

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİ ETKİLEYEN KİRLETİCİ  
VE KONFOR PARAMETRELERİNİN KAYNAKLARI VE  
ENERJİ TÜKETİMİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**AYŞE TÜLAY SELİCİ**

**BALIKESİR, MART- 2014.**

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİ ETKİLEYEN KİRLETİCİ  
VE KONFOR PARAMETRELERİNİN KAYNAKLARI VE  
ENERJİ TÜKETİMİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**AYŞE TÜLAY SELİCİ**

**BALIKESİR, MART-2014**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

AYŞE TULAY SELİCİ tarafından hazırlanan "İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİ ETKİLEYEN KİRLETİCİ VE KONFOR PARAMETRELERİNİN KAYNAKLARI VE ENERJİ TÜKETİMİ AÇISINDAN İNCELENMESİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 28.03.2014 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Doç. Dr. Nadir İLTEN

Eş Danışman  
Doç. Dr. Lokman Hakan TECER

Üye  
Prof. Dr. Bedri YÜKSEL

Üye  
Prof. Dr. Cengiz ÖZMETİN

Üye  
Prof. Dr. Muhittin CAN

Üye  
Doç. Dr. Hüseyin BULGURCU

Üye  
Yard. Doç. Dr. Gülşen YAMAN

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Cihan ÖZGÜR

**Bu tez çalışması TÜBİTAK tarafından 108Y166 No'lu ÇAYDAG,  
nolu proje ile desteklenmiştir.**

## ÖZET

**İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİ ETKİLEYEN KİRLETİCİ VE  
KONFOR PARAMETRELERİNİN KAYNAKLARI VE ENERJİ  
TÜKETİMİ AÇISINDAN İNCELENMESİ  
DOKTORA PROGRAMI  
AYŞE TÜLAY SELİCİ  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**(TEZ DANIŞMANI:DOÇ. DR. NADİR İLTEN)  
(EŞ DANIŞMAN:DOÇ. DR. LOKMAN HAKAN TECER)  
BALIKESİR, 2014**

İnsanlar, yaşam süreçlerinin çoğunluğunu iç ortamlarda geçirmektedirler. Bu nedenle, iç ortam hava kalitesi insan sağlığı ve verimliliği üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Bu çalışmada Balıkesir il Merkezindeki farklı mikroçevrelerde iç hava kalitesini etkileyen kirletici konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımları, kaynaklara ve enerji tüketimlerine bağlı olarak incelenmiştir. İç ortamlarda aktif ve pasif örnekleme teknikleri kullanılarak partikül madde (PM<sub>10</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), azotdioksit (NO<sub>2</sub>), kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>) kirletici konsantrasyonları ve konfor parametreleri (sıcaklık, bağıl nem) belirlenmiştir. Evlerde enerji tüketiminin iç hava kalitesine etkisini belirlemek için anketler ve ölçümler yapılmıştır. İç hava kalitesi parametrelerine ait ölçüm sonuçlarıyla anket verileri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Sonuçlar değişik ülkelerde önerilen iç hava kalitesi standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Ayrıca CO<sub>2</sub> ve PM parametreleri iç ve dış ortamlarda eş zamanlı olarak ölçülmüştür. Kışın işyerleri ve kamu binaları merkezi ısıtma sistemi ile ısıtıldığı için sıcaklık ve bağıl nem değerleri kabul edilebilir sınır değerler arasında kalmıştır. Her iki sezonda evlerde bağıl nem değerleri uygun bulunmuştur. İç ortamlarda kış aylarında tespit edilen karbondioksit konsantrasyonları, yaz aylarından daha yüksek bulunmuştur. Kış döneminde evlerin %43'ünde karbondioksit konsantrasyonu 1000 ppm sınır değerini aşarken, yaz aylarında sınır değerinin altında kalmıştır. İç ortam/dış ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyon oranları kış aylarında 2.0-4.5 civarında iken, yaz aylarında 1.0-2.0 arasında olup, karbondioksit konsantrasyonlarının iç ortam kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Kış döneminde iç ortam PM değerleri gündüz saatlerinde daha yüksek olup, kabul edilebilir iç hava kalitesi sınır değerini aştığı, yaz döneminde ise aşmadığı görülmüştür. İç ortamlarda ölçülen NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> konsantrasyonları kış aylarında, O<sub>3</sub> konsantrasyonları ise yaz aylarında daha yüksek tespit edilmiştir. Özellikle kış aylarında ısınma için kullanılan yakıtlar, trafiğin yoğun olduğu şehir merkezleri ile ana yola yakın evlerde oluşan dış ortam konsantrasyonları iç ortam konsantrasyonlarını etkilemektedir.

Kış aylarında artan enerji tüketimine paralel olarak iç ortam konfor parametre değerlerinin değiştiği gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar temelinde iç hava kalitesinin artırılmasına yönelik çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

**ANAHTAR KELİMELER:** İç ortam hava kalitesi, konfor parametreleri, karbondioksit, partikül madde, kükürtdioksit, azotdioksit, ozon, Balıkesir.

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF INDOOR AIR QUALITY BASED ON SOURCES OF POLLUTANT AND COMFORT PARAMETERS AND ENERGY CONSUMPTION**

**PHD. PROGRAMS**

**AYŞE TÜLAY SELİCİ**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. NADIR ILTEN)**

**(CO-SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. LOKMAN HAKAN TECER)**

**BALIKESİR, 2014**

People spend most of their lives in indoor environments. Therefore, indoor air quality has a significant influence on human health and efficiency.

In this study, seasonal distribution of indoor concentrations that affect indoor air quality were investigated, based on the sources and energy consumption on several microenvironments in the city center of Balıkesir. Particulate matter (PM<sub>10</sub>), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), ozone (O<sub>3</sub>) pollutant concentrations and comfort parameters (temperature, relative humidity) were determined indoor environments through active and passive sampling techniques. Questionnaires and measurement results were performed in houses to determine effects of energy consumption on indoor air quality. The results of measurement parameters and questionnaire data were analyzed statistically. The results have been compared with several international air quality standards related to indoor air quality. In addition, CO<sub>2</sub> and PM parameters were measured indoor and outdoor spaces concurrently. The measured temperature and relative humidity results were found between acceptable limits because of using central heating system for office and public buildings in winter season. In both seasons, summer and winter, only relative humidity values were found between acceptable limits houses. It has been found that indoor levels of CO<sub>2</sub> concentrations in winter were higher than summer season. While carbon dioxide concentrations were exceeding the limit value of 1000 ppm in 43 % of homes in winter season, they were measured in all the houses less than limit value in summer months. The average indoor/outdoor (I/O) ratios were found to be between 2.0-4.5 in winter and summer respectively for CO<sub>2</sub> concentrations. The high I/O ratios of CO<sub>2</sub> were found to be resulted from indoor generated activities. The daytime indoor PM values in winter were higher than night time and were within acceptable limits. Indoor air quality limit values were found to exceed the limit values in winter but they were acceptable summer measurements. Indoor air concentrations of NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> were found higher in the winter, while O<sub>3</sub> concentrations were higher in the summer. Indoor air concentrations of NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> were also higher in the winter than in the summer months. Especially outside concentration that the fuels used for heating, traffic density, consist of closer houses to main roads affect the concentration of indoor.

It was also observed that values of indoor air comfort parameters changed with increasing energy consumption. In conclusion, some suggestions have been made to improve indoor air quality.

**KEYWORDS:** Indoor air quality, comfort parameters, carbon dioxide, particulate matter, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, ozone, Balıkesir.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖZET.....	i
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ .....	x
SEMBOL LİSTESİ .....	xiii
KISALTMALAR .....	xv
ÖNSÖZ.....	xvi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 İç Ortam Hava Kalitesi ve Konfor Parametreleri .....	2
1.1.1 İç Sıcaklık ve Bağıl Nem .....	2
1.1.2 Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) .....	3
1.1.3 Partikül Madde.....	5
1.1.4 Azot Oksitler (NO <sub>x</sub> ) .....	7
1.1.5 Kükürtdioksit (SO <sub>2</sub> ) .....	8
1.1.6 Ozon (O <sub>3</sub> ).....	9
1.1.7 Uçucu Organik Bileşikler .....	11
1.1.8 Radon (Rn).....	11
1.1.9 Sigara Dumanı .....	12
1.1.10 Bio-aeroseller .....	12
1.2 İç Ortam Hava Kirliliği Standartları .....	13
1.3 İç Ortam Hava Kirliliği Kaynakları .....	16
1.4 İç Ortam Hava Kirliliği İle İlgili Literatür Çalışmaları .....	19
1.5 Enerji Tüketimi İle İlgili Literatür Çalışmaları.....	22
<b>2. YÖNTEM.....</b>	<b>25</b>
2.1 Çalışma Bölgesi .....	25
2.2 Hava Kirletici ve Konfor Parametrelerinin Ölçüm ve Analizi .....	26
2.2.1 İç Ortam Hava Kirleticilerinin Aktif Ölçümleri (CO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , Sıcaklık ve Bağıl Nem) .....	28
2.2.2 İç Ortam Hava Kirleticilerinin Pasif Ölçümleri (SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> ) .....	31
2.2.3 Aktif Dış Ortam Örneklemesi (PM <sub>10</sub> , CO <sub>2</sub> ).....	35
2.3 Anket Çalışmaları ve İstatistiksel Analizler .....	35
2.3.1 İç Ortamlarda Enerji Tüketimi.....	35
2.3.2 Anket Çalışması .....	36
2.3.3 Gerçekleştirilen İstatistiksel Analizler.....	38
<b>3. BULGULAR .....</b>	<b>40</b>
3.1 İç ve Dış Ortam Kirletici ve Konfor Parametreleri.....	40
3.1.1 CO <sub>2</sub> (Karbondioksit) .....	40
3.1.1.1 CO <sub>2</sub> Yaz Sezonu.....	44
3.1.1.2 CO <sub>2</sub> Kış Sezonu .....	47
3.1.2 PM (Partikül Madde) .....	51
3.1.2.1 PM Yaz Sezonu.....	54
3.1.2.2 PM Kış Sezonu.....	57
3.1.3 Sıcaklık ve Bağıl Nem Ölçümleri .....	60
3.1.4 İnorganik Kirleticiler (SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> ).....	70
3.2 Dış Ortam PM, CO <sub>2</sub> Konsantrasyonları.....	77



3.2.1 Dış Ortam CO <sub>2</sub> .....	77
3.2.1.1 CO <sub>2</sub> Ölçümlerine Bağlı Havalandırma Katsayısının Belirlenmesi.....	81
3.2.2 Dış Ortam PM .....	84
3.3 Anket Sonuçları .....	87
3.3.1 Kişisel Karakteristikler .....	87
3.3.2 Ev Karakteristikleri.....	89
3.3.3 Evlerin Enerji Karakteristikleri.....	90
3.3.3.1 Enerji Tüketiminin Bölgelere Göre Değerlendirilmesi.....	93
3.3.3.2 Yaz ve Kış Aylarında Evlerde Tüketilen Enerjinin Dağılımı ....	100
3.4 İstatistiksel Analizler .....	101
3.4.1 CO <sub>2</sub> , PM Konsantrasyonlarına İlişkin İstatistiksel Analizler .....	101
3.4.1.1 CO <sub>2</sub> , PM Konsantrasyonlarının Evlerin Metrekaresine Göre Değişimleri .....	100
3.4.1.2 CO <sub>2</sub> , PM Konsantrasyonlarının Evlerin Bölgelerine Göre Değişimi .....	103
3.4.1.3 CO <sub>2</sub> , PM Konsantrasyonlarının Evlerin Yola Uzaklığına (Ara/Ana Yol) Göre Değişimi .....	106
3.4.1.4 CO <sub>2</sub> , PM Konsantrasyonlarının Evlerin Mutfak Metrekarelerine Göre Değişimi .....	107
3.4.1.5 CO <sub>2</sub> , PM Konsantrasyonlarının Evlerin Havalandırma Sürelerine Göre Değişimi .....	111
3.4.1.6 Sigara Kullanımı ile Kirlilik Parametreleri (CO <sub>2</sub> , PM) Arasındaki İlişki.....	113
3.4.1.7 CO <sub>2</sub> , PM Konsantrasyonlarının Gece/Gündüz Periyodundaki Değişimleri .....	114
3.4.1.8 Partikül Maddenin Yaz ve Kış Aylarına Göre Değerlendirilmesi	116
3.4.1.9 Karbondioksitin Yaz ve Kış Aylarına Göre Değerlendirilmesi ...	117
3.4.1.10 İşyerlerindeki CO <sub>2</sub> , PM Seviyesinin Gece/Gündüz Değişimi....	118
3.4.1.11 İşyerlerindeki Karbondioksitin Yaz ve Kış Aylarına Göre Değerlendirilmesi .....	119
3.4.1.12 İşyerlerindeki Partikül Maddenin Yaz ve Kış Aylarına Göre Değerlendirilmesi .....	120
3.4.1.13 İşyeri/Ev Ortamlarındaki CO <sub>2</sub> , PM Karşılaştırılması.....	121
3.4.2 İç/Dış Ortam CO <sub>2</sub> , PM Konsantrasyonlarına İlişkin İstatistiksel Analizler.....	122
3.4.2.1 İç ve Dış Ortamlarda Ölçülen CO <sub>2</sub> Ölçümlerinin Yaz ve Kış Aylarına Göre Değerlendirilmesi .....	122
3.4.2.2 İç ve Dış Ortamlarda Ölçülen PM Ölçümlerinin Yaz ve Kış Aylarına Göre Değerlendirilmesi .....	123
3.4.2.3 İç ve Dış Ortamlarda Ölçülen CO <sub>2</sub> ve PM Konsantrasyonlarının Değişimi (Yaz/Kış).....	126
3.4.3 İç Ortam Pasif Örnekleme Sonuçlarına İlişkin İstatistiksel Analizler.. .....	130
3.4.3.1 Evlerin Metrekaresi ile Kirlilik Parametreleri (SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> ,O <sub>3</sub> ) Arasındaki İlişki .....	130
3.4.3.2 SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> Konsantrasyonlarının Mutfak Metrekarelerine Göre Değerlendirilmesi .....	132
3.4.3.3 SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> Konsantrasyonlarının Isınmada Kullanılan Yakıt Cinsine Göre Değerlendirilmesi .....	134

3.4.3.4 SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> Konsantrasyonlarının Pişirmede Kullanılan Yakıt Cinsine Göre Değerlendirilmesi .....	135
3.4.3.5 Sigara Kullanımı ile Kirlilik Parametreleri (SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> ,O <sub>3</sub> ) Arasındaki İlişki .....	136
3.4.3.6 Binaların İzolasyonu İle Kirlilik Parametreleri (SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> ,O <sub>3</sub> ) Arasındaki İlişki .....	138
3.4.3.7 Havalandırma Süresi ile Kirlilik Parametreleri (SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> ,O <sub>3</sub> ) Arasındaki İlişki .....	140
3.4.3.8 SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> Konsantrasyonlarının Yol Durumuna Göre Değerlendirilmesi .....	141
3.4.3.9 Evlerde Enerji Kullanımının CO <sub>2</sub> , PM, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> Ölçümlerine Göre Değerlendirmesi .....	142
3.4.3.10 Evlerde Kış Döneminde Enerji Kullanımının Sıcaklık ve Bağlı Nem Ölçümlerine Göre Değerlendirmesi.....	143
<b>4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....</b>	<b>146</b>
<b>5. KAYNAKLAR.....</b>	<b>161</b>
<b>6. EKLER.....</b>	<b>174</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: Fiziksel aktivitelere göre oksijen tüketimi ve CO <sub>2</sub> üretimi .....	4
Şekil 2.1: Balıkesir il merkezinde iç hava kalitesi örnekleme yapılan noktalar.....	27
Şekil 2.2: Telaire 7001 CO <sub>2</sub> /sıcaklık ve PM monitörü.....	29
Şekil 2.3: UCB Partikül madde monitörü.....	30
Şekil 2.4: CO <sub>2</sub> ve sıcaklık monitörü.....	30
Şekil 2.5: Veri depolama ünitesi.....	30
Şekil 2.6: Pasif Örnekleyici .....	32
Şekil 2.7: Pasif örnekleyici parçaları .....	33
Şekil 2.8: Pasif örnekleme prosesi a)Difüzyon, b)Geçiş (permeasyon) .....	33
Şekil 3.1: CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının günlük, gündüz, gece değişimleri (yaz) .	45
Şekil 3.2: CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının bölgelere göre saatlik değişimi (yaz)-konutlar .....	45
Şekil 3.3: CO <sub>2</sub> günlük, gündüz, gece konsantrasyonlarının (yaz)-kamu binaları ve iş yerleri.....	46
Şekil 3.4: CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (yaz)-kamu binaları.....	46
Şekil 3.5: CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (yaz)-iş yerleri.....	47
Şekil 3.6: CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının günlük, gündüz, gece değişimleri (kış)..	48
Şekil 3.7: CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının bölgelere göre saatlik değişimi (kış)-konutlar.....	48
Şekil 3.8: CO <sub>2</sub> günlük, gündüz, gece konsantrasyonları (kış)-kamu binaları ve iş yerleri.....	49
Şekil 3.9: CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (kış)-kamu binaları.....	50
Şekil 3.10: CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (kış)-iş yerleri.....	50
Şekil 3.11: PM konsantrasyonlarının günlük, gündüz, gece ölçüm değerleri (yaz).....	55
Şekil 3.12: PM konsantrasyonlarının bölgelere göre saatlik değişimi (yaz)-konutlar.....	55
Şekil 3.13: PM günlük, gündüz, gece konsantrasyonları (yaz)-kamu binaları ve iş yerleri.....	56
Şekil 3.14: PM konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (yaz)-kamu binaları.....	56
Şekil 3.15: PM konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (yaz)-iş yerleri.....	57
Şekil 3.16: PM günlük, gündüz, gece konsantrasyonları (kış)-konutlar.....	58
Şekil 3.17: PM konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimleri-kış (konutlar) .....	58
Şekil 3.18: PM günlük, gündüz, gece konsantrasyonları (kış)-kamu binaları ve iş yerleri.....	59
Şekil 3.19: PM konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (kış)-kamu binaları.....	59

<b>Şekil 3.20:</b> PM konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (kış)- iş yerleri.....	60
<b>Şekil 3.21:</b> Sıcaklık değerlerinin günlük, gündüz ve gece değişimleri (yaz) .....	62
<b>Şekil 3.22:</b> Sıcaklık değerlerinin günlük, gündüz ve gece değişimleri (kış) .....	62
<b>Şekil 3.23:</b> Bağıl nem değerlerinin günlük, gündüz ve gece değişimleri (yaz) .....	63
<b>Şekil 3.24:</b> Bağıl nem değerlerinin günlük, gündüz ve gece değişimleri (kış) .....	63
<b>Şekil 3.25:</b> Sıcaklık değerlerinin bölgelere göre değişimi (yaz, kış).....	64
<b>Şekil 3.26:</b> Konutlarda sıcaklık ölçümlerinin sınır değerlere göre değişimi (yaz/kış).....	65
<b>Şekil 3.27:</b> Bağıl nem değerlerinin bölgelere göre değişimi (yaz, kış) .....	65
<b>Şekil 3.28:</b> Konutlarda bağıl nem ölçümlerinin sınır değerlere göre değişimi (yaz/kış).....	66
<b>Şekil 3.29:</b> Sıcaklık değerlerinin günlük, gündüz, gece ölçüm değişimleri (yaz).....	66
<b>Şekil 3.30:</b> Sıcaklık değerlerinin günlük, gündüz, gece ölçüm değişimleri (kış).....	67
<b>Şekil 3.31:</b> İş yerlerinde sıcaklık ölçümlerinin sınır değerlere göre değişimi (yaz/kış).....	65
<b>Şekil 3.32:</b> Bağıl nem değerlerinin günlük, gündüz, gece ölçümleri (yaz) .....	69
<b>Şekil 3.33:</b> Bağıl nem değerlerinin günlük, gündüz, gece ölçümleri (kış) .....	69
<b>Şekil 3.34:</b> İşyerlerinde bağıl nem ölçümlerinin sınır değerlere göre değişimi (yaz/kış).....	70
<b>Şekil 3.35:</b> SO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimi (konutlar).....	72
<b>Şekil 3.36:</b> SO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimi (kamu binaları ve iş yerleri) .....	73
<b>Şekil 3.37:</b> NO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimi (konutlar) .....	74
<b>Şekil 3.38:</b> NO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimi (kamu binaları ve iş yerleri) .....	75
<b>Şekil 3.39:</b> O <sub>3</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimi (konutlar).....	76
<b>Şekil 3.40:</b> O <sub>3</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimi (kamu binaları ve iş yerleri) .....	77
<b>Şekil 3.41:</b> Konutlarda ve işyerlerinde iç/dış CO <sub>2</sub> oranları (yaz) .....	79
<b>Şekil 3.42:</b> Konutlarda ve işyerlerinde iç/dış CO <sub>2</sub> oranları (kış).....	79
<b>Şekil 3.43:</b> CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının sınır değere göre belirlenmesi (yaz/kış)-işyerleri .....	80
<b>Şekil 3.44:</b> Evlerde CO <sub>2</sub> Konsantrasyonlarının kümülatif dağılımı (%) a) Yaz (b) Kış .....	80
<b>Şekil 3.45:</b> CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının sınır değere göre belirlenmesi (yaz/kış)-işyerleri .....	81
<b>Şekil 3.46:</b> Evlerde tespit edilen sızıntı hava değerleri.....	82
<b>Şekil 3.47:</b> Dış hava sızıntı değerleri (%) (a) Yaz dönemi, (b) Kış dönemi..	82
<b>Şekil 3.48:</b> Yaz ve kış aylarında hava değişim sayısı (h <sup>-1</sup> ).....	83
<b>Şekil 3.49:</b> Konutlarda hava değişim sayısı kümülatif yüzde (%) (a) Kış , (b) Yaz.....	83
<b>Şekil 3.50:</b> Konutlarda ve işyerlerinde iç/dış PM oranları (a)Kış , (b) Yaz .....	86
<b>Şekil 3.51:</b> Ankete katılanların (a)Eğitim durumu, (b) Yaş durumu .....	87

<b>Şekil 3.52:</b> Ankete katılanların (a) Mesleki durumu, (b) Gelir durumu .....	88
<b>Şekil 3.53:</b> Ankete katılanların (a)Yemek pişirme zamanları, (b) Odalarda geçirdikleri süre .....	88
<b>Şekil 3.54:</b> Evlerde havalandırma süreleri (saat)-kış.....	90
<b>Şekil 3.55:</b> Konutlarda ısınma (a) Yakıt türleri (b) Isınma karakteristikleri ....	91
<b>Şekil 3.56:</b> Evlerde pişirmede kullanılan yakıt türleri.....	91
<b>Şekil 3.57:</b> Evlerde su ısıtma (a) Sistemlerin dağılımı, (b) Yakıt türleri.....	92
<b>Şekil 3.58:</b> Bölgelere göre kullanılan yakıt dağılımı .....	93
<b>Şekil 3.59:</b> Bölgelere göre ısınma türlerinin dağılımı .....	94
<b>Şekil 3.60:</b> Bölgelere göre pişirmede kullanılan yakıtlar .....	95
<b>Şekil 3.61:</b> Bölgelere göre su ısıtmada kullanılan yakıtlar .....	96
<b>Şekil 3.62:</b> Bölgelere göre su ısıtmada kullanılan sistemler.....	97
<b>Şekil 3.63:</b> Bölgelere göre elektrik tüketim bedelleri.....	98
<b>Şekil 3.64:</b> Bölgelere göre yakıt tüketim bedelleri .....	98
<b>Şekil 3.65:</b> Konutlarda ölçülen PM konsantrasyon değerleri (yaz/kış) .....	125
<b>Şekil 3.66:</b> İşyerlerinde ölçülen PM konsantrasyon değerleri (yaz/kış).....	125
<b>Şekil 3.67:</b> İç ve dış ortamlarda CO <sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları (kış).....	127
<b>Şekil 3.68:</b> İç ve dış ortamlarda CO <sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları (yaz).....	127
<b>Şekil 3.69:</b> Sigara kullanımı-NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> konsantrasyonları (yaz/kış).....	127
<b>Şekil 3.70:</b> Konutlarda CO <sub>2</sub> ölçümlerinin enerji kullanımına göre değişimi (kış).....	143
<b>Şekil 3.71:</b> Konutlarda sıcaklığın enerji kullanımına göre değişimi (kış) .....	144
<b>Şekil 3.72:</b> Konutlarda bağıl nemin enerji kullanımına göre değişimi (kış)...	145
<b>Şekil 3.73:</b> Konutlarda bağıl nemin enerji kullanımına göre değişimi (yaz)..	145

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 1.1:</b> İnsanların aktivitelerine göre havaya verdikleri CO <sub>2</sub> miktarı .....	4
<b>Tablo 1.2:</b> İç ortam kirleticilerinin sınır değerleri .....	13
<b>Tablo 1.3:</b> CO <sub>2</sub> , PM, bağıl nem, sıcaklık-sınır değerler .....	14
<b>Tablo 1.4:</b> NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> -sınır değerler .....	15
<b>Tablo 2.1:</b> İşyerleri ve kamu binalarının dağılımı.....	27
<b>Tablo 2.2:</b> Balıkesir merkez konut, işyeri, nüfus ve yakıt tüketimi istatistikleri.....	37
<b>Tablo 3.1:</b> Konutlarda CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış, gece/gündüz değişimleri.....	42
<b>Tablo 3.2:</b> İşyerleri ve kamu kuruluşları CO <sub>2</sub> değerlerinin yaz/kış, gece/gündüz değişimleri.....	43
<b>Tablo 3.3:</b> CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının bölgeye göre değişimine tanımlayıcı istatistikleri.....	44
<b>Tablo 3.4:</b> Konutlarda PM konsantrasyonlarının yaz/kış, gece/gündüz değişimleri.....	52
<b>Tablo 3.5:</b> İşyerleri ve kamu kuruluşları PM konsantrasyonlarının yaz/kış, gece/gündüz değişimleri.....	53
<b>Tablo 3.6:</b> Günlük PM konsantrasyonlarına ait istatistiksel bilgiler, µg/m <sup>3</sup> ...	54
<b>Tablo 3.7:</b> Konutlarda sıcaklık, nem değerlerinin yaz/kış, gece/gündüz değişimleri.....	61
<b>Tablo 3.8:</b> İşyerleri ve kamu kuruluşları sıcaklık, nem değerlerinin yaz/kış, gece/gündüz değişimleri.....	68
<b>Tablo 3.9:</b> İnorganik kirletici konsantrasyonlarının günlük ortalamaları .....	71
<b>Tablo 3.10:</b> Bölgelere göre inorganik kirletici konsantrasyonu istatistikleri ...	72
<b>Tablo 3.11:</b> Konutlarda, işyerlerinde iç/dış CO <sub>2</sub> değişimleri,ppm .....	78
<b>Tablo 3.12:</b> Konutlarda havalandırma ve fiziksel özelliklere ait istatistiksel veriler .....	81
<b>Tablo 3.13:</b> Konutlarda, işyerlerinde iç/dış ortam PM konsantrasyonları (yaz/kış).....	85
<b>Tablo 3.14:</b> Evlerin karakteristik özellikleri .....	89
<b>Tablo 3.15:</b> Evlerde elektrik tüketimi .....	92
<b>Tablo 3.16:</b> Bölgelere göre yakıt tüketimi .....	93
<b>Tablo 3.17:</b> Bölgelere göre ısınma karakteristikleri.....	94
<b>Tablo 3.18:</b> Bölgelere göre pişirmede kullanılan yakıtlar.....	95
<b>Tablo 3.19:</b> Bölgelere göre su ısıtmada kullanılan yakıtlar .....	96
<b>Tablo 3.20:</b> Bölgelere göre su ısıtmada kullanılan sistemler .....	97
<b>Tablo 3.21:</b> Bölgelere göre anket sonuçları (diğer hususlar) .....	99
<b>Tablo 3.22:</b> Evlerde yaz/kış aylarında tüketilen enerjinin dağılımı .....	100
<b>Tablo 3.23:</b> Evlerin metrekarelerine ait istatistik bilgiler .....	101
<b>Tablo 3.24:</b> Kirlilik-metrekaire anova-tukey testi tablosu .....	102
<b>Tablo 3.25:</b> PM, CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının sosyo-ekonomik değişimi .....	104
<b>Tablo 3.26:</b> PM, CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının bölgesel farklılıkları (anova) ....	105
<b>Tablo 3.27:</b> CO <sub>2</sub> ve PM konsantrasyonlarının yol durumuna göre (ara/ana yol) değişimi .....	106

<b>Tablo 3.28:</b> CO <sub>2</sub> , PM konsantrasyonlarının yol durumuna göre değişimi (t- testi) .....	107
<b>Tablo 3.29:</b> Evlerin metrekarelerine ait istatistik bilgiler .....	108
<b>Tablo 3.30:</b> Evlerin mutfak metrekarelerine ait istatistikler .....	109
<b>Tablo 3.31:</b> CO <sub>2</sub> , PM konsantrasyonlarının evlerin mutfak metrekaresi farklılıkları (Anova) .....	110
<b>Tablo 3.32:</b> Evlerin havalandırma sürelerine ait istatistiksel bilgiler.....	111
<b>Tablo 3.33:</b> Kirlilik-havalandırma süresi (anova-tukey testi) tablosu.....	112
<b>Tablo 3.34:</b> Sigara kullanımı - CO <sub>2</sub> , PM değerlerine ait istatistik bilgiler.....	113
<b>Tablo 3.35:</b> CO <sub>2</sub> , PM konsantrasyonları ile sigara içilmesi durumuna ait t- testi.....	114
<b>Tablo 3.36:</b> CO <sub>2</sub> , PM konsantrasyonlarının gece/gündüz değerlerine ait istatistikleri .....	114
<b>Tablo 3.37:</b> CO <sub>2</sub> , PM -gece/gündüz durumu (bağımsız t- testi) tablosu.....	115
<b>Tablo 3.38:</b> Partikül madde konsantrasyonlarının dönemsel istatistik bilgileri .....	116
<b>Tablo 3.39:</b> PM konsantrasyonlarının yaz/kış değişimine ait bağımsız t- testi sonuçları .....	116
<b>Tablo 3.40:</b> Yaz/kış dönemi CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarına ait istatistiksel bilgiler .....	117
<b>Tablo 3.41:</b> CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimine ait bağımsız t- testi tablosu .....	117
<b>Tablo 3.42:</b> CO <sub>2</sub> , PM konsantrasyonlarının gece/gündüz periyoduna ait istatistikleri .....	119
<b>Tablo 3.43:</b> CO <sub>2</sub> konsantrasyonları ile gece/gündüz durumu için t- testi sonuçları .....	119
<b>Tablo 3.44:</b> CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış dönemi istatistikleri.....	119
<b>Tablo 3.45:</b> CO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış dönemi için t- testi tablosu ...	120
<b>Tablo 3.46:</b> PM konsantrasyonlarının yaz/kış dönemi istatistikleri.....	120
<b>Tablo 3.47:</b> PM konsantrasyonlarının yaz/kış dönemi için t- testi tablosu ....	120
<b>Tablo 3.48:</b> CO <sub>2</sub> ,PM-ev/işyeri değerlerine ait istatistik bilgiler .....	121
<b>Tablo 3.49:</b> CO <sub>2</sub> ,PM konsantrasyonlarının -ev/işyeri karşılaştırılması, t- testi tablosu .....	122
<b>Tablo 3.50:</b> İç/dış ortam CO <sub>2</sub> konsantrasyonları, bağımsız örneklem t-testi (kış).....	123
<b>Tablo 3.51:</b> İç/dış ortam CO <sub>2</sub> konsantrasyonları, bağımsız örneklem t-testi (yaz).....	123
<b>Tablo 3.52:</b> İç/dış ortam PM konsantrasyonları, bağımsız örneklem t-testi (kış).....	124
<b>Tablo 3.53:</b> İç/dış ortam PM konsantrasyonları, bağımsız örneklem t-testi (yaz).....	124
<b>Tablo 3.54:</b> SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> konsantrasyonlarının konutların metrekarelerine göre istatistiksel değerleri.....	132
<b>Tablo 3.55:</b> SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> konsantrasyonlarının mutfak metrekarelerine göre istatistiksel değerleri.....	134
<b>Tablo 3.56:</b> SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> konsantrasyonlarının ısınmada kullanılan yakıtta göre istatistiksel değerleri.....	135
<b>Tablo 3.57:</b> SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> konsantrasyonlarının pişirmede kullanılan yakıtta göre istatistiksel değerleri.....	136

<b>Tablo 3.58:</b> SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> konsantrasyonlarının sigara kullanımı durumuna göre değişimi .....	137
<b>Tablo 3.59:</b> İzolasyon durumu (çatı, pencere, duvar)- SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> konsantrasyonlarına ait istatistiksel değerler.....	139
<b>Tablo 3.60:</b> SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> konsantrasyonlarının havalandırma süresine göre değişimi .....	140
<b>Tablo 3.61:</b> SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> konsantrasyonlarının yol durumuna göre istatistikleri .....	141
<b>Tablo 3.62:</b> CO <sub>2</sub> , PM, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> - enerji tüketimi değerlerinin korelasyonu (kış) .....	142
<b>Tablo 3.63:</b> CO <sub>2</sub> , PM, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> - enerji tüketimi değerlerinin korelasyonu (yaz) .....	142
<b>Tablo 3.64:</b> Sıcaklık ve bağıl nem - enerji tüketimi değerlerinin korelasyonu (kış) .....	143
<b>Tablo 3.65:</b> Sıcaklık ve bağıl nem - enerji tüketimi değerlerinin korelasyonu (yaz) .....	144



## SEMBOL LİSTESİ

<b>T</b>	: Sıcaklık
<b>°C</b>	: Santigrad derece
<b>BN</b>	: Bağıl nem
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>m<sup>3</sup></b>	: Metreküp
<b>hds</b>	: Hava değişim sayısı
<b>ppm</b>	: Parts per million (milyonda bir)
<b>μ</b>	: Mikron
<b>μm</b>	: Mikro metre
<b>PM<sub>10</sub></b>	: 10 mikro metre çapında partikül madde
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	: 2.5 mikro metre çapında partikül madde
<b>PM<sub>1.0</sub></b>	: 1.0 mikro metre çapında partikül madde
<b>TSP</b>	: Askıda partikül madde
<b>EC</b>	: Elementel karbon
<b>PAH</b>	: Polisiklik aromatik karbon
<b>I/O</b>	: Indoor/Outdoor (iç/dış)
<b>NO<sub>x</sub></b>	: Azot monoksit
<b>HNO<sub>3</sub></b>	: Indoor/Outdoor (iç/dış)
<b>NO</b>	: Azot oksitler
<b>NO<sub>2</sub></b>	: Azot dioksit
<b>N<sub>2</sub>O</b>	: Diazot monoksit
<b>NO<sub>3</sub></b>	: Azot trioksit
<b>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	: Diazot trioksit
<b>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	: Diazot tetraoksit
<b>N<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	: Diazot pentaoksit
<b>PAN</b>	: Peroksiasetil nitrat
<b>CO</b>	: Karbon monoksit
<b>Ppb</b>	: Parts per billion (milyarda bir)
<b>SO<sub>2</sub></b>	: Kükürt dioksit
<b>SO<sub>x</sub></b>	: Kükürt oksitler
<b>O</b>	: Oksijen Atomu
<b>O<sub>2</sub></b>	: Oksijen Molekülü
<b>O<sub>3</sub></b>	: Ozon
<b>Mg</b>	: Miligram
<b>UOB</b>	: Uçucu Organik Bileşikler
<b>pCi/L</b>	: pico curies/liter (curi'nin trilyonda biridir)
<b>TVOC</b>	: Toplam Uçucu Organik Bileşik
<b>mg/m<sup>3</sup></b>	: Miligram/metreküp
<b>VOC</b>	: Uçucu Organik Bileşikler
<b>PM</b>	: Partikül Madde
<b>BC</b>	: Biyolojik Karbon
<b>LPG</b>	: Sıvılaştırılmış petrol gazı
<b>222Ra</b>	: Radon 222 izotopu
<b>218Po</b>	: Polonyum 218 izotopu
<b>214Pb</b>	: Kurşun 214 izotopu

<b>TBC</b>	: Toplam biyolojik bileşikler
<b>HCHO</b>	: Formaldehit
<b>P</b>	: Hesaplanan önem seviyesi
<b>h<sup>-1</sup></b>	: Birim saatte
<b>µL/L</b>	: Mikro litre/litre
<b>L/sn</b>	: litre/saniye
<b>THC</b>	: Toplam hidrokarbon
<b>AAS</b>	: Atomik adsorbsiyon Spektrofotometresi
<b>SEM</b>	: Scanning electron microscope (taramalı elektron mikroskopu)
<b>kwh/m<sup>2</sup></b>	: Kilowatt saat/metrekare
<b>MJm<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup></b>	: Mega-joule /metrekare.yıl
<b>NMVOC</b>	: Non-metan Uçucu Organik Bileşikler
<b>CH<sub>4</sub></b>	: Metan
<b>km<sup>2</sup></b>	: Kilometrekare
<b>NaNO<sub>2</sub></b>	: Sodyum nitrit
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	: Sodyum karbonat
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	: Hidrojen peroksit
<b>SO<sub>4</sub></b>	: Sülfat

## KISALTMALAR

<b>WHO</b>	: Dünya sağlık Örgütü
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>EPA</b>	: United States Environmental Protection Agency (Çevresel Koruma Örgütü)
<b>SPSS</b>	: Statical Package For The Social Sciences (İstatistik Programı)
<b>HVAC</b>	: Heating, Ventilating and Air Condinationing-Isıtma-Havalandırma ve Klima
<b>ASHRAE</b>	: Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu
<b>ASTM E741</b>	: Standart Test Method for Determining Air Change in a Single Zone by Means of Tracer Gas Dilution
<b>GF/A</b>	: Glass Microfiber Filters: A Sınıfı Cam Elyaf Filtre
<b>TEA</b>	: Trietanplamin
<b>IC</b>	: İyon Kromatografisi

## ÖNSÖZ

Tüm çalışmam süresince her türlü önerilerinden, yardımlarından, sabrından ve yol göstericiliğinden dolayı tez danışmanım değerli hocam Sayın Doç. Dr. Nadir İlten'e ve çalışma konumu bana öneren ve çalışma süresince çok değerli katkılarını ve yardımlarını esirgemeyen eş danışman hocam Sayın Doç. Dr. Lokman Hakan Tecer'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Beni her zaman destekleyen değerli aileme, anket ve ölçüm esnasında katkısı olan herkese teşekkür ederim.

