar .....	63
4.4 Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonlarına Ait PM Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi .....	72
4.5 Örnekleme Döneminde Ankara ilinin Genel Partikül Madde Konsantrasyon Profili .....	74
4.6 Partikül Madde Seviyelerine Meteorolojik Faktörlerin Etkisi.....	84
4.7 Partikül Madde Seviyelerinin Anket Çalışmaları ile Birlikte Değerlendirilmesi .....	88
4.8 Kirletici Kaynağı Tanımlama .....	105
4.8.1 İç/Dış (İ/D) Oranları ile Kirletici Kaynağı Tanımlama .....	105
4.8.2 $PM_1/PM_{2.5}$ , $PM_{2.5}/PM_{10}$ ve $PM_1/PM_{10}$ Oranları ile Kirletici Kaynağı Tanımlama .....	109
<b>5. GENEL DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER.....</b>	<b>113</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>122</b>
<b>EK .....</b>	<b>132</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>135</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Örneklemelerin gerçekleştirildiği semt lokasyonlarının genel gösterimi (Ankara).....	33
Şekil 3.2 I.örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği .....	37
Şekil 3.3 II.örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği .....	37
Şekil 3.4 III.örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği .....	38
Şekil 3.5 IV.örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği .....	38
Şekil 3.6 Ankara ilinde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesindeki hava kalitesi ölçüm istasyonlarının lokasyonları.....	39
Şekil 3.7 Partikül madde ölçüm cihazı (Grimm EDM 107).....	45
Şekil 3.8 Grimm EDM 107'nin çalışma prensibinin şematik gösterimi .....	47
Şekil 4.1 Tüm örneklemelerin değerlendirilmeye alındığı iç ve dış ortam partikül madde konsantrasyon seviyelerinin grafiksel gösterimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	53
Şekil 4.2 İç ortam ve dış ortam için tüm dönemlere ait $\text{PM}_{10}$ , $\text{PM}_{2.5}$ ve $\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Box & Dağılım Grafikleri .....	60
Şekil 4.3 Tüm örneklerin değerlendirilmesine ilişkin mevsimsel bazda PM konsantrasyon seviyelerinin grafiksel gösterimi.....	62
Şekil 4.4 A Tipi Sigara - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları ( $\text{partikül}/\text{cm}^3$ ). 65	
Şekil 4.5 B Tipi Sigara - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları ( $\text{partikül}/\text{cm}^3$ ). 65	
Şekil 4.6 Deodorant Kullanımı - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları ( $\text{partikül}/\text{cm}^3$ ) .....	67
Şekil 4.7 Mum Yakımı - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları ( $\text{partikül}/\text{cm}^3$ ). 68	
Şekil 4.8 Sigara ve Mum Yakımı - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları ( $\text{partikül}/\text{cm}^3$ ) .....	69

Şekil 4.9 Yemek Yapımı - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları (partikül/cm <sup>3</sup> ) .....	70
Şekil 4.10 Referans Deneyler - PM Boyut Dağılımı ve Fraksiyon Oranları.....	71
Şekil 4.11 İstasyonlara ait saatlik bazda PM <sub>10</sub> konsantrasyon seviyelerini gösterir grafik .....	77
Şekil 4.12 İstasyonlara ait saatlik bazda PM <sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyelerini gösterir grafik .....	78
Şekil 4.13 İstasyonlara ait mevsimsel bazda PM <sub>10</sub> konsantrasyon seviyeleri (µg/m <sup>3</sup> ) .....	79
Şekil 4.14 İstasyonlara ait mevsimsel bazda PM <sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyeleri (µg/m <sup>3</sup> ) .....	80
Şekil 4.15 İstasyonlara ait saatlik bazda PM <sub>2.5</sub> / PM <sub>10</sub> konsantrasyon seviyelerini gösterir grafik.....	81
Şekil 4.16 İstasyonlara ait mevsimsel bazda PM <sub>2.5</sub> /PM <sub>10</sub> oranları grafiksel gösterimi .....	82
Şekil 4.17 Bahçelievler istasyonuna ait PM <sub>10</sub> konsantrasyon dağılımı.....	83
Şekil 4.18 Sıhhiye istasyonuna ait PM <sub>10</sub> konsantrasyon dağılımı .....	83
Şekil 4.19 Sincan istasyonuna ait PM <sub>10</sub> konsantrasyon dağılımı .....	83
<b>Şekil 4.20 Keçiören istasyonuna ait PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon dağılımı .....</b>	<b>83</b>
Şekil 4.21 Ev örnekleme noktalarında yapılan PM <sub>2.5</sub> ve PM <sub>1</sub> ölçüm sonuçlarının sigara kullanılan ve kullanılmayan mikro-ortamlardaki dağılımı.....	91
Şekil 4.22 Sigara kullanımına ilişkin iç ortam PM <sub>2.5</sub> konsantrasyonları için literatür bilgisi ve limit değer ile grafiksel gösterimi.....	93
Şekil 4.23 Sigara kullanımına ilişkin iç ortam PM <sub>10</sub> konsantrasyonları için literatür bilgisi ve limit değer ile grafiksel gösterimi.....	94
Şekil 4.24 Evlerin oturma ve bebek odalarında PM <sub>10</sub> ölçüm sonuçlarının evin bulunduğu kata göre dağılımı (µg/m <sup>3</sup> ) .....	97
Şekil 4.25 Evlerin dış ortamlarında PM <sub>2.5</sub> ve PM <sub>1</sub> ölçüm sonuçlarının evin bulunduğu kata göre dağılımı (µg/m <sup>3</sup> ) .....	98

Şekil 4.26 Evlerin iç ortamlarında (bebek ve ortak kullanımlı odalar) PM <sub>10</sub> ölçüm sonuçlarının ıslak temizlik yapma sıklığına göre dağılımı (µg/m <sup>3</sup> ).....	100
Şekil 4.27 Evlerin oturma odalarında PM <sub>2.5</sub> ölçüm sonuçlarının örnekleme esnasında ortamda bulunan kişi sayısına göre konsantrasyon değerlerinin grafiksel gösterimi (µg/m <sup>3</sup> ).....	101
Şekil 4.28 İnşaat faaliyetine yakın dış ortam örneklemesine ilişkin örnek görünüm .....	102
Şekil 4.29 Evlerin dış ortamlarında PM ölçüm sonuçlarının inşaat faaliyetlerine yakınlığına ilişkin konsantrasyon değerlerinin grafiksel gösterimi (µg/m <sup>3</sup> ).....	104

## ÇİZELGELER

Çizelge 2-1 Yapılan literatür incelemesi neticesinde bazı çalışmaların sonuçları .	20
Çizelge 2-2 HKDYY, Ek-I Kademeli 24 Saatlik ve Yıllık PM <sub>10</sub> Limit Değer Azaltımı .....	27
Çizelge 2-3 Diğer standart ve kılavuzlara ait belirlenen hava kalitesi limit değerleri [40, 102] .....	30
Çizelge 3-1 Örnekleme dönemlerine ait periyotlar.....	32
Çizelge 3-2 Dönemlere ait ölçülen PM ve çevresel parametreler.....	33
Çizelge 3-3 17130 nolu meteoroloji istasyonununa ait meteorolojik parametrisi ortalama değerleri .....	36
Çizelge 3-4 T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde Ankara ilinde yer alan Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları ve İstasyonlarda Ölçüm Yapılan Parametreler .	39
Çizelge 3-5 Örnekleme Dönemleri için Bazı Kapalı Ortam Havası Değerlendirme Parametre Sonuçları (%).....	42
Çizelge 3-6 Proje başlangıcından verilerin değerlendirilmesine kadar uygulanan aşamalar.....	43
Çizelge 3-7 Referans deney örnekleme özellikleri.....	51

Çizelge 4-1 Partikül Madde (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> ve PM <sub>1</sub> ) (µg/m <sup>3</sup> ) Verileri İstatistik Bilgileri .....	54
Çizelge 4-2 Tüm dönemlerde ortak evlerin iç ve dış ortamlarında gerçekleştirilen PM <sub>10</sub> verileri istatistik sonuçları (µg/m <sup>3</sup> ).....	57
Çizelge 4-3 Tüm dönemlerde ortak evlerin iç ve dış ortamlarında gerçekleştirilen PM <sub>2.5</sub> verileri istatistik sonuçları (µg/m <sup>3</sup> ) .....	58
Çizelge 4-4 Tüm dönemlerde ortak evlerin iç ve dış ortamlarında gerçekleştirilen PM <sub>1</sub> verileri istatistik sonuçları (µg/m <sup>3</sup> ) .....	59
Çizelge 4-5 Referans Deneyle - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Yüzde Değerleri.....	63
Çizelge 4-6 Otomobil emisyon miktarının sigara tüketimi ile karşılaştırılması .....	66
Çizelge 4-7 Tüm örnekleme dönemi süresince 8 adet hava kalitesi ölçüm istasyonlarından elde edilen PM sonuçları, PM <sub>2.5</sub> /PM <sub>10</sub> Oranları ve PM <sub>2.5</sub> ile PM <sub>10</sub> korelasyon katsayıları (R <sup>2</sup> ) .....	75
Çizelge 4-8 T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde Ankara'da 8 adet hava kalitesi ölçüm istasyonlarına ait PM <sub>10</sub> korelasyon oranları.....	75
Çizelge 4-9 T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde Ankara'da 8 adet hava kalitesi ölçüm istasyonlarına ait PM <sub>2.5</sub> korelasyon oranları .....	76
Çizelge 4-10 İstasyonlara ait mevsimsel bazda PM <sub>2.5</sub> /PM <sub>10</sub> oranları .....	81
Çizelge 4-11 Dış ortam partikül madde seviyelerinin tüm veriler ve mevsimsel bazda meteorolojik faktörler ile ilişkisini gösteren Spearman rank korelasyon değerleri .....	85
Çizelge 4-12 Anket çalışmasına ilişkin ANOVA testi sonuçları.....	89
Çizelge 4-13 Sigara kullanımına ilişkin iç ortam PM <sub>2.5</sub> ve PM <sub>10</sub> konsantrasyonları için literatür bilgisi .....	92
Çizelge 4-14 Evlerin dış ortamlarında PM <sub>2.5</sub> ve PM <sub>1</sub> ölçüm sonuçlarının evin bulunduğu kata göre konsantrasyon değerleri (µg/m <sup>3</sup> ).....	97
Çizelge 4-15 Evlerin iç ortamlarında (bebek ve ortak kullanımlı odalar) PM <sub>10</sub> ölçüm sonuçlarının ıslak temizlik yapma sıklığına göre konsantrasyon değerleri (µg/m <sup>3</sup> ).....	99

Çizelge 4-16 Evlerin oturma odalarında PM <sub>2.5</sub> ölçüm sonuçlarının örnekleme esnasında ortamda bulunan kişi sayısına göre konsantrasyon değerleri (µg/m <sup>3</sup> )	101
Çizelge 4-17 Evlerin dış ortamlarında PM ölçüm sonuçlarının inşaat faaliyetlerine yakınlığına ilişkin konsantrasyon değerleri (µg/m <sup>3</sup> ) .....	103
Çizelge 4-18 Oturma ve bebek odalarına ait PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> ve PM <sub>1</sub> için İ/D oranları .....	106
Çizelge 4-19 Bazı koşullara göre PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> ve PM <sub>1</sub> için İ/D oranları.....	107
Çizelge 4-20 Dış ortam ve istasyon PM değerlerine ait PM <sub>1</sub> /PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>2.5</sub> /PM <sub>10</sub> ve PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub> oranları .....	109
Çizelge 4-21 Bazı Avrupa ülkelerine ait PM <sub>2.5</sub> /PM <sub>10</sub> emisyon oranları.....	111

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$\mu$  : Mikro

### Kısaltmalar

AB : Avrupa Birliği

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

AC : Air conditioning

ANOVA : Varyans analizi (Analysis of variance)

B : Bebek odası

CO : Karbon monoksit

CO<sub>2</sub> : Karbon dioksit

ÇTD : Çevresel Tütün Dumanı (Environmental Tobacco Smoke-ETS)

D : Dış ortam

DSÖ : Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization - WHO)

GM : Geometrik ortalama

gr : Gram

HKDYY : Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği

hPa : hektopaskal

IHSS : Isıtma, Havalandırma ve Soğutma Sistemleri (Heating, Ventilation, and Air Conditioning-HVAC)

İ/D : İç ortam/dış ortam oranı

İOO : İç ortam ortalaması

K/Y : Kış/yaz oranı

Maksi : Maksimum

N : Örnek/Ölçüm sayısı



NaOCl	: Sodyum hipoklorit
NO <sub>x</sub>	: Nitrojen Azot Oksitleri
O	: Oturma Odası
OB	: Oturma ve bebek odası olarak beraber kullanılan odalar
PBDE	: Polybrominated diphenyl ethers
PM	: Partikül madde
PM <sub>10</sub>	: 10 µm ve altındaki partikül madde konsantrasyonu
PM <sub>2.5</sub>	: 2.5 µm ve altındaki partikül madde konsantrasyonu
PM <sub>1</sub>	: 1 µm ve altındaki partikül madde konsantrasyonu
ppm	: milyonda bir
BN	: Bağıl nem
SCI	: Science Citation Index
SO <sub>2</sub>	: Kükürt dioksit
SS	: Standart sapma
TUOB	: Toplam uçucu organik bileşikler
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
UOB	: Uçucu organik bileşik
US EPA	: Amerika Birleşik Devleti Çevre Koruma Ajansı
Vd.	: ve diğerleri
≈	: Yaklaşık olarak

### **Notlar**

Tez yazımında sayısal değerlerin ondalık birimleri nokta (.) kullanılarak ifade edilmiştir.

# 1. GİRİŞ

Yapılan birçok epidemiyolojik çalışma ile partiküller maddeden kaynaklanan hava kirliliği seviyesi ile solunum yolları hastalıkları, akciğer, kardio ve solunum yolu problemleri nedeniyle hastanelere başvuru ve ölüm vakaları arasında ilişki tespit edilmiştir [1]. İnsanlar zamanlarının büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirmektedir. Buna rağmen partikül madde seviyesini tespit çalışmaları çoğunlukla dış ortamda gerçekleştirilmiş olup, iç ortamda gerçekleştirilen çalışmalar Türkiye ve Dünya'da oldukça sınırlı sayıdadır. En önemli kirleticiler arasında yer alan ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USA EPA)'nın altı yaygın kirleticisinden bir tanesi olan Partikül Madde (PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub>)'nin kimyasal kompozisyonu, reaksiyon özellikleri, kısa ve uzun aralıkta difüze olma özellikleri farklıdır. EPA'nın sınıflandırmasına göre aerodinamik çapı 0.1 µm'den küçük partiküller çok (ultra) ince, 0.1 µm ile 2.5 µm (2.5 µm dahil) arasındaki partiküller ince partiküller, 2.5 µm ile 10 µm arasındaki partiküller kaba (course) ve 10 µm'den büyük partiküller ise çok kaba partiküller olarak adlandırılmaktadır. PM konsantrasyonu genellikle birim hacimdeki kütle veya parçacık adedi olarak ifade edilir. PM konsantrasyonu, endüstriyel ortamlarda µg/m<sup>3</sup> veya mg/m<sup>3</sup> olarak, ofis binalarında ve endüstriyel temiz odalarda ise adet/m<sup>3</sup> olarak ifade edilir [2]. Kaba parçacıklar (>2.5 µm) daha çok mekanik prosesler sonucu oluşurken, ince partiküller (<2.5 µm, PM<sub>2.5</sub>) ve ultra ince partiküller (<0.1 µm) diesel yakıtların yanması gibi direk ortama atılabildikleri gibi gazların kimyasal reaksiyonları sonucu ikincil kirleticiler olarak da oluşabilmektedir [3].

İç ortamdaki partiküllerin, iç ortam aktiviteleri ve dış ortam olmak üzere genel olarak iki kaynağının olduğu bilinmektedir; ortamdaki konsantrasyon seviyeleri genellikle; hava değişim oranı, dış ortam PM seviyesi, iç ortam aktiviteleri, ortama atılan partiküllerin aerodinamik çapları gibi faktörler ile değişkenlik gösterebilmektedir [4]. İç ortamda sigara içimi, ısıtma, yemek pişirme ve çeşitli iç ortam aktiviteleri (temizlik faaliyetleri, yürümek, dışarıdan ilave kişinin gelmesi ile ev içinde bulunan kişi sayısının artması gibi) ev içerisinde toz yayılımına sebep olabilmektedir. Toz yayıcı bir aktivitenin gerçekleşmediği durumda ise kişilerin aktiviteleri (yürümek, temizlik yapmak gibi) toz, toprak, deri döküntüleri, mantar

sporları, kâğıt ve kumaş fiberlerinden oluşup çökelen tozların tekrar ortama yayılmasına sebep olabilmektedir [5, 6].

Partiküllerin yarattığı sağlık etkileri ile ilgili epidemiyolojik çalışmaların birçoğu, şehrin merkezinde yapılan dış ortam ölçümlerine dayalı olarak gerçekleştirilmektedir. Şekerel, Gemicioğlu ve Soriano [7] tarafından 15 farklı şehirde bulunan 8,530 hanede Türkiye’de astım kavramı ve gerçeği üzerine çalışma gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada; astım kavramı ve gerçeği (Asthma Insights and Reality-AIR) anketi uygulama metodu kullanılarak; kılavuz tabanlı astım kontrolü, hastalık kontrolü ve şiddetinde hasta algısı ile Türk toplumunda etkili astım tedavisi kontrolünde mevcut durumun araştırılması amaçlanmıştır. Araştırma sonucuna göre; genel olarak, 8,530 haneden her 495 (%5.8) hanede en az bir astım hastası tespit edilmiştir. Araştırma popülasyonunun %14’ü çocuktan oluşmaktadır (n=55) ve 55 çocuk ile 345 yetişkinde inatçı astım olduğu tespit edilmiştir (sırasıyla %72.7 ve %88.1). Araştırmada yapılan anket çalışması sonuçlarına göre yetişkin astımlı hastalardan %31’inin sigara kullandığı ve %10’unun ise eski sigara kullanıcısı olduğunu tespit edilmiştir. Çocukların dörtte üçü ve yetişkinlerin ise %90’dan fazlasında gündüz semptomlarının yaşandığı kaydedilmiştir. 2013 yılında, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından yapılan bir açıklamaya göre; 2000 yılında Türkiye’de hastanelerde yatan hastaların %20’sinin sigara kaynaklı hastalıktan muzdarip olduğu ve erkek nüfusunun yarısının günlük sigara kullanıcısı olduğu bilgisi verilmiştir [7]. Şekerel, Gemicioğlu ve Soriano [7]’nin yapmış olduğu bu çalışma sonucu, Türkiye’de sigara kullanım oranı ve sigara kullanımına bağlı hastalıktan muzdarip kişilerin miktarına ilişkin benzer sonuçlar sunarak katkı sağlamıştır.

Gelişmiş olan ülkelerde çocuklarda astım ve solumaya bağlı alerji gelişiminin hızla arttığı tespit edilmektedir [8]. Her ne kadar, astım gelişiminde genetik faktörlerin önemli rolü olduğu bilinse de, tüm dünyada kentlerde yaşayan çocuklarda hızla artan alerjik havayolu hastalıkları, genetik faktörlerin dışında çevresel faktörlerin de burada rolleri olduğuna işaret etmektedir. Yapılan çalışmalar, dış ortam hava kirleticilerinin önceden var olan astımı alevlendirdiğini ortaya koymaktaysa da [9, 10], bu kirleticilerin çocuklarda astım veya alerjik hastalıkların insidansını artırdığı kesin olarak ortaya konmamıştır. Hava kirliliği ve sağlık etkilerine yönelik çalışmalar daha yaygın veri bulunabildiği için dış ortam hava kalitesi verileri ile

gerçekleştirilmektedir. Ancak, hassas grup olarak değerlendirilen bebekler ve yaşlılar zamanlarının %95'ini hava kalitesinin daha kötü olduğu kapalı ortamlarda geçirmekte olduklarından dolayı hava kalitesinin sağlık etkilerinin değerlendirilmesinde dış ortam verilerinden çok iç ortam hava kalitesinin incelenmesi gereklidir.

### **1.1 Yapılan Çalışmanın Amacı**

2011-2014 seneleri arasında, 110Y082 Nolu, "Prenatal Dönemden Başlayarak 2 Yaşına Gelineye Kadar Çocukların Evlerindeki İç Ortam Kirleticilerinin ve Bu Kirleticilerle Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları ve Alerjik Yakınmalar Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi" konulu TÜBİTAK projesi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu projede, 0-2 yaş dönemi çocukların vakitlerinin önemli bir kısmını geçirdikleri kapalı ortamlardaki hava kirliliği seviyeleri belirlenmiş ve ortam koşullarının çocuklarda alt solunum yolu enfeksiyonu ve alerji üzerine etkileri incelenmiştir. Proje Ekim 2009- Ocak 2014 arasında çalışmaya katılmayı kabul eden Ankara'da yaşayan yaklaşık 100 hamile kadın ve sonrasında doğan bebeklerinin yaşadığı ortamda (B), evlerin oturma odaları (O) ve dış ortamlarında (D) 4 ayrı dönemde yürütülmüştür. Bu projede iç ve dış ortam havasında biyoaerosoller (bakteri ve mantar), uçucu organik bileşikler (UOBler), partikül madde (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub>) ve poliaromatik hidrokarbonlar (PAH) ve ağır metal kirleticileri için ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, iç ortam kirleticilerinin seviyelerinin belirlenmesi sırasında kirletici-kaynak ilişkisinin ortaya çıkarılması amacıyla CO<sub>2</sub>, CO, sıcaklık, nem ölçümleri de yapılmış, meteorolojik parametrelerin kayıtları alınmıştır. Ailelerin ve bebeklerin sosyo-demografik özellikleri ve yaşam alışkanlıklarına ilişkin veriler yapılandırılmış anket formları ile yüz yüze görüşme tekniği toplanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında, söz konusu 110Y082 nolu TÜBİTAK projesinde yapılan iç ve dış ortam partikül madde konsantrasyonları, CO<sub>2</sub>, CO, sıcaklık, nem değerleri ve meteorolojik parametrelerin iç ortam koşulları ve PM konsantrasyonları ile ilişkisi incelenmiştir. Bu çalışmanın birçok amacı bulunmaktadır. Bunları aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

- Partikül madde konsantrasyonunun ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$ ) hem iç ortamda, hem de dış ortamda mekânsal değişimini ve iç ortam hava kalitesini tekil olarak nasıl etkilediğini araştırmak,
- Bazı ev içi faaliyetlerinin parçacık çap dağılımlarının referans deneyler ile belirlenmesi,
- Mevsimsel değişimlerin bu partikül madde kirleticisine olan etkisini bulmak,
- İç ortamda ölçülen partikül madde seviyeleri ile dış ortam konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi tespit etmek,
- İç ve dış ortamda ölçülen partikül madde düzeyleri ile ortamın fiziksel özellikleri,  $CO_2$ , sıcaklık ve bağıl nem arasında ilişkinin tespiti sonucu iç ortamdaki kaynaklarının ve değişimine neden olan faktörlerin neler olduğunu belirlemek,
- Ankara'da bulunan mevcut Hava Kalitesi İstasyonlarından partikül madde konsantrasyon seviyelerini dikkate alarak proje örnekleme süreci boyunca, Ankara'nın PM profilini belirlemektir.

Sunulan tez çalışması beş ana başlıktan oluşmaktadır. Birinci bölümde TÜBİTAK tarafından 0-2 yaş dönemi çocukların vakitlerini geçirdikleri kapalı ortamlardaki hava kirliliği seviyelerini belirlemeye ve ortam koşullarının çocuklarda alt solunum yolu enfeksiyonu ve alerji üzerine etkileri incelemeye ilişkin gerçekleştirilmiş olan projeden bahsedilmekte, Türkiye ve Dünya'daki çocuklarda astım rahatsızlığı ile ilgili konunun kısaca açıklanmakta ve çalışmanın amacı anlatılmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde konu ile ilgili genel bilgiler literatür ile ilişkilendirilerek başka bölgelerde yapılan benzeri çalışmalar ile ilgili açıklama verilmektedir. Çalışmanın üçüncü bölümünde partikül madde, örnekleme noktalarının seçimi, örnekleme dönemlerinde istasyonlardan genel meteorolojik durumdan, yapılan anket çalışmalarının sonuçlarından ve örnekleme ile analiz yönteminin anlatıldığı materyal ve metot bölümünden oluşmaktadır. Çalışmanın dördüncü bölümünde elde edilen sonuçlar verilerek, söz konusu hava kirleticilere neden olabilecek faktörler karşılaştırma yapılarak ve istatistiksel testler kullanılarak araştırılmıştır. Çalışmanın beşinci ve son bölümünde, elde edilen genel sonuçlar ve ilerideki çalışmalara öneriler verilmektedir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Hava Kirliliği

Hava kirliliği gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülkeleri etkileyen önemli bir çevre sağlığı sorunudur. Her yıl tahminen 3 milyondan fazla kişi hava kirliliği nedeniyle hayatını kaybetmektedir. Hava kirliliği atmosferde toz, gaz, duman, koku, su buharı şeklinde bulunabilecek olan kirleticilerin insan ve diğer canlılar ile eşyaya zarar verici miktara yükselmesi olarak tanımlanabilir. Bunun yanı sıra, çeşitli kimyasal süreçlerle ortaya çıkan gaz yada parçacık halindeki maddelerin özellikle yakıt artıklarının da yoğun miktarlara erişmesi sonucu canlıların sağlığını ve hayatını tehlikeye sokan hava durumu da bu tanım içinde yer almaktadır.

Hava kirliliğinin en önemli sebeplerinden bir tanesinde, son yıllarda hızla artan dünya nüfusu, sanayileşme, şehirleşme ve buna bağlı olarak artan enerji ihtiyacı fosil yakıtların kullanımının artmasına neden olmuştur. Fosil yakıtların kullanımındaki artış atmosfer kompozisyonunda da gittikçe artan değişikliklere neden olmaktadır. İnsanlar seçme şansı olmadan çevrelerindeki havayı solurlar. Eğer hava kirli ise hava içinde bulunan partiküller ve kirletici gazlar da solunur. Bu kirleticiler insanların akciğerine, kalbine ve diğer organlarına zarar vermektedir.

Geçmişte hava kirliliğinden dolayı bir çok ülkede ölüm vakası meydana gelmiştir. Örneğin 1930 yılında Belçika'da 63 kişi, 1948 yılında Pensilvanya'da 20 kişi ve 1952 yılında Londra'da 4,000'den fazla kişi hava kirliliğine bağlı olarak hayatını kaybetmiştir. Düşük konsantrasyonlu hava kirleticilerinin uzun yıllar solunması da insan sağlığı açısından tehlikeli olarak düşünülmektedir. Çocuklar daha aktif oldukları: karaciğer, akciğer ve diğer organları gelişim aşamasında olduğu için daha fazla risk taşımaktadır.

Hava kirleticilerinin örneğin karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), uçucu organik karbon, ozon (O<sub>3</sub>), ağır metaller, solunabilir partikül maddenin kimyasal kompozisyonu, reaksiyon özellikleri, kısa ve uzun aralıkta difüze olma özellikleri farklıdır. Pek çok doğal fiziksel faaliyet ile (volkanlar, yangınlar) atmosfere farklı kirleticiler salınmasına rağmen antropojenik faaliyetlerin (insan faaliyetleri) çevresel hava kirliliğinin esas nedeni olduğu belirlenmiştir.

## 2.2 İç Ortam Hava Kirliliği

İç ortam havası; konut, işyeri, alışveriş ve yaşam merkezleri, ulaşım araçlarının iç mekanları (otobüs, tren, uçak, gemi vb.) ve okul gibi binalar içinde yer alan hava olarak ifade edilebilir. İç ortam hava kirliliği ise sözü geçen ortamlarda sağlığa zararlı solunabilir maddelerin görülmesidir. Solunabilir maddeler toz, gaz, buhar şeklinde gözlenebilir. Bu maddelerin konsantrasyon miktarı ve çeşitliliği ortamın karakteristiğine, bina yapım ve iç mekan malzemelerine ve içinde yaşayan bireylerin davranış biçimlerine ve bir çok çevre faktörüne göre farklılık göstermektedir. Örneğin bir ilkokulda öğrencilerin aktif hareketlerinden ötürü sınıf ve koridorlarda partikül madde oranları gözlenecekken, bir kırtasiye ortamında kullanılan fotokopi makinası, baskı makinası gibi ekipmanlardan bazı uçucu organik bileşiklerin salınımları gözlenebilmektedir. Ülkelerdeki enerji tasarruf politikaları ve buna bağlı olarak iç ortam hava dolaşımının en az düzeye indiği, yetersiz havalandırmanın yapıldığı, dış ortama açılmayan pencerelerin bulunduğu ve klimaların kullanıldığı izolasyonlu bina yapımı, iç ortam hava kalitesinde önemli sorunlar yaratmıştır.

İç ortam hava kalitesinin insan performansı üzerindeki etkisi bilinen bir gerçektir. İnsan konforu ve üretkenliği için solunan havanın %30-50 izafi nem içermesi ve çalışma ortamının 19-20°C'de olması gerekmektedir. [11]

İç ortam kalitesini, ortamda bulunan partiküler madde, karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), sıcaklık, azotoksitler (NO<sub>x</sub>), oksijen miktarı (O<sub>2</sub>), kükürtoksitler (SO<sub>x</sub>), uçucu organik bileşikler (UOB), çeşitli mikroorganizma ve alerjenler gibi fiziksel ve biyolojik etkenlerin varlığı etkilemektedir. Bu kirleticilerin bulunma oranı ve kirleticilere maruz kalan kişiler bu havayı uzun süre solumasıyla çeşitli hastalıkların görülme oranı da artmaktadır. Sözü geçen kirleticiler iç ortamdaki kaynaklardan salınabildiği gibi dış ortamdan penetrasyonlar ya da iç ortamda gerçekleşen fotokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan ikincil kirleticiler şeklinde karakterize edilebilir. [12]

### 2.2.1 İç Ortam Hava Kirleticisi Kaynakları

İç ortam kirleticilerinin kaynakları birbirinden farklılık göstermektedir ve çok çeşitlidir. İç ortam kirleticilerinden bir kısmı konut içerisinde yapılan temizlik faaliyetlerinden (UOB), iç ortam boyama işlemlerinden (UOB), yemek pişirme

faaliyetlerinden (CO, NOx, partiküller vb.), sigara kullanımından (CO, partiküller), koku giderici sprey veya oda parfümlerinin kullanımı (UOB), tüylü evcil hayvanların barındırılması (ev tozu, bakteri, mantar) gibi bazı aktiviteler nedeni ile üretilir. Bunun yanı sıra; bina malzemeleri, mobilya, ahşap, halı gibi ev içi kullanım malzemeleri, yapıştırıcılar, ev bitkileri ve banyo malzemelerinden yayılmaları da söz konusudur. Ayrıca, iç ortam kirletici kaynaklarının dış ortamdan açılan pencere, kapı gibi açıklıklardan aktarımları da gerçekleşebilmektedir. Bazı iç ortam kirleticileri dış ortamda üretilirler ancak pencere ve kapılardan iç ortama girerler.

En belirgin iç ortam hava kirleticilerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- a)** Kimyasal içerikli temizlik malzemeleri,
- b)** Bina içi ve dış cephe bina inşa malzemeleri,
- c)** Preslenmiş ahşap eşyalar,
- d)** Halıfleks (Halı kaplama)
- e)** Lamine edilmiş tahta ürünler
- f)** Tütün kullanımı (Sigara, nargile vb.)
- g)** Nem
- h)** Yetersiz havalandırma-yakma işlemi (yetersiz havalandırma, yakma sırasında eksik yanma ürünleri olan kirletici gaz emisyonlarının oluşmasına neden olur).

Bu kirletici kaynaklarından temizlik malzemeleri, tütün kullanımı, halı, oda kokusu, yapıştırıcılar ve bina malzemeleri ile iç ortam hava kalitesini etkileyen faktörlerden ısıtma, havalandırma ve soğutma sistemleri (IHSS), havalandırma, CO<sub>2</sub>, termal performans (sıcaklık ve nem) ile dış ortam hava kalitesinin iç ortam hava kalitesi üzerindeki etkileri aşağıdaki bölümlerde özetlenmiştir:



### **a) Temizlik malzemeleri**

Uçucu Organik Bileşikler (UOBler)'in bina içinde pek çok kaynağı bulunmaktadır. UOB'ler boya, cila, halı kaplama, yapay ahşap levhalar, bazı yalıtım malzemeleri, çok sayıda yapı malzemesi ve ev ürünleri endüstrisinde, mobilyalarda, ayrıca bazı temizleyici kozmetik ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Medina-Ramon vd. [13] İspanya'da 2011 ve 2012 tarihleri arasında, 30-65 yaşları arasında bulunan 4,521 temizlik görevlisi bayanda yapmış olduğu bir araştırmada; ev temizliği yapan bayanlardaki astım semptomlarının, ağartıcı ve muhtemel tahriş edici temizlik ürünlerinin kullanımı ile ilgili ilişkili olduğunu belirtmektedir. Araştırmada ayrıca bu tahriş edici temizlik malzemelerinin çalışma yerleri ve evlerde ortak kullanımının, halk sağlığına etkisinin yaygınlaşabileceğini vurgulanmıştır.

Temizlik, hijyen ve estetik gibi faydalarının yanı sıra dezenfektanların tahriş edici kimyasalları içermesinden ötürü sağlık riski de yaratmaktadır. Temizlik malzemeleri fotokimyasal dumana neden olan UOB'leri içermesi nedeni ile halk sağlığı üzerinde önem arz etmektedir. Temizlik faaliyeti, temizliği yapan kişi kadar ortamda bulunan insanlara da risk oluşturmaktadır. Temizlik malzemelerindeki uçucu bileşenler temizlik yapılırken ve sonrasında gaz fazında vücuda solunma yoluyla girebilmektedir.

Odabaşı [14] evlerde temizlik malzemesi olarak kullanılan çamaşır suyu (sodyum hipoklorit, NaOCl) ve diğer pek çok organik kimyasalın reaksiyona girerek kloroform ve karbon tetraklorit gibi halojenli uçucu organik bileşiklere yol açtığını tespit etmiştir. Özellikle insanlarda kansere yol açtığından şüphelenilen ve güçlü bir sera gazı olmasından ötürü ABD Gıda ve İlaç İdaresi tarafından evlerde kullanılması yasaklı olan karbon tetrakloritin olduğu tespit edilmiştir.

Temizlik malzemelerinden salınan emisyon (i) temizlik malzemelerinin bileşimi, (ii) temizlik malzemesinin içeriğindeki uçucu bileşimin konsantrasyonu ve (iii) temizlik malzemesinin kullanım şekli, kullanım sıklığı ile miktarı gibi önemli faktörler ile değişkenlik gösterebilmektedir. Tez çalışması kapsamında annelerin ev içerisinde temizlik yapma sıklıkları sorulmuş olup, anket sonuçlarına göre genellikle haftada 1 veya 2 sefer temizlik yapma sıklığı olduğu tespit edilmiştir (%50).

## **b) Çevresel Tütün Dumanı-ÇTD (Environmental Tobacco Smoke-ETS)**

Çevresel tütün dumanı (ÇTD), sigara içen kişi tarafından ortama verilen ve sigaranın yanmakta olan ucundan çıkan dumandan oluşur.

Ülkemizde halk sağlığını tehdit eden en yaygın tehlikelerden biri olan tütün kullanımı sadece sigara içen kişilerin değil, ortama yayılan çevresel tütün dumanı nedeniyle sigara içmeyen kişilerde de önemli sağlık sorunları yaratmaktadır.

Çevresel tütün dumanı, sigara içen kişi tarafından ortama verilen (ana akım dumanı) ve sigaranın yanmakta olan ucundan çıkan dumandan (yan akım dumanı) oluşur [15]. Ana akım dumanı emisyonlarının yan akım emisyonlarına olan baskınlığı ÇTD pasif içiciliğini belirlemektedir ve pasif olarak maruz kalmanın sağlık etkilerini araştıran bazı epidemiyolojik çalışmalarda akciğer kanseri ve kadınlarda meme kanseri [16] [17] riskini arttırdığı, bağışıklık sistemi fonksiyonlarına zarar verdiği [18] ve koku duyusunda tahribata neden olduğu belirtilmektedir.

Toksik bir hava kirletici olan ÇTD çok düşük düzeylerde bile tehlikelidir [19] ve A grubu karsinojen olarak sınıflandırılmaktadır [20]. ÇTD binlerce kimyasal içerir, bunların en az 250'sinin karsinojenik veya bir başka şekilde toksik oldukları bilinmektedir [21].

2013 yılında, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından yapılan bir açıklamaya göre; 2000 yılında Türkiye'de hastanelerde yatan hastaların %20'sinin sigara kaynaklı hastalıktan muzdarip olduğu ve erkek nüfusunun yarısının günlük sigara kullanıcısı olduğu bilgisi verilmiştir.

2008 yılına gelindiğinde, Türkiye kapalı alanlarda dünyanın en sıkı tütün kontrol önlemlerinden olan %100 dumansız hava sahası politikasını gerçekleştirmiştir. Çevresel tütün dumanının azaltılması konusunda yapılan bu değişim, sağlık üzerindeki etkisini göstermiş olup, sigarayla ilişkili hastaneye yatış oranlarında % 27 ve sigara içme yaygınlığında ise % 20 oranında azalma olmuştur [22].

ABD'de yetişkinlerde sigara alışkanlığı 1960'lı yıllarda %40'ın üzerindeyken günümüze kadar azalarak 2005 yılında %20 ve 2012 yılında ise %18 seviyelerine gerilemiştir [23].

ÇTD'nin içeriğinde birçok bileşik (çoğu kanserojen veya olası kanserojen) bulunmaktadır [24]

Sigara kullanımının iç ortam havasına etkisinin araştırılmasının yanı sıra nargile içiminin de iç ortam hava kalitesine olan etkisi bir odada 4 saat süre ile nargile içilerek araştırılmıştır [25]. Nargile içimi ile sağlık etkileri önemli olan birçok bileşiğin yayılmasına rağmen, insanlar nargile içiminin sigara içimine göre daha az zararlı ve daha az bağımlılık yapıcı olduğunu düşünmektedir. Ancak çalışma sonucunda nargile içimi sırasında yüksek konsantrasyonda UOB seviyeleri gözlenmiştir.

Maziak ve arkadaşları [26], nargile kullanımına ilişkin partikül madde konsantrasyon seviyelerini tespit etmek için laboratuvar ortamında bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada 20 adet sigara ve 20 adet nargile farklı zamanlarda içilerek ortamdaki PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> konsantrasyonları tespit edilmiştir. Tespit edilen maksimum PM<sub>2.5</sub> ölçümleri, nargile için 908 µg/m<sup>3</sup> ve sigara için ise 575 µg/m<sup>3</sup> olarak kaydedilmiştir. PM<sub>10</sub> konsantrasyon seviyelerinde de PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonlarında olduğu gibi nargile içiminde en yüksek seviyeler gözlenmiştir. Maksimum PM<sub>10</sub> konsantrasyon seviyeleri nargile içiminde 1,052 µg/m<sup>3</sup> ve sigara içiminde ise 653 µg/m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir [26].

### **c) Halı**

Halı, bazı gaz kirleticiler (asetaldehid, etil benzen, formaldehit, hekzan, ksilenler, stearin, tolüen, tri-metilbenzen vb.) ve organizmaların (mantar, ev tozu akarları vb.) kaynağı olabilmektedir [27]. Yapılan çalışmaların çoğu alerjen rezervuarı olarak halı ve yer döşemelerine işaret etmektedir.

Ayrıca, döşemecilikte kullanılan köpük, evde bulunan diğer plastik malzemeler ve bazı halılarda da PBDE 1970'lerden beri yanmayı geciktirici olarak kullanılmaktadır. Eser miktarda PBDE hava ve suya; halı ve perdelerin kumaşlarından yayılabilmektedir.

Halılardan kaynaklanan UOB emisyonlarının tespiti için yapılan materyal analizinde TUOB seviyelerinin 2,300 µg/m<sup>3</sup>e (sentetik destekli halı) kadar ulaşabildiği gözlenmiştir [28]. Çalışmada kullanılan tüm halılardan çıkan UOB

emisyonlarının birkaç saat içerisinde maksimum seviyelere ulaştığı ve zamanla seviyelerinin azaldığı saptanmıştır.

#### **d) Oda kokusu**

Son zamanlarda birincil emisyonları kadar ikincil emisyonları da önemle incelenen oda kokularının kullanımı yaygınlaşmaktadır. Singer vd. [29], 50 m<sup>3</sup> hacminde ev odasında gerçekleştirdiği deneylerde, ozon mevcudiyetinde temizlik ürünleri ve oda spreylelerinin/parfümlerinin kullanımından kaynaklı iç ortamda oluşan ikincil kirletici formlarını araştırmıştır. Bu çalışmada, iç mekân ozonla birlikte terpenoid içeren temizlik ürünlerini veya oda spreylelerini/parfümlerini kullanarak kişileri maruz bırakabilecek önemli miktarda ikincil hava kirleticilerini üreterek alana yeni bulgular sağladığı belirtilmektedir.

#### **e) Yapıştırıcılar**

Yapıştırıcılar, başlıca formaldehit ve UOB emisyon kaynağıdır. İç ortam formaldehit konsantrasyonları genellikle dış ortam miktarından daha fazladır. Düşük kaynama noktaları nedeniyle iç ortamlarda gaz fazında bulunan uçucu organik bileşiklerin çoğu toksik ve kanserojendir [30]. Ayrıca, UF-bağlı yonga levha üzerinde su bazlı kaplama yapıştırıcıların uygulanması yüksek miktarda ve uzun süreli formaldehit emisyon salınımına neden olabilmektedir [31].

#### **f) Bina malzemeleri**

Farklı birçok çeşidi bulunan uçucu organik bileşiklerin en önemli kaynakları inşaat ve dekorasyonda kullanılan malzemelerdir. Bunlar: halı, preslenmiş ahşap, kompozit yer kaplaması ve boya gibi malzemelerdir. Çok tabakalı materyallerin emisyon yayma süreleri daha uzundur ve hızı tek tabakalı materyallere göre daha yavaştır. Ofis ortamlarında ise, yapı malzemelerine ilave olarak fotokopi makineleri ile diğer bazı ofis malzemeleri UOB'ler için önemli kaynaklardır [27, 32].

Bazı çalışmalarda UOB seviyeleri ile boyama işlemi ve yeni mobilya dekorasyonu arasında güçlü ilişkiler bulunmuştur [33, 34].

## 2.2.2 İç Ortam Hava Kirliliğini Etkileyen Faktörler

İç ortam hava kirletici kaynaklarının yanı sıra bazı faktörler: Isıtma, Havalandırma ve Soğutma Sistemleri (IHSS) kullanımı, ventilasyon, CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, termal performans (sıcaklık ve nem) ile dış ortam hava kalitesi de iç ortam hava kalitesini etkilemektedir. Bu faktörler aşağıda başlıklar halinde bahsedilmektedir.

### - Isıtma, Havalandırma ve Soğutma Sistemleri (IHSS)

Ekonomik gelişim ile birlikte, son yıllarda IHS sistemlerinin kullanımı toplumda artış göstermiştir. IHSS genellikle termal konforun sağlanması ve iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi amacı ile kullanılmaktadır. Binalarda yetersiz havalandırmasına sebep olabilen ısıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinin havayı etkin dağıtmaması, hasta bina sendromunun oluşmasında önemli bir etken olduğu düşünülmektedir [35].

Son yıllardaki çalışmalarda hem termal konforun hem de sağlıklı iç ortam hava koşullarının sağlanmasına yardımcı olacak IHS sistemleri geliştirilmektedir. Termal konfor; hava sıcaklığı, bağıl nem, hava hızı ve ortalama radyan sıcaklık gibi birçok faktöre bağlıdır. IHS sistemleri genellikle termal konforun sağlanmasına imkân verirken, sağlıklı iç ortam hava kalitesini sağlayamamaktadır [36].

### - Havalandırma

**Havalandırma (ventilasyon)**, kapalı ortamlarda havanın doğal ya da yapay olarak yenilenmesi durumudur. İnsan bulunan bir iç ortamda, iç ortam havası, karbon dioksit miktarının artması ve oksijenin azalması sonucu giderek kirlenmektedir. Kapı ya da pencereler aracılığıyla, iç ve dış ortamlar arasındaki sıcaklık farkı sayesinde, havalandırma doğal biçimde gerçekleştirilebilir.

Mekanik havalandırmaların bir temizleme sistemine sahip olması iç ortam hava kalitesi açısından önemlidir. HEPA filtreler, toz ve alerji yapıcılar gibi kirletici taneciklerin yok edilmesine ilaveten, bazı türleri uçucu organik bileşikler ve diğer gazlı kimyasallar ve hoş olmayan kokular gibi moleküllerin bertaraf edilmesinde de etkindirler. Xu vd. [37] tarafından, hava temizleme/havalandırma işlemlerinin 30 astımlı çocuk üzerinde solunum sağlıklarını iyileştirip iyileştirmediği ile ilgili yatak

odalarında çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada hava temizleme/havalandırma elemanı olan HEPAiRx ile çalışılmıştır. Çalışma neticesinde, dikkat çekici çıkarımlardan bir tanesi, HEPAiRx kullanımında PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarında %72 azalma olmasıdır. Ayrıca, kirletici konsantrasyonlarından UOB'de %59, CO<sub>2</sub>'de %19 ve CO'da ise %30 oranında iyileşme gözlenmiştir. Çalışma sonucunda yapılan bir diğer çıkarım ise, havalandırma ile birlikte hava temizleme işlemi, etkili astım hastalarının semptomlarını azaltabileceğini göstermektedir.

#### - Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>)

CO<sub>2</sub> seviyesi, kapalı ortamda havalandırmanın yeterli olup olmadığını gösteren önemli bir indikatördür. Solunum neticesinde açığa çıkan CO<sub>2</sub> seviyelerinin binalarda nasıl olması gerektiğine yönelik yayınlanan birçok standart mevcuttur.

Okulların sınıflarında yapılan bir çalışmada CO<sub>2</sub> seviyesinin ventilasyon oranı artırıldığında düştüğü tespit edilmiştir [38].

Kuş vd. [39] üniversite dersliklerinde CO<sub>2</sub> ve partikül seviyesi ölçerek değerlendirdikleri iç hava kalitesinde CO<sub>2</sub> seviyesini ortalama 1,000–1,414 ppm (en yüksek 2,250 ppm) olarak ölçmüşlerdir. Harran Üniversitesi ofislerinde CO<sub>2</sub> ve partikül seviyesi ölçerek değerlendirilen iç hava kalitesinde CO<sub>2</sub> seviyesi ortalama 937 ppm olarak bulunmuştur [40]. İzmir bölgesindeki ilköğretim ve anasınıflarının değerlendirildiği başka bir çalışmada ise ilköğretim sınıflarındaki CO<sub>2</sub> seviyesi 1,000 ppm'in üzerinde ölçülmüş, anasınıflarında ise kış döneminde 1,000 ppm'in üzerine çıktığı gösterilmiştir [41].

ABD'de yapılan bir çalışmada, CO<sub>2</sub> seviyesinin 1,000 ppm artması ile öğrencilerin okula devamlarının yıllık ortalamada günlük olarak %0.5-0.9 arasında düşmesine neden olduğu saptanmıştır [42].

#### - Termal performans (sıcaklık ve nem)

Mahal konfor şartlarında en önemli faktörler hava sıcaklığı ve nemdir. Genellikle, %50 nem seviyesi ve 23 °C oda koşulları uygun seviyelerdir. Termal performansın konfor haricinde iç ortam hava kalitesini ne yönde etkilediği araştırılmaktadır. Bu

amaçla termal performans ve iç ortam hava kirletici konsantrasyonlarını aynı anda ve çabuk analiz edebilmek için dinamik çok-parametrelili dağılımların ve konsantrasyonların simülasyonu IHS/HVAC sistemlerinin koşulları da dikkate alınarak incelenmektedir [43].

#### - Dış ortam hava kalitesi

Dış ortam hava kalitesi, havalandırma veya infiltrasyon yoluyla iç ortam hava kalitesini hem kompozisyon olarak, hem de seviye açısından etkilemektedir. Eş zamanlı olarak dış ortamda da yapılan ölçümler sırasında her iki mevsimde de iç ortam PM seviyesinin dış ortama göre daha yüksek olduğu, endüstrilere ve yola yakın evlerde iç ortam PM seviyesinin dış ortamdan daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir [44].

### 2.2.3 İç Ortam Hava Kirleticileri: Partikül Madde (PM)

İç ortam hava kalitesini olumsuz yönde etkilediği bilinen en önemli kirletici kaynaklarından bir tanesi de partikül maddedir.

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın altı yaygın kirleticisinden bir tanesi olan PM (PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub>)'nin kimyasal kompozisyonu, reaksiyon özellikleri, kısa ve uzun aralıkta difüze olma özellikleri farklıdır.