## 1. GİRİŞ

İnsanlar zamanlarının yaklaşık %90'ını iç ortamlarda geçirirler. Bu konuda yapılan çalışmalarda, iç ortam havasının dış ortam havasına göre daha fazla seviyede kirletici içerdiği belirtilmiştir [1]. Gelişmiş ülkelerde binaların konumu, yapısı ve havalandırma sistemlerinin planlı bir şekilde tasarlanması nedeniyle konutlarda iç ortam hava kirletici seviyeleri genellikle düşüktür. Ortamdaki havalandırmanın yetersiz veya konut içindeki cihazların hasarlı olması halinde kirletici seviyeleri insan sağlığına zarar verebilecek boyutlara çıkabilmektedir [2].

İç hava kalitesi, iç ortam havasının temizliği ile ilgili olup, insanın rahatlığını ve sağlığını etkileyen ısı olmayan tüm noktaları kapsar [3]. İnsanların içinde bulunduğu havayı farklı algılaması ve farklı beklentileri sebebiyle, iç hava kalitesi için kesin sınırlar çizmek veya tanımlamak zordur. Bundan dolayı, "kabul edilebilir iç hava kalitesi" terimi ortaya çıkmıştır. ASHRAE 62-1989 ve 2001 Standartında, kabul edilebilir iç hava kalitesi " içinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyon seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların %80 veya daha üzerindeki oranın havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır" olarak tanımlanmıştır [3, 4].

İç ortam havası; biyolojik kaynaklı bakteri, mantar, küf, virüs, polen ve onların parçalarından oluşan biyoaerosoller ve yemek pişirme, sigara içimi, ısıtma ve soğutma sistemleri, bina yapı malzemeleri ve mobilyalardan kaynaklanan biyolojik olmayan toz ve diğer kirleticiler nedeniyle kirletilebilmektedir [5].

İç ortam hava kirliliğine, iç ortamda oluşan kirleticiler ile dış ortamdan iç ortama giren kirleticiler neden olmaktadır ve insanların bu kirleticilere maruziyeti önemli sağlık riskleri oluşturmaktadır [6].

Endüstriyel faaliyetlerin ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde iç ortamlardaki kirliliğin önemli bir bölümünün dış ortamdan kaynaklandığı bilinmektedir. İç ortamda kullanılan havalandırma türü, havalandırma hızı ve kirleticilerin yapısı gibi

faktörler iç ortam kirliliklerine, dış ortam kirleticilerinin katkısını belirlemede kullanılan faktörlerdir [7].

İç ortam hava kalitesi ile ilgili yapılan çalışmalarda “Kapalı Bina Sendromu” SBS (Hasta Bina Sendromu) ve BRI (Bina Bağlantılı Hastalıklar) olarak adlandırılan sağlık problemleri tanımlanmaktadır [8, 9]. Yapılan birçok araştırmada, iç ortamdaki kirleticilerin seviyesinin dış ortama göre daha yüksek olduğu görülmüştür [10].

## **1.1 İç Ortam Hava Kalitesi ve Konfor Parametreleri**

### **1.1.1 İç Sıcaklık ve Bağıl Nem**

İç ortam sıcaklığı, ısıl konfor şartlarının en önemli parametrelerinden birisidir. Yaz/kış mevsimlerine göre, insanların kendilerini rahat hissedebilecekleri bir değerde olmalıdır. Sıcaklık (T), ne çok düşük ne de çok yüksek derecelerde olmalıdır. Merkezi ısıtma tesisat projelerinde, konutlarda oturma odası için iç hava sıcaklığı 22 °C ve banyolar için 26 °C alınmaktadır. Büro hacimleri için iç hava sıcaklığının 20 °C olacağı kabul edilmektedir” [11]. Yunanistan’da bulunan ilkokulların ve kreşlerin ısıl konfor açısından değerlendirilmesinde, ilkokullarda bulunan öğrenci sayısının kreşlerden daha fazla olması sebebiyle, ilkokulların kreşlerden daha sıcak olduğu belirlenmiştir [12].

Isıl konforu etkileyen diğer bir faktör de nemdir. İç ortamın nemi, genelde bağıl nem (BN) ile ifade edilip, iç ortam bağıl nemi %30 ile %70 arasında önerilmektedir [8, 13-14]. İç ortamın sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Sıcaklık ve bağıl neme göre konfor bölgeleri, yaz ve kış durumları için belirlenir [13].

Evlerin içinde meydana gelen buharlaşma, dış ortamdan daha fazladır. Oluşan buhar, soğuk hava ile karşılaşınca yoğunlaşır ve bu durum duvarların tahrip olmasına sebep olur [15].

İnsanlar sıcaklık, iklimsel çevre, giysilerin ısı direnci, vücut yapısı ve kişisel durumlar ile termometre sıcaklığı, nispi nem, rüzgâr ve radyasyon gibi meteorolojik faktore bağlı olarak sıcaklığı farklı hissederler. Hissedilen sıcaklık, termometrenin ölçtüğü aktüel fiziksel hava sıcaklığından farklı olarak, insan vücudunun hissettiği, algıladığı sıcaklıktır. Dolayısıyla sıcaklığı algılama ve hissetme kişiden kişiye değişiklik gösterir. Sıcak havalarda hava sıcaklığını daha sıcak hissetmemizde yaptığımız etkinliklerin seviyesi, giysilerin ısı direnci, ortalama radyant sıcaklık, bağıl hava hızı ve çevre ile havanın su buhar basıncı etkilidir. Özellikle kış aylarında hava sıcaklığının sıfırın altına düştüğü durumlarda kuvvetli rüzgâr ile birlikte hissedilen sıcaklık, ölçülen sıcaklıktan daha düşük olmaktadır. Bu durum hava sıcaklığının olduğundan daha soğuk hissedilmesine yol açmaktadır [16].

### **1.1.2 Karbondioksit (CO<sub>2</sub>)**

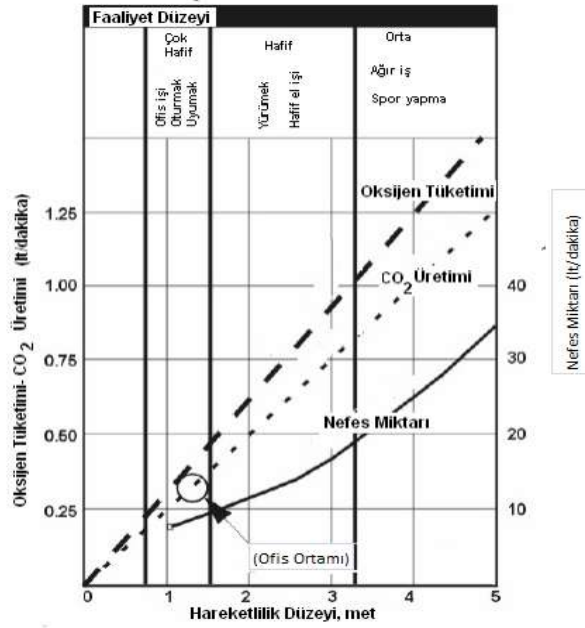
İç ortama yeterli düzeyde taze hava sağlanıp sağlanmadığını kontrol etmekte kullanılan en önemli parametrelerden biri CO<sub>2</sub> konsantrasyonudur. Normal şartlar altında atmosfer havasının hacimsel olarak % 0.03'ü CO<sub>2</sub>'tir. Dış ortam havasında bulunan CO<sub>2</sub>, çevre özelliklerine göre 330 ile 500 ppm arasındadır. Dolayısıyla iç ortamda CO<sub>2</sub>'in olmaması mümkün değildir. CO<sub>2</sub>, zehirli bir gaz olmamakla birlikte oksijen olmaması durumunda boğma tehlikesi ortaya çıkarabilir [17].

İnsanlar, nefes alıp vermeleri sonucunda iç ortama CO<sub>2</sub> verirler. Normal bir iş ile uğraşan bir insan saatte 20 litre (0.02 m<sup>3</sup>) CO<sub>2</sub> üretir [8]. Bu yüzden iç ortamda havalandırma yapılmazsa, insan sayısı arttıkça, CO<sub>2</sub> konsantrasyon değeri artar [8, 3]. İnsan faaliyetlerine (hareketlilik) göre havaya verdikleri CO<sub>2</sub> miktarları Tablo 1.1'de verilmiştir [18].

**Tablo 1.1:** İnsanların aktivitelerine göre havaya verdikleri CO<sub>2</sub> miktarı

Durum	Faaliyet Derecesi	CO <sub>2</sub> Veriş Miktarı (litre/saat)
Oturun	I	15
Elle hafif iş yapma	II	23
Elle hafif iş yapma veya yavaş yürüme	III	30
Ağır iş yapma veya hızlı yürüme	IV	30

Şekil 1.1’de ise insanların faaliyet (hareketlilik) düzeyine göre nefes alma miktarı, oksijen tüketimi ve CO<sub>2</sub> üretim miktarının değişimi verilmiştir [19]. Şekle göre üretilen CO<sub>2</sub> miktarı ile nefes alma miktarının metabolik aktiviteye bağlı olduğu görülmektedir.



**Şekil 1.1:** Fiziksel aktivitelere göre oksijen tüketimi ve CO<sub>2</sub> üretimi



İç ortam hava kalitesini belirlemek için hava değişim sayısı belirlenir. Hava değişim sayısı (hds); kirleticilerin dış ortamdan binalara filtrasyon, açık kapı ve pencere ile doğal havalandırma, mekanik havalandırma yoluyla girmesi, iç ortamda kirliliği karakterize etmesidir [20]. Ayrıca binalarda mekanik ısıtma ve havalandırma ekipmanlarınca enerji tüketiminin değerlendirilmesinde de hava değişim sayısı kullanılmaktadır [21].

İç ortam hava kalitesi için 1000 ppm CO<sub>2</sub> konsantrasyonu sınır değer olarak kabul edilmektedir [8, 3]. 1000 ppm'den daha düşük CO<sub>2</sub> miktarı kabul edilebilir iç hava kalitesindedir [8]. CO<sub>2</sub> gazının konsantrasyon değeri 35000 ppm'i geçtiğinde, merkezi nefes sinir alıcıları tetiklenir ve nefes alma noksanlığına sebep olur. Daha yüksek konsantrasyonlarda, oksijen azlığından dolayı merkezi sinir sistemi görevini yapamaz hale gelebilir [17].

Yunanistan'da yapılan bir araştırmada [12], 2006-2007 yıllarında, 21 adet ilkokul ve kreşte iç/dış ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonları 2 hafta boyunca ölçülmüştür.

### **1.1.3 Partikül Madde**

Partikül madde, insanların nefes aldıklarında içine alabilecekleri kadar küçük olan geniş bir boyut aralığında havada bulunan parçacıkların genel adıdır. Tek molekül boyutunda, 0.0002  $\mu$ 'dan büyük, 500  $\mu$ 'dan küçük katı ve sıvı halde havada koloidal veya askı halinde bulunan taneciklerdir [22]. İnsan sağlığını ilgilendiren partiküllerin çapı 10  $\mu$ m (PM<sub>10</sub>)'den daha küçük, özellikle 2.5  $\mu$ m (PM<sub>2.5</sub>)'den küçük olanlar solunabilir partiküller olarak bilinirler [23].

Partiküller; tozlar, dumanlar, sis, dumanlı sis, virüs, bakteri, mantar sporları ve polenleri içeren bioaerosoller, kaba, ince, görünebilir veya görünemez, teneffüs edilebilir ve solunabilinir olarak sınıflandırılırlar [24]. Partiküllerin çoğu gözle görülmez. Normal bir insan saatte 0.5 m<sup>3</sup> havayı teneffüs eder, çalışan bir insan ise saatte 8-9 m<sup>3</sup> havayı solur. Solunan bu hava virüslere, bakterilere ve zararlı kirleticilere taşıyıcılık yapmaktadır [25]. İç ortam partikül konsantrasyonlarının, iç ve dış kirlilik kaynaklardan ortaya çıktığı kabul edilir. Bununla birlikte her iki kaynak, hava değişim oranı, dış hava kirliliği, iç ortamdaki aktivite tipi ve partikülün çapı gibi birçok değişkene bağlıdır [26].

İç ortam havasında bulunan ince partiküller, akciğerin iç kısımlarına kadar ilerleyebildiklerinden, insan sağlığına büyük tehdit oluştururlar. Solunabilen partiküler madde, solunum yolları yüzeyleri ile temasa geçerek birikir. Partiküllerin vücuda giriş ve vücuttaki birikimleri aerodinamik çaplarına ve vücuda giriş özelliğine göre değişim gösterir. 5-10 µm'den küçük partiküller ise burun solunumu ile vücuda girmişlerse bronşlarda, ağız solunumu ile vücuda girmişlerse akciğerlerde birikim gösterirler. Üst solunum sisteminde biriken partiküller, solunum sisteminin kendi temizleme mekanizması aracılığı ile vücuttan atılır [27].

İç ortam havasında bulunan partikül maddelere maruz kalma sağlık problemlerine sebep olabilir [28,29]. Partikül maddelerin bir kısmı, vücudun koruma mekanizması çok güçlü olduğundan zamanla solunum, salgı gibi akciğerlerin kendi kendisini temizleme özelliğine bağlı olarak elimine edilirler. Bir kısmı da solunum yoluyla akciğerlerdeki alveollere kadar ulaşırlar ve "pnömokonyoz" adı verilen akciğer hastalıklarına neden olurlar [30]. İnce partiküllerin kolaylıkla solunması ve akciğerlerde depolanması, solunum sistemi hastalıklarını oluşturarak, ölümlerin artmasına yol açmaktadır [31,32].

İç ve dış ortamda, yol kenarlarında karbon içerikli partiküller ve farklı boyutlardaki PM (Partikül Madde)'ler Japonya'nın Osaka kentinde ölçülmüştür. 10 µm'den büyük, 2-10 µm ve 2 µm'den küçük PM'ler ölçülmüştür [33].

Partiküllerin toksisiteleri, genelde boyutuyla ilgili olmasına rağmen, onların kimyasal bileşimine de bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Özellikle yapısında kurşun ve civa gibi toksik metaller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve dioksinler gibi kalıcı toksik bileşikler içeren partiküller büyük önem taşımaktadır [34].

Şehir/endüstri alanı olan Kocaeli’nde 15 adet evde  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  konsantrasyonu yaz ve kış aylarında ölçümleri yapılmış, elementel bileşimleri, I/O oranları tespit edilmiştir [35].

Kömür ve petrolün yanması, motorlu taşıtlar ve metal endüstrilerinin oluşturduğu dış ortam emisyon kaynakları, dış/iç ortam taşınımı yoluyla iç ortamlarda önemli miktarlarda artmaktadır [36].

#### **1.1.4 Azot Oksitler ( $NO_x$ )**

Azot oksitler; yanma prosesleri sonucunda, doğal ve biyolojik prosesler ve şimşekler sonucunda oluşabilirler. Atmosferde azot oksitler, kompleks kimyasal ve fotokimyasal reaksiyonlara uğrayarak nitrik asit ( $HNO_3$ ) ve nitratlara yükseltgenir.

Çevre havasında, yedi farklı azot oksit bulunur. Bunlar; azot monoksit (NO), azot dioksit ( $NO_2$ ), diazot monoksit ( $N_2O$ ), azot trioksit ( $NO_3$ ), diazot trioksit ( $N_2O_3$ ), diazot tetraoksit ( $N_2O_4$ ) ve diazot pentaoksit ( $N_2O_5$ )’ dir. Bunlara ilaveten,  $HNO_3$  ve PAN gibi çeşitli organik azot türleri, diğer organik azotlar ve yükseltgenmiş azot bileşikleri içeren partiküller (özellikle absorblanmış nitrik asit) sayılabilir. Şehirlerin ve endüstriyel ortamların dış ortam havasında, azot oksitlerin en çok bulunan ve yüksek konsantrasyonlardaki türleri NO ve  $NO_2$ ’dir [37].

İç ortam kaynaklarının bulunmadığı zamanlarda  $NO_2$  seviyesi, dış ortamda bulunan  $NO_2$  ve havalandırma hızının bir fonksiyonudur.  $NO_2$  kaynaklarının mevcut olduğu durumlarda iç ortam konsantrasyonu dış ortamdan daha fazla olabilir ve iç/dış ortam oranı 0.4 ve 0.8 arasında gözlenir. Gaz ile çalışan ev aletlerinin olduğu evlerde bu oran 3 katına kadar çıkmaktadır [38].

NO<sub>x</sub>'ler akciğerin mukoza zarı üzerinde tahriş edici olabilir. Suda oldukça iyi çözünür ve soluduğumuz NO<sub>2</sub>'nin büyük bir kısmı solunum yolunda su ile reaksiyona girerek asit oluşturabilir. Bu reaksiyonlar sonucunda NO<sub>2</sub> maruziyeti ciğerlerde tahribata neden olmaktadır [37]. Azot monoksit ve azot dioksit gibi yanma sonucu oluşan gazlar, mukoz membranlarda irritasyon, kronik akciğer hastalığı, astım ve 150 ppm'in üzerindeki konsantrasyonlarda ölümlere yol açmaktadır. Özellikle ısınma amaçlı olarak gaz yağı sobası kullanan evler ile, sigara içilen evlerde azot dioksit konsantrasyonu yüksek bulunmuştur [39].

Kanada'da bulunan 49 adet evde Formaldehit, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, CO gibi parametreler ölçülmüştür. Elektrik, gaz, petrol ile ısınma sistemlerine alternatif olarak odunun yanmasıyla oluşan iç ortam hava kalitesi ve solunum sistemi hastalıkları arasındaki ilişki belirlenmiştir. NO<sub>2</sub> değeri, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) belirlediği standart değer 21-26 ppb'nin (NO<sub>2</sub>=11.5 ppb) altında, PM<sub>10</sub> değeri ise Kanada Standart Değerinin (25 µg/m<sup>3</sup>) altında bulunmuştur. Evlerde ısıtma sistemi için odunun kullanılmasıyla solunum sistemi hastalıkları arasında belirgin bir ilişki bulunamamıştır [40].

### 1.1.5 Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>)

Kükürtdioksit, yakıtların yanması sırasında kükürt içeren safsızlıkların yükseltgenmesi ile ortaya çıkar. İç ortam SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına bağlı olarak kısa vadeli sağlık etkilerini gösteren birkaç belirti vardır. Uzun süreli SO<sub>2</sub>'e maruziyet sonucunda kronik solunum yolu şikayetleri tespit edilmiştir [7]. Kükürtdioksit renksiz bir gaz olup, 1000-3000 µg/m<sup>3</sup> aralığında insanlar tarafından tat alma duygusu ile belirlenir. 10.000 µg/m<sup>3</sup>'ün üstünde keskin ve tahriş edici bir kokusu vardır. Kükürtdioksit gaz fazındaki diğer kirleticilerle reaksiyona girerek kükürt trioksit, sülfirik asit ve sülfatları oluşturabilir. Kükürttrioksit çok reaktif bir gazdır. Havanın nemi ile birleşerek Sülfirik asit oluşturur [41].

Kükürtdioksit oluşumunda ev içerisinde yanan gaz yağı sobaları, gaz ocakları etkili olmaktadır [42].

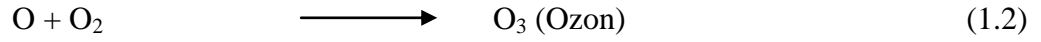
Amerika'da gazlı ısıtıcıların kullanıldığı evlerde SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 78 µg/m<sup>3</sup>, hem gazlı sobaların hem de gazlı ısıtıcıların olduğu evlerde ise 149 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur. İç ortam kaynaklarının bulunmadığı yerlerde genellikle SO<sub>x</sub> konsantrasyonu dış ortama göre daha düşüktür. Binaların iç ortamlarında belirli bir iç ortam SO<sub>2</sub> kaynağı yok ise iç ortam/dış ortam konsantrasyonu oranı 0.1-0.6 arasında değiştiği gözlemlenir [7]. Boyalı yüzeylerde bulunan amonyak, kükürt dioksit ile kolayca reaksiyona girebilir. SO<sub>2</sub> etkin bir şekilde giysilerin, perdelerin, halıların ve diğer yumuşak kaplamaların üzerinde absorblanabilir. İç ortam havasında bulunan SO<sub>2</sub> konsantrasyonu, dış ortamda bulunan SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %20'si civarındadır. Ancak, ofisler ve SO<sub>2</sub> 'nin absorblanabileceği materyalin az olduğu binalardaki konsantrasyon dış ortamdaki konsantrasyonunun %40-50'si civarında olabilmektedir [41].

Kükürtdioksit zehirli bir gaz olup, 0.75 ppm veya altındaki değerlerde bile hafif astımlı kişilerde hava yolu direnci iki katına çıktığı belirlenmiştir [42]. Kükürtdioksit, burun ve üst solunum yolunun mukoza yüzeyine absorbe olması sonucunda suda çözünerek asit aerosollerini oluşturur. Aşırı düzeylerde maruz kalırsa akut olarak akciğer fonksiyonlarında azalma, kronik solunum yolu şikayetleri görülür [7].

### **1.1.6 Ozon (O<sub>3</sub>)**

Ozonun oluşumu ve atmosferden doğal uzaklaşma olayları, güneşin azot dioksit üzerine etkisi sonucu bir dizi reaksiyon ile gerçekleşmektedir. Atmosferde bulunan uçucu organik bileşikler ve hidroksil radikalleri, dengedeki ozon konsantrasyonunun bozulmasına neden olur. Azotdioksitin bulunduğu ortamlarda diğer kirleticilerin ve özellikle ozonun bulunması durumunda, bu kirleticiler arasında oluşan reaksiyonlar nedeniyle insan sağlığında olumsuz etkileşimlerin arttığı belirlenmiştir. Ozon maruziyetinin; ağız, burun ve ciğerler üzerinde yakıcı ve tahriş edici bir etkisi vardır. Yaz aylarında zamanlarının büyük bir kısmını dış ortamlarda geçiren çocuklar, ozon maruziyeti için riskli grubu oluştururlar [43,44].

Atmosferdeki kirleticiler ile havada bulunan ozon arasında önemli reaksiyonlar oluşur. İnsan faaliyetleri sonucunda, atmosferde önemli bir emisyon oluşmakta olup, (1.1) ve (1.2) denklemlerinde ozon oluşum reaksiyonu gösterilmektedir.



Kırsal alanlarda ozon konsantrasyonu, şehir merkezlerinde oluşan azot monoksitin ozonu tüketmesi sebebiyle daha yüksektir [45].

Atmosferin üst katmanlarında dalga boyu çok kısa olan mor ötesi kozmik ışımaların etkisi ile oksijen molekülünün parçalanmasından oluşan ozon doğada serbest halde bulunmaz. Temiz havada 100 m<sup>3</sup>'de 200–400 mg. bulunur. İçinde indirgen tozlar bulunan kent havasında ise çok zayıftır. Çevre kirliliği çok olan şehirlerde ve sanayi bölgelerinde ozon, azot dioksitin (NO<sub>2</sub>) elektrik arkı ayrışması ile oluşur. Havadaki oranı belli bir eşiği aştıktan sonra zehir etkisi gösterebilir [46].

İlköğretim okullarında bina içi çevresel kalitenin değerlendirilmesi projesi çerçevesinde, İzmir'de 3 adet İlköğretim okulundaki koridorlarda ozon konsantrasyonları, sıcaklık ve nem ölçülmüştür [47].

İç ortam ozon konsantrasyonu pek çok faktöre bağlıdır. Bunlar; dış ortam konsantrasyonu, hava değişim oranı, iç ortam emisyon oranı, yüzeye taşınımı, ozon ve diğer kimyasallarla reaksiyonlardır. Ayrıca ulaşım ve kimyasal faktörlerle ortaya çıkan ozon konsantrasyonu saatlik, günlük ve mevsimlik olarak değişir. İş yerlerinde ozon, ofis ekipmanlarından kaynaklanmaktadır. Fotokopi makineleri ve yazıcılar ozon üreten önemli kaynaklardır. Ozon sadece sağlığı değil, pigmentler, eşyalar, sanat eserlerini de etkiler. İç ortam kimyası ozon tarafından başlatılır, eşyaları tahrip ederek oluşan koku rahatsız edici olabilmektedir.

İç ortamda ozon kaynağı olmadığında, hava değişim katsayısının büyük olduğu yerlerde, iç ortam ozon seviyesi dış ortamdaki kaynaklanır. Dış ortam sıcaklığı iç ortam ozon konsantrasyonunu dolaylı olarak etkiler. İç ve dış ortam sıcaklıkları arasındaki fark sebebiyle, doğal havalandırılmalı binalarda hava değişim katsayısı artar. Yüksek sıcaklıkta ozon birikim hızı biraz daha büyüktür. Nem, iç ortam ozon seviyesini etkiler. Nem miktarı arttıkça, yüzeylerde birikim artar [48].

### **1.1.7 Uçucu Organik Bileşikler**

Uçucu organik bileşikler (UOB), çevreye bırakıldıkları zaman atmosfer içerisinde hızlıca ve uygun bir biçimde parçalanır ya da buharlaşır [49]. Uçucu organik bileşikler trafik ve organik kimyasalların (çözücüler gibi), ham petrolün, doğalgazın taşınması, kullanımı, az miktarda da atık bertaraf tesislerinden kaynaklanmaktadır [50].

Uçucu organik bileşikler çoğunlukla karbon ve hidrojenle oluşan kimyasallardır. Bazı UOB'lerin karbon atomuna klor, flor, brom ve kükürt atomlarından biri veya birkaçı bağlanabilir. Uçucu organik bileşiklerin insan sağlığı üzerinde doğrudan etkileri olabilmektedir. Birçok UOB toksik ve kanserojen olarak sınıflandırılmıştır ve bu yüzden bu bileşiklerin büyük miktarlarına kısa süreliğine ya da küçük miktarlarına uzun süreliğine maruz kalmak güvenli değildir [51].

### **1.1.8 Radon (Rn)**

Uranyum-238 serisinin bir izotopu olan radon, doğada serbest olarak bulunan radyasyonun %55' ini oluşturur. Radon kokusuz ve renksiz bir gazdır. Bazı kapalı ortamlarda kabul edilebilir sınırların üzerinde bulunmuştur. ABD' de konutların %5-10 'nunda yüksek radon konsantrasyonları tespit edilmiştir [52]. Radonun reaktivitesi zayıftır. Bu nedenle teneffüs edildiğinde dokulara kimyasal olarak bağlanmaz. Ayrıca, dokulardaki çözünürlüğü de çok düşüktür. Ancak, radon bozunma ürünleri, toz ve diğer parçacıklara tutunarak radyoaktif aerosoller oluştururlar. Bu nedenle, taşınarak solunum yoluyla alınabilirler [53].

Radonun 2 pCi/litlik maruziyeti başta akciğer kanseri olmak üzere değişik kanser türlerine neden olur [54].

Radon ürünleri konsantrasyonu ile pasif içicilik arasındaki ilişki, sigara dumanının var olduğu kapalı ortamlarda radon konsantrasyonunun normal ortam koşullarından iki kat daha fazla olduğu bulunmuştur. Sigara dumanı bulunan kapalı ortamlarda radon etkileşimine bağlı olarak kanser riskinin de iki katına çıkacağı belirtilmiştir [55].

### **1.1.9 Sigara Dumanı**

Kapalı ortam hava kirliliğinin en önemli nedenlerinden biri olan sigara dumanında, çoğu kanserojen olan 2000'nin üzerinde zararlı madde bulunmaktadır. Bu hava kirleticilerden en önemlileri; nikotin, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, karbonmonoksit, azotdioksit ve partikül maddelerdir [54].

Sigara dumanının insan sağlığı üzerinde irritant, solunum sistemi, kanser ve kardiyovasküler etkileri mevcuttur [56].

Atina'da sigara dumanından kaynaklanan kirlilik konsantrasyonu evlerde incelenmiş, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> ve SO<sub>2</sub>, TVOC, CO<sub>2</sub> ölçümleri yapılmıştır [57].

### **1.1.10 Bio-aeroseller**

Biyoaerosoller; bakteri, fungi, fungi sporları, virüsler, polen ve onların fragmentlerini içeren biyolojik kökenli, hava kaynaklı tüm organik tozların genel adıdır [5].

Biyolojik etkenler ıslak ve rutubetli duvarlar, tavanlar, halılar ve eşyalardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca iç ortamda bulunan buhar oluşturucu kaynaklar, klimalar, yataklar ve ev içindeki evcil hayvanlar da sayılabilir. Biyoaerosellerin neden olduğu rahatsızlıklar ise, alerji, zehirlenme ve enfeksiyonel hastalıklar olarak sınıflandırılabilir [30].



## 1.2 İç Ortam Hava Kirliliği Standartları

Amerikan OSHA Standards-29 CFR'ye göre ise inhalable (toplam) toz miktarı  $15 \text{ mg/m}^3$ , respirable (ciğerlere erişen) toz miktarı ise  $5 \text{ mg/m}^3$ 'ü geçmemek zorundadır. EPA tarafından son zamanlarda iç ortamlar için öngörülen değerler ise Tablo 1.2'de verilmiş olup, toplam partikül miktarı  $20 \text{ mg/m}^3$  'ün altında kabul edilmektedir. İç ortamdaki mikroorganizmalarla ilgili olarak henüz günümüz dünyasında oluşmuş bir sınırlama bulunmamaktadır. Bu konuda yoğun çalışmalar devam etmekte ve bilgi birikimi sağlanmaya çalışılmaktadır [30].

**Tablo 1.2:** İç ortam kirleticilerinin sınır değerleri [58].

İç Ortam Kirleticileri	Müsaade Edilen Konsantrasyon
Karbondioksit (CO <sub>2</sub> )	< 800 ppm
Toplam partikül (PM)	< $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$

İnsanların bulunduğu ortamlarda değişik mikroorganizma türleri oluşabilmektedir. Çini taban, izolasyon, boyalı yüzeyler, duvar kağıdı, halı, ev tozları, ev bitkileri fungi kaynağı iken, halısız taban, sıcak su sistemleri bakteri içermektedir [30]. Tablo 1.3 ve 1.4'de iç ortam ile ilgili değişik ülkelerin standartlarında iç hava kalitesi parametrelerine ait sınır değerler verilmiştir. Çizelgelerden görüldüğü gibi iç hava kalitesi parametrelerinde önerilen sınır değerler ülkelerde farklılık gösterebilmektedir.

**Tablo 1.3:** CO<sub>2</sub>, PM, bağıl nem, sıcaklık-sınır değerler [59, 60, 61, 62, 63, 64]

	Karbon dioksit (CO <sub>2</sub> )	Partikül Madde (PM <sub>10</sub> )	Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°C)
ABD ASHRAE	1000 ppm	PM <sub>10</sub> < 75 µg/m <sup>3</sup> (yıllık ortalama)	% 30 -60	20-25,5 °C
Almanya	5000 ppm 9000 ppm (15 dakika)		%30-70	20-26 °C
Kanada	3500 ppm		%30-80 (yaz) %30-55 (kış)	
Çin		PM <sub>10</sub> < 150 µg/m <sup>3</sup>		
WHO		PM <sub>10</sub> < 20 µg/m <sup>3</sup> (yıllık ortalama) PM <sub>10</sub> < 50 µg/m <sup>3</sup> (24 saat)		
İngiltere		PM <sub>10</sub> < 50 µg/m <sup>3</sup>		
Avrupa Birliği				
Hong Kong	800 ppm (1.düzye) 1000 ppm (2.düzye)	PM <sub>10</sub> < 20 µg/m <sup>3</sup> (1.düzye) PM <sub>10</sub> < 180 µg/m <sup>3</sup> (2.düzye) (8 saat ortalama)	%40-70	20-25,5 °C

**Tablo 1.4:** NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>-sınır değerler [65, 66, 67, 68, 69]

	Azot dioksit (NO <sub>2</sub> )	Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> )	Ozon (O <sub>3</sub> )
WHO 1987	400 µg/m <sup>3</sup> (0.21 ppm) (24 saatte) 150 µg/m <sup>3</sup> (0.08 ppm) (1 saatte)	< 0.5 mg/m <sup>3</sup> (kısa süre kalındığında)	150-200 µg/m <sup>3</sup> (0.076-0.1 ppm) (1 saatte) 100-120 µg/m <sup>3</sup> (0.05-0.06 ppm) (8 saatte)
Kanada Standartı	<480 µg/m <sup>3</sup> (0.25 ppm) (1 saatte) <100 µg/m <sup>3</sup> (0.05 ppm) (Uzun Süre Kalındığında)	<1000 µg/m <sup>3</sup> (0.38 ppm) (5 dakikada) <50 µg/m <sup>3</sup> (0.019 ppm) (Uzun Süre Kalındığında)	<240 µg/m <sup>3</sup> (0.12 ppm) (1 saatte)
ASHRAE 62-1999	100 µg/m <sup>3</sup> (0.055 ppm) (1 yıl)	80 µg/m <sup>3</sup> (0.03 ppm) (1 yıl) 365 µg/m <sup>3</sup> (0.14 ppm) (24 saat)	235 µg/m <sup>3</sup> (0.12 ppm) (1 saatte)
Hong Kong	<40 µg/m <sup>3</sup> (1. Düzey) <150 µg/m <sup>3</sup> (2. Düzey) (24 saat)		<50 µg/m <sup>3</sup> (1. Düzey) <120 µg/m <sup>3</sup> (2. Düzey) (8 saatlik ortalama-ofis)
Air Quality Index (AQI)			170 µg/m <sup>3</sup> (8 saatlik ortalama) 250 µg/m <sup>3</sup> (1 saatlik ortalama)

### 1.3 İç Ortam Hava Kirliliği Kaynakları

- İç ortam partikül madde konsantrasyonları, iç ortam kirletici kaynakları, bina malzemeleri, insan davranışları ve aktiviteleri, havalandırma ve partikül boyut dağılımı gibi bir çok faktörden meydana gelen kompleks bir kombinasyondur [67].
- İç ortam emisyon kaynakları, sızıntı ve havalandırma gibi dış ortamın iç ortama taşınımı ile dış ortamın iç ortama taşınımı arasında çökme gibi yer değiştirme mekanizmaları tarafından etkilenmektedir [71, 72, 73]. İç ortam kaynakları ve havalandırma hızı farklılıkları iç ortamlarda farklı hava kalitesinin oluşmasına yol açmaktadır. İç/dış ortam hava arasındaki farklılıkların sebebi partiküllerin depolanma hızlarındaki farklılıklardır. İnce partiküller kaba partiküllere göre daha düşük depolanma hızına sahip olup, partikül boyutu arttıkça çökme hızı artmaktadır. Dolayısıyla ince partiküller daha az depolanır ve daha fazla askıda kalırlar [38].
- Mevsimlere göre kirletici kaynaklarının iç/dış ortam ilişkisi, özellikle kış aylarında sigara kullanımı ve yetersiz havalandırma sebebiyle etkisini daha fazla göstermektedir [73]. Kütahya Dumlupınar Üniversitesinde ahşap yapı ile betonarme yapılarda iç ve dış ortam havasında PM<sub>10</sub> ölçümleri yapılmıştır [74]. Çin'in Guizhou şehrinin kırsal alanlarında bulunan evlerde oluşan iç ortam hava kirliliğinin konsantrasyonu, boyut dağılımı, özellikleri belirlenmiştir. Isınma sezonunda fosil yakıtların yanması (kömür, odun, biyogaz) ile pişirme aktiviteleri esnasında oluşan PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, VOC konsantrasyonları tespit edilmiştir. İç ortam hava kalitesini hem dış ortam hem de iç ortam kaynaklarının oluşturduğu, kirleticilerin ayrı ayrı etkilerinin yanında birlikte oluşturdukları etkilerin de bulunduğu tespit edilmiştir. Kirlilik ve havalandırma derecelerinin iç ve dış ortamdaki etkileri, kirlilik kaynaklarına, kırsal veya şehir olmalarına, mevsimlere göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Tipik dış ortam kaynakları, yoğun trafik, endüstriyel kaynaklar, açıkta yanan ürün atıklarıdır. İç ortam kaynakları olarak; sigara içilmesi, bina ve temizlik malzemelerinden oluşan buharlaşmalar, mobilya ve bakım malzemelerinden oluşan buharlaşmalar sayılabilir. İç ortam hava kalitesini evlerde kullanılan yakıt ve onların etkileri belirlerken, dış ortam kaynaklarının etkileri de mevcuttur. Farklı yakıt türlerine ait partikül çapının

boyut dağılımı; biyogaz 0.26-0.38  $\mu\text{m}$ , tahta 0.38  $\mu\text{m}$ , ıslak kömür tozu 0.38-0.61  $\mu\text{m}$  ve kömür için 0.95  $\mu\text{m}$  olarak belirlenmiştir [75].

- CO<sub>2</sub>, CO ve NO<sub>2</sub> gazları ocak, soba, ısıtıcı ve şömine gibi araçlardaki yanma işlemlerinden, egzoz ve sigara dumanından kaynaklanmaktadır. Gelişmekte olan pek çok fakir ülke için geleneksel yakıt olan biokütle yakıtın (odun, hayvan gübresi, bitki atıkları), özellikle yemek hazırlama ve pişirmenin kadınlar ve yanlarında bulunan küçük çocuklar için kullanılmasının önemli bir sağlık sorunu oluşturduğu belirtilmektedir. Bangladesh'in kırsal bölgesinde bulunan evlerin oturma odası ve mutfağında (mutfak konumu, tipi ve havalandırma sistemine bağlı olarak) PM, BC (biyolojik karbon), metaller ölçülmüştür [76].
- İç ortamda herhangi bir NO<sub>2</sub> kaynağı yoksa, NO<sub>2</sub> konsantrasyonu dış ortama bağlıdır. Pişirme için gaz kullanan evlerde yapılan bir çalışmada; NO<sub>2</sub> seviyesi yatak odalarında 21 ppm, mutfaklarda 34 ppm, elektrik kullanan evlerin yatak odalarında 7 ppm bulunmuştur. Mutfaklarda yemek pişirilirken NO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 400-1000 ppm'e kadar yükseldiği tespit edilmiştir [7].
- Sigara içilmesi, sıvı ve gaz tipi yakıtların ısınma ve pişirme amacıyla kullanılması azotdioksit maruziyetinin artmasına neden olmaktadır [77].
- O<sub>3</sub>, fotokopi makinesi ve yazıcı gibi elektronik ofis araçlarından salınmaktadır.
- Ev içerisinde yanan gaz yağı sobaları ve gaz ocakları kükürtdioksitin oluşumunda çok etkili olabilmektedir [42].
- Mobilyalar, halılar, duvar ve tavan boya, izolasyon malzemeleri, reçineler, yapıştırıcılar, laminant parkeler ve döşemelikler başlıca formaldehit emisyon kaynaklarıdır.
- Düşük kaynama noktaları nedeniyle iç ortamlarda gaz fazında bulunan uçucu organik bileşiklerin çoğu toksik ve kanserojendir. Uçucu organik bileşiklerin emisyonları; mobilyalardan, halılardan, verniklerden, çözücülerden, oda parfümlerinden, deterjanlardan, yapıştırıcılardan, yanma işlemlerinden, boyalardan, yer ve duvar kaplamalarından ve laminant parkelerden iç ortama salınmaktadır.

- UOB ve formaldehit emisyonları artan sıcaklık ve rutubet ile birlikte artma eğilimindeyken, mobilya ömrünün artmasıyla azalış göstermektedir.
- Uranyumun radyoaktif bozunma reaksiyonları ile oluşan Radon ( $^{222}\text{Ra}$ ) ise topraktan havaya geçer. Renksiz, kokusuz, toksik etkisi bulunmayan ve yarılanma ömrü oldukça kısa olan (3.8 gün) Radonun bozunması sonucunda oluşan Polonyum ( $^{218}\text{Po}$ ) ve Kurşun ( $^{214}\text{Pb}$ ) elektrikle yüklüdürler ve havada bulunan aerosollere yapışarak radyoaktif aerosoller oluştururlar. Bu radyoaktif aerosoller solunduklarında akciğer kanserine neden olmaktadır.
- İç ortam hava kirleticilerinden olan biyoaerosoller de en az gaz kirleticiler kadar önemlidir. Aerosol kirleticiler alerjen tozlar, bitkiler, evcil hayvanlar ve böceklerden kaynaklanırlar.
- Bitkiler ve gıda maddelerinden kaynaklanan mantar sporları ile evcil hayvanlar, bitkiler ve havalandırma cihazlarından kaynaklanan bakteriler ise diğer önemli biyoaerosol formundaki hava kirleticileridir [78].
- Bina içindeki radonun en önemli kaynakları; çeşitli yapı malzemeleri, su, binanın altındaki ve çevresindeki toprak, kayalar ve kanalizasyon sistemleridir [54].

#### 1.4 İç Ortam Hava Kirliliği İle İlgili Literatür Çalışmaları

Kore’de bulunan okullardaki iç ortam hava kalitesi, bina yaşlarına göre incelenmiştir. Sınıflarda ve bilgisayar odalarındaki; tahta sıralar, sandalyeler, mobilyalar ve yapı malzemelerinin iç ortam hava kalitesine negatif etkisi bulunmuştur. Farklı 55 okulda CO, CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, toplam mikrobiyolojik bileşikler (TBC), toplam organik bileşikler (TVOC), formaldehit (HCHO) ölçümleri yaz ve kış aylarında, iç ve dış ortamlarda yapılmıştır. Yetersiz hava akışı, bina malzemesi, mobilyalarda bulunan kimyasalların iç ortam hava kirliliğine sebep olduğu belirlenmiştir. İç ortam hava kirliliğinin mevsimlere ve bina yaşına göre değişimini belirlemek için Kruskal-Wallis test kullanılmış, verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS kullanılarak %5 güven aralığında two-tailed test uygulanmıştır. Okul derecelerine göre (anaokulu ilkokul, lise, yüksek okul) sınıflarda, laboratuvarlarda, bilgisayar odalarında CO, CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, TBC, TVOC, HCHO kirlilik parametrelerinin minimum, maksimum, ortalama değerleri, standart sapmaları ile I/O, p değerleri tablolar halinde verilmiştir [79].

Belçika’nın Antwerp şehrinde 2001-2002 yıllarında 18 ev, 27 okulun iç ve dış ortamlarında PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonları ölçülmüştür. Evler şehir merkezinden ve kırsal bölgeden seçilmiştir. Kirlilik değerlerinin I/O oranları, sigara kullanımının etkisi ve solunum hastalıkları arasındaki ilişki incelenmiştir [80].

İç ve dış ortam NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> değerleri Hong Kong’ta, sigara içilmeyen 10 adet evde, pasif örnekleme yöntemi kullanılarak ölçülmüş ve I/O oranları bulunmuştur [81].

Chili-Santiago’da çocukların yaşadığı, sigara içilmeyen evlerde ve dış ortamlarda PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonları ölçülmüş, iç/dış ortam konsantrasyonları belirlenmiştir [82].

İsviçre’de 17 adet evde PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve NO<sub>2</sub> konsantrasyonları iç ve dış ortam seviyeleri ve arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Azotdioksit için gaz ile yemek pişirme en önemli iç ortam kaynağı olarak belirlenmiştir [32].

Hong Kong'ta Mayıs-Haziran 1997 tarihleri arasında sigara içilmeyen 10 adet evde, iç ve dış ortamlarda yapılan ölçümlerde NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyon seviyeleri belirlenmiştir [83].

Antalya İlinde bulunan 3 adet ilköğretim okulu ile adliye binasında iç hava kalitesi için Minitap 13.2 bilgisayar programı kullanılmış, analiz değerleri standart değerlerle karşılaştırılmıştır. Şanlı Urfa'daki Yüksek Öğrenim Kurumları dersliklerinde Ekim ayından Kasım ayına kadar olan zaman içinde iç ve dış ortamların sıcaklık, bağıl nem ile CO<sub>2</sub>, partikül madde ve radon gazı ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ASHRAE Standartlarına göre diyagramlar oluşturulmuş, sonuçlar analiz edilerek derslik ortamları için alınması gereken önlemler ile ilgili bir modelleme yapılmıştır [84].

Doğalgaz kullanılan mutfaklarda, farklı pişirme yöntemlerine göre oluşan partiküller ve kimyasal özellikleri insan sağlığını etkilemektedir. Özellikle havalandırma düzeyi düşük, küçük mutfaklarda pişirme sırasında oluşan gazların konsantrasyonları daha yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Doğalgazlı bir mutfakta, pişirme anında PM konsantrasyonu mutfaktan daha uzak bir noktaya göre 5 kat daha fazla olabilmektedir [85].

Atina'da, farklı havalandırma sistemlerine sahip spor salonlarında (mekanik-doğal havalandırmalı) O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> ölçümleri iç ve dış ortamlarda yapılmıştır. Günlük ortalama değerlere çapraz korelasyon uygulanarak, dış ortam ölçüm değerlerinin iç ortam ölçüm değerlerini etkilediği belirlenmiştir. Farklı havalandırma sistemlerinin olduğu iki bina için ortaya çıkan farklı sonuçlar ile iç ortamda gerçekleşen aktiviteler değerlendirilmiştir. Salonlarda sportif aktivitelerin iç ortam kirlilik ve sıcaklık değerlerini arttırdığı belirlenmiştir [86].

Kıbrıs'ta kent merkezinde ve kırsal bölgede bulunan 2 adet kilisede, iç/dış ortamlarda sıcaklık, nem, solar radyasyon, ozon, azot dioksit, karbondioksit değerleri yaz ve kış aylarında ölçülmüştür [87].

Portekiz'de bulunan bir otelde; sıcaklık, nem ile kirlenici parametreler-PM<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, formaldehit (HCOH), uçucu organik bileşikler (TVOC), biyolojik indikatörler-bakteri, mantar, legionella ölçümleri yapılmıştır. Karbondioksitin iz



element olarak kullanıldığı çalışmada, konsantrasyon-kirlilik dağılım metodu kullanılarak hava değişim katsayısı belirlenmiştir [88].

Münih'te 64 adet okulda; iç ortam hava kalitesini tespit etmek için yaz ve kış aylarında sıcaklık, nem, CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ölçümleri yapılmıştır. Sürekli ölçülen parametrelerin ortalama değerleri sınıflardaki kirliliği tespit etmek için kullanılmıştır [89].

Hong Kong'ta endüstri ve ticari alanlarda seçilen 6 adet evde sıcaklık, bağıl nem, CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, HCHO, bakteri, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, CO değerleri 24 saat boyunca ölçülmüştür [90].

Okullarda PM konsantrasyonlarını tespit etmek için yapılan çalışmada, 6 hafta boyunca iç ve dış ortam örnekleri alınmıştır. PM gravimetrik yöntemiyle ölçülmüş, elementel ve organik karbonun tespiti için filtre kullanılmıştır [91].

İç ve dış ortamlarda partikül madde konsantrasyonu Hong Kong'ta, sonbahar ve kış sezonunda 34 adet evde ölçülmüştür. İç/dış ortam PM<sub>10</sub> konsantrasyonları arasındaki ilişki, istatistiksel olarak analiz edilmiştir [92].

Havalandırma sistemleri ile iç ortam hava kirliliği arasında bir ilişki mevcuttur. Bir sınıfta CO<sub>2</sub>'in atmosferde dağılımı farklı örnekleme noktaları ve değişik havalandırma sistemlerine göre tespit edilmiştir. Ortalama CO<sub>2</sub> konsantrasyonu doğal havalandırmalı, tekrar sirküle edilen havalandırmalı, 4 lt/sn ve 8 lt/sn taze hava teminli havalandırma sistemlerinin farklı noktalarında CO<sub>2</sub> ölçüm değerleri tespit edilmiştir [93].

Hong Kong'ta bulunan 9 adet alışveriş merkezinde CO<sub>2</sub>, CO, THC, HCHO, PM<sub>10</sub>, toplam bakteri ölçümleri yapılmıştır [94].

Yeni Delhi'deki bir üniversitede, partikül maddeye sebep olabilecek iç ortam kirleticiler kaynaqları belirlenmiştir. Konik bir yatak kullanılarak gravimetri ile analiz edilen PM'lerin kütle konsantrasyonu atomik adsorbsiyon spektrofotometresi (AAS) ve scanning electron microscope (SEM) kullanılarak tespit edilmiştir. Rüzgarla taşınan tozlar ile araçların oluşturduğu PM'ler analiz edildiğinde, ağırlıklı olarak silisyum ve is parçacıkları olduğu belirlenmiştir [95].

PM (0.3-20  $\mu\text{m}$ ) konsantrasyon değerleri okullarda ve eş zamanlı olarak dış ortamda 2 hafta boyunca ölçülmüştür. İ ortamlarda partikül çaplarına bağlı olarak I/O oranları belirlenmiştir. Partikül çapının büyümesiyle I/O oranlarının yükseldiği tespit edilmiştir. İç ortamda ölçülen PM konsantrasyonu ile ozon konsantrasyonu arasında negatif bir ilişki belirlenirken, PM ile CO<sub>2</sub> arasında pozitif ilişki belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> ile NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> arasında herhangi bir anlamlı ilişki belirlenememiştir. İç ortam ve dış ortam ozon konsantrasyonu arasında, ozonun sert yüzeylere daha güçlü birikmesi ve iç ortam havasında parçalanması sebebiyle, güçlü bir ilişki bulunmuştur [96].

Bangkok'ta alışveriş yerlerinin ve ofislerin yoğunlukta bulunduğu caddelerde eş zamanlı olarak PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>2</sub> konsantrasyonları iç/dış ortamda ölçülmüştür [97].

### **1.5 Enerji Tüketimi İle İlgili Literatür alışmaları**

Havayı oluşturan maddelerin karışım oranları, iç ortam havalandırma miktarı, sıcaklık, bağlı nem, iç ortamda hava akış hızı hava niteliğini belirleyen ölçütlerdir. Yapı içi hava kirliliğini önlemek için en etkili yöntem iyi bir havalandırmadır. Havalandırma yapma, sistemlerin kullanımıyla veya doğal havalandırma ilkeleri doğrultusunda gerçekleştirildiği, mekanik hava düzenleme sistemlerinin enerji tüketiminin doğal havalandırma sistemlerine göre daha fazla olduğu, düzenli olarak bakım ve onarım gerektirdiği, sistemlerde tasarım, uygulama ve bakım-onarım hatalarının olmasının insan sağlığını bozduğu, yapıların doğal havalandırma ilkeleri göz önüne alınarak tasarlandığı durumda insan için konfor düzeyi yüksek, enerji tüketimi ve maliyeti düşük yapılar üretebildiği belirtilmiştir [98].

Bina duvarlarının iç kısmının giydirilmesi ile sıcaklık, nem, bağlı nem, havalandırma oranları tespit edilerek iç ortam hava kalitesi ile enerji tasarrufu arasındaki ilişki yaz ve kış ayları için tespit edilmiştir. İspanya'da yapılan bir çalışmada, 25 adet binada duvarların iç kısmının yalıtılması, kısa ve uzun periyotlarda ısıl konforu ve iç ortam hava kalitesini etkilediği belirlenmiştir [15].

Yunanistan'da 11 adet ilkokul ve 10 adet kreşte enerji verimliliği ile iç ortam hava kalitesi arasındaki ilişki belirlenmiş, okullarda iç ortamda sıcaklığı, nem, CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve eş zamanlı olarak da enerji verimliliği ölçülmüştür. Kreşlerin bodrum katında olması sebebiyle güneş enerjisinden faydalanamaması, enerji tüketimlerini %28 (0.20-0.12 kwh/m<sup>2</sup>) arttırdığı bulunmuştur. İlkokullarda sınıfların kalabalık olması iç ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonunu arttırarak, standart değerini aşılmasına neden olduğu belirlenmiştir. İç ortamlarda CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile sıcaklığın belirlenen sınır değerlerde olması, enerji verimliliği için duvar ve camlarda izolasyon yapılması gerektiği önerilmiştir [12].

Ofislerde bulunan havalandırma sistemleri önemli derecede enerji tüketirken, iç ortam hava kalitesini de (IAQ) etkilemektedir. Hong Kong'ta ofislerde yapılan çalışmada, CO<sub>2</sub> konsantrasyonları ve enerji tüketimleri belirlenmiştir. Ofislerin %83'ünde CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 800 ppm seviyesinde iken, termal enerji tüketimi 1500 MJm<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup>, %97'si 1000 ppm seviyesinde iken termal enerji tüketimi 960 MJm<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup> ve %99'u 1200 ppm seviyesinde iken termal enerji tüketimi 670 MJm<sup>2</sup>yr<sup>1</sup> bulunmuştur. CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 1000 ppm'den 1200 ppm'e çıktığı zaman enerji tüketiminde 762 Milyon Hong Kong Doları tasarruf edilmiştir. CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 1000 ppm'den 800 ppm'e düşmesi için temiz hava gerektiğinden enerji tüketiminde %25-50 artış meydana gelmiştir [99].

Soğutma sistemleri, enerji tüketimini ve iç hava kalitesini etkiler. Hong Kong'daki ofislerde kullanılan klimalarda bakteri oluşum riskinin arttığı, havalandırma sistemlerinin aktif olduğu ortamlarda CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 800-1000 ppm arasında değiştiği, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 1000 ppm civarında tutulması ile yıllık 55 MJ/m<sup>2</sup>.yıl enerji tasarrufu sağlandığı belirlenmiştir [54].

Sri Lanka'da kırsal, şehir ve yarı kırsal bölgelerde pişirme için kullanılan yakıtların dağılımı, enerji tüketimi, iç ortamda oluşan emisyon değerleri tespit edilmiştir. Şehirlerde bulunan evlerde pişirme için ağırlıklı olarak LPG, kırsal alanlarda pişirme ve su ısıtma için genellikle biyokütle kullanıldığı belirlenmiştir. Kullanılan enerji türüne göre NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO, NMVOC emisyonları ölçülmüştür. Biyokütle yerine LPG kullanımının %50 artmasıyla evlerde kirlilik değerlerinde %4-49 oranlarında azalma gösterirken, biyokütle yerine gazyağı

kullanımının %50 artmasıyla kirlilik değerlerinde %39-50 oranlarında düşüşler meydana gelmiştir [100].

Binalarda ısı performans ve iç ortam hava kalitesini ivedilikle ve eş zamanlı tespit etmek için iç ortam sıcaklığı, nem, (uçucu organik bileşikler) (VOC) CO<sub>2</sub> , PM ölçümleri, ısıtma/soğuma yükleri, havalandırma, klima (HVAC) sistem hesapları ile bir model oluşturulmuştur. İç ortam kaynakları ile ilgili kirletici yoğunlukları literatürden alınmış, Zonal model (bölgesel model) kullanılmıştır. Zonal modelde; her bir bölgedeki hava hacmi, bölgeler arası hava akış hızı, bitişik bölgelerin duvar alanları ile kirletici konsantrasyonu ve konfor parametrelerinin zamana bağlı değişimleri belirlenmiştir. Bu modelin, havalandırma sistemlerinin mevcut çevresel ve ekonomik kalite performansının, yeni alet ve kontrol stratejilerinin değerlendirilmesi için kullanılacağı belirtilmektedir [101].

İngiltere’de ortaokullarda, iç ortam kirliliği ile termal konforu etkileyen havalandırma sistemlerinin öğrencilerin öğrenme performansını nasıl etkilediği incelenmiştir [102].

Texas’ta, buhar ile soğutmalı evlerde kısa süreli iç/dış ortamda PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon değerleri ölçülmüş ve aralarındaki ilişkiler incelenmiştir. İç/dış ortam PM<sub>10</sub> değerleri akşam 6.00-9.00 saatleri arasında rüzgarın hızı ve yönüne bağlı olarak en yüksek seviyeye ulaştığı ve pişirme, süpürme gibi insan faaliyetleri sebebiyle iç ortam konsantrasyonunun dış ortam konsantrasyonundan daha fazla bulunduğu belirtilmiştir [103].

Fransa’da, şehir dışında bir kısmı doğal havalandırılmalı, bir kısmı da mekanik olarak havalandırılmalı 8 adet okul binasında nem, sıcaklık, ozon, CO<sub>2</sub> ve azotdioksit (NO, NO<sub>2</sub>) değerleri ölçülmüştür. Doğal havalandırılmalı bir sınıfta ısınma sezonunda, 1 hafta boyunca CO<sub>2</sub> seviyeleri farklı havalandırma seviyelerine göre tespit edilmiştir [104].

## 2. YÖNTEM

### 2.1 Çalışma Bölgesi

Balıkesir İlinin büyük bir kısmı Güney Marmara Bölgesi'nde yer almakla birlikte; ilin hem Marmara Bölgesi, hem de Ege Bölgesi sınırları içerisinde toprakları bulunmaktadır. Balıkesir İli; doğuda Bursa ve Kütahya, güneyde İzmir ve Manisa, batıda Ege Denizi ve Çanakkale, kuzeyde Marmara Denizi ile çevrilmiştir. 19 ilçe ve merkeze bağlı üç beldeye sahip olan ilin toplam yüz ölçümü 14.456 km<sup>2</sup> olup, bu değer ülke topraklarının yaklaşık %1,9'una denk gelmektedir. Balıkesir ilinin merkez ilçe nüfusu 2008 yılı nüfus sayımı sonuçlarına göre 241.401'dir [105].

Balıkesir il merkezinin çevresi kış dönemi kuzeyden gelen ve çok soğuk hava kütleleri ile Akdeniz üzerinden gelen nispeten ılık etki yapan (Mediterranean) hava kütlelerinin etkisi altındadır. Kış döneminde etkili olan yüksek basınç sistemleri yağış oluşumunu azaltır ve hava kirliliğinin daha yoğun yaşanmasına sebep olur [106]. Balıkesir'de yıllık ortalama sıcaklık 14.5 °C'dir. Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart aylarındaki ortalama sıcaklık 8.97 °C civarındadır. Kış dönemi gezici alçak basınçların devreye girmesi nedeni ile güney sektörlü rüzgarların etkinliği artmaktadır. Balıkesir genelinde rüzgar hızında kış ve ilkbahar döneminde bir azalma, yaz ve sonbahar döneminde bir artış dikkat gözlenmektedir. Balıkesir ili genelinde kış döneminde etkili olan sis olayı aynı zamanda nem oranının % 95–100 civarında olduğunu ifade eder. Kış dönemindeki yüksek basınç, aşırı enerji kaybı, düşük sıcaklık nedeni ile fazla yakıt tüketimi ve bunların beraberinde görülen sis olayı hava kirliliğinin yaşanmasına sebep olmaktadır [107].

Balıkesir İl Merkezinde kış aylarında görülen hava kirliliğinin başlıca nedeni, ısınma ve enerji ihtiyacı sebebiyle tüketilen fosil yakıtlardır. Endüstriyel faaliyetler ve trafik gibi etkenler de hava kirliliğinin diğer kaynaklarını oluşturmaktadır. Nüfus artışı, topoğrafik yapı ve meteorolojik şartlara göre hava kirliliği kış aylarında kendisini iyice hissettirmektedir. Özellikle çanak şeklindeki yapı, kış aylarında

hakim rüzgarların azalması, yüksek basınç ve hava sıcaklığının düşmesi hava kirliliğini arttırmaktadır [108].

## 2.2 Hava Kirleticisi ve Konfor Parametrelerinin Ölçüm ve Analizi

Örnekleme yapıldığı 29 adet konut, 10 adet iş merkezi (6 resmi kurum, 4 işyeri) Balıkesir İl Merkezinden seçilmiştir. Kirleticilerin kaynak bölgelerini ayırabilmek ve karşılaştırma yapabilmek için 3 farklı sosyo demografik yapı özelliklerine göre seçilen örnekleme noktaları Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Yapılan değerlendirmelere göre 1. Bölge zayıf, 2. Bölge orta, 3. Bölge yüksek sosyo-ekonomik gruplar olarak belirlenmiştir. Sosyo-ekonomik düzeylere göre belirlenen bölgelere ait 2008 yılı nüfus ve mahalle sayısı:

- 1.Bölgede toplam 11 mahalle, 62.661 kişi,
- 2. Bölgede toplam 24 mahalle, 120.239 kişi,
- 3.Bölgede toplam 5 mahalle, 58.501 kişidir.

Seçilen bölgelerde ölçüm yapılan evlerin bölgelere göre dağılımı ise;

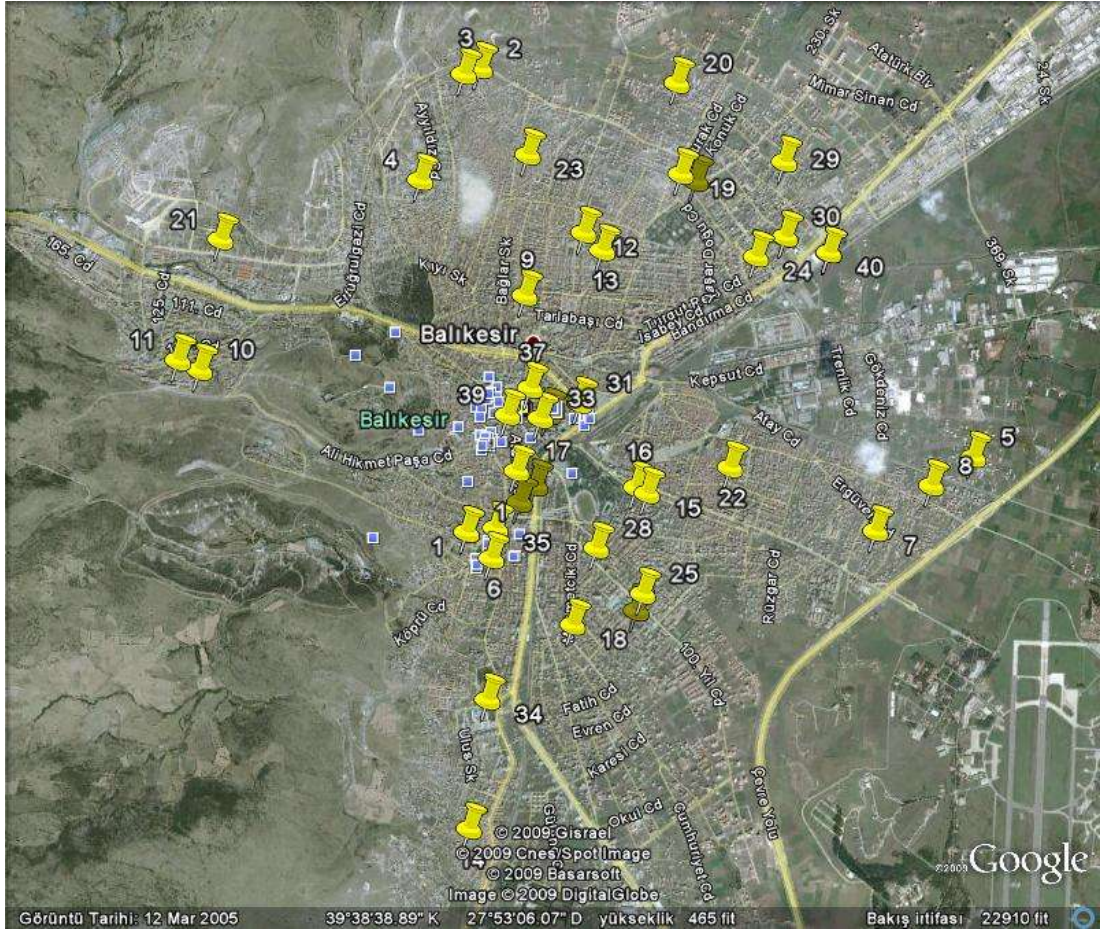
- 1.Bölgede 8,
- 2.Bölgede 14,
- 3.Bölgede 7 adet evde ölçüm yapılmıştır.

Ayrıca ölçüm yerlerinde; mikro-çevre konumu (trafik yoğunluğu, cadde üzerinde ve uzağında olması), ev ve iş yerlerinde sigara kullanımı, örnekleme yapıldığı yerlerde ısıtma amaçlı kullanılan yakıt türü (doğalgaz, fuel-oil, kömür), ısınmada kullanılan cihazlar, mutfakta kullanılan yakıt (LPG, doğalgaz, elektrik) dikkate alınmıştır. İş yerleri ise genellikle trafiğin yoğun olduğu, insanların kalabalık olarak bulunduğu bölgelerden tercih edilmiştir (Tablo 2.1).

**Tablo 2.1:** İşyerleri ve kamu binalarının dağılımı

K1	Belediye
K2	Milli Eğitim Müdürlüğü
K3	Valilik
K4	Hastane
K5	Necatibey Eğitim Fakültesi
K6	Sağlık Yüksek Okulu

İŞ1	Banka
İŞ2	Fast Food
İŞ3	Fotokopi, Kırtasiye
İŞ4	Alışveriş Merkezi



**Şekil 2.1:** Balıkesir il merkezinde iç hava kalitesi örnekleme yapılan noktalar

Çalışma bölgesinde seçilen ev ve işyerlerinde iç ortam aktif ve pasif örnekleme eş zamanlı olarak yapılmıştır. Seçilen bölgelerde bulunan mikro çevrelerin konumu (trafiğin yoğun olduğu, cadde üzerinde ve uzağında olması), sigara kullanımı, ısıtma amaçlı kullanılan yakıt türü (doğalgaz, fuel oil, kömür) ısınmada kullanılan cihazlar, mutfakta kullanılan yakıt (LPG, doğalgaz, elektrik) bilgileri de toplanmıştır. Evlerin aktif ve pasif örnekleme mutfaklarda, yerden 1.5 metre yükseklikte, balkon kapı ve camından uzak, ocak tipi yakma sistemlerine 1 metre mesafeye monte edilmiştir. Ev halkı, ölçümler ve ölçümü etkileyecek faaliyetler konusunda bilgilendirilmiştir. Ölçüm süresince, normal yaşantılarını değiştirmeden devam etmeleri ve ölçümü etkileyecek özel durumlar söz konusu olduğunda bilgi vermeleri istenmiştir.

### **2.2.1 İç Ortam Hava Kirleticilerinin Aktif Ölçümleri (CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, Sıcaklık ve Bağıl Nem)**

Ölçümlerin tümü; evlerde 5 gün süreyle 24 saat sürekli, iş merkezlerinde pazartesi sabah-cuma akşamüstü aralığında 24 saat sürekli olarak yapılmıştır.

Seçilen kirleticilerin konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimlerine göre farklılıklarını belirleyebilmek için örnekleme çalışmaları 14 Temmuz 2009–03 Eylül 2009 ve 03 Ocak 2010-05 Mart 2010 tarihleri aralığında yaz ve kış mevsimlerinde yapılmıştır.

Balıkesir kent merkezinde sosyo demografik yapı özelliklerine göre 29 konut, 10 iş merkezinde (6 resmi kurum, 4 işyeri); Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), nem, sıcaklık, partikül madde (PM<sub>10</sub>) eş zamanlı olarak yaz ve kış sezonu için belirlenmiştir. Ölçüm cihazları Şekil 2.2'deki gibi yerleştirilmiştir.

İç ortam PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının belirlenmesinde, ışık saçılımı (light-scattering) metoduna göre çalışan UCB Particle Monitor kullanılmıştır (Şekil 2.3). Bu yöntemle, yaklaşık 4 dakikalık periyotlarla cihazdan geçen PM<sub>10</sub> konsantrasyonları 0.01 µg/m<sup>3</sup> hassasiyetle ölçülebilmektedir [109]. Ölçüme başlamadan önce, cihaz dönüştürücü vasıtasıyla bilgisayara bağlanmış ve ölçüme başlama, bitiş zamanları ile ölçüm yeri bilgileri girilmiştir. Değerlendirmelere esas alınacak ölçüme başlama



zamanı, bilgisayara girilen zamandan en az 30 dakika sonra olması gerekmektedir. 30 dakikalık zaman cihazın ilk kalibrasyon zamanıdır. Cihaz kalibrasyon için kapalı bir kutuda bekletilmiştir. Ölçüm süresince  $PM_{10}$  verileri, cihazın hafızasına kaydedilmiştir. Cihaz son kalibrasyon için yine en az 30 dakika kapalı bir kutuda bekletilmiştir. Kaydedilen veriler düzenlenerek Excel formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra analizlerde kullanılmak üzere, her ölçüm yeri için Ek A'da verilen form doldurulmuştur.



**Şekil 2.2:** Telaire 7001 CO<sub>2</sub>/sıcaklık ve PM monitörü

İç ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, sıcaklık ve nem değerlerinin belirlenmesinde “NDIR-Kızılötesi Işınlarla Otomatik Ölçüm Yöntemi- metoduyla çalışan Telaire 7001 CO<sub>2</sub>/Sıcaklık Monitor kullanılmıştır. Cihaz, monitör (Şekil 2.4) ve veri depolama ünitesinden (data logger) (Şekil 2.5) oluşmaktadır. Cihazın ölçüm hassasiyetleri; CO<sub>2</sub> konsantrasyonu için 1 ppm, sıcaklık için 0.01 °C, bağıl nem için % 0.01'dir [110]. Ölçümlerden önce cihaz ayarları yapılmıştır. Ayarlarda; ölçüm başlangıç ve bitiş zamanları ile ölçüm noktası bilgileri veri depolama ünitesine bilgisayar aracılığı ile girilmiştir. Ölçümler bittikten sonra HOBOWare (version 2.1.1\_18) yazılımının kullanıldığı veri depolama ünitesindeki veriler bilgisayara aktarılmıştır. Bu veriler, daha sonra analizlerde kullanılmak üzere Excel formatına dönüştürülmüştür. Ölçüm aralığı 0-10.000 ppm aralığında olup, ölçüm hassasiyeti  $\pm 1$  ppm'dir.



**Şekil 2.3:** UCB Partikül madde monitörü



**Şekil 2.4:** CO<sub>2</sub> ve sıcaklık monitörü



**Şekil 2.5:** Veri depolama ünitesi

CO<sub>2</sub> ölçümlerine bağlı olarak yapılan hava değişim sayısı (HDS) hesaplanmalarında, ASTM E741 test metodu yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımda bazı belirli şartlar altında CO<sub>2</sub> gazının takibi ile iç ortamda belirlenen CO<sub>2</sub> gazı konsantrasyonu ile havalandırma katsayısı belirlenebilir.

Bu yaklaşıma göre, dış ortam hava akış oranına ait denklem aşağıda verilmiştir [111]:

$$Q_p = 10^6 \times G_p / (C_{in,eq} - C_{out}) \quad (2.1)$$

$Q_p$  = İç ortama dış ortamdaki hava akışı

$G_p$  = Kişi başı iç ortamda CO<sub>2</sub> üretimi (L/s)

$C_{in,eq}$  = İç Ortamda denge kararlı halde CO<sub>2</sub> konsantrasyonu (ppm)

$C_{out}$  = Dış ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonu (ppm)

Odanın hava değişim sayısı ise, HDS (1/saat) [26].

$$HDS = Q_p / V_{oda} \quad (2.2)$$

denkleme göre hesaplanabilir.  $V_{oda}$  odanın hacmini (m<sup>3</sup>) göstermektedir.

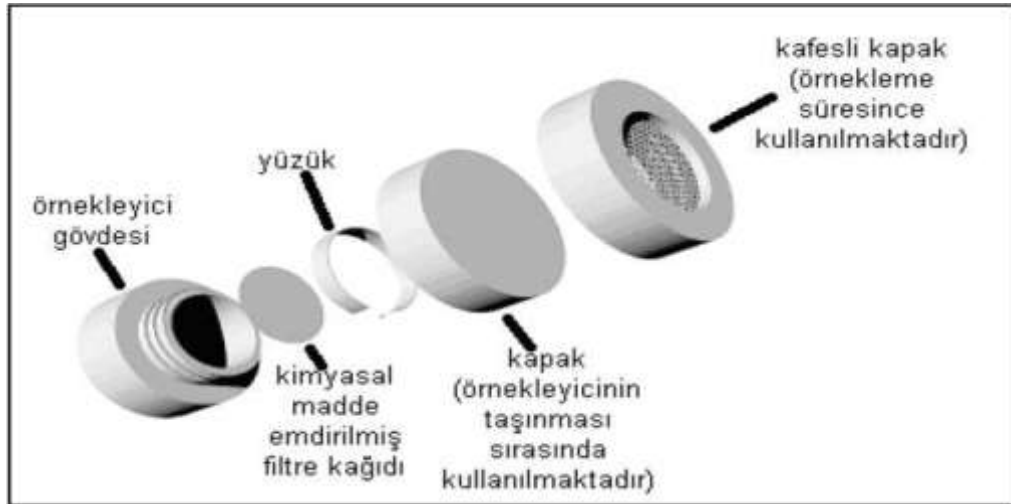
### 2.2.2 İç Ortam Hava Kirleticilerinin Pasif Ölçümleri (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>)

Pasif örnekleme metodu, yoğun insan gücü gerektirmeyen, işletimi kolay olması bakımından hava kalitesinin belirlenmesinde büyük önem kazanmaktadır. Pasif örnekleme sistemi farklı noktalarda, eş zamanlı olarak hava kirliliği haritalama çalışmalarının yapılmasını sağlamaktadır [112].

Pasif örnekleyiciler, atmosferden gaz örneklerini herhangi bir aktif hava hareketi olmadan yani herhangi bir elektrik gücü veya pompa gereksinimi duyulmaksızın toplayabilme özelliğine sahip ekipmanlardır.

SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO gibi birçok kirletici bileşen örneklemede pasif örnekleyciler kullanılmaktadır [113]. Pasif örnekleme sistemlerinde örnekleme yapılan ortam ile toplama yapılan ortam arasında yer alan bir bariyer bulunur. Bu bariyer bilinen derişimdeki gaz moleküllerinin toplama hızının belirlenmesi ve sıcaklık, nem, rüzgar v.b. dış faktörlerin bu hız üzerindeki etkilerini en aza indirmesini sağlar.

Pasif örnekleme metodu gaz moleküllerinin örneklenen ortamdan toplama ortamına doğru serbest akışı ve iki ortam arasındaki kimyasal potansiyel serbest akışına, sistem moleküllerinin bir ortamdan diğer ortama akışı, bu akışın dengeye ulaşmaya kadar devam etmesi, dengeye ulaştıktan sonra da herhangi bir değişimin olmamasına dayanır [114]. Kullanılan pasif örnekleyciler badge ve tüp olmak üzere iki şekilde sınıflandırılmakta olup Şekil 2.6’da gösterilmektedir. Pasif örnekleyciler 2 cm iç çap ve 2.5 cm yüksekliğe sahip “badge” tip örnekleycilerdir (Şekil 2.7).

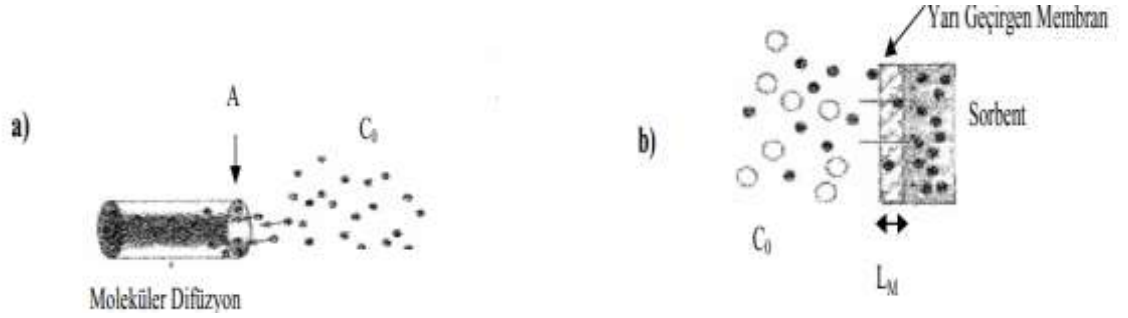


Şekil 2.6: Pasif örnekleyci



**Şekil 2.7:** Pasif örnekleyici parçaları [116]

Badge ve tüp örnekleyiciler ile gerçekleştirilen pasif örnekleme difüzyon veya geçiş (permeasyon) olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilir (Şekil 2.8).