PM konsantrasyonu genellikle birim hacimdeki kütle veya parçacık adedi olarak ifade edilmektedir. PM, endüstriyel ortamlarda µg/m<sup>3</sup> veya mg/m<sup>3</sup> olarak, ofis binalarında ve endüstriyel temiz odalarda ise adet/m<sup>3</sup> olarak ifade edilir [2].

25 Mart, 2014 tarihinde yayınlanan Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün Raporu'na göre, 2012 yılında yaklaşık 7 milyon kişinin ölüm nedeni (her sekiz ölümden biri) hava kirliliğinden kaynaklanmıştır. Bu rapora göre, akciğer kanserinin yanı sıra kalp rahatsızlıkları ve mesane kanserinin de hava kirliliği ile bağlantılı olduğu açıklanmıştır.

Dünya Sağlık Örgütü'nün hazırlamış olduğu bu raporda sadece dış ortam hava kalitesi değil, ev ve işyerlerindeki hava kirliliği de değerlendirilmiş olup, gelişmekte olan ülkelerdeki kadın ve çocukların odun ya da kömür kullanılan sobalar nedeniyle daha çok ev içi kirliliğe maruz kaldığı belirtilmiştir. Araştırmalara göre,

4.3 milyon ölüm ev içindeki kirli havaya, 3.7 milyon ölüm de dışarıdaki kirli havaya bağlanmıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nün bu değerlendirmesine göre iç ve dış ortam hava kalitesinde iyileştirme çalışmalarının en kısa zamanda yapılması gerektiği tespit edilmiştir [45].

1945-2013 tarihleri arasında iç ortam hava kalitesi/hasta bina sendromu ve sağlık etkileri ile ilgili Türkiye'de Science Citation Index (SCI) tarafından yayınlanan dergilerde basılmış toplam çalışma sayısı 125'tir. Bu çalışmaların %40'ı farklı türdeki iç ortamlarda yapılan uçucu organik bileşik, partikül madde, biyoaerosoller incelemeleri, %20'si yaşlılar, çocuklar gibi hassas bireylerde iç ortam hava kalitesinin sağlık ile etkileşimleri, %18'i iç ortam için doğal ve mekanik havalandırma modellerinin geliştirilmesi, %14'ü iç ortam doğal radyoaktivite ve radon seviyesinin belirlenmesi, %5'i hasta bina sendromu, %3'ü örnekleme ve analiz metodolojisi geliştirmeye yönelik çalışmalardır. Yapılan çalışmaların büyük bir kısmı son 10 yıl içinde gerçekleştirilmiştir. Dünyadaki literatüre paralel olarak ülkemizde de iç ortam hava kalitesine yönelik çalışmaların sayısı her geçen yıl artış göstermektedir [46].

Türkiye ve Dünya'da gerçekleştirilmiş iç ve dış ortam PM ölçüm çalışmalarına ait literatür sonuçları aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- Bugüne kadar gerçekleştirilmiş birçok epidemiyolojik çalışmada, partiküller maddeden kaynaklanan hava kirliliği seviyesi ile solunum yolu hastalıkları, akciğer fonksiyonları, kalp ve solunum yolu problemleri nedeniyle hastanelere başvuru ve ölüm vakaları arasında ilişki tespit edilmiştir [47].
- Menteşe [48] tarafından ikincil organik aerosollerin oluşum mekanizması; partikül sayısı ve partikül çap aralığı açısından tipik bir ev koşulunda araştırıldığı çalışmada, ikincil organik aerosollerin oluşması için belirli uçucu organik bileşiklerin ozon varlığında reaksiyona girmesi gerektiği tespit edilmiştir. İkincil olarak oluşan aerosollerin sayıca büyük bir bölümünün nano-metre seviyesinde olduğu belirlenmiştir.
- Bazı endüstri gruplarında iç ortam ince partikül madde derişimlerinin incelendiği çalışmalar mevcuttur [49]. Şahin ve Kurutaş [49] tarafından bir metal endüstrisinin iç ortamında yapılan inceleme sonucu günlük ortalama PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonları 86.3 – 404.9 µg/m<sup>3</sup> aralığında değiştiği, üretim



makinaları izole edildiğinde partikül madde miktarında 2.5 ila 8.8 kat azalma tespit edilmiştir.

- İç ortamda gerçekleştirilen ölçümlerden bir tanesi de Ocak [50] tarafından cami içerisinde cuma namazı esnasında gerçekleştirilen  $PM_{2.5}$  ölçümleridir. Yapılan ölçümler caminin havalandırmasının yetersiz olduğunu, namaz kılmaya gelen kişi sayısı ile paralel olarak artan partikül madde kirliliği olduğunu göstermiştir.
- Brunekreef [51], otoyoldan 35 ila 645 m. mesafede yer alan 13 okulda iç ortamda  $PM_{10}$  ölçümleri gerçekleştirmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre; otoyollara uzak olan okullarda  $PM_{10}$  seviyeleri 6.75 ila 20.8  $\mu g/m^3$  arasında değişirken, yollara yakın mesafelerde bulunan okullarda ise 9.20 ila 32.8  $\mu g/m^3$  arasında değişmektedir.
- Lee ve Chang [52] ise çalışmasında 5 ilkokulda gerçekleştirdiği  $PM_{10}$  konsantrasyon sonuçlarını, Hong Kong yerel mevzuatın öngördüğü 24 saatlik ortalama değeri 180  $\mu g/m^3$ 'den yüksek tespit etmiştir.
- Prag şehrinde yer alan ilkokullarda Branis [4],  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  konsantrasyon ölçümlerinde, insan aktiviteleri ve dış ortam faktörünün partikül madde seviyeleri üzerine etkilerini çalışmıştır. Sonuçlar, iç ortamda insan aktivitelerinin partikül madde seviyelerinde yükselmeye sebep olduğunu ve iç ortam havasının dış ortamdaki etkilendiğini önemli düzeyde doğrulamıştır.
- Keskin ve Keskin [53], İstanbul'da yer alan 5 ilkokulda iç ortam  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  seviyeleri ve elemental kompozisyonu incelenmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre,  $PM_{10}$  konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna göre 27.9 ila 289  $\mu g/m^3$  arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. İnceleme yapılan yüksek trafik akışına sahip yolun kenarında bulunan dört okulda ölçülen PM seviyeleri DSÖ tarafından belirlenen limit değerlerin üstüne çıktığı görülmüştür.
- Kılıç ve Keskin [54] tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise, bir üniversite hastanesinde iç ortam havasındaki  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyonları eş zamanlı olarak ölçümler yolu ile belirlenmiştir. Elde edilen veriler DSÖ'nün  $PM_{2.5}$  ve  $PM_{10}$  kütle konsantrasyonları için belirlediği 24 saatlik sınır değerler ile karşılaştırıldığında, çocuk polikliniğinde zaman zaman her iki değerin de sırasıyla %80 ve %100'e varan oranlarda aşıldığı, ortalama değerlere bakıldığında ise,  $PM_{2.5}$  değeri sınırda iken,  $PM_{10}$  değerinin sınırın %32 üzerinde olduğu görülmüştür. Aynı karşılaştırma yatan hasta birimi için

yapıldığında, hem  $PM_{2.5}$  hem de  $PM_{10}$  değerlerinin ortalamasının sınır değerlerin altında olduğu, ancak  $PM_{2.5}$  konsantrasyonlarının seyrek de olsa sınır değerlerin %60 kadar üzerine çıkabildiği,  $PM_{10}$  değerlerinin ise sürekli sınır değerlerin altında olduğu gözlenmiştir.

- Fromme [5] Münih'te, 64 okulda gerçekleştirdiği kapalı ortam ölçümlerinde, kış ayında  $PM_{2.5}$  seviyesini  $21.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve yaz ayında ise  $PM_{10}$  seviyesini  $19.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak tespit etmiştir. Çalışmada, dersliklerde bulunan öğrenci sayısının fazlalığı ve yetersiz havalandırmanın kış aylarında PM konsantrasyonunun artmasına katkıda bulunduğu üzerinde durulmuştur.
- Atina'da yedi ilköğretim okulunda yapılan bir çalışmada, iç ortam  $PM_{10}$  seviyesinin ( $229 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), dış ortam seviyelerinden ( $166 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) yüksek olduğu rapor edilmiştir [55].
- Delhi kentindeki, Goyal ve Khare'de kentsel trafiğin mevcut olduğu yolların yakınında okul binalarında maksimum  $PM_{10}$  konsantrasyon seviyeleri ortalama  $14.4 \pm 637.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak bulunmuştur. Ölçümler kış aylarında ve çocukların sınıflara en çok giriş-çıkış yaptığı saatler olan 11:00 ve 11:30 arasında gerçekleştirilmiştir [56].
- Ankara'da Güllü ve Menteşe [57] tarafından ev, işyeri, ilkokul ve kreş gibi farklı türdeki iç ortamlarda gerçekleştirilen  $PM_{2.5}$  ölçümleri sonunda, konsantrasyonların gün içi ve mevsimlere bağlı olarak oldukça geniş bir aralıkta değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Kış döneminde iç ortamda gözlenen en yüksek  $PM_{2.5}$  konsantrasyonu  $53.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile bir işyerinin toplantı odasında, en düşük ise  $25.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile kreşin uyku odasında ölçülmüştür. Yaz döneminde gözlenen en yüksek konsantrasyon  $36.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile ev içinde, en düşük konsantrasyon ise  $5.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile aynı kreşin yemekhanesinde ölçülmüştür. Kış aylarında iç ortamda tespit edilen partiküller madde ortalama çapı, yaz aylarına göre daha yüksek bulunmuştur. Her iki mevsimde de iç ortamda toz yayıcı aktivitelerin (öğrencilerin koşması, sigara içilmesi), dış ortamda ise inversiyon olması durumunda toz konsantrasyonlarında artış; dış ortamda yağmur veya kar yağması olması durumunda toz konsantrasyonlarında önemli ölçüde azalma tespit edilmiştir.
- Yoğun sanayileşmiş bir şehir olan Kocaeli'nde evlerin iç ortamında yaz dönemi ölçülen ortalama  $PM_{2.5}$  seviyesi  $29.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , kış dönemi ise  $24.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dir. Eş

zamanlı olarak dış ortamda da yapılan ölçümler sırasında her iki mevsimde de iç ortam PM seviyesinin dış ortama göre daha yüksek olduğu, endüstrilere ve yola yakın evlerde iç ortam PM seviyesinin dış ortamdaki daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir [44].

- Alves [58], Ocak, 2012'de 1 kreş ve 8 ilköğretim okulu sınıfında ve dış ortamlarında PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyelerini incelemiştir. Sınıf doluluk oranının yüksek olduğu zamanda, gündüz ve gece gerçekleştirilen ölçümlerde sırasıyla ortalama PM<sub>10</sub> seviyeleri 362 ± 84 µg/m<sup>3</sup> ve 111 ± 37 µg/m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Günlük ortalama PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonları ise, sınıfların dolu durumlarında, 44 ± 3.2 µg/m<sup>3</sup> ve 117 ± 16 µg/m<sup>3</sup> arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonu, sınıflarda en yüksek yoğunluğun olduğu durumda tespit edilmiştir. Ölçüm yapılan okul, asfaltsız oyun parkının yakınında yer almakta olup, oyun parkından okul iç ortamına çocukların ayakkabıları ve kıyafetleri ile toprak taşınımının olduğu izlenmiştir (iç/dış oranı katkısı 1.3-5 (ortalama 2.7) arasında değişkenlik göstermiştir).
- Halek vd. [59] tarafından, İran'ın Tahran şehrinde eş zamanlı olarak açık ve kapalı ortamlarda beş ilköğretim okulunda partikül madde konsantrasyon incelemesi yapılmıştır. Çalışmada, kış döneminde (Ocak, Şubat ve Mart 2009) PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> konsantrasyonları 13 derslikte ölçülmüştür. Okullarda, iç ortam PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> seviyeleri sırasıyla 274 µg/m<sup>3</sup>, 42 µg/m<sup>3</sup> ve 19 µg/m<sup>3</sup>, dış ortam seviyeleri ise 22 µg/m<sup>3</sup>, 38 µg/m<sup>3</sup> ve 140 µg/m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir.
- Ofis ortamlarında, havalandırmanın etkisi ile sub-mikron partikül konsantrasyonlarında azalma sağlandığı tespit edilmiştir [60]. Fromme vd. [5] tarafından Almanya'da sınıflarda yapılan çalışmada kışın artan PM seviyesinin yetersiz havalandırma sonucu olduğu; öğrencilerin fiziksel aktivitelerinin çökelen tozların havalandırmasında önemli rol oynadığı tespit edilmiştir.
- Yapılan çeşitli çalışmalarda havadaki partiküllerin ve özellikle PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonunun günlük ve uzun süreli değişiminin olum oranı ile ilişkili olduğu bulunmuştur [61-63].

Söz konusu bu çalışmada, iç ve dış ortam havası ölçümlerinin büyük bir kısmı şehir içerisinde yer alan evlerde, küçük bir kısmı da kırsal kesimlerde yer alan evlerde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada iç ortamda evlerin oturma odaları ve bebek odalarında ölçümler gerçekleştirilmiş olup, literatürde yer alan bazı çalışmalarda konutlarda gerçekleştirilmiş partikül madde sonuçları, mevsimsel ve bölgesel dış ortam partikül madde konsantrasyonu değişimlerini gösteren bazı çalışmalar Çizelge 2-1'de özet olarak verilmiştir.

**Çizelge 2-1 Yapılan literatür incelemesi neticesinde bazı çalışmaların sonuçları**

Referans	Çalışmanın gerçekleştirildiği yer	Veri karakterizasyonu	Kirlenici	Ortalama Konsantrasyon ± SS, (Min.-Maks.), Medyan Konsantrasyon (veya Geometrik Ortalama) (µg/m <sup>3</sup> )	
				Dış ortam	İç ortam / bireysel izleme
[64]	Boston	4 evde çalışılmıştır. Her bir ev 1 veya 2 kez 6 günlük periyotlar ile ölçülmüştür. 2 evde kış ve yaz mevsimlerinde de ölçüm yapılmıştır.	PM <sub>10</sub>	17.1±9.1, (0-42.6), 14.6	19.6±16,1, (4.5-134.5), 17.8
			PM <sub>2.5</sub>	11.7± 6.5, (1.6-28.1), 8.8	13.9 ± 15, (3-128.3), 11.6
[65]	Battle Creek (BCK), East St Paul (ESP) Philips (PHI), USA	İç Ortam (32), Dış Ortam (3 lokasyonda –Bireysel ölçüm (N=32, 332 örnekleme) 24 saatlik ortalama	PM <sub>2.5</sub>	BCK: 9.4±6.2, (1.0-35.4), GO: 7.8 ESP: 10.8±6.6, (1.1-41.6), GO: 9.3 PHI: 10.0±5,8, (2.8-21.6), GO: 8.7	BCK: 10.6±6.6, (2.3-36.9), GO: 9,0 ESP: 17.4±20.3, (1.3-130), GO: 12.2 PHI: 14.2±13.0, (3.1-90.9), GO: 11.3 <u>Bireysel İzleme:</u> BCK: 22.6±25.7, (3.8-207), GO: 16.2 ESP: 30.5±38.7, (2.5-298), GO: 20.6 PHI: 26.5±24.3, (2.2-211), GO: 20.9
[66]	Minneapolis–St. Paul, USA - Phillips, - East St. Paul - Battle Creek	Şehir içerisinde 3 farklı bölgede, 15 dakika ve 24 saat, İlkbahar, yaz ve kış mevsimleri	PM <sub>2.5</sub>	<u>24 saat ortalama ile:</u> 10.7± 6.5, (%10 ve %90: 4.0-19.6), 9.3 <u>15 dakika ortalama ile:</u> 10.7± 10.8, (%10 ve %90: 1.2-23.7), 7.5	<u>24 saat ortalama ile:</u> 13.5± 8.7, (%10 ve %90: 5.3-22.5), 11.5 <u>15 dakika ortalama ile:</u> 14.7±13.6, (%10 ve %90: 5.1-27.9), 11.4
[67]	Boston	43 düşük sosyoekonomik seviyedeki ev, Kohort Üyeleri (K+), Hamile veya yeni doğum yapmış bayanların evde bulunduğu zamanda (ortalama=19.5 sa/gün); Kohort Üyeleri Olmayan (K-), (Ortalama=10 sa/gün)	PM <sub>2.5</sub>	K+: 15.0 ± 5.49, (7.70–31.3), 12.7 K-: 13.4 ± 5.38, ( 6.75–28.6), 12.2	K+: 22.6 ± 10.8, (6.77–46.4), 20.7 K-: 15.2 ± 8.56, (7.17–48.3), 12.5

Referans	Çalışmanın gerçekleştirildiği yer	Veri karakterizasyonu	Kirlenici	Ortalama Konsantrasyon ± SS, (Min.-Maks.), Medyan Konsantrasyon (Veya Geometrik Ortalama) (µg/m <sup>3</sup> )	
				Dış ortam	İç ortam / bireysel izleme
[68]	East Baltimore, Maryland	2-6 yaş arası çocuk yatak odalarından 3 gün 150 ev	PM <sub>2.5</sub>	-	Medyan: 28.7 (Çeyrek değerler genişliği: 18-51)
			PM <sub>10</sub>	-	Medyan: 43.7 (Çeyrek değerler genişliği: 29-70)
[69]	Baltimore	100 ev Sigara kullanılan ve kullanılmayan evlerde ölçüm yapıldı.	PM <sub>2.5</sub>	-	Tüm Evlerin Ortalaması: 45.1±37.5 (4.4-191.7), 35.1 Sigara Kullanılan Evler: 59.1±42.5 Sigara Kullanılmayan Evler: 25.8±14.9
			PM <sub>10</sub>	-	Tüm Evlerin Ortalaması: 56.5±40.7 (11.7-275.7), 45.2 Sigara Kullanılan Evler: 71.2±46.7 Sigara Kullanılmayan Evler: 37.7±18.8
[70]	Hong Kong	34 ev	PM <sub>10</sub>	69.5, (57.5-76.7)	63.3, (22.2-104.6)
			PM <sub>2.5</sub>	47, (40.1-56.4)	45, (14.3-86.2)
[71]	Athens Basle Helsinki Prag	İç ve Dış Ortam 2 gün boyunca	PM <sub>2.5</sub>	Athens (n=47): 37±27, (9-140) Basle (n=47): 19±12, (5-59) Helsinki (n=170): 10±7, (2-45) Prag (n=20): 27±10, (10-48)	Athens (n=35): 31±17, (12-75) Basle (n=40): 26±26, (6-140) Helsinki (n=170): 13±16, (2-122) Prag (n=47): 36±30, (10-124)
[72]	Birmingham, İngiltere (kırsal bölge)	Kırsal: 10. (K1) ve 13. (K2) kat2 kat 5 yol kenarı yerleşim (YK1-YK2)-Sigara kullanılan evler burada gösterilmemiştir. 10 dakika ortalama	PM <sub>10</sub>	YK1 Mart: 23.7±6.5 YK1 Haziran: 17.6±2.5 YK2 Temmuz: 13.4±6.3 YK3 Mart: 21±9.7 YK4 Haziran: 22±8.3 K1 Ağustos: 15±22 K1 Mart: 16±12	YK1 Mart: 47.8±52 YK1 Haziran: 34.7±23 YK2 Temmuz: 16.5±11.6 YK3 Mart: 27±28 YK4 Haziran: 20±30 K1 Ağustos: 15±4.9 K1 Mart: 17±12
			PM <sub>2.5</sub>	YK2 Temmuz: 9.1±3.1	YK2 Temmuz: 7.9±5.2
[73]	Helsinki Finlandiya	102 konut Bireysel İzleme, sayı: 76, 48 saat ortalama	PM <sub>2.5</sub>	10.1	9.2 Bireysel İzleme: 10.6
[74]	Oxford, İngiltere	50 yetişkin, 48 saat ortalama	PM <sub>2.5</sub>	9.1	17.3, GM: 11.4 Bireysel İzleme: 17.4, GM: 13.2

Referans	Çalışmanın gerçekleştirildiği yer	Veri karakterizasyonu	Kirlenici	Ortalama Konsantrasyon ± SS, (Min.-Maks.), Medyan Konsantrasyon (Veya Geometrik Ortalama) (µg/m <sup>3</sup> )	
				Dış ortam	İç ortam / bireysel izleme
[75]	Baltimore, ABD	Bireysel İzleme (sayı: 10) (N=10), ölçümler oturulmayan apartmanlarda ve dış ortamda gerçekleştirilmiştir. 24 saatlik ortalama PM izlemesi: - Versatile Pollutant Sampler (VAPS) ve - Marple Personal Exposure Monitor (PEM)	PM <sub>2.5</sub>	18.9 (VAPS), 21.0 (PEM)	Oturulmayan apartmanların iç ortamı: 6.7 (VAPS), 10.2 (PEM) Bireysel izleme:12.8 (PEM)
[76]	Hong Kong	6 konut - 2 şehir içerisinde (Ş1-Ş2) - 2 yol kenarında (Y1-Y2) - 2 kırsal kesimde (K1-K2)	PM <sub>2.5</sub>	K1: 24.9 K2: 30 K Ortalama: 26.4 Ş1: 34.6 Ş2:42.9 Ş Ortalama: 38.7 Y1: 74.7 Y2: 57.8 Y Ortalama: 66.1	K1: 40.5 K2: 48.7 K Ortalama: 39.6 Ş1: 46.3 Ş2:67.6 Ş Ortalama: 60 Y1: 69.7 Y2: 77.5 Y Ortalama: 73.6
[76]	Hong Kong	6 ev, - Oturma Odası - Mutfak - Dış Ortam 8 saatlik ortalama,	PM <sub>10</sub>	148±34	Oturma Odası: 146±28 Mutfak: 259±118
[77]	Boston	9 ev, Haftalık ölçüm, 12 saatlik ortalama	PM <sub>10</sub>	12.7±7.5, (3.2-32.6), 9.8	19.4±12.7, (2,8-95,3), 16
			PM <sub>2.5</sub>	11.1±6.8, (0.5-46.4), 8.3	11.9 ± 9.6, (2.1-85.5), 9
[78]	Agra, Hindistan	14 ev - 4 adet kırsal bölgede, - 5 adet şehirde ve - 4 adet yol kenarında	PM <sub>2.5</sub>	Yol kenarı:137.9 Kırsal kesim: 173.0 Şehir içi: 135.5	Yol kenarı:202.9 Kırsal kesim: 178.3 Şehir içi: 156.4
[79]	Agra, Hindistan	5 yol kenarı ev, 5 şehir içi ev, Değerler yıllık ortalama olarak verilmiştir.	PM <sub>10</sub>	Yol kenarı: 255±71 Şehir içi: 195±71	Yol kenarı: 247±78 Şehir içi: 181±84
			PM <sub>2.5</sub>	Yol kenarı: 160±62 Şehir içi: 123±45	Yol kenarı: 161±62 Şehir içi: 109±48
[80]	Houston, TX, Los Angeles, CA	212 sigara içilmeyen konut	PM <sub>2.5</sub>	18.1 15.5 (medyan)±10.7	17.6 14.4 (medyan)±12.6

Referans	Çalışmanın gerçekleştirildiği yer	Veri karakterizasyonu	Kirlenici	Ortalama Konsantrasyon ± SS, (Min.-Maks.), Medyan Konsantrasyon (Veya Geometrik Ortalama) (µg/m <sup>3</sup> )	
				Dış ortam	İç ortam / bireysel izleme
	Elizabeth, NJ ABD				<u>Bireysel İzleme:</u> 37.6 31.4 (medyan)±24.6
[81]	Hagfors, İsveç	Odun yakılan ısıtılan evler (O), Elektrik ile ya da sıcak hava pompası ile ısıtılan evler-Referans Grup (R),	PM <sub>2.5</sub>	(5.7-29), 10.5	O: (3.9–61) 12 R: (2.9–53) 9.5 <u>Bireysel İzleme O:</u> (5.3–59), 18 <u>Bireysel İzleme R:</u> (5.8–46) 12
[82]	Stockholm	20 ev	PM <sub>2.5</sub>	8 (3.2 – 26)	8 (3.3 - 19)
[83]	Mysore Nagpur, (Hindistan)	11 hane - 1 tane Nagpur - 10 tane Mysore	PM <sub>2.5</sub>	27.9±5.9 (Nagpur)	25.2±6.7 (Nagpur) 47.3±13.8 (Mysore)
[84]	Brisbane	15 ev (24 saatlik ortalama), - Aktif (A) - Aktif olmayan (AO)	PM <sub>2.5</sub>	8.9 ± 3.1, (5.6-15.3)	A: 15.5 ± 7.9, (8-36.9) AO: 11.1 ± 2.6, (8-17.9)
[85]	Riverside, Kaliforniya, ABD	139 sigara içilmeyen evde 178 katılım ile	PM <sub>10</sub>	150 ± 9	95 ± 6
[86]	Houston, TX, Los Angeles, CA Elizabeth, NJ, ABD	173 ev	PM <sub>2.5</sub>	19.8 (CA), 15.8 (NJ), 14.9 (TX)	16.6 (CA), 19.7 (NJ), 17.7 (TX)
[87]	Detroit, DEARS Çalışması	137 katılım (Sigara kullanılmayan evlerde)	PM <sub>2.5</sub>	Dış Ortam:16.4, (14.5-18.4), 14.5 Merkez:16,6, (15.3-18.4), 13.9	<u>Environmental Tobacco Smoke (ETS):</u> 16.8, (9.2-23.0), 13.2 <u>Bireysel İzleme:</u> 17.6, (11.3-22.4), 13.7
[88]	Mira Loma, California, ABD	20 ev (sigara içilmeyen durumda) 12 gün ölçüm periyodu, 24 saatlik ortalama	PM <sub>2.5</sub>	-	Bireysel İzleme: 45.4, (19-54), 32.3
[89]	Padova, (İtalya)	21 sigara içilmeyen durum (24 saatlik örnekleme)	PM <sub>10</sub>	(37.3-85.4)	78.8



Referans	Çalışmanın gerçekleştirildiği yer	Veri karakterizasyonu	Kirlenici	Ortalama Konsantrasyon ± SS, (Min.-Maks.), Medyan Konsantrasyon (Veya Geometrik Ortalama) (µg/m <sup>3</sup> )	
				Dış ortam	İç ortam / bireysel izleme
[90]	Antwerp, Belçika	15 ev 24 saat	PM <sub>10</sub>	41 ± 16, (13-104)	39 ± 15, (12-112)
			PM <sub>2.5</sub>	36 ± 14, (9.3-93)	36 ± 14, (11-105)
[91]	Los Angeles, CA	105 ev 48 saat ortalama	PM <sub>2.5</sub>	19.2, 16.1 medyan	16.2, 14.5 medyan Bireysel İzleme (çocuk):40.2, 40.2 Medyan Bireysel İzleme (yetişkin):29.2, 26.5 Medyan
	Elizabeth, NJ	95 ev 48 saat ortalama	PM <sub>2.5</sub>	20.4, 18 medyan	20.1, 15.7 medyan Bireysel İzleme (çocuk): 54, 39.2 Medyan Bireysel İzleme (yetişkin):44.8, 37.4 Medyan
	Houston, TX	106 ev	PM <sub>2.5</sub>	14.7, 13.2 medyan	17.1, 13,4 medyan, Bireysel İzleme (çocuk): 36.6, 39.1 Medyan Bireysel İzleme (yetişkin):37.2, 31.6 medyan
[92]	North Carolina	37 sağlık muadiripli ev, Birbirini izleyen 7 gün-4 mevsim Sigara içilmeyen ev	PM <sub>2.5</sub>	15.8 ± 24.5, Bireysel izleme	14.0 ± 19.1 Bireysel İzleme:17.7 ± 17.1
[93]	Rocky mountain valley	16 evde eski sobaların (odun tüketimi) EPA'nın onaylı yeni tip sobaları ile değiştirilmesindeki değişim.	PM <sub>2.5</sub>	-	Önce: 51.2 ± 32.0 (434 ± 419 maks. ± SS), 34.5 Sonra: 15.0 ± 20.8, (103 ± 167 maks. ± SS), 9.5
[94]	İngiltere	10 ev, 48 saat Oturma Odası ve Mutfak Sigara içilmeyen	PM <sub>2.5</sub>	-	Mutfak: 13 (GO) Oturma Odası: 12 (GO)
[95]	North Carolina, ABD	38 katılımlı, 37 evde, 24 saatlik ortalama, Ölçüler 4 mevsimde birbirini takip eden 7 günde gerçekleştirilmiştir.	PM <sub>10</sub>	30.4±46.4, (7.9-105.1) 275 GO	27.7±70,6, (4,4-155,7), 23,2 GO
			PM <sub>2.5</sub>	19.3±43.7, (5.0-51.6) 175 GO	19.1±80.1, (2,3-119,4), 15,5 GO Bireysel İzleme: 23.0±70.1 (3,4-142,3) 19,2 GO

### 2.3 Partikül Maddenin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Havadaki partikül madde insan sağlığını etkileyen en önemli kirleticilerden biridir. Partikül boyutu ile sağlık üzerindeki olumsuz etkisi doğrusal olarak bağlantılıdır. PM'nin 10 µm'den büyük kısmı burun ve nazofarenkste tutulmaktadır. 10 µm'den küçük kısmı bronşlarda birikirken 1-2 mikron çapındakiler alveollerde 0.1 mikron çapında olanlar ise alveollerden intrakapiller aralığa diffüze olmaktadır. Ultra ince ve ince partiküller sağlık etkisi bakımından kaba partiküllerden daha tehlikelidir [96]. Dolayısıyla, 1 µm'den küçük aerodinamik çapa sahip partiküllerin kimyasal yapısı insan sağlığı için büyük önem taşımaktadır.

Partikül maddeler cıva, kurşun, kadmiyum gibi ağır metaller ile kanserojenik kimyasalları bünyelerinde bulundurabilmekte ve sağlık üzerinde önemli tehdit oluşturabilmektedirler. Bu zehirli ve kanser yapıcı kimyasallar, nemle birleşerek aside dönüşmektedir. Kurum, uçucu kül, benzin ve dizel araç egzoz partikülleri benzo(a)pyrene gibi kanser yapıcı maddeler içerdiğinden bunların uzun süre solunması kansere sebep olmaktadır [97]. Dolayısıyla PM'nin sağlık etkilerinin tespit edilebilmesi için partiküllerin boyutu ile yüzeyi, sayısı ve kimyasal bileşiminin bilinmesi büyük bir önem arz etmektedir.

WHO tarafından yapılan bir saptamada PM konsantrasyonunun yılda 10 µg/m<sup>3</sup> artması durumunda toplam ölüm oranında %6'lık bir artışa; 10 µg/m<sup>3</sup>'lük artışın kısa sürede; birkaç gün için söz konusu olması durumunda ise öksürük, alt solunum yolu semptomlarına, hastaneye başvuru sayısında artışa ve ölüme neden olabileceği belirtilmektedir [98]. Son zamanlarda yapılan çalışmalar PM<sub>10</sub> yerine PM<sub>2.5</sub> hatta PM<sub>1</sub> ve PM<sub>0.1</sub>'in meydana getirdiği olumsuz sağlık etkileri nedeni ile üzerinde en çok durulan konulardan biri olmuştur. Epidemiyolojik çalışmalar PM çapı küçüldükçe sağlık etkisinin de o derece de arttığını göstermektedir. Bu nedenle yapılan bu yüksek lisans tez çalışmasında PM<sub>10</sub>'un yanında PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> çapındaki PM seviyeleri dikkate alınmıştır. Bugüne kadar gerçekleştirilmiş birçok epidemiyolojik çalışmada; partiküller maddeden kaynaklanan hava kirliliği seviyesi ile solunum yolları hastalıkları, akciğer, kardiyovasküler ve solunum yolu problemleri nedeniyle hastanelere başvuru ve ölüm vakaları arasında ilişki tespit edilmiştir [1]. Sağlık etkisine en çok yol açan grubun çözünebilir transition metaller, kuvvetli aerosol asitleri ve ultra ince partiküller olduğu düşünülmektedir [1] [99], ultra ince

partiküllerin sahip olduğu yüksek yüzey alanı ve akciğerlerin içine girerek kana karışabilme özelliklerinden ötürü, sağlık etkileri açısından PM konsantrasyonundan ziyade, ortamda bulunan ultra ince partikül sayısının daha önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Tüm nüfus grubu PM kirleticisinden etkilenmektedir, ancak hassasiyet yaşa ve kişinin sağlık durumuna göre değişiklik göstermektedir [98]. Uzun dönem maruziyetle ilişkili etkiler arasında da; düşük solunum belirtilerinin artması, çocuklarda ve yetişkinlerde akciğer fonksiyonlarının azalması, yaşam süresinin azalması ve akciğer fonksiyon gelişimlerinin azalması olarak sıralanabilir [100].

## **2.4 Yasal Düzenlemeler**

Türkiye’de hava kirliliği ve kontrolü özellikle Ankara ilinde yaşanan hava kirliliği nedeniyle 1950’lerde gündeme gelmiştir. 1970’li yıllarda başta Ankara’da olmak üzere büyük kentlerin çoğunda ağır bir hava kirliliği yaşanmıştır. Yaşanan bu hava kirliliği olaylarının akabinde 1980’li yıllardan sonra bazı yasal düzenlemeler için çalışmalara başlanmış olup, öte yandan da kalitesiz kömürlerin kentlere sokulmasının önlenmesi binalarda doğal gaz ile ısıtmaya geçiş gibi uygulamalar ile hava kirliliği kısmen kontrol altına alınabilmesine rağmen çarpık kentleşme, nüfus artışı, kentlere göç, plansız sanayi bölgeleri ve trafik yönetimi hava kirliliğinin temel sebepleri arasındadır.

Hava kalitesinin iyileştirilebilmesi için ülkemizde de tüm gelişmiş ülkelerde olduğu gibi çeşitli yasal düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu bu mevzuatların bir kısmı sanayi, ısınma, trafik gibi kirleticili kaynakların kontrolüne yönelik, bir kısmı da soluduğumuz havanın kalitesine ilişkindir. Ülkemizde hava kalitesi yönetimine ilişkin usul ve esaslar Avrupa Birliği (AB) çevre mevzuatıyla tam uyumlu olan 6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY)” ile belirlenmiştir. Bu Yönetmelik ile temel olarak 13 kirleticiliye ( $SO_2$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_x$  vd.) dair, insan sağlığı ve çevrenin korunabilmesi için sağlanması gerekli olan limit değerler belirlenmiştir. Yönetmeliğin amacı; hava kirliliğinin çevre insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini, tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kriterleri esas alarak hava kalitesini

değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır.

06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğince (HKDYY) PM<sub>10</sub> sınır değerleri 2009 yılı için günlük 300 µg/m<sup>3</sup> ve yıllık 150 µg/m<sup>3</sup> olarak tanımlanmıştır. HKDYY, 96/62/EC sayılı Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ve 99/30/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC sayılı kardeş direktifleri paralelinde hazırlanmıştır. HKDYY ile Avrupa Birliği'nin belirlediği düşük hava kalitesi limit değerlerine uyum için hava kalitesi alanındaki AB mevzuatının Türk mevzuatına uyumlaştırılması amaçlandırılmıştır. Bu kapsamda, 09.09.2013 tarihinde, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi (2013/37) yayınlanmış olup, bu genelgenin amacı bir taraftan hava kalitesinin belirlenmesine yönelik uygulamalarda birlikteliği sağlamak için yönetmelikte belirlenen tanımlanmış metotları ve kriterleri esas alarak tam bir hava kalitesi değerlendirmesinin sağlanması, diğer taraftan da hava kalitesi limit değerlerinin aşılması için alınması gerekli önlemlerin belirlenmesi ile hava kalitesi ve hava kirliliğinin önlenmesi konusunda kamuoyunun bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi konusunda destek sağlanmasıdır. Söz konusu bu genelgede, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Ek-1'inde belirtilen limit değerlerinde kademeli azaltıma gidilmiş olup, 2019 yılına kadar belirlenen insan sağlığının korunması için 24 saatlik ve yıllık PM<sub>10</sub> limit değerleri Çizelge 2-2'de verilmiştir. PM<sub>1</sub> için dünyada henüz bir limit değer tanımlanmamıştır. PM<sub>2.5</sub> için ülkemizde bir sınır değer tanımlı değildir.

**Çizelge 2-2 HKDYY, Ek-I Kademeli 24 Saatlik ve Yıllık PM<sub>10</sub> Limit Değer Azaltımı**

PARAMETRE		Limit Değer (µg/m <sup>3</sup> )							
		2009	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	<b>24 saatlik</b> -İnsan sağlığı korunması için-	300	100	100	90	80	70	60	50
	<b>Yıllık</b> -İnsan sağlığı korunması için-	150	60	60	56	52	48	44	40

Ayrıca, Avrupa Birliği'nde "çevre eylem programları" oluşturulmaktadır. 1973'ten itibaren 6 (altı) çevre eylem programı hazırlanarak yayınlanmıştır. Kabul edilen çevre eylem programları şunlardır:

- Birinci Çevre Eylem Programı (1973-1976)
- İkinci Çevre Eylem Programı (1977-1981)
- Üçüncü Çevre Eylem Programı (1982-1986)
- Dördüncü Çevre Eylem Programı (1987-1992)
- Beşinci Çevre Eylem Programı (1993-2000)
- Altıncı Çevre Eylem Programı (2001-2010)

Şu an gündemde olan, Avrupa Birliği'nin 6. Çevre Eylem Programı 2001-2012, "Çevre 2010: "Bizim Geleceğimiz, Bizim Seçimimiz" başlığı altındadır. Bu programda 1) İklim değişikliği, 2) Doğal ve biyolojik çeşitlilik, 3) Çevre ve sağlık, 4) Doğal kaynak yönetimi ve 5) Atık yönetimi konuları öncelikle harekete geçilmesi konular olarak seçilmiştir.

6. Çevre Eylem Programının özellikle üzerinde durduğu hedef alanlarından biri hava kirliliğidir. Program; insan sağlığı ve çevre için kabul edilemez etki ve risklere yol açmayan hava kalitesi düzeylerine ulaşılmasını amaçlamaktadır [101].

Avrupa'daki birçok toplum için hava kalitesindeki problemler önemli bir yere sahiptir. Ayrıca, hava kalitesi alanı Avrupa Birliği'nin de en etkin olduğu alanlardan biridir. 1970'lerin başlarından beri, Avrupa Birliği, atmosfere verilen zararlı maddelerin emisyonlarını kontrol ederek, yakıt kalitesini iyileştirerek ve ulaşım ile enerji sektöründeki çevresel koruma gereksinimlerini bütünleştirerek hava kalitesini iyileştirmek için çalışmaktadır.

Avrupa Birliği'nde hava kalitesi ile ilgili olarak kardeş direktifler yayımlanmıştır (Sülfür dioksit, Nitrojen Dioksit, ve Nitrojen Oksitler, Partiküller Madde ve Kurşun üzerine Direktif (99/30/EC), karbon monoksit ve benzen (2000 /69/EC), yer seviyesindeki ozon (2002 /3/EC) ve arsenik, kadmiyum, cıva, nikel, polycyclic aromatik hidrokarbonlar (2004/107/EC)). Bunlara ilave olarak; 2008/50/EC dış ortam hava kalitesi ve Avrupa için daha temiz hava üzerine direktifi yayımlanmıştır. 9/30/EC direktifine göre PM ile ilgili sınırlamalar Çizelge 2-3'de verilmiştir.

Başta Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde havadaki PM<sub>10</sub> sınır değerleri tanımlanmıştır. Avrupa Birliğinde (AB), günlük ortalama PM<sub>10</sub> limit

değeri  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  iken yıllık ortalama  $\text{PM}_{10}$  limit değeri  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür.  $\text{PM}_{2.5}$  limit değeri ise  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dür.

Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) tanımladığı  $\text{PM}_{10}$  ve  $\text{PM}_{2.5}$  kılavuz değerleri ise AB limit değerlerinden farklıdır. DSÖ, PM limit değerlerini farklı hedef düzeylerde gruplandırmış olup, hedef düzeylerine ait açıklamalar aşağıdaki sunulmuştur:

- *1. Hedef Düzeyi:* Hava kalitesine bağlı, uzun dönem maruziyet sonucu ölüm riski %15 ve üzeri olan hedef değeri ifade eder.
- *2. Hedef Düzeyi:* 1. hedef düzeyine göre pramatüre doğum riskini %6 oranında aşağıya çeken hedef değeri ifade eder.
- *3. Hedef Düzey:* 2. hedef düzeyine göre ölüm riskini %6 oranında aşağıya çeken hedef değeri ifade eder.
- *Hava Kalitesi Sınır Değeri:* Kardiyopulmoner ve akciğer kanserinden kaynaklanan ölümler için  $\text{PM}_{2.5}$ 'a maruz kalınması durumunda en düşük değeri ifade etmektedir.

ABD'inde Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından ise limit değerler bir miktar daha yüksek tanımlanmış ve  $\text{PM}_{10}$  ve  $\text{PM}_{2.5}$  için sırasıyla yıllık  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (birincil ve ikincil); 24 saatlik  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 2-3).

Ülkemizde iç ortam hava kalitesine dair belirlenmiş kirletici parametre standart olmamakla birlikte, bazı kirletici parametreler için diğer ülkelerde belirlenmiş standartlar mevcuttur. Diğer ülkelere ait hava kalitesi standartları/kılavuz değerleri Çizelge 2-3'de verilmiştir.

Çizelge 2-3 Diğer standart ve kılavuzlara ait belirlenen hava kalitesi limit değerleri [40, 102]

Ülkeler	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		Toplam PM	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO (ppm veya µg/m <sup>3</sup> )	Sıcaklık (°C)	Nem (%)
	Ortalama	Medyan	Ortalama	Medyan					
<b>Kore</b>	150	-	-	-	-	1000	10 ppm	18-28 (Kış) 26-28 (Yaz)	30-80
<b>Japonya</b>	150	-	-	-	-	1000	10 ppm	17-28	40-70
<b>Hon Kong</b>	20 g/m <sup>3</sup> (1.hedef düzey) 180 µg/m <sup>3</sup> (2. hedef düzey) (8 saat ortalama)	0.02/0.01 8 mg/m <sup>3</sup> (8 saat)	-	-	-	800 ppm (1. düzey) 1000 ppm (2. düzey)	10.000 µg/m <sup>3</sup>	20-25.5	40-70
<b>ABD (ASHRAE)</b>	EPA:150 (24 saat)	-	-	-	-	1000	EPA:9 ppm (8 saat)	21-23 (Kış) 23-26 (Yaz)	20-30 (Kış) 50-60 (Yaz)
<b>Avusturalya</b>	90	-	-	-	-	-	9 ppm	-	-
<b>Finlandiya</b>	50	-	-	-	-	1200	7 ppm	20-23 (Kış) 22-27 (Yaz)	-
<b>Almanya</b>	-	-	-	-	-	5.000 ppm 9.000 ppm (15 dakika)	-	20-26	30-70
<b>Kanada</b>	-	-	40 (8 saat) 100 (1 saat)	0.1 mg/m <sup>3</sup> (1 saat) 0.04 mg/m <sup>3</sup> (uzun vade)	-	3.500 ppm	-	-	30-80 (yaz) 30-55 (kış)
<b>İngiltere</b>	50	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Norveç</b>	-	-	20	-	-	-	-	-	-
<b>Avrupa Birliği (AB)</b>	Yıllık: 40 24 Saatlik: 50	-	25 <sup>(6)</sup>	-	-	-	-	-	-
<b>ABD NAAQS/EPA<sup>(1)</sup></b>	-	Yıllık:50 24 Saatlik: 150	-	Yıllık: 12 (Birincil) 15 (İkincil) 35 (Birincil ve İkincil) 65 (24 saat)	-	-	-	-	-
<b>OSHA<sup>(2)</sup></b>	-	-	-	5 mg/m <sup>3</sup>	15	-	-	-	-

Ülkeler	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		Toplam PM	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO (ppm veya µg/m <sup>3</sup> )	Sıcaklık (°C)	Nem (%)
	Ortalama	Medyan	Ortalama	Medyan					
MAK <sup>(3)</sup>	-	4 mg/m <sup>3</sup>	-	<4 µm için 1.5 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-
ACGIH (2001) <sup>(4)</sup>	-	10 mg/m <sup>3</sup>	-	3 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-
DSÖ Çevre Hava Kalitesi Kılavuzu <sup>(5)</sup>	Yıllık: 70 (1. hedef düzey) 50 (2. hedef düzey) 30 (3. hedef düzey) 20 (Hava Kalitesi Sınır Değeri)		Yıllık: 35 (1. hedef düzey) 25 (2. hedef düzey) 15 (3. hedef düzey) 10 (Hava Kalitesi Sınır Değeri)	-	-	-	-	-	-
	24 Saatlik: 150 (1. hedef düzey) 100 (2. hedef düzey) 75 (3. hedef düzey) 50 (Hava Kalitesi Sınır Değeri)		24 Saatlik: 75 (1. hedef düzey) 50 (2. hedef düzey) 37.5 (3. hedef düzey) 25 (Hava Kalitesi Sınır Değeri)	-	-	-	-	-	-

(1) (NAAQS/EPA)-U.S. Environmental Protection Agency. (2000). Code of Federal Regulations, Title 40, Part 50. National Air Quality Standards.

(2) (OSHA) – U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. Code of Federal Regulations, Title 29, Part 1910.1000-1910.1450.

(3) (MAK)-Mksimum Concentrations at the Workplace and Biological Tolerance Values for Working Materials 2000. Commission for the Investigation of Health Hazard of Chemical Compounds in the Work Area, Federal Republic of Germany

(4) (ACGIH)-ACGIH. (2001) Threshold Limit Values for Chemical Substance and Physical Agents and Biological Exposure Indices. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1330 Kemper Meadow Drive, 6500 Glenway, Building D-7, Cincinnati, OH, 45240-1630.

(5) 30 Nisan 2007, Dünya Bankası Grubu, Uluslararası Finans Kurumu (The International Finance Corporation - IFC), Çevre, Sağlık ve Güvenlik Kılavuzu, Hava Emisyonları ve Çevre Hava Kalitesi

(6) Standart 21 Mayıs 2008 tarihinde yayınlanan 2008/50/EC direktifi tarafından tanımlanmıştır.



### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1 Örnekleme Noktalarının Seçimi ve Örnekleme Dönemleri

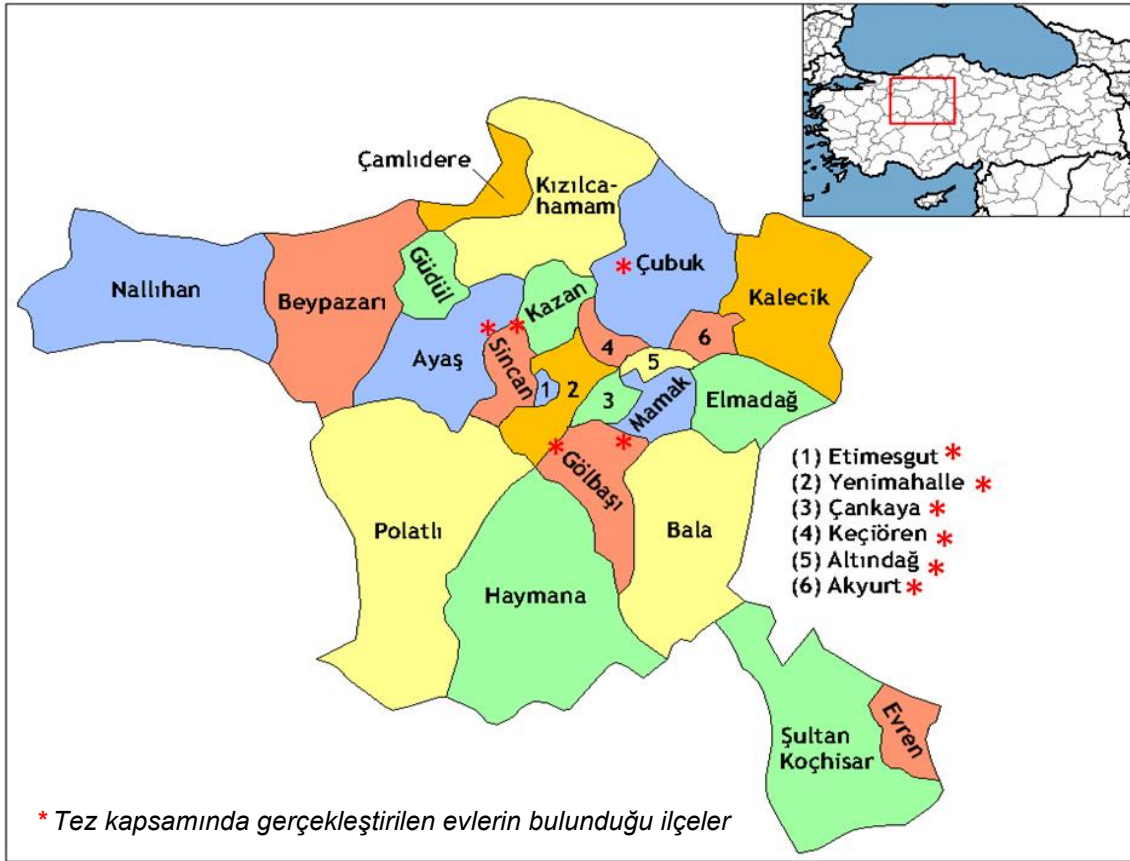
110Y082 Nolu TÜBİTAK Projesi kapsamında Ekim 2009 – Şubat 2012 arasında Etilik Zübeyde Hanım Kadın Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi ve Hacettepe Hastanesi Kadın Hastalıkları ve Doğum Bölümlerinde gönüllü projeye katılım anketleri yapılmıştır. Yapılan bu anketlerde 250 hamile kadın olumlu yanıt vermiştir. Örnekleme yapılacak evlere, telefon ile randevu alarak gidilmiş olup, evlere (i) bayanların hamileliğinin son 3 ayında, (ii) bebeklerin doğumundan sonraki 4-6 içinde, (iii) bebek 11-13 aylık ve (iv) 22-24 aylık olduğunda olmak üzere toplam 4 defa ölçümler yapılmak üzere gidilmiştir.