**Şekil 2.8:** Pasif örnekleme prosesi a)Difüzyon, b)Geçiş (permeasyon)

Evlerde ve iş yerlerinde  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  gibi kirleticiler pasif örnekleme yöntemiyle ölçülmüştür.

NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> örnekleyicilerinin hazırlanmasında, Whatman GF/A filtre kağıtları %20 TEA sulu çözeltisi ile, ozon örneklerinin hazırlanmasında ise %1 NaNO<sub>2</sub>+Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>+%2 gliserol sulu çözeltisi ile kaplanmıştır. Kurutulan filtre kağıtları, 5 mm kalınlığındaki yüzüklerle örnekleyici tabanına sabitlenmiş ve örnekleyicilerin kapakları kapatılıp hazır hale getirilmiştir. Bir haftalık örnekleme periyodu sonrasında, örnekleme noktalarından toplanan örnekleyiciler laboratuara ağızları kapalı bir şekilde getirilerek Dionex® 2500 iyon kromatografi cihazında (IC) ikincil analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde, filtre kağıtları NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> örnekleri için 10 ml ultra saf su (Milli-Q)+0.3 ml %35 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile, ozon örnekleri için 5 ml ultra saf su ile 15 dakika ekstrakte edilmiştir.

Analizlerde NO<sub>2</sub> bileşeni NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, SO<sub>2</sub> bileşeni SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> ve ozon NO<sub>3</sub><sup>-</sup> iyonları şeklinde belirlenmiş ve daha sonra belirlenen iyon derişimleri (µg ml<sup>-1</sup>), ekstraksiyon hacimleri ile çarpılarak örnekleme süresi boyunca tutulan NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> miktarları (µg) hesaplanmıştır. NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve ozon derişimleri (mg m<sup>-3</sup>) Fick'in Yayınırlık Yasası [115] kullanılarak hesaplanmıştır [116]:

$$C_0 = Q * \frac{L}{D * A * t} \quad (2.3)$$

Q = Absorblanan bileşen miktarları (µg)

t = Örnekleme süresi (s)

A = Örnekleme kesit alanı (cm<sup>2</sup>)

D = Kirlenici bileşenin difüzyon katsayısı (cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>)

L = Difüzyon yolunun toplam uzunluğu (cm)

C<sub>0</sub> = Örneklenen ortamdaki kirlenici bileşen derişimi (µg m<sup>-3</sup>)

### **2.2.3 Aktif Dış Ortam Örneklemesi (PM<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>)**

Balıkesir İl Merkezi dış ortam PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın istastasyon raporlarından alınmıştır. İç ortam ölçümlerinin yapıldığı tarihler baz alınarak, dış ortam ölçüm raporları oluşturulmuştur [117].

Dış ortam CO<sub>2</sub> ölçümleri, iç ortam ölçülerine paralel olarak Telaire 7001 CO<sub>2</sub>/Sıcaklık Monitör cihazı ile yapılmıştır. Bunlara ilaveten dış ortamda sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri de yapılmıştır.

## **2.3 Anket Çalışmaları ve İstatistiksel Analizler**

### **2.3.1 İç Ortamlarda Enerji Tüketimi**

Üretilen toplam enerjinin yaklaşık %25'i konutlarda tüketilmektedir. Konutlarda; ısınma, su ısıtma, pişirme, aydınlanma ve elektrikli cihazların kullanımı amacıyla enerji tüketilmektedir. Yakıtların yakılması sonucu enerji elde edilirken, bazı kirletici emisyonlar da atmosfere atılmaktadır. Azotoksitler, karbonmonoksit, kükürtdioksit, partikül madde gibi kirletici emisyonlar, insan ve çevre sağlığı açısından ciddi problemlere yol açabilmektedirler [118].

Evlerde ve iş merkezlerinde enerji tüketiminin en fazla olduğu yerler; ısıtma, soğutma, pişirme, sıcak su üretim sistemleri ile elektrikli cihazlardır. Özellikle kış sezonunda ısınmadan dolayı enerji tüketimi oldukça fazladır [119].

### 2.3.2 Anket Çalışması

Balıkesir İl Merkezinde “Evlerde Enerji Tüketiminin İç hava Kalitesine Etkisi” başlıklı anket Ek B’de verilmiş olup, 168 adet evde (ölçümü yapılan 29 ev dahil olmak üzere) uygulanmıştır. Anket; temizlik, havalandırma, yaşam koşulları, enerji tüketimi ve yapı özelliklerini öğrenmeye yönelik sorulardan oluşmuştur.

Ankete katılanlara kişisel karakteristikleriyle ilgili (yaş, cinsiyet, eğitim, meslek, gelir, sigara kullanımı, kronik hastalıklar-kalp ve solunum hastalıkları) sorular, ev karakteristikleri (oda sayısı, toplam metrekare, mutfak metrekaresi, fan, klima kullanımı, evin havalandırma süresi, izolasyon durumu-pencere, duvar, çatı, tabanda halı kaplama, binanın yapı malzemesi) ile ilgili sorular, ısınma karakteristikleri (evlerin ısıtma sistemi, su ısıtma sistemi ve kullanılan yakıt) soruları, mutfak karakteristikleri (pişirmede kullanılan yakıt ve sistemler, mutfağın konumu, yemek pişirme saatleri, ev ve mutfak içerisinde geçen zaman), enerji tüketimi ve tutarlarını içeren sorulardan oluşmuştur.

Balıkesir İl Merkezinde evlerde tüketilen enerjinin iç hava kalitesine etkisi üzerine gerçekleştirilen anket çalışması verileri analiz edilmiştir. Tüm anket formları kodlanarak kaydedilmiştir. İstatistiksel analizler SPSS 17.0 paket programı kullanılarak sayı-yüzde dağılımı, çapraz tablo yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir.

Ankette, sosyo-ekonomik olarak 3 bölgeye ayrılan Balıkesir’de:

- 1.Bölge ekonomik olarak düşük,
- 2. Bölge orta,
- 3. Bölge yüksek gelir grubu olarak belirlenmiştir.

Toplam anket sayısı, mahallelerdeki nüfuslara oranlanarak belirlenmiştir. Tablo 2.2’de 2008 yılı verilerine göre Balıkesir Merkezde bulunan konut, işyerleri sayısı, mahallelerde yaşayan kişi sayısı, doğalgaz abone sayısı, doğalgaz kullanan işyeri ve mesken sayısı, anket sayısı verilmiştir.



**Tablo 2.2:** Balıkesir merkez konut, işyeri, nüfus ve yakıt tüketimi istatistikleri

Sıra No	Mahalle Adı	Bina Sayısı	İşyeri Sayısı	Mesken	İşyeri+Mesken	Ortak	Nüfus	Doğalgaz Abone	Doğalgaz Kullanan	Anket Sayısı
1	I.Sakarya	1830	229	4126	4355	606	8723	694	216	7
2	II.Sakarya	2310	234	5701	5935	765	12614	1495	551	9
3	Akıncılar	430	887	574	1461	77	1240	68	38	1
4	Aygören	347	23	736	759	111	1444	174	42	1
5	Dinkçiler	1487	211	3603	3814	428	7178	407	182	4
6	Gümüüşçeşme	3238	2369	3863	6232	524	8770	730	652	8
7	Kızpınar	210	30	608	638	148	1488	107	76	1
8	Mirzabey	394	65	932	997	110	1787	82	26	1
9	Sütlüce	1110	178	2944	3122	355	7133	926	516	1
10	Vicdaniye	532	70	1008	1078	160	1916	258	115	1
11	II.Gündoğan	1944	377	4845	5222	962	10368	995	295	9
	<b>1. BÖLGE TOPLAMI</b>			<b>28940</b>			<b>62661</b>			<b>43</b>
1	1. oruçgazi	755	378	1981	2359	349	4222	611	489	2
2	2.Oruçgazi	168	176	473	649	56	816	116	94	0
3	Adnan Menderes	554	149	4972	5121	621	14019	3247	2656	8
4	Ali Hikmet Paşa	1563	576	4760	5336	572	11232	1526	1197	6
5	Çay	309	88	702	790	85	1562	211	125	1
6	Dumlupınar	335	681	815	1496	121	1432	265	136	1
7	Ege	706	1295	1819	3114	253	3432	634	486	1
8	Gaziosman Paşa	1250	294	2469	2763	290	6131	639	295	1
9	Hacı İlbey	353	215	977	1192	122	1823	421	267	1
10	Hacı İsmail	232	87	561	648	59	1057	119	66	0
11	H. Basri Çantay	1476	278	4518	4796	555	10564	1722	1458	11
12	Hisar İçi	313	1919	672	2591	92	1441	333	290	1
13	Karaoğlan	239	261	599	860	76	1036	198	111	2
14	Karesi	217	649	543	1192	90	1035	235	171	1
15	Kasaplar	719	696	2818	3514	292	6049	1117	961	2
16	Kayabey	725	278	1652	1930	234	3336	558	345	1
17	Maltepe	1503	267	3723	3990	643	8487	1130	807	5
18	Plevne	1169	380	3935	4315	495	8688	2065	1745	7
19	Toygar	2290	299	6990	7289	822	14596	1886	1387	9
20	Yıldırım	276	765	971	1736	157	2011	466	383	1
21	Yıldız	646	100	1699	1799	180	3659	582	274	2
22	Kuvayi Milliye	1390	329	2508	2837	564	3653	224		2
23	I.Gündoğan	1675	330	3601	3931	756	8518	802	690	7
24	Yeni Mah.(Toki)	142	79	2063	2142	158	1440	623	482	4
	<b>2.BÖLGETOPLAMI</b>			<b>55821</b>			<b>120239</b>			<b>76</b>
1	Altı Eylül	233	675	1266	1941	146	2686	540	464	1
2	Atatürk	1521	736	6849	7585	761	15063	2911	2407	16
3	Bahçelievler	2124	784	11664	12448	1466	25570	7439	6315	18
4	Eski Kuyumcular	343	2396	827	3223	168	1326	608	463	2
5	Paşaalanı	3075	2563	6035	8598	917	13856	3980	3225	12
	<b>3.BÖLGE TOPLAMI</b>			<b>26641</b>			<b>58501</b>			<b>49</b>

### 2.3.3 Gerçekleştirilen İstatistiksel Analizler

Çalışmada ölçümü yapılan parametreler, anket sonuçlarının değerlendirilmesinde SPSS programı kullanılmıştır.

SPSS programı, bilimsel araştırma sürecinde, çeşitli yöntemler ile toplanan verilerin analizi sürecinde zaman, maliyet ve enerji tasarrufu sağlanması, sonuçların belirli bir düzen içerisinde alınması ve hesaplamalardan kaynaklanan hata payının ortadan kaldırılması gibi birçok yönden yararlar sağlamaktadır.

SPSS programı araştırmaya ilişkin değişkenlerin tanımlanması, verilerin kodlanarak veri sayfasına girilmesi, girilen veriler üzerinde düzeltmeler yapılması, verilerin birleştirilmesi çeşitli ölçütlere göre gruplaması, veriler üzerinde istatistiksel analizlerin yapılması, grafik oluşturma, çıktı (output) özellikleri ile sonuçlarının düzenli tablolar halinde çıkarılması ve diğer programlara aktarılması gibi veri analizlerinin yapılmasını sağlamaktadır [120].

İç ortamlarda ölçülen kirlilik ve konfor parametreleri ile anket çalışmasından elde edilen sonuçların betimlemesi amacı ile değişkene ilişkin ortalama, standart sapma, frekans, yüzde dağılımları, minimum, maksimum, t testi ve one way annova, pearson korelasyon incelemesi ve analizleri gerçekleştirilmiştir.

**Bağımsız örneklem t testi (Dependent Sample t testi )**, tek gruba ait örneklemin belirli bir değişken için ölçülen ortalaması ile evrene ilişkin öngörülen yada daha önce hesaplanan veya bilinen ortalaması arasında belirli düzeyde (%95, %99 gibi) anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılır.

Tek örneklem (grup) için t testinde, t değeri aşağıdaki formülden yararlanarak hesaplanır [120].

$$z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \quad (2.1)$$

$\bar{X}$  =Örneklemeyle ilişkin hesaplanan ortalamayı,

$\mu$  =Evrene ilişkin bilinen- öngörülen ortalamayı

$\sigma$  =Örneklemin standart sapması

$n$  =Denek sayısı

**Bağımsız Örneklem İçin Tek Faktörlü Varyans Analizi (One Way Anova)** , bağımsız örneklem için t testinin, sadece birbirinden bağımsız iki grubun ortalamalarının karşılaştırılması amacıyla kullanılan bir tekniktir. Bağımsız örneklem için tek-faktörlü (yönlü) varyans analizi ise tek bir bağımsız değişkene ilişkin iki ve daha fazla grubun bağımlı bir değişkene göre ortalamalarının karşılaştırılarak, ortalamalar arasındaki farkın belirli bir güven düzeyinde (%95, %99 gibi) anlamlı olup olmadığını test etmek için kullanılan istatistiksel bir tekniktir [120].

Pearson Korelasyon Analizi, iki değişkenin sözkonusu olduğu, bağımlı-bağımsız değişken olarak tanımlanması/belirlenmesinin önemli olmadığı hesaplama yöntemidir. Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki ilişkinin düzeyini (derecesini-şiddetini-gücünü) ve yönünü belirlemek amacı ile yapılır. Her iki değişkenin de sürekli değişken olması ve değişkenlere ilişkin verilerin normal dağılım göstermesi durumunda değişkenler arasındaki ilişki Pearson korelasyon katsayısı ile belirlenir [120].

Korelasyon katsayısı “r” harfiyle ifade edilir ve -1 ile +1 arasında ( $-1 \leq r \leq +1$ ) bir değer alır. Burada değişkenler arasındaki ilişkinin düzeyini, rakamların mutlak büyüklüğü, yönünü ise rakamların işareti (pozitif yada negatif olması) belirler [121].

### 3. BULGULAR

#### 3.1 İç ve Dış Ortam Kirletici ve Konfor Parametreleri

Balıkesir kent merkezinde sosyo demografik yapı özelliklerine göre 29 konut, 10 iş merkezinde (6 resmi kurum, 4 işyeri); karbondioksit (CO<sub>2</sub>), nem, sıcaklık, partikül madde (PM), azotdioksit (NO<sub>2</sub>), kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>) değerlerinin yaz ve kış sezonları için ölçümleri yapılmıştır. Bulgular aşağıdaki bölümlerde detaylı olarak verilmiştir.

##### 3.1.1 CO<sub>2</sub> (Karbondioksit)

Yaz ve kış aylarında evlerde, kamu binalarında, işyerlerinde yapılan ölçüm sonuçlarının gece, gündüz, günlük ortalama değerleri ile gece/gündüz ve yaz/kış oranları tespit edilmiştir. Gece ölçümleri 24.00 - 07.00 saat aralığını, gündüz ölçümleri ise 07.01 - 23.59 saat aralığını kapsamaktadır.

Evlerde kış aylarında CO<sub>2</sub> değerlerinin yaz/kış, gece/gündüz ortalama değerleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir. Evlerde kış aylarında günlük ortalama CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 1011 ppm iken, yaz aylarında 627 ppm bulunmuştur.

CO<sub>2</sub> değerlerinin yaz/kış, gece/gündüz ortalamaları işyerleri ve kamu kuruluşları için Tablo 3.2'de gösterilmiştir. İşyerleri ve kamu binalarında ise günlük ortalama değerler; kış aylarında 763 ppm, yaz aylarında 677 ppm olarak ölçülmüştür. Evlerde gece ve gündüz ortalamaları birbirine yakın bulunurken, iş yerleri ve kamu binalarında farklı sonuçlar elde edilmiştir. (Tablo 3.1, 3.2). Evlerde, günlük yaz/kış oranı ortalama  $0.70 \pm 0.26$  olup, bu değer 1.00'in altındadır. Kamu binaları ve iş yerlerinde günlük CO<sub>2</sub> değerlerinin yaz/kış oranı  $0.97 \pm 0.36$  olarak tespit edilmiştir. Evlerde, kamu binaları ve işyerlerinde yaz aylarında ölçülen değerlerin kış aylarına göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Evlerde, ölçümü yapılan CO<sub>2</sub> değerlerinin sosyo-ekonomik düzeylere göre değerlendirilmesinde; yazın 1.bölgede 659 ppm, 2.bölgede 607 ppm, 3.bölgede 629 ppm bulunurken, kışın 1.bölgede 787 ppm, 2.bölgede 1094 ppm, 3.bölgede 1101 ppm bulunmuştur (Tablo 3.3). CO<sub>2</sub> konsantrasyonu kış aylarında 3. bölgede en yüksek bulunurken, yaz aylarında bölgelere göre değerler arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

**Tablo 3.1:** Konutlarda CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış, gece/gündüz değişimleri

Kod	Bölge	CO <sub>2</sub> Yaz Dönemi Ortalamaları, ppm				CO <sub>2</sub> Kış Dönemi Ortalamaları, ppm				CO <sub>2</sub> Yaz/Kış Oranları		
		Günlük	Gece	Gündüz	Gece /Gündüz	Günlük	Gece	Gündüz	Gece /Gündüz	Günlük	Gündüz	Gece
Ev 1	1	640	606	709	0.85	669	651	691	0.94	0.96	1.03	0.93
Ev 2	1	717	724	734	0.99	1088	912	1162	0.78	0.66	0.63	0.79
Ev 3	1	684	709	692	1.02	703	515	782	0.66	0.97	0.88	1.38
Ev 4	1	693	780	668	1.17	685	592	767	0.77	1.01	0.87	1.32
Ev 5	1	732	818	709	1.15	618	490	688	0.71	1.18	1.03	1.67
Ev 6	1	482	557	457	1.22	962	1134	913	1.24	0.50	0.50	0.49
Ev 7	1	791	790	805	0.98	1026	1262	1038	1.22	0.77	0.78	0.63
Ev 8	1	530	604	506	1.19	540	543	566	0.96	0.98	0.89	1.11
Ev 9	2	692	680	702	0.97	1055	889	1084	0.82	0.66	0.65	0.77
Ev 10	2	489	467	524	0.89	1399	1550	1333	1.16	0.35	0.39	0.30
Ev 11	2	807	929	822	1.13	914	821	1011	0.81	0.88	0.81	1.13
Ev 12	2	467	383	533	0.72	2062	2376	1958	1.21	0.23	0.27	0.16
Ev 14	2	663	721	650	1.11	1093	961	1140	0.84	0.61	0.57	0.75
Ev 15	2	646	648	642	1.01	1661	1707	1689	1.01	0.39	0.38	0.38
Ev 16	2	419	383	437	0.88	904	860	896	0.96	0.46	0.49	0.45
Ev 17	2	598	635	594	1.07	1223	1277	1235	1.03	0.49	0.48	0.50
Ev 18	2	546	604	625	0.97	1659	2089	1459	1.43	0.33	0.43	0.29
Ev 19	2	851	872	864	1.01	871	781	939	0.83	0.98	0.92	1.12
Ev 20	2	523	608	488	1.25	538	482	593	0.81	0.97	0.82	1.26
Ev 21	2	644	707	617	1.14	581	570	650	0.88	1.11	0.95	1.24
Ev 22	2	507	517	498	1.04	757	853	765	1.12	0.67	0.65	0.61
Ev 23	2	643	696	622	1.12	593	474	631	0.75	1.08	0.99	1.47
Ev 24	3	697	700	682	1.03	939	751	1012	0.74	0.74	0.67	0.93
Ev 25	3	746	808	720	1.12	1137	812	1276	0.64	0.66	0.56	1.00
Ev 26	3	426	406	438	0.93	595	476	666	0.72	0.72	0.66	0.85
Ev 27	3	575	646	580	1.11	1352	1550	1367	1.13	0.43	0.42	0.42
Ev 28	3	447	412	418	0.98	885	860	946	0.91	0.51	0.44	0.48
Ev 29	3	874	1044	818	1.28	1770	1861	1668	1.12	0.49	0.49	0.56
Ev 30	3	641	647	646	1.00	1032	1191	1088	1.09	0.62	0.59	0.54
<b>Ortalama</b>		<b>627</b>	<b>659</b>	<b>628</b>	<b>1.05</b>	<b>1011</b>	<b>1010</b>	<b>1035</b>	<b>0.94</b>	<b>0.70</b>	<b>0.66</b>	<b>0.81</b>
<b>S. Sapma</b>		<b>125</b>	<b>158</b>	<b>122</b>	<b>0.13</b>	<b>392</b>	<b>504</b>	<b>350</b>	<b>0.20</b>	<b>0.26</b>	<b>0.22</b>	<b>0.40</b>

**Tablo 3.2:** İşyerleri ve kamu kuruluşları CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış, gece/gündüz değişimleri

Kod	CO <sub>2</sub> Yaz Dönemi Ortalamaları, ppm				CO <sub>2</sub> Kış Dönemi Ortalamaları, ppm				CO <sub>2</sub> Yaz/Kış Oranları		
	Günlük	Gece	Gündüz	Gece/ Gündüz	Günlük	Gece	Gündüz	Gece/ Gündüz	Günlük	Gece	Gündüz
K1	501	384	555	0.69	946	830	816	1.02	0.53	0.68	0.46
K2	774	796	717	1.11	1097	731	1224	0.60	0.91	0.59	1.09
K3	472	428	496	0.86	847	870	840	1.04	0.56	0.59	0.49
K4	604	591	615	0.96	712	495	804	0.62	0.85	0.76	1.19
K5	484	457	501	0.91	833	695	884	0.79	0.58	0.57	0.66
K6	644	638	649	0.98	540	413	590	0.70	1.19	1.10	1.54
İŞ1	1022	668	1151	0.58	682	424	783	0.54	1.50	1.47	1.58
İŞ2	774	796	820	0.97	591	491	622	0.79	1.31	1.32	1.62
İŞ3	653	433	725	0.60	738	566	802	0.71	0.89	0.90	0.77
İŞ4	841	825	847	0.97	644	607	663	0.92	1.31	1.28	1.36
<b>Ortalama</b>	<b>677</b>	<b>602</b>	<b>708</b>	<b>0.86</b>	<b>763</b>	<b>612</b>	<b>803</b>	<b>0.77</b>	<b>0.97</b>	<b>0.93</b>	<b>1.08</b>
<b>S.Sapma</b>	<b>177</b>	<b>169</b>	<b>198</b>	<b>0.18</b>	<b>170</b>	<b>163</b>	<b>177</b>	<b>0.17</b>	<b>0.36</b>	<b>0.34</b>	<b>0.45</b>

**Tablo 3.3:** CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının bölgere göre değişimine ait tanımlayıcı istatistikler

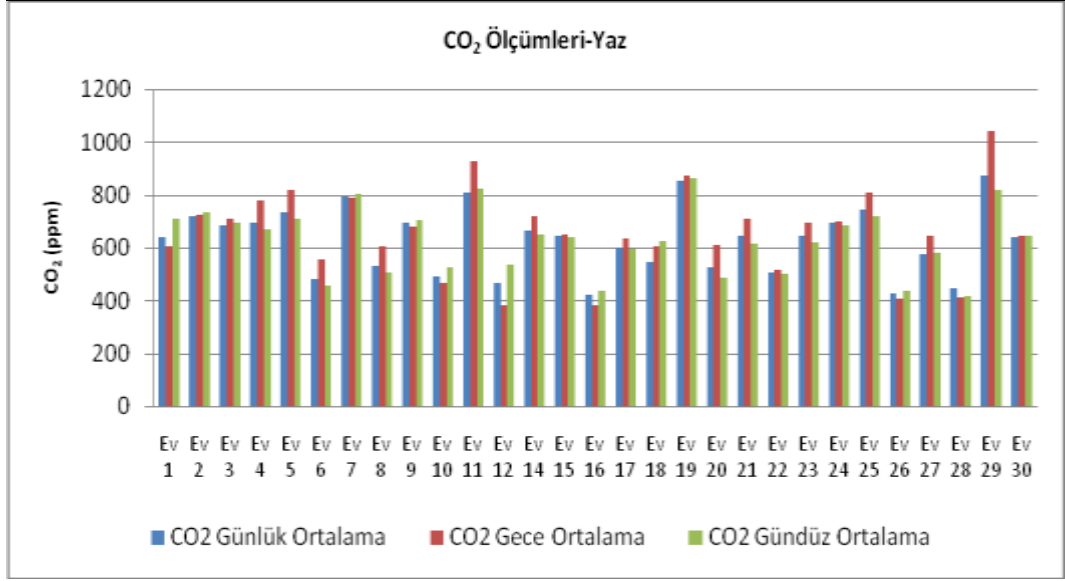
CO <sub>2</sub> , ppm				
	Ortalama	Standart Sapma	Maksimum	Minimum
1.Bölge	659	104	791	482
2.Bölge	607	125	851	419
3.Bölge	629	161	874	426
Kamu Binaları	618	201	1002	472
İş Yerleri	832	151	1022	653
1.Bölge	787	207	1088	540
2.Bölge	1094	460	2062	538
3.Bölge	1101	375	1770	595
Kamu Binaları	829	191	1097	540
İş Yerleri	664	62	738	591

### 3.1.1.1 CO<sub>2</sub> Yaz Sezonu

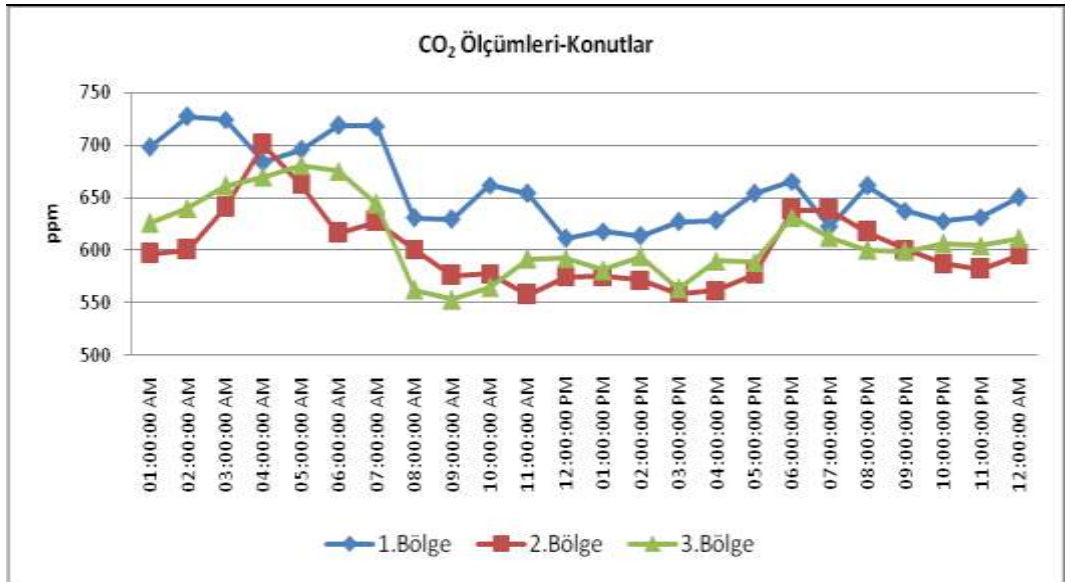
Konutlarda, yaz aylarında CO<sub>2</sub> ölçümlerinin gece, gündüz ve günlük ortalamaları Şekil 3.1’de verilmiştir. Şekil 3.1’e göre, yaz aylarında, evlerde gece saatlerinde ölçülen CO<sub>2</sub> değerlerinin gündüz ve günlük ortalamalardan yüksek olduğu görülmektedir.

Konutlarda bölgelere göre CO<sub>2</sub> saatlik ortalama değerleri Şekil 3.2’de verilmiştir. Yaz aylarında evlerin saatlik ortalamalarına göre değerlendirilmesinde; üç bölgedeki değerlerin saatlik ortalamalarının 550-750 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir.



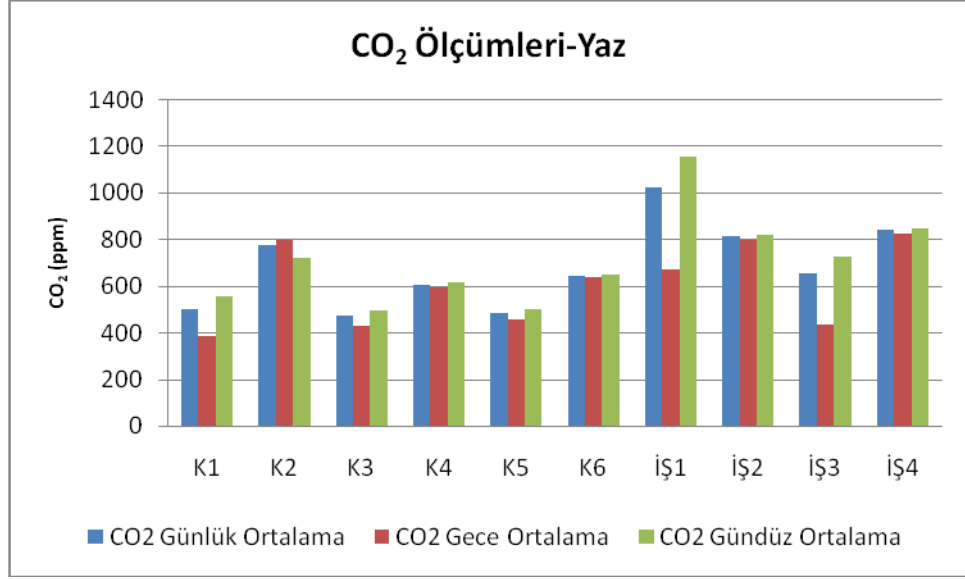


Şekil 3.1: CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının günlük, gündüz, gece değişimleri (yaz)



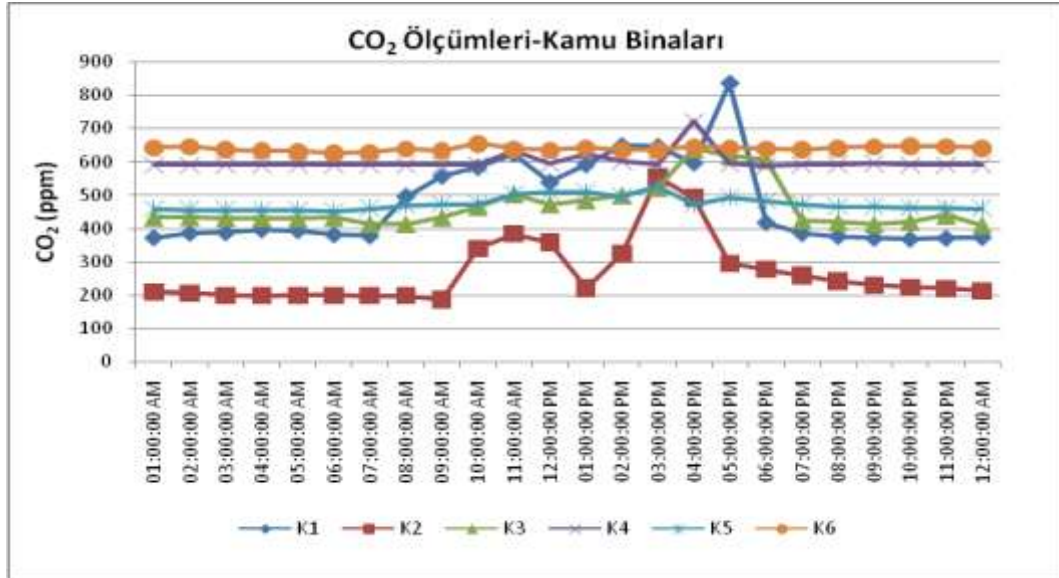
Şekil 3.2: CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının bölgelere göre saatlik değişimi (yaz)-konutlar

Kamu binaları ve iş yerlerinde, yaz aylarında CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının günlük, gündüz, gece ölçüm değerleri Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Kamu binaları ve iş yerleri için yaz/kış oranlarının gündüz ve gece ortalamaları sırasıyla,  $1.08 \pm 0.45$  ve  $0.93 \pm 0.34$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.2). Gün içerisinde iç ortam kirleticilerinin yanında, yoğun trafik nedeniyle dış ortamdan taşınan kirleticilerin iç ortamlara ulaşması gündüz gözlenen artışı açıklamaktadır.

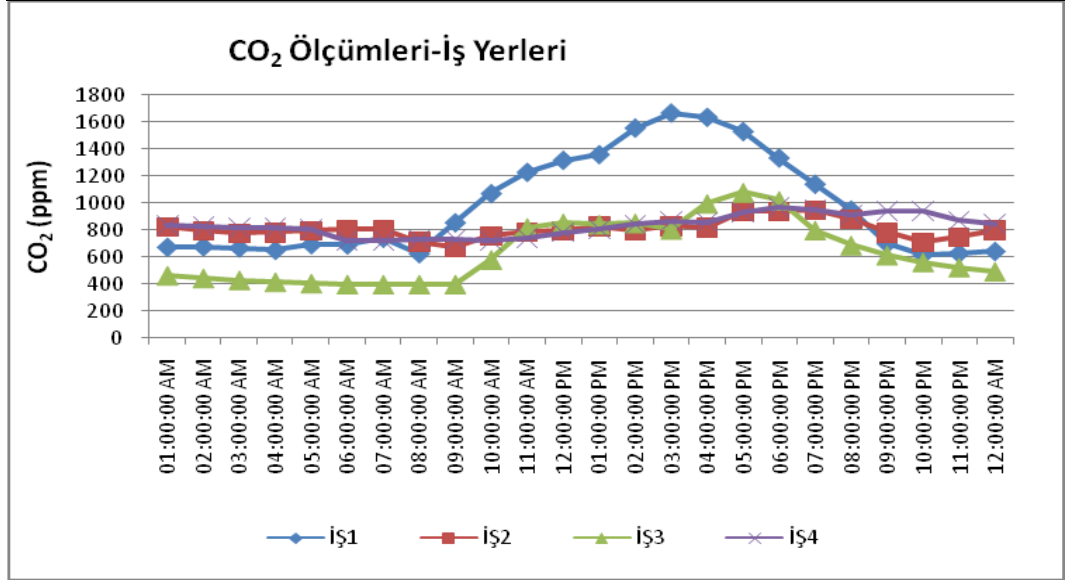


**Şekil 3.3:** CO<sub>2</sub> günlük, gündüz, gece konsantrasyonlarının (yaz)- kamu binaları ve iş yerleri

İş yerleri ve kamu binalarına ait CO<sub>2</sub> ölçüm sonuçlarının saatlik ortalama değişim grafikleri Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’de verilmiştir. Yaz aylarında kamu binaları ve işyerlerinde CO<sub>2</sub> değerlerinin 400-1000 ppm arasında değiştiği, çalışma saatlerine bağlı olarak (kamu binaları 08.00-17.00, iş yerleri 08.00-19.00) CO<sub>2</sub> değerlerinde yükselmeler gözlemlendiği belirlenmiştir.