Örnekleme kampanyaları farklı mevsimsel dönemlerde yürütülmüştür. Evlerin iç ve dış ortamında gerçekleştirilen partikül madde konsantrasyon ölçümleri tüm örnekleme dönemi genelinde ve ilkbahar/yaz (I.ve III. Dönem) ile sonbahar/kış (II. ve IV. Dönem) dönemleri arasındaki mevsimsel farklılık durumu için değerlendirilmiştir. Örnekleme periyotlarına ait çalışma zaman aralığı ve bu zaman aralıklarının mevsimsel ifadesi Çizelge 3-1’de sunulmuştur.

Çizelge 3-1 Örnekleme dönemlerine ait periyotlar

Dönem	Çalışma Aralığı		İlkbahar			Yaz			Sonbahar			Kış		
	Başlangıç	Bitiş	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
I.	20.04.2011	26.07.2011		+	+	+	+							
II.	24.10.2011	28.12.2011								+	+	+		
III.	19.04.2012	02.07.2012		+	+	+								
IV.	28.11.2013	26.01.2014									+	+	+	

Örnekleme yapılan evler Ankara'nın merkez ilçeleri olarak adlandırılan Akyurt, Altındağ, Çankaya, Etimesgut, Gölbaşı, Kazan, Keçiören, Mamak, Sincan ve Yenimahalle semtlerinde yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Örneklemelerin gerçekleştirildiği semt lokasyonlarının genel gösterimi (Ankara)

### 3.2 Örnekleme Dönemlerinde Gerçekleştirilen Ölçüm Parametreleri

Gerçekleştirilen tüm örneklemme dönemlerinde iç ortam PM ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Dış ortamda PM ölçümleri sadece 3. ve 4. dönemde gerçekleştirilmiştir. PM ölçümlerinin yanı sıra, iç ve dış ortamlarda CO<sub>2</sub>, sıcaklık, bağıl nem parametreleride ölçülmüştür. Örneklemme dönemlerine ait gerçekleştirilen PM ve çevresel ölçümler Çizelge 3-2’de özet olarak verilmiştir.

Çizelge 3-2 Dönemlere ait ölçülen PM ve çevresel parametreler

Örneklemme dönemi	Katılımcı sayısı	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> ve PM <sub>1</sub>		Çevresel Parametreler							
		İ <sup>**</sup>	D <sup>**</sup>	CO <sub>2</sub>		Sıcaklık		Bağıl N.		CO	
				İ <sup>**</sup>	D <sup>**</sup>	İ <sup>**</sup>	D <sup>**</sup>	İ <sup>**</sup>	D <sup>**</sup>	İ <sup>**</sup>	D <sup>**</sup>
I.	50	+		+	+	+	+				
II.	14	+		+	+	+	+	+	+		
III.	81	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
IV.	67	+	+	+							

\*\* İ: İç Ortam, D: Dış Ortam

Ayrıca, tez çalışması kapsamında, örnekleme dönemlerinin gerçekleştiği dört döneme ait saatlik bazda basınç, sıcaklık, bağıl nem, yağış, karışım yüksekliği ve rüzgâr esme sayısı/yönleri verileri T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden 17130 nolu Ankara İstasyonu'nundan temin edilmiş ve değerlendirilmiştir. 17130 nolu istasyon *Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (OMGİ)*, *Sinoptik* ve *Günlük Klima* gözlem türü özelliğine sahip olup, Keçiören ilçesinde 891 m yükseklik ve 39.9727 Enlem – 32.8637 Boylam koordinatında yer almaktadır. *Sinoptik* gözlem türü, hava tahmini için kullanılan temel bir gözlem türüdür. Bu gözlem türünde, bütün meteorolojik parametreler her 3 saatte bir ölçülmektedir. *Günlük Klima* Gözlem türü ise; yağış, meteorolojik hadise, buharlaşma ve güneşlenme süresinin her sabah son 24 saati kapsayacak şekilde değerlendirildiği iklimsel amaçlı gözlem türüdür. İstasyonda veriler saatlik olarak kaydedilmekte olup, bu çalışma kapsamında saatlik ortalama değerlerden günlük ortalama değerler elde edilerek aylık ortalamalar alınmıştır. Çalışmada; günlük ortalama verilerin istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde analiz edilebilmesini sağlamak amacıyla her bir istasyona ait veri setinin doluluk oranlarına bakılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda;

- Nem, basınç ve rüzgar verileri %100,
- Yağış verileri %29, ve
- Karışım yüksekliği verilerinin ise %82

doluluk oranlarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

17130 nolu meteoroloji istasyonundan örnekleme dönemlerinde kaydedilen meteorolojik parametrelerinden sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı ve yağış miktarı ortalama değerleri, ölçümlerin yapıldığı süre boyunca, 17130 nolu meteoroloji istasyonundan temin edilen meteoroloji kayıtlarına göre aylık ortalama basınç, kış dönemine denk gelen 4. örnekleme döneminde Aralık ayında 920.46 hPa olarak gözlenmiştir. Dönem ortalama değerlerine göre ise, en yüksek ortalama basınç değeri tekrar kış mevsimine denk gelen 2. örnekleme döneminde gözlenmiştir (918.12 hPa).

Nem değerleri ise sıcaklıkla ters orantılı olarak değişkenlik göstermiş olup, en yüksek nem oranı kış dönemine denk gelen 4. Örneleme döneminde, Ocak ayında %82.61 olarak tespit edilmiştir. Meteoroloji istasyonu kayıtlarına göre aylık ortalama en düşük nem oranı sıcak bir dönem olan 2012 yılı Temmuz ayında yaklaşık %37 olarak gözlenmiştir.

Sıcaklık kayıtlarına bakıldığında ise, Meteoroloji İstasyonu gözlem kayıtlarına göre aylık ortalama sıcaklık en yüksek 2012 yılı Temmuz ayında 26 °C, en düşük ise 2014 yılı Aralık ayında -0.96 °C olarak gözlenmiştir. Çizelge 3-3'te de görüldüğü üzere, dönem ortalama sıcaklık değerleri, ilkbahar ve yaz dönemlerine denk gelen örneleme dönemlerinde, sonbahar ve kış dönemlerine denk gelen örneleme dönemlerine oranla daha yüksektir.

Meteoroloji istasyonu gözlem kayıtlarına göre, ölçüm yapılan dönemlerde, dönemsel ortalama saatlik yağış miktarları düşük gözlenmiş olup, sırasıyla 0.03, 0.02 ve 0.01 mm'dir (Çizelge 3-3).

Ayrıca, örneleme dönemleri için ortalama rüzgar hızı sırasıyla 2.55, 2.06, 2.86 ve 2.06 m/s olarak tespit edilmiştir. Örneleme dönemlerine göre rüzgar hızları ve ortalama rüzgar hızına göre dönemsel rüzgar grafikleri Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'de verilmiştir. Tüm örneleme dönemlerinde hakim rüzgar esme yönü kuzey doğu yönünde tespit edilmiştir.

Sıcaklık kayıtlarına bakıldığında ise, Meteoroloji İstasyonu gözlem kayıtlarına göre aylık ortalama sıcaklık en yüksek 2012 yılı Temmuz ayında 26°C, en düşük ise 2014 yılı Aralık ayında -0.96°C olarak gözlenmiştir. Çizelge 3-3'te de görüldüğü üzere, dönem ortalama sıcaklık değerleri, ilkbahar ve yaz dönemlerine denk gelen örneleme dönemlerinde, sonbahar ve kış dönemlerine denk gelen örneleme dönemlerine oranla daha yüksektir.

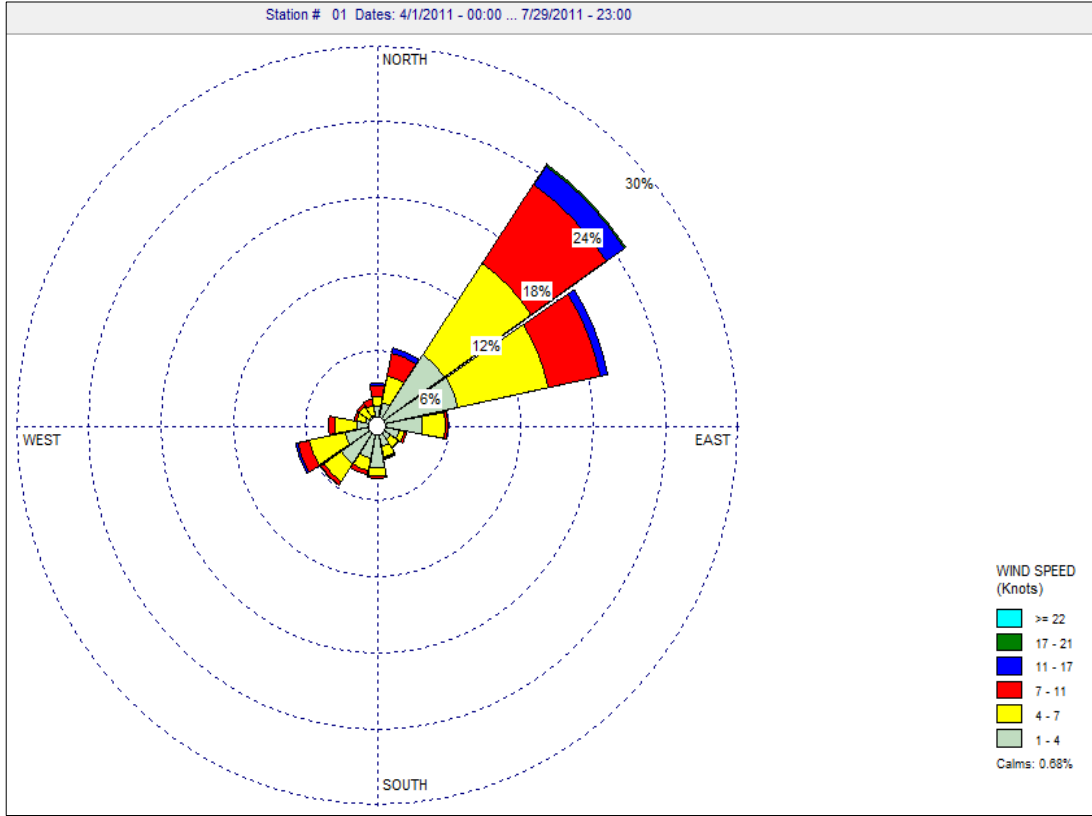
Meteoroloji İstasyonu gözlem kayıtlarına göre, ölçüm yapılan dönemlerde, dönemsel ortalama saatlik yağış miktarları düşük gözlenmiş olup, sırasıyla 0.03, 0, 0.02 ve 0.01 mm'dir (Çizelge 3-3).

Meteoroloji İstasyonu gözlem kayıtlarına göre, örneleme dönemleri için ortalama rüzgar hızı sırasıyla 2.55, 2.06, 2.86 ve 2.06 m/s olarak tespit edilmiştir. Örneleme dönemlerine göre ortalama rüzgar hızları ve ortalama rüzgar hızına göre dönemsel rüzgar grafikleri Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'de

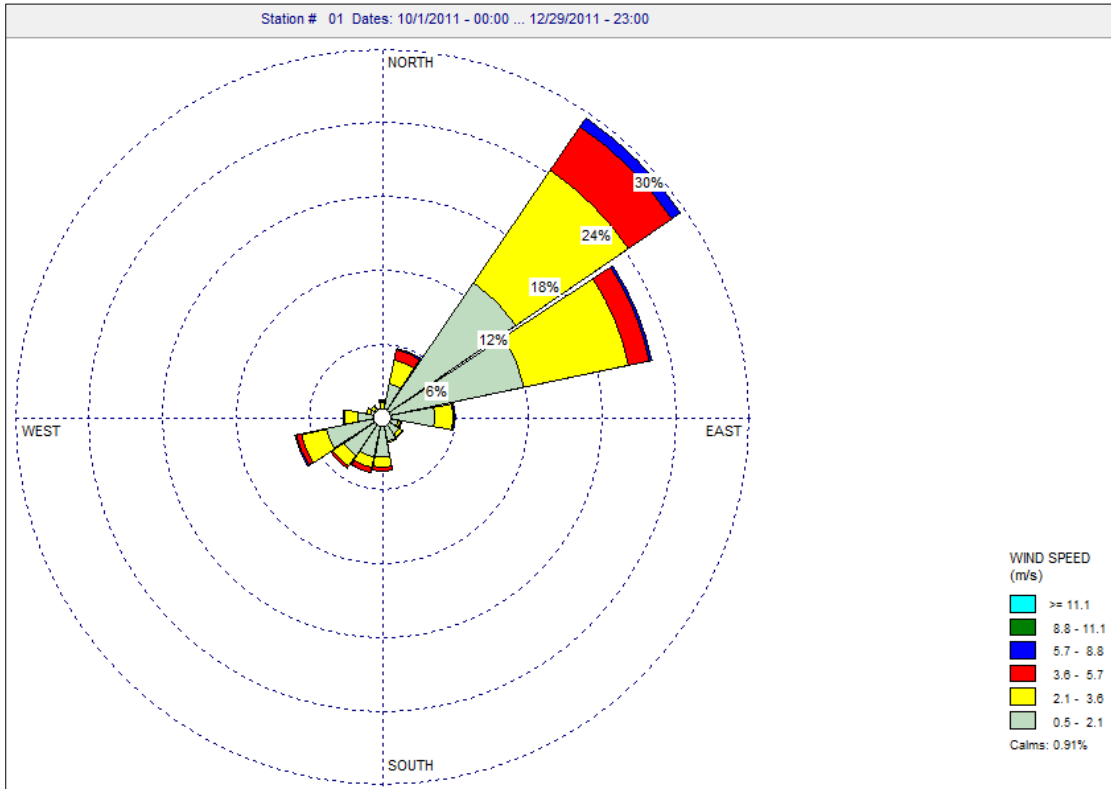
verilmiştir. Tüm örnekleme dönemlerinde hakim rüzgar esme yönü kuzey doğu yönünde tespit edilmiştir.

**Çizelge 3-3 17130 nolu meteoroloji istasyonunununa ait meteorolojik parametiri ortalama değerleri**

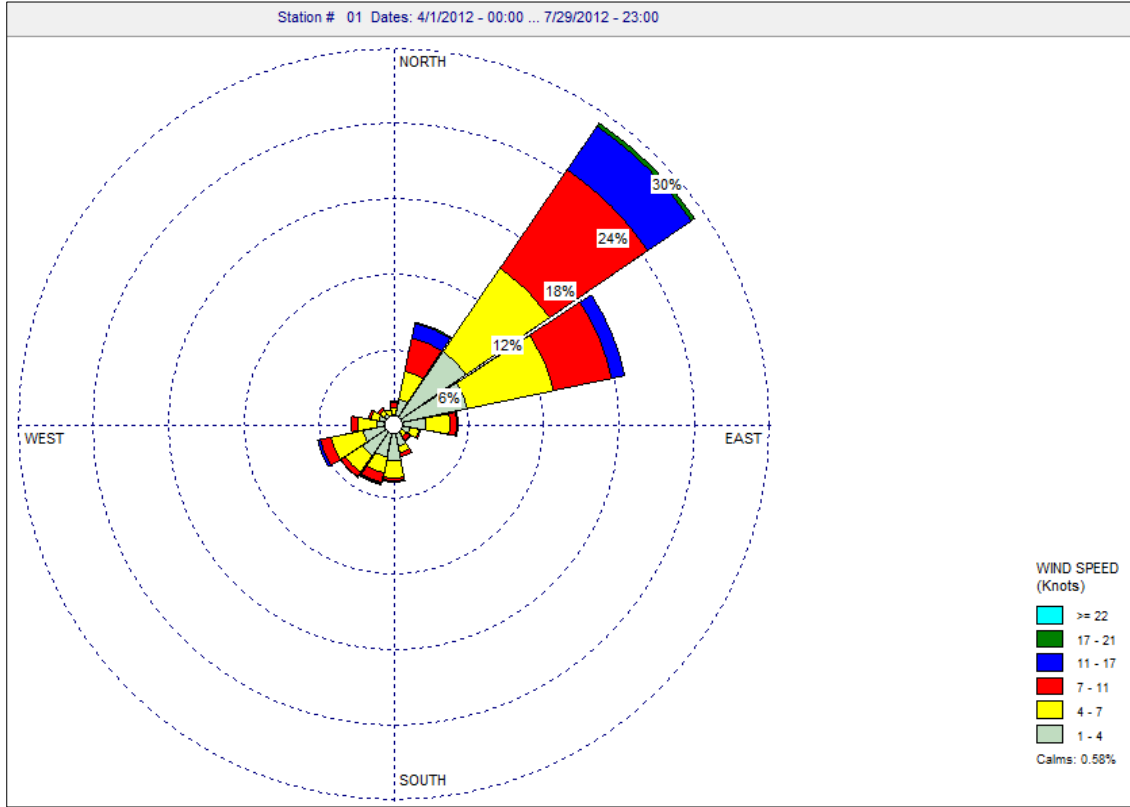
Dönem	Zaman (Ay-Sene)	Basınç (hPa)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Rüzgar (hızı m/s)	Yağmur (mm/sa)
1.Dönem	Nisan 2011	910.03	61.98	9.85	-	-
	Mayıs 2011	884.01	68.09	14.99	-	-
	Haziran 2011	882.91	82.61	19.32	2.55	<b>0.03</b>
	Temmuz 2011	<u>881.46</u>	47.16	25.02	-	-
	<b>ORTALAMA</b>	<b>889.60</b>	<b>64.96</b>	<b>17.29</b>	<b>2.55</b>	<b>0.03</b>
2.Dönem	Ekim 2011	916.82	66.44	11.04	-	-
	Kasım 2011	919.74	70.96	3.36	2.06	<u>0</u>
	Aralık 2011	917.80	76.31	3.74	-	-
	<b>ORTALAMA</b>	<b>918.12</b>	<b>71.23</b>	<b>6.04</b>	<b>2.06</b>	<b>0</b>
3.Dönem	Nisan 2012	910.72	51.67	14.65	-	-
	Mayıs 2012	911.38	59.97	17.18	-	-
	Haziran 2012	913.49	41.51	23.71	<b>2.86</b>	0.02
	Temmuz 2012	911.02	<u>37.27</u>	<b>26.59</b>	-	-
	<b>ORTALAMA</b>	<b>911.65</b>	<b>47.60</b>	<b>20.53</b>	<b>2.86</b>	<b>0.02</b>
4.Dönem	Kasım 2013	916.19	61.98	8.43	-	-
	Aralık 2013	<b>920.46</b>	68.09	<u>-0.96</u>	<u>2.06</u>	0.01
	Ocak 2014	916.43	<b>82.61</b>	3.09	-	-
	<b>ORTALAMA</b>	<b>917.69</b>	<b>70.89</b>	<b>3.52</b>	<b>2.06</b>	<b>0.01</b>



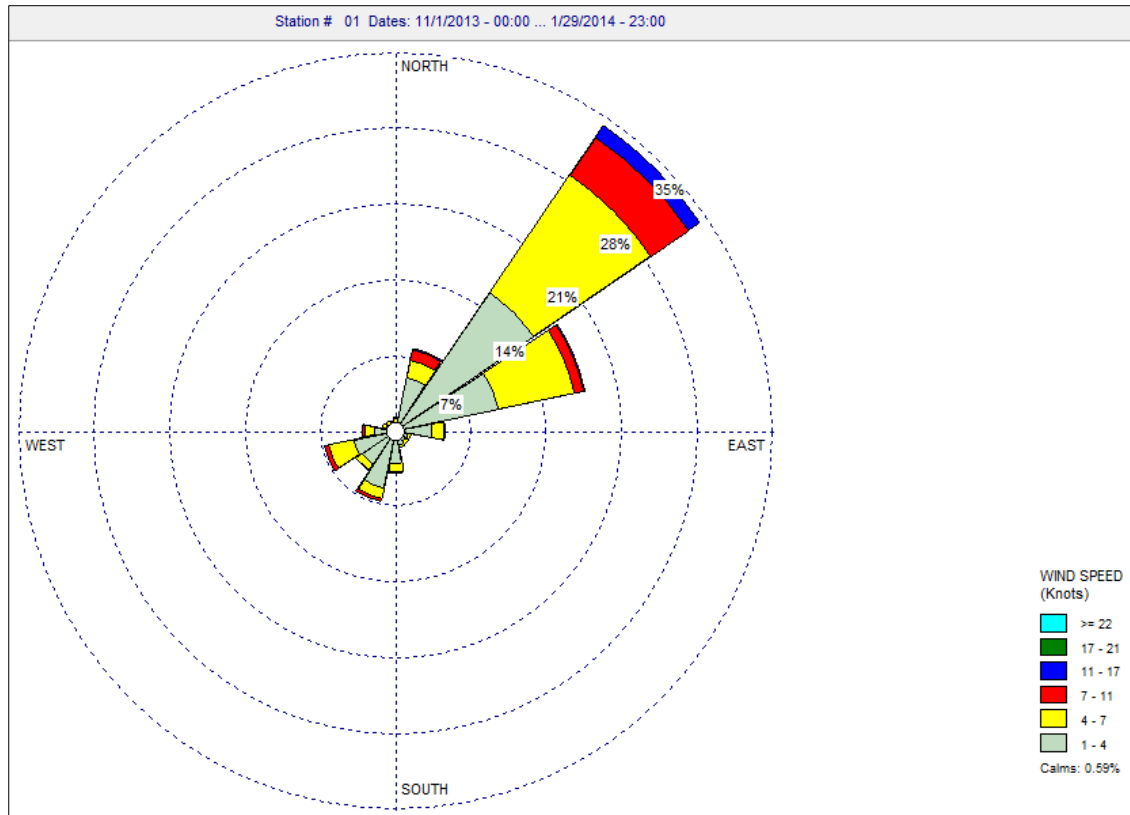
Şekil 3.2 I.örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği



Şekil 3.3 II.örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği

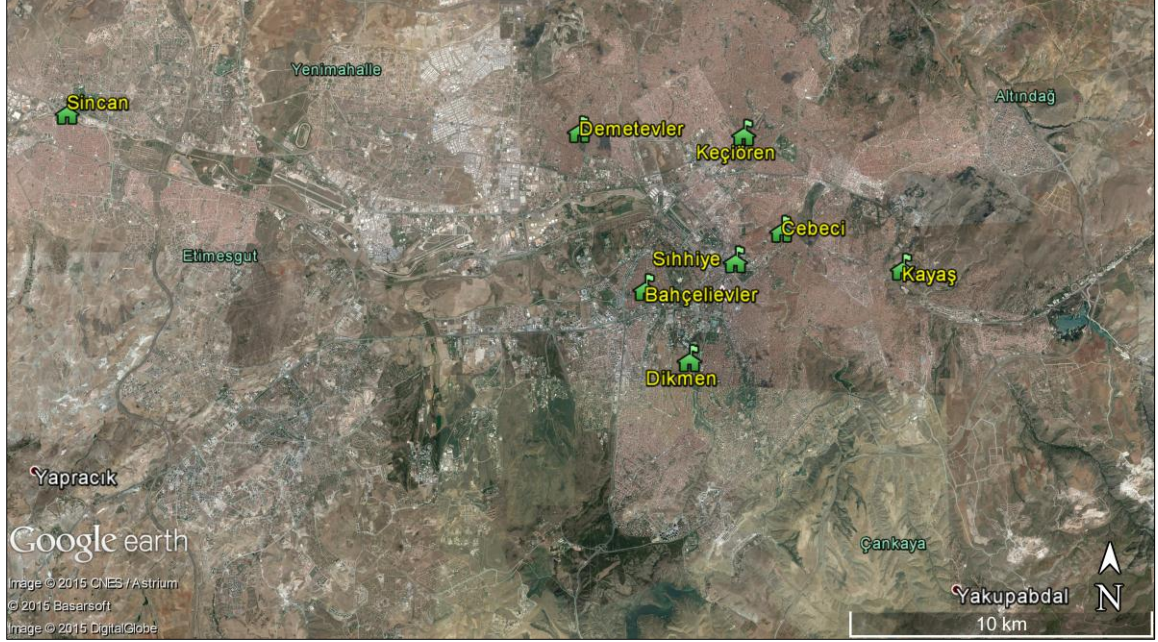


Şekil 3.4 III.örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği



Şekil 3.5 IV.örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde Ankara'da 8 adet hava kalitesi ölçüm istasyonu mevcuttur. Bu istasyonlar Bahçelievler, Cebeci, Demetevler, Dikmen, Kayaş, Keçiören, Sıhhiye ve Sincan semptlerinde yer almaktadır. İstasyonların bulunduğu lokasyonlar Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



**Şekil 3.6 Ankara ilinde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesindeki hava kalitesi ölçüm istasyonlarının lokasyonları**

Bu istasyonlarda hava kalitesi kitletic parametrelerine ilave olarak bazı meteorolojik parametrelerde kayıt altına alınmakta olup, istasyonlara ait ölçüm yapılan parametrelere ait bilgiler Çizelge 3-4'te verilmiştir.

**Çizelge 3-4 T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde Ankara ilinde yer alan Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları ve İstasyonlarda Ölçüm Yapılan Parametreler**

Parametreler	İstasyon Adları							
	Bahçelievler	Cebeci	Demetevler	Dikmen	Kayaş	Keçiören	Sıhhiye	Sincan
PM <sub>10</sub>	+	+	+	+	+	+	+	+
PM <sub>2.5</sub>	+	+	+	+	+	+	+	+
SO <sub>2</sub>	+	+	+	+	+	+	+	+
NO	+	+	+	+	+	+	+	+
NO <sub>2</sub>	+	+	+	+	+	+	+	+
NO <sub>x</sub>	+	+	+	+	+	+	+	+
Hava Sıcaklığı	+	+	+	+	+	+	+	+
Rüzgar	+	+	+	+	+	+	+	+



Parametreler	İstasyon Adları							
	Bahçelievler	Cebeci	Demetevler	Dikmen	Kayaş	Keçiören	Sıhhiye	Sincan
Yönü								
Rüzgar Hızı	+	+	+	+	+	+	+	+
Bağıl Nem	+	+	+	+	+	+	+	+
Hava Basıncı	+	+	+	+	+	+	+	+
CO	+	+	-	-	-	-	+	-
Yağmur	+	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>3</sub>	-	+	-	-	-	+	-	+

Dış ortam PM (PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub>) konsantrasyonları evlere en yakın bu hava kalitesi ölçüm istasyonlarından sağlanmış olup, çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. İstasyonlardan temin edilen partikül madde konsantrasyon değerlerinin doluluk oranlarına bakılmıştır. PM<sub>10</sub> veri seti için %94 ve PM<sub>2.5</sub> veri seti için ise %69 doluluk oranı tespit edilmiştir.

Ayrıca, örnekleme dönemleri boyunca, Ankara ilinin genel partikül profilini tanımlamak için, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde Ankara'da bulunan 8 adet hava kalitesi ölçüm istasyonlarından PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> kayıtları incelenmiş olup, sonuçlar Bölüm 4.4'te ayrıntılı olarak sunulmuştur.

### 3.3 Anket Çalışması Sonuçları

Örnekleme çalışmaları sırasında konut ve örnekleme yapılan odaların koşullarını değerlendirmeye ve daha sonraki ölçümlerde de ev içinde yapılan fiziksel değişikliklerin takibi amacıyla hazırlanmış olan değerlendirme anketleri her bir dönem için tüm evlerde uygulanmıştır. *Kapalı Ortam Havası Değerlendirme Formu* (Anketi) EK'de verilmiştir. Partikül madde konsantrasyonları; evin bulunduğu kat, konut tipi, evin ısıtma türü, ev içerisinde sigara içen kişi sayısı, ev içerisinde sigaranın içildiği ortam, örnekleme esnasında evde bulunan kişi sayısı, inşaat faaliyetlerinin ve ana caddenin evlere yakınlık durumu vb. parametreler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bahsedilen bu faktörler dikkate alınarak dönemler için değerlendirmeler yapılmış olup, değerlendirme sonuçları Çizelge 3-5'de verilmiştir.

Örnekleme yapılan evlerde, Çizelge 3-5'den de anlaşılacağı üzere;

- Tüm dönemlerde ölçümlerin gerçekleştirildiği evlerin bina yaşlarının %60'ının 4 sene ve üzerinde olduğu,
- III. ve IV. dönem gidilen evlerin buldukları katların %50'sinin 3. kat ve üzerinde olduğu,
- Evlerin büyük bir çoğunluğunun betonarme yapıda evler olduğu (>%90),
- I. ve II. dönemde merkezi sistem ile ısınan evlerin ( $\approx$  %80) ve III. ve IV. dönemde ise kombi (doğalgaz) sistemi ile ısınan evlerin ( $\approx$  %60) çoğunlukta olduğu,
- I., III. ve IV. dönemlerde; örnekleme yapılan evlerde yaşayan bireylerden; sigara kullanan ve kullanmayanların hemen hemen eşit sayıda olduğu,
- II. dönemde gidilen evlerin yaklaşık %60'nda iç ortamda sigara içildiği,
- Tüm dönemlerde örnekleme esnasında evde yaklaşık %60 oranında 4-6 arası kişi bulunduğu,
- III. dönemde, inşaat faaliyetlerine yakın olan ve olmayan ev sayılarının hemen hemen eşit sayıda olduğu,
- II. ve III. dönemde, evlerin %70'inin ana caddeye yakın olduğu,

anlaşılmaktadır.

Çizelge 3-5 Örneklem Dönemleri için Bazı Kapalı Ortam Havası Değerlendirme Parametre Sonuçları (%)

DÖNEM	KOŞULLAR			Bina yaşı			Evin bulunduğu kat			Konut tipi		Evin ısıtma türü				Ev içerisinde sigara içen kişi sayısı			Ev içerisinde sigaranın içildiği ortam				Örneklem esnasında evde bulunan kişi sayısı			İnşaat faaliyetlerinin yakınlık durumu		Evlerin ana caddeye yakınlığı		Temizlik Yapma Sıklığı		
				1-3 sene	4 sene ve fazlası	Bilinmiyor	Bodrum veya zemin	1.ve 2. kat	3.kat ve üzeri	Betonarme	Diğer	Merkezi Sistem	Kombi (doğalgaz)	Soba (odun ve/veya kömür)	Diğer	0 kişi	1 veya 2 kişi	3 ve fazlası kişi	Evin içinde	Sadece balkon	Kapı önü ve/veya dışarıda	Sigara içilmiyor	3 kişi	4-6 arası kişi	7 ve fazla kişi	Var (<50 m.)	Yok (>50 m.)	Yakın (<50 m.)	Uzak (>50 m.)	Her gün	Haftada 1-2 sefer	2 haftada 1 sefer
	Kod (↑) Ör.Sayısı (↓)	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3		
I.	50	18	70	12	28	42	30	94	6	86	12	2	0	52	46	2	28	16	4	0	8	66	26	-	-	36	64	28	44	28		
II.	14	14	64	22	43	14	43	79	21	80	20	0	0	36	64	0	64	0	0	36	14	79	7	-	-	86	14	29	57	14		
III.	81	18	80	2	46	0	54	95	5	20	60	15	5	46	53	1	23	30	1	46	0	73	27	47	53	77	23	12	75	13		
IV.	67	21	79	0	15	27	58	97	3	15	73	10	2	45	54	1	21	24	10	45	3	63	34	-	-	42	58	31	31	38		

### 3.4 Örnekleme ve Analiz Yöntemi

#### - Örnekleme Süreci

Çalışma süreci 2009 yılından itibaren başlamış olup, Ankara'da yer alan hastanelerde gebe kadınlara proje katılım anketi uygulanarak devam etmiştir. Daha sonra projeye katılımı kabul eden kişilerin evlerine ölçümler gerçekleştirilmek üzere telefon ile randevu alınarak dört farklı dönemde gidilmiştir. Örnekleme yapılan evlere dönemler arası değişkenlik göstermekle birlikte ortalama 2-3 bursiyer ile gidilmiştir. Her bir evde örnekleme süreci toplamda yaklaşık 1-1.5 saat arasında tamamlanmıştır. Bu süre içerisinde ayrıca kapalı ortam havası ve bebek sağlığına ilişkin anket soruları ebeveynlere sorulmuş olup, anket kayıtları her bir dönem tekrarlanmıştır. Böylelikle, yaşam biçimi veya ev değişikliği gibi durumlarda dikkate alınmış olup, analizler o dönemki mevcut koşullara göre değerlendirilmiştir. Proje başlangıcından verilerin değerlendirilmesine kadar takip edilen aşamalar Çizelge 3-6'da verilmiştir.

#### Çizelge 3-6 Proje başlangıcından verilerin değerlendirilmesine kadar uygulanan aşamalar

**Ekim 2009-Şubat 2012** Etlik Zübeyde Hanım Kadın Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi ve Hacettepe Hastanesi Kadın Hastalıkları ve Doğum Bölümlerinde gönüllü projeye katılım anketleri yapılmıştır.



**Randevu** Kabul eden 250 gönüllü gebenin evlerinde ölçümler gerçekleştirilmek üzere randevu alınmıştır. Randevular, 09:00, 12:00,14:00, 16:00 ve 18:00 saatlerinde olmak üzere ailelerin uygunluklarına göre düzenlenmiştir. Evlerde gerçekleştirilen ölçümler yaklaşık 1 – 1.5 saat arasında tamamlanmıştır.



**Evlerde Gerçekleştirilen Örnekleme Aşaması**

Ölçümler yerden yaklaşık 50 metre mesafeye yerleştirilen Grimm 107 cihazı ile her bir ortamda 15 dakika süre ile gerçekleştirilmiştir. İlave olarak kapalı ortam havası değerlendirme formu ve bebek sağlık kayıtları formları anneler ile birlikte doldurulmuştur.

**Oturma Odası**

Oturma odaları aile bireylerinin evde günün en çok vakit geçirdikleri ortamlardır.



(Soba ile ısınan bir evin oturma odası örnek görünümü)

**Bebek Odası**

Ailelerin bebekler için yeni oluşturdukları odalar veya bebeklerin ilk aylarında anneleri ile beraber kalmalarından ötürü uydukları ebeveyn yatak odaları bebek odaları olarak adlandırılmıştır.



(Bebek odasının ayrı olduğu evden örnek oda görünümü)

**Ortak Odalar**

Bazı evlerde bebeklere ait ayrı odalar oluşturulmamış olup, hem oturma odası hemde bebeklerin uydukları ortamlar ortak kullanımlı odalar olarak adlandırılmaktadır.



(Ortak kullanılan odalara ilişkin örnek görünüm)

**Dış Ortam**

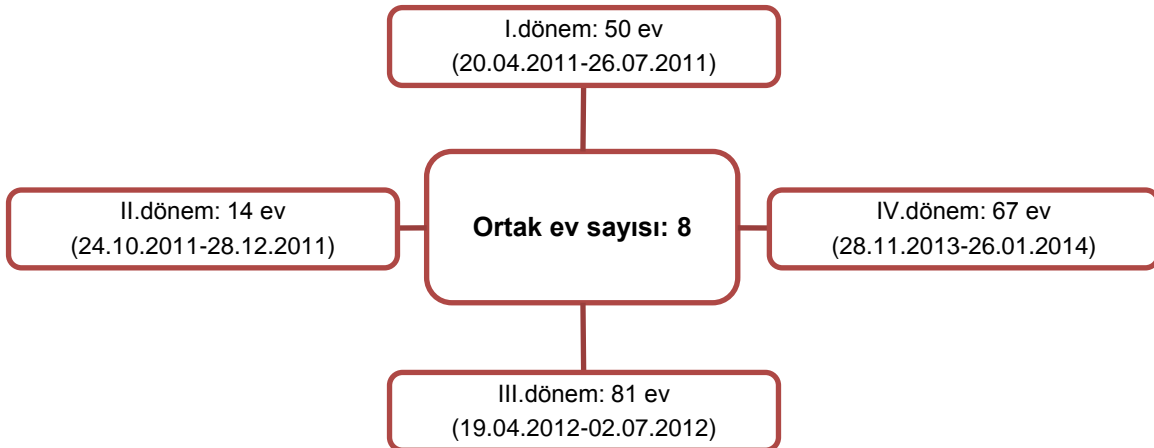
Öncelikle balkonlarda, yoksa veya uygun değilse evlerin pencere önlerinden dış ortam ölçümleri yapılmıştır.



(Evin yakınında inşaat faaliyetlerinin sürdürüldüğü, dış ortam örneklemesine ait örnek görünüm)

**Örnekleme Dönemlerinin Tekrarı ve Gidilen Ev Sayıları**

Evlerde gerçekleşen örnekleme aşamaları bir önceki maddede belirtildiği üzere her bir dönemde tekrarlanmıştır. Herbir dönemde gidilen ev sayıları ve 4 dönem gidilen ortak ev sayıları aşağıdaki gibidir:



**Verilerin aktarılması**

Her 6 saniyede kaydedilen verilerin, veri kartından Grimm 1.117 (versiyon 3.30) programı ile bilgisayar ortamına aktarımı ve .di ile .dm dosyalarının oluşturulması



**Verilerin Uygun Formata Dönüştürülmesi**

.di ve .dm dosyalarının text, ardından excell formatına dönüştürülmesi ve 15 dakika boyunca 6 saniyede bir kaydedilen verilerin ortalamalarının alınması



**Verilerin Değerlendirilmesi**

Ortalaması alınan verilerin (i) dönemsel, (ii) mevsimsel ve (iii) anket sonuçları bazında değerlendirmeleri Statgraphics Centurion XV (Versiyon 15.2.14) istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmesi

**- Ölçümler Esnasında Kullanılan Ekipman (Grimm EDM 107)**

Çalışmada, elektronik kayıtlı direkt ve sürekli bilgi eldesini sağlayan, havadan taşınan partiküllerin konsantrasyonunu ölçmek için geliştirilmiş olan “Grimm Environmental Dust Monitor (EDM) 107 (bundan sonra “Grimm EDM 107” olarak adlandırılacaktır)” toz konsantrasyonu ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.7).



**Şekil 3.7 Partikül madde ölçüm cihazı (Grimm EDM 107)**

Grimm EDM 107 cihazından veriler sayısal veya grafiksel olarak görüntülenebilmektedir. Cihazın ölçüm modlarına ait bilgiler aşağıda verilmiştir:

- *Sayı Dağılımı Modu (Count Distribution) (partikül/litre)*: Veriler, tüm partikül ölçüm kanalları için litredeki partikül konsantrasyon sayısı miktarı cinsinden sunulur,
- *Çevre Modu (Environmental) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*: Bu ölçüm modunda ölçüm sonuçları,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  biriminde  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  ve  $\text{PM}_1$  kütle fraksiyonları olarak sunulur. Bu değerler kütle dağılımına dayalı olarak hesaplanır ve değerler açık ve kapalı ortamlarda yapılan ölçümlerin karşılaştırılmasına için sağlanır. Fakat, bu hesaplama modu US EPA veya  $\text{PM}_{10}$  için Avrupa onaylı EN 12341 eşdeğer ölçümleri ile uyumlu değildir.

### **Grimm EDM 107 için Cihaz Ölçüm Prensibi**

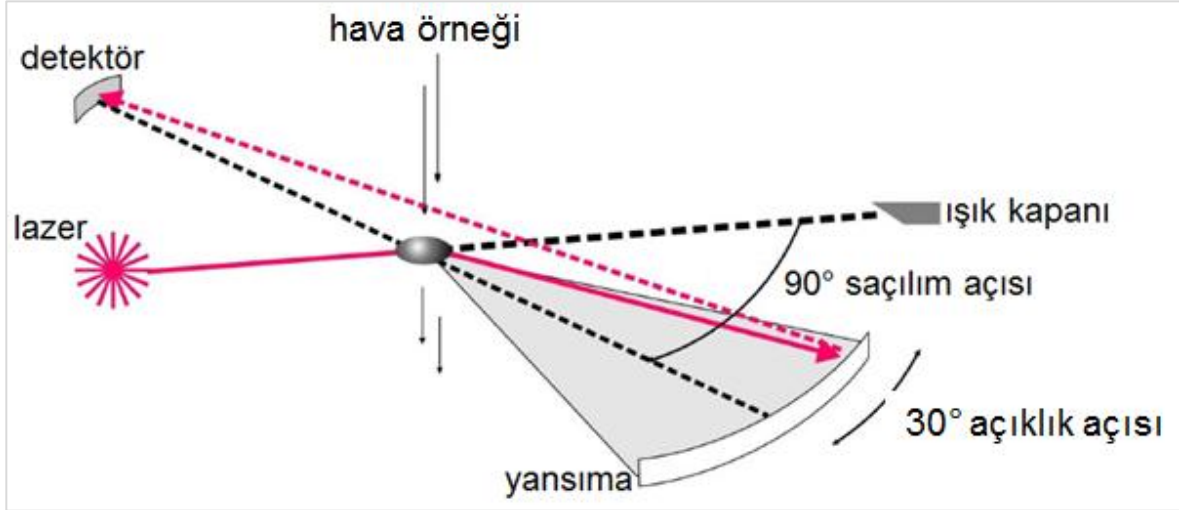
Grimm EDM 107, havadaki partikülleri sürekli olarak ölçebilen bir partikül boyut analizörü/toz izleme cihazıdır. Cihaz, yukarıda da bahsedildiği üzere (i) sayı (boyut) dağılım analizi ve (ii) kütleli partikül madde analizi olmak üzere iki ana ölçüm opsiyonuna sahiptir. *Grimm Aerosol Spectrometer* toplam kütleli partikül madde konsantrasyonu için teorik ağırlık hesabı aşağıda sunulan eşitlik [1]'e göre cihaz yazılımı tarafından sağlanmaktadır [103].

$$\text{Toplam Ağırlık } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \text{Partikül Boyutu Dağılımında Kanal Adedi}^* \times \text{Hacimsel Ortalama Yoğunluk (her bir 6 saniye için)}^{**} \quad [1]$$

\* *Partikül Boyutu Dağılımında kanal adedi: MIE teorisine göre hesaplanmaktadır.*

\*\**Ortalama Yoğunluk: Her bir hacim eşitliği için Pulse High Analyser hesabından alınmaktadır.*

Hava örneğindeki partiküller, ölçüm hücresi içinde ışık saçılımı prensibine göre tespit edilmektedir. Saçılım ışığında algılanan her bir parçacık sayılmakta olup, saçılım ışığı partikülleri boyutlarına göre sınıflandırmaktadır. Ölçüm prensibinin şematik gösterimi Şekil 3.8'de verilmiştir.



**Şekil 3.8 Grimm EDM 107'nin çalışma prensibinin şematik gösterimi**

Grim EDM 107 cihazı, ışık kaynağı olarak yarı iletken lazer vasıtasıyla ışık saçılım teknolojisi prensibine dayalı çalışmaktadır. Lazer ışınından geçen partiküllerin geçtiği saçılım sinyali yaklaşık 90° açı ile bir yansıtıcıdan alıcı dioda iletilmektedir. Diod sinyali, uygun olan boyutlandırmadan sonra çok kanallı boyut sınıflandırıcıya yönlendirilir. Bu sayımlar görüntülenebilir ve ayrıca veri depolama kartında saklanabilmektedir. Uzun süreli kayıtlar için RS 232 üzerinden verilerin bilgisayar ortamına transferide mümkündür. Veri depolama kartı olmadan enstrüman dahili bellek boyutu 80 KB'dır. Analiz edilecek hava örneği ise dakikada 1.2 litre debi ile cihaza çekilmektedir.

Grimm EDM 107 serisi partikül madde ölçüm cihazı standart olarak 6 saniye ve isteğe bağlı olarak 1 dakika aralıklar ile veri kaydetme seçeneğine sahiptir. Yapılan ölçümler esnasında cihazın 6 saniyede bir kayıt özelliğinden faydalanılmıştır. Cihaz eşzamanlı olarak PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> konsantrasyonlarını 1 ile 1,500 µg/m<sup>3</sup> arasında tespit edilebilmektedir. Parçacık boyut analiz ölçümleri ise 0.25 ile 32 µm arasındadır. Cihazın parçacık boyut analiz ölçüm modu, tez kapsamında evlerde gerçekleştirilen referans deneyler sırasında kullanılmıştır. Ölçümler cihazın data kartına bağlı olarak günler, haftalar veya aylar bazında veri kaydetme/depolama seçeneğine sahiptir. Örnekleme çalışmaları esnasında, genellikle ortalama 2-3 hafta periyotlarda kayıtlar kartta depolanmış olup, daha sonra data kartından bilgisayar ortamına aktarımları sağlanmıştır. Örnekleme dönemi sürecinde, uzun süre data kartında veriler depolanmış olup, teknik sebepten ötürü karttan verilerin



eldesi sağlanamamıştır. Bu tip çalışmalarda örnekleme dönemine de bağlı olarak verilerin sıklıkla (mümkünse günlük olarak veriler kontrol edilmeli) data kartından başka bir ortama aktarılması veri kaybına uğranılmaması açısından büyük önem taşımaktadır.

Grimm EDM 107 aerosol ölçüm cihazı, ışık saçılımı teknolojisini kullanarak birim havadaki partikül sayısını ölçebilmektedir. Cihazın çalışma prensibi: boyut dağılımına ilişkin tespit edilen konsantrasyon sayılarını düzeltme faktörü ve matematiksel ekstrapolasyon kullanarak kütle konsantrasyonuna dönüştürmektir. Kütle konsantrasyonu ve PM sayı konsantrasyonları arasındaki ilişki eşitlik [2]'de verilen formül ile açıklanabilmektedir:

Eşitlikte; "i" kanal aralığı için ağırlıkça konsantrasyonu ifade etmektedir [104].

$$m(d_{pi}) = C_F \frac{\pi}{6} d_{pi}^3 n(d_{pi}) \quad [2]$$

Formülde yer alan ifadeler;

i	:	Optik partikül sayacı kanal sayısı,
$d_{pi}$	:	Kanal alt ve üst aritmetik ortalama çapı ( $\mu\text{m}$ ),
$m(d_{pi})$	:	Kanaldaki kütle konsantrasyonu,
$n(d_{pi})$	:	Kanaldaki partikül madde ortalama parçacık boyutu konsantrasyonları,
$C_F$	:	Düzeltilme faktörü (Bu çalışmada düzeltilme faktörü 1.65 olarak alınmıştır)
$f_{PM_{10}}(d_{pi})$	:	$PM_{10}$ kanal alt ve üst aritmetik ortalama çapı fraksiyonunu

ifade etmektedir.

$PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  seviyeleri cihazın çevre modunda doğrudan üretilenler ile karşılaştırmak için  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  fraksiyonları ile partikül kütle konsantrasyonlarına (kütle dağılımı modundan elde edilen) göre

hesaplanmaktadır.  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  düzeyleri eşitlik [3]'te verilen denkliliklerle hesaplanabilmektedir [104].

$$PM = \sum_{i=1}^{15} m(d_{pi}) f(d_{pi}) \quad [3]$$

Kanal alt ve üst aritmetik ortalama çapı, parçacık boyutuna göre farklı hesaplanmakta olup, kanal alt ve üst aritmetik ortalama çaplarına göre, aşağıda yer alan eşitlikler [4], [5] ve [6]'ya göre hesaplanmaktadır [104]:

$$d_{pi} < 1.5 \mu g \quad \text{ise:} \quad f_{PM10}(d_{pi}) = 1.0 \quad [4]$$

$$1.5 < d_{pi} < 15 \mu g \quad \text{ise:} \quad f_{PM10}(d_{pi}) = 0.9585 - 0.00408 d_{pi}^2 \quad [5]$$

$$d_{pi} > 15 \mu g \quad \text{ise:} \quad f_{PM10}(d_{pi}) = 0.0 \quad [6]$$

Cihazın herbir partikül boyut analizi veya toz izleme işlemleri fabrika ayarları 3 aşamada gerçekleştirilmektedir. Kalibrasyon işleminde öncelikle ana üniteye lazer optiklerin uygun partikül büyüklüklerinin sınıflandırılması ve dağıtımlarına karşı doğrulaması yapılmaktadır. Bu işlemin devamında gravimetrik korelasyon doğrulaması işlemi gerçekleştirilmektedir. Gravimetrik korelasyon analizi geniş bir boyut aralığı ile çok yönlü dağılmış toz ile gerçekleştirilmektedir. Cihaz, geniş bir boyut aralığı ve azalan bir toz konsantrasyonuna olanak sağlayan özel bir toz üretimi bölgesi altına yerleştirilir. Oluşturulan toz, toz izleme ve referans ünitesini beslenmektedir. Daha sonra toz izleme cihazı referans birimine göre kalibre edilmektedir.