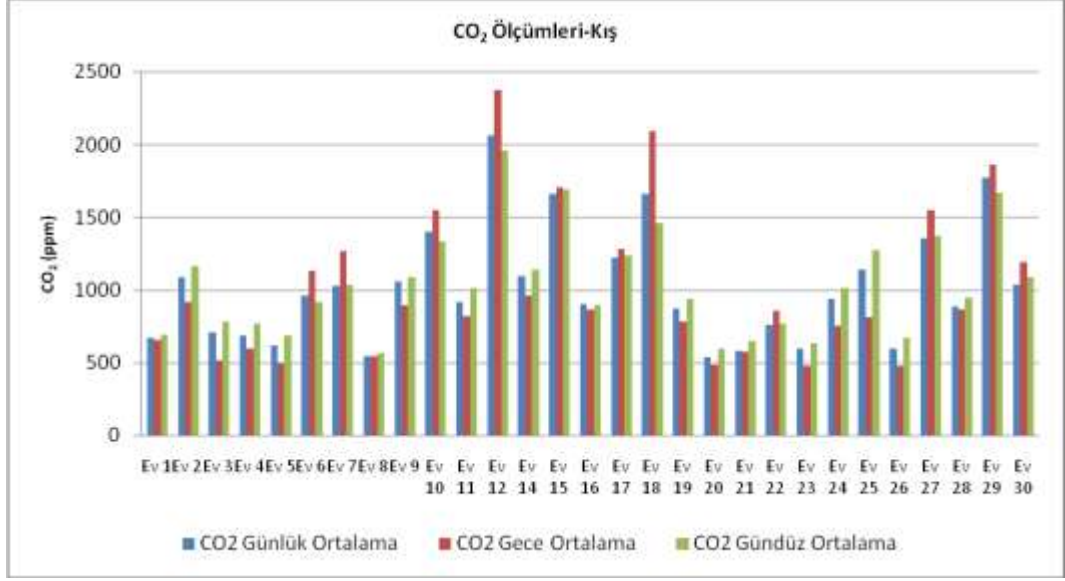
**Şekil 3.4:** CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (yaz)-kamu binaları



Şekil 3.5: CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (yaz)-iş yerleri

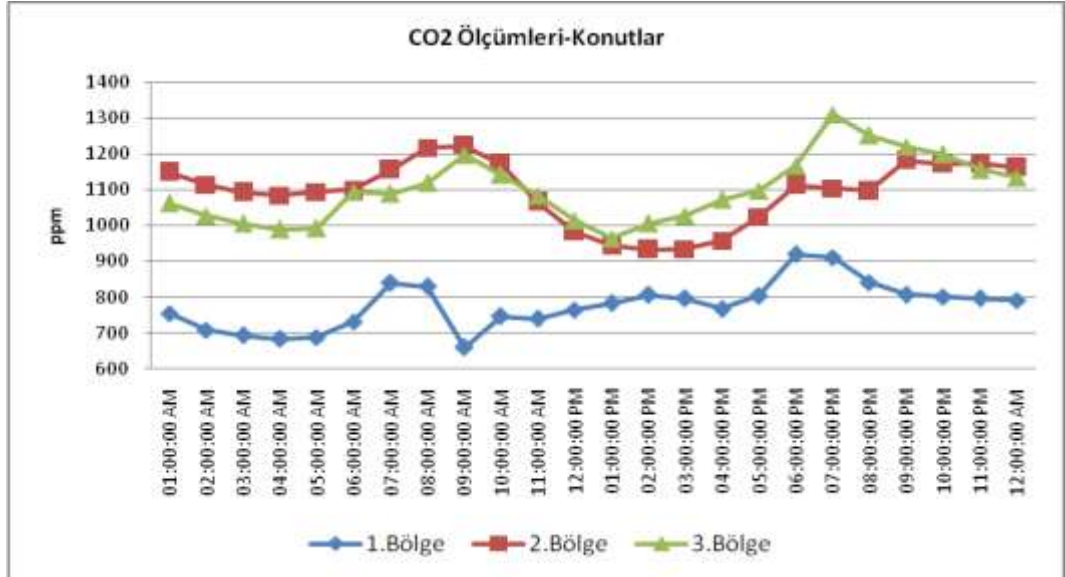
### 3.1.1.2 CO<sub>2</sub> Kış Sezonu

Kış aylarında evlerde oluşan CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin yanında trafik, pişirme, sigara kullanımı, camların kapalı olması etkilemektedir. Kış aylarında insanların ev içerisinde geçirdikleri sürenin fazla olması CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını arttırmaktadır. Çalışma kapsamında kış mevsiminde evlerin iç ortamda CO<sub>2</sub> örneklemesine ait günlük, gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları ppm olarak Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



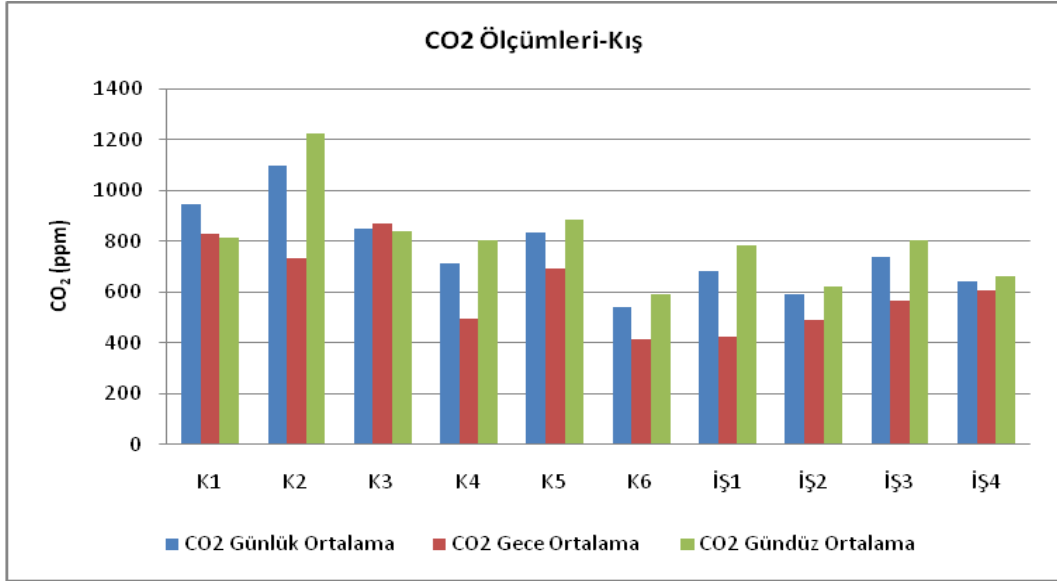
**Şekil 3.6:** CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının günlük, gündüz, gece değişimleri (kış)

Şekil 3.7’de kış mevsiminde evlerin iç ortamında CO<sub>2</sub> konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan günlerdeki saatlik değişimleri verilmiştir. Evlerde, enerji kullanımına bağlı olarak 07:00-24:00 saatleri arasında iç ortam CO<sub>2</sub> değerlerinde ani değişimler görülürken, akşam saatlerinde (18:00-24:00) 1000 ppm’i aştığı belirlenmiştir.



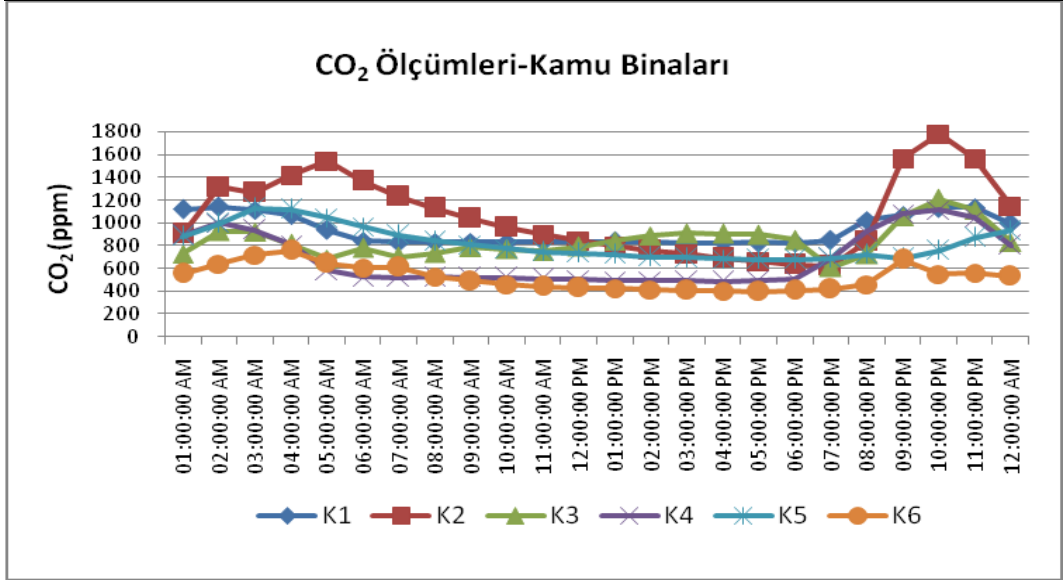
**Şekil 3.7:** CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının bölgelere göre saatlik değişimi (kış)-konutlar

Kamu binaları ve iş yerlerinde CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının günlük, gece, gündüz ortalamaları Şekil 3.8'de gösterilmiştir. İşyerlerinde CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının günlük ortalaması 591-738 ppm arasında değişirken, kamu binalarında 540-1097 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir.

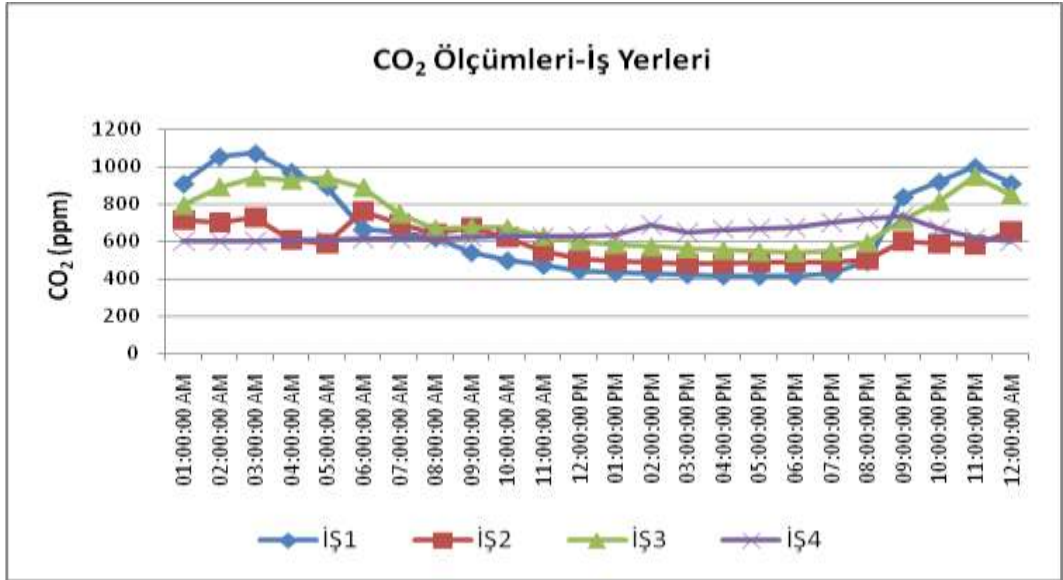


Şekil 3.8: CO<sub>2</sub> günlük, gündüz, gece konsantrasyonları (kış)- kamu binaları ve iş yerleri

İşyerleri ve kamu binalarının kış aylarındaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının saatlik değişimi Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Çalışma saatlerine bağlı olarak CO<sub>2</sub> değerlerinde yükselmeler tespit edilmiştir. Gün içerisinde iç ortam kirleticilerinin yanı sıra yoğun trafik nedeniyle de dış ortamdan taşınım yoluyla kirleticilerin iç ortama ulaşması gündüz gözlenen artışı açıklamaktadır. Kamu binaları ve işyerlerindeki gündüz saatlerinde belirlenen CO<sub>2</sub> konsantrasyonları gece ve günlük ortalama değerlerinden yüksek bulunmuştur (Tablo 3.2).



Şekil 3.9: CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (kış)-kamu binaları



Şekil 3.10: CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (kış)-iş yerleri

### 3.1.2 PM (Partikül Madde)

Yaz ve kış aylarında evlerde, kamu binalarında, işyerlerinde yapılan ölçüm sonuçlarının gece, gündüz, günlük ortalama değerleri, gece/gündüz ve yaz/kış oranları tespit edilmiştir.

Tablo 3.4'te konutlarda ölçülen PM değerlerinin gece ortalaması yaz ayları için  $32.23 \pm 23.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  iken, gündüz ortalaması  $31.79 \pm 14.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bulunmuştur. Kış aylarında PM gece ortalaması  $91.07 \pm 91.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , gündüz ortalaması  $103.58 \pm 99.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bulunmuştur. PM konsantrasyonları yaz aylarında gece saatlerinde, kış aylarında gündüz saatlerinde daha fazla bulunmuştur. PM yaz/kış oranları genellikle 1.00'in altında olduğu, dolayısıyla yaz aylarında tespit edilen kirliliğin kış aylarına göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Kamu kuruluşları ve iş yerlerinde PM konsantrasyonları gece ve gündüz saatlerinde sırasıyla; yazın  $30.26 \pm 27.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $32.87 \pm 35.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , kışın ise  $117.25 \pm 157.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $121.56 \pm 159.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.5).

Evlerin bölgeleri ile kamu binaları ve iş yerlerinin PM ölçümlerinin ortalama, standart sapma, maksimum ve minimum değerleri Tablo 3.6'da verilmiştir. Tablo 3.6'ya göre tüm iç ortamlarda kış döneminde PM konsantrasyonları yaz dönemine göre yüksek bulunmuştur. Kış döneminde evlerin bölgelerine göre ortalama PM konsantrasyonları; 1. bölgede  $107.08 \pm 67.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2.bölgede  $82.88 \pm 90.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 3.bölgede  $123.58 \pm 134.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olup, 3.bölgede PM konsantrasyonları diğer bölgelere göre daha yüksek bulunmuştur.

**Tablo 3.4:** Konutlarda PM konsantrasyonlarının yaz/kış, gece/gündüz değişimleri

	Bölge	PM Yaz Dönemi Ortalamaları, $\mu\text{g}/\text{m}^3$				PM Kış Dönemi Ortalamaları, $\mu\text{g}/\text{m}^3$				PM Yaz/Kış Oranı
		Günlük	Gece	Gündüz	Gece /Gündüz	Günlük	Gece	Gündüz	Gece /Gündüz	
Ev 1	1	20.63	20.45	20.66	0.99	109.38	98.09	103.99	0.94	0.19
Ev 2	1	54.67	54.31	56.92	0.95	83.06	74.19	86.35	0.86	0.66
Ev 3	1	39.34	39.27	39.34	1.00	258.65	248.66	261.83	0.95	0.15
Ev 4	1	20.52	13.80	21.76	0.63	45.80	37.22	53.39	0.70	0.45
Ev 5	1	47.92	47.42	47.87	0.99	62.91	52.06	65.40	0.80	0.76
Ev 6	1	21.16	20.96	21.16	0.99	64.22	62.17	66.87	0.93	0.33
Ev 7	1	42.01	40.79	42.80	0.95	98.18	88.15	105.68	0.83	0.43
Ev 8	1	20.38	18.96	21.02	0.90	134.41	128.43	137.61	0.93	0.15
Ev 9	2	18.16	18.13	18.15	1.00	31.30	29.91	32.08	0.93	0.58
Ev 10	2	16.19	16.71	15.71	1.06	213.38	146.32	240.07	0.61	0.08
Ev 11	2	37.05	40.06	36.69	1.09	34.92	36.54	34.28	1.07	1.06
Ev 12	2	12.12	11.53	12.19	0.95	18.77	17.57	19.35	0.91	0.65
Ev 14	2	26.13	25.46	27.01	0.94	60.77	59.20	60.46	0.98	0.43
Ev 15	2	47.74	47.72	47.74	1.00	37.53	37.24	37.84	0.98	1.27
Ev 16	2	26.41	23.91	26.85	0.89	70.42	62.12	74.45	0.83	0.38
Ev 17	2	50.13	49.72	50.40	0.99	111.38	108.63	113.64	0.96	0.45
Ev 18	2	53.13	53.03	53.12	1.00	38.02	34.15	38.99	0.88	1.40
Ev 19	2	21.11	20.75	21.14	0.98	40.59	32.73	43.97	0.74	0.52
Ev 20	2	80.07	130.96	59.69	2.19	103.37	203.40	65.34	3.11	0.77
Ev 21	2	27.69	26.28	28.23	0.93	38.55	32.01	45.63	0.70	0.72
Ev 22	2	45.24	43.44	45.69	0.95	339.66	310.94	361.48	0.86	0.13
Ev 23	2	15.89	15.79	15.90	0.99	21.72	17.04	23.94	0.71	0.73
Ev 24	3	29.94	29.33	30.21	0.97	20.14	10.92	23.55	0.46	1.49
Ev 25	3	19.68	19.28	19.74	0.98	24.58	17.33	28.68	0.60	0.80
Ev 26	3	10.72	9.68	11.04	0.88	148.40	74.13	183.38	0.40	0.07
Ev 27	3	35.17	36.00	34.77	1.04	24.77	23.95	25.85	0.93	1.42
Ev 28	3	17.67	17.22	17.31	0.99	72.82	65.79	76.28	0.86	0.24
Ev 29	3	28.03	25.91	27.86	0.93	183.94	152.29	201.17	0.76	0.15
Ev 30	3	45.71	17.82	50.87	0.35	390.39	379.95	392.34	0.97	0.12
<b>Ortalama</b>		<b>32.09</b>	<b>32.23</b>	<b>31.79</b>	<b>0.98</b>	<b>99.38</b>	<b>91.07</b>	<b>103.58</b>	<b>0.90</b>	<b>0.57</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>16.14</b>	<b>23.24</b>	<b>14.64</b>	<b>0.27</b>	<b>95.26</b>	<b>91.25</b>	<b>99.66</b>	<b>0.45</b>	<b>0.42</b>



**Tablo 3.5:** İşyerleri ve kamu kuruluşları PM konsantrasyonlarının yaz/kış, gece/gündüz değişimleri

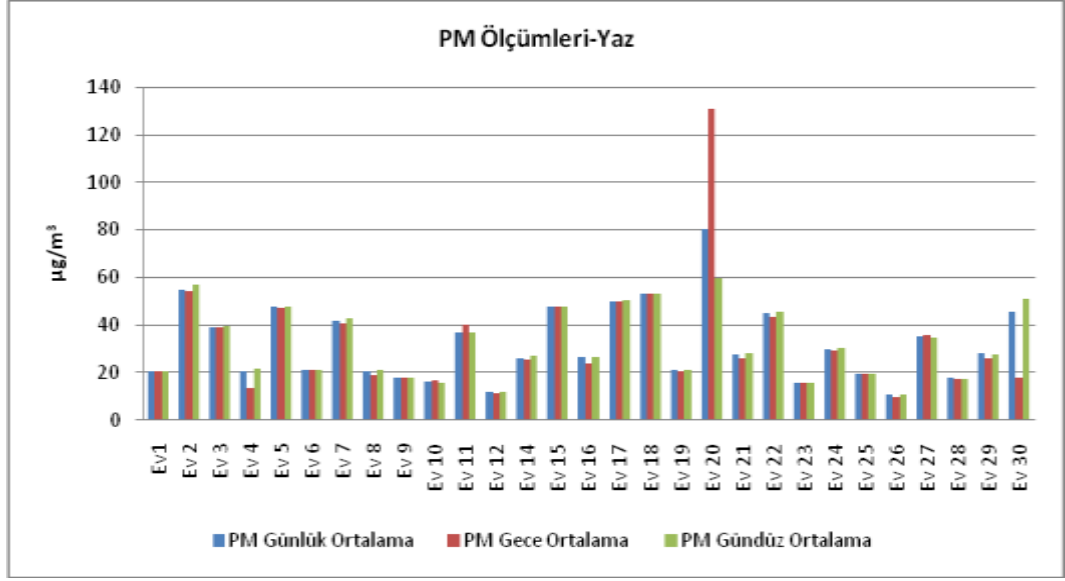
	PM Yaz Dönemi Ortalamaları, $\mu\text{g}/\text{m}^3$				PM Kış Dönemi Ortalamaları, $\mu\text{g}/\text{m}^3$				Yaz/Kış Oranı
	Günlük	Gece	Gündüz	Gece /Gündüz	Günlük	Gece	Gündüz	Gece /Gündüz	
K1	11.31	11.67	11.22	1.04	130.41	129.94	130.54	1.00	0.09
K2	10.80	10.74	10.81	0.99	48.07	45.68	48.29	0.95	0.22
K3	17.73	23.68	15.07	1.57	190.05	196.64	186.17	1.06	0.09
K4	20.41	20.28	20.44	0.99	111.50	109.38	111.94	0.98	0.18
K5	26.29	26.15	26.35	0.99	19.61	18.91	19.78	0.96	1.34
K6	44.59	44.30	44.69	0.99	42.77	25.79	47.28	0.55	1.04
İŞ1	15.15	14.62	15.36	0.95	546.43	535.25	550.12	0.97	0.03
İŞ2	18.20	14.06	19.00	0.74	28.80	27.20	29.42	0.92	0.63
İŞ3	120.81	100.82	129.57	0.78	59.03	53.16	60.79	0.87	2.05
İŞ4	36.23	36.27	36.21	1.00	31.15	30.55	31.32	0.98	1.16
<b>Ortalama</b>	<b>32.15</b>	<b>30.26</b>	<b>32.87</b>	<b>1.00</b>	<b>120.78</b>	<b>117.25</b>	<b>121.56</b>	<b>0.92</b>	<b>0.68</b>
<b>Standart Sapma</b>	<b>32.97</b>	<b>27.09</b>	<b>35.70</b>	<b>0.22</b>	<b>159.19</b>	<b>157.81</b>	<b>159.72</b>	<b>0.14</b>	<b>0.69</b>

**Tablo 3.6:** Günlük PM konsantrasyonlarına ait istatistiksel bilgiler, ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

PM				
	Ortalama	Standart Sapma	Maksimum	Minimum
1.Bölge	33.33	14.25	54.67	20.38
2.Bölge	34.08	19.16	80.07	12.12
3.Bölge	26.70	11.77	45.71	10.72
Kamu Binaları	21.85	12.56	44.59	10.80
İş Yerleri	47.60	49.69	120.81	15.15
1.Bölge	107.08	67.53	258.65	45.80
2.Bölge	82.88	90.07	339.66	18.77
3.Bölge	123.58	134.34	390.39	20.14
Kamu Binaları	90.40	64.88	190.05	19.61
İş Yerleri	166.35	253.76	546.43	28.80

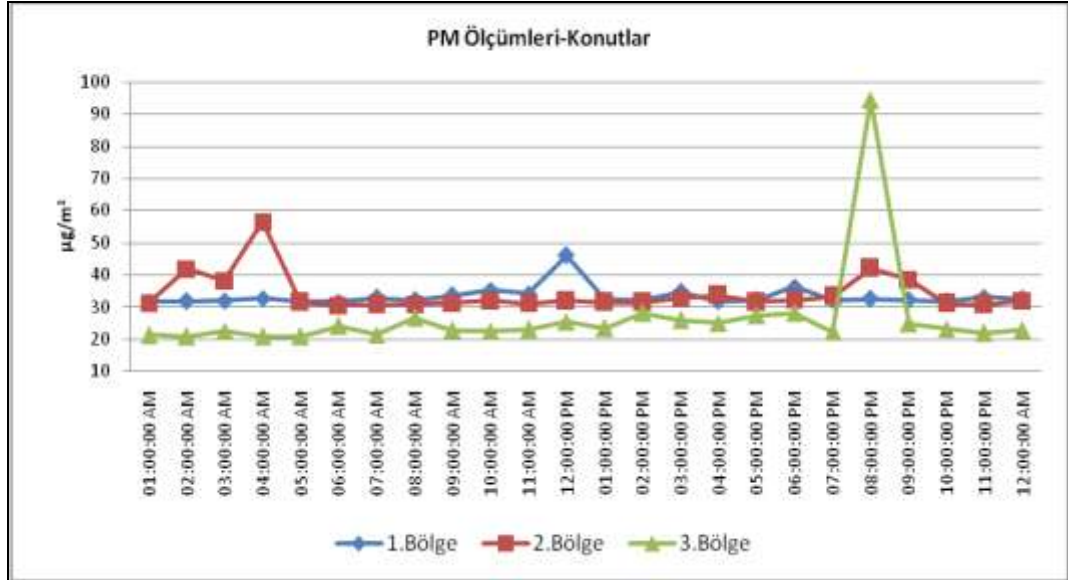
### 3.1.2.1 PM Yaz Sezonu

PM konsantrasyonlarının yaz aylarında günlük, gece ve gündüz değerleri Şekil 3.11’de gösterilmiş olup, gece ve gündüz değerleri birbirine yakın bulunmuştur.



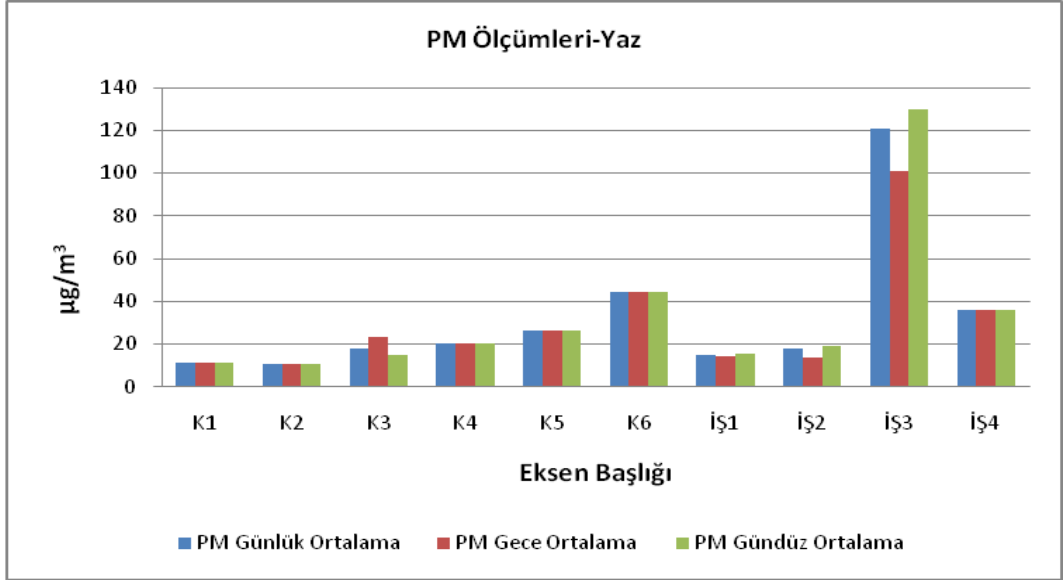
Şekil 3.11: PM konsantrasyonlarının günlük, gündüz, gece ölçüm değerleri (yaz)

PM konsantrasyonlarının bölgelere göre saatlik ortalama değişimleri Şekil 3.12’de verilmiştir. Yaz aylarında evlerde oluşan PM’in saatlik ortalama değerleri 3 ayrı bölgeye göre değerlendirilmiştir. Ölçüm yapılan evlerde PM yaz değerlerinin günlük ortalaması 1.bölgede bulunan evlerde 20.38-54.67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2. bölgede 12.12-80.07  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 3.bölgede 10.72-45.71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişmektedir (Şekil 3.12).



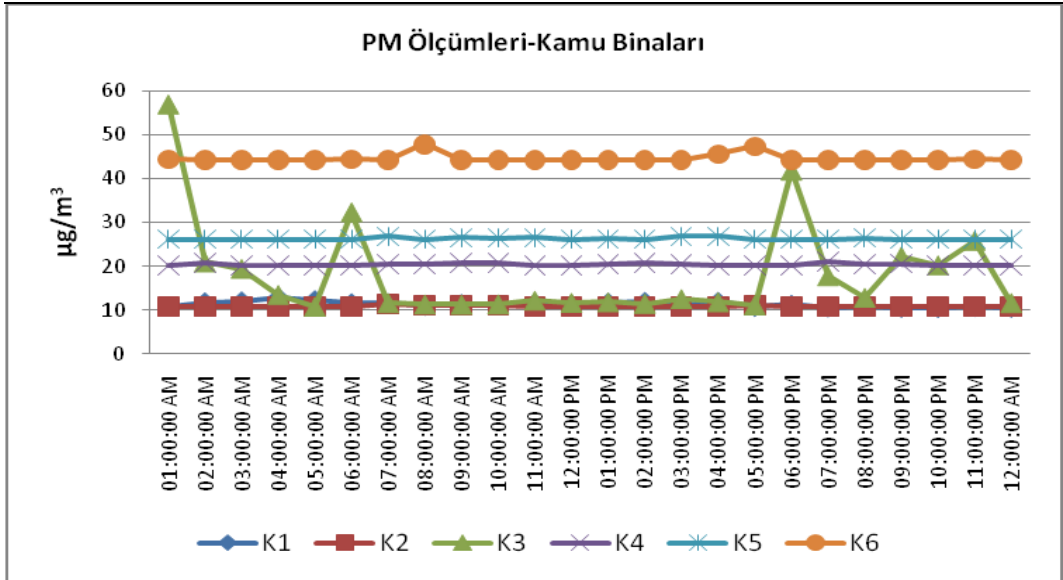
Şekil 3.12: PM konsantrasyonlarının bölgelere göre saatlik değişimi (yaz)-konutlar

Kamu binaları ve işyerlerinde yazın ortalama PM konsantrasyonları, gece ve gündüz saatlerinde sırasıyla; 30.26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 32.87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür (Şekil 3.13).

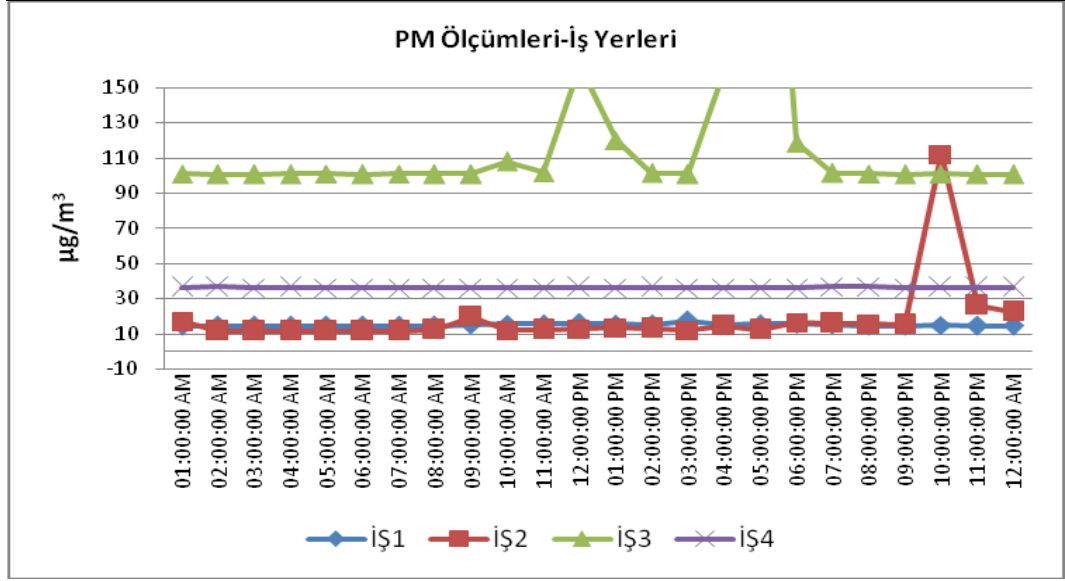


Şekil 3.13: PM günlük, gündüz, gece konsantrasyonları (yaz)-kamu binaları ve iş yerleri

Kamu binalarında ve iş yerlerinde PM yaz ölçümlerinin saatlik ortalama değerleri Şekil 3.14 ve Şekil 3.15’de gösterilmiştir. Kamu binaları ve işyerlerinde PM konsantrasyonlarının saatlik ortalama konsantrasyonları sırasıyla; 10.80-44.59  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 15.15-120.81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişmektedir. Çalışma saatlerine bağlı olarak PM değerlerinde fazla değişiklikler gözlenmemektedir.



Şekil 3.14: PM konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (yaz)-kamu binaları

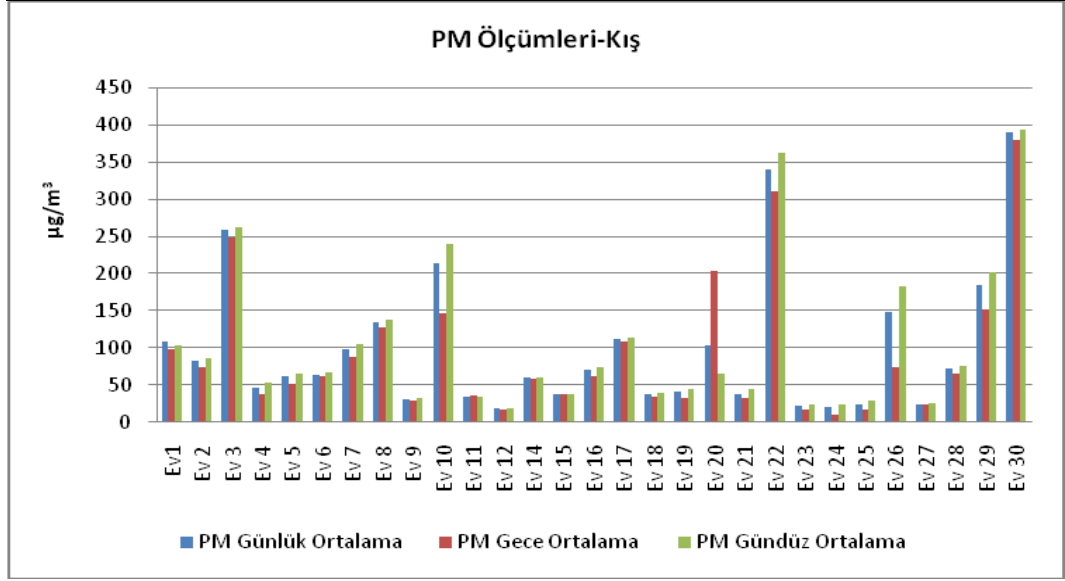


Şekil 3.15: PM konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (yaz)-iş yerleri

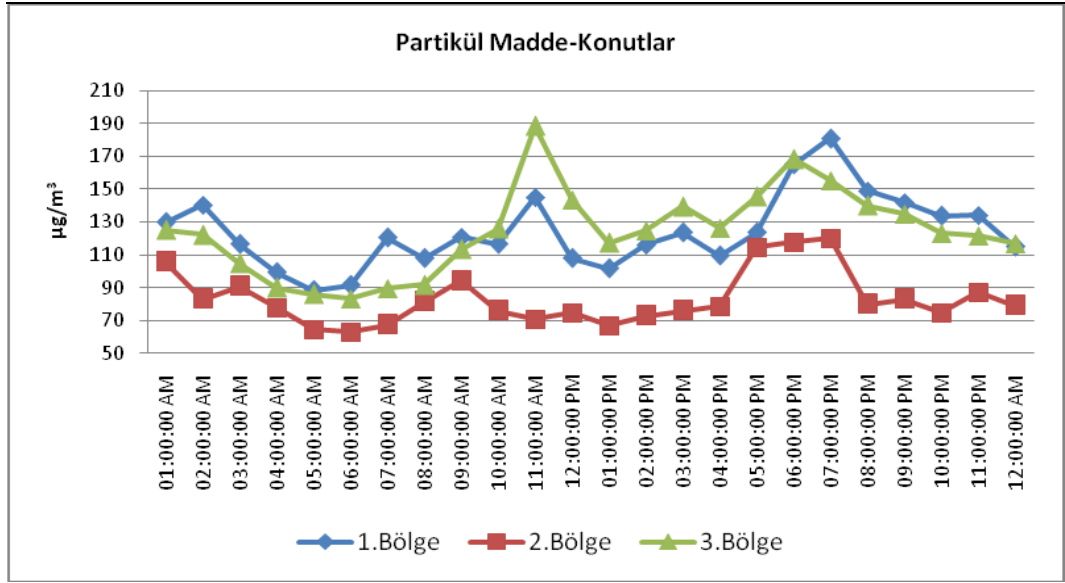
### 3.1.2.2 PM Kış Sezonu

PM konsantrasyonlarının kış aylarında gece, gündüz, günlük ortalama konsantrasyonlarının değişimi Şekil 3.16'da gösterilmiştir. Evlerde yaşayan insanların enerji tüketimine ve aktivitelerine bağlı olarak PM değerlerinin gece, gündüz ve günlük ortalama değerlerinde farklılıklar gözlenmiştir.

PM konsantrasyonları bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Kış aylarında evlerde ölçümü yapılan PM konsantrasyonlarının saatlik ortalama değerlerinde, enerjinin yoğun kullanıldığı saatlerde artış belirlenmiştir (Şekil 3.17).

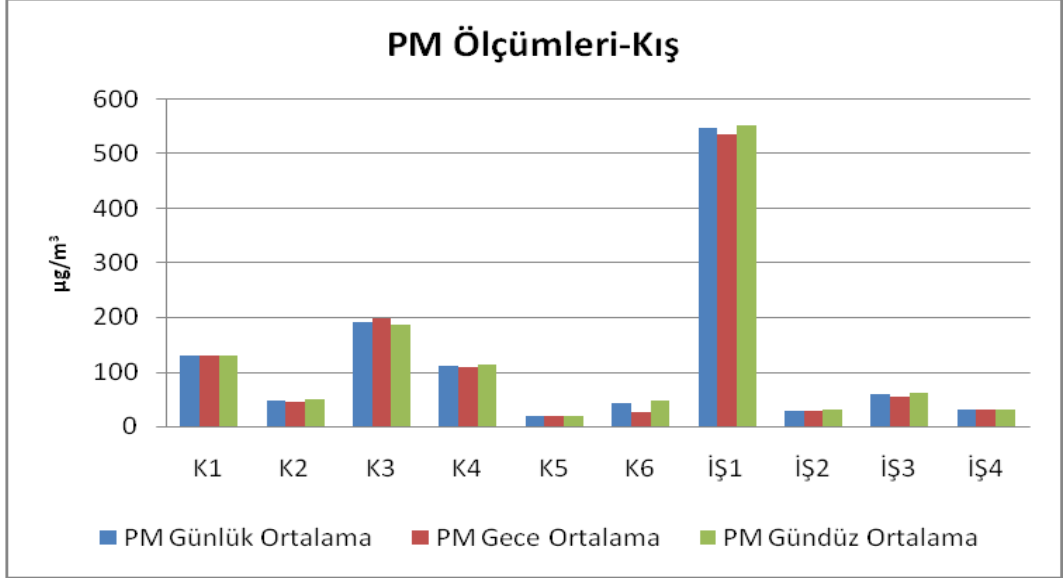


Şekil 3.16: PM günlük, gündüz, gece konsantrasyonları (kış)-konutlar

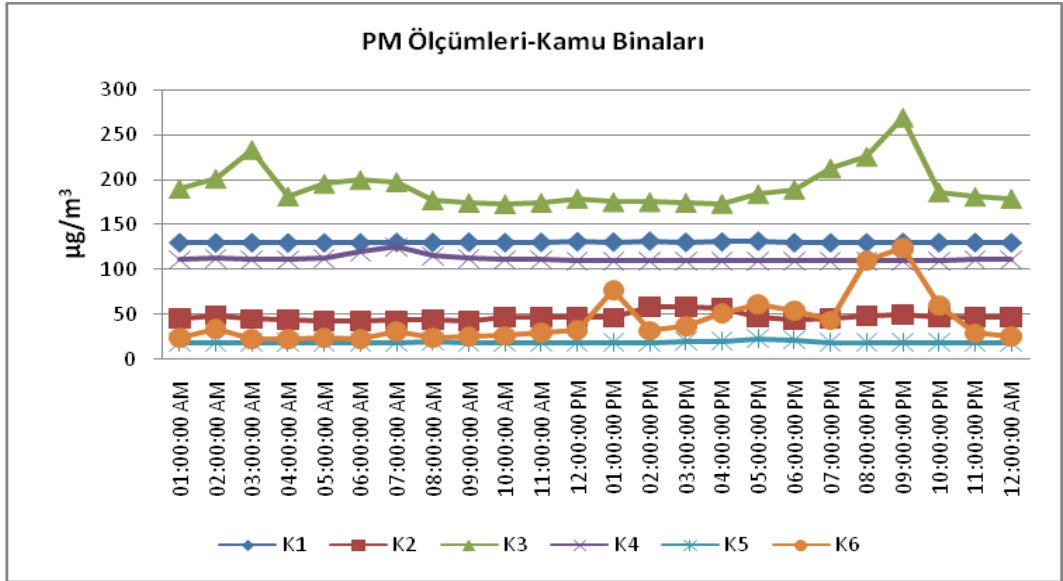


Şekil 3.17: PM konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimleri-kış (konutlar)

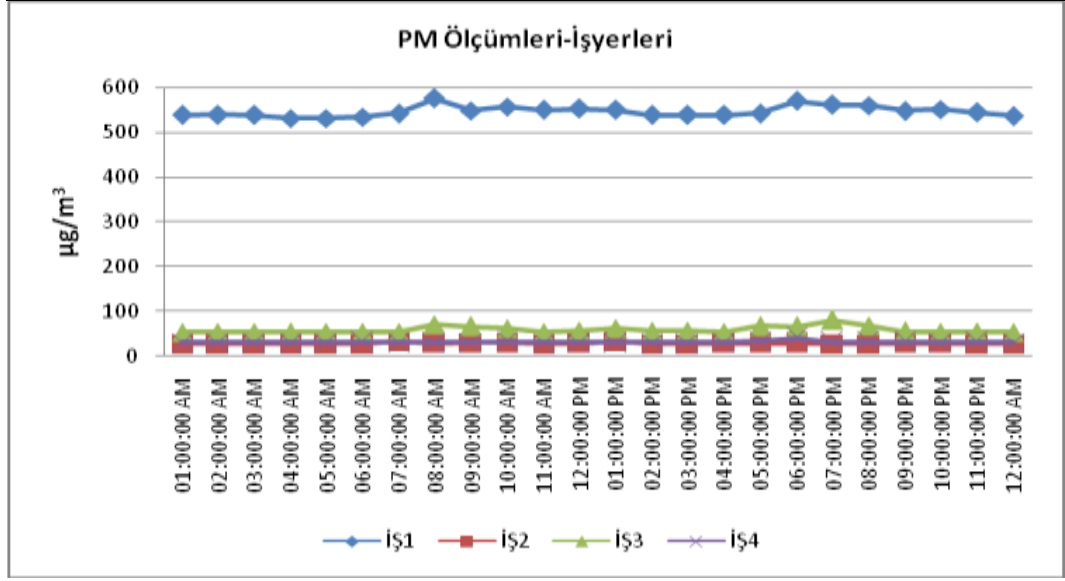
PM konsantrasyonlarının gece, gündüz, günlük ortalamalarının değerlerinin kamu binaları ve iş yerlerine göre değişimleri Şekil 3.18'de gösterilmiştir. Kamu binalarında ve işyerlerinde kış aylarında PM konsantrasyonları, gece ve gündüz ortalamaları sırasıyla  $117.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $121.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür.



Şekil 3.18: PM günlük, gündüz, gece konsantrasyonları (kış)-kamu binaları ve iş yerleri



Şekil 3.19: PM konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (kış)-kamu binaları



Şekil 3.20: PM konsantrasyonlarının saatlik ortalama değişimi (kış)-iş yerleri

PM kış ölçümlerinin saatlik ölçüm değerleri Şekil 3.19 ve Şekil 3.20'de gösterilmiştir. PM kış konsantrasyonlarının saatlik ortalamaları gün içerisinde büyük bir değişim göstermemektedir. Bunun sebebi birçok kamu binası ve işyerinde sigara kullanımının yasak olması ve mekanik havalandırma sistemlerin kullanılmasının etkisinin olabileceği düşünülmektedir.

### 3.1.3 Sıcaklık ve Bağıl Nem

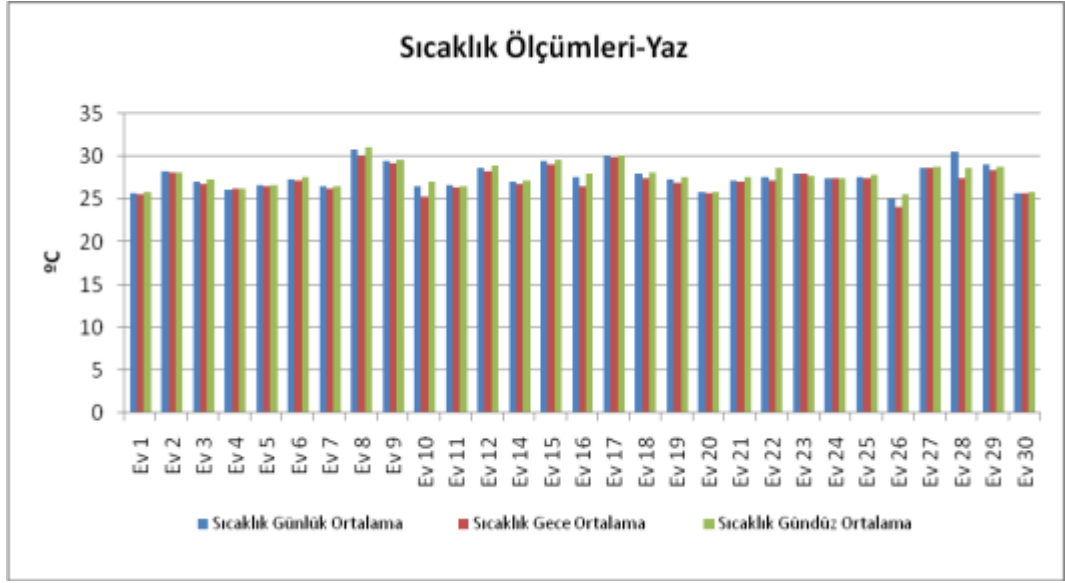
Evlerde, iç ortamda sıcaklık ve bağıl nem ölçümlerinin gece, gündüz, günlük ortalama değerleri Tablo 3.7'de verilmiştir. Evlerde, yazın ortalama sıcaklık değerleri  $27.67 \pm 1.47$  °C, kışın ise  $17.29 \pm 5.67$  °C'dir. İç ortamlarda ölçülen günlük ortalama bağıl nem değerleri yaz aylarında  $44.36 \pm 4.82$ , kış aylarında  $53.39 \pm 12.09$  olarak bulunmuştur.

Yaz aylarında, evlerde ölçülen sıcaklık değerlerinin gece, gündüz, günlük ortalama değerlerine ait grafik Şekil 3.21'de gösterilmiştir.



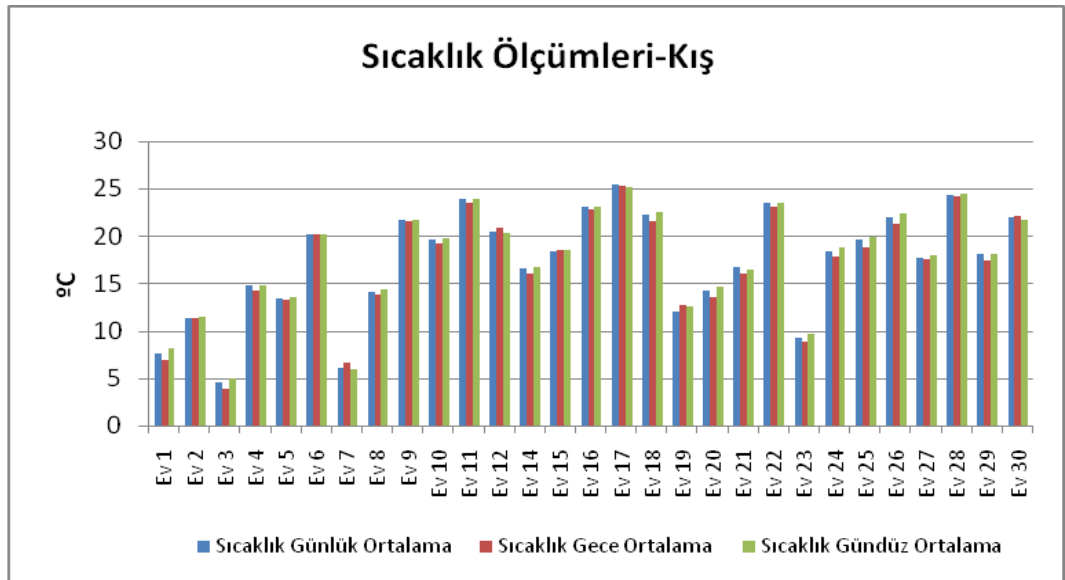
**Tablo 3.7:** Konutlarda sıcaklık, nem değerlerinin yaz/kış, gece/gündüz değişimleri

Kod	Bölge	Sıcaklık Yaz Ortalama, °C			Bağıl nem Yaz Ortalama, %			Sıcaklık Kış Ortalama, °C			Bağıl nem Kış Ortalama,%		
		Günlük	Gece	Gündüz	Günlük	Gece	Gündüz	Günlük	Gece	Gündüz	Günlük	Gece	Gündüz
Ev 1	1	25.77	25.54	25.88	49.08	50.67	47.75	7.54	6.90	8.13	70.60	67.63	71.69
Ev 2	1	28.31	28.19	28.16	43.56	44.15	44.67	11.36	11.33	11.45	48.31	46.41	49.23
Ev 3	1	27.06	26.84	27.31	42.21	45.55	41.30	4.62	3.93	5.00	65.39	67.53	64.67
Ev 4	1	26.17	26.25	26.28	47.96	49.23	47.77	14.84	14.28	14.79	73.04	72.17	73.95
Ev 5	1	26.65	26.57	26.63	46.98	51.43	49.54	13.45	13.24	13.54	71.31	74.97	69.39
Ev 6	1	27.39	27.16	27.56	48.86	47.68	48.61	20.25	20.16	20.17	48.86	52.15	47.85
Ev 7	1	26.46	26.22	26.55	50.37	51.43	49.54	6.11	6.60	5.96	61.87	64.31	61.11
Ev 8	1	30.81	29.97	31.14	40.20	42.60	39.36	14.09	13.83	14.36	73.03	74.69	71.52
Ev 9	2	29.50	29.22	29.65	39.28	39.92	39.10	21.66	21.52	21.70	38.47	36.61	39.79
Ev 10	2	26.57	25.31	26.99	44.01	46.47	40.41	19.62	19.28	19.83	52.16	53.93	52.08
Ev 11	2	26.59	26.45	26.46	47.21	47.24	46.40	23.86	23.55	23.85	38.88	37.64	40.02
Ev 12	2	28.68	28.31	28.91	51.67	53.95	50.06	20.45	20.83	20.31	54.56	53.83	54.95
Ev 14	2	27.03	26.74	27.17	46.97	48.91	45.92	16.52	16.01	16.78	50.79	49.40	51.66
Ev 15	2	29.50	29.04	29.65	38.60	40.84	36.86	18.37	18.58	18.48	53.79	53.24	54.06
Ev 16	2	27.56	26.53	27.94	39.95	42.56	38.97	23.06	22.76	23.12	41.43	39.81	42.40
Ev 17	2	30.06	29.88	30.17	53.63	54.72	52.63	25.41	25.33	25.23	47.02	46.78	47.91
Ev 18	2	27.96	27.41	28.19	48.49	51.97	47.33	22.27	21.63	22.52	51.14	52.08	50.83
Ev 19	2	27.38	26.87	27.62	44.75	44.59	47.18	12.00	12.71	12.56	62.34	63.47	60.21
Ev 20	2	25.88	25.70	25.87	47.70	50.43	46.71	14.22	13.59	14.60	71.04	71.49	70.05
Ev 21	2	27.25	27.00	27.57	44.59	46.10	43.84	16.68	15.98	16.44	65.81	70.14	63.11
Ev 22	2	27.66	27.18	28.74	44.12	50.74	48.26	23.44	23.12	23.56	34.14	34.13	34.93
Ev 23	2	27.95	28.00	27.68	43.62	44.48	42.86	9.30	8.85	9.74	45.71	43.29	47.40
Ev 24	3	27.42	27.43	27.50	33.12	33.04	33.06	18.46	17.84	18.81	48.76	47.67	49.15
Ev 25	3	27.64	27.41	27.86	44.14	45.69	43.70	19.67	18.87	19.87	51.34	50.06	52.30
Ev 26	3	25.07	24.15	25.59	45.15	50.45	43.59	22.01	21.24	22.45	38.59	36.64	39.87
Ev 27	3	28.64	28.63	28.78	46.64	48.08	45.96	17.74	17.57	18.02	56.64	57.88	56.70
Ev 28	3	30.56	27.48	28.73	36.09	46.41	41.51	24.37	24.13	24.43	31.11	30.25	32.18
Ev 29	3	29.02	28.46	28.85	37.57	38.22	38.62	18.12	17.36	18.04	57.08	58.15	59.18
Ev 30	3	25.77	25.78	25.87	39.90	37.08	39.23	21.94	22.05	21.65	45.08	43.95	44.64
<b>Ortalama</b>		27.67	27.23	27.77	44.36	46.37	44.16	17.29	17.00	17.43	53.39	53.46	53.55
<b>S. Sapma</b>		1.47	1.37	1.38	4.82	5.16	4.64	5.67	5.67	5.58	12.09	13.09	11.45



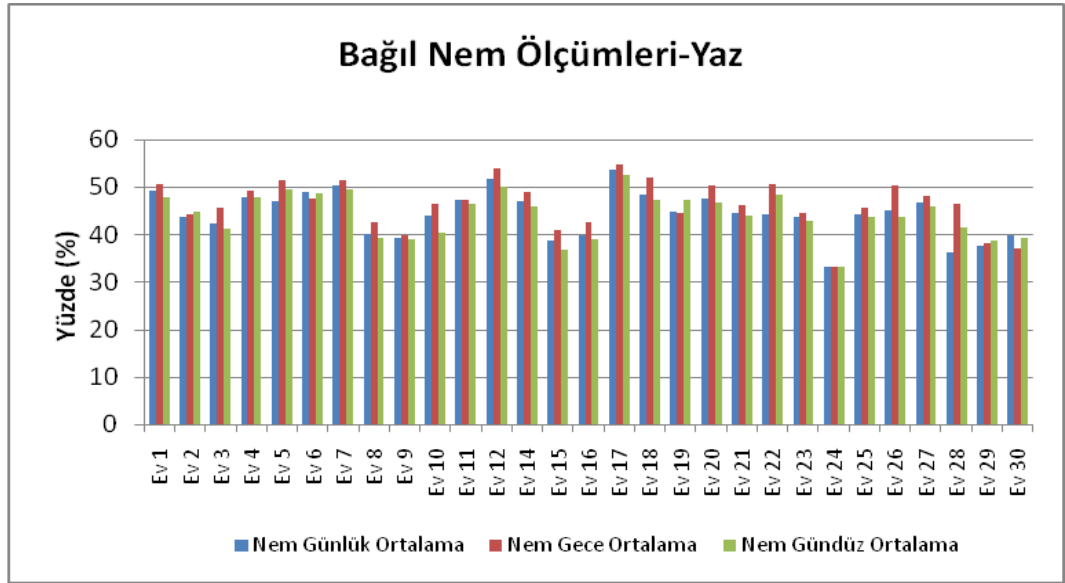
**Şekil 3.21:** Sıcaklık değerlerinin günlük, gündüz ve gece değişimleri (yaz)

Kış aylarında, evlerde ölçümü yapılan sıcaklık değerlerinin gece, gündüz, günlük ortalama değerleri Şekil 3.22’de belirtilmiştir.

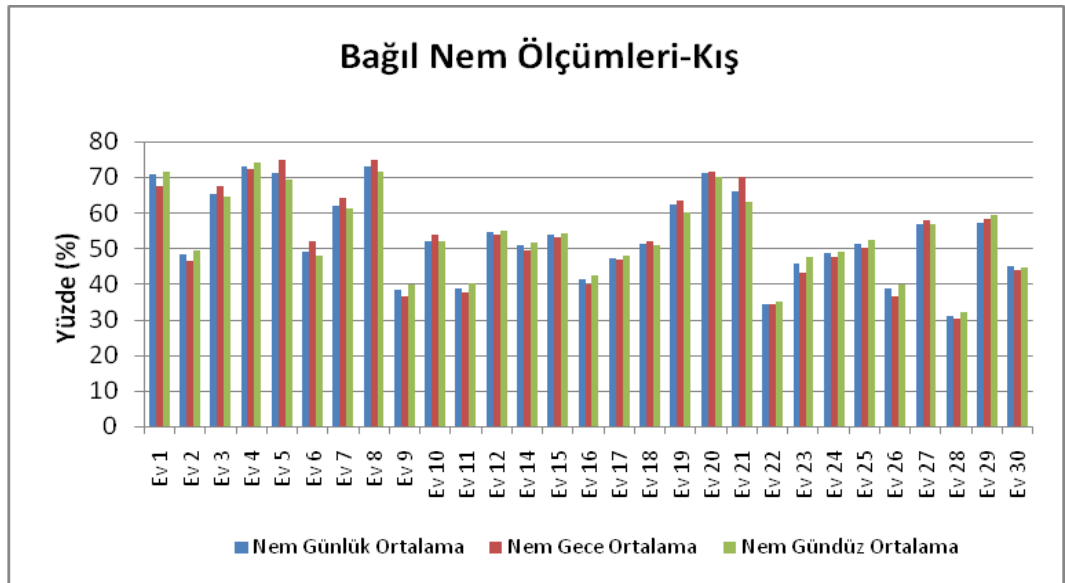


**Şekil 3.22:** Sıcaklık değerlerinin günlük, gündüz ve gece değişimleri (kış)

Evlerde gece, gündüz, günlük bağıl nem değerleri % (yüzde) olarak yaz ayları için Şekil 3.23'te, kış ayları için ise Şekil 3.24'te gösterilmiştir.

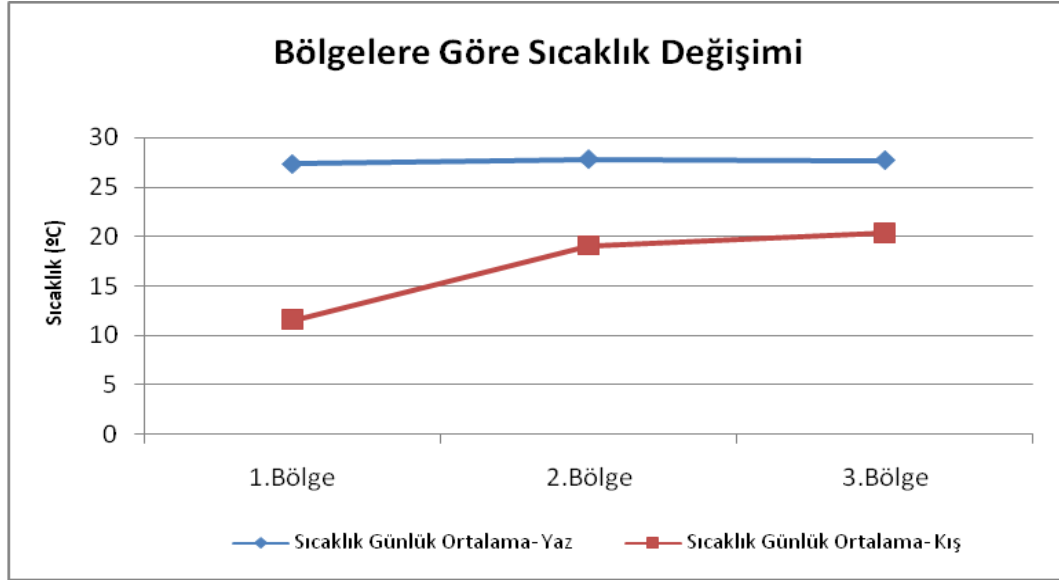


Şekil 3.23: Bağıl nem değerlerinin günlük, gündüz ve gece değişimleri (yaz)



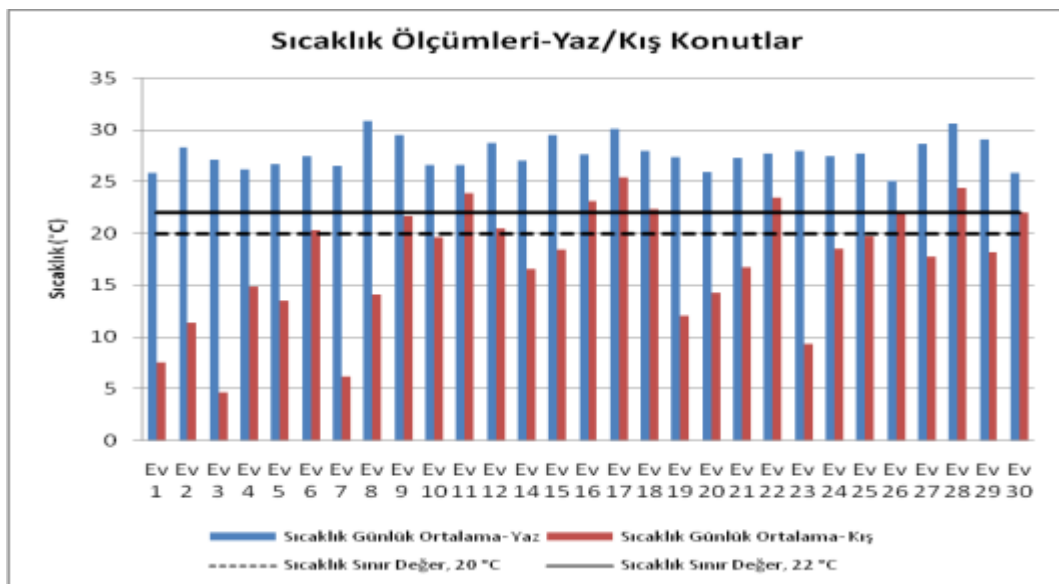
Şekil 3.24: Bağıl nem değerlerinin günlük, gündüz ve gece değişimleri (kış)

Yaz ve kış aylarında, iç ortamlarda sıcaklık değişimlerinin bölgelere göre değerlendirilmesinde; yaz aylarında iç ortamlarda bölgelere göre önemli bir farklılık gözlenmezken, kış aylarında 1. bölgede  $11.53 \pm 5.22$  °C, 2. bölgede  $19.06 \pm 4.79$  °C, 3. bölgede ise  $20.33 \pm 2.49$  °C olarak bulunmuştur (Şekil 3.25).



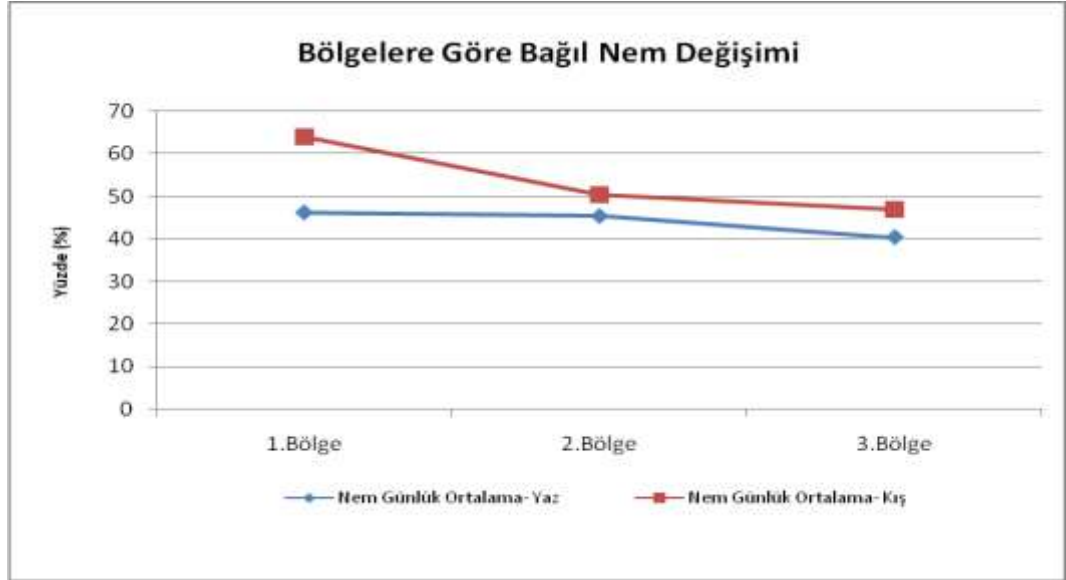
Şekil 3.25: Sıcaklık değerlerinin bölgelere göre değişimi (yaz, kış)

Yaz ve kış aylarında konutlarda sıcaklık ölçümlerinin sınır değerlere göre değişimi Şekil 3.26'da gösterilmiştir.



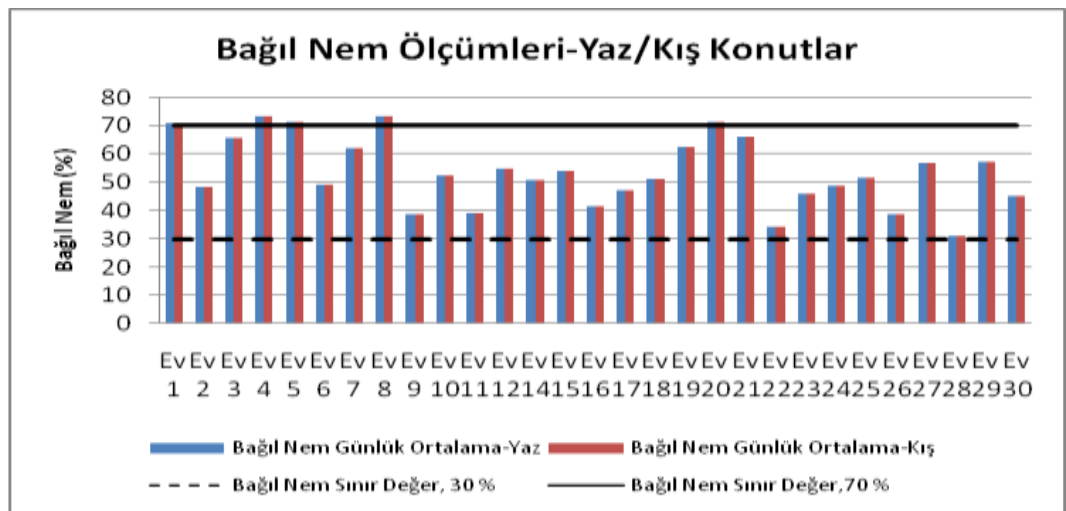
Şekil 3.26: Konutlarda sıcaklık ölçümlerinin sınır değerlere göre değişimi (yaz/kış)

Bağıl nem değerlerinin yaz ve kış aylarında, bölgelere göre değişimi; 1. bölgede % 65.05±10.30, 2. bölgede % 50.52±10.71, 3. bölgede % 46.94±9.52 olarak bulunmuştur (Şekil 3.27).



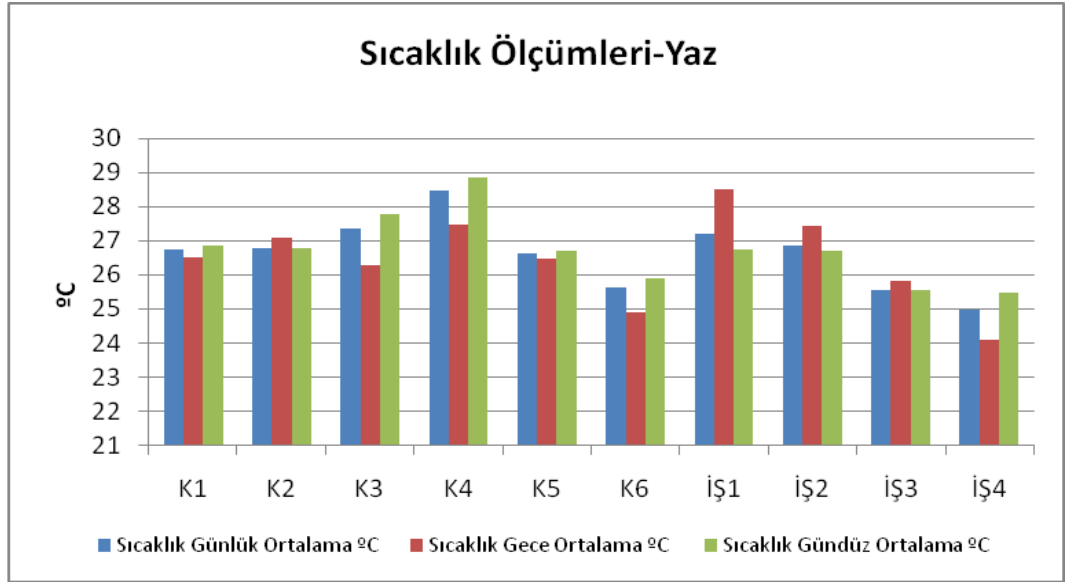
Şekil 3.27: Bağıl nem değerlerinin bölgelere göre değişimi (yaz, kış)

Konutlarda bağıl nem değerlerinin yaz ve kış aylarında sınır değerlere göre değişimi Şekil 3.28’de gösterilmiştir.

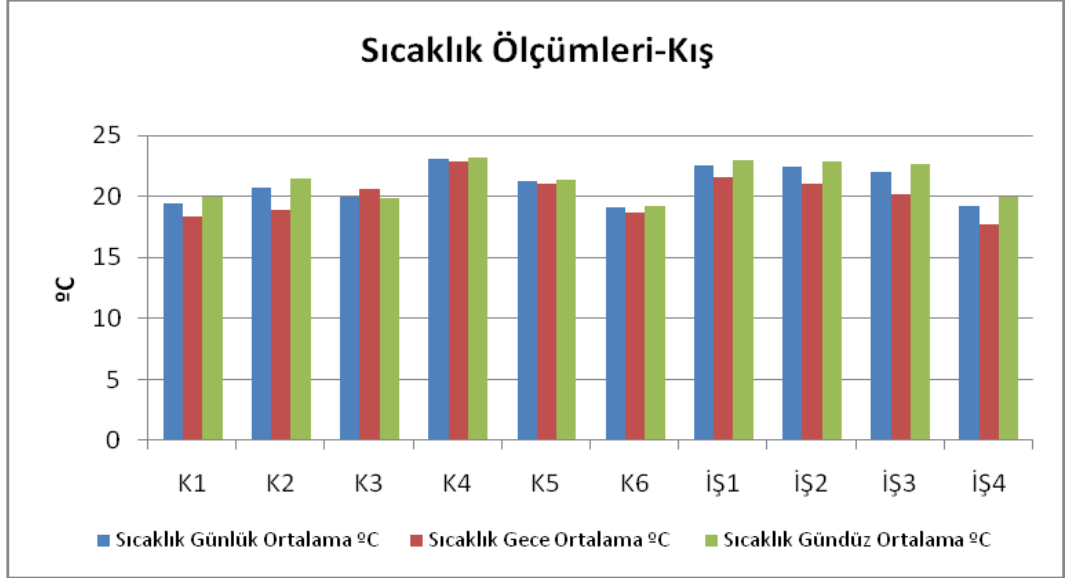


Şekil 3.28: Konutlarda bağıl nem ölçümlerinin sınır değerlere göre değişimi (yaz/kış)

İşyerleri ve kamu binalarında iç ortamlarda ölçülen sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri Tablo 3.8’de verilmiştir. Kamu binaları ve işyerlerinde, yaz aylarında sıcaklık ölçüm değerlerinin günlük ortalama değeri  $26.62 \pm 1.01$  °C, gece ortalama değeri  $26.46 \pm 1.29$  °C, gündüz ise  $26.74 \pm 1.01$  °C olarak bulunmuştur (Şekil 3.29). Kış aylarında günlük ortalama sıcaklık değeri  $20.98 \pm 1.50$  °C, gece ortalama değeri  $20.08 \pm 1.64$  °C, gündüz sıcaklık değeri  $21.35 \pm 1.51$  °C olup gündüz saatlerinde daha yüksek bulunmuştur (Şekil 3.30).

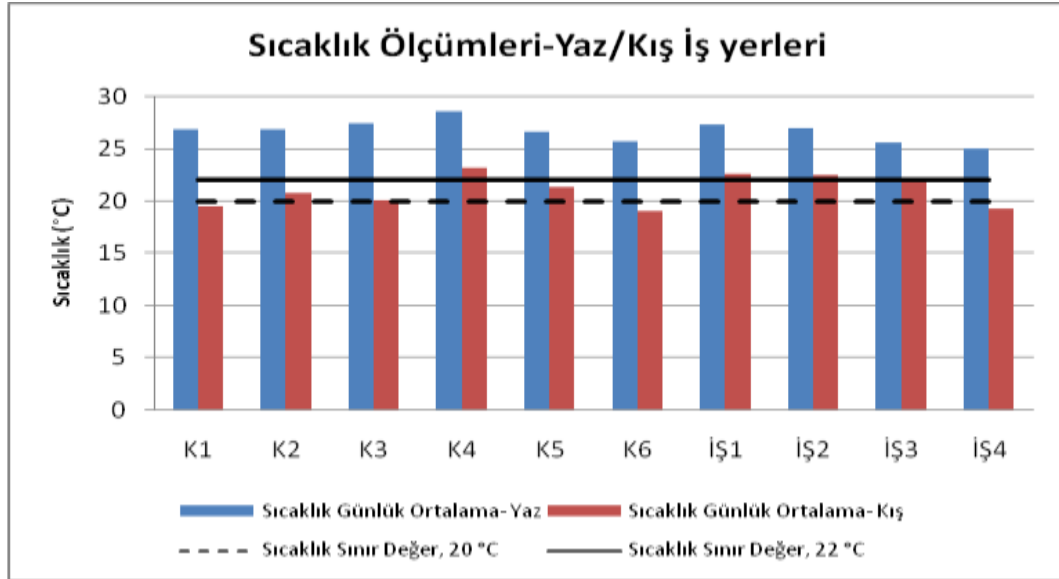


**Şekil 3.26:** Sıcaklık değerlerinin günlük, gündüz, gece ölçüm değişimleri (yaz)



**Şekil 3.30:** Sıcaklık değerlerinin günlük, gündüz, gece ölçüm değişimleri (kış)

İşyerleri ve kamu binalarında iç ortamlarda ölçülen sıcaklık ölçümlerinin sınır değerlere göre değişimi Şekil 3.31’de gösterilmiştir.



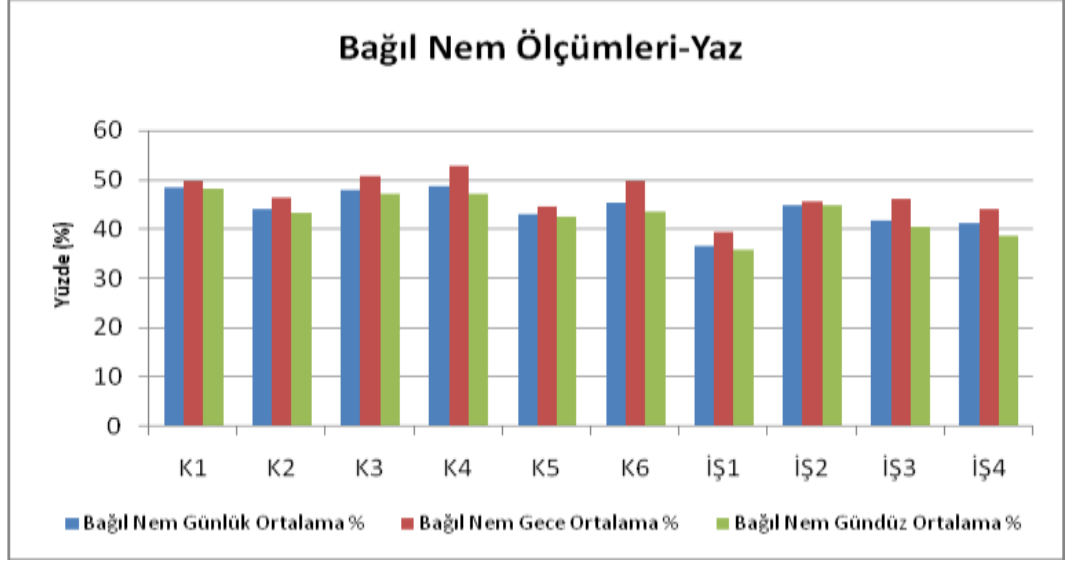
**Şekil 3.31:** İş yerlerinde sıcaklık ölçümlerinin sınır değerlere göre değişimi (yaz/kış)

**Tablo 3.8:** İşyerleri ve kamu kuruluşları sıcaklık, nem değerlerinin yaz/kış, gece/gündüz değişimleri

Kod	Sıcaklık Yaz Dönemi Ortalamaları, °C			Bağıl nem Yaz Dönemi Ortalamaları, %			Sıcaklık Kış Dönemi Ortalamaları, °C			Bağıl nem Kış Dönemi Ortalamaları,%		
	Günlük	Gece	Gündüz	Günlük	Gece	Gündüz	Günlük	Gece	Gündüz	Günlük	Gece	Gündüz
K1	26.76	26.52	26.87	48.41	49.80	48.04	19.46	18.31	19.99	31.02	30.16	31.47
K2	26.80	27.09	26.80	44.04	46.41	43.24	20.75	18.87	21.46	45.45	47.39	45.07
K3	27.35	26.30	27.79	47.93	50.66	47.13	19.99	20.57	19.84	38.51	38.88	38.64
K4	28.47	27.47	28.85	48.72	52.82	47.07	23.12	22.86	23.21	34.78	30.68	37.02
K5	26.62	26.49	26.69	43.07	44.57	42.50	21.25	21.05	21.38	38.15	37.26	38.93
K6	25.62	24.90	25.90	45.26	49.71	43.55	19.05	18.71	19.25	43.66	40.49	45.21
İŞ1	27.20	28.51	26.76	36.59	39.50	35.78	22.56	21.56	22.93	38.80	39.61	39.31
İŞ2	26.86	27.42	26.72	44.92	45.53	44.76	22.44	21.06	22.86	27.63	26.95	28.30
İŞ3	25.57	25.83	25.56	41.78	46.13	40.39	21.98	20.17	22.63	37.05	38.29	37.23
İŞ4	24.98	24.12	25.49	41.15	44.15	38.52	19.24	17.68	19.92	41.61	44.76	41.07
<b>Ortalama</b>	26.62	26.46	26.74	44.19	46.93	43.10	20.98	20.08	21.35	37.67	37.45	38.23
<b>S. Sapma</b>	1.01	1.29	1.01	3.77	3.89	3.97	1.50	1.64	1.51	5.46	6.48	5.29

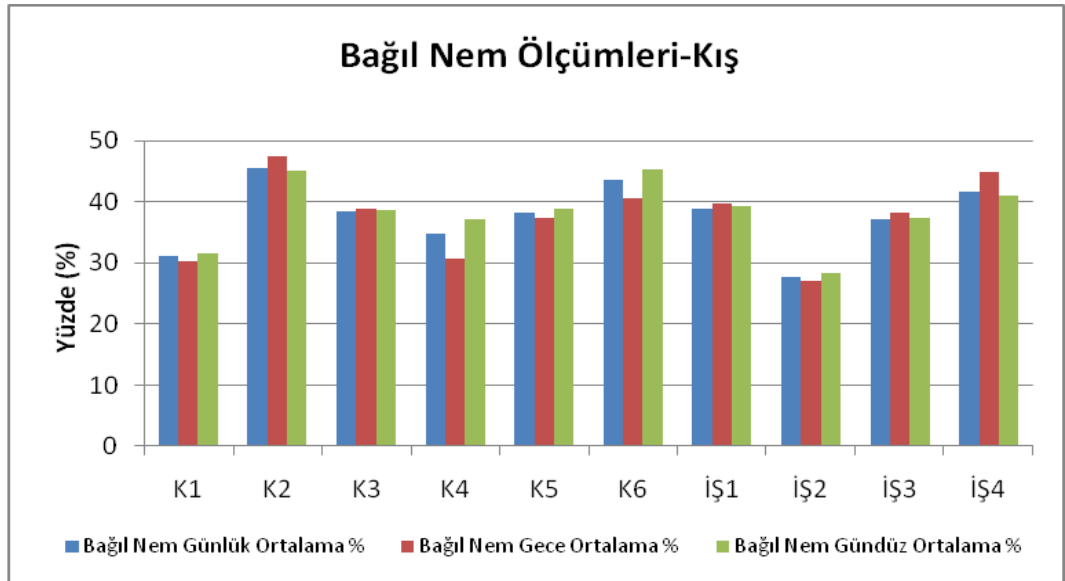


İşyerleri ve kamu binalarında bağıl nem ölçümleri yaz aylarında günlük ortalama değer %  $44.19 \pm 3.77$ , gece ortalama değer %  $46.93 \pm 3.89$ , gündüz ortalama değer %  $43.10 \pm 3.97$  olarak bulunmuştur (Şekil 3.32).