Proje kapsamında kullanılan Grimm EDM 107 cihazı örnekleme çalışmalarına başlanmadan önce kalibre edilmiştir. Cihazın kalibrasyonunun her 2 sene de bir tekrarlanması gerekmektedir. Ölçüm çalışmaları boyunca, 2012 yılı Eylül ayında cihaz tekrar kalibre edilmek üzere Almanya'da yer alan Grimm Aerosol Technik GmbH & CO. KG'ye gönderilmiş ve kalibre edilmiştir.

### 3.5Yapılan Referans Deneyler Hakkında Genel Bilgi

Partikül madde boyutlarının ev içi faaliyetleri esnasında geniş aralıkta değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. Bu kapsamda, Karakaş ve Güllü [105] tarafından, evlerde iç ortam partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyonlarına etki eden faaliyetleri incelemek adına ev içerisinde sigara kullanımı, deodorant kullanımı, mum yakımı ve yemek yapımı gibi faaliyetler esnasında PM ölçümleri yapılmıştır. Çalışmada, iç ortamda bulunan parçacıkların boyutlarını tespit edebilmek için, bu tez çalışmasında PM konsantrasyonlarının tespit edilmesinde Grimm EDM 107 cihazının PM dağılımını kaydeden modu kullanılmıştır. Bu mod ile partikül çaplarının 0.25 µm - 32 µm aralığında kaydı sağlanmıştır. Böylelikle, çalışmada 0.25-0.28-0.30-0.35-0.40-0.45-0.50-0.58-0.65-0.70-0.80-1.0-1.3-1.6-2.0-2.5-3.0-3.5-4.0-5.0-6.5-7.5-8.0-10.0-12.5-15.0-17.5-20.0-25.0-30.0-32.0 µm (toplamda 31 PM çapı) çaplarında partikül madde boyutlarının hacimsel olarak adet bazında tespiti mümkün olmuştur. Yapılan tüm referans deney ölçümleri sonunda, konsantrasyon kayıtlarının 1 µm'den büyük çapta olanlarında ciddi anlamda azalma gözlenmiş olup, oluşturulan grafiklerde partikül dağılımları 1 µm'ye kadar gösterilmiştir. Yapılan referans deney çalışmasında ev içerisinde mutfak faaliyetleri (ocak kullanımı), mum kullanımı, farklı kalınlıkta sigara tüketimi, deodorant kullanımı vb. faktörlerin PM boyut dağılımı ve konsantrasyonuna etkileri değerlendirilmiştir.

Çalışmada elde edilen ince partikül madde ortalama parçacık boyutu konsantrasyonları partikül/cm<sup>3</sup> biriminden değerlendirilmiştir. Yapılmış olan tüm referans deneyler, Ankara ili, Keçiören ilçesi, Subayevleri semtinde yer alan bir apartmanın 2. katında yer alan bir evde gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda, partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyonu ölçümleri 2011 yılı, Aralık ayı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler yatak odası ve mutfak olmak üzere iki farklı ortamda yapılmış olup, yatak odasının hacmi yaklaşık 38 m<sup>3</sup> (4 m × 3.5 m × 2.7 m), mutfağın hacmi ise yaklaşık 24 m<sup>3</sup>'tür (2.5 m × 3.5 m × 2.7 m). Deneyler sırasında her iki odada da, PM ölçüm cihazı yerden yaklaşık 70 cm yükseklikte bir masa üzerine yerleştirilmiştir. Sigara ve mum yakımı referans deneyleri partikül madde konsantrasyonu ölçüm cihazına yaklaşık 70 cm mesafede gerçekleştirilmiştir. Deodorant kullanımı referans deneyi, deodorantın yukarıya dik açıyla ve PM ölçüm

cihazına yaklaşık 1 metre uzaklıkta yapılmıştır. Yemek yapımı deneyinde faaliyet, PM ölçüm cihazından yaklaşık 1.5 metre uzaklıkta, yerden 1.5 metre yükseklikte gerçekleştirilmiştir. Tüm referans deneyler esnasında ortam, deneylere başlanmadan önce yaklaşık 30 dakika süreyle havalandırılmıştır. Yapılan deneylere ait örnekleme özellikleri Çizelge 3-7’de verilmiştir.

**Çizelge 3-7 Referans deney örnekleme özellikleri**

<b>Deney Adı</b>	<b>Ortam</b>	<b>Süre (dakika)</b>
Sigara A (İnce Tip)	Yatak Odası	20
Sigara B (Klasik Tip)	Yatak Odası	20
Deodorant Kullanımı	Yatak Odası	22
Mum Yakımı	Yatak Odası	52
Sigara ve Mum	Yatak Odası	67
Yemek Yapımı	Mutfak	57

Referans deney çalışmasına ait sonuçlar Bölüm 4.3’te detaylı olarak sunulmuştur.

### **3.6 İstatistiksel Değerlendirmeler**

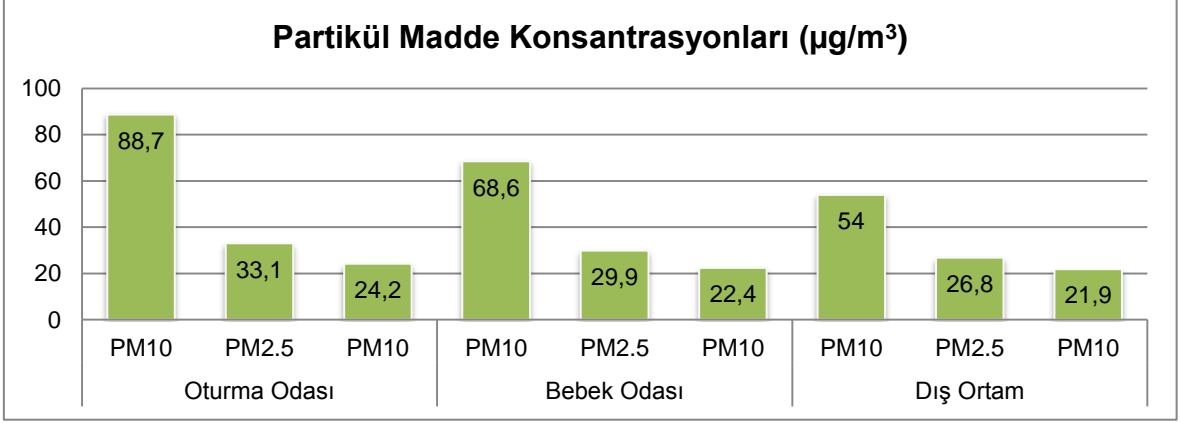
Yüksek lisans tez çalışması süresince yapılan tüm ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında Statgraphics Centurion XV (Versiyon 15.2.14) istatistik paket programı kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir. Box grafikleri, dağılım grafikleri, ANOVA ve Tukey Testi analizleri bu program kullanılarak değerlendirilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Partikül madde ölçümleri, Ankara'nın farklı semtlerinde yer alan evlerin oturma ve bebek odaları ile dış ortamlarında dört farklı dönemde gerçekleştirilmiştir. Örnekleme yapılan evler Pursaklar, Etlik, Dikimevi, Çubuk, Seyrenbağları, Balgat, Kazan, Dikmen, Sıhhiye, Siteler, Sincan, Akyurt, Batıkent, Gölbaşı, Yenimahalle, Mamak, Demetevler, Etimesgut, Altındağ ve Ostim semtlerinde yer almaktadır. Birinci örnekleme dönemi 20.04.2011-26.07.2011 tarihleri arasında toplamda 120 evde, ikinci örnekleme dönemi 24.10.2011-28.12.2011 tarihleri arasında toplamda 94 evde, üçüncü örnekleme dönemi 19.04.2012-02.07.2012 tarihleri arasında toplamda 82 evde ve dördüncü örnekleme dönemi ise 28.11.2013-26.01.2014 tarihleri arasında toplamda 67 evde gerçekleştirilmiştir. Gidilen evlerin tamamında PM ölçümleri gerçekleştirilmiş fakat data kartından verilere ulaşılama, cihaz ölçüm hataları vb. sebeplerden ötürü veri sayısında azalma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada öncelikle verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini tespit edebilmek için, tüm veri setine "Chi-Square" ve "Kolmogrov-Smirnov" testleri uygulanmıştır. Yapılan her iki normalite test sonuçlarına göre iç ortam ve dış ortam partikül madde konsantrasyon verilerinin normal bir dağılım göstermediği gözlenmiştir.

Tüm verilerin incelenmesine ilişkin, yapılan çalışma sonucu  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  seviyelerinin sırasıyla, oturma odalarında; 17.1-354  $\mu g/m^3$  (ort:  $88.7 \pm 53.5 \mu g/m^3$ ), 7.1-271.8  $\mu g/m^3$  (ort:  $33.1 \pm 26.2 \mu g/m^3$ ) ve 3.4-200.3  $\mu g/m^3$  (ort:  $24.2 \pm 21.2 \mu g/m^3$ ), bebek odalarında; 14.6-215.1  $\mu g/m^3$  (ort:  $68.6 \pm 39.8 \mu g/m^3$ ), 7.3-149.0  $\mu g/m^3$  (ort:  $29.9 \pm 19.4 \mu g/m^3$ ) ve 3.6-113.0  $\mu g/m^3$  (ort:  $22.4 \pm 16.6 \mu g/m^3$ ) ve dış ortamda ise; 9-227.5  $\mu g/m^3$  (ort:  $54 \pm 39.3 \mu g/m^3$ ), 3.5-173.3  $\mu g/m^3$  (ort:  $26.8 \pm 21.9 \mu g/m^3$ ) ve 2.9-164  $\mu g/m^3$  (ort:  $21.9 \pm 20.1 \mu g/m^3$ ) arasında değiştiği gözlenmiştir. Oturma ve bebek uyku odası olarak kullanılan ortak odalar, en yüksek  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  konsantrasyon seviyelerinin gözlendiği yer iken; bebek odaları düşük PM konsantrasyonlarının gözlendiği ortam olmuştur. Sonuçlara ilişkin partikül madde konsantrasyonları Şekil 4.1'de grafiksel olarak gösterilmiştir.



**Şekil 4.1 Tüm örneklemelerin değerlendirilmeye alındığı iç ve dış ortam partikül madde konsantrasyon seviyelerinin grafiksel gösterimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

En yüksek  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonlarının gözlemlendiği oturma odasında, günlük ortalama konsantrasyonlar  $17.1$  ila  $354 \mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişmektedir. En düşük iç ortam konsantrasyonlarına ise bebek odasında rastlanmıştır. Söz konusu bu konsantrasyon seviyesi Mamak semtinde yer alan (Mam 1) kerpiç bir evde tespit edilmiş olup, bu eve ait anket sonuçları incelendiğinde ölçüm esnasında iç ortamda sigara içildiği, örnek alınması esnasında evde 5 kişinin bulunduğu ve evin soba ile ısıtıldığı bilgisi tespit edilmiştir.

En yüksek ince partikül ( $\text{PM}_{2.5}$  ve  $\text{PM}_1$ ) konsantrasyonu da  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonlarında olduğu gibi oturma odasında tespit edilmiş olup, sırasıyla ortalama konsantrasyonlar  $7.1$  ila  $271.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $3.4$  ila  $200.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişkenlik göstermektedir.

Ayrıca, mikro-ortamlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığı konusunda; 'oturma', 'bebek' ve 'oturma ve bebek' odası beraber kullanılan ortamlara ait PM konsantrasyonları için Tukey testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre;  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  ve  $\text{PM}_1$  seviyelerinin oturma ve bebek odalarında benzerlik gösterdiği ancak ortak kullanılan odalarda tespit edilen partikül madde konsantrasyonlarının ise genel anlamda oturma ve bebek odalarında tespit edilen konsantrasyonlardan istatistiksel olarak farklı olduğu anlaşılmıştır. Evlerde ortak kullanılan odalarda bulunan aktivitelerin ölçüm yapılan diğer mikro-ortamlardan yüksek çıkması, bu ortamda ev içi insan faaliyetlerinin diğer ortamlara oranla fazlalığından kaynaklandığını göstermektedir.

Tüm örnekleme dönemlerinde gerçekleştirilen iç ve dış ortam PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> seviyelerinin ortam özelliklerine göre veri sayısı, ortalama, medyan, standart sapma, geometrik ortalama, minimum, maksimum ve veri aralıkları değerleri Çizelge 4-1’de verilmektedir.

**Çizelge 4-1 Partikül Madde (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub>) (µg/m<sup>3</sup>) Verileri İstatistik Bilgileri**

Parametre	Ortam	N	Ort.	Med.	GO	SS	Min.	Maks.	Aralık
PM <sub>10</sub>	O	132	88.7	74.5	75.5	53.5	17.1	354	337.3
	B	133	68.6	61.5	58.6	39.8	14.6	215.1	200.5
	OB	29	<b>109.3</b>	89.9	90.4	67.3	23.8	289.8	266.0
	D	105	54.0	44.7	41.7	39.3	9.0	227.5	218.5
PM <sub>2.5</sub>	O	175	33.1	28.2	27.5	26.2	7.1	271.8	264.7
	B	176	29.9	25.3	25.4	19.4	7.3	149.0	141.7
	OB	35	<b>44.5</b>	30.2	33.9	44.3	7.5	224.5	271.0
	D	148	26.8	20.9	21.0	21.9	3.5	173.3	169.8
PM <sub>1</sub>	O	174	24.2	19.4	19.2	21.2	3.4	200.3	196.9
	B	175	22.4	18.5	18.2	16.6	3.6	113.0	109.4
	OB	35	<b>31.9</b>	20.2	22.9	35.9	4.0	178.0	174.0
	D	148	21.9	17.4	16.5	20.1	2.9	164.0	161.1

#### 4.1 Tüm Dönemlere Ait Ortak Evlerde PM Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Çalışma süresince toplamda dört örnekleme kampanyası gerçekleştirilmiş olup, tüm dönemlerde iç ortam ile III. ve IV. dönemlerde dış ortam partikül madde (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub>) konsantrasyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında, PM verisine sahip ev sayıları sırasıyla; 50, 14, 81 ve 67’dir. Çalışmada kampanya dönemlerinde gidilen evlerin sayıları değişkenlik göstermekte olup, bu bölümde 4 örnekleme dönemi boyunca aynı evlere gidilmiş olan grup için partikül madde ölçümlerinin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, kampanya dönemlerinden I. ve III. dönem (ilkbahar/yaz) ile II. ve IV. dönem (sonbahar/kış) iç ortam partikül madde sonuçları karşılaştırılmış olup, ortalama konsantrasyonlarda bir farklılık olup olmadığının incelenmesi için tek faktör ANOVA testi uygulanmıştır. Tüm dönemler kapsamında, sonbahar/kış ve ilkbahar/yaz mevsimsel dönemleri karşılaştırılmasında tespit edilen ortalama konsantrasyon değerlerinin mevsimsel olarak farklılık göstermediği gözlenmiştir.

Yapılan analizlerde, istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilememesinin sebebi dönemlere ait veri sayılarının yeterli olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4 dönem boyunca gidilen ortak ev sayısı 8'dir. İlkbahar/yaz (I. ve III. Dönem) ve Sonbahar/kış (II. ve IV. Dönem) dönemleri kapsamlı örnekleme çalışmalarına ait PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> sonuçları aşağıda oturma, bebek odaları ve iç ortam ortalama değerleri genelinde değerlendirilmiştir. İç ortam ortalama (İOO) değerleri;

(a) oturma ve bebek odası ayrı kullanılan evlerde her iki ortam konsantrasyonunun aritmetik ortalaması alınarak,

(b) oturma ve bebek odalarını ortak kullanan evlerde ise iç ortamda tek ölçüm olan konsantrasyonu üzerinden

değerlendirilmiştir.

Çalışmada öncelikle iç ortam partikül madde verilerinin normal dağılım gösterip göstermediğini tespit edebilmek için, tüm veri setine "Chi-Square" ve "Kolmogrov-Smirnov" testleri uygulanmıştır. Yapılan her iki normalite test sonuçlarına göre PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> partikül madde konsantrasyon verilerinin normal bir dağılım göstermediği gözlenmiştir. Ölçümler çevresel unsurlara göre farklılık gösterdiğinden ötürü, verilerin normal dağılım göstermemesi beklenen bir durumdur.

PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> konsantrasyonları için; oturma ve bebek odası ile iç ortam ortalama değerleri arasında farklılık olup olmadığının incelenmesi için ANOVA testi uygulanmıştır. Tukey testi sonucuna göre; oturma odaları ve iç ortam ortalama konsantrasyonlarında II. ve IV. dönemlerde gerçekleştirilen PM<sub>10</sub> konsantrasyon ölçümleri dönemsel olarak farklılık göstermiştir ( $p < 0.005$ ). Tüm örnekleme dönemleri için ortak evlerde gerçekleştirilen PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> partikül madde ölçüm çalışmaları oturma, bebek odası ve iç ortam konsantrasyonları için Çizelge 4-2, Çizelge 4-3 ve Çizelge 4-4'te sunulmuştur. Yapılan analizler sonucunda; II. ve IV. örnekleme dönemlerinde, oturma odası ve iç ortam ortalamaları PM<sub>10</sub> konsantrasyon seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiş olup, bu değerlerin dönemler arası değişimi Şekil 4.2'de verilmiştir. Şekilden; oturma odalarında PM<sub>10</sub> seviyeleri 49-104 µg/m<sup>3</sup> aralığında değişkenlik gösterdiği gözlenebilmektedir. Çizelge 4-2'ye göre en yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyonu II. dönem



oturma odasında ( $129.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ve en düşük  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonu ise IV. dönemde bebek odasında gözlenmiştir. Sonbahar/kış dönemi içerisinde olan II. dönemde,  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyon değerinin yüksek gözlenmesi; soğuk mevsimlerde evlerde yeterli havalandırma yapılmaması ve iç ortam insan aktiviteleri ile mutfak faaliyetlerinin ortamda partikül madde konsantrasyonuna katkı sağlaması olarak tahmin edilmektedir.

Çizelge 4-3'e göre en düşük  $\text{PM}_{2.5}$  konsantrasyon değeri III. dönemde (ilkbahar/yaz) dış ortamda ve en düşük  $\text{PM}_1$  konsantrasyon değeri ise I. dönemde bebek odasında tespit edilmiştir (karşılaştırmada iç ortam ortalama değerleri dikkate alınmamıştır). Bazı iç ve dış ortam konsantrasyonlarının ölçüldüğü çalışmalarda benzer bulgulara ulaşılmıştır. Güllü ve Menteşe [57], yaz ve kış dönemlerinde farklı türdeki iç ortamlarda ince partikül madde konsantrasyonları mevsimsel değişimlerini çalışmış olup, çalışma sonucunda yaz ayında evlerde ve ilkokulda gerçekleştirilen dış ortam  $\text{PM}_{2.5}$  konsantrasyonlarını salon, mutfak ve sınıf ortamları gibi iç ortamlarda yapılan ölçümlere oranla daha düşük bulmuştur. İlkbahar/yaz dönemi olan III. dönem  $\text{PM}_{2.5}$  konsantrasyonlarının sonbahar/yaz dönemi olan IV. dönem konsantrasyonlarından düşük tespit edilmesi bu çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4-2 Tüm dönemlerde ortak evlerin iç ve dış ortamlarında gerçekleştirilen PM<sub>10</sub> verileri istatistik sonuçları (µg/m<sup>3</sup>)

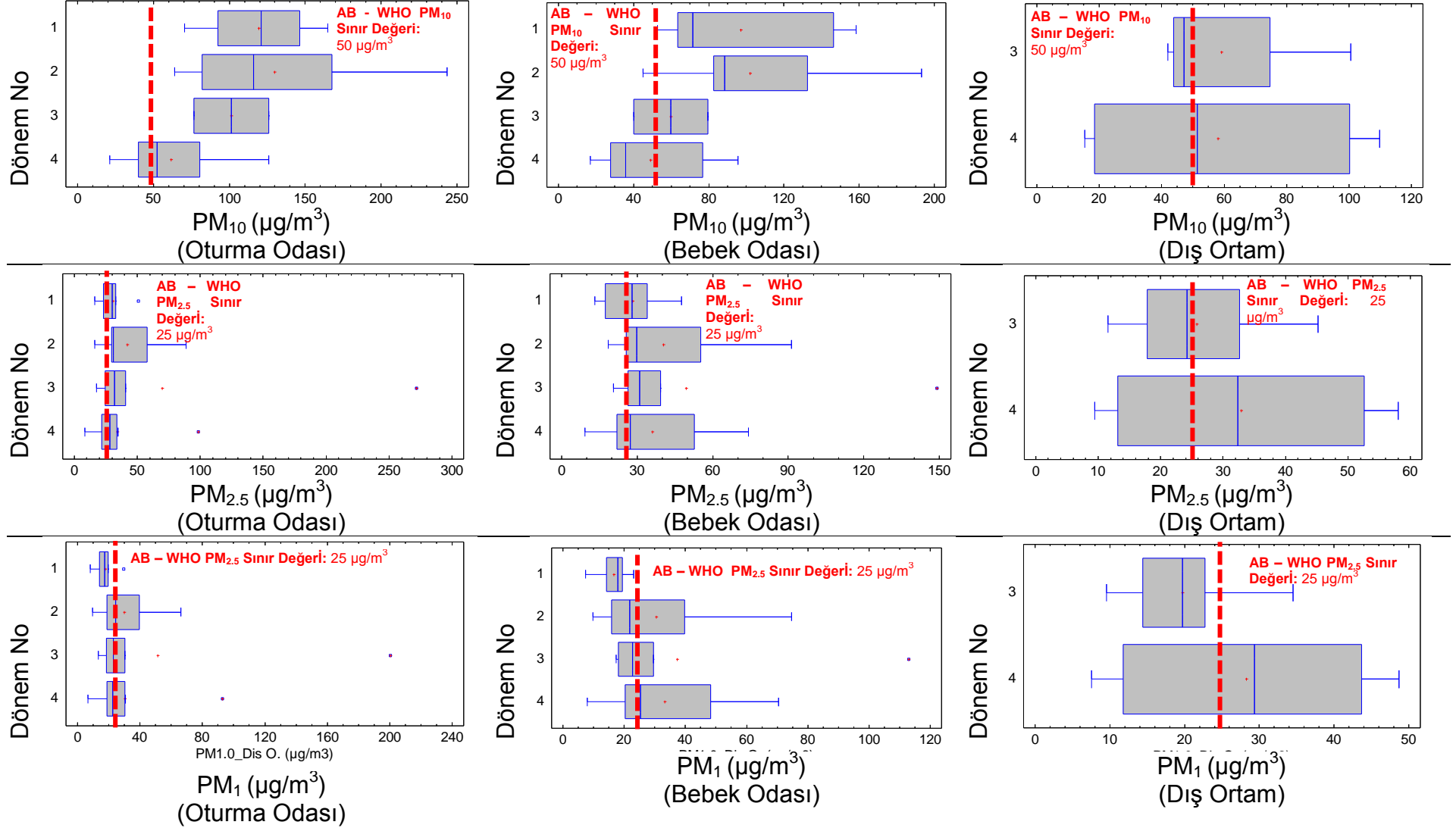
Ortam	Dönem	N	Ortalama	Medyan	Geometrik Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Aralık	FARKLILIK (ANOVA Testi Değerleri)
Oturma Odası	I.	6	119.2	120.8	114.6	35.0	70.4	164.7	94.3	P-değeri: 0.0380 F-Oranı: 3.43 Dönem 2 -4 Tukey Testi'ne göre istatistiksel olarak farklıdır. Fark: 67.9
	II.*	7	129.7	115.9	119.0	60.2	63.9	243.5	179.6	
	III.	2	101.3	101.3	98.2	34.9	76.6	126.0	49.4	
	IV.*	8	61.7	52.5	54.0	33.8	21.2	126.1	104.9	
Bebek Odası	I.	7	96.9	71.5	88.9	43.7	52.6	158.5	105.9	P-değeri: 0.0612 F-Oranı: 2.88
	II.	7	102ç0	88.3	93.5	47.5	45.0	193.2	148.2	
	III.	2	59.8	59.8	56.5	27.9	40.1	79.5	39.4	
	IV.	8	49.1	35.9	41.7	29.7	16.9	95.4	78.5	
İç Ortam Ort.	I.	8	103.7	96.9	98.7	34.5	61.5	161.6	100.1	P-değeri: 0.0126 F-Oranı: 4.50 Dönem 2 -4 Tukey Testi'ne göre istatistiksel olarak farklıdır. Fark: 71.7
	II.*	8	127.2	104.4	116.2	58.6	63.5	218.4	154.9	
	III.	3	72.0	58.3	69.1	26.6	55.1	102.7	47.6	
	IV.*	8	55.4	51.6	49.2	27.1	19.1	96.7	77.6	
Dış Ortam	III.	4	59.2	47.2	55.3	27.7	41.9	100.6	58.7	P-değeri: 0.9619
	IV.	8	58.1	51.4	44.2	40.5	15.3	109.8	94.5	F-Oranı: 0.00

Çizelge 4-3 Tüm dönemlerde ortak evlerin iç ve dış ortamlarında gerçekleştirilen PM<sub>2.5</sub> verileri istatistik sonuçları (µg/m<sup>3</sup>)

Ortam	Dönem	N	Ortalama	Medyan	Geometrik Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Aralık	FARKLILIK (ANOVA Testi Değerleri)
Oturma Odası	I.	6	30.6	30.2	28.8	11.7	16.1	50.8	34.7	P-değeri: 0.5259 F-Oranı: 0.76
	II.	7	42.3	31.1	37.2	24.2	16.4	88.9	72.5	
	III.	6	69.8	32.1	41.2	99.3	17.5	271.8	254.3	
	IV.	8	34.3	28.2	27.8	27.2	8.5	98.3	89.8	
Bebek Odası	I.	7	28.2	28.0	26.1	11.6	13.2	47.6	34.4	P-değeri: 0.6072 F-Oranı: 0.62
	II.	7	40.6	29.8	35.4	25.3	18.5	91.3	72.8	
	III.	6	49.6	31.1	38.1	49.1	20.5	149.0	128.5	
	IV.	8	36.0	27.3	30.2	21.7	9.4	74.1	64.7	
İç Ortam Ort.	I.	8	27.9	28.5	26.0	11.1	13.2	49.2	36.0	P-değeri: 0.2040 F-Oranı: 1.63
	II.	8	39.8	29.2	35.2	23.3	17.4	90.1	72.7	
	III.	8	75.5	31.6	46.0	87.9	21.5	224.5	203.0	
	IV.	8	35.1	30.5	30.1	19.9	8.9	74.1	65.2	
Dış Ortam	III.	8	25.8	24.2	23.7	11.0	11.6	45.2	33.6	P-değeri: 0.3887
	IV.	8	33.0	32.4	26.7	20.0	9.4	58.0	48.6	F-Oranı: 0.79

Çizelge 4-4 Tüm dönemlerde ortak evlerin iç ve dış ortamlarında gerçekleştirilen PM<sub>1</sub> verileri istatistik sonuçları (µg/m<sup>3</sup>)

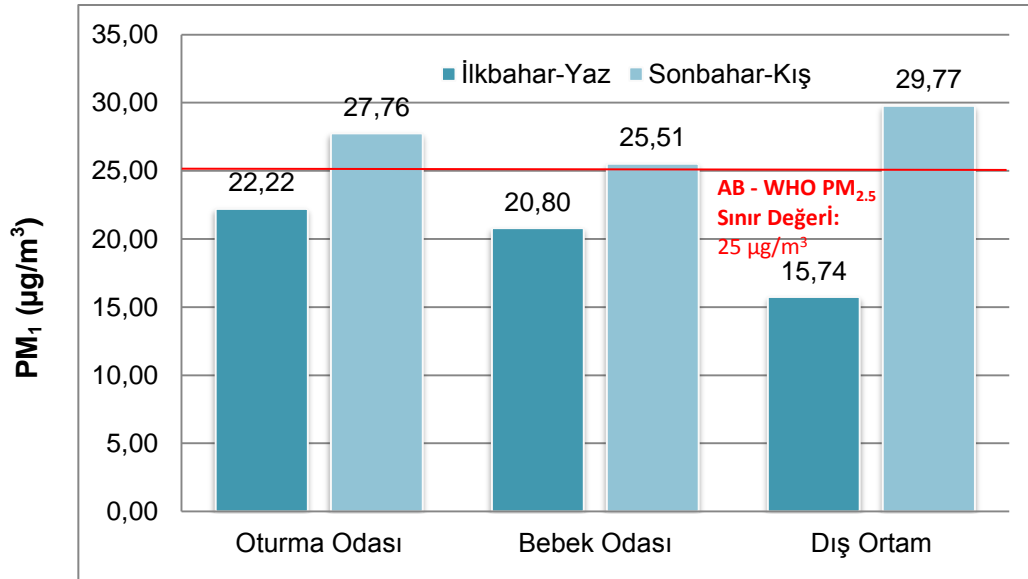
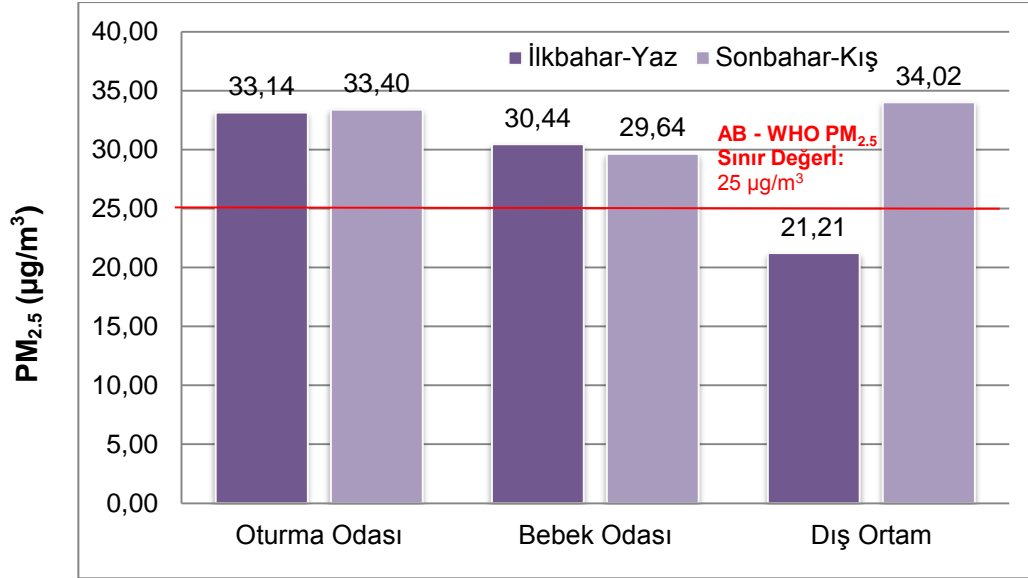
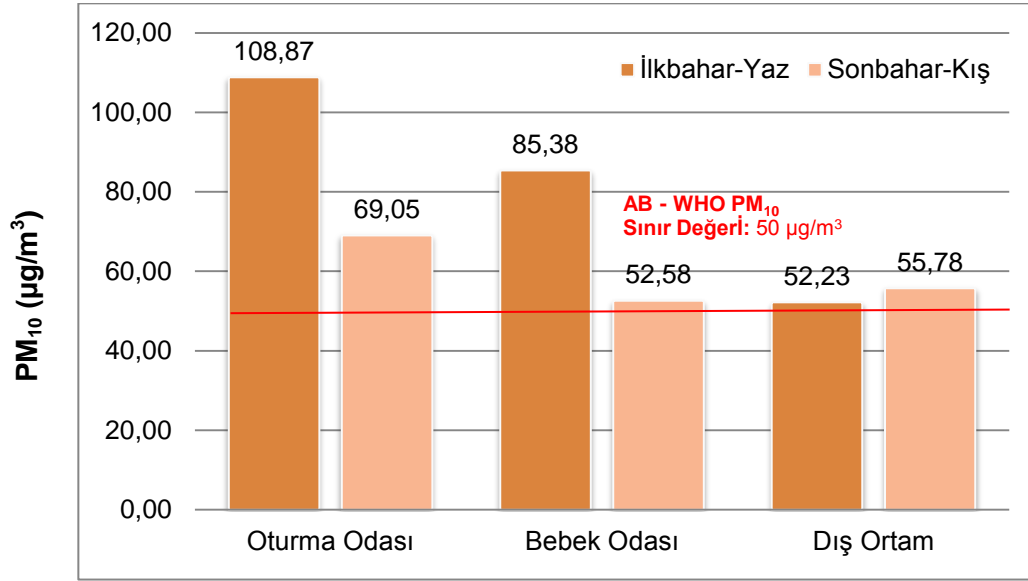
Ortam	Dönem	N	Ortalama	Medyan	Geometrik Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Aralık	FARKLILIK (ANOVA Testi Değerleri)
Oturma Odası	I.	6	17.8	17.5	16.6	7.1	8.3	29.6	21.3	P-değeri: 0.5105 F-Oranı: 0.79
	II.	7	30.2	24.5	25.9	18,5	9.8	66.3	56.5	
	III.	6	51.4	22.9	30.4	73.2	13.3	200.3	187.0	
	IV.	8	30.5	22.7	24.0	26.3	6.9	92.9	86.0	
Bebek Odası	I.	6	16.8	18.1	15.8	5.4	7.5	23.1	15.6	P-değeri:0.47 F-Oranı: 0.87
	II.	7	30.5	21.8	25.3	21.7	9.9	74.7	64.8	
	III.	6	37.3	22.8	28.6	37.4	17.5	113.0	95.5	
	IV.	8	33.3	25.4	27.7	20.5	8.0	70.5	62.5	
İç Ortam Ort.	I.	8	15.7	17.3	13.8	7.1	4.2	26.4	22.2	P-değeri: 0.1671 F-Oranı: 1.82
	II.	8	28.2	22.2	23.5	19.6	9.9	70.5	60.6	
	III.	8	54.6	22.9	34.2	62.0	15.7	156.6	140.9	
	IV.	8	31.9	27.9	27.0	18.8	7.5	70.0	62.5	
Dış Ortam	III.	8	19.8	19.8	18.5	7.7	9.6	34.5	24.9	P-değeri: 0.2079 F-Oranı: 1.74
	IV.	8	28.3	29.4	23,1	16.5	7.6	48.7	41.1	



Şekil 4.2 İç ortam ve dış ortalam için tüm dönemlere ait PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Box & Dağılım Grafikleri

## 4.2 Tüm rneklerle İliŖkin Mevsimsel Bazda PM Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Proje kapsamında gerekleŖtirilen örneklemelerden 1. ve 3. rneklemeler dönemi ilkbahar/yaz dönemine, 2. ve 4. rneklemeler dönemi ise sonbahar/kıŖ dönemine denk gelmektedir. Bu kapsamda i ve dıŖ ortam partikül madde konsantrasyonları mevsimsel dönem bazında incelenmiŖ olup, PM<sub>10</sub> konsantrasyon seviyeleri incelendiğinde en yüksek konsantrasyon seviyesine ilkbahar/yaz döneminde iç ortamda oturma odasında, dıŖ ortamda ise sonbahar/kıŖ döneminde rastlanmıŖtır. Ayrıca i ve dıŖ ortamda tespit edilen kaba partiküller her iki mevsimsel dönemde de AB ve WHO dıŖ ortam PM<sub>10</sub> sınır değeri olan 50 µg/m<sup>3</sup>' aŖmaktadır. PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyeleri ise iç ortamda her iki mevsimsel dönemde birbirine yakın değerler gstermiŖ olup, belirgin bir fark gzlenememiŖtir. DıŖ ortamda ise en yüksek PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonu sonbahar/kıŖ döneminde gzlenmiŖtir. Buna karŖın PM<sub>1</sub> konsantrasyon seviyeleri incelendiğinde, Ŗekil 4.3'den de görülebileceği gibi, kıŖ döneminde hem i hem de dıŖ ortamda gözlenen ince toz konsantrasyonları (PM<sub>1</sub>) yaz döneminde kıyasla genel olarak belirgin bir Ŗekilde daha yüksek gzlenmiŖtir. PM<sub>1</sub> konsantrasyon seviyelerinde en yüksek değer sonbahar/kıŖ döneminde dıŖ ortamda gzlenmiŖtir. DıŖ ortam değeri iç ortam konsantrasyonlarından yüksek olup, İ/D oranları 1'den küçüktür. Bu durum, kıŖ dönemi için bu ortamdaki PM<sub>1</sub> kaynağının dıŖ ortam olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.3 Tüm örneklerin değerlendirilmesine ilişkin mevsimsel bazda PM konsantrasyon seviyelerinin grafiksel gösterimi

### 4.3 Referans Deneylere Ait Sonuçlar

Tez çalışması kapsamında, gerçekleştirilen referans deney çalışmasında ev içerisinde mutfak faaliyetleri (ocak kullanımı), mum kullanımı, farklı kalınlıkta sigara tüketimi, deodorant kullanımı vb. faktörlerin PM boyut dağılımı ve konsantrasyonuna etkileride değerlendirilmiştir. Ayrıca, farklı tip sigara tüketimi deneylerinde, ince ve klasik tip sigaraların açığa çıkardığı ortalama partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyon miktarlarını karşılaştırma fırsatı bulunmuştur.

İnce PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren yüzde oranları Çizelge 4-5'de verilmiştir.

**Çizelge 4-5 Referans Deneyler - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Yüzde Değerleri**

Referans Deneyler	0.25 $\mu\text{m}$	0.28 $\mu\text{m}$	0.30 $\mu\text{m}$	0.35 $\mu\text{m}$	0.40 $\mu\text{m}$	0.45 $\mu\text{m}$	0.50 $\mu\text{m}$	PM <sub>10</sub> Kütle Konsantrasyonu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
A Sigarası (İnce Tip)	22.26	18.18	22.06	17.88	10.86	4.22	2.80	100
B Sigarası (Klasik Tip)	14.43	13.35	21.14	20.21	13.77	7.53	4.91	202
Deodorant Kullanımı	21.89	15.03	15.98	13.31	8.47	4.55	4.06	545
Mum Yakımı	37.41	22.74	21.40	15.44	10.19	4.35	4.24	32
Sigara ve Mum	10.94	8.12	8.18	5.98	3.71	1.33	0.98	128
Yemek Yapımı	29.24	20.52	19.35	13.87	7.97	3.28	2.89	61

Yapılan referans deneylerde elde edilen sonuçlar aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur.

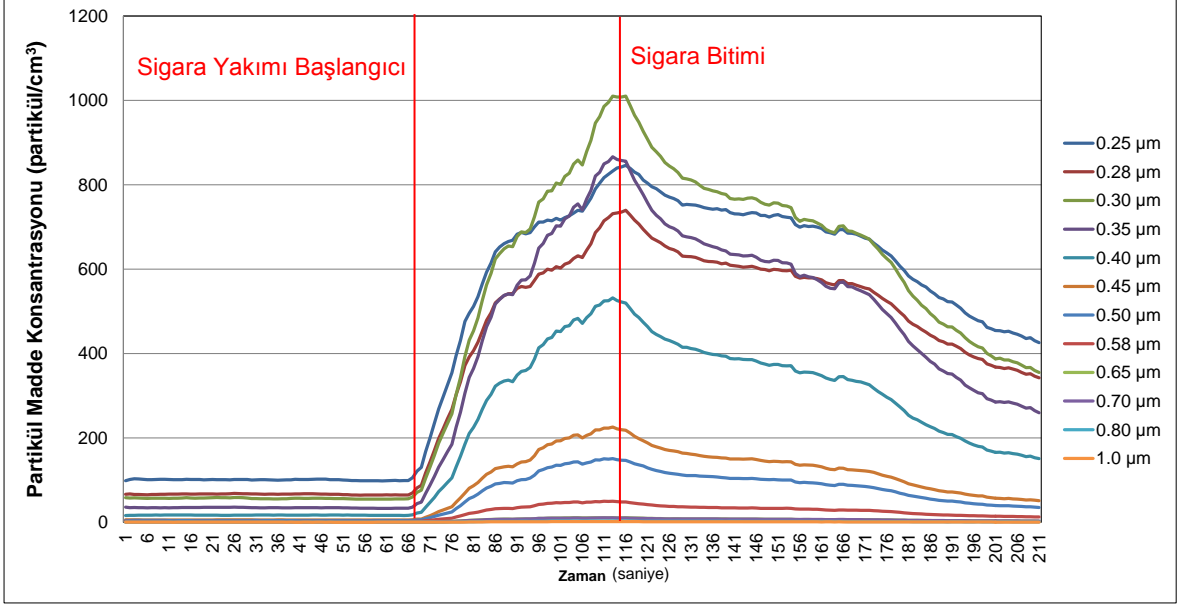
#### 4.3.1 Sigara Kullanımı

Önceden havalandırılmış ortamda, farklı zifir, nikotin ve karbon monoksit miktarlarına sahip iki farklı tip sigara kullanımı için PM ortalama parçacık boyutu ve konsantrasyonları incelenmiştir. Referans deney iki farklı tip sigara ile gerçekleştirilmiştir. A sigarasının zifir miktarı 1 mg, nikotin miktarı 0.1 mg ve karbon monoksit (CO) miktarı ise 1 mg'dır (ince tip). B sigarasının ise zifir miktarı 10 mg, nikotin miktarı 0.9 mg ve CO miktarı ise 10 mg'dır (kalın tip).



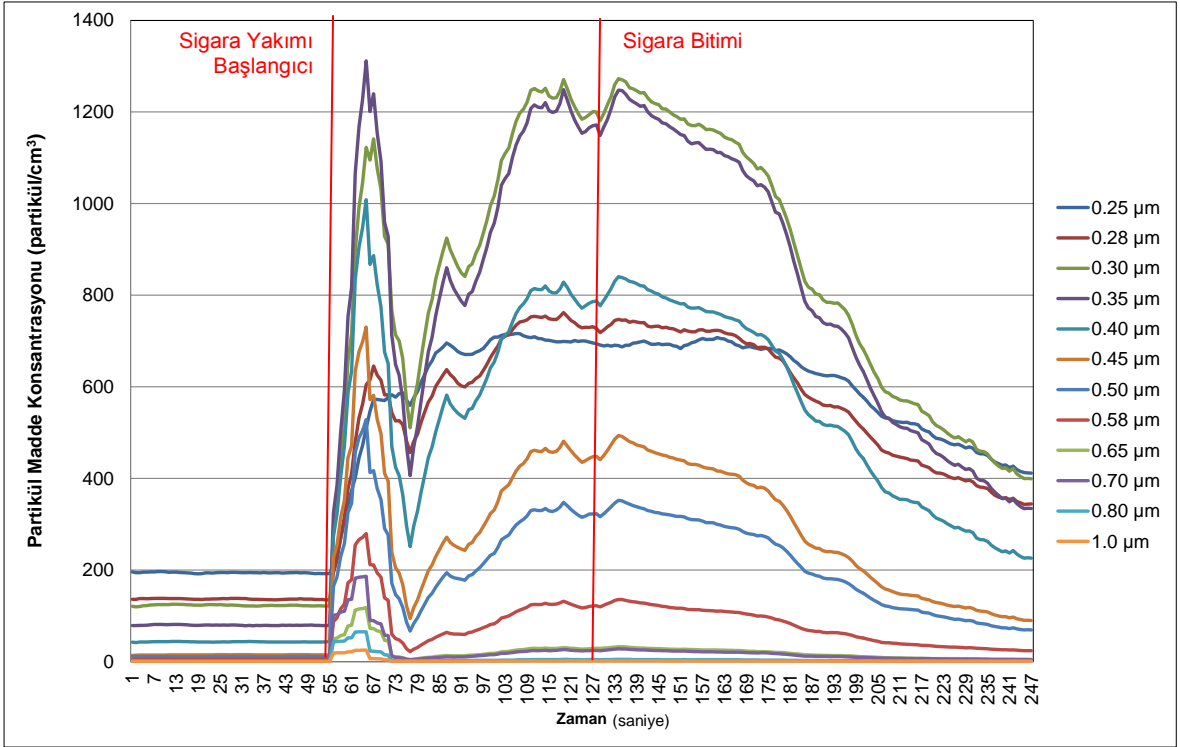
Yapılan ölçümler sonucunda halk arasında ince sigara olarak adlandırılan A sigarasının yanması sonucu sırasıyla 0.25  $\mu\text{m}$ , 0.30  $\mu\text{m}$  ve 0.28  $\mu\text{m}$  aerodinamik çapa sahip partiküller daha yüksek tespit edilmiştir. Ortamda sigara yakımına başlanması ile birlikte PM konsantrasyon miktarında ciddi artış gözlenmiş olup, sigaranın söndürülmesi ile birlikte bu miktar zamanla azalmıştır. Ayrıca, sigaranın söndürülmesinden sonra da ortamdaki PM konsantrasyonunun önceki iç ortam hava koşuluna göre yüksek olduğu gözlenmiştir. A sigarası yakımı referans deneyi öncesi, ortamda mevcut partikül madde konsantrasyonu 0.25  $\mu\text{m}$  aerodinamik çapa sahip ortalama partikül madde konsantrasyonu için, 100 partikül/ $\text{cm}^3$ , 0.28  $\mu\text{m}$  için 66 partikül/ $\text{cm}^3$ , 0.30  $\mu\text{m}$  için 56 partikül/ $\text{cm}^3$  ve 0.35  $\mu\text{m}$  için 34 partikül/ $\text{cm}^3$  olarak tespit edilmiştir.

A ve B tipi sigara yakımı deneylerinde, aerodinamik çapına göre tespit edilmiş PM'in, deney süresince açığa çıkan tüm parçacık miktarına oranları tespit edilmiş olup, PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren yüzde oranları Çizelge 4-5'de verilmiştir. A sigarasının yanması esnasında ortaya çıkan partiküllerin %22.26'sı 0.25  $\mu\text{m}$  ve %22.06'sı 0.30  $\mu\text{m}$  çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Deney sırasında anlık en yüksek PM konsantrasyonu 0.30  $\mu\text{m}$  aerodinamik çapa sahip partikül maddelerde gözlenmiştir. B sigarasının yanması esnasında ortaya çıkan partiküllerin % 21.14'ü 0.30  $\mu\text{m}$  ve % 20.21'i 0.35  $\mu\text{m}$  çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır (Çizelge 4-5). A sigarası deneyinde gözlemlendiği gibi B sigarasında da ortamda sigara yakımına başlanması ile birlikte PM konsantrasyonunda ciddi artış, sigaranın söndürülmesi ile birlikte ortamdaki artmış olan PM konsantrasyonunda zamanla yavaş bir azalma gözlenmiştir (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).



\*Zaman (gün.ay.sene-saat:dakika:saniye)  
1: 20.12.2011 (23:23:00); 2: 20.12.2011 (22:23:06)

**Şekil 4.4 A Tipi Sigara - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları (partikül/cm<sup>3</sup>)**



\*Zaman(gün.ay.sene-saat:dakika:saniye)  
1: 20.12.2011 (22:33:00); 2: 20.12.2011 (22:33:06)

**Şekil 4.5 B Tipi Sigara - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları (partikül/cm<sup>3</sup>)**

Yapılan referans deneylerden bir adet sigaranın yaklaşık kaç gram partiküle eşit olduğunun bazı denkliklerin kullanılarak hesaplanmasının mümkün olduğu Bölüm 4.3'te bahsedilmişti. Esasta partikül madde sayı dağılımı (partikül/cm<sup>3</sup>) olarak ölçülen konsantrasyon seviyelerinin kütle konsantrasyonuna (µg/m<sup>3</sup>) dönüşümü Bölüm 3.4'te detaylı olarak verilen eşitlikler ile hesaplanmış olup, yapılan işlemler sonucu [104] B tipi sigara tüketimi esnasında ortamda bir sigaradan toplamda ortalama 0.047 gram partikül madde emisyonu olduğu hesaplanmıştır.