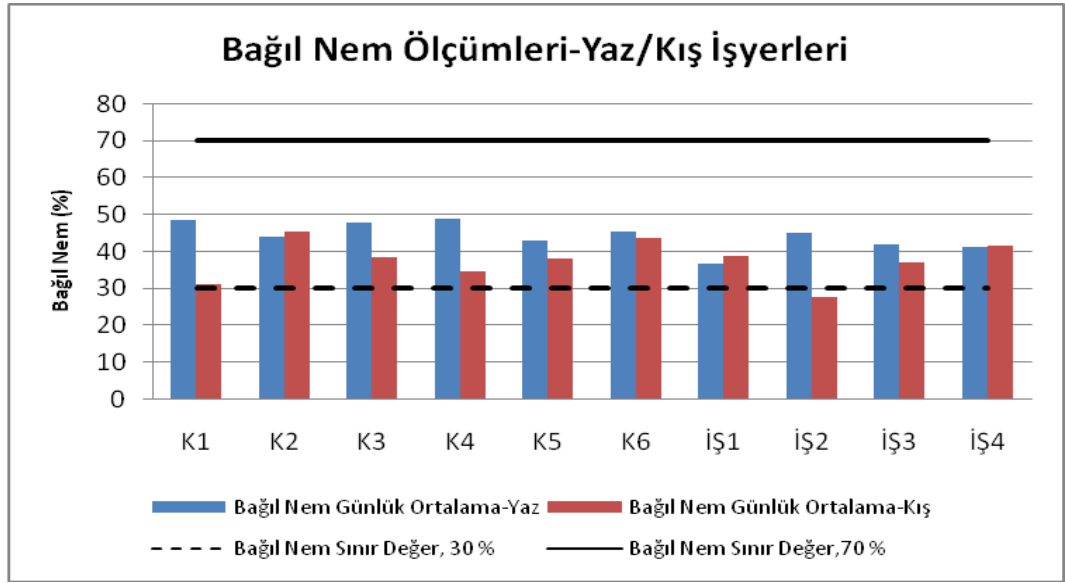
**Şekil 3.32:** Bağıl nem değerlerinin günlük, gündüz, gece ölçümleri (yaz)

Kış aylarında bağıl nem günlük ortalama değeri %  $37.67 \pm 5.46$ , gece ortalama değeri %  $37.45 \pm 6.48$ , gündüz %  $38.23 \pm 5.29$  bulunmuştur (Şekil 3.33).



**Şekil 3.27:** Bağıl nem değerlerinin günlük, gündüz, gece ölçümleri (kış)

Yaz ve kış aylarında kamu binaları ve işyerlerinde ölçülen bağıl nem değerlerinin sınır değerlere göre değişimi Şekil 3.34’de gösterilmiştir.



Şekil 3.34: İşyerlerinde bağıl nem ölçümlerinin sınır değerlere göre değişimi (yaz/kış)

### 3.1.4 İnorganik Kirleticiler (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>)

Evlerde, kamu binalarında, işyerlerinde pasif örnekleme yöntemi kullanılarak inorganik kirleticilerin (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) ortalama konsantrasyonları yaz ve kış sezonlarında belirlenmiş, değerler Tablo 3.9’da verilmiştir. Konutlarda inorganik kirleticilerin ortalama konsantrasyonu yaz ve kış aylarında sırasıyla; kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) konsantrasyonu 59.90±40.55 µg/m<sup>3</sup> ve 74.17±45.75 µg/m<sup>3</sup>, azotdioksit (NO<sub>2</sub>) konsantrasyonu 13.75±5.60 µg/m<sup>3</sup> ve 43.76±16.32 µg/m<sup>3</sup>, Ozon (O<sub>3</sub>) konsantrasyonu 13.06±8.95 µg/m<sup>3</sup> ve 1.63±1.29 µg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

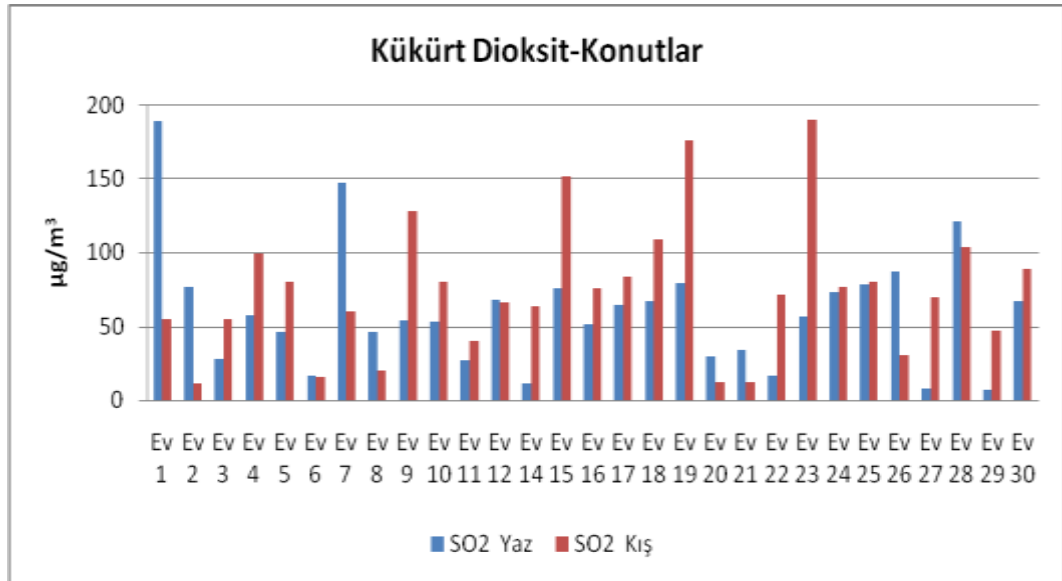
**Tablo 3.9:** İnorganik kirletici konsantrasyonlarının günlük ortalamaları

	SO <sub>2</sub> , µg/m <sup>3</sup>		NO <sub>2</sub> , µg/m <sup>3</sup>		O <sub>3</sub> , µg/m <sup>3</sup>	
	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış
Ev 1	188.55	54.44	16.28	16.55	11.10	1.15
Ev 2	76.47	11.18	12.26	27.68	12.00	1.26
Ev 3	28.20	55.05	9.98	37.27	32.18	0.40
Ev 4	57.60	99.39	7.99	73.92	4.64	0.88
Ev 5	45.80	80.00	10.08	29.40	7.57	1.21
Ev 6	16.58	16.04	11.19	25.97	4.19	0.90
Ev 7	147.19	60.09	15.35	27.55	4.20	0.01
Ev 8	46.05	19.79	12.55	33.63	9.76	2.89
Ev 9	53.81	127.93	12.43	24.77	17.25	2.23
Ev 10	53.26	80.12	10.01	40.00	15.73	4.14
Ev 11	27.28	40.13	8.90	39.15	11.45	3.71
Ev 12	67.96	65.98	17.41	48.94	18.00	1.14
Ev 14	10.92	63.61	4.69	68.05	7.58	2.19
Ev 15	75.86	151.70	14.69	32.71	19.46	1.15
Ev 16	51.48	75.85	7.79	56.13	11.99	1.35
Ev 17	64.30	83.66	14.10	69.63	4.12	0.07
Ev 18	67.28	109.10	16.85	35.90	24.68	0.95
Ev 19	79.32	175.90	16.57	37.58	14.55	1.88
Ev 20	29.99	12.08	9.16	57.18	12.16	0.72
Ev 21	34.01	12.12	8.63	33.68	6.65	0.32
Ev 22	16.92	71.07	13.88	60.56	11.12	0.75
Ev 23	56.52	189.31	18.28	35.82	8.90	4.05
Ev 24	73.25	76.40	13.37	53.59	9.00	2.08
Ev 25	78.19	79.76	27.54	58.55	3.11	2.53
Ev 26	87.23	30.81	21.77	75.62	44.43	4.97
Ev 27	8.20	69.90	21.02	25.01	6.83	1.05
Ev 28	120.71	103.63	22.77	49.22	17.88	2.10
Ev 29	6.79	46.84	3.18	37.64	18.21	0.21
Ev 30	67.24	89.12	20.15	57.39	10.05	0.88
<b>Ortalama</b>	<b>59.90</b>	<b>74.17</b>	<b>13.75</b>	<b>43.76</b>	<b>13.06</b>	<b>1.63</b>
<b>Std.</b>	<b>40.55</b>	<b>45.75</b>	<b>5.60</b>	<b>16.32</b>	<b>8.95</b>	<b>1.29</b>

Yaz aylarında evlerde iç ortamda, Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) 1. bölgede 16.58-188.55 µg/m<sup>3</sup> (ortalama 75.81 µg/m<sup>3</sup>), 2. bölgede 10.92-79.32 µg/m<sup>3</sup> (ortalama 49.21 µg/m<sup>3</sup>), 3. bölgede 6.79-120.71 µg/m<sup>3</sup> , (ortalama 63.09 µg/m<sup>3</sup>) olup, 3. bölgede konsantrasyonlar daha fazla bulunmuştur. Kış aylarında 1. Bölge 16.55-73,92 µg/m<sup>3</sup> (ortalama 49.50 µg/m<sup>3</sup>), 2. bölge 24.77-69.63 µg/m<sup>3</sup> (ortalama 89.90 µg/m<sup>3</sup>), 3. bölge 25.01-75.62 µg/m<sup>3</sup> (ortalama 70.92 µg/m<sup>3</sup>)'tür (Tablo 3.10). Konutlarda kış aylarında tespit edilen kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) konsantrasyonları yaz aylarına göre daha yüksek bulunmuştur (Şekil 3.35).

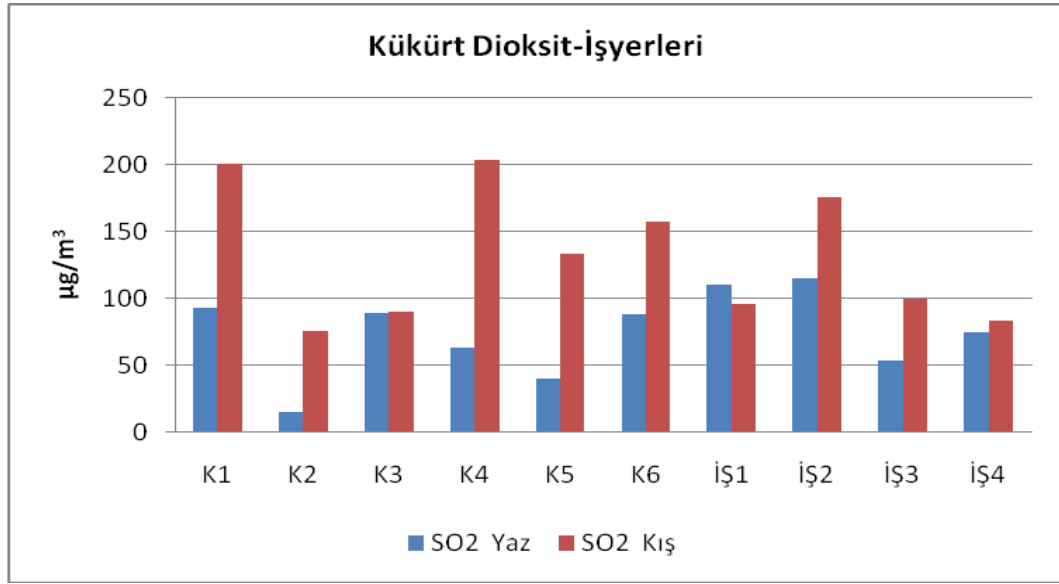
**Tablo 3.10:** Bölgelere göre inorganik kirletici konsantrasyonu istatistikleri

	SO <sub>2</sub> , µg/m <sup>3</sup>				NO <sub>2</sub> , µg/m <sup>3</sup>				O <sub>3</sub> , µg/m <sup>3</sup>				
	Ort.	Mak.	Min.	Std.	Ort.	Mak.	Min.	Std.	Ort.	Mak.	Min.	Std.	
1.Bölge	75.81	188.55	16.58	60.59	11.96	99.39	11.18	2.79	10.71	16.28	7.99	9.22	Yaz
2.Bölge	49.21	79.32	10.92	21.85	12.39	189.31	12.08	4.21	13.12	18.28	4.69	5.57	
3.Bölge	63.09	120.71	6.79	41.70	18.54	103.62	30.81	7.97	15.64	27.54	3.18	13.85	
Kamu Binaları	64.74	92.63	15.66	31.41	10.53	203.00	75.52	4.33	21.20	16.70	3.70	15.11	
İş Yerleri	88.40	115.20	53.53	29.40	38.00	174.80	83.02	34.61	6.26	89.40	15.69	7.28	
1.Bölge	49.50	73.92	16.55	31.75	34.00	32.18	4.19	17.22	1.09	2.89	0.01	0.85	Kış
2.Bölge	89.90	69.63	24.77	55.08	45.72	24.68	4.12	14.22	1.76	4.14	0.07	1.35	
3.Bölge	70.92	75.62	25.01	24.83	51.00	44.43	3.11	16.16	1.97	4.97	0.21	1.55	
Kamu Binaları	143.17	48.70	25.77	53.83	32.24	42.70	1.59	8.30	2.01	3.41	0.12	1.31	
İş Yerleri	113.42	169.10	37.26	41.59	80.91	17.05	1.39	60.50	2.91	6.23	0.43	2.43	



**Şekil 3.285:** SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimi (konutlar)

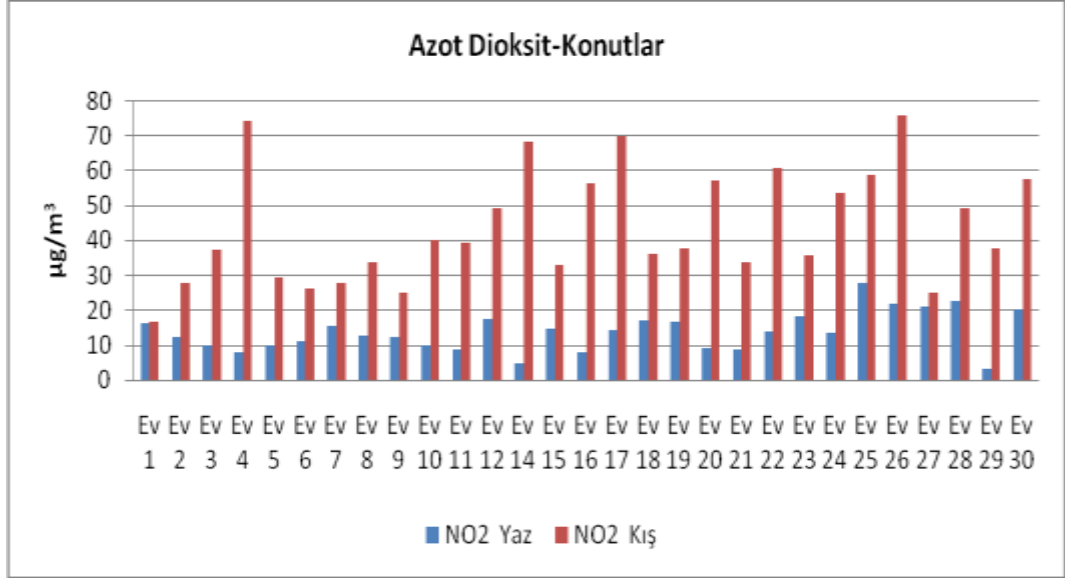
Kükürtdioksit konsantrasyonu yaz ve kış aylarında sırasıyla; kamu binalarında 64.74 µg/m<sup>3</sup> ve 143.17 µg/m<sup>3</sup>, iş yerlerinde ise 88.40 µg/m<sup>3</sup> ve 113.42 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur (Şekil 3.36).



**Şekil 3.29:** SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimi (kamu binaları ve iş yerleri)

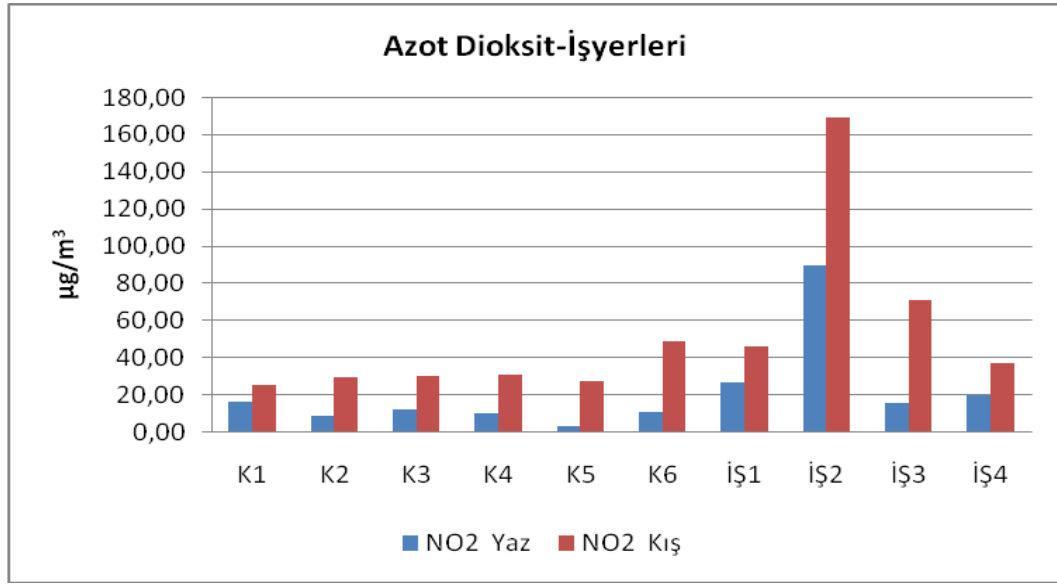
Isınmada kullanılan yakıtlar ve özellikle kömürün yüksek kükürt içeriği (%2) kış aylarında dış ortam hava kirliliğini arttırmış ve buna bağlı olarak da iç ortamda kükürtdioksitin artmasına neden olmuştur. Ayrıca dış ortamda meydana gelen olumsuz meteorolojik koşulların iç ortamdaki SO<sub>2</sub> konsantrasyonunu arttırabileceği düşünülmektedir.

Evlerde yaz aylarında, iç ortam azotdioksit (NO<sub>2</sub>) konsantrasyonları bölgelere göre değerlendirildiğinde; 1. bölgede 11.18-99.39 µg/m<sup>3</sup> (ortalama 11.96 µg/m<sup>3</sup>), 2. bölgede 12.08-189.31 µg/m<sup>3</sup> (ortalama 12.39 µg/m<sup>3</sup>), 3. bölgede 30.81-103.63 µg/m<sup>3</sup> (ortalama 18.54 µg/m<sup>3</sup>) olarak tespit edilmiştir. NO<sub>2</sub> konsantrasyonu, kış aylarında ise 1. bölge 4.19-32.18 µg/m<sup>3</sup> (ortalama 34.00 µg/m<sup>3</sup>), 2. bölge 4.12-24.68 µg/m<sup>3</sup> (ortalama 45.72 µg/m<sup>3</sup>), 3. bölge 3.11-44.43 µg/m<sup>3</sup> (ortalama 51.00 µg/m<sup>3</sup>)'tür. Ayrıca, konutlarda kış aylarında ölçülen azotdioksit konsantrasyonları yaz aylarına göre daha yüksek bulunmuştur (Şekil 3.37).



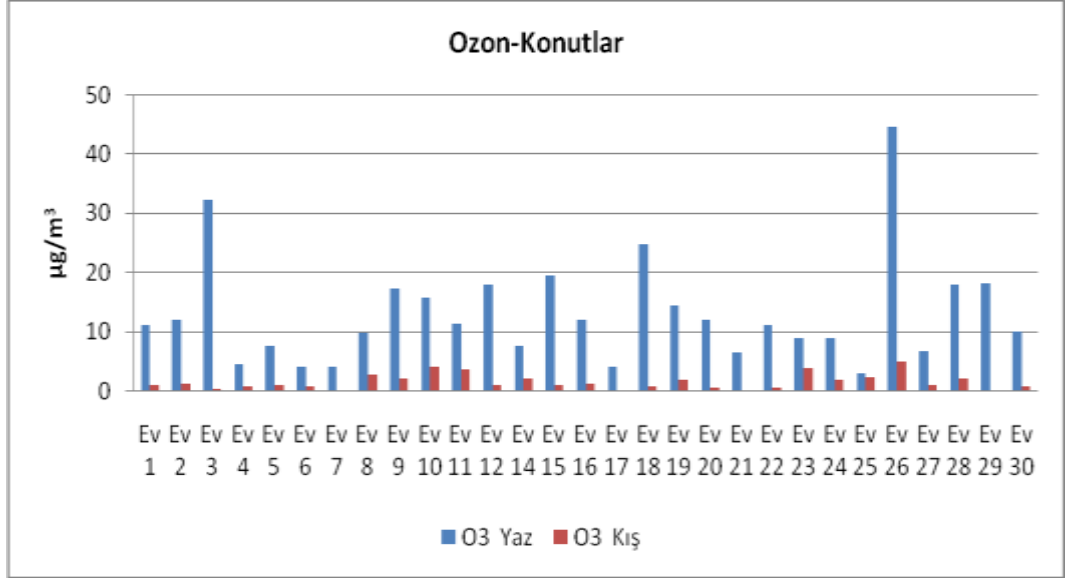
**Şekil 3.30:** NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimi (konutlar)

Azotdioksit konsantrasyonları kamu binalarında yazın 10.53 µg/m<sup>3</sup>, kışın 32.24 µg/m<sup>3</sup> iken, iş yerlerinde yazın 38.00 µg/m<sup>3</sup>, kışın 80.91 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur. Kış aylarında azotdioksit konsantrasyonu hem işyerlerinde hem de kamu binalarında yaz aylarına göre daha yüksek belirlenmiştir (Şekil 3.38). Özellikle, kış aylarında trafikten ve ısınmadan kaynaklanan dış ortam hava kirliliğindeki artış (kömür, doğalgaz yanması), mutfaklarda pişirme için kullanılan yakıtlar ve sigara kullanımı iç ortamlarda azotdioksit konsantrasyonunu arttırmaktadır.



**Şekil 3.31:** NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimi (kamu binaları ve iş yerleri)

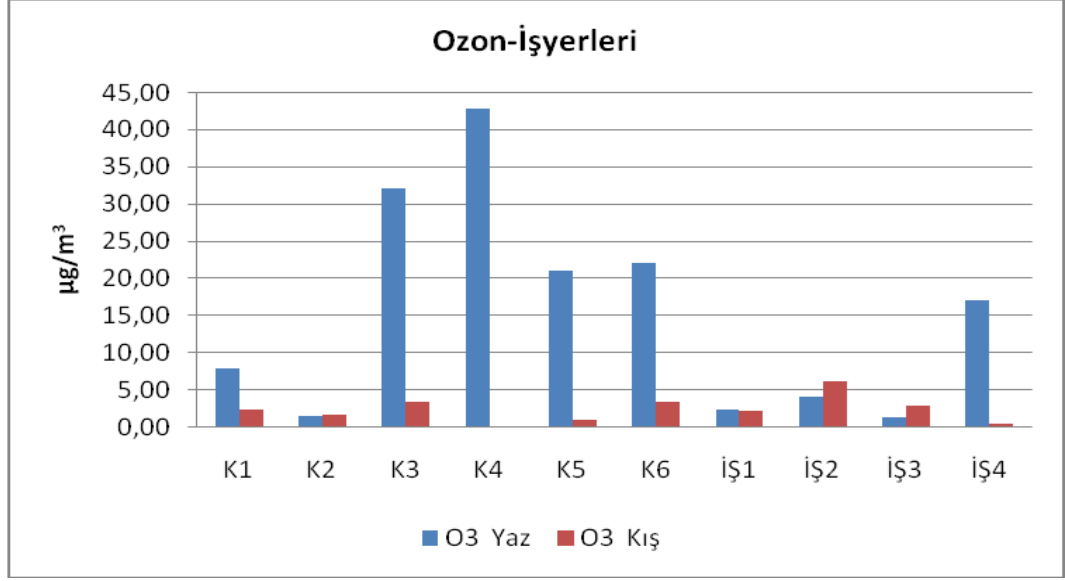
Ozon (O<sub>3</sub>) konsantrasyonunun evlerin bölgelerine göre değerlendirilmesinde; yaz aylarında, 1. bölgede 7.99-16.28 (ortalama 10.71 µg/m<sup>3</sup>), 2. bölgede 4.69-18.28 (ortalama 13.12 µg/m<sup>3</sup>), 3.bölgede 3.18-27.54 (ortalama 15.64 µg/m<sup>3</sup>) aralığında değişmektedir. Kış aylarında ise 1. bölgede 0.01-2.89 (ortalama 1.09 µg/m<sup>3</sup>) , 2. bölgede 0.07-4.14 (ortalama 1.76 µg/m<sup>3</sup>), 3.bölgede 0.21-4.97 (ortalama 1.97 µg/m<sup>3</sup>) bulunmuştur. Konutlarda, kış aylarında ozon konsantrasyonları, yaz aylarına göre daha düşük bulunmuştur (Şekil 3.39).



**Şekil 3.32:** O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimi (konutlar)

Kamu binalarında Ozon (O<sub>3</sub>) yaz aylarında 21.20 µg/m<sup>3</sup>, kış aylarında 2.01 µg/m<sup>3</sup> iken, iş yerlerinde yaz aylarında 6.26 µg/m<sup>3</sup>, kış aylarında ise 2.91 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur. Yaz aylarında kamu binaları ve iş yerlerinde tespit edilen ozon konsantrasyonu, kış aylarına göre daha yüksek bulunmuştur (Şekil 3.40). Yaz aylarında kapı ve camların açık olması sebebiyle dış ortam konsantrasyonunun iç ortam ozon konsantrasyonunu arttırabileceği düşünülmektedir.





**Şekil 3.33:** O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimi (kamu binaları ve iş yerleri)

### 3.2 Dış Ortam PM, CO<sub>2</sub> Konsantrasyonları

İç ve dış ortamlarda ölçülen CO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> seviyeleri arasındaki ilişkileri belirlemek için iç ortam/dış ortam (indoor/outdoor, I/O) oranları belirlenmiştir. Yaz ve kış sezonlarında ölçümler iç ve dış ortamlarda eş zamanlı olarak yapılmıştır.

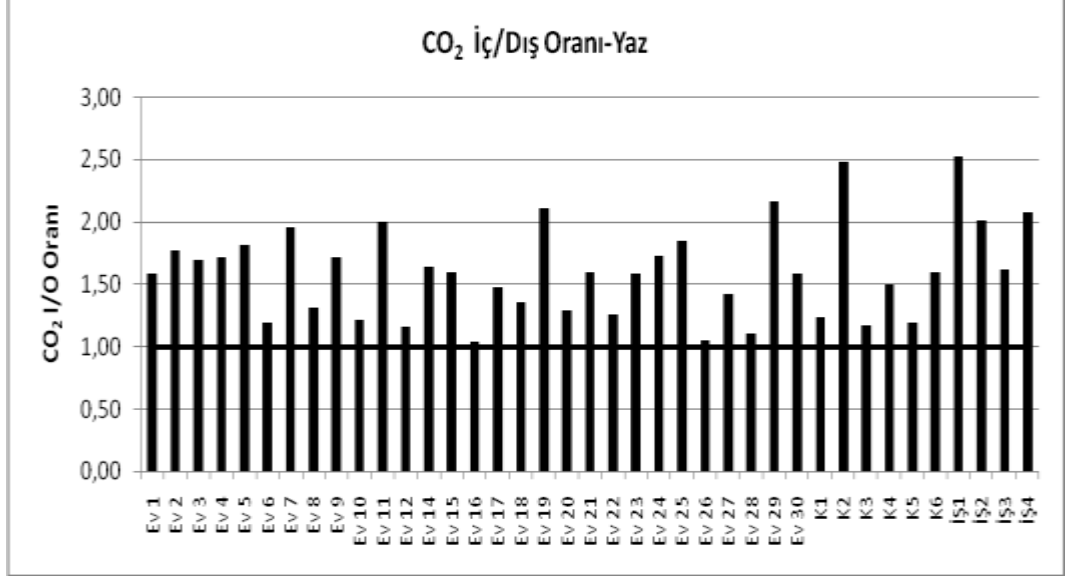
#### 3.2.1 Dış Ortam CO<sub>2</sub>

Dış ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonları, yaz ve kış aylarında sırasıyla 405 ppm ve 443 ppm olarak belirlenmiştir. İç ortamlarda kışın CO<sub>2</sub> konsantrasyonu gece saatlerinde (ortalama 988 ppm) gündüz saatlerine (ortalama 1015 ppm) göre daha düşük bulunmuştur. Yazın gece saatlerinde ortalama 655 ppm olan CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, gündüz saatlerinde ortalama 603 ppm olarak belirlenmiştir (Tablo 3.11). Yaz ve kış sezonlarında evlerde, kamu binalarında ve işyerlerinde CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının I/O oranları 1.00'in üzerindedir. Kış aylarında I/O oranları yaklaşık 2.0-4.5 civarında tespit edilirken, yaz aylarındaki oranlar 1.0-2.0 arasında tespit edilmiştir (Şekil 3.41, 3.42). İç/dış ortam CO<sub>2</sub> oranının 1.00'den büyük olması, mahaldeki iç ortam kaynaklarının etkisini göstermektedir. I/O oranı arttıkça CO<sub>2</sub>'in iç ortamdan kaynaklandığı ve etkisinin daha çok olduğunu göstermektedir.

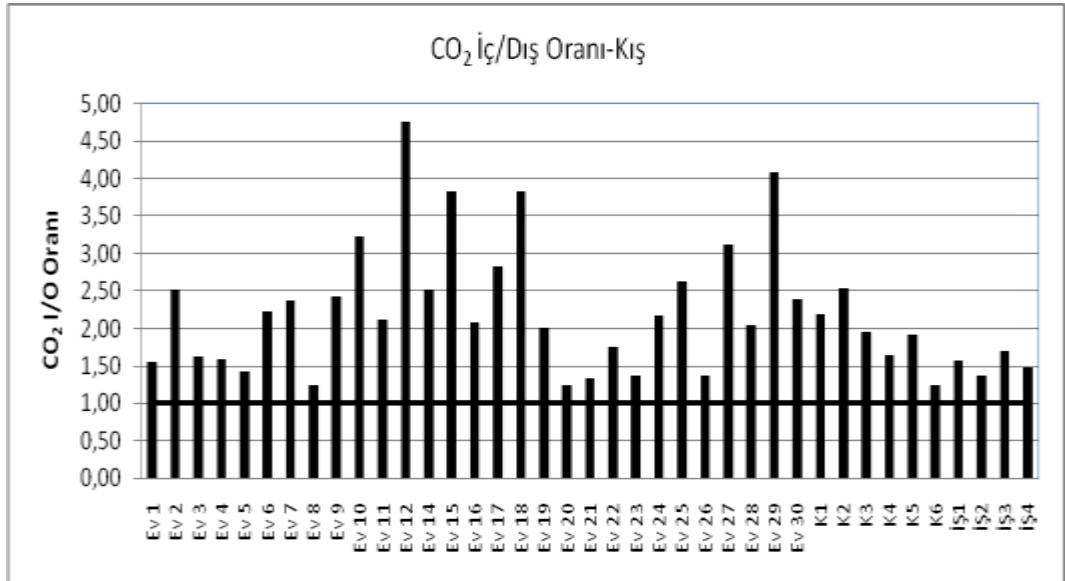
**Tablo 3.11:** Konutlarda, işyerlerinde iç/dış CO<sub>2</sub> değişimleri,ppm

	Bölge	Yaz		Kış		Yaz	Kış
		İç ortam	Dış ortam	İç ortam	Dış ortam	İç/Dış	İç/Dış
Ev 1	1	640	405	669	443	1.58	1.51
Ev 2	1	717	405	1088	443	1.77	2.45
Ev 3	1	684	405	703	443	1.69	1.59
Ev 4	1	693	405	685	443	1.71	1.55
Ev 5	1	732	405	618	443	1.81	1.39
Ev 6	1	482	405	962	443	1.19	2.17
Ev 7	1	791	405	1026	443	1.95	2.31
Ev 8	1	530	405	540	443	1.31	1.22
Ev 9	2	692	405	1055	443	1.71	2.38
Ev 10	2	489	405	1399	443	1.21	3.16
Ev 11	2	807	405	914	443	1.99	2.06
Ev 12	2	467	405	2062	443	1.15	4.65
Ev 14	2	663	405	1093	443	1.64	2.46
Ev 15	2	646	405	1661	443	1.59	3.75
Ev 16	2	419	405	904	443	1.03	2.04
Ev 17	2	598	405	1223	443	1.48	2.76
Ev 18	2	546	405	1659	443	1.35	3.74
Ev 19	2	851	405	871	443	2.10	1.96
Ev 20	2	523	405	538	443	1.29	1.21
Ev 21	2	644	405	581	443	1.59	1.31
Ev 22	2	507	405	757	443	1.25	1.71
Ev 23	2	643	405	593	443	1.59	1.34
Ev 24	3	697	405	939	443	1.72	2.12
Ev 25	3	746	405	1137	443	1.84	2.56
Ev 26	3	426	405	595	443	1.05	1.34
Ev 27	3	575	405	1352	443	3.05	1.42
Ev 28	3	447	405	885	443	1.42	2.00
Ev 29	3	874	405	1770	443	1.10	3.99
Ev 30	3	641	405	1032	443	2.16	2.33
<b>Ortalama</b>		<b>627</b>	<b>405</b>	<b>1011</b>	<b>443</b>	<b>1.60</b>	<b>2.22</b>
K1		501	405	946	443	1.58	2.13
K2		1002	405	1097	443	1.24	2.47
K3		472	405	847	443	2.47	1.91
K4		604	405	712	443	1.16	1.60
K5		484	405	833	443	1.49	1.88
K6		644	405	540	443	1.19	1.22
İŞ1		1022	405	682	443	1.59	1.54
İŞ2		812	405	591	443	2.52	1.33
İŞ3		653	405	738	443	2.00	1.66
İŞ4		841	405	644	443	1.61	1.45
<b>Ortalama</b>		<b>704</b>	<b>405</b>	<b>763</b>	<b>443</b>	<b>1.69</b>	<b>1.72</b>
<b>Genel Ort.</b>		<b>646</b>	<b>405</b>	<b>947</b>	<b>443</b>	<b>1.62</b>	<b>2.09</b>

Özellikle kış aylarında kapı ve camların kapalı olması sebebiyle iç ortamlarda düşük havalandırma oluşması, evlerde yaşayan kişi sayısı, insan aktiviteleri de etkili olmaktadır.