Türkiye'de Tütün Ekonomisi ve Tütün Ürünlerinin Vergilendirilmesi Raporu [106]'na göre; 2008 yılında yetişkin nüfus olarak 55 milyon kişi esas alındığında, yetişkinlerin üçte biri (17.3 milyon kişi) sigara içmektedir ve bunlardan 15.2 milyonu her gün sigara kullanmaktadır. Türkiye'de sigara kullanan yetişkinler günde ortalama 17 adet sigara tüketmektedirler. Bu bilgiler ışığında, Türkiye'de her gün sigara kullanan 15.2 milyon yetişkin kişi, günde ortalama 258.4 milyon ve yılda 94.3 milyar sigara tüketimi çıkarımı yapılabilmektedir. Bu durumda, Türkiye'de bir günde 12.14 ton, yılda ise ortalama 4,432.85 ton sigara kaynaklı partikül madde emisyonu oluşmaktadır. Günümüz dizel motorlu araçların emisyon düzenlemeleri; hafif hizmet, ağır hizmet yol araçları, ağır hizmet yol dışı araçlar olmak üzere farklı şekillerde kategorize edilmektedir. AB Euro dizel 5 ve üzeri hafif yolcu ve ticari araçlar için egzoz emisyon değerleri 0.005 gr/km'dir [107]. Dolayısıyla, bir otomobilin 1 km mesafe yol kat etmesinde oluşturduğu emisyonun 0.10 adet sigara tüketiminde oluşacak partikül emisyonuna eşdeğer olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4-6). Bir kişinin günde ortalama hafif hizmetli araç ile 20 km mesafe yol kat ettiği kabul edildiğinde ise, aracın bu mesafe süresince oluşturduğu partikül madde miktarının, ortalama 2 adet sigara tüketiminden kaynaklı toplam partikül miktarına denk geldiği hesaplanabilmektedir.

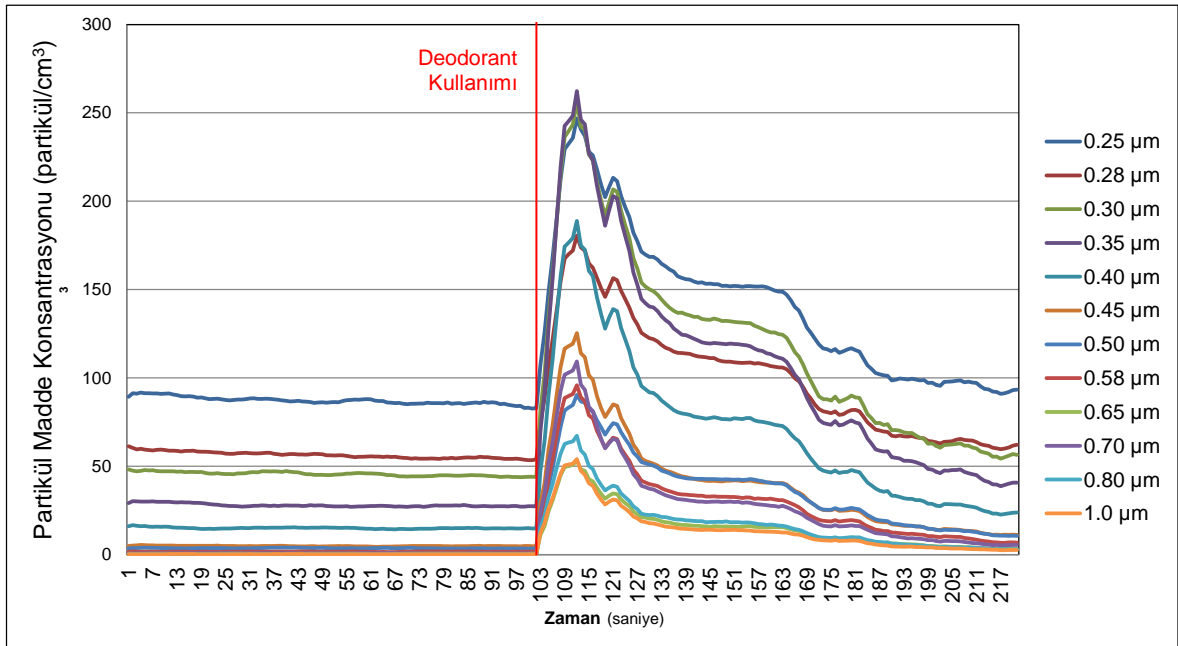
**Çizelge 4-6 Otomobil emisyon miktarının sigara tüketimi ile karşılaştırılması**

Koşul	Partikül Miktarı	Birim
Ortalama sigara emisyonu	0.047	gr/sigara
Türkiye'de sigara kullanan yetişkinlerin yılda ortalama tükettiği sigara sayısı	6,205	sigara/gün
Ortalama otomobil emisyonu	0.005	gr/km
Türkiye'de bir günde sigara kaynaklı partikül madde emisyonu	12.14	ton/gün
Türkiye'de yılda sigara kaynaklı partikül madde emisyonu	4,432.85	ton/yıl
1 km mesafede hafif hizmetli araçtan kaynaklı toplam PM ≈ 0.10 adet sigaradan kaynaklı toplam PM		

#### 4.3.2 Deodorant Kullanımı

Kapalı oda içerisinde deodorant kullanımı deneyinde, deodorant 70 cm yükseklikte masa üzerinde yer alan partikül madde ölçüm cihazından yaklaşık 1 metre mesafede, yerden 1.5 metre yükseklikte sıkılmıştır. Deodorant bir seferde 3-4 saniye süre ile kullanılmıştır. Sırasıyla 0.25 µm, 0.30 µm ve 0.28 µm aerodinamik çapa sahip partiküller daha yüksek tespit edilmiştir. Deodorant kullanımı esnasında, ince partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyonlarında büyük oranda anlık artış gözlenmiştir. Deodorant kullanımına bağlı, PM boyut dağılımı ve konsantrasyonlarındaki değişimi gösteren grafik

Şekil 4.6'da verilmiştir. Deney esnasında ortaya çıkan PM'nin %21.89'u 0.25 µm ve %15.98'i 0.30 µm çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Ayrıca deney sırasında en yüksek PM 0.35 µm aerodinamik çapa sahip PM'de gözlenmiştir ( Şekil 4.6). Deodorant kullanımı deneyine ait PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren yüzde oranları Çizelge 4-5'de verilmiştir.



\*Zaman(gün.ay.sene-saat:dakika:saniye)

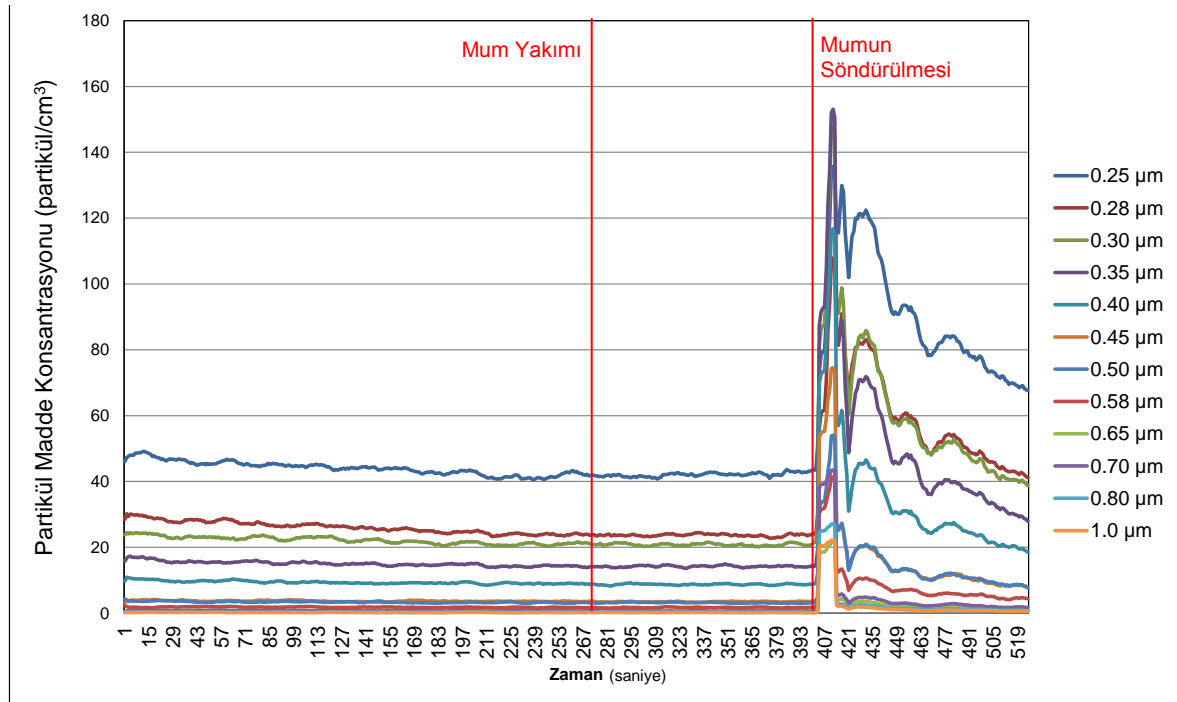
1: 18.12.2011 (22:37:00); 2: 18.12.2011 (22:37:06)

Şekil 4.6 Deodorant Kullanımı - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları (partikül/cm<sup>3</sup>)

### 4.3.3 Mum Yakımı

Kapalı oda içerisinde mum yakımı deneyi esnasında sırasıyla 0.25  $\mu\text{m}$ , 0.28  $\mu\text{m}$  ve 0.30  $\mu\text{m}$  aerodinamik çapa sahip partiküller daha yüksek tespit edilmiştir.

Mumun yakılma öncesinde ortamda bulunan ortalama PM konsantrasyonu 127 partikül/ $\text{cm}^3$ tür (tüm aerodinamik çapa sahip partiküller). Deney esnasında, mum yaklaşık 25 dakika süre ile yanmıştır. Mumun yakılmasından sonra geçen süre boyunca, ortamda ince ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik gözlenmemiş olup, mumun söndürülmesinden itibaren ortamda PM fraksiyonlarında büyük miktarda artış gözlenmiştir. Mum yakımı deneyine ait PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren grafik Şekil 4.7'de verilmiştir. Mum yakımı deneyi esnasında ortaya çıkan partiküllerin %37.41'i 0.25  $\mu\text{m}$  ve %22.74'ü 0.28  $\mu\text{m}$  çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Ayrıca, deney sırasında en yüksek PM 0.35  $\mu\text{m}$  aerodinamik çapa sahip partiküllerde gözlenmiştir (Şekil 4.7). Deneye ait PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren yüzde oranları ise Çizelge 4-5'de verilmiştir.



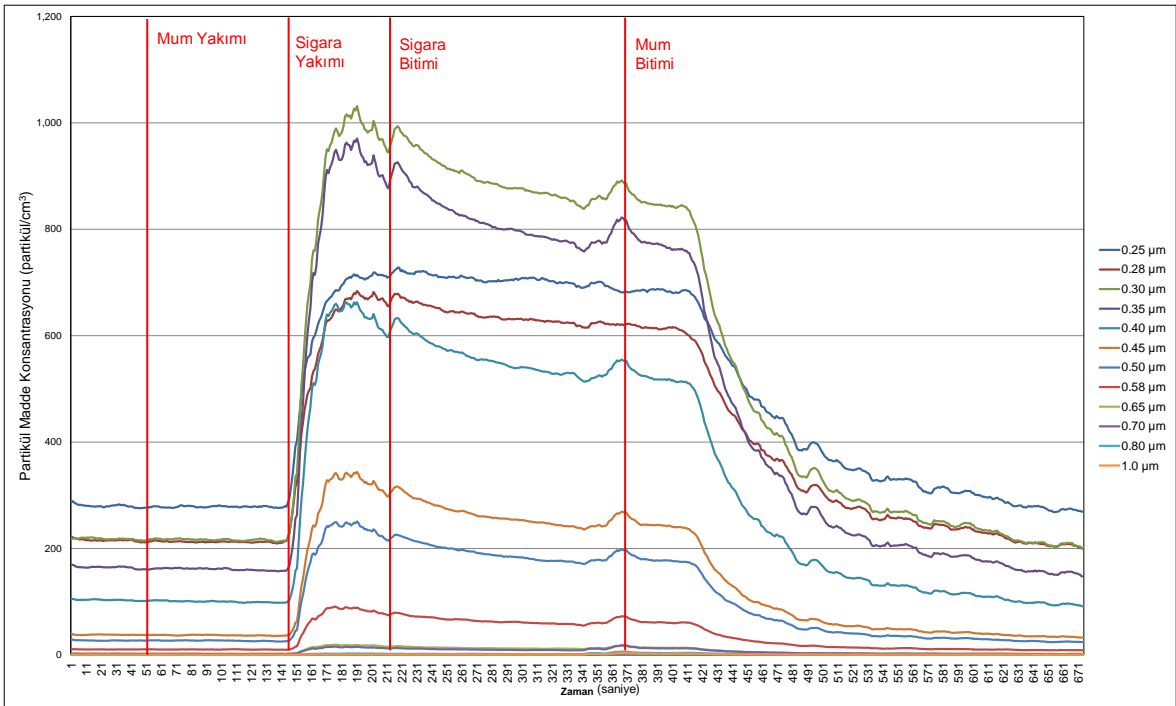
\*Zaman(gün.ay.sene-saat:dakika:saniye)

1: 17.12.2011 (22:16:00); 2: 17.12.2011 (22:16:06)

Şekil 4.7 Mum Yakımı - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları (partikül/ $\text{cm}^3$ )

#### 4.3.4 Sigara ve Mum Beraber Yakımı

Söz konusu deneyde mum yakılan ortamda sigara yakılmış ve partikül çap değişimi konsantrasyonu incelenmiştir. Deney öncesi ortam mevcut partikül madde konsantrasyonu ortalama 1,055 partikül/cm<sup>3</sup>'tür (tüm aerodinamik çapa sahip partiküller). Deneyde, mum yakılması durumunda PM ince ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik gözlenmiştir. Sigara yakımının başlanmasında ise ortamda ince fraksiyonlara sahip partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyon miktarlarında hızlı bir artış gözlenmiştir. Sigara ve mum yakımı deneyine ait PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren grafik Şekil 4.8'de verilmiştir. Deney esnasında ortaya çıkan partiküllerin %10.9'u 0.25 µm ve %8.18'i 0.30 µm çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Ayrıca, deney sırasında en yüksek PM miktarı 0.30 µm ve 0.35 µm aerodinamik çapa sahip partikül maddelerde gözlenmiştir (Şekil 4.8). Sigara ve mum yakımı deneyine ait PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren yüzde oranları ise Çizelge 4-5'de verilmiştir.



\*Zaman(gün.ay.sene-saat:dakika:saniye)

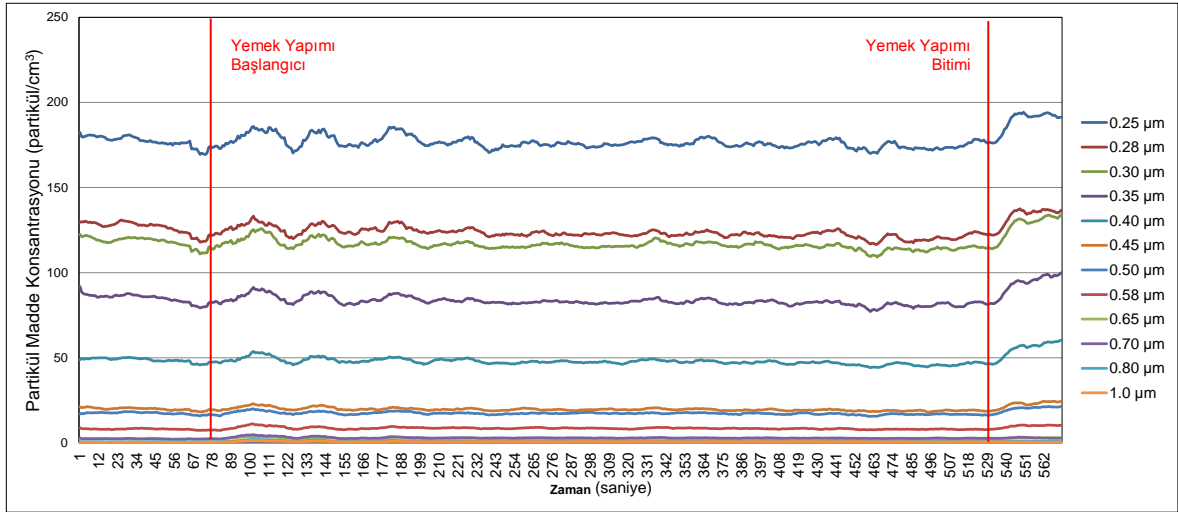
1: 21.12.2011 (00:13:00); 2: 21.12.2011 (00:13:06)

Şekil 4.8 Sigara ve Mum Yakımı - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları (partikül/cm<sup>3</sup>)

#### 4.3.5 Yemek Yapımı

Yemek yapımı deneyi öncesi, ortam mevcut partikül madde konsantrasyonu ortalama 610 partikül/cm<sup>3</sup>'tür (tüm aerodinamik çapa sahip partiküller). Deneyde, PM fraksiyonları değişimlerinde önemli miktarda artış gözlenmiş olup, ortamda bulunan en yüksek PM miktarları 0.25 µm, 0.28 µm ve 0.30 µm partikül çaplarında gözlenmiştir. Deneyde, ocak üzerinde sıvı yağ ısıtımı/kullanımı ve buhar oluşumunu gerektiren yemeklerin yapılması (pirinç pilavı ve mercimek çorbası) tercih edilmiş olup, ince ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik gözlenmiştir. Yemek yapımı esnasında PM boyut dağılımı ve konsantrasyon değişimi Şekil 4.9'da verilmiştir.

Analiz edilen ortalama partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyonlarının %29.24'ü 0.25 µm, %20.52'si 0.28 µm çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Ayrıca, deney sırasında en yüksek PM boyut dağılımı ve konsantrasyon miktarı sırasıyla 0.25 µm ve 0.28 µm aerodinamik çapa sahip partikül maddelerde gözlenmiştir (Şekil 4.9). Yemek yapımı deneyine ait ortalama PM boyut dağılımı ve konsantrasyonlarını gösteren yüzde oranları Çizelge 4-5'de verilmiştir.



\*Zaman(gün.ay.sene-saat:dakika:saniye)

1: 16.12.2011 (19:55:00); 2: 16.12.2011 (19:55:06)

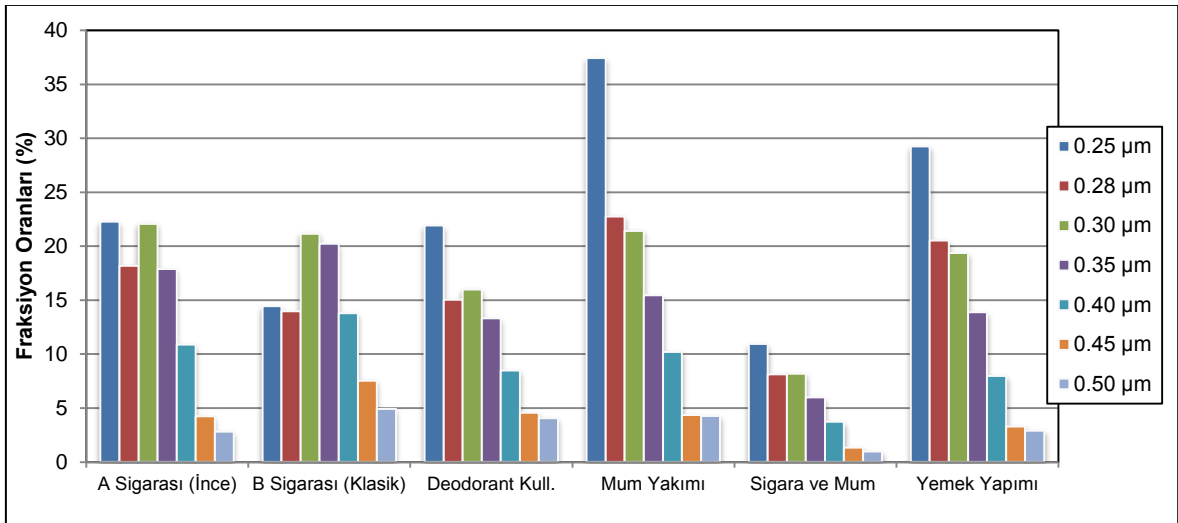
**Şekil 4.9 Yemek Yapımı - PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları (partikül/cm<sup>3</sup>)**

#### 4.3.6 Referans Deney Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi

Referans deneylere ilişkin genel değerlendirme yapılırken, her bir referans deney esnasında 0.25-32  $\mu\text{m}$  arasındaki PM boyutları için tespit edilen konsantrasyonların toplam oluşan partikül madde konsantrasyonlarına göre yüzdelik oranları tespit edilmiştir. Değerlendirmeler sonucu partikül madde boyut yoğunluklarında 0.5  $\mu\text{m}$ 'den sonra ciddi anlamda azalma tespit edilmiş olup, partikül madde boyut dağılımı ve fraksiyon oranları grafiksel gösteriminde, değerler 0.5  $\mu\text{m}$ 'ye kadar verilmiştir.

Aerodinamik çapı 0.25  $\mu\text{m}$ , 0.28  $\mu\text{m}$  ve 0.30  $\mu\text{m}$  olan PM ortalama konsantrasyonu A tipi sigara olarak adlandırılan ince sigara tüketiminde, B tipi olarak adlandırılan klasik sigara tüketimine göre yüksek gözlenmiştir. Aerodinamik çapı 0.35  $\mu\text{m}$ , 0.40  $\mu\text{m}$ , 0.45  $\mu\text{m}$  ve 0.50  $\mu\text{m}$  olan PM ortalama konsantrasyonlarında ise klasik tip sigara, ince tip sigaraya oranla daha yüksek PM boyut dağılımı ve konsantrasyonuna sahiptir. Deneyler arasında, analiz edilen en yüksek ortalama PM boyut dağılımı ve konsantrasyon miktarları, mum yakımı deneyinde %37.41'lik oranla 0.25  $\mu\text{m}$  ve %22.74'lük oranla 0.28  $\mu\text{m}$  çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır.

Referans deney çalışması sonucundan da anlaşılacağı üzere, ev içerisinde sigara tüketimi, mum yakımı gibi faaliyetlerden ultra ince partikül maddelerin baskın olarak açığa çıktığı gözlenmiştir. Referans deneylere ait ortalama PM boyut aralığı fraksiyon oran grafiği Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10 Referans Deneyler - PM Boyut Dağılımı ve Fraksiyon Oranları



#### 4.4 Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonlarına Ait PM Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Hava kirliliğinin doğru bir şekilde ölçülmesi, tüm illerimizde hava kirliliği politikaları oluşturulması ve bu politikalar çerçevesinde illerin hava kalitesinin bir önceki yılın değerlerinden daha iyi durumlara getirilebilmesi amacıyla, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2005-2007 yılları arasında 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur. Bakanlık tarafından kurulan bu istasyonlara ek olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait 10 adet, İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne ait 6 adet, Sağlık Bakanlığı Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı tarafından Ankara'da kurulan 8 adet ve Kocaeli Dilovası Organize Sanayi Bölgesi'ne ait 1 adet hava kalitesi ölçüm istasyonu da sisteme entegre edilmiş olup, Türkiye genelinde Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı oluşturulmuştur. Ankara'da bulunan hava kalitesi ölçüm istasyonları Bahçelievler, Cebeci, Demetevler, Dikmen, Kayaş, Keçiören, Sıhhiye ve Sincan semtlerinde yer almaktadır. Bu istasyonlarda PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> ve meteorolojik parametrelerin kayıtları sağlanabilmektedir.

Tez çalışması kapsamında, örnekleme yapılan evlerin T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından en yakın istasyonların günün sabah 9:00 ve akşam 18:00 saatleri arasındaki ortalama PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonları hesaplanmıştır.

Çalışmada öncelikle istasyon verilerinin normal dağılım gösterip göstermediğini tespit edebilmek için, tüm veri setine "Chi-Square" ve "Kolmogrov-Smirnov" testleri uygulanmıştır. Yapılan her iki normalite test sonuçlarına göre PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> partikül madde konsantrasyon verilerinin normal bir dağılım göstermediği gözlenmiştir.

Yapılan çalışma sonucu evlere en yakın istasyonlardan alınan PM kayıtlarına göre; PM<sub>10</sub> seviyelerinin 12 µg/m<sup>3</sup> ile 566 µg/m<sup>3</sup> arasında değişkenlik gösterdiği ve ortalama konsantrasyon değerinin 86.3±82.78 µg/m<sup>3</sup> olduğu, PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyelerinin ise 0.09 µg/m<sup>3</sup> ile 153.0 µg/m<sup>3</sup> arasında değiştiği ve ortalama konsantrasyon seviyesinin 35.29 µg/m<sup>3</sup> olduğu tespit edilmiştir. En yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyon değeri 12 Haziran 2012 tarihinde Keçiören Hava Kalitesi istasyonunda ve en yüksek PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon değeri ise 14 Ocak 2014 tarihinde Demetevler Hava Kalitesi istasyonunda kaydedilmiştir.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda ayrıca, evlere en yakın hava kalitesi istasyonlarından sağlanan  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyonları ile evlerin dış ortamlarında kaydedilen PM konsantrasyonları arasında herhangi bir ilişkinin olup olmadığı korelasyon analizi ile incelenmiştir. Aralarında %95 güven aralığına göre istasyon  $PM_{10}$  ve dış ortam  $PM_{10}$  ( $r=0.31$ ) ile istasyon  $PM_{2.5}$  ve dış ortam  $PM_{2.5}$  ( $r=0.64$ ) parametrelerinin birbirleri ile korele olduğu tespit edilmiştir. Buna göre tez çalışması kapsamında evlerin dış ortamında llen  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyonları, evlerin yakınında bulunan hava kalitesi izleme istasyonlarından sağlanan  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyonları ile benzerlik göstermiş olup, örnekleme sırasında gerçekleştirilen dış ortam PM lmlerinin nispeten temsil edici nitelikte olduğu gözlenmiştir.

#### **4.5 Örneklem Döneminde Ankara ilinin Genel Partikül Madde Konsantrasyon Profili**

Proje kapsamında dönemlere ait ölçümler 20.04.2011 – 26.01.2014 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu başlık altında, örneklem dönemleri süresince Ankara'nın genel partikül madde seviyesi profili, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde Ankara'da 8 adet hava kalitesi ölçüm istasyonlarından PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> kayıtları kullanılarak tespit edilmiştir.

İstasyonlara ait PM verileri incelenmeden önce, verilerin doluluk oranları ve güvenilirliğine bakılmış olup, aykırı değerler veri setinden çıkarılmış ve PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> oranları 1'den büyük değerler için PM<sub>2.5</sub> değerleri çıkarılarak veri seti daha güvenilir bir şekilde düzenlenmiştir. Demetevler'de bulunan Hava Kalitesi istasyonuna ait PM verilerinin dağılımları incelendiğinde PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> istasyonları arasında kabul edilebilir bir korelasyon gözlenmemiş ve veri dağılımlarının dağınıklığından ötürü verilerin doğruluğundan şüphe duyulmuştur. Bu sebeple, Demetevler istasyonuna ait veriler istenilen kaliteyi sağlayamamış olup, dolayısıyla bu değerlendirmede incelenmemiştir.

Çalışmada öncelikle verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini tespit edebilmek için, tüm istasyonlara ait veri setine Goodness of Fit dağılım uygunluk testi yapılmıştır. Test sonuçlarına göre veri setlerinin log normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.

PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonları ayrıca mevsimsel ve gece-gündüz farklılıkları bazda incelenmiş olup, istasyonlara ait PM konsantrasyonları Çizelge 4-7'de sunulmuştur.

İstasyonlara ait PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon verilerinin x-y grafiğinde karşılıklı olarak nasıl dağıldığı incelenmiştir. Çizelge 4-7'den de anlaşılacağı üzere en yüksek PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> seviyeleri korelasyon katsayısı Sıhhiye ve Sincan istasyonlarında, en düşük korelasyon katsayısı ise Dikmen istasyonu için tespit edilmiştir. Elde edilen R<sup>2</sup> sonuçlarına göre, istasyonlar arası PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon kayıtları arasında benzerlik olduğu söylenebilmektedir.

**Çizelge 4-7 Tüm örnekleme dönemi süresince 8 adet hava kalitesi ölçüm istasyonlarından elde edilen PM sonuçları,  $PM_{2.5}/PM_{10}$  Oranları ve  $PM_{2.5}$  ile  $PM_{10}$  korelasyon katsayıları ( $R^2$ )**

İstasyon Adı	PM Ort. $\pm$ Std. Sapma (Medyan) ( $\mu g/m^3$ )			$PM_{2.5}$ ile $PM_{10}$ Korelasyon Oranı ( $R^2$ )	Dağılım Şekli
	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}/PM_{10}$		
Bahçelievler	58 $\pm$ 53 (42)	23 $\pm$ 20 (18)	0.41 $\pm$ 0.21 (0.39)	0.62	Log-normal Dağılım
Cebeci	79 $\pm$ 78 (54)	31 $\pm$ 32 (22)	0.38 $\pm$ 0.22 (0.41)	0.61	Log-normal Dağılım
Dikmen	66 $\pm$ 60 (49)	27 $\pm$ 25 (20)	0.42 $\pm$ 0.24 (0.42)	0.48	Log-normal Dağılım
Kayaş	76 $\pm$ 78 (55)	32 $\pm$ 31 (22)	0.41 $\pm$ 0.19 (0.40)	0.64	Log-normal Dağılım
Keçiören	69 $\pm$ 68 (50)	27 $\pm$ 25 (20)	0.39 $\pm$ 0.18 (0.38)	0.66	Log-normal Dağılım
Sıhhiye	95 $\pm$ 76 (76)	38 $\pm$ 20 (30)	0.38 $\pm$ 0.18 (0.36)	0.72	Log-normal Dağılım
Sincan	61 $\pm$ 63 (41)	28 $\pm$ 26 (22)	0.42 $\pm$ 0.21 (0.40)	0.72	Log-normal Dağılım

Çalışma kapsamında, yapılan regresyon analizi neticesinde ayrıca istasyonlar arasındaki  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda  $PM_{10}$  konsantrasyonları için (i) Cebeci-Bahçelievler ( $R^2$ : 0.65), (ii) Keçiören-Bahçelievler ( $R^2$ : 0.65) ve (iii) Sıhhiye-Cebeci ( $R^2$ : 0.65),  $PM_{2.5}$  için ise Sıhhiye-Dikmen ( $R^2$ : 0.68) istasyonları arasında tespit edilmiştir. İstasyonlar arası  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyonlarına ait regresyon katsayıları Çizelge 4-8 ve Çizelge 4-9'da sunulmuştur.

**Çizelge 4-8 T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde Ankara'da 8 adet hava kalitesi ölçüm istasyonlarına ait  $PM_{10}$  korelasyon oranları**

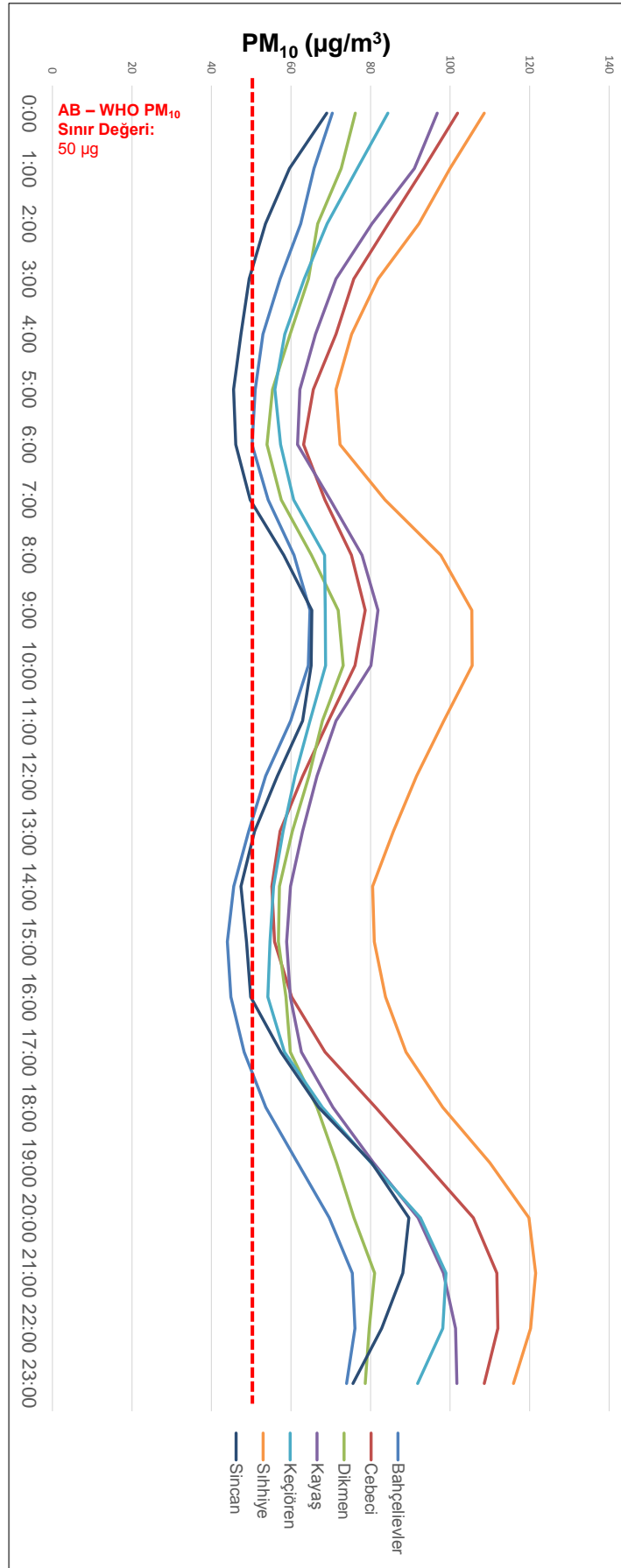
İstasyon Adı	Bahçelievler	Cebeci	Dikmen	Kayaş	Keçiören	Sıhhiye	Sincan
Bahçelievler	<b>1</b>						
Cebeci	<b>0.65</b>	<b>1</b>					
Dikmen	0.64	0.52	<b>1</b>				
Kayaş	0.54	0.51	0.43	<b>1</b>			
Keçiören	<b>0.65</b>	0.62	0.46	0.62	<b>1</b>		
Sıhhiye	0.64	<b>0.65</b>	0.49	0.54	0.58	<b>1</b>	
Sincan	0.56	0.49	0.44	0.43	0.53	0.48	<b>1</b>

**Çizelge 4-9 T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde Ankara'da 8 adet hava kalitesi ölçüm istasyonlarına ait PM<sub>2.5</sub> korelasyon oranları**

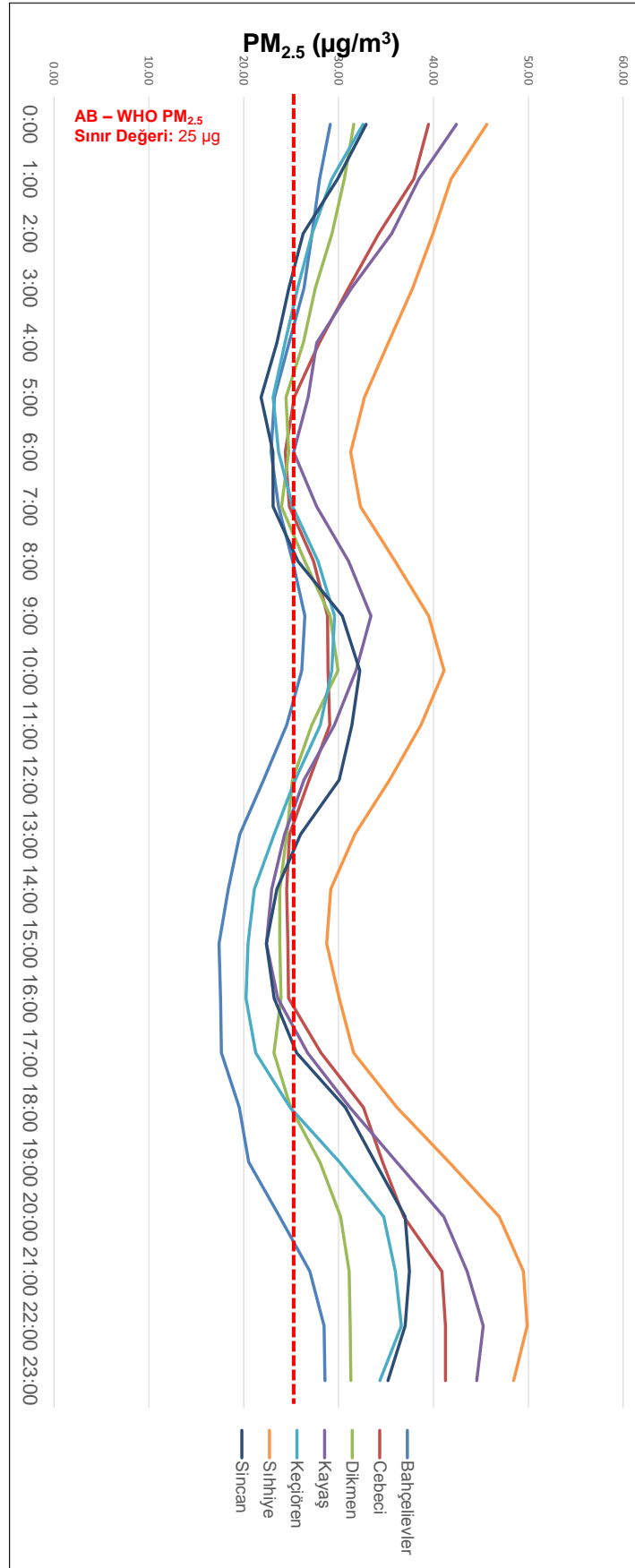
İstasyon Adı	Bahçelievler	Cebeci	Dikmen	Kayaş	Keçiören	Sıhhiye	Sincan
Bahçelievler	1						
Cebeci	0.57	1					
Dikmen	0.67	0.54	1				
Kayaş	0.62	0.64	0.60	1			
Keçiören	0.55	0.58	0.57	0.65	1		
Sıhhiye	0.64	0.59	<b>0.68</b>	0.65	0.61	1	
Sincan	0.49	0.46	0.45	0.55	0.55	0.59	1

Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'den de anlaşılacağı üzere, istasyon bazında saatlik PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyelerine bakıldığında genel olarak ortalama konsantrasyon seviyelerinin benzer olduğu gözlenmiştir. Ancak Sıhhiye istasyonunda hem PM<sub>10</sub> hem de PM<sub>2.5</sub> kirlilik seviyelerinde en temiz istasyon olan Bahçelievler istasyonuna göre %62 oranında daha kirli olduğu gözlenmiştir.

Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de, PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyelerinin günün sabah (8:30-10:30) ve akşam (20:00-22:00) saatlerinde diğer saat dilimlerine göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, en düşük PM konsantrasyon seviyeleri günün sabah erken saatlerinde (5:00-06:00) ve öğleden sonra (15:00 civarı) zaman dilimlerinde gözlenmiştir. Dış ortam hava kalitesinin direk veya dolaylı olarak iç ortam hava kalitesini etkilediği göz önünde bulundurulduğunda, Ankara'da iç ortamların sabah erken saatlerinde (5:00-06:00) ve/veya öğleden sonra (15:00 civarı) zaman diliminde havalandırılması partikül madde kirleticisine daha az maruz kalma açısından daha uygun olacağı açık şekilde gözlenmiştir.



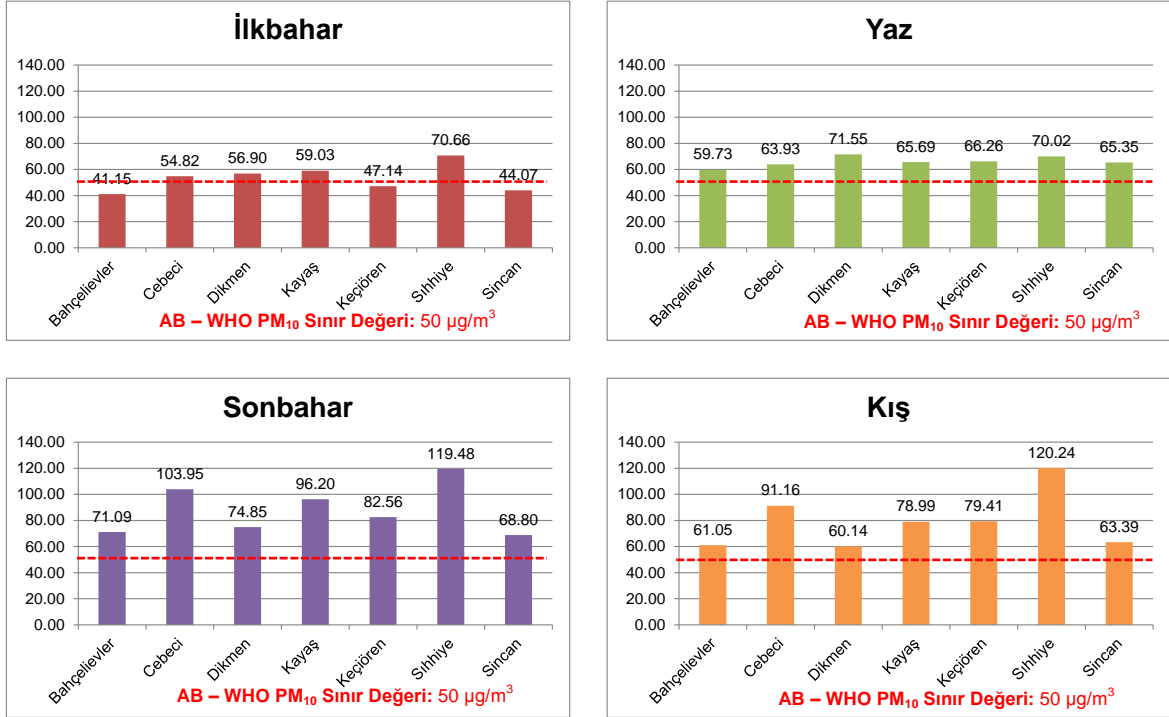
Şekil 4.11 İstasyonlara ait saatlik bazda PM<sub>10</sub> konsantrasyon seviyelerini gösterir grafik



Şekil 4.12 İstasyonlara ait saatlik bazda PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyelerini gösterir grafik

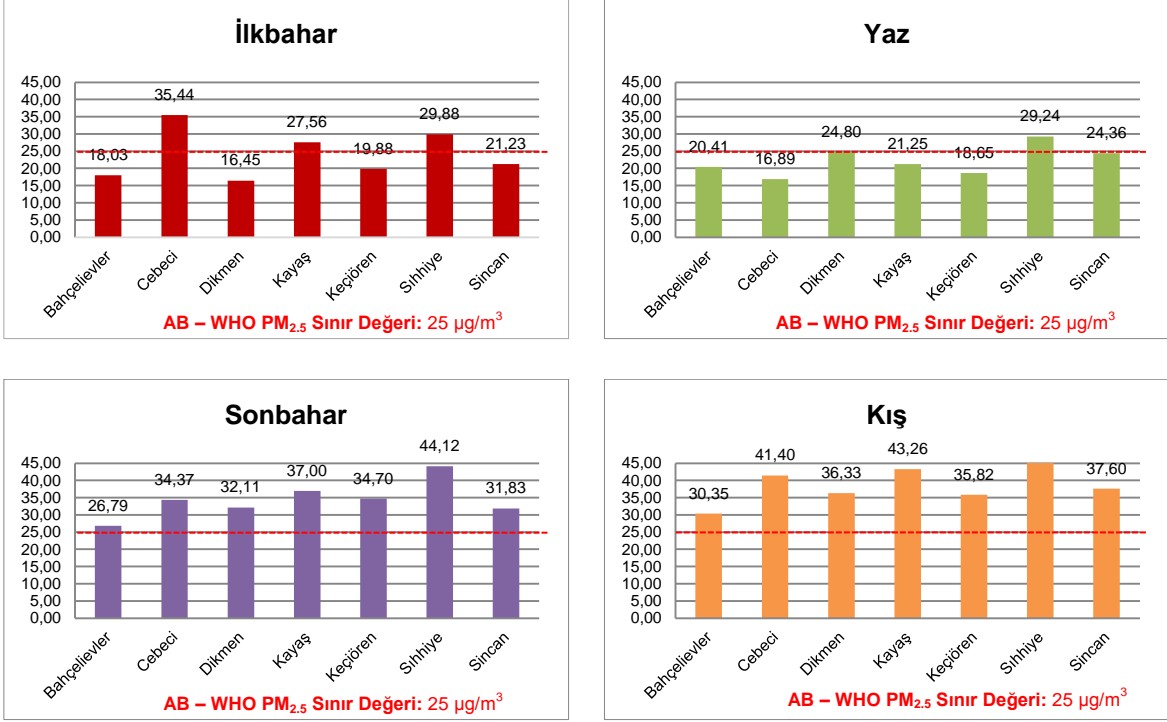
PM seviyeleri mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir. Kış döneminde tüm istasyonlarda gözlenen PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonlarının yaz dönemine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gözlenen mevsimsel farklılık birçok faktörden kaynaklanabilmektedir. Genel olarak soğuk ortamlarda fotokimyasal reaksiyonların hızının düşük olması, ısıtma kaynaklarının emisyonlarının soğuk dönemde daha fazla olması [108] ve karışım yüksekliğinin kışın daha az olması [109] bu farklılığı yaratan başlıca etmenlerdir.

En yüksek PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> seviyesine Sıhhiye istasyonunda kış mevsiminde rastlanmıştır (sırasıyla 120.45 µg/m<sup>3</sup> ve 45.29 µg/m<sup>3</sup>). İstasyonlara ait en düşük PM<sub>10</sub> konsantrasyon seviyesi ilkbahar mevsiminde gözlenmiş olup, ilkbahar mevsimindeki PM konsantrasyon seviyesinin kış mevsimine göre ortalama olarak %67 oranında daha düşük olduğu gözlenmiştir. PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyesinde ise en düşük PM konsantrasyon seviyesi yaz mevsiminde gözlenmiş olup, yaz mevsimindeki PM konsantrasyon seviyesinin kış mevsimine göre ortalama olarak %40 oranında daha düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.13 ve Şekil 4.14).



Şekil 4.13 İstasyonlara ait mevsimsel bazda PM<sub>10</sub> konsantrasyon seviyeleri (µg/m<sup>3</sup>)





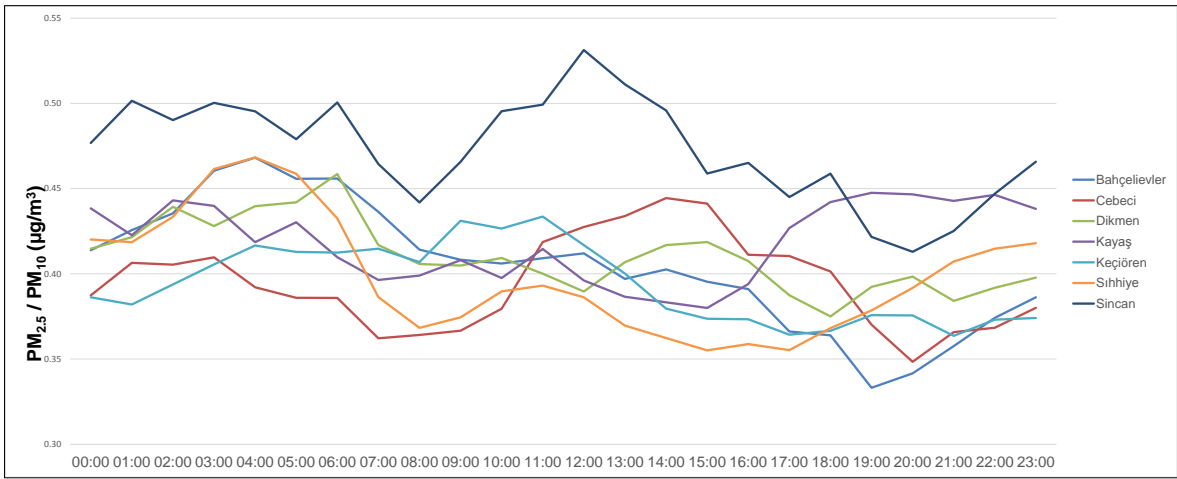
Şekil 4.14 İstasyonlara ait mevsimsel bazda PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyeleri (µg/m<sup>3</sup>)

Çalışma kapsamında ayrıca istasyonlarda kaydedilen PM değerlerine ait PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> oranları tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda bulunan oranlar Çizelge 4-10'da ve grafiksel gösterimi ise Şekil 4.15'de verilmiştir.

Dış ortamlarda ölçülen PM<sub>2.5</sub> partikül madde konsantrasyon kayıtlarının, PM<sub>10</sub> partikül madde konsantrasyon seviyelerine oranı, o bölgede hangi partikül çapının baskın olarak bulunduğunu göstermektedir. Oranın 1 olması; ölçüm yapılan ortamda tespit edilen partiküllerin tamamının aslında ince partiküllerden oluştuğunu ifade etmektedir. İstasyon kayıtlarından elde edilerek hesaplanan PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> oranlarına göre: her bir istasyonda ölçüm süresince gerçekleştirilen PM konsantrasyon kayıtlarına ait tüm istasyonlarda PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> oranlarının genel anlamda benzerlik gösterdiği gözlenmiş olup, en yüksek PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> oranı ise Sincan'da yer alan istasyonda tespit edilmiştir. İstasyonlar arası PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> oranları 0.38 ile 0.42 aralığında değişkenlik göstermekte olup, ortalama 0.41'dir. Tez çalışması kapsamında dış ortamlarda gerçekleştirilen PM ölçümlerinden elde edilen PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> oranları ise 0.6 olarak tespit edilmiştir. Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) tarafından bazı Avrupa ülkeleri için toplam ve yol ulaşımına ilişkin PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> emisyon oranları tespit edilmiştir [110]. Ükelere ait ortalama PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> emisyon oranları Bölüm 4.8.2'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

**Çizelge 4-10 İstasyonlara ait mevsimsel bazda PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> oranları**

İstasyon Adı	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ortalama
Bahçelievler	0.43	0.39	0.40	0.46	0.42
Cebeci	0.50	0.28	0.33	0.45	0.39
Dikmen	0.32	0.43	0.45	0.48	0.42
Kayaş	0.38	0.40	0.40	0.47	0.41
Keçiören	0.40	0.35	0.43	0.41	0.40
Sıhhiye	0.36	0.44	0.38	0.36	0.38
Sincan	0.42	0.39	0.43	0.47	0.43
<b>Ortalama</b>	<b>0.40</b>	<b>0.38</b>	<b>0.40</b>	<b>0.44</b>	<b>0.41</b>



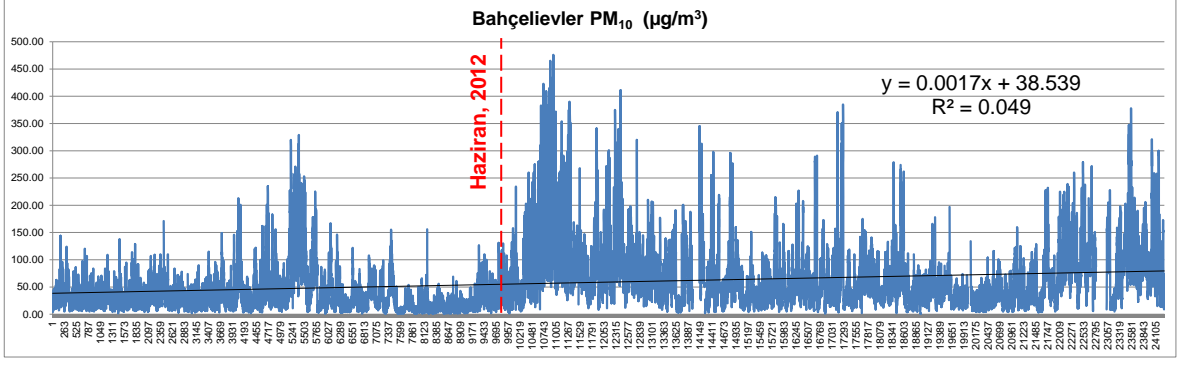
**Şekil 4.15 İstasyonlara ait saatlik bazda PM<sub>2.5</sub> / PM<sub>10</sub> konsantrasyon seviyelerini gösterir grafik**

Isınmadan veya ikincil ayrışma reaksiyonları gibi olaylardan ötürü mevsimsel bazda partikül madde boyutlarında değişikliğe neden olabilecek durumlardaki ince ve kaba partikül madde konsantrasyonlarındaki değişimleri gözleyebilmek için, PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> oranları incelenebilmektedir. İstasyon verilerinden elde edilen PM konsantrasyon verilerinden, mevsimsel farklılıklara göre PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> oranı incelendiğinde ise en yüksek oran 0.44 ile kış mevsiminde gözlenmiştir. PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> oranının en yüksek kış mevsiminde gözlenmesi, ortamda diğer mevsimsel dönemlere oranla PM<sub>2.5</sub> seviyesinin baskın olarak bulunduğunu göstermektedir. Kış mevsimlerinde ısınmadan kaynaklı ince partikül seviyelerinin artış göstermesi, bu artışın bir göstergesi olarak değerlendirilebilmektedir (Şekil 4.16).

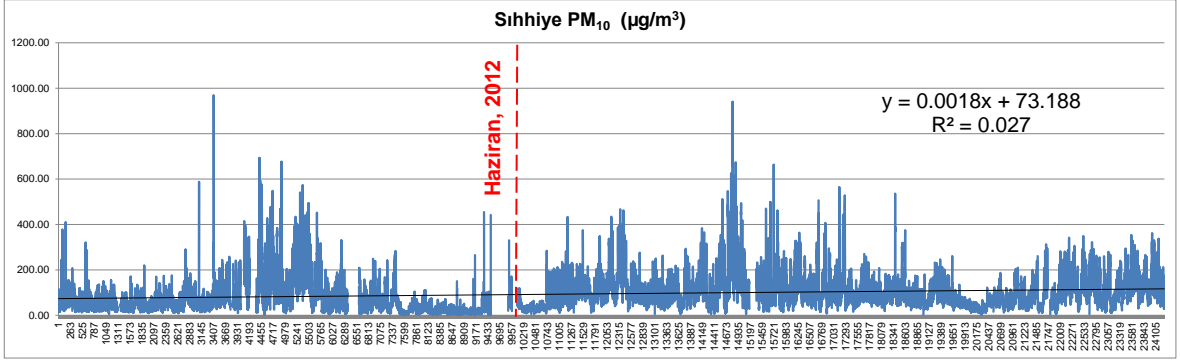


**Şekil 4.16 İstasyonlara ait mevsimsel bazda  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranları grafiksel gösterimi**

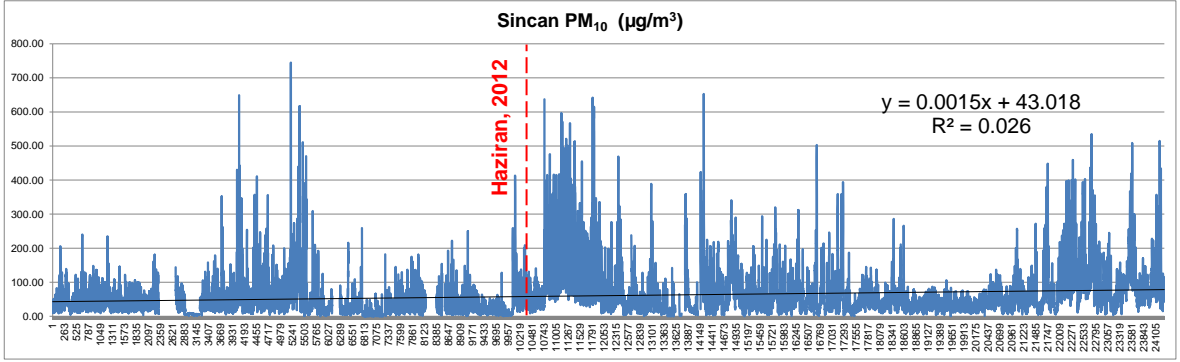
Ankara ili, Türkiye'nin kentsel gelişiminde öncü olma rolünü sürdürdüğü şehirlerden bir tanesidir. Bu kentleşme sürecinde bazı kentsel dönüşüm projeleri gerçekleştirilmektedir. Bu projelerden en önemlileri ve büyük ölçekte olanları, "Kuzey Ankara Kentsel Dönüşüm Projesi" ve "Mamak Kentsel Dönüşüm Projesi"dir. 5104 ve değişik 5481 Sayılı Kuzey Ankara Girişi Kentsel Dönüşüm Kanunu ile uygulanacak olan Kuzey Ankara Girişi Kentsel Dönüşüm Projesi T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi (TOKİ) ile Ankara Büyükşehir Belediyesi'nin beraber yürüttüğü bir projedir. İlgili kanunla belirlenmiş proje alanı I. Etap ve II. Etap olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. 380.81 hektarlık I. Etap Öncelikli Proje Alanı uygulamalarına 2005 yılının Mart ayında başlanmıştır. II. Etap projesi devam sürecindedir. Bir diğer kentsel dönüşüm projesi ise Yeni Mamak Kentsel Dönüşüm ve Gelişim Projesi'dir. Bu proje ise Ankara'nın doğu kısmında Samsun Yolu boyunca sürdürülmektedir. Ankara ilinin gelişim süreci göz önünde bulundurulduğunda, örnekleme süresi boyunca istasyonlardan temin edilen PM kayıtlarında zamana göre PM dağılımına bakılmıştır. Yapılan inceleme sonucunda, 2012 yılının Haziran ayından itibaren genel olarak istasyonların  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyon seviyelerinde artış gözlenmiştir. Gerçekleştirilen gecekondu yıkımları, toplu konut ile rekreasyon alanlarının inşaat çalışmalarının istasyonlarda genel  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyon seviyelerinin artışına sebep olmuş olabilir. Bu artışların gözlemlendiği bazı istasyonların  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  dağılımları Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



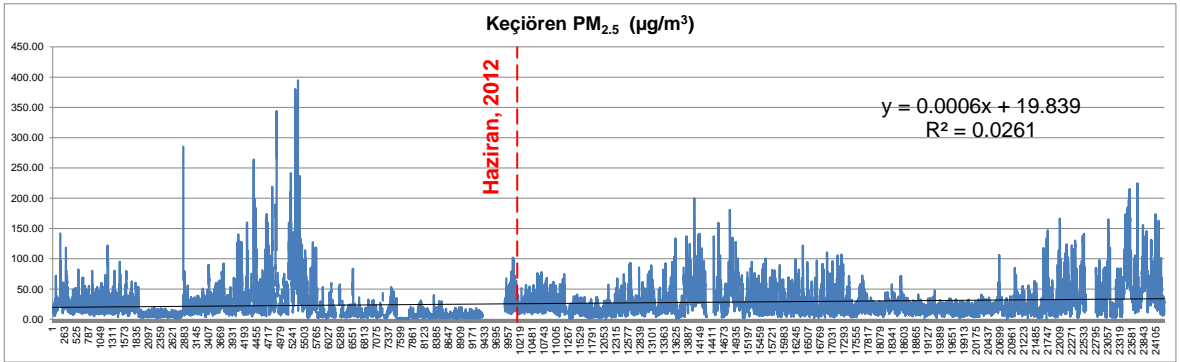
**Şekil 4.17 Bahçelievler istasyonuna ait PM<sub>10</sub> konsantrasyon dağılımı**



**Şekil 4.18 Sıhhiye istasyonuna ait PM<sub>10</sub> konsantrasyon dağılımı**



**Şekil 4.19 Sincan istasyonuna ait PM<sub>10</sub> konsantrasyon dağılımı**



**Şekil 4.20 Keçiören istasyonuna ait PM<sub>2,5</sub> konsantrasyon dağılımı**

#### 4.6 Partikül Madde Seviyelerine Meteorolojik Faktörlerin Etkisi

Partikül madde seviyesinin değişimine sebep olabilecek noktasal kaynak etkilerinin dışında, meteorolojik faktörlerin etkisinin de gözlenebilmesi için;

- (i) örnekleme sırasında eş zamanlı olarak ölçülen sıcaklık ve bağıl nem değerleri, ve
- (ii) (ii) 17130 nolu Keçiören meteoroloji istasyonundan örnekleme dönemlerini kapsayan saatlik rüzgâr hızı, sabah ve öğle saatlerine ait hava karışım yüksekliği, yağış miktarı ve basınç değerleri

bağımsız değişken olarak kullanılarak, dış ortam PM konsantrasyonları ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişki incelenmiştir. Parametreler arasında herhangi bir bağıntının olup olmadığı Sperman rank korelasyon testi uygulanarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Tüm verilere ve mevsimsel dönemlere göre yapılan yapılan analizlerde elde edilen korelasyon değerleri Çizelge 4-11’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4-11 Dış ortam partikül madde seviyelerinin tüm veriler ve mevsimsel bazda meteorolojik faktörler ile ilişkisini gösteren Spearman rank korelasyon değerleri**

	TÜM VERİLER					İLKBAHAR-YAZ					SONBAHAR-KIŞ				
	PM <sub>10</sub> Proje	PM <sub>2.5</sub> Proje	PM <sub>1</sub> Proje	PM <sub>10</sub> İstasyon	PM <sub>2.5</sub> İstasyon	PM <sub>10</sub> Proje	PM <sub>2.5</sub> Proje	PM <sub>1</sub> Proje	PM <sub>10</sub> İstasyon	PM <sub>2.5</sub> İstasyon	PM <sub>10</sub> Proje	PM <sub>2.5</sub> Proje	PM <sub>1</sub> Proje	PM <sub>10</sub> İstasyon	PM <sub>2.5</sub> İstasyon
PM <sub>2.5</sub> Proje	<b>0.80</b>					<b>0.57</b>					<b>0.92</b>				
PM <sub>1</sub> Proje	<b>0.70</b>	<b>0.97</b>				<b>0.40</b>	<b>0.97</b>				<b>0.86</b>	<b>0.99</b>			
PM <sub>10</sub> İstasyon	<b>0.42</b>	<b>0.28</b>	<b>0.30</b>			<b>0.39</b>	0.01	0.01			<b>0.41</b>	<b>0.33</b>	<b>0.29</b>		
PM <sub>2.5</sub> İstasyon	<b>0.43</b>	<b>0.32</b>	<b>0.37</b>	<b>0.87</b>		-0.06	-0.27	-0.25	<b>0.51</b>		<b>0.62</b>	<b>0.64</b>	<b>0.62</b>	<b>0.78</b>	
Sıcaklık	0.06	<b>-0.17</b>	<b>-0.26</b>	<b>-0.28</b>	<b>-0.51</b>	<b>0.57</b>	-0.09	-0.15	<b>0.49</b>	0.02	-0.07	-0.12	-0.15	-0.07	-0.06
Bağıl Nem	-0.07	<b>0.19</b>	<b>0.28</b>	<b>0.20</b>	<b>0.44</b>	<b>-0.39</b>	0.01	0.08	<b>-0.27</b>	0.21	-0.03	0.07	0.10	-0.00	0.09
Basınç	0.05	0.11	0.16	<b>0.31</b>	<b>0.30</b>	-0.13	-0.17	-0.17	0.02	-0.12	0.15	0.17	0.17	-0.07	0.05
Rüzgar Hızı	<b>-0.22</b>	<b>-0.38</b>	<b>-0.43</b>	<b>-0.33</b>	<b>-0.54</b>	-0.17	<b>-0.37</b>	<b>-0.44</b>	0.03	-0.13	<b>-0.26</b>	-0.22	-0.20	<b>-0.53</b>	<b>-0.48</b>
Yağış	<b>-0.57</b>	-0.27	-0.32	<b>-0.35</b>	-0.75	-	-	-	-	-	-0.40	-0.39	-0.38	-0.47	-0.54
Karışım Yüksekliği	0.02	-0.08	-0.12	-0.29	-0.41	0.03	0.01	0.00	0.03	-0.04	0.08	0.01	0.00	-0.08	-0.02

Partikül madde konsantrasyonları genel ve mevsimsel bazda incelenmiş olup, buna göre yapılan Sperman rank korelasyon testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak anlamlı ilişki ( $p < 0.05$ ) bulunan bağıntılar aşağıdaki gibi sıralanmıştır. Çizelge 4-12'den de anlaşılacağı üzere:

- (i) Tüm örnekleme verilerine göre: proje kapsamında kaydedilen dış ortam ince partikül madde ve istasyon verilerinden kaba ve ince partikül madde seviyeri, sıcaklık ile negatif bir korelasyon göstermiştir. Bir diğer anlatım ile sıcaklığın artış gösterdiği günlerde, ince ve kaba partikül seviyelerinde azalma tespit edilmiştir. Çalışmadaki PM kayıtlarının %40'ının sonbahar/kış mevsiminde %60'ının da ilkbahar/yaz mevsiminde meydana geldiği düşünülürse, yüksek derişimlerde proje ve istasyon verilerine ait PM<sub>10</sub> ölçümleri ilkbahar/yaz dönemleri olan sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde tespit edilmiştir. Bu durum mevsimselliğin PM<sub>10</sub> derişimi üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Sonbahar/kış döneminde sıcaklıkla ilgili bir korelasyon gözlenmemiştir.
- (ii) Proje kapsamında dış ortamda kaydedilen ince partikül madde ve istasyonlarda kaydedilen ince ve kaba partikül madde konsantrasyonları ile bağıl nem arasında pozitif bir korelasyon gözlenmiştir. Buna karşın korelasyonlar mevsimsel bazda incelendiğinde ilkbahar/yaz mevsimlerinde kaydedilen kayıtlarda bağıl nem ile proje ve istasyon kaba partikül madde konsantrasyonları arasında negatif bir korelasyon gözlenmiştir. Bir diğer anlatım ile sıcak günlerde ölçülen kaba partikül madde konsantrasyonları bağıl nemin düşük olduğu günlerde yüksek tespit edilebilmektedir. Partikül madde konsantrasyon seviyeleri ile bağıl nem arasında sonbahar/kış döneminde herhangi bir ilişki tespit edilememiştir.
- (iii) Korelasyon istatistiği sonucuna göre, rüzgâr hızının şiddeti arttıkça:
  - a. İlkbahar/yaz mevsiminde proje ince partikül madde derişimleri,
  - b. Sonbahar/kış mevsiminde ise proje verilerinde PM<sub>10</sub> ve istasyon verilerinde kaba ve ince partikül madde derişimlerinin azaldığı gözlenmiştir.

- (iv) Yağış, yağmur gibi yağış olaylarının atmosferdeki solunabilen askıda partikül maddelerin en önemli giderilme mekanizmalarından biri olduğu bilinmektedir [114]. Buna bağlı olarak, çalışmadaki saatlik yağmur değerleri ile tüm verilere ait proje ve istasyon  $PM_{10}$  derişimleri arasında anlamlı düzeyde negatif bir ilgileşim olduğu gözlenmiştir.

Yunanistan'da dış ortamda gerçekleştirilen  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  ve  $PM_{2.5-10}$  konsantrasyon seviyelerini araştırmaya yönelik yapılan bir araştırmada;  $PM_{10}$  konsantrasyon seviyesi ile rüzgâr hızı arasında negatif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir ( $r = -0.43$ ) [55].

Hien ve arkadaşları [111], muson mevsimi esnasında Viyetnam'da  $PM_{2.5}$  ve  $PM_{2.5-10}$  konsantrasyonları üzerinde meteorolojik faktörlerin etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda, rüzgâr hızının ince partiküllerin havada temizlenmesinde rol oynadığını saptamış ve kış mevsiminde rüzgâr hızının çabuk ve gecikmeli tepkisinde kaba partiküllerin varyansının açıklanmasında önemli bir rol oynadığını tespit etmiştir. Ayrıca,  $PM_{2.5-10}$  konsantrasyonun, rüzgâr hızı ile ilişkinin yağış ile birlikte olduğu kadar önemli olmadığını tespit etmiştir. Buna rağmen yaz ayında,  $PM_{2.5-10}$  konsantrasyonunun rüzgâr hızı ile pozitif korelasyon sağlandığı gözlenmiştir. Yaz mevsiminde İngiltere'de yapılan bir diğer çalışmada ise kaba partiküller ile rüzgâr hızı arasında pozitif korelasyon bulunduğuna dikkat çekilmiştir [112].

Hartog ve arkadaşları [113]; Amsterdam, Erfurt ve Helsinki şehirlerinde, farklı partikül madde boyut sınıfları ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Her bir şehirde yapılan çalışmalarında tespit ettikleri belirgin sonuç; meteorolojik faktörlerin,  $PM_{2.5}$  konsantrasyon değerlerine nazaran, 0.01-0.1  $\mu m$  arası partikül madde boyutları ( $NC_{0.001-0.1}$ ) arasındaki konsantrasyon değerlerinde daha güçlü etkisi olduğudur. Ayrıca,  $PM_{2.5}$ ,  $NC_{0.01-0.1}$ ,  $NC_{0.01-0.03}$  ve  $NC_{0.03-0.1}$  seviyelerinin rüzgâr hızı artışına bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir.



#### **4.7 Partikül Madde Seviyelerinin Anket Çalışmaları ile Birlikte Değerlendirilmesi**

Bu bölümde iç ve dış ortam PM konsantrasyon verileri ile anket çalışmaları arasında, tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) karşılaştırma testi (Multiple Range Test (MRT), Kruskal-Wallis Test (KWT) ve Mood's Median Test (MMT) uygulanmış olup, her bir anket çalışması için %95 güven aralığında gruplar arasındaki farklılıklar tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Anket çalışmaları kapsamında, bina yaşı, evlerin ana caddeye yakınlığı, bina türleri, ölçüm yapılan evin bulunduğu kat, konut ısıtma türü, hanede sigara kullanan kişi sayısı, hanede içilen sigaranın hangi mikro ortamda kullanıldığı, temizlik yapma sıklığı (dezenfektanların kullanılma sıklığı), örnekleme sırasında evde bulunan kişi sayısı, örneklemin yapıldığı zaman dilimi ve inşaat faaliyetlerine yakınlık gibi etkenler irdelenmiştir. Bu koşullar için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilenleri Çizelge 4-12'de sunulmuştur.

Çizelge 4-12 Anket çalışmasına ilişkin ANOVA testi sonuçları

Ortam	Koşul	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2.5</sub>			PM <sub>1</sub>		
		MRT	KWT	MMT	MRT	KWT	MMT	MRT	KWT	MMT
Oturma odası	Sigara Kullanımı	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Bebek odası	- Var - Yok	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Dış ortam	Ana Cadde - Yakın (<50 m.) - Yakın Değil	-	-	-	+	-	-	+	-	-
Oturma odası	Konut Türü	+	+	-	-	+	-	-	-	-
Bebek odası	- Betonarme - Diğer	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Oturma odası	Evin Katı	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Bebek odası	- Bodrum veya zemin - 1.ve 2. kat	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Dış ortam	- 3.kat ve üzeri	-	-	-	+	+	-	+	+	-
Oturma odası	Isıtma Türü - Soba - Diğer	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Bebek odası	Temizlik Yapma Sıklığı	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Oturma + bebek odasının beraber	- Her gün - Haftada 1-2 sefer - 2 haftada 1 sefer	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Oturma odası	Örnekleme Sırasında Bulunan Kişi - 1-6 arası kişi - 7 ve/veya daha fazla kişi	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Oturma + bebek odasının beraber	Örnekleme Saati - Sabah - Öğleden sonra	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Dış ortam	İnşaat Durumu - Var - Yok	+	+	+	+	+	+	+	+	+

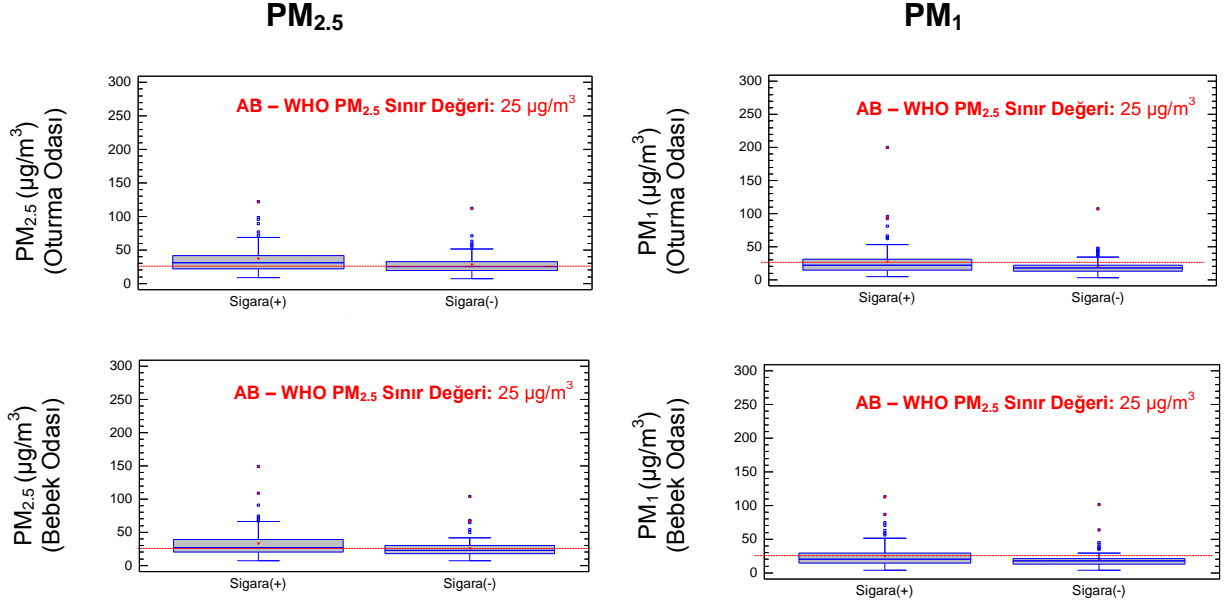
Partikül madde konsantrasyon sonuçlarının anket verileri ile birlikte değerlendirilmesi neticesinde bazı çıkarımlar yapılabilmektedir. Yapılan analizler sonucu elde edilen değerlendirmeler aşağıda başlıklar halinde verilmiştir:

- **Sigara İçilen Evlere İlişkin Değerlendirme**

İç ortamda sigara içilmesi, yemek pişirilmesi ve ev içi aktiviteler sonucu tozların tekrar havalanması iç ortamda konsantrasyonların zenginleşmesine sebep olabilmektedir. Yapılan çalışma sonucunda, ev ölçümleri sırasında tüm dönemlerde evlerde yaklaşık %55 oranında sigara içildiği tespit edilmiştir. Ev içi ortamda sigara kullanımının iç ortam PM seviyelerinde değişimleri normal dağılım göstermeyen veriler için daha uygun olan Kruskal-Wallis ve Mood's Median Testleri ile incelenmiş olup, uygulanan bu test sonuçlarına göre evlerin oturma ve bebek odalarında sigara kullanılan evler ile kullanılan evler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ( $p < 0.005$ ). Sigara kullanılan evlerin oturma odalarında gözlenen ortalama  $PM_{2.5}$  değeri  $7.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile  $112.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişmekte olup, gözlenen ortalama konsantrasyon  $28.3 \pm 16.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dür. Sigara kullanılan evlerde ise ortalama  $PM_{2.5}$  konsantrasyonu  $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $271.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişkenlik göstermekte olup, ortalama  $PM_{2.5}$  konsantrasyonu ise  $37.2 \pm 32.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak tespit edilmiştir. Oturma odalarında  $PM_1$  konsantrasyonlarında sigara içilen ortamlarda farklılık gözlenmiştir. Sigara içilen ve sigara içilmeyen evlerde ortama  $PM_1$  konsantrasyon seviyeleri sırasıyla  $27.8 \pm 25.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $20.1 \pm 14.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dür. Çalışmada ayrıca, kaba partikül seviyelerinin gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermediği gözlenmiştir.

Örnekleme sırasında sigara içilen evlerde gözlenen en yüksek anlık  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  konsantrasyonu, sırasıyla  $366.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $261.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  değeri ile Mamak semtinde bulunan bir evin (Mam 8) oturma odasında rastlanmıştır.

Ev örnekleme noktalarında yapılan  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  ölçüm çalışmalarının sigara kullanılan ve kullanılan evlere göre değişimi Şekil 4.21'de verilmiştir.



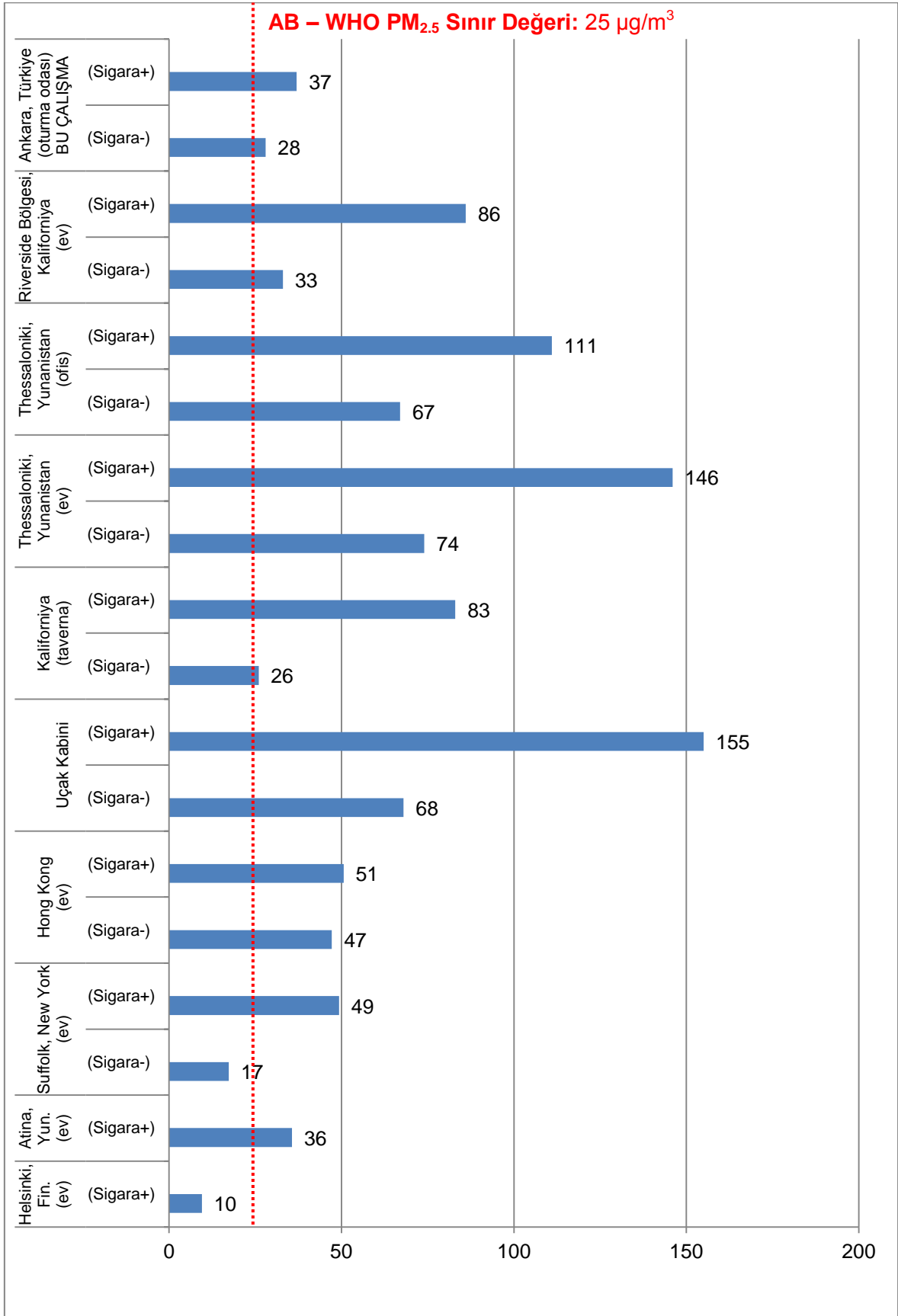
**Şekil 4.21** Ev örnekleme noktalarında yapılan PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> ölçüm sonuçlarının sigara kullanılan ve kullanılmayan mikro-ortamlardaki dağılımı

Yunanistan'da bir üniversitenin farklı iç ortamlarında gerçekleştirilen ince partiküller madde ölçümlerinde hem PM<sub>10</sub>, hem de PM<sub>2.5</sub> fraksiyonları için sigara içiminin PM için en belirgin kaynak olduğu tespit edilmiştir [115].

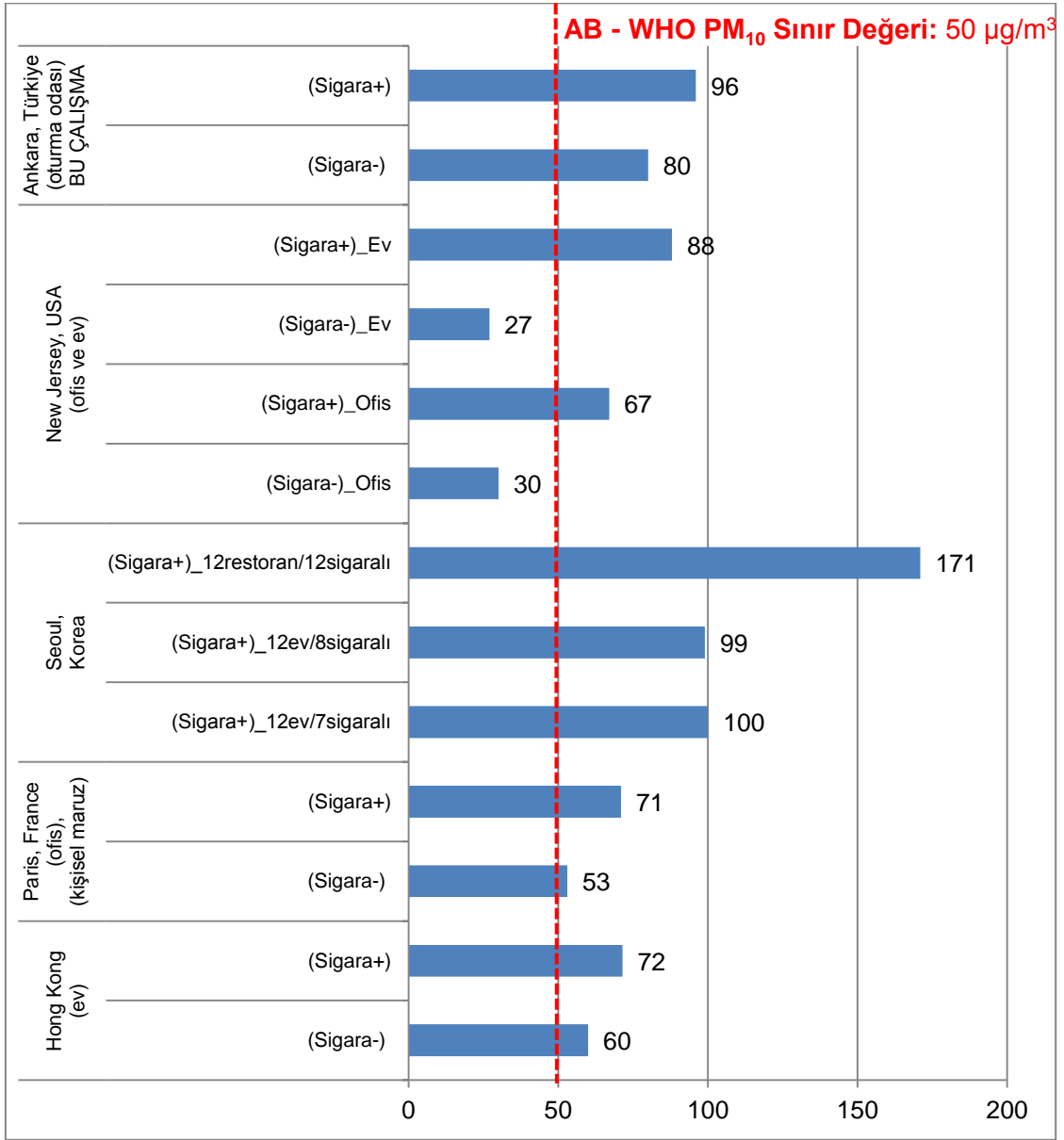
Almanya'daki evlerde yapılan bir çalışmada ise; sigara içilmeyen evlerde yaklaşık olarak 27 µg/m<sup>3</sup>, sigara içilen evlerde ise yaklaşık olarak 57 µg/m<sup>3</sup> PM konsantrasyonu tespit edilmiştir [116]. Yapılan birçok çalışmada sigara içilen ortamlarda PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonlarının 2012 yılı NAAQS sınır değerlerinin üzerinde olduğu anlaşılmış olup, yapılan bu çalışmalara benzer olarak bu çalışmada da sigara içilen ortamlarda PM<sub>2.5</sub> için belirlenmiş olan 25 µg/m<sup>3</sup> sınır değerini %42 oranında aştığı tespit edilmiştir. Literatür çalışmalarına ait bilgiler Çizelge 4-13'de, bu verilerin sınır değerler ile gösterimi PM<sub>2.5</sub> için Şekil 4.22'de ve PM<sub>10</sub> için ise Şekil 4.23'te verilmiştir.

**Çizelge 4-13 Sigara kullanımına ilişkin iç ortam PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> konsantrasyonları için literatür bilgisi**

Ölçüm Yapılan Bölge	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Referans
Helsinki, Finlandiya (ev)	9.5±6.1 (Sigara+)	-	[117]
Atina, Yunanistan (ev)	35.6±29.4 (Sigara+)	-	[117]
Suffolk, New York (ev)	17.3±1.7 (Sigara-)	-	[118]
	49.3±1.8 (Sigara+)		
Hong Kong (ev)	42.7 (Sigara-)	60 (Sigara-)	[70]
	50.6 (Sigara+)	71.5 (Sigara+)	
Uçak kabini	68±57 (Sigara-)	-	[119]
	155±61 (Sigara+)		
Paris, Fransa (ofis), (kişisel maruz)	-	53 (Sigara-)	[120]
		71 (Sigara+)	
Kaliforniya (taverna)	26±17 (Sigara-)	-	[121]
	83±52 (Sigara+)		
Riverside County, Kaliforniya (ev)	33.2 (Sigara-)	-	[122]
	86.1 (Sigara+)		
Thessaloniki, Yunanistan (ev)	74±18 (Sigara-)	-	[123]
	146±15 (Sigara+)		
Thessaloniki, Yunanistan (ofis)	67±32 (Sigara-)	93±43 (Sigara-)	[115]
	111±65 (Sigara+)	139±78 (Sigara+)	
Seul, Kore	-	100±58 (12 Ev –7 (Sigara+))	[64]
		99±68 (12 ev –8 (Sigara+))	
		171±101 (12 restoran–12 (Sigara+))	
New Jersey, ABD	-	30.3±17.6 (Ofis, Sigara-)	[124]
		67.1744.3 (Ofis, Sigara+)	
		27.6±19.8 (Ev, Sigara-)	
		88.87147.5 (Ev, Sigara+)	
Ankara, Türkiye (oturma odası)	28.3±16.0 (Sigara-)	80.3±47.3 (Sigara-)	Bu çalışma
	37.2±32.0 (Sigara+)	96.1±57.5 (Sigara+)	
<b>Not:</b> (Sigara-): Sigara kullanılmıyor (Sigara+): Sigara kullanılıyor			



**Şekil 4.22 Sigara kullanımına ilişkin iç ortam PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonları için literatür bilgisi ve limit değeri ile grafiksel gösterimi**



**Şekil 4.23 Sigara kullanımına ilişkin iç ortam PM<sub>10</sub> konsantrasyonları için literatür bilgisi ve limit değer ile grafiksel gösterimi**

- **Ana Caddeye Yakın Olan Evlere İlişkin Değerlendirme**

Binaların şehirlerdeki konumları göz önüne alındığında, bazı kirleticiler için dış ortam kaynaklarının iç ortamdaki konsantrasyon seviyelerine katkısı önemli olabilmektedir. Özellikle endüstriyel bölgelere veya trafiğin yoğun olduğu caddelere yakın binalarda, iç ortamdaki kirleticilere ilave olarak dış ortam önemli bir kaynaktır.

Yapılan tek yönlü ANOVA testlerinden Multiple Range Testi'ne göre, ana caddeye 50 metreden yakın olan evlerde ölçülen  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  konsantrasyon değerleri, ana cadde üzerinde bulunmayan veya trafik yoğunluğu olmayan evlere oranla dış ortamda yüksek gözlenmiştir. Buna rağmen normal dağılım göstermeyen veriler için daha uygun olan Kruskal-Wallis ve Mood's Median Testlerine göre ana caddeye yakın evler ile uzak evler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Multiple Range Testi'ne göre tespit edilen söz konusu bu farklılık tahmin edilen yönde gözlenmemiş olup, ana cadde ve/veya işlek bir sokağa yakın olmayan evlerde  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  konsantrasyonları yakın olan evlere göre yüksek tespit edilmiştir. Ana caddeye yakın evlerde ölçülen dış ortam  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  seviyeleri ortalama olarak sırayla  $4-96 \mu g/m^3$  ve  $3-88 \mu g/m^3$  aralığında değişim göstermiştir. Gruplar arasında ilkbahar ve kış mevsimlerine göre mevsimsel farklılıkları da incelenmiş olup, bu mevsimlerde yapılan dış ortam ölçümlerinde ana caddeye yakınlığın önemli bir değişken olmadığı tespit edilmiştir.

- **Konut Türüne İlişkin Değerlendirme**

Proje kapsamında evlerin %90'ı betonarme ve %10'u ise kerpiç, ahşap vb. yapıdaki evlerdir. Yapılan tek yönlü ANOVA testlerinden Kruskal-Wallis Testi'ne göre, oturma ve bebek odalarında  $PM_{10}$  ve sadece oturma odasında  $PM_{2.5}$  konsantrasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

Kerpiç, ahşap vb. yapıdaki evlerin oturma odalarında gözlenen ortalama  $PM_{10}$  seviyesi  $75.1 \mu g/m^3$  ila  $354.4 \mu g/m^3$  arasında değişmekte olup, gözlenen ortalama konsantrasyon  $171.0 \pm 111.7 \mu g/m^3$  (12 ev)'dür. Betonarme yapıya sahip evlerde ise ortalama  $PM_{10}$  konsantrasyonu  $17.1 \mu g/m^3$  ve  $305.0 \mu g/m^3$  arasında



değişkenlik göstermekte olup, ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonu ise 85.4±47.8 µg/m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Oturma odalarında PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonlarında farklı yapıya sahip evlerde değişkenlik göstermiştir. Betonarme ile kerpiç, ahşap vb. yapıya sahip evlerde ortama PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyeleri sırasıyla 32.6±26.3 µg/m<sup>3</sup> ve 46.3±19.7 µg/m<sup>3</sup>'dür.

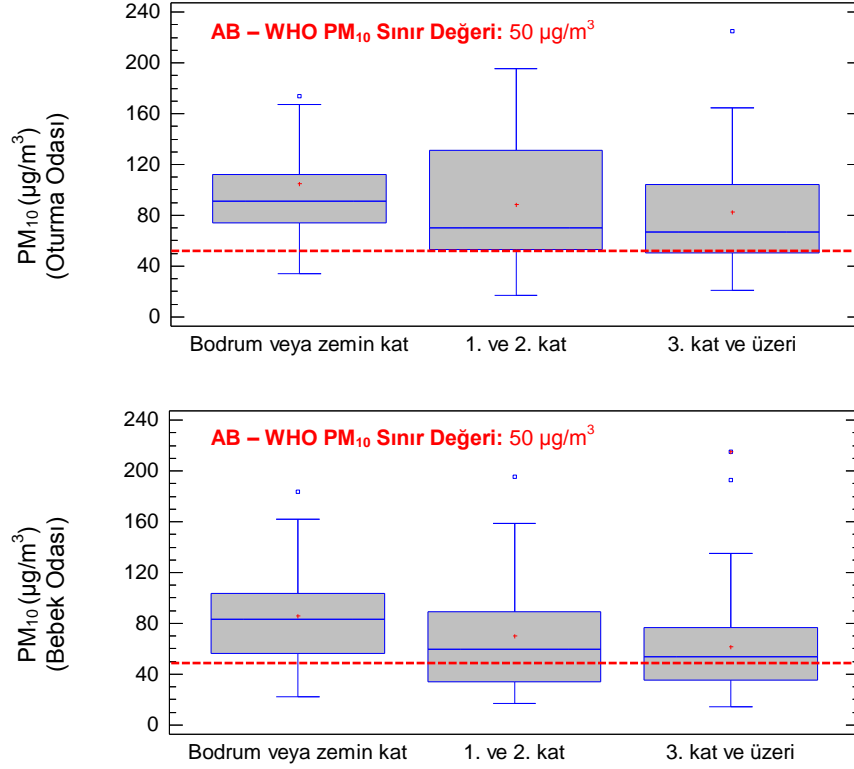
Proje genelinde, düşük gelir seviyesine sahip evlerin sayısı az olmakla birlikte en yüksek PM<sub>2.5</sub> seviyesi Mamak semtinde yer alan bir evin oturma odasında tespit edilmiştir. Söz konusu bu eve ait anket çalışması incelendiğinde, evin betonarme yapıda olduğu, 2. katta yer aldığı, örnekleme sırasında evde 5 kişinin bulunduğu, evin çaprazın ve yanında yoğun konut inşaatı faaliyetinin olduğu ve en önemli olarak evde 2 bireyin sigara kullanımının olduğu belirlenmiştir. Çevre koşulları, örnekleme esnasındaki iç ortam aktiviteleri vb. durumlar göz önünde bulundurulduğunda; ölçüm sonuçlarının bina türüne ilişkin olarak gruplar arasındaki ilişkinin tespit edilebilmesi için yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca en yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyon seviyesi ise Mamak semtinde yer alan (Mam 1) kerpiç bir evde tespit edilmiştir (354.4 µg/m<sup>3</sup>). Bu eve ait anket sonuçları incelendiğinde ölçüm esnasında iç ortamda sigara içildiği, örnek alınması esnasında evde 5 kişinin bulunduğu ve evin soba ile ısıtıldığı bilgisi tespit edilmiştir. Söz konusu bu koşullar göz önünde bulundurulduğunda, konut türüne ilişkin PM<sub>10</sub> konsantrasyon seviyesindeki farklılık açık bir şekilde tespit edilememiştir.

- **Evin Bulunduğu Kata İlişkin Değerlendirme**

Anket çalışmaları sonucuna göre evlerin %33'ü bodrum veya zemin katta, %20'si 1. veya 2. katta ve %46'sı ise 3. kat veya daha yukarı katlarda bulunmaktadır. Yapılan tek yönlü ANOVA testlerinden Kruskal-Wallis Testi'ne göre, iç ortamda PM<sub>10</sub> ve dış ortamda ise PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> konsantrasyonlarında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre iç ortamda ölçülen kaba partikül seviyelerinin yukarı katlardan aşağı katlara inildikçe artış olduğu gözlenmiştir. Evlerde yapılan örnekleme noktalarında iç

ortamda yapılan PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçlarının evin bulunduğu kata göre değişimi Şekil 4.24'te verilmiştir.



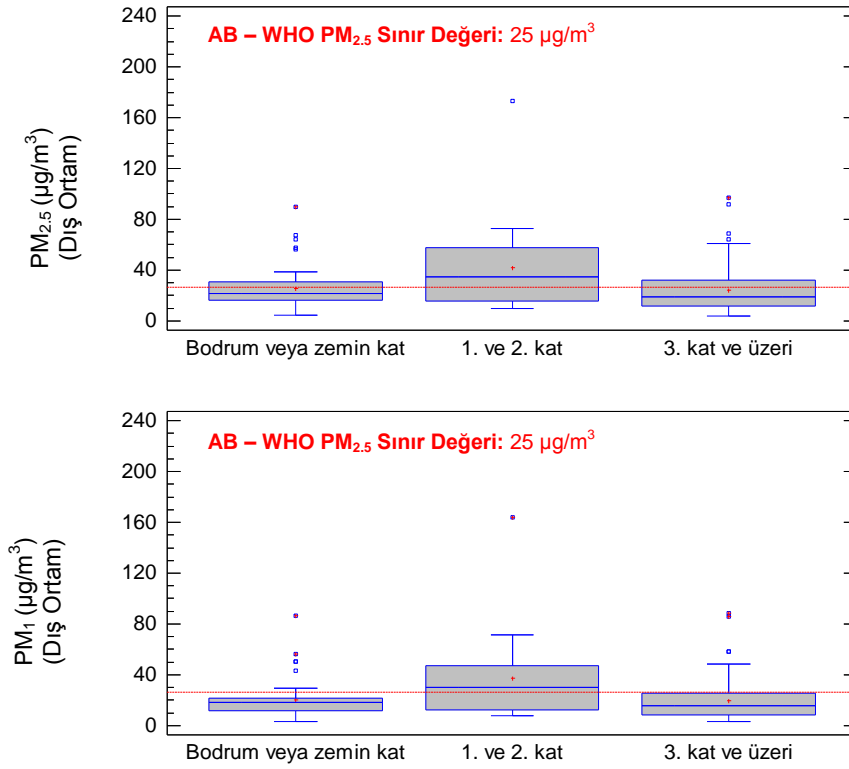
**Şekil 4.24 Evlerin oturma ve bebek odalarında PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçlarının evin bulunduğu kata göre dağılımı (µg/m<sup>3</sup>)**

İnce partikül madde konsantrasyonları dış ortamda evin bulunduğu kata göre farklı bir değişim göstermiştir. En yüksek ince partikül madde konsantrasyonları 1. ve 2. katta bulunan evlerde gözlenmiştir. Ayrıca bodrum ve zemin katta bulunan evler ile 3. kat ve daha yukarısında bulunan evlerde ölçülen ince partikül madde konsantrasyon seviyeleri birbirine yakın tespit edilmiştir. Evin bulunduğu kata göre, dış ortam PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> konsantrasyon seviyeleri Çizelge 4-14'te ve değişimlerin grafiksel gösterimi Şekil 4.25'de verilmiştir.

**Çizelge 4-14 Evlerin dış ortamlarında PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> ölçüm sonuçlarının evin bulunduğu kata göre konsantrasyon değerleri (µg/m<sup>3</sup>)**

Evin bulunduğu kat	N	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>1</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Ortalama Konsantrasyon ± Standart Sapma (Min.-Maksi.)	
Bodrum veya zemin	47	25.7±17.0 (4.6-90.1)	20.2±15.2 (2.9-86.7)
1.ve 2. kat	18	42.1±38.1 (9.4-173.3)	37.2±36.6 (7.6-164.0)
3.kat ve üzeri	83	24.1±18.3 (3.5-96.9)	19.6±16.1 (3-88.2)

N: Örnekleme Sayısı



**Şekil 4.25 Evlerin dış ortamlarında PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> ölçüm sonuçlarının evin bulunduğu kata göre dağılımı (µg/m<sup>3</sup>)**

Sonuç olarak, evin bulunduğu katın PM boyutlarında ve konsantrasyon seviyelerinde iç ve dış ortamda farklılık gösterdiği gözlenmiştir. İç ortamda en yüksek ortalama kaba partikül konsantrasyonları bodrum ve zemin katlarda, dış ortamda ise en yüksek ince partikül (PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub>) konsantrasyonları 1. ve 2 katta yer alan evlerde tespit edilmiştir.

- **Temizlik Yapma Sıklığına Göre Yapılan Değerlendirme**

İç ortamda sigara içimi, ısıtma veya yemek pişirme gibi toz yayıcı bir aktivitenin gerçekleşmediği durumda kişilerin aktiviteleri (yürümek, temizlik yapmak gibi) toz, toprak, deri döküntüleri, mantar sporları, kâğıt ve kumaş fiberlerinden oluşup çökelen tozların tekrar ortama yayılmasına sebep olmaktadır [5] [6].

PM seviyesinin azalmasında etkin olduğu bilinen ıslak temizlik işlemleri özellikle bebekli evlerde ev hanımları tarafından çok sıklıkla yapılmaktadır. Bu nedenle ölçülen PM seviyelerinin ıslak giderim mekanizması ile azaldığı düşünülmektedir.

Okullarda yapılan kontrollü deneylerde yoğun temizlik işleminin PM seviyesinin azalmasında etkin olduğu saptanmıştır [38].

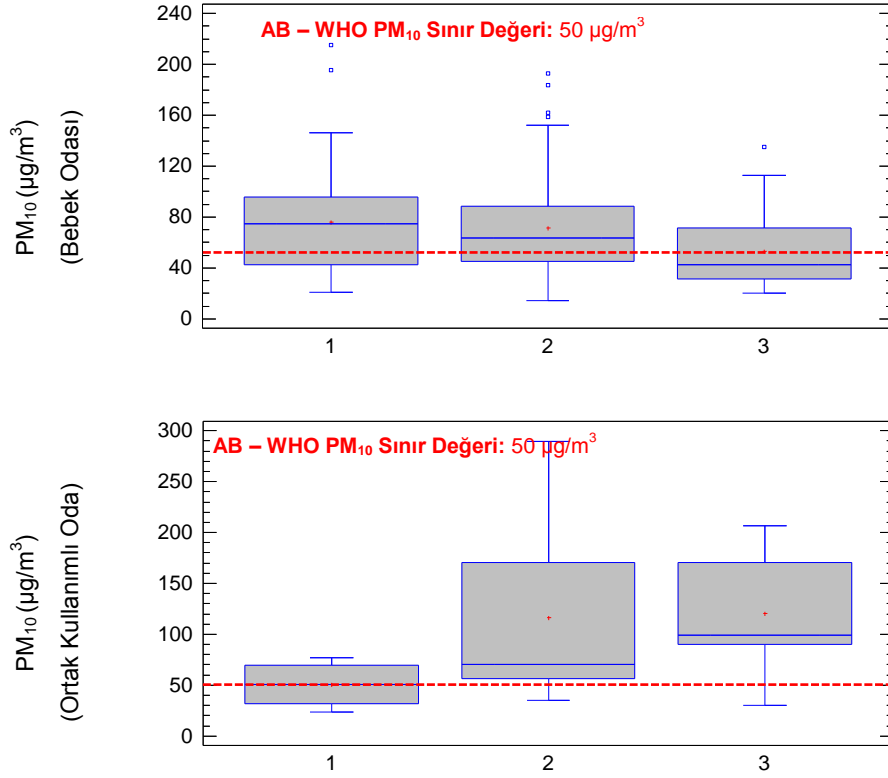
Anket çalışmaları sonucuna göre evlerin %25'inde hemen hemen her gün, %52'sinde haftada 1 ve/veya 2 defa ve %23'ünde ise daha az sıklıkla temizlik yapılmakta olduğu anlaşılmıştır. Yapılan tek yönlü ANOVA testlerinden Mood's Median Testi'ne göre, evlerin bebek odaları ve ortak kullanılan odalarında (bebek uyku odası ve oturma odası olarak) PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

Hanede ıslak temizlik yapma sıklığına göre; bebek odası ve bebek uyku odası ile oturma odası olarak kullanılan ortak odalarda kaba partikül (PM<sub>10</sub>) konsantrasyon seviyeleri Çizelge 4-15'de ve değişimlerin grafiksel gösterimi ise Şekil 4.26'da verilmiştir.

**Çizelge 4-15 Evlerin iç ortamlarında (bebek ve ortak kullanımlı odalar) PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçlarının ıslak temizlik yapma sıklığına göre konsantrasyon değerleri (µg/m<sup>3</sup>)**

Temizlik yapma sıklığı	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) Ortalama Konsantrasyon ± Standart Sapma (Min.-Maksi.)			
	N	Bebek Odası	N	Ortak Kullanımlı Oda
Her gün	39	75.6±44.8 (20.9-215.1)	4	50.7±23.3 (23.8-76.9)
Haftada 1 veya 2 sefer	65	71.4±39.6 (14.6-193.2)	12	116.6±79.9 (35.1-289.8)
2 haftada 1 sefer veya daha az sıklıkla	29	53.0±28.7 (19.9-135.3)	13	120.6±56.9 (30.2-206.5)

N: Örnekleme Sayısı



Not: 1= Her gün, 2= Haftada 1 veya 2 sefer, 3= 2 haftada 1 sefer veya daha az sıklıkla

Şekil 4.26 Evlerin iç ortamlarında (bebek ve ortak kullanımlı odalar) PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçlarının ıslak temizlik yapma sıklığına göre dağılımı (µg/m<sup>3</sup>)

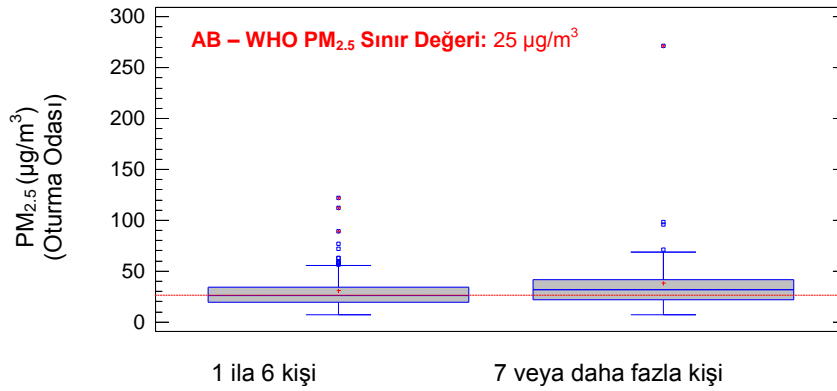
- **Örnekleme Sırasında Ortamda Bulunan Kişi Sayısına İlişkin Değerlendirme**

Bazı araştırmalarda evlerin konumunun ve evde yaşayan kişi sayısının kirletici miktarlarını etkilediği görülmüştür [125] [126]. Hanede ikamet eden kişi sayısı kadar örnekleme esnasında ortamda bulunan kişi sayısında ölçüm yapılan parametrelerin konsantrasyon seviyelerinin değişimlerinde önemli bir etkidir. Yapılan anket çalışmaları sonucuna göre örnekleme çalışmaları esnasında evlerin %6'sında 3 kişi, %70'inde 4 ila 6 kişi ve %24'ünde ise 7 ve daha fazla kişi bulunduğu anlaşılmıştır. ANOVA testlerinden Mood's Median Testi'ne göre, evlerin oturma odalarında PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonlarında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Örnekleme sırasında ortamda bulunan kişi sayısına göre; oturma odasında ince partikül (PM<sub>2.5</sub>) konsantrasyon seviyeleri Çizelge 4-16'da ve değişimlerin grafiksel gösterimi ise Şekil 4.27'de verilmiştir.

**Çizelge 4-16 Evlerin oturma odalarında PM<sub>2.5</sub> ölçüm sonuçlarının örnekleme esnasında ortamda bulunan kişi sayısına göre konsantrasyon değerleri (µg/m<sup>3</sup>)**

Örnekleme sırasında ortamda bulunan kişi sayısı	N	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) Ortalama Konsantrasyon ± Standart Sapma (Min.-Maksi.)
1 ila 6 arası kişi	121	30.7±19.0 (7.7-121.8)
7 veya daha fazla kişi	55	38.1±37.1 (7.6-271.8)

N: Örnekleme Sayısı



**Şekil 4.27 Evlerin oturma odalarında PM<sub>2.5</sub> ölçüm sonuçlarının örnekleme esnasında ortamda bulunan kişi sayısına göre konsantrasyon değerlerinin grafiksel gösterimi (µg/m<sup>3</sup>)**

- **Örnekleme Yapılan Saatlere Göre Yapılan Değerlendirme**

Proje kapsamında evlere gün içerisinde 09:00 ile 18:00 saatleri arasında gidilmiştir. İç ve dış ortam PM konsantrasyon seviyelerinin öğleden önce ve öğleden sonra olmak üzere ölçüm yapılan saat aralıklarına göre zamansal değişimleri normal dağılım göstermeyen veriler için daha uygun olan Kruskal-Wallis ve Mood's Median Testleri ile incelenmiştir. Uygulanan bu test sonuçlarına göre evlerin ortak kullanım alanlarında (bebek uyku odası ve oturma odası) ölçüm yapılan saat aralıkları arasında PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ( $p < 0.005$ ). Sabah saatlerinde gerçekleştirilen ölçümlerde PM<sub>2.5</sub> değeri 21.8 µg/m<sup>3</sup> ile 224.5 µg/m<sup>3</sup> arasında değişmekte olup, gözlenen ortalama konsantrasyon 63.8±78.9 µg/m<sup>3</sup>'dür. Öğleden sonra gidilen evlerde ise ortalama PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonu 12.1 µg/m<sup>3</sup> ve 21.5 µg/m<sup>3</sup> arasında değişkenlik göstermekte olup, ortalama PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonu ise 18.3±5.4 µg/m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca, kaba ve çok ince partikül

seviyelerinin gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermediği gözlenmiştir. En yüksek pik konsantrasyonlar ise sabah saatinde kaydedilmiştir. Menteşe [126] tez çalışmasında iç ortam  $PM_{2.5}$  konsantrasyonunun ölçüm yapılan saat aralığına göre zamansal değişimini incelemiş olup, ölçüm sonuçlarına göre en yüksek pik konsantrasyonlarını günün 15:15-16:30 arasında evlerin mutfak bölümünde elde etmiştir.

- **İnşaat Faaliyetlerine Yakın Evlere İlişkin Değerlendirme**

Özellikle  $PM_{10}$  için gösterilebilecek en büyük doğal kaynaklardan biri yollardan kalkan toz ve bir diğeri de inşaat faaliyetlerinden kaynaklanan kaba partiküllerdir. Ankara Kalkınma Ajansı'nın hazırlamış olduğu "Ankara Mevcut Durum Raporu (2011-2013)'nda yer alan bilgiye göre [127]; Ankara nüfusunun 2010 yılı sonu itibariyle %97.27'si il ve ilçe merkezlerinde yaşayan kentsel nüfustur. Köy nüfusu, toplam nüfusun %2.73'ü gibi oransal olarak çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Dolayısıyla Ankara kentleşme oranı yüksek şehirlerden bir tanesidir ve bu durum göz önünde bulundurulduğunda inşaat faaliyetlerinin şehir içerisinde ciddi bir artış gösterdiği açıktır. Örnekleme çalışmaları sırasında, ölçüm yapılan evlerin dış ortamlarında yaklaşık 50 m mesafede bina inşaat çalışmalarının olup olmadığı gözlenmiş olup, bu bilgiler kaydedilmiştir. Dış ortam örneklemesi esnasında inşaat faaliyetlerinin eve olan yakınlığına örnek bir gösterim Şekil 4.28'de verilmiştir.



**Şekil 4.28 İnşaat faaliyetine yakın dış ortam örneklemesine ilişkin örnek görünüm**

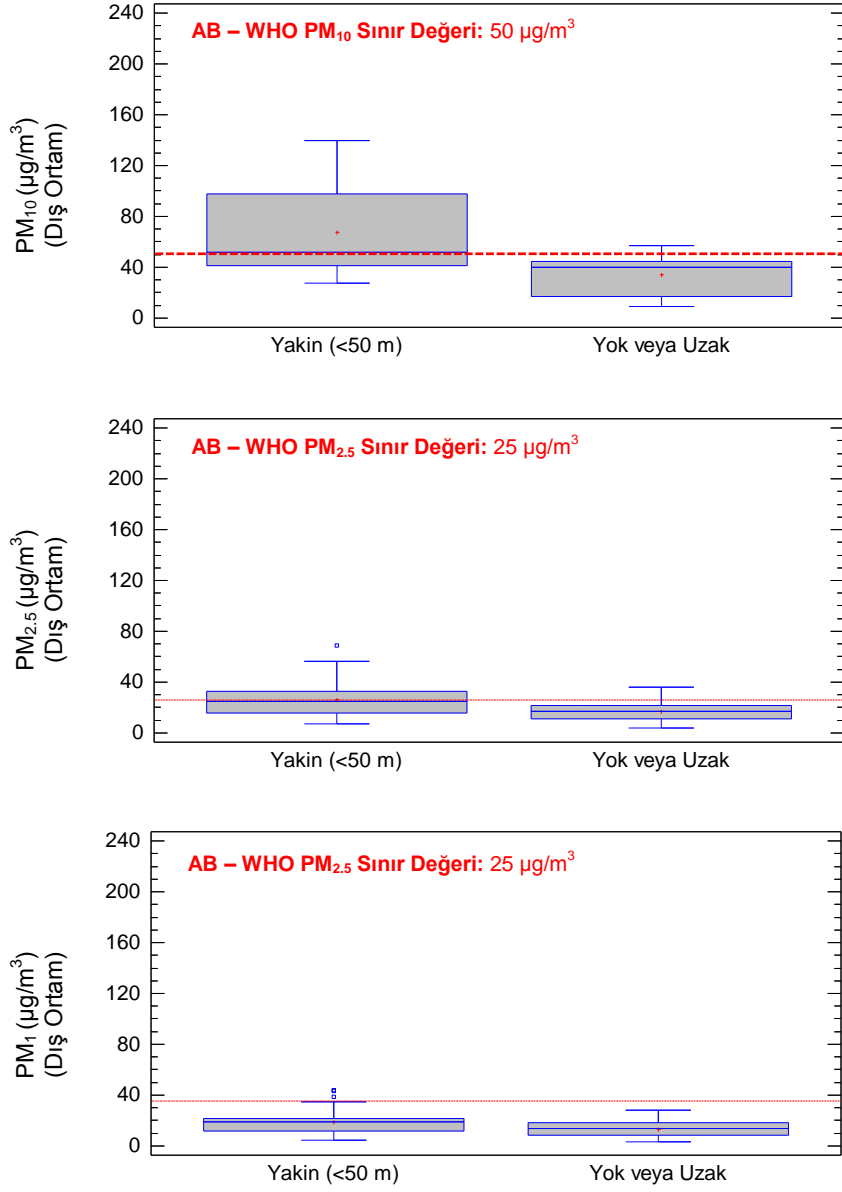
Örnek anket çalışmalarının analizleri sonucu evlerin yaklaşık %47'sinin toz yayıcı inşaat faaliyetlerine yakın olduğu tespit edilmiştir. Toz yayıcı faaliyetlere yakın olmanın dış ortam PM seviyelerinde değişimleri normal dağılım göstermeyen veriler için daha uygun olan Kruskal-Wallis ve Mood's Median Testleri ile incelenmiş olup, uygulanan bu test sonuçlarına göre evlerin dış ortamlarında ölçülen PM konsantrasyonlarının gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ( $p < 0.005$ ). İnşaat faaliyetlerine yakın lokasyonda bulunan evlerin dış ortamlarında kayıt edilen  $PM_{10}$  konsantrasyonu  $27.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile  $139.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişmekte olup, gözlenen ortalama konsantrasyon  $67.6 \pm 35.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dür. Tespit edilen dış ortam  $PM_{2.5}$  konsantrasyonu  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişkenlik göstermekte olup, ortalama  $PM_{2.5}$  konsantrasyonu ise  $26.0 \pm 13.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak tespit edilmiştir.  $PM_1$  konsantrasyon seviyelerinde ciddi farklılık gözlenmiş olup, inşaat faaliyetlerine yakın olan evlerde konsantrasyon seviyeleri sırasıyla  $4.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile  $44.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında dağılım göstermiş olup, ortalama konsantrasyon  $18.7 \pm 9.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dür.

Ölçüm yapılan evlerin inşaat faaliyetlerine yakın bulunma durumlarına göre; dış ortam  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  konsantrasyon seviyeleri Çizelge 4-17'de ve değişimlerin grafiksel gösterimi ise Şekil 4.29'da verilmiştir.

**Çizelge 4-17 Evlerin dış ortamlarında PM ölçüm sonuçlarının inşaat faaliyetlerine yakınlığına ilişkin konsantrasyon değerleri ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

Evlerin İnşaat Faaliyetlerine Yakınlığı	$PM_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		$PM_{2.5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		$PM_1$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	N	Ortalama Konsantrasyon $\pm$ Standart Sapma (Min.-Maksi.)	N	Ortalama Konsantrasyon $\pm$ Standart Sapma (Min.-Maksi.)	N	Ortalama Konsantrasyon $\pm$ Standart Sapma (Min.-Maksi.)
Yakın (<50 m)	20	$67.6 \pm 35.4$ (27.7-139.6)	38	$26.0 \pm 13.5$ (7.0-69.0)	38	$18.7 \pm 9.9$ (4.2-44.0)
Yok veya Uzak	17	$34.0 \pm 16.1$ (9-56.7)	42	$17.0 \pm 7.9$ (3.5-35.7)	42	$13.1 \pm 6.33$ (2.9-28.3)





**Şekil 4.29** Evlerin dış ortamlarında PM ölçüm sonuçlarının inşaat faaliyetlerine yakınlığına ilişkin konsantrasyon değerlerinin grafiksel gösterimi (µg/m<sup>3</sup>)

#### **4.8 Kirletici Kaynağı Tanımlama**

İç ortam hava kirliliğinin varlığından bahsedilebilmesi için örnekleme yapıldığı günlerdeki iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları arasında bir gradyan olup olmadığına bakılması gerekmektedir.

İç ortam/dış ortam (İ/D) oranları genel olarak kirletici kaynağın iç ortamdandır mı, yoksa dış ortamdandır mı kaynaklandığını belirlemek için kullanılmaktadır. Oran, 1'den büyük olduğu durumda toz kaynağının iç ortam aktivitelerinden kaynaklandığı söylenebilir.

*Kirletici Kaynağı Tanımlama* başlığı iki alt başlıktan oluşmaktadır: ilk başlıkta mikro ortamlarda ölçülen partikül seviyelerine ait İ/D oranları incelenmiştir. İkinci başlıkta ise proje kapsamında evlerin dış ortamlarında ölçülen PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> konsantrasyon değerleri ile bu evlerin yakınında bulunan hava kalitesi istasyonlarından sağlanan (Dikmen, Demetevler, Sincan, Sıhhiye ve Kayaş İstasyonları) PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonları kullanılarak PM<sub>1</sub>/PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> ve PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> oranları tespit edilmiştir. Böylelikle, ölçüm yapılan ortamlarda baskın partikül madde boyutları ve ortamdaki partikül madde konsantrasyonlarının olası kaynakları incelenmiştir.

##### **4.8.1 İç/Dış (İ/D) Oranları ile Kirletici Kaynağı Tanımlama**

Çalışma kapsamında III. ve IV. dönem örnekleme döneminde iç ortam ölçümlerine ilave olarak dış ortam PM ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Bundan dolayı sadece bu dönem verilerinden faydalanılarak ortam kaynak tanımı yapılabilmektedir.

Çalışma kapsamında genel olarak oturma ve bebek odaları olmak üzere iki tip iç ortamda ölçüm yapılmıştır. Bu ortamlarda kirletici kaynağının o ortamlar için ayrı ayrı belirlenebilmesi adına İ/D oranları hesaplanmıştır. Dış ortam ölçümleri gerçekleştirilen dönemlerde oturma ve bebek odalarına ait İ/D konsantrasyon oranları tüm kirleticiler için birden büyük olduğu, dolayısıyla kirletici kaynağının iç ortamdandır kaynaklandığı gözlenmiştir (Çizelge 4-18).

**Çizelge 4-18 Oturma ve bebek odalarına ait PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> için İ/D oranları**

Faktör	İ/D Oranları		
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>1</sub>
Oturma Odası	1.55±1.03 (1.25)	1.24±0.67 (1.11)	1.10±0.63 (1.06)
Bebek Odası	1.15±0.76 (0.9)	1.18±0.68 (1.01)	1.12±0.61 (1.01)

Mevsimsel farklılık, ev içerisinde sigara içilme durumu, konut ısınma türü ve inşaat faaliyetlerine yakınlıkla ilişkili olarak İ/D oranları da incelenmiştir. Bu koşullar için iç ortam durumunu temsil etmesi açısından oturma ve bebek odalarına ait PM konsantrasyon değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak yeni bir değer olan *iç ortam ortalaması (İOO)* değeri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

İç ortamda ölçülen kirletici konsantrasyonları iç ve dış ortamdaki kaynaklardan etkilenebilmektedir. Özellikle camların açık olduğu dolayısı ile dış ortam ile etkileşimin fazla olduğu ilkbahar ve/veya yaz mevsimlerinde, dış ortamdaki kaynaklardan etkilenme ihtimali kuvvetle muhtemeldir.

Değerlendirme aşamasında öncelikle İ/D oranlarına ait veri setlerinin dağılımı Normalite ve Goodness-of Fit testleri uygulanarak bakılmıştır. Yapılan test sonuçları: tüm veri setlerinin %95 güven aralığında normal dağılım göstermediğini ifade etmiştir. Daha sonra tüm partikül madde boyutlarına ait İ/D konsantrasyon oranları için; oturma ve bebek odaları, sigara tüketimi, evin bulunduğu kat, örnekleme esnasında evde bulunan kişi sayısı, sobalı evler, inşaat faaliyetlerine yakın bulunma, sabah ve öğleden sonra gerçekleştirilen örneklemler ve çevresel toz taşınımının olduğu ve olmadığı günlere ilişkin tek yön ANOVA testi uygulanmıştır. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı olup olmadığının daha belirgin tespit edilebilmesi için Multiple Range testinin yanı sıra, normal dağılım göstermeyen veriler için daha uygun olan Kruskal-Wallis ve Mood's Median Testleri de uygulanmıştır. Yapılan test sonuçlarına göre; ilkbahar ve kış mevsimleri arasında Kruskal Wallis testine göre PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> için İ/D oranları %30-40 oranında, %95 güven aralığında istatistiksel olarak farklılık olduğu tespit edilmiştir. Her iki partikül madde konsantrasyonları için belirlenen İ/D oranları, ilkbahar mevsiminde 1'in üzerinde gözlenirken, kış mevsiminde 1'in altında gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, PM<sub>10</sub> için belirlenen İ/D oranlarının Multiple Range testine göre %80 oranında farklı olduğu gözlenmiş olup ( $p < 0.005$ ), Kruskal-Wallis

ve Mood'a Median testlerine göre herhangi bir farklılık göstermemiştir. Koşullara ait İ/D oranları Çizelge 4-19'da verilmiştir.

**Çizelge 4-19 Bazı koşullara göre PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> için İ/D oranları**

Faktör	İ/D Oranları		
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>1</sub>
İlkbahar	-	1.3	1.2
Yaz	1.9	1.2	1.1
Sonbahar	1.2	1.1	1.1
Kış	1.1	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>
Sigara+	1.2	1.2	1.2
Sigara-	1.2	1.0	<b>0.9</b>
Soba+	1.5	1.1	<b>0.9</b>
Soba-	1.2	1.1	1.1
İnşaat+	2.3	1.2	1.1
İnşaat-	1.4	1.3	1.2

Partikül maddelerin iç/dış oranlarına ilişkin literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda; literatür çalışmalarında, iç/dış oranındaki değişimin büyük ölçüde iç ortam aktiviteleri sonucu oluştuğu belirtilmektedir [6]. Bazı çalışmalarda da ince partiküllerin (<2.5 µm) ev temizliği (süpürme vb.) gibi ev içi aktivitelerinden oluştuğunu tespit edilmiştir [128].

Bu tez çalışması kapsamında evlerde yapılan ölçümler günün sadece gündüz saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bizim ölçümlerimizde günün sabah saatlerinde yapılan ölçümlere ait İ/D oranları öğleden sonra ölçüm yapılan evlerde tespit edilen İ/D oranlarına nazaran daha düşük tespit edilmiştir. Kamens ve arkadaşları [128]'nin yapmış olduğu çalışmada günün hem gündüz hem de gece saatlerinde ölçümler gerçekleştirilmiş olup, partikül maddelerin İ/D oranları incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, genel anlamda günün erken saatlerinde kaba partiküllerin birikim yaparak yüzeye çökmesinden ötürü ölçüm yapılan evlerde (00:00-08:00) İ/D oranının 1'in altında olduğu tespit edilmiştir. Gündüz saatlerinde (08:00-17:00) ise bu oranın 1'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Kamens ve arkadaşlarının [128], günün gündüz saatlerinde gerçekleştirdiği partikül madde oranlarının bu çalışma kapsamında sabah ve öğleden sonra yapılan ölçümlere ait İ/D oranları ile benzerlik göstermiş olduğu ve her iki çalışmada tespit edilen bu İ/D oranlarında gündüz saatlerinde ev içerisinde

insan aktivitelerinin artış göstermesinden kaynaklı çöken partikül maddelerin tekrar havada asılı duruma geçmesi ile iç ortam ince ve kaba partikül konsantrasyonlarının artışına sebep olduğu gözlenmiştir.

Bir başka çalışmada, sigara içilen hemen hemen tüm evlerde İ/D oranlarının 1'den yüksek olduğu ve partikül madde konsantrasyonunun baskın bir şekilde sigara kullanımından kaynaklandığı vurgulanmıştır [72]. Bizim çalışmamızda ise sigara içilmeyen evlerde sadece ince partikül madde konsantrasyonlarına (PM<sub>1</sub>) ait İ/D oranı 1'in altında tespit edilmiştir (İ/D= 0.9). Karakaş ve Güllü [105]'nün evlerde partikül madde boyut dağılımı konsantrasyonlarına etki eden faaliyetlerin araştırılmasına yönelik yapmış oldukları çalışmasında da tespit edildiği üzere iç ortamda sigara kullanımının ince ve ultra ince (en yüksek oranlar 0.25 µm ve 0.30 µm boyutlarında gözlenmiştir) partikül konsantrasyonlarında farklılık gösterdiği sonucu ile benzer olarak çıkarım yapılmıştır. Quackenboss ve arkadaşlarının [129] evlerde yapmış olduğu bir diğer çalışmada da sigara kullanılmayan evlerde medyan İ/D oranının 0.63, sigara kullanılan evlerde ise 1.1 olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> konsantrasyonları için İ/D oranları kış mevsiminde 0.9 olarak tespit edilmiş olup, diğer mevsimlerde bu oran 1'in üzerinde bulunmuştur. Literatürde yapılan çalışmalarda, mevsimsel farklılıklara ilişkin İ/D oranları da incelenmiştir. Lee ve arkadaşlarının [130], Chongju (Kore) şehrinde iç ve dış ortam hava kalitesi arasındaki ilişkiyi incelemeye yönelik yaz mevsiminde bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda yaz mevsiminde PM<sub>2.5</sub> için İ/D oranı 0.96 olarak tespit edilmiştir. Lee ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği bu çalışma kapsamında yaz mevsimine ait İ/D oranı, tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen bu çalışma sonuçları ile paralellik göstermemektedir. Söz konusu bu farklılığın; Chongju şehrinin Kore'deki diğer şehirlere kıyasla temiz alan olarak değerlendirilmesine rağmen; şehir nüfusunun kayda değer bir oranda artış göstermesine, şehirde endüstriyel faaliyetlerden kaynaklı yaz aylarında emisyon salınımının ve kış aylarında ise ısınmadan kaynaklı emisyonların olması, Lee ve arkadaşlarının [130] gerçekleştirmiş olduğu bu çalışmada kirletici kaynağının dış ortamdaki kaynaklanmasına sebep olarak açıklanabilmektedir. İ/D oranına birçok çevresel faktörün etki edebilmesinin yanı sıra, ölçüm yapılan yerin farklı coğrafyada olması da büyük önem taşımaktadır. Bundan dolayı konu ile ilgili aynı şehirde gerçekleştirilen çalışmalara bakılmıştır. Aynı şehirde yapılan bir çalışmada;

Güllü ve Menteşe [57], ölçüm yaptıkları farklı mikro-ortamlarda (ev, işyeri/üniversite, ilkokul ve kreş), yaz ve kış aylarında gözlenen ortalama çap boyutunun mevsimsel olarak farklılık gösterdiğini tespit etmiştir. Çalışmalarında ayrıca kış döneminde gözlenen iç/dış oranları genel olarak 1'den daha düşük olarak tespit edilmiş olup, en düşük İ/D oranlarına işyeri/üniversite ortamında (0.68-0.82) rastlamışlardır. Sonuç olarak; aynı şehirde gerçekleştirilmiş olan Güllü ve Menteşe [57]'nin çalışması ile bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen ölçüm sonuçları, kış mevsiminde  $PM_{10}$  İ/D oranlarının 1'den düşük tespit edilmesi bakımından ve kirletici kaynağının kış aylarında dış ortam hava kalitesinden kaynaklanması yönünden benzer bulgulara sahip olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, 2012 yılı Ankara İl Çevre Durum Raporu'na göre; Ankara ilinde özellikle kış sezonunda meteorolojik şartlara da bağlı olarak hava kirliliği görüldüğü ifade edilmektedir [131]. Bunun sebebi olarak, kış aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin temel sebepleri; düşük vasıflı yakıtların iyileştirilme işlemine tabi tutulmadan kullanılması, yanlış yakma tekniklerinin uygulanması ve kullanılan yakma sistemleri işletme bakımlarının düzenli olarak yapılmaması şeklinde düşünülmektedir.

#### 4.8.2 $PM_1/PM_{2.5}$ , $PM_{2.5}/PM_{10}$ ve $PM_1/PM_{10}$ Oranları ile Kirletici Kaynağı Tanımlama

Çalışma kapsamında ayrıca  $PM_1/PM_{2.5}$ ,  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ve  $PM_1/PM_{10}$  oranları tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda bulunan oranlar Çizelge 4-20'de verilmiştir.

Çizelge 4-20 Dış ortam ve istasyon PM değerlerine ait  $PM_1/PM_{2.5}$ ,  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ve  $PM_1/PM_{10}$  oranları

Ortam	Kaynak	$PM_1/PM_{2.5}$	$PM_{2.5}/PM_{10}$	$PM_1/PM_{10}$
O	Proje Verileri	0.7	0.4	0.3
B		0.7	0.5	0.4
OB		0.7	0.4	0.3
İç Ortam Ortalama Değeri		0.7	0.4	0.3
D		0.8	0.6	0.5
D	İstasyon Verileri	-	0.4	-

Aynı ortamda ölçülen ince partiküllerin ( $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$ ) kendilerinden daha büyük çaplı partiküllere oranı, ölçüm yapılan ortamda hangi partikül çapının baskın olarak bulunduğunu göstermede yardımcı olan bir değerdir. Oranın 1 olması; ölçüm yapılan ortamda tespit edilen partiküllerin tamamının aslında ince partiküllerden oluştuğunu ifade etmektedir. Proje kapsamında ölçülen PM konsantrasyonları oranlarına göre: her bir iç ortamda gerçekleştirilen PM konsantrasyonlarına ait  $PM_1/PM_{2.5}$  oranı 0.7 ve dış ortam oranı ise 0.8 olarak tespit edilmiştir. Değerlerin 1'e yakın olması ölçüm yapılan ortamlarda ve bu ortamların dış ortamlarında  $1 \mu m$  çapına sahip partiküllerin o mikro ortamda baskın olduğunu göstermektedir. Ultra ince ve ince partiküller sağlık etkisi bakımından kaba partiküllerden daha tehlikelidir [96]. Karakaş ve Güllü [105] tarafından, evlerde iç ortam partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyonlarına etki eden faaliyetleri incelemeye ilişkin yapılan çalışmada, sigara içilen ortamlarda bulunan partikül madde boyut dağılımlarının  $0.25-0.5 \mu m$  arasında en yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. Bundan dolayı, sigara içilen evlerde baskın partikül madde boyutunu gözleyebilmek için, ev içerisinde sigara içilen evler ile sigara kullanımı olmayan evlere ait  $PM_1/PM_{2.5}$ ,  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ve  $PM_1/PM_{10}$  oranlarına bakılmış olup, oranlar sırasıyla 0.7, 0.4 ve 0.3 olarak tespit edilmiştir. Proje kapsamında gidilen evlerin yaklaşık %45'inde sigara kullanılmaktadır. Sonuçlar ev içerisinde her iki durumda baskın partikül madde çapının  $1 \mu m$  olduğunu göstermiştir.

İstasyon verilerine göre ise  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranı 0.4 olarak tespit edilmiş olup, şehir havasında  $10 \mu m$  çapına sahip partiküllerin daha baskın olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'de gerçekleştirilen dış ortam partikül madde konsantrasyon seviyelerine ilişkin yapılan çalışmalarda,  $PM_1/PM_{2.5}$ ,  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ve  $PM_1/PM_{10}$  oranları hesaplanmamış olup, bu çalışma kapsamında bulunan oranlar diğer ülkelerde gerçekleştirilen çalışmalar ile karşılaştırılabilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda şehir içerisinde gerçekleştirilen çalışmalarda tespit edilen  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranlarının kırsal bölgelerde gerçekleştirilen çalışmalarda tespit edilen orana kıyasla yüksek olduğu gözlenmiştir. Tayvan'ın başkenti Taipei şehrinde, PM konsantrasyon seviyesi ve  $PM_{2.5}/PM_{10}$  kütleli dağılımını tespit etmek için çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre,  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranlarının Taipei'de 0.5-0.7 aralığında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir [132]. Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) tarafından bazı Avrupa ülkeleri için toplam ve yol ulaşımına ilişkin  $PM_{2.5}/PM_{10}$  emisyon

oranları tespit edilmiştir [110]. Ükelere ait ortalama  $PM_{2.5}/PM_{10}$  emisyon oranları Çizelge 4-21’de verilmiştir.

**Çizelge 4-21 Bazı Avrupa ülkelerine ait  $PM_{2.5}/PM_{10}$  emisyon oranları**

Ülke Adı	$PM_{2.5}/PM_{10}$ Emisyon Oranı	
	Toplam	Ulaşım Kaynaklı (Yol)
İrlanda	0.8	1
Portekiz	0.8	1
Danimarka	0.7	0.9
Finlandiya	0.7	0.4
İsveç	0.7	0.2
Estonya	0.7	0.9
İngiltere	0.6	0.8
Hollanda	0.6	1
Avusturya	0.6	0.7
Belçika	0.5	0.9
Fransa	0.5	0.8
Norveç	0.6	-
İsviçre	0.5	-
<b>Türkiye</b> (bu çalışma kapsamında istasyon verilerinden elde edilen değerler ile)	<b>0.4</b>	-
<b>Türkiye</b> (evlerin dış ortamlarında tespit edilen değerler ile)	<b>0.6</b>	-

Örnekleme çalışmaları sırasında, gidilen evlerin bir kısmında ölçüm esnasında 50 metre mesafeden yakın inşaat yapım işlerinin yürütüldüğü gözlenmiş olup, bu evlerin bilgisi kaydedilmiştir. Bu kapsamda, yakın mesafede yürütülen inşaat faaliyetlerinden ötürü dış ortamda kaba partikül madde seviyelerinin farklılık gösterebileceği tahmin edilmektedir. Bu kapsamda, inşaat faaliyetlerine yakın olan evler ile olmayan evlere ait dış ortam  $PM_1/PM_{2.5}$ ,  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ve  $PM_1/PM_{10}$  oranları



da incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda inşaata yakın evler ile çevresinde inşaat işleri gerçekleştirilmeyen evlerde  $PM_1/PM_{2.5}$  oranları eşit ve 0.7 oranında tespit edilmiştir.  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ve  $PM_1/PM_{10}$  oranlarında ise inşaata yakın evlerin (sırasıyla  $r_{inşaat\ var} = 0.3$ ,  $r_{inşaat\ yok}=0.2$ ), inşaat faaliyetleri sürdürülmeyen evlerde (sırasıyla  $r_{inşaat\ var} = 0.2$ ,  $r_{inşaat\ yok}=0.1$ ) tespit edilen oranların düşük gözlenmesine rağmen anlamlı bir fark gözlenememiştir. Bunun sebebi olarak, inşaat faaliyetlerinin  $10\ \mu m$ 'den büyük partikül çapına sahip partiküller oluşturması ve bu çaptaki partiküllerin ortamda baskın olarak bulunması olarak değerlendirilmektedir.

## 5. GENEL DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, 2011-2014 seneleri arasında, 110Y082 Nolu, “Prenatal Dönemden Başlayarak 2 Yaşına Gelinceye Kadar Çocukların Evlerindeki İç Ortam Kirleticilerinin ve Bu Kirleticilerle Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları ve Alerjik Yakınlıklar Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi” konulu TÜBİTAK Projesi çalışmasına ait  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  ölçümleri üzerinde çalışılmıştır. Evlerin oturma, bebek odası ve dış ortamlarında  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  seviyelerinin başlıca kaynaklarını tespit etmek üzere analizler, dört farklı dönemde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, kirletici-kaynak ilişkisinin ortaya çıkarılması amacıyla  $CO_2$ , CO, sıcaklık, nem ölçümleri de yapılmış, meteorolojik parametrelerin kayıtları alınmıştır. Ailelerin ve bebeklerin sosyo-demografik özellikleri ve yaşam alışkanlıklarına ilişkin veriler yapılandırılmış anket formları ile toplanmış olup, partikül madde ile ilişkisi irdelenmiştir. Çalışma kapsamında yapılan genel değerlendirme ve öneriler konularına göre aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

Tüm dönemlere ait PM konsantrasyonları değerlendirmesi sonuçlarına göre; oturma ve bebek uyku odası olarak kullanılan ortak odalar, en yüksek  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  konsantrasyon seviyelerinin gözlemlendiği yer iken; bebek odaları düşük PM konsantrasyonlarının gözlemlendiği ortam olmuştur. Bu durum, bebek odalarının daha az sıklıkla kullanılması, dolayısıyla ev içi faaliyetlerinin daha az gözlemlendiği ortamlar olmasından kaynaklanmaktadır.

Dört dönem boyunca gidilen ortak ev sayısı 8'dir. Sadece ortak evlere ait PM konsantrasyonları değerlendirildiğinde; oturma odaları ve iç ortam ortalama konsantrasyonlarında II. ve IV. dönemlerde (sonbahar/kış) gerçekleştirilen  $PM_{10}$  konsantrasyon ölçümleri dönemsel olarak farklılık göstermiştir. Sonbahar/kış dönemi içerisinde olan II. dönemde,  $PM_{10}$  konsantrasyon değerinin yüksek gözlenmesi; soğuk mevsimlerde evlerde yeterli havalandırma yapılmaması ve iç ortam insan aktiviteleri ile mutfak faaliyetlerinin ortamda partikül madde konsantrasyonuna katkı sağlaması olarak tahmin edilmektedir.

Tez çalışması kapsamında ev içi faaliyetlerinin PM boyut dağılımlarını gözleyebilme adına referans deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan referans deneylerden elde edilen sonuçlara göre: aerodinamik çapı 0.25 µm 0.28 µm ve 0.30 µm olan PM ortalama konsantrasyonu ince sigara tüketiminde, klasik sigara tüketimine göre yüksek gözlenmiştir. Aerodinamik çapı 0.35 µm, 0.40 µm, 0.45 µm ve 0.50 µm olan PM ortalama konsantrasyonlarında ise klasik tip sigara, ince tip sigaraya oranla daha yüksek PM boyut dağılımı ve konsantrasyonuna sahiptir. Deneyler arasında, analiz edilen en yüksek ortalama PM boyut dağılımı ve konsantrasyon miktarları, mum yakımı deneyinde %37.41'lik oranla 0.25 µm ve %22.74'lük oranla 0.28 µm çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Genel olarak, ev içerisinde sigara tüketimi, mum yakımı gibi faaliyetlerden ultra ince partikül maddelerin açığa çıktığı gözlenmiştir.

Çalışma kapsamında, ayrıca evlerin dış ortamında gerçekleştirilen PM ölçümlerinin, evlere en yakın hava kalitesi istasyonlarında kaydedilen değerler ile uyumu incelenmiştir. En yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyon değeri 12 Haziran 2012 tarihinde Keçiören Hava Kalitesi istasyonunda ve en yüksek PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon değeri ise 14 Ocak 2014 tarihinde Demetevler Hava Kalitesi istasyonunda kaydedilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, istasyon PM<sub>10</sub> ve proje dış ortam PM<sub>10</sub> ile istasyon PM<sub>2.5</sub> ve proje dış ortam PM<sub>2.5</sub> parametrelerinin birbirleri ile korele olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla tez çalışması kapsamında evlerin dış ortamında ölçülen PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonları, evlerin yakınında bulunan hava kalitesi izleme istasyonlarından sağlanan PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonları ile benzerlik göstermiş olup, örnekleme sırasında gerçekleştirilen dış ortam PM ölçümlerinin nispeten temsil edici nitelikte olduğu gözlenmiştir.

Örnekleme dönemleri süresince Ankara ilinin PM profilini gözleyebilme açısından 8 adet Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarında kaydedilen saatlik PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyeleri incelenmiştir. İstasyon bazında saatlik PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyelerine bakıldığında genel olarak ortalama konsantrasyon seviyelerinin benzer olduğu gözlenmiş olup, ancak Sıhhiye istasyonunda hem PM<sub>10</sub> hem de PM<sub>2.5</sub> kirlilik seviyelerinde en temiz istasyon olan Bahçelievler istasyonuna göre %62 oranında daha kirli olduğu gözlenmiştir. PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon seviyelerinin günün sabah (8:30-10:30) ve akşam (20:00-22:00) saatlerinde diğer saat dilimlerine göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, en

düşük PM konsantrasyon seviyeleri günün sabah erken saatlerinde (5:00-06:00) ve öğleden sonra (15:00 civarı) zaman diliminde gözlenmiştir. Dış ortam hava kalitesinin direk veya dolaylı olarak iç ortam hava kalitesini etkilediği göz önünde bulundurulduğunda, Ankara'da iç ortamların sabah erken saatlerinde (5:00-06:00) ve/veya öğleden sonra (15:00 civarı) zaman diliminde havalandırılması partikül madde kirleticisine daha az maruz kalma açısından daha uygun olacağı açık şekilde gözlenmiştir. PM seviyeleri mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir. Kış döneminde tüm istasyonlarda gözlenen  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyonlarının yaz dönemine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gözlenen mevsimsel farklılık birçok faktörden kaynaklanabilmektedir. Genel olarak soğuk ortamlarda fotokimyasal reaksiyonların hızının düşük olması, ısıtma kaynaklarının emisyonlarının soğuk dönemde daha fazla olması ve karışım yüksekliğinin kışın daha az olması bu farklılığı yaratan başlıca etmenlerdir.

İstasyon kayıtlarından elde edilerek hesaplanan  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranlarına göre: her bir istasyonda ölçüm süresince gerçekleştirilen PM konsantrasyon kayıtlarına ait tüm istasyonlarda  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranlarının genel anlamda benzerlik gösterdiği gözlenmiş olup, en yüksek  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranı (0.43) ise Sincan'da yer alan istasyonda tespit edilmiştir. İstasyon verilerinden elde edilen PM konsantrasyon verilerinden, mevsimsel farklılıklara göre  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranı incelendiğinde ise en yüksek oran 0.44 ile kış mevsiminde gözlenmiştir.  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranının en yüksek kış mevsiminde gözlenmesi, ortamda diğer mevsimsel dönemlere oranla  $PM_{2.5}$  seviyesinin baskın olarak bulunduğunu göstermektedir. Kış mevsimlerinde ısınmadan kaynaklı ince partikül seviyelerinin artış göstermesi, bu artışın bir göstergesi olarak değerlendirilebilmektedir. Ankara ilinin gelişim süreci göz önünde bulundurulduğunda, örnekleme süresi boyunca istasyonlardan temin edilen PM kayıtlarında zamana göre PM dağılımına bakılmıştır. Yapılan inceleme sonucunda, 2012 yılının Haziran ayından itibaren genel olarak istasyonların  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyon seviyelerinde artış gözlenmiştir. Gerçekleştirilen kentsel dönüşüm çalışmaları, gecekondu yıkımları, toplu konut ile rekreasyon alanlarının inşaat çalışmalarının istasyonlarda genel  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyon seviyelerinin artışına sebep olmuş olabilir.

Partikül madde konsantrasyonları genel ve mevsimsel bazda incelendiğinde:

- (i) Tüm örnekleme verilerine göre: proje kapsamında kaydedilen dış ortam ince partikül madde ve istasyon verilerinden kaba ve ince partikül madde seviyeri, sıcaklık ile negatif bir korelasyon göstermiştir. Çalışmadaki PM kayıtlarının %40'ının sonbahar/kış mevsiminde %60'ının da ilkbahar/yaz mevsiminde meydana geldiği düşünülürse, yüksek derişimlerde proje ve istasyon verilerine ait  $PM_{10}$  ölçümleri ilkbahar/yaz dönemleri olan sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde tespit edilmiştir. Sonbahar/kış döneminde sıcaklıkla ilgili bir korelasyon gözlenmemiştir.
- (ii) Proje kapsamında dış ortamda kaydedilen ince partikül madde ve istasyonlarda kaydedilen ince ve kaba partikül madde konsantrasyonları ile bağıl nem arasında pozitif bir korelasyon gözlenmiştir. Buna karşın korelasyonlar mevsimsel bazda incelendiğinde ilkbahar/yaz mevsimlerinde kaydedilen kayıtlarda bağıl nem ile proje ve istasyon kaba partikül madde konsantrasyonları arasında negatif bir korelasyon gözlenmiştir. Partikül madde konsantrasyon seviyeleri ile bağıl nem arasında sonbahar/kış döneminde herhangi bir ilişki tespit edilememiştir.
- (iii) Korelasyon istatistiği sonucuna göre, rüzgâr hızının şiddeti arttıkça:
  - a. İlkbahar/yaz mevsiminde proje ince partikül madde derişimleri,
  - b. Sonbahar/kış mevsiminde ise proje verilerinde  $PM_{10}$  ve istasyon verilerinde kaba ve ince partikül madde derişimlerinin azaldığı gözlenmiştir.
- (iv) Yağış, yağmur gibi yağış olaylarının atmosferdeki solunabilen askıda partikül maddelerin en önemli giderilme mekanizmalarından biri olduğu bilinmektedir [114]. Buna bağılı olarak, çalışmadaki saatlik yağmur değerleri ile tüm verilere ait proje ve istasyon  $PM_{10}$  derişimleri arasında anlamlı düzeyde negatif bir ilgileşim olduğu gözlenmiştir.

Proje kapsamında ev içi koşullar ile PM ölçüm kayıtları arasındaki ilişki irdelendiğinde bazı anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Anket kayıtlarına göre elde edilen genel sonuçlar:

- Ev ölçümleri sırasında tüm dönemlerde evlerde yaklaşık %55 oranında sigara içildiği tespit edilmiştir. Sigara kullanılan evlerin oturma ve bebek odalarında  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  konsantrasyon seviyeleri sigara kullanılmayan evlere oranla daha yüksek tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca, kaba partikül seviyelerinin gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermediği gözlenmiştir.
- Yapılan tek yönlü ANOVA testlerinden Multiple Range Testi'ne göre, ana caddeye 50 metreden yakın olan evlerde ölçülen  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  konsantrasyon değerleri, ana cadde üzerinde bulunmayan veya trafik yoğunluğu olmayan evlere oranla dış ortamda yüksek gözlenmiştir. Gruplar arasında ilkbahar ve kış mevsimlerine göre mevsimsel farklılıkları da incelenmiş olup, bu mevsimlerde yapılan dış ortam ölçümlerinde ana caddeye yakınlığın önemli bir değişken olmadığı tespit edilmiştir.
- Proje kapsamında evlerin %90'ı betonarme ve %10'u ise kerpiç, ahşap vb. yapıdaki evlerdir. Yapılan tek yönlü ANOVA testlerinden Kruskal-Wallis Testi'ne göre, oturma ve bebek odalarında  $PM_{10}$  ve sadece oturma odasında  $PM_{2.5}$  konsantrasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir.
- Anket çalışmaları sonucuna göre evlerin %33'ü bodrum veya zemin katta, %20'si 1. veya 2. katta ve %46'sı ise 3. kat veya daha yukarı katlarda bulunmaktadır. Yapılan analiz sonuçlarına göre iç ortamda ölçülen kaba partikül seviyelerinin yukarı katlardan aşağı katlara inildikçe partikül madde konsantrasyonunun artış gösterdiği, buna karşın aynı değişimin veya tersi değişimin iç ve dış ortam ince partiküllerde göstermediği tespit edilmiştir. İnce partikül madde konsantrasyonları ise dış ortamda evin bulunduğu kata göre farklı bir değişim göstermiştir. En yüksek ince partikül madde konsantrasyonları 1. ve 2. katta bulunan evlerde gözlenmiştir. Ayrıca bodrum ve zemin katta bulunan evler ile 3. kat ve daha yukarısında bulunan evlerde ölçülen ince partikül madde konsantrasyon seviyeleri birbirine yakın tespit edilmiştir. Sonuç olarak, evin bulunduğu katın PM boyutlarında ve konsantrasyon seviyelerinde iç ve dış ortamda farklılık gösterdiği

gözlenmiştir. İç ortamda en yüksek ortalama kaba partikül konsantrasyonları bodrum ve zemin katlarda, dış ortamda ise en yüksek ince partikül ( $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$ ) konsantrasyonları 1. ve 2 katta yer alan evlerde tespit edilmiştir.

- Anket çalışmaları sonucuna göre evlerin %25'inde hemen hemen her gün, %52'sinde haftada 1 ve/veya 2 defa ve %23'ünde ise daha az sıklıkla temizlik yapılmakta olduğu anlaşılmıştır. Yapılan test sonuçlarına göre evlerin bebek odaları ve ortak kullanılan odalarında (bebek uyku odası ve oturma odası olarak)  $PM_{10}$  konsantrasyonlarında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiş olup, hergün temizlik yapılan evlerde daha az sıklıkla temizlik yapılan evlere oranla yüksek gözlenmiştir.
- Yapılan anket çalışmaları sonucuna göre örnekleme çalışmaları esnasında evlerin %6'sında 3 kişi, %70'inde 4 ila 6 kişi ve %24'ünde ise 7 ve daha fazla kişi bulunduğu anlaşılmıştır. Evlerin oturma odalarında  $PM_{2.5}$  konsantrasyonlarında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiş olup, ölçüm esnasında evde bulunan kişi sayısı 1-6 arası olduğunda daha yüksek gözlenmiştir.
- Proje kapsamında evlere gün içerisinde 09:00 ile 18:00 saatleri arasında gidilmiştir. Uygulanan bu test sonuçlarına göre evlerin ortak kullanım alanlarında (bebek uyku odası ve oturma odası) ölçüm yapılan saat aralıkları arasında  $PM_{2.5}$  konsantrasyon seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiş olup, sabah saatlerinde kaydedilen daha yüksek gözlenmiştir. Çalışmada ayrıca, kaba ve çok ince partikül seviyelerinin gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermediği gözlenmiştir. En yüksek konsantrasyonlar ise sabah saatinde kaydedilmiştir.
- Anket çalışmalarının analizleri sonucu evlerin yaklaşık %47'sinin toz yayıcı inşaat faaliyetlerine yakın olduğu tespit edilmiştir. Toz yayıcı faaliyetlere yakın olmanın dış ortam PM seviyelerinde değişimleri normal dağılım göstermeyen veriler için daha uygun olan Kruskal-Wallis ve Mood's Median Testleri ile incelenmiş olup, uygulanan bu test sonuçlarına göre evlerin dış ortamlarında ölçülen PM konsantrasyonlarının gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiş olup, inşaat faaliyetlerine yakın evlerde

daha yüksek PM konsantrasyonlar kaydedilmiştir.  $PM_1$  konsantrasyon seviyelerinde ciddi farklılık gözlenmiştir.

Oturma ve bebek odaları için kirletici kaynağının o ortamlar için ayrı ayrı belirlenebilmesi adına İ/D oranları hesaplanmıştır. Dış ortam ölçümleri gerçekleştirilen dönemlerde oturma ve bebek odalarına ait İ/D konsantrasyon oranları tüm kirleticiler için birden büyük olduğu, dolayısıyla kirletici kaynağının iç ortamdan kaynaklandığı gözlenmiştir

İlkbahar ve kış mevsimleri arasında Kruskal Wallis testine göre  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  için İ/D oranları %30-40 oranında, %95 güven aralığında istatistiksel olarak farklılık olduğu tespit edilmiştir. Her iki partikül madde konsantrasyonları için belirlenen İ/D oranları, ilkbahar mevsiminde 1'in üzerinde gözlenirken, kış mevsiminde 1'in altında gözlenmiştir.

Evlerde yapılan ölçümler günün sadece gündüz saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bizim ölçümlerimizde günün sabah saatlerinde yapılan ölçümlere ait İ/D oranları öğleden sonra ölçüm yapılan evlerde tespit edilen İ/D oranlarına nazaran daha düşük tespit edilmiştir.

Sigara içilmeyen evlerde sadece ince partikül madde konsantrasyonlarına ( $PM_1$ ) ait İ/D oranı 1'in altında tespit edilmiştir. Bu çalışmada  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  konsantrasyonları için İ/D oranları kış mevsiminde 0.9 olarak tespit edilmiş olup, diğer mevsimlerde bu oran 1'in üzerinde bulunmuştur.

Çalışmada ayrıca, dış ortamda ince veya kaba partiküllerin hangi yoğunlukta olduklarını tespit edebilme açısından  $PM_1/PM_{2.5}$ ,  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ve  $PM_1/PM_{10}$  oranlarına da bakılmıştır. Proje kapsamında ölçülen PM konsantrasyonları oranlarına göre: iç ortam ortalama değerlerine göre hesaplanan  $PM_1/PM_{2.5}$ ,  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ve  $PM_1/PM_{10}$  oranları sırasıyla 0.7, 0.4 ve 0.3 olarak hesaplanmıştır. Oranlara, sigara alışkanlığı bazında da bakılmıştır. Proje kapsamında gidilen evlerin yaklaşık %45'inde sigara kullanılmaktadır. Sonuçlar ev içerisinde oturma ve bebek odalarında baskın partikül madde çapının 1  $\mu m$  olduğunu göstermiştir. İstasyon verilerine göre ise  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranı 0.4 olarak tespit edilmiş olup, şehir havasında 10  $\mu m$  çapına sahip partiküllerin daha baskın olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'de gerçekleştirilen dış ortam partikül madde konsantrasyon seviyelerine ilişkin yapılan çalışmalarda,  $PM_1/PM_{2.5}$ ,  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ve  $PM_1/PM_{10}$  oranları



hesaplanmamış olup, bu çalışma kapsamında bulunan oranlar diğer ülkelerde gerçekleştirilen çalışmalar ile karşılaştırılabilmektedir. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen istasyon verilerinden elde edilen  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranı Avrupa ülkelerine ait oranlara göre düşük gözlenmiş olup, Ankara ilinde kaba partiküllerin yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. İnşaat faaliyetlerine yakın olan evler ile olmayan evlere ait dış ortam  $PM_1/PM_{2.5}$ ,  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ve  $PM_1/PM_{10}$  oranları da incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda inşaata yakın evler ile çevresinde inşaat işleri gerçekleştirilmeyen evlerde  $PM_1/PM_{2.5}$  oranları eşit ve 0.7 oranında tespit edilmiştir.  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ve  $PM_1/PM_{10}$  oranlarında ise inşaata yakın evlerin, inşaat faaliyetleri sürdürülmeyen evlerde tespit edilen oranların düşük gözlenmesine rağmen anlamlı bir fark gözlenememiştir. Bunun sebebi olarak, inşaat faaliyetlerinin  $10 \mu m$ 'den büyük partikül çapına sahip partiküller oluşturması ve bu çaptaki partiküllerin ortamda baskın olarak bulunması olarak değerlendirilmektedir.

Yapılan bu çalışma sonucunda aşağıdaki yorumlara ulaşılmıştır:

Bebek ve çocuklar gibi hava kirliliğine karşı hassas olan insan grubunun üzerinde gerçekleştirilmiş bu tez çalışmasında, ev içi aktivitelerin bulunduğu ortamlarda partikül madde konsantrasyonlarının ve dolayısıyla sağlık risklerinin azaltılabilmesi için:

- (i) Yaşam alanları sıklıkla havalandırılmalıdır. Özellikle Ankara ilinde en düşük PM konsantrasyonlarının olduğu sabah erken saatleri (5:00-6:00) ve öğleden sonra (15:00 civarı) zaman dilimlerinde havalandırılması kişilerin daha az kirli havaya maruziyetleri açısından önemlidir.
- (ii) Ev içerisinde PM konsantrasyonuna sebep olabilecek kaynaklar kontrol altına alınmalıdır. Sigara kullanma alışkanlığı olan bireyler ev içerisinde ve diğer kapalı ortamlarda sigara kullanmamalı, mümkün olduğunca trafiğin yoğun olduğu caddeler üzerinde yer alan evlerde oturulması tercih edilmemeli, inşaat faaliyetleri gibi kaba partiküllerin yayılımına sebep olabilecek faaliyetler esnasında evler mümkün olduğunca az havalandırılmalıdır.
- (iii) Bu tez çalışması kapsamında, evlerde ölçümler 15 dakika boyunca gerçekleştirilmiştir. İç ortam konsantrasyonları, ev içi

aktivitelerine göre hızlı değişkenlik göstermekte olup, ev içi ortamların gün boyunca ölçümler yaparak izlenmesi PM konsantrasyon seviyelerinin faaliyet türü, gece-gündüz farkı vb. değişken faktörlere göre değişimini tespit etmede faydalı olacaktır.

Partikül maddelerin fiziksel yapısı ve kimyasal kompozisyonu sağlık açısından oldukça önemlidir. Özellikle ultra ince ve ince partiküller sağlık etkisi bakımından kaba partiküllerden daha da tehlikelidir. Dolayısıyla, 1 ve 2.5  $\mu\text{m}$ 'den kk aerodinamik çapa sahip partiküllerin kimyasal yapısı insan sağlığı için büyük önem taşımaktadır. Bundan sonra iç ortam havasında partikül madde konsantrasyonlarına ilişkin yapılması planlanan çalışmalarda partikül maddenin kimyasal kompozisyonunun ve sağlık açısından etkisinin de incelenmesi tavsiye edilmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Brunekreef, B. and S.T. Holgate, *Air pollution and health*. The lancet. 360 (9341): p. 1233-1242, **2002**.
2. ASHRAE, *Handbook CD, Indoor Environmental Health, Atlanta, USA, in Fundamentals-2001, Chapter 9, 2003*.
3. EPA, U. *Particulate Matter*. 14.11.2008; Available from: [www.epa.gov/particles](http://www.epa.gov/particles).
4. Braniš, M., P. Řezáčová, and M. Domasová, The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>1</sub> in a classroom. *Environmental Research*. 99 (2): p. 143-149, **2005**.
5. Fromme, H., et al., Particulate matter in the indoor air of classrooms—exploratory results from Munich and surrounding area. *Atmospheric Environment*. 41 (4): p. 854-866, **2007**.
6. Monn, C., et al., Particulate matter less than 10 µm (PM<sub>10</sub>) and fine particles less than 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>): relationships between indoor, outdoor and personal concentrations. *Science of the Total Environment*. 208 (1): p. 15-21, **1997**.
7. Şekerel, B.E., B. Gemicioğlu, and J.B. Soriano, Asthma insights and reality in Turkey (AIRET) study. *Respiratory medicine*. 100 (10): p. 1850-1854, **2006**.
8. Woolcock, A.J. and J.K. Peat. Evidence for the increase in asthma worldwide. in Ciba Foundation Symposium 206-The Rising Trends in Asthma. *Wiley Online Library*, **1997**.
9. Trasande, L. and G.D. Thurston, The role of air pollution in asthma and other pediatric morbidities. *Journal of allergy and clinical immunology*. 115 (4): p. 689-699, **2005**.
10. Von Mutius, E., Is asthma really linked to atopy? *Clinical & Experimental Allergy*. 31(11): p. 1651-1652, **2001**.
11. Alyüz, B. ve V. Sevil, İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Trakya Üniversitesi J Sci*. 7 (2): p. 109-116, **2006**.
12. Arslanbaş, D., Kocaeli'nde Konut, İşyeri ve Okullarda Uçucu Organik Bileşiklerin Belirlenmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü*, Kocaeli Üniversitesi. p. 1-255, **2008**.
13. Medina-Ramon, M., et al., Asthma, chronic bronchitis, and exposure to irritant agents in occupational domestic cleaning: a nested case-control study. *Occupational and environmental medicine*. 62 (9): p. 598-606, **2005**.
14. Odabaşı, M., Halogenated volatile organic compounds from the use of chlorine-bleach-containing household products. *Environmental science & technology*. 42 (5): p. 1445-1451, **2008**.
15. Organization, W.H., Protection from exposure to second-hand tobacco smoke. Policy recommendations. *WHO Library Cataloguing-in-Publication Data*, (ISBN 978 92 4 156341 3), **2007**.

16. Morabia, A., et al., Validation of self-reported smoking status by simultaneous measurement of carbon monoxide and salivary thiocyanate. *Preventive medicine*. 32(1): p. 82-88, **2001**.
17. Johnson, K.C., Accumulating evidence on passive and active smoking and breast cancer risk. *International journal of cancer*. 117(4): p. 619-628, **2005**.
18. Castellazzi AM, M.R., Moretta A, De Amici M, Gasparoni A, Chirico G, Rondini G., Effect of active and passive smoking during pregnancy on natural killer-cell activity in infants. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, (103): p. 172-173, **1999**.
19. Thomson, G., N. Wilson, and P. Howden-Chapman, Population level policy options for increasing the prevalence of smokefree homes. *Journal of epidemiology and community health*. 60(4): p. 298-304, **2006**.
20. Agency, U.E.P. Smoke-free Homes; Available from: <http://www.epa.gov/smokefree/healtheffects.html#What> is Secondhand Smoke, **19.07.2014**.
21. Organization, W.H. Tobacco Free Initiative. Protection from exposure to second-hand tobacco smoke. *Policy recommendations*; Available from: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241563413\\_eng.pdf?ua=1](http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241563413_eng.pdf?ua=1). **19.07.2014**.
22. *World Health Organization*, Turkey – a model of success in tobacco control.; Available from: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/tobacco/news/news/2013/06/turkey-a-model-of-success-in-tobacco-control>, **03-06-2013**.
23. Prevention, C.f.D.C.a. *Tobacco Data Statistics*; Available from: [http://www.cdc.gov/tobacco/data\\_statistics/tables/adult/table\\_2.htm](http://www.cdc.gov/tobacco/data_statistics/tables/adult/table_2.htm), **18.10.2012**.
24. Cancer, I.I.A.f.R.o., Tobacco smoke and involuntary smoking. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. 83: p. 1191–1413, **2004**.
25. Fromme, H., et al., Indoor air contamination during a waterpipe (narghile) smoking session. *Food and Chemical Toxicology*. 47 (7): p. 1636-1641, **2009**.
26. Maziak, W., et al., Waterpipe-associated particulate matter emissions. *Nicotine & Tobacco Research*. 10 (3): p. 519-523, **2008**.
27. Vural, S.M. and A. Balanlı, Yapı Ürünü Kaynaklı İç Hava Kirliliği ve Risk Değerlendirmede Ön Araştırma. *Megaron*, **3 (1), 2008**.
28. Katsoyiannis, A., P. Leva, and D. Kotzias, *VOC and carbonyl emissions from carpets: A comparative study using four types of environmental chambers*. *Journal of Hazardous Materials*, 2008. 152 (2): p. 669-676, **2008**.
29. Singer, B.C., et al., Indoor secondary pollutants from cleaning product and air freshener use in the presence of ozone. *Atmospheric Environment*, 40 (35): p. 6696-6710, **2006**.

30. Zeydan, Z.E., Ö. Zeydan, ve Y. Yıldırım, Hasta Bina Sendromu, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 587-595, **2009**.
31. Uhde, E. and T. Salthammer, Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality—a review of recent advances in indoor chemistry. *Atmospheric Environment*, 41 (15): p. 3111-3128, **2007**.
32. Lee, C.-W., et al., Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers. *Environmental research*, 100 (2): p. 139-149, **2006**.
33. Berry, R.W., Brown, V.M., Coward, S.K.D., Crump, D.R., Gavin, M., Grimes, C.P., Higham, D.F., Hull, A.V., Hunter, C.A., Jeffery, I.G., Lea, R.G., Llewellyn, J.W., and Raw, G.J, Indoor air quality in homes, C.p. *The BRE Indoor Environment Study BRE Reports BR299 and BR300*, London, Editor. **1996**.
34. Brown, V., D. Crump, and H. Mann, *The effect of measures to alleviate the symptoms of asthma on concentrations of VOCs and formaldehyde in UK homes*. Proceedings of Indoor Air, 96: p. 69-74. **1996**.
35. EPA, U. *Research and Development*, Indoor Air Facts No. 4 (revised) Sick Building Syndrome; Available from: [http://www.epa.gov/iaq/pdfs/sick\\_building\\_factsheet.pdf](http://www.epa.gov/iaq/pdfs/sick_building_factsheet.pdf), **1991**.
36. Niu, J., Some significant environmental issues in high-rise residential building design in urban areas. *Energy and buildings*, 36 (12): p. 1259-1263, **2004**.
37. Xu, Y., et al., Effectiveness of heating, ventilation and air conditioning system with HEPA filter unit on indoor air quality and asthmatic children's health. *Building and Environment*, 45(2): p. 330-337, **2010**.
38. Heudorf, U., V. Neitzert, and J. Spark, Particulate matter and carbon dioxide in classrooms—the impact of cleaning and ventilation. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 212 (1): p. 45-55, **2009**.
39. Kuş, M., et al., Üniversite Dersliklerinde İç Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi, 8. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, p. 223-236, **2008**.
40. Bulut, H., Isıtma Sezonunda Ofislerde İç Hava Kalitesinin Araştırılması.
41. Sofuoğlu, S.C. and A. Sofuoğlu, İlköğretim Okullarında Bina İçi Çevresel Kalite: İzmir Çalışması Sonuçlarının Değerlendirilmesi.
42. Shendell, D., et al., Evidence of inadequate ventilation in portable classrooms: results of a pilot study in Los Angeles County. *Indoor air*, 14 (3): p. 154-158, **2004**.
43. Yan, D., et al., An integrated modeling tool for simultaneous analysis of thermal performance and indoor air quality in buildings. *Building and Environment*, 43 (3): p. 287-293, **2008**.
44. Pekey, B., et al., Indoor/outdoor concentrations and elemental composition of PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey. *Indoor Air*, 20 (2): p. 112-125, **2010**.

45. Organization, W.H., Ambient (outdoor) air quality and health. *WHO Media centre*, **2014**.
46. Güllü, G., Türkiye’de İç Ortam Hava Kirliliği Çalışmalar. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2: p. 146 – 158, **2013**.
47. Gül, H., et al., Respiratory health symptoms among students exposed to different levels of air pollution in a Turkish city. *International journal of environmental research and public health*, 8(4): p. 1110-1125, **2011**.
48. Mentеше, S., İkincil Organik Aerosollerin İç Ortamlarda Oluşma Mekanizması. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, **2013**.
49. Şahin, Ü.A. and B. Kurutaş, Assessment of Fine Particulate Matter and Gaseous Pollutants in Workplace Atmosphere of Metallic Industry. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 89 (4): p. 898-904, **2012**.
50. Ocak, Y., et al., Exposure to particulate matter in a mosque. *Atmospheric Environment*, 56: p. 169-176, **2012**.
51. Brunekreef, B., et al., Air pollution from truck traffic and lung function in children living near motorways. *Epidemiology*, p. 298-303, **1997**.
52. Lee, S. and M. Chang, *Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong*. *Chemosphere*, 41 (1): p. 109-113, **2000**.
53. Ekmekcioglu, D. and S.S. Keskin, Characterization of indoor air particulate matter in selected elementary schools in Istanbul, Turkey. *Indoor and Built Environment*, 16 (2): p. 169-176, **2007**.
54. Kılıç, S.S.K.v.S., Seçilen Bir Hastanede İç Ortam Havası Partikül Madde Kütle Konsantrasyonları. *İTÜ XII. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, p. 16-18, **2010**.
55. Diapouli, E., A. Chaloulakou, and N. Spyrellis, *Indoor and outdoor PM concentrations at a residential environment in the Athens area*. *Global NEST Journal*, 10 (2): p. 201-208, **2008**.
56. Goyal, R. and M. Khare, Indoor–outdoor concentrations of RSPM in classroom of a naturally ventilated school building near an urban traffic roadway. *Atmospheric Environment*, 43 (38): p. 6026-6038, **2009**.
57. Güllü, G. and S. Mentеше, *Farklı Türdeki İç Ortamlarda Gözlenen İnce Partiküler Madde Konsantrasyonları, Boyut Dağılımları Ve Mevsimsel Değişimleri*. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, p. 633-642. **2009**.
58. Alves, C., et al., Comfort Parameters and Particulate Matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) in School Classrooms and Outdoor Air. *Aerosol and Air Quality Research*, 13 (5): p. 1521-1535, **2013**.
59. Halek, F., A. Kavousi, and F. Hassani, Evaluation of indoor-outdoor particle size distribution in Tehran’s elementary schools. *World Acad of Sci Eng and Tech*, 57: p. 463-466, **2009**.
60. Morawska, L. and B. Clark, Effect of ventilation and filtration on submicrometer particles in an indoor environment. *Indoor Air*, 10 (1): p. 19-26, **2000**.

61. Dockery, D.W., et al., An association between air pollution and mortality in six US cities. *New England journal of medicine*, 329 (24): p. 1753-1759, **1993**.
62. Pope III, C.A., et al., Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama*, 287 (9): p. 1132-1141, **2002**.
63. Maier, K.L., et al., Health effects of ambient particulate matter-biological mechanisms and inflammatory responses to in vitro and in vivo particle exposures. *Inhalation toxicology*, 20 (3): p. 319-337, **2008**.
64. Abt, E., et al., Characterization of indoor particle sources: A study conducted in the metropolitan Boston area. *Environmental health perspectives*, 108 (1): p. 35, **2000**.
65. Ramachandran, G., et al., Comparison of short-term variations (15-minute averages) in outdoor and indoor PM<sub>2.5</sub> concentrations. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 50 (7): p. 1157-1166, **2000**.
66. Ramachandran, G., et al., Characterizing indoor and outdoor 15 minute average PM 2.5 concentrations in urban neighborhoods. *Aerosol Science & Technology*, 37 (1): p. 33-45, **2003**.
67. Baxter, L.K., et al., Predictors of concentrations of nitrogen dioxide, fine particulate matter, and particle constituents inside of lower socioeconomic status urban homes. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 17 (5): p. 433-444. **2007**.
68. Diette, G.B., et al., Home indoor pollutant exposures among inner-city children with and without asthma. *Environmental health perspectives*,. 115 (11): p. 1665, **2007**.
69. Breyse, P.N., et al., Indoor exposures to air pollutants and allergens in the homes of asthmatic children in inner-city Baltimore. *Environmental Research*, 98 (2): p. 167-176, **2005**.
70. Chao, C.Y. and K.K. Wong, Residential indoor PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Hong Kong and the elemental composition. *Atmospheric Environment*, 36 (2): p. 265-277, 2002.
71. Hänninen, O., et al., Infiltration of ambient PM<sub>2.5</sub> and levels of indoor generated non-ETS PM<sub>2.5</sub> in residences of four European cities. *Atmospheric Environment*, 38 (37): p. 6411-6423, **2004**.
72. Jones, N., et al., Indoor/outdoor relationships of particulate matter in domestic homes with roadside, urban and rural locations. *Atmospheric Environment*, 34 (16): p. 2603-2612, **2000**.
73. Koistinen, K.J., et al., Sources of fine particulate matter in personal exposures and residential indoor, residential outdoor and workplace microenvironments in the Helsinki phase of the EXPOLIS study. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 30: p. 36-46, **2004**.
74. Lai, H., et al., Personal exposures and microenvironment concentrations of PM<sub>2.5</sub>, VOC, NO<sub>2</sub> and CO in Oxford, UK. *Atmospheric Environment*, 38 (37): p. 6399-6410, **2004**.

75. Landis, M.S., et al., *Personal exposures to PM<sub>2.5</sub> mass and trace elements in Baltimore, MD, USA. Atmospheric Environment*, 35 (36): p. 6511-6524, **2001**.
76. Cao, J., et al., Indoor/outdoor relationships for PM<sub>2.5</sub> and associated carbonaceous pollutants at residential homes in Hong Kong—case study. *Indoor Air*, 15 (3): p. 197-204. **2005**.
77. Long, C.M., H.H. Suh, and P. Koutrakis, Characterization of indoor particle sources using continuous mass and size monitors. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 50 (7): p. 1236-1250, **2000**.
78. Massey, D., et al., Indoor/outdoor relationship of fine particles less than 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>) in residential homes locations in central Indian region. *Building and Environment*, 44 (10): p. 2037-2045, **2009**.
79. Massey, D., et al., Seasonal trends of PM<sub>10</sub>, PM<sub>5.0</sub>, PM<sub>2.5</sub> & PM<sub>1.0</sub> in indoor and outdoor environments of residential homes located in North-Central India. *Building and Environment*, 47 (22): p. 223-231, **2012**.
80. Meng, Q.Y., et al., Influence of ambient (outdoor) sources on residential indoor and personal PM<sub>2.5</sub> concentrations: analyses of RIOPA data. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 15 (1): p. 17-28, **2005**.
81. Molnár, P., et al., Domestic wood burning and PM<sub>2.5</sub> trace elements: Personal exposures, indoor and outdoor levels. *Atmospheric Environment*, 39 (14): p. 2643-2653. **2005**.
82. Molnár, P., et al., Indoor and outdoor concentrations of PM<sub>2.5</sub> trace elements at homes, preschools and schools in Stockholm, Sweden. *Journal of Environmental Monitoring*, 9 (4): p. 348-357, **2007**.
83. Mönkkönen, P., et al., Fine particle number and mass concentration measurements in urban Indian households. *Science of the total environment*, 347 (1): p. 131-147, **2005**.
84. Morawska, L., et al., Characteristics of particle number and mass concentrations in residential houses in Brisbane, Australia. *Atmospheric Environment*, 37 (30): p. 4195-4203, **2003**.
85. Özkaynak, H., et al., Personal exposure to airborne particles and metals: Results from the particle team study in Riverside, California. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 6 (1): p. 57-78, **1995**.
86. Polidori, A., Turpin, B., Meng, Q.-Y., Lee, J.H., Weisel, C., Morandi, M., Colome, S., Stock, T., Winer, A., Zhang, J., Kwon, J., Alimokhtari, S., Shendell, D., Jones, J., Farrar, C., Maberti, S., Indoor and outdoor organic PM<sub>2.5</sub>: analysis of the RIOPA study data. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 16: p. 321–331, **2006**.
87. Rodes, C.E., et al., DEARS particulate matter relationships for personal, indoor, outdoor, and central site settings for a general population. *Atmospheric Environment*, 44 (11): p. 1386-1399, **2010**.



88. Sawant, A.A., et al., Characterization of PM<sub>2.5</sub> and selected gas-phase compounds at multiple indoor and outdoor sites in Mira Loma, California. *Atmospheric Environment*, 38 (37): p. 6269-6278, **2004**.
89. Scapellato, M.L., et al., Personal PM<sub>10</sub> exposure in asthmatic adults in Padova, Italy: seasonal variability and factors affecting individual concentrations of particulate matter. *International journal of hygiene and environmental health*, 212 (6): p. 626-636, **2009**.
90. Stranger, M., S. Potgieter-Vermaak, and R. Van Grieken, Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium. *Environment International*, 33(6): p. 789-797, **2007**.
91. Turpin, B., et al., Relationships of Indoor, Outdoor, and Personal Air (RIOPA): part II. Analyses of concentrations of particulate matter species. *Research Report (Health Effects Institute)*, (130 Pt 2): p. 1-77; discussion 79-92, **2007**.
92. Wallace, L., et al., Continuous weeklong measurements of personal exposures and indoor concentrations of fine particles for 37 health-impaired North Carolina residents for up to four seasons. *Atmospheric Environment*, 40 (3): p. 399-414, **2006**.
93. Ward, T. and C. Noonan, Results of a residential indoor PM<sub>2.5</sub> sampling program before and after a woodstove changeout. *Indoor air*, 18 (5): p. 408-415, **2008**.
94. Wigzell, E., M. Kendall, and M.J. Nieuwenhuijsen, The spatial and temporal variation of particulate matter within the home. *Journal of Exposure Analysis & Environmental Epidemiology*, 10 (3), **2000**.
95. Williams, R., et al., The Research Triangle Park particulate matter panel study: PM mass concentration relationships. *Atmospheric Environment*, 37 (38): p. 5349-5363, **2003**.
96. Alptekin, O., Binalarda iç hava kalitesi ve toz partiküllerinin iç mekan hava kalitesi üzerindeki etkilerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı*, Ankara, **2007**.
97. T.C. Sağlık Bakanlığı, T.H.S.K., Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı. *Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri*; Available from: <http://cevresagligi.thsk.saglik.gov.tr/bilgi-dokumanlar/halk-sagligina-yonelik/992-hava-kirlili%C4%9Fi-ve-sa%C4%9Fi%C4%B1k-etkileri.html>., **2013**.
98. *Organization, W.H.*, WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment, **2006**.
99. Seaton, A., et al., Particulate air pollution and acute health effects. *The Lancet*, 345 (8943): p. 176-178, **1995**.
100. Europe, W., Health aspects of air pollution results from the WHO project 'Systematic review of health aspects of air pollution in Europe'. *Copenhagen: WHO Europe*, **2004**.

101. E.E.A., Spatial assessment of PM<sub>10</sub> and ozone concentrations in Europe (2005), **2009**.
102. Jeong, J.Y. *Recently issues on Indoor air quality in Korea* Available from: [http://www.zyaura.com/quality/Archives/Recently%20issues%20on%20Indoor%20air%20quality%20in%20Korea\[1\].pdf](http://www.zyaura.com/quality/Archives/Recently%20issues%20on%20Indoor%20air%20quality%20in%20Korea[1].pdf).
103. Grimm KG, G.A.T.G.C., *ENVIRONcheck Environmental Dust Monitor 107 Operating Manual*, **2007**.
104. Cheng, Y.-H. and Y.-L. Lin, Measurement of Particle Mass Concentrations and Size Distributions in an Underground Station. *Aerosol and Air Quality Research*, 10 (1): p. 22-29, **2010**.
105. Karakaş, B. and Güllü G., Evlerde İç Ortam Partikül Madde Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonlarına Etki Eden Faaliyetler, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, Cilt 2, Sayı 3, 74-102, **2013**.
106. Ayda Yürekli, H.M.E., Altan Çabuk, Sinan Fikret Erk, Zeynep Önder, Nejat Erk, Mahir Fisunoğlu, Frank J. Chaloupka, Türkiye'de Tütün Ekonomisi ve Tütün Ürünlerinin Vergilendirilmesi Raporu, (ISBN: 978-2-914365-76-5), **2010**.
107. [www.rec.org/REC/Programs/pcfvd/downloads/2006\\_05\\_ankara/session\\_2/tu-bitak\\_mam.ppt](http://www.rec.org/REC/Programs/pcfvd/downloads/2006_05_ankara/session_2/tu-bitak_mam.ppt). Yakıt Kalitesi ve Düşük Kükürlü Yakıtların Kullanımına Yönelik Değerlendirme, **2006**.
108. Mohamed, M.F., D.W. Kang, and V.P. Aneja, Volatile organic compounds in some urban locations in United States. *Chemosphere*,. 47 (8): p. 863-882, **2002**.
109. L. Cheng, L.F., R.P. Angle, H.S. Sandhu, Seasonal variations of volatile organic compounds in Edmonton, Alberta. *Atmospheric Environment*, 31: p. 239-46, **1997**.
110. E.E.A., PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> emissions ratios, total and for road transport (1990-2014). [cited 27.08.2014; Available from: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/pm2-5-pm10-emissions-ratios-total-and-for-road-transport>, **2007**.
111. Hien, P., et al., Influence of meteorological 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(21): p. 3473-3484, **2002**.
112. Harrison, R.M., et al., Sources and processes affecting concentrations of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> particulate matter in Birmingham (UK). *Atmospheric Environment*, 31 (24): p. 4103-4117, **1997**.
113. De Hartog, J.J., et al., Relationship between different size classes of particulate matter and meteorology in three European cities. *Journal of Environmental Monitoring*, 7(4): p. 302-310, **2005**.
114. De Nevers, N., *Air pollution control engineering*-Boston: McGraw-Hill, **2000**.
115. Gemenetzi, P., et al., Mass concentration and elemental composition of indoor PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in University rooms in

- Thessaloniki, northern Greece. *Atmospheric Environment*, 40 (17): p. 3195-3206, **2006**.
116. Fromme, H., et al., Elemental carbon and respirable particulate matter in the indoor air of apartments and nursery schools and ambient air in Berlin (Germany). *Indoor Air*, 15 (5): p. 335-341, **2005**.
  117. Götschi, T., et al., Comparison of black smoke and PM<sub>2.5</sub> levels in indoor and outdoor environments of four European cities. *Environmental science & technology*, 36 (6): p. 1191-1197, **2002**.
  118. Leaderer, P.B., Koutrakis, P., Briggs, L.K.S., Rizzuto, J., The mass concentration and elemental composition of indoor aerosols in Suffolk and Onondaga Counties, New York. *Indoor Air*, 4: p. 23-34, **1994**.
  119. Eatough, D.J., et al., Environmental tobacco smoke in commercial aircraft. *Atmospheric Environment. Part A. General Topics*, 26 (12): p. 2211-2218, **1992**.
  120. Phillips, K., et al., Assessment of air quality in Paris by personal monitoring of nonsmokers for respirable suspended particles and environmental tobacco smoke. *Environment international*, 24 (4): p. 405-425, **1998**.
  121. Ott, W., P. Switzer, and J. Robinson, Particle concentrations inside a tavern before and after prohibition of smoking: evaluating the performance of an indoor air quality model. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 46 (12): p. 1120-1134, **1996**.
  122. Na, K., A.A. Sawant, and D.R. Cocker III, Trace elements in fine particulate matter within a community in western Riverside County, CA: focus on residential sites and a local high school. *Atmospheric Environment*, 38 (18): p. 2867-2877, **2004**.
  123. Dermentzoglou, M., et al., Sources and patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in fine indoor particulate matter of Greek houses. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12 (12): p. 1511-1519, **2003**.
  124. Heavner, D.L., W.T. Morgan, and M.W. Ogden, Determination of volatile organic compounds and respirable suspended particulate matter in New Jersey and Pennsylvania homes and workplaces. *Environment International*, 22 (2): p. 159-183, **1996**.
  125. Burcu, O., T. Haksevenler, and Ü.A. Şahin, İstanbul'da Farklı Bina İçi Ortamlarda PM<sub>2.5</sub>, CO Konsantrasyonları ve Partikül Sayısının Belirlenmesi, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON 2011)*, ss.1785-1790, **2011**.
  126. Menteşe, S., Bina İçi Hava Kalitesinin Belirlenmesi ve Kaynaklarının Tespiti, *Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, **2009**.
  127. *Ankara Kalkınma Ajansı, Ankara Mevcut Durum Raporu (2011-2013)*, **2013**.
  128. Kamens, R., et al., A study of characterize indoor particles in three non-smoking homes. *Atmospheric Environment. Part A. General Topics*, 25 (5): p. 939-948, **1991**.

129. Quackenboss, J.J., M.D. Lebowitz, and C.D. Crutchfield, Indoor-outdoor relationships for particulate matter: exposure classifications and health effects. *Environment International*, 15 (1): p. 353-360, **1989**.
130. Lee, H.S., et al., Relationships between indoor and outdoor air quality during the summer season in Korea. *Atmospheric Environment*, 31 (11): p. 1689-1693, **1997**.
131. T.C. Ankara Valiliği, Ç.v.Ş.İ.M., 2012 Yılı Ankara İl Çevre Durum Raporu, *Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel M¼d¼rl¼đ¼*, **2013**.
132. Mao, I., et al., Airborne particle PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> mass distribution and particle-bound PAH concentrations near a medical waste incinerator. *Atmospheric Environment*, 41 (11): p. 2467-2475, **2007**.

## EK

### KAPALI ORTAM HAVASI DEĞERLENDİRME FORMU

Ev Kodu:

Adı Soyadı:

Adresi:

Adres Değişikliği Durumu:

Tarih, saat:

1. Ev kendinizin mi?

1. Evet 2. Hayır, kira, 3. Hayır lojman 4. Diğer, belirtiniz

2. Evinizde siz dahil kaç kişi yaşıyorsunuz?.....

3. Yaşadığınız konutun hangi yılda yapıldığını biliyor musunuz?

1. Hayır 2. Evet, belirtiniz:.....

4. Evinizin yakınında ana cadde var mı?

1.Hayır 2.Evet, yaklaşık kaç metre uzaklıkta olduğunu belirtiniz. ....m

5. Konutun zemini aşağıdakilerden hangisidir :

1.Toprak 2.Kaya 3. Dolgu 4. Bilmiyorum

6. Konutun türü aşağıdakilerden hangisidir?

1.Betonarme 2.Çelik 3.Kagir 4.Kerpiç 5.Ahşap 6.Diğer, ne olduğunu belirtiniz

7. Konutun tipi aşağıdakilerden hangisidir?

1.Çok katlı 2. Tek katlı

8. Konutun bulunduğu katı belirtiniz.

1.Bodrum 2.Zemin 3.1.kat 4.2.kat 5.3.kat 6.4.kat 7. 5. kat 8. Diğer, kaçınıcı kat olduğunu belirtiniz

9. Konutun baktığı yön aşağıdakilerden hangisi/hangileridir?:

1.Doğu 2.Batı 3.Kuzey 4. Güney 5.Kuzey Doğu 6.Kuzey Batı 7.Güney Doğu  
8.Güney Batı

10. Konut net alanı kaç metrekaredir?

1.....m<sup>2</sup> 2. Bilmiyorum

11. Evinizde salon dahil kaç oda bulunmaktadır. :

.....Salon.....oda

12.Evinizde ayrı mutfak var mıdır?:

1.Hayır 2. Evet

13. Yemek pişirmek için hangi enerji kaynağını/kaynaklarını kullanıyorsunuz?.

1. Doğal gaz 2. Elektrik 3. Odun-kömür 4. Diğer, ne olduğunu belirtiniz
14. Evinizde tuvalet var mı?  
1.Yok 2.Var, kaç tane olduğunu belirtiniz
15. Evinizde banyo var mı?  
1.Yok 2.Var, kaç tane olduğunu belirtiniz
16. Evinizde şömine var mı?  
1.Yok 2.Var, kullanmıyoruz 3. Var, kullanıyoruz
17. Evinizde mangal var mı?  
1.Yok 2.Var, kullanmıyoruz 3. Var, kullanıyoruz
18. Konut ısıtma sistemi aşağıdakilerden hangisidir?  
1.Merkezi sistem 2.Kat kaloriferi 3.Kazan 4.Soba 5.Diğer.
19. Evde soba kullanılıyorsa yakıt tipi aşağıdakilerden hangisi/hangileridir  
1.Kömür 2.Doğal gaz 3.LPG 4.Petrol ürünleri 5.Elektrik 6. Diğer, ne olduğunu belirtiniz
20. Evinizdeki döşeme tipi/tipleri aşağıdakilerden hangileridir?  
1.Ahşap 2.PVC 3. Boydan boya halı 4. Seramik 5. Mozaik 6. Diğer, belirtiniz.
21. Çocuk odasının döşeme tipi aşağıdakilerden hangisidir?  
1.Ahşap 2.PVC 3. Boydan boya halı 4.Seramik 5. Mozaik 6. Diğer, belirtiniz
22. Duvar boyası aşağıdakilerden hangisidir?  
1. Badana 2.Plastik boya 3.Yağlı boya 4.Kireç 5. Diğer.....
- 23.Pencereleriniz aşağıdakilerden hangisi/hangilerinden yapılmıştır?  
1. Ahşap 2. PVC 3.Diğer.....
24. Evinizde en son baca temizliğinin ne zaman yapıldığını biliyor musunuz?  
1. Hayır 2. Evet, .....ay/yıl önce
25. Evinizde sigara içiliyor mu:  
1.Hayır 2.Evet
26. Evinizde sigara içiliyorsa kaç kişi, içiyor.....kişi
27. Evinizde sigara içiliyorsa nerede içiliyor?  
1.Evin içinde 2. Balkonda 3. Kapının önünde
28. Evde alışılmış dışı bir koku var mı:  
1.Hayır 2.Evet, .....kokusuna benziyor
29. Evde duvarlarda nem, küf veya kabarma var mı?  
1. Hayır 2. Evet,..... var
30. Evde tüylü hayvan var mı:

- 1.Hayır 2. Evet, ne olduğunu belirtiniz
31. Evde nemlendirici bir araç kullanılıyor mu?  
1.Hayır 2. Evet
32. Evde havalandırma/iklimlendirme aygıtı var mı?  
1.Hayır 2. Evet
- 33.Pencereler açılınca evde hava akımı oluyor mu?  
1.Hayır 2. Evet
34. Eve girdiğinizde pencereler açık mıydı?  
1.Hayır 2. Evet, hangi pencerelerin olduğunu belirtiniz
35. Evde ağaç işi, yapııştırma işi, kil işi, model vb hobisi olan var mıdır?  
1.Hayır 2. Evet Ne/neler olduğunu belirtiniz
36. Evde koku giderici deodorant spreay kullanılıyor mu:  
1.Hayır 2. Evet
37. Evde temizlik malzemelerini, dezenfektanları ne sıklıkta kullanırsınız?
38. Evde prize takılarak tablet yerleştirilen sivrisinek kaçırcı kullanılıyor mu?  
1.Hayır 2. Evet
39. Evde ilaçlama yapılıyor mu?  
1.Hayır 2. Evet, en son ne zaman yapıldı?
40. Evde son bir yıl içinde hamamböceği, fare vb gördünüz mü?  
1. Hayır 2. Evet, ne olduğunu belirtiniz
41. Evde son 1 yıl içinde tamirat /boya yapıldı mı?  
1. Hayır 2. Evet , ne yapıldığını belirtiniz
42. Evinize yeni mobilya, halı alındı mı?  
1. Hayır 2. Evet, ne/neler alındığını belirtiniz
43. Bebeğinizin odası için herhangi bir hazırlık yaptınız mı?  
1.Hayır 2.Evet, neler yaptığınızı belirtiniz
44. Bebeğin yatağı hangi malzemeden yapılmıştır?
45. Bebeğin karyolasının cinsi nedir ?
46. Bebeğin yatağının yerden yüksekliği kaç cm dir? .....cm
47. Evde yaşayanlardan astımı olan var mı?  
1. Hayır 2.Evet, kim/ kimler olduğunu belirtiniz
48. Evde astım dışında solunum sistemi hastalığı olan var mı? 1. Hayır 2. Evet, kim/kimler:
49. Örnek alınması sırasında evde kaç kişi bulunmaktadır?.....kişi

## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Bilge KARAKAŞ

Doğum Yeri: Gemerek/SİVAS

Medeni Hali: Bekar

E-posta: [bilgekarakas@windowlive.com](mailto:bilgekarakas@windowlive.com)

Adresi: Kavacık Mah., Gölbaşı Sok., 19/3, Subayevleri-Keçiören/ANKARA-TR

### Eğitim

Lise: 2000 – 2003, Çankaya Cumhuriyet Lisesi (Ankara)

Lisans: 2004 - 2008, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü (Samsun)

### Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce (İyi)

### İş Deneyimi

Kasım 2009 – Haziran 2011 : PRD Çevre Yatırımları Planlama ve İnşaat Ltd. Şti.

Mayıs 2011 – Şubat 2014 : TÜBİTAK / Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu), 110Y082 Nolu TÜBİTAK Projesi (Bursiyer)

Kasım 2012 – Ocak 2013 : ÇINAR Mühendislik Müşavirlik A.Ş.

Şubat 2013 – Devam ediyor : AECOM Turkey Danışmanlık ve Mühendislik Ltd. Şti.



## **Deneyim Alanları**

Çevresel Etki Değerlendirme, İş Sağlığı ve Güvenliği, Hava Kalitesi, Gürültü

## **Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi**

-

## **Tezden Üretilmiş Yayınlar**

1. Karakaş, B.; Güllü G., (Temmuz 2013), “Evlerde İç Ortam Partikül Madde Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonlarına Etki Eden Faaliyetler”, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, Cilt 2, Sayı 3, 74-102.
2. Karakaş, B.; Lakestani, S.; Güler, C.; Doğan, B.; Vaizoglu, S.; Taner, A.; Şekerel, B.; Tıprıdamaz, R. ; Güllü, G. (2013), “Indoor and Outdoor Concentration of Particulate Matter at Domestic Homes”, World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 78, 7(6), 199 – 207.
3. Lakestani, S. ; Karakaş, B. ; Vaizoğlu, S. ; Doğan, B. ; Güler, C. ; Şekerel, B. ; Taner, A. ; Güllü, G. (2013), “Comparison of Indoor and Outdoor Air Quality in Children Homes at Prenatal Period and One Year Old”, World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 78, 7(6), 142 - 148.
4. Lakestani, S. ; Karakaş, B. ; Vaizoğlu, S. ; Doğan, B. ; Güler, Ç. ; Şekerel, B. ; Taner, A. ; Güllü, G. (2013), “Doğum Öncesi Dönemden Başlayarak Bebeklerin 1 Yaşına Geldiği Döneme Kaar İç Ortam Hava Kalitesinin Değişimi”, 5. Uluslararası Katılımlı Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, ISBN: 978-975-00-331-1-7, 52 – 61.

## **Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar**

1. Sözlü sunum: Karakaş, B. ; Lakestani, S. ; Vaizoğlu, S. ; Doğan, B. ; Güler, Ç. ; Şekerel, B. ; Taner, A. ; Güllü, G., Nisan, 2011/İzmir, ”Household Activities that Affect Indoor Air Particle Size Distributions and Concentrations” 11<sup>th</sup> National Sanitary Engineering Congress.

2. Sözlü sunum: Karakaş, B. ; Lakestani, S. ; Vaizoğlu, S. ; Doğan, B. ; Güler, Ç. ; Şekerel, B. ; Taner, A. ; Güllü, G., 10-13 Eylül, 2012/İstanbul, “Indoor and Outdoor Concentrations of Particulate Matter at Domestic Homes” in Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales 4<sup>th</sup> International Symposium and IUAPPA Regional Conference.
3. Sözlü sunum: Karakaş, B. ; Lakestani, S. ; Vaizoğlu, S. ; Doğan, B. ; Güler, Ç. ; Şekerel, B. ; Taner, A. ; Güllü, G., 15-19 Ekim, 2012/İzmir, “Indoor And Outdoor Concentrations of Particles In Some Domestic Homes and Infants Health Effects”, 6<sup>th</sup> International Workshop on Biomonitoring of Atmospheric Pollution (BIOMAP).
4. Poster: Karakaş, B. ; Lakestani, S. ; Vaizoğlu, S. ; Doğan, B. ; Güler, Ç. ; Şekerel, B. ; Taner, A. ; Güllü, G., (2013-Ankara), “Evlerde İç ve Dış Ortam Partikül Madde Konsantrasyon Seviyeleri”, 10. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi/Çevre Yönetimi.
5. Sözlü sunum: Karakaş B., Güllü G, 17-20 Nisan 2013/İzmir, “Evlerde İç Ortam Partikül Madde Boyut Konsantrasyonuna Etki Eden Faaliyetler”, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İç Hava Kalitesi Sempozyumu.
6. Sözlü sunum: Karakaş, B. ; Lakestani, S. ; Vaizoğlu, S. ; Doğan, B. ; Güler, Ç. ; Şekerel, B. ; Taner, A. ; Güllü, G., 5-6 Haziran, 2013/ABD-NY, “Indoor and Outdoor Concentrations of Particulate Matter at Domestic Homes” ICEBESE 2013: International Conference on Environmental, Biological and Ecological Sciences, and Engineering.