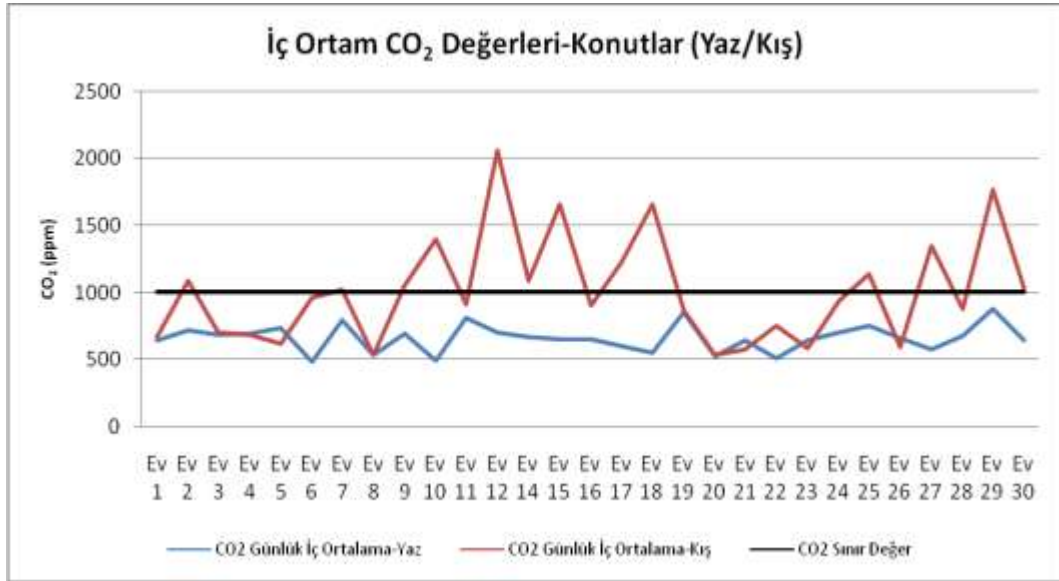


Şekil 3.34: Konutlarda ve işyerlerinde iç/dış CO<sub>2</sub> oranları (yaz)



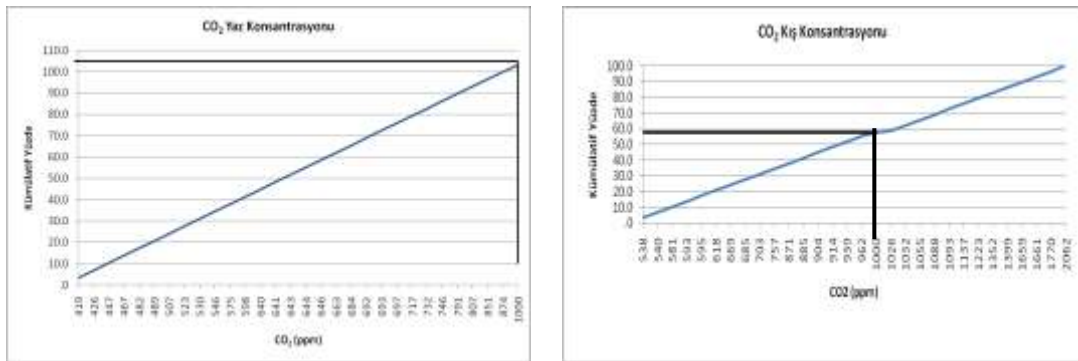
Şekil 3.42: Konutlarda ve işyerlerinde iç/dış CO<sub>2</sub> oranları (kış)

Evlerde iç ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz ve kış aylarında 1000 ppm sınır değere göre değerlendirilmesi Şekil 3.43’de gösterilmiştir.



Şekil 3.43: CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının sınır değere göre belirlenmesi (yaz/kış)-konutlar

Evlerde iç ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz ve kış aylarında kümülatif dağılımları (%) Şekil 3.44’de gösterilmiştir.

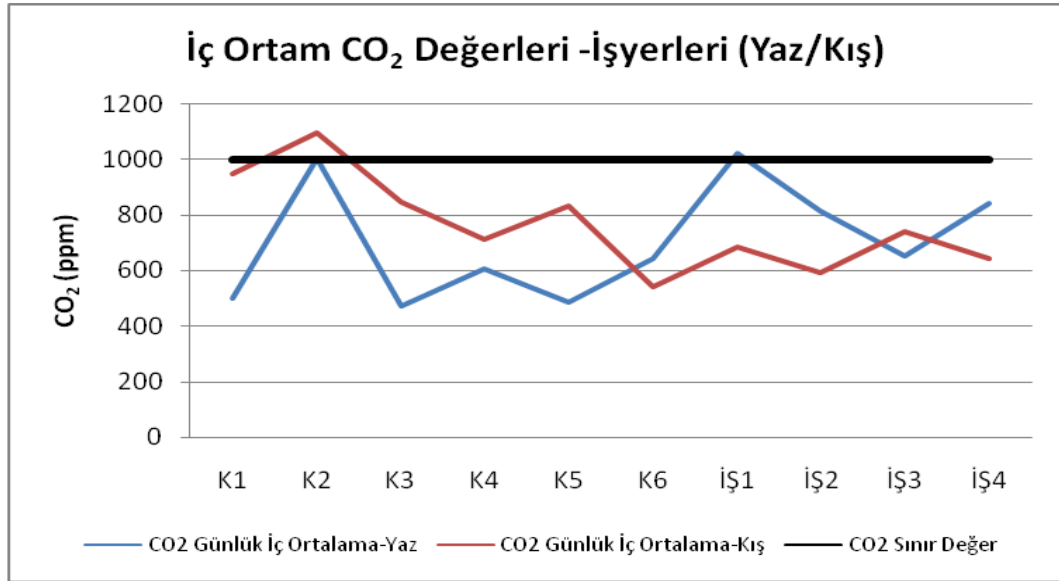


(a)

(b)

Şekil 3.44: Evlerde CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının kümülatif dağılımı (%) a) Yaz (b) Kış

Kamu binalarında ve işyerlerinde iç ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz ve kış aylarında sınır değerlere göre belirlenerek Şekil 3.45’de gösterilmiştir.



Şekil 3.45: CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının sınır değere göre belirlenmesi (yaz/kış)-işyerleri

### 3.2.1.1 CO<sub>2</sub> Ölçümlerine Bağlı Havalandırma Katsayısının Belirlenmesi

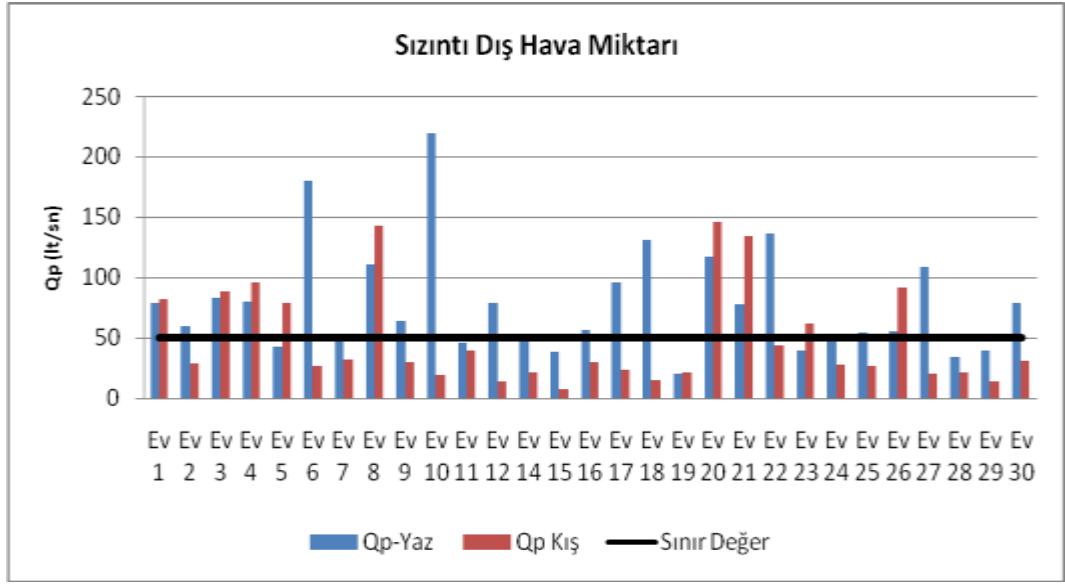
Hava değişim sayısı iç/dış ortamda ölçülen CO<sub>2</sub> değerlerine bağlı olarak belirlenmiştir. Yaz ve kış ayları için hava değişim sayısının ortalama ve standart sapması (SD) sırasıyla 1.05 h<sup>-1</sup> (0.64) ve 0.70 h<sup>-1</sup> (0.67) olarak bulunmuştur. Hava sızıntı değerinin ortalama ve standart sapması sırasıyla; yaz aylarında 78.34 lt/sn ( 45.15) ve kış aylarında 48.80 lt/sn ( 40.69) olarak belirlenmiştir (Tablo 3.12).

Tablo 3.12: Konutlarda havalandırma ve fiziksel özelliklere ait istatistiksel veriler

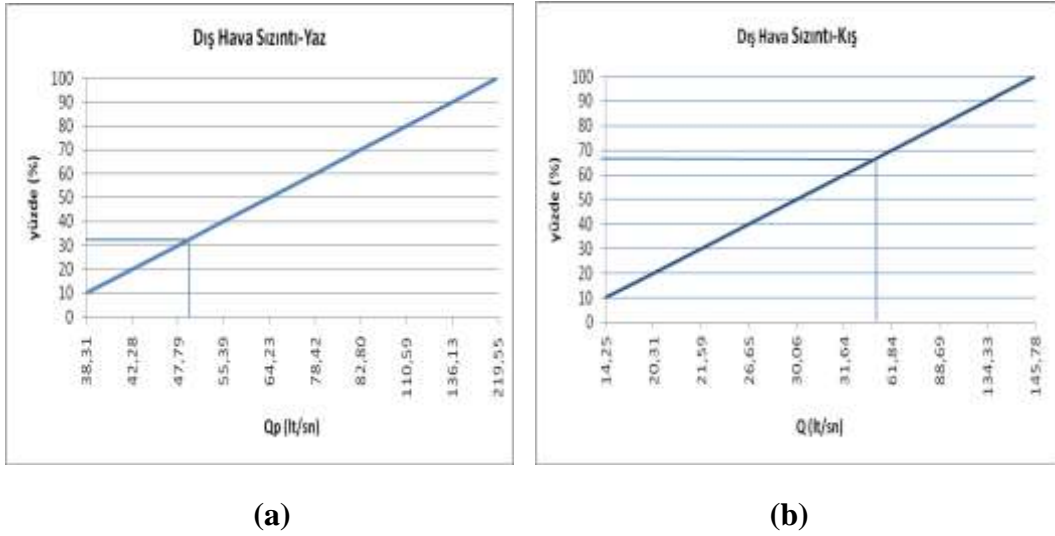
		N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Konut -Alan	m <sup>2</sup>	29	50	175	107	27
Q <sub>P</sub> (yaz)	lt/sn	29	21	220	78.34	45.15
H <sub>ds</sub> (yaz)	sa <sup>-1</sup>	29	0.23	2.98	1.05	0.64
Q <sub>P</sub> (kış)	lt/sn	29	7.57	145.78	48.80	40.69
H <sub>ds</sub> (kış)	sa <sup>-1</sup>	29	0.09	2.18	0.70	0.67

Yaz aylarında evlerin önemli bir bölümünde dış hava sızıntı değeri 50 lt/sn'in (sınır değeri) [21] üzerinde bulunurken, kış aylarında bu değerin altında kaldığı tespit edilmiştir (Şekil 3.46). Hds'nin kümülatif-yüzde değişimleri Şekil 3.47'de verilmiştir.

Yaz aylarında dış ortamdan iç ortama giren hava miktarı evlerin %33'ünde, kış aylarında ise %66'sında sınır değerin altında kalmıştır. Yaz aylarında kapı ve camların açık olması içeriye sızan hava miktarını arttırmıştır.

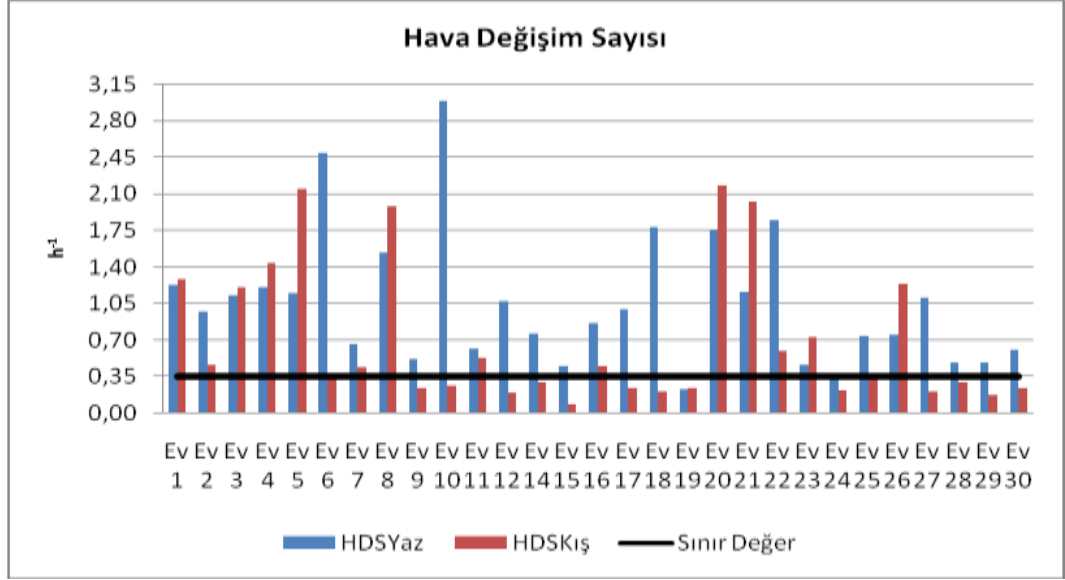


Şekil 3.35: Evlerde tespit edilen sızıntı hava değerleri



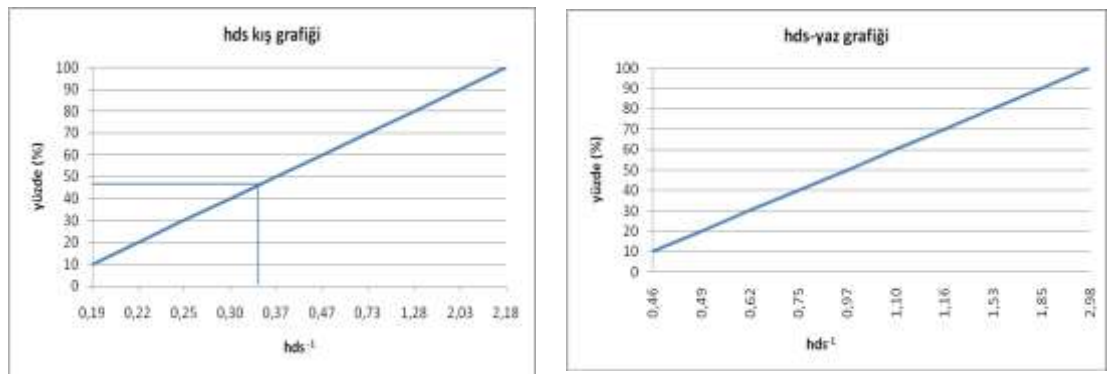
Şekil 3.36: Dış hava sızıntı değerleri (%) (a) Yaz dönemi, (b) Kış dönemi

Yaz ve kış aylarında konutların ortalama hava değişim sayısı ( $h^{-1}$ ) Şekil 3.48’de gösterilmiştir. Yaz aylarında evlerin büyük bir çoğunluğunda minimum hava değişim sayısı  $0.35 h^{-1}$ ’in [21] üzerinde bulunurken, kış aylarında birçok ev bu değerin altında kalmıştır.



Şekil 3.37: Yaz ve kış aylarında hava değişim sayısı ( $h^{-1}$ )

Hava değişim sayısı (hds) için oluşturulan kümülatif-yüzde grafiğinden; hds değeri yaz aylarında evlerin tamamına yakın kısmında sınır değerin üzerinde bulunurken, kış aylarında yaklaşık %47’lik kısmında bu sınır değerin altında olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.49).



(a)

(b)

Şekil 3.38: Konutlarda hava değişim sayısı kümülatif yüzde (%) (a) Kış , (b) Yaz

### 3.2.2 Dış Ortam PM

Dış ortam PM konsantrasyonları, yaz ve kış aylarında sırasıyla 41.46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 203.20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

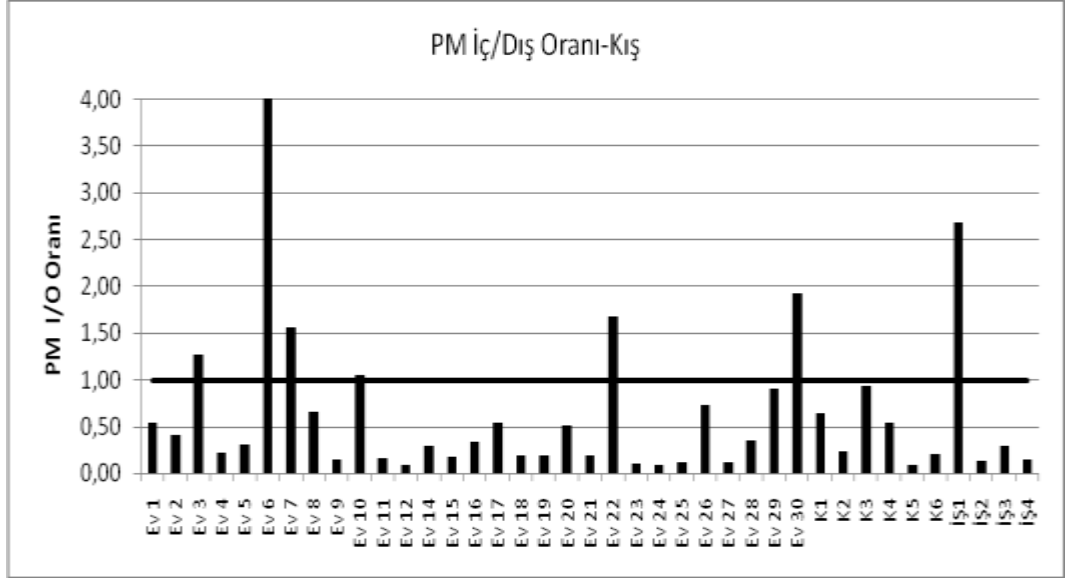
Yaz aylarında iç ortamlarda ölçülen PM konsantrasyonlarının ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla; 32.11 ( $\pm 21.63$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 10.72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 120.81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , kış aylarında ise 104.87 ( $\pm 114.75$ )  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 18.77  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 546.43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Yaz ve kış aylarında ölçümü yapılan PM değerlerinin I/O oranları Şekil 3.50'de gösterilmiştir. Kış aylarında iç ortamlarda PM konsantrasyonları dış ortamlara göre daha yüksek bulunmuştur.

Evlerde yemek pişirilmesi, sigara içilmesi, düşük havalandırma hızı ve çeşitli aktiviteler partikül maddeyi tutarak birikmesini sağlamaktadır. Yaz aylarında PM değerlerinin I/O oranları 1.00'e yakın tespit edilmiş olup, iç ve dış ortam PM ölçüm sonuçları birbirine yakın bulunmuştur (Tablo 3.13).

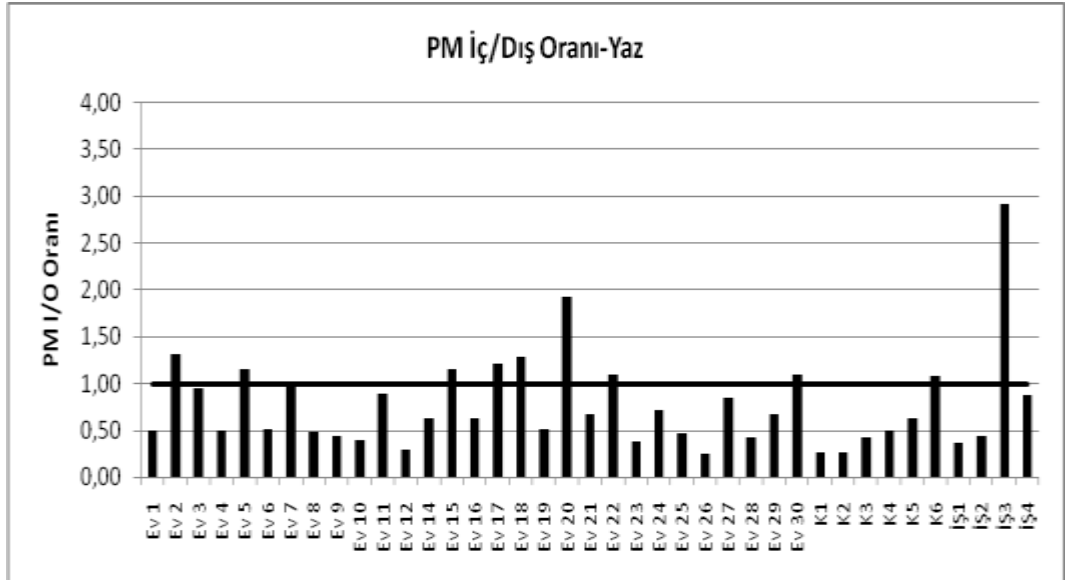


**Tablo 3.13:** Konutlarda, işyerlerinde iç/dış ortam PM konsantrasyonları (yaz/kış)

	Bölge	Yaz ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Kış( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Yaz	Kış
		İç ortam	Dış	İç ortam	Dış ortam	İç/Dış	İç/Dış
Ev 1	1	20.63	41.46	109.38	203.20	0.50	0.54
Ev 2	1	54.67	41.46	83.06	203.20	1.32	0.41
Ev 3	1	39.34	41.46	258.65	203.20	0.95	1.27
Ev 4	1	20.52	41.46	45.80	203.20	0.50	0.23
Ev 5	1	47.92	41.46	62.91	203.20	1.16	0.31
Ev 6	1	21.16	41.46	64.22	203.20	0.52	0.32
Ev 7	1	42.01	41.46	98.18	203.20	1.02	0.49
Ev 8	1	20.38	41.46	134.41	203.20	0.49	0.66
Ev 9	2	18.16	41.46	31.30	203.20	0.44	0.15
Ev 10	2	16.19	41.46	213.38	203.20	0.39	1.05
Ev 11	2	37.05	41.46	34.92	203.20	0.89	0.17
Ev 12	2	12.12	41.46	18.77	203.20	0.29	0.09
Ev 14	2	26.13	41.46	60.77	203.20	0.63	0.30
Ev 15	2	47.74	41.46	37.53	203.20	1.15	0.18
Ev 16	2	26.41	41.46	70.42	203.20	0.64	0.35
Ev 17	2	50.13	41.46	111.38	203.20	1.21	0.55
Ev 18	2	53.13	41.46	38.02	203.20	1.28	0.19
Ev 19	2	21.11	41.46	40.59	203.20	0.51	0.20
Ev 20	2	80.07	41.46	103.37	203.20	1.93	0.51
Ev 21	2	27.69	41.46	38.55	203.20	0.67	0.19
Ev 22	2	45.24	41.46	339.66	203.20	1.09	1.67
Ev 23	2	15.89	41.46	21.72	203.20	0.38	0.11
Ev 24	3	29.94	41.46	20.14	203.20	0.72	0.10
Ev 25	3	19.68	41.46	24.58	203.20	0.47	0.12
Ev 26	3	10.72	41.46	148.40	203.20	0.26	0.73
Ev 27	3	35.17	41.46	24.77	203.20	0.85	0.12
Ev 28	3	17.67	41.46	72.82	203.20	0.43	0.36
Ev 29	3	28.03	41.46	183.94	203.20	0.68	0.91
Ev 30	3	45.71	41.46	390.39	203.20	1.10	1.92
K1		11.31	41.46	130.41	203.20	0.27	0.64
K2		10.80	41.46	48.07	203.20	0.26	0.24
K3		17.73	41.46	190.05	203.20	0.43	0.94
K4		20.41	41.46	111.50	203.20	0.49	0.55
K5		26.29	41.46	19.61	203.20	0.63	0.10
K6		44.59	41.46	42.77	203.20	1.08	0.21
İŞ1		15.15	41.46	546.43	203.20	0.37	2.69
İŞ2		18.20	41.46	28.80	203.20	0.44	0.14
İŞ3		120.81	41.46	59.03	203.20	2.91	0.29
İŞ4		36.23	41.46	31.15	203.20	0.87	0.15
<b>Ortalama</b>		32.11		104.87		0.77	0.52
<b>S.Sapma</b>		21.63		114.75		0.51	0.56



(a)



(b)

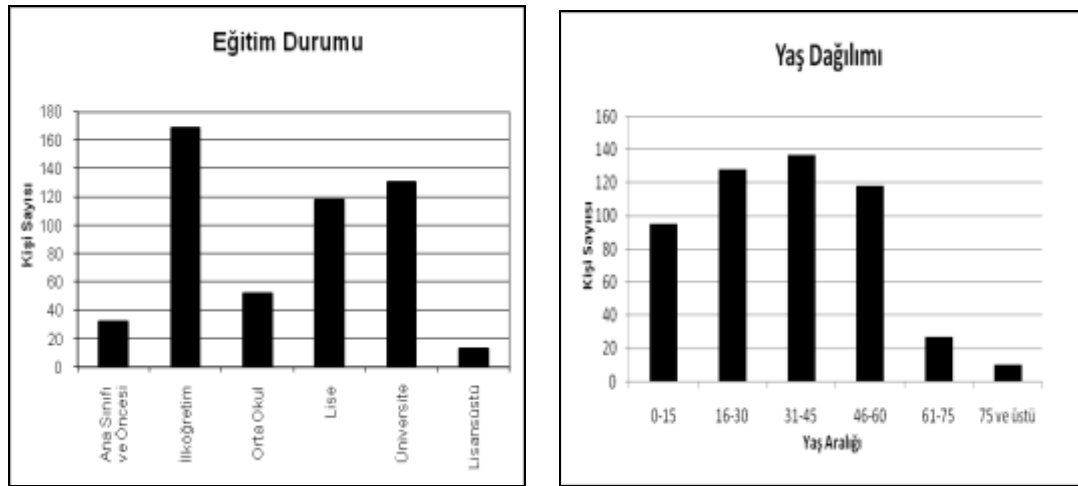
Şekil 3.50: Konutlarda ve işyerlerinde iç/dış PM oranları (a)Kış , (b) Yaz

### 3.3 Anket Sonuçları

Balıkesir kent merkezinde enerji tüketimini belirlemek amacıyla anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket sonuçları ile, ankete katılanların kişisel, ev, enerji tüketimi karakteristikleri belirlenmiştir.

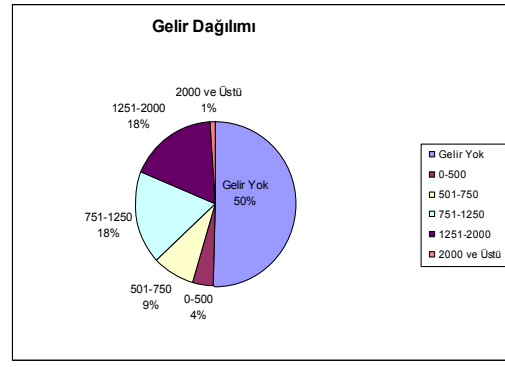
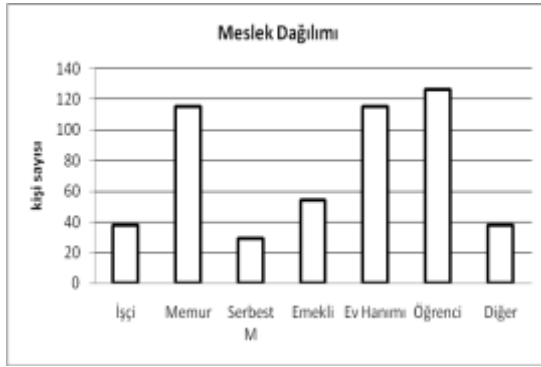
#### 3.3.1 Kişisel Karakteristikler

Ankete katılanların %26'sı 1. bölgede, % 45'i 2. bölgede, %29'u 3. bölgede bulunmaktadır. 2. bölge nüfusu daha fazla olduğu için ankete katılım oranı diğer bölgelere göre daha yüksektir. Ankete katılanların %27'si 31-45, %25'i 16-30, %23'ü 46-60 yaş aralığındadır. Eğitim durumu; %33 ilkokul, %25 üniversite, %23 lise mezunudur (Şekil 3.51). Mezunların %52'si kadın, %48'i erkektir.



Şekil 3.51: Ankete katılanların (a) Eğitim durumu, (b) Yaş durumu

Ankete katılanların %24.4'ü öğrenci, %22.3'ü ev hanımı ve %22.3'ü memurdur. Katılımcıların %50'sinin geliri bulunmamakta olup, %18'inin aylık gelirleri 751-1250 TL, %18'inin 1251-2000 TL, %9'unun da 501-750 TL arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 3.52).



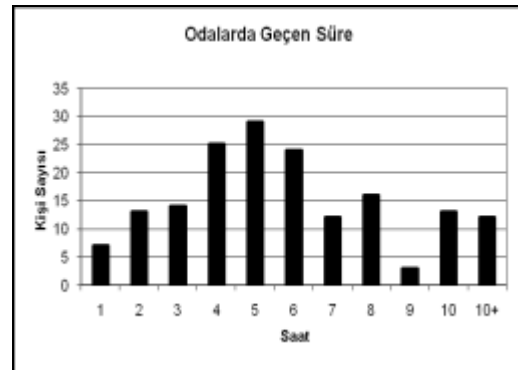
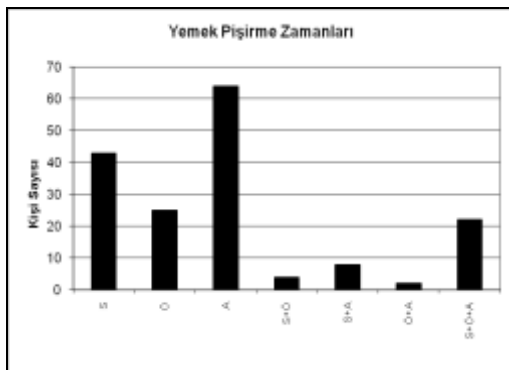
(a)

(b)

**Şekil 3.52:** Ankete katılanların (a) Mesleki durumu, (b) Gelir durumu

Sigara kullanımının ve sağlık etkilerinin ankete katılan kişiler arasındaki dağılımı; %26'sı sigara içmekte olup, %4'ünde solunum rahatsızlığı, %3'ünde kalp rahatsızlığı mevcuttur.

Ankete katılan kişilerin bir günde iç ortamlarda geçirdikleri süreler; oturma odalarında 4-5 saat, mutfaklarda 2-3 saat arasında değişmektedir. Katılımcıların %38'i akşam (A), %26'sı sabah (S), %15'i ise öğlen (Ö) saatlerinde yemek pişirmektedirler. Mutfaklarda geçirdikleri süreler ise; %26'sı 3 saat, %25'i 2 saat ve %17'si 1 saattir. Katılımcıların büyük bir kısmı oturma odalarında 4-5 saat ve daha fazla süre geçirmektedir (Şekil 3.53).



(a)

(b)

**Şekil 3.53:** Ankete katılanların (a)Yemek pişirme zamanları, (b) Odalarda geçirdikleri süre

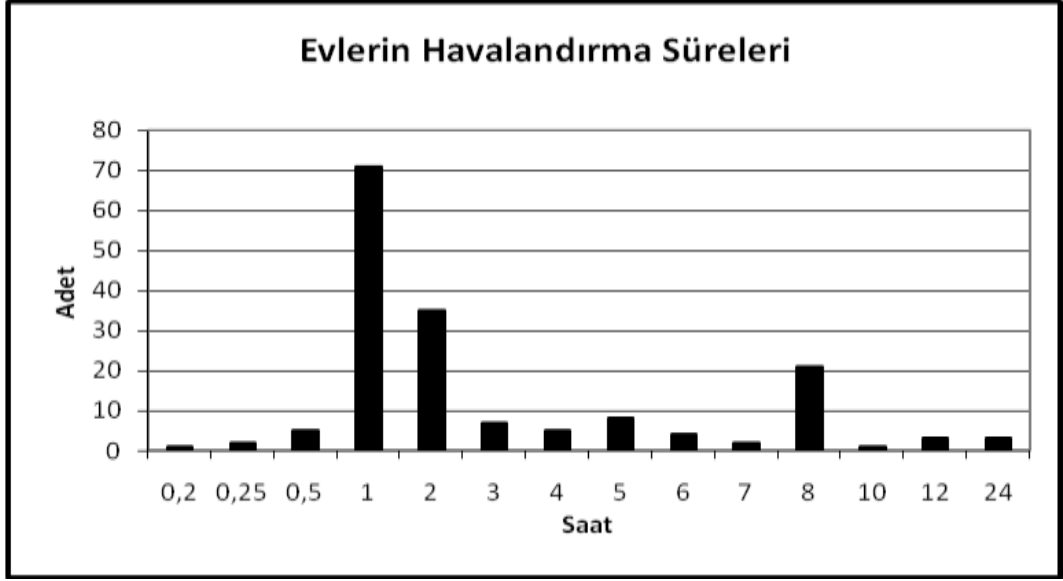
### 3.3.2 Ev Karakteristikleri

Evlerin oda sayısı, metrekareleri, havalandırma sistemleri ve izolasyon durumları ankete katılan evler için belirlenmiştir. Evlerin %47'si 4 odalı, %45'i 3 odalıdır. Evlerdeki mutfakların %85'inde fan mevcut olup, klima kullanımı %14'tür. Evlerin toplam metrekareleri 100-120 metrekare civarındadır. Mutfakların büyük bir çoğunluğu odalardan ayrı olup, %50'si 15 metrekareden küçük, %50'sinin de büyüklüğü 15-25 metrekare civarındadır. Evlerin büyük bir çoğunluğunda (%80'inde) pencere izolasyonu mevcut olup, duvar izolasyonu %29, çatı izolasyonu %35'dir (Tablo 3.14).

**Tablo 3.14:** Evlerin karakteristik özellikleri

Oda Sayısı	<b><u>Oda Sayısı</u></b>	<b><u>% (Oran)</u></b>	
	4	47	
	3	45	
	Diğer	8	
Evlerin Toplam Metrekareleri	<b><u>Metrekare</u></b>	<b><u>% (Oran)</u></b>	
	<100 m <sup>2</sup>	32	
	100-120 m <sup>2</sup>	45	
	121-150 m <sup>2</sup>	14	
	>150 m <sup>2</sup>	9	
İzolasyon Durumu	<b><u>Var (%)</u></b>	<b><u>Yok (%)</u></b>	
	Pencere	80	20
	Duvar	29	71
	Çatı	35	65
Mutfak Şekli	<b><u>Durum</u></b>	<b><u>% (Oran)</u></b>	
	Ayrık	94	
	Bileşik	6	
Mutfak Metrekareleri	<b><u>Metrekare</u></b>	<b><u>% (Oran)</u></b>	
	<15 m <sup>2</sup>	50	
	15-25 m <sup>2</sup>	50	
Evlerde Havalandırma	<b><u>Var (%)</u></b>	<b><u>Yok (%)</u></b>	
	Mutfaklarda Fan Kullanımı	85	15
	Evlerde Klima Kullanımı	14	86

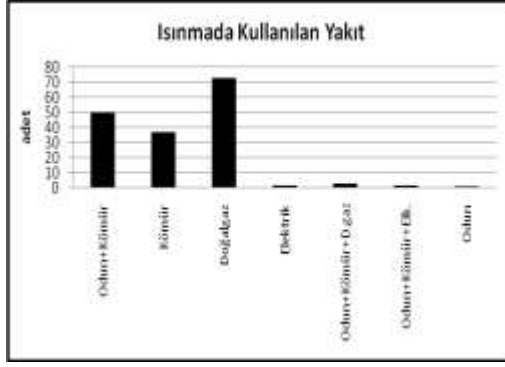
Evlerdeki havalandırma süreleri yaz ve kış aylarına göre değişim göstermektedir. Yaz aylarında evlerin kapı ve camlarının genellikle açık olduğu, kış aylarında ise; %42'si 1 saat, %21'i 2 saat, %13'ü 8 saat süreyle havalandırılmaktadır (Şekil 3.54).



**Şekil 3.54:** Evlerde havalandırma süreleri (saat)-kış

### 3.3.3 Evlerin Enerji Karakteristikleri

Kış döneminde ısınma için konutların %43'ü doğalgaz, %30'u odun-kömür, %22'si kömür kullanmaktadır. Isınmada; evlerin %40'ı kombili, %32'si sobalı, %12'si kaloriferli, %11'i merkezi sistemdir (Şekil 3.55). Isınma döneminde konutların yıllık yakıt tüketim bedelleri; %61'i 900 TL, %21'i 900-1500 TL civarındadır.

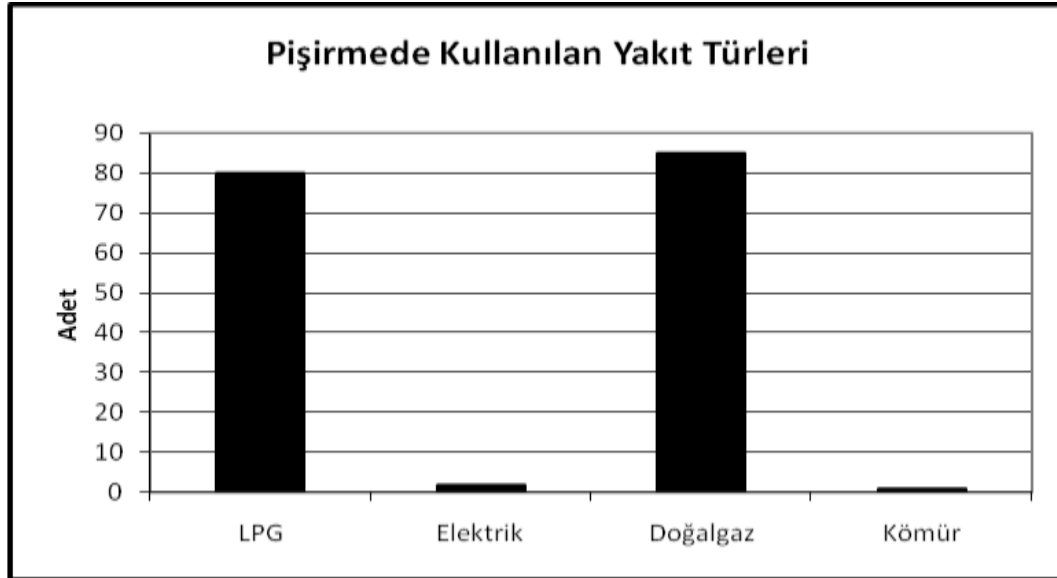


(a)



(b)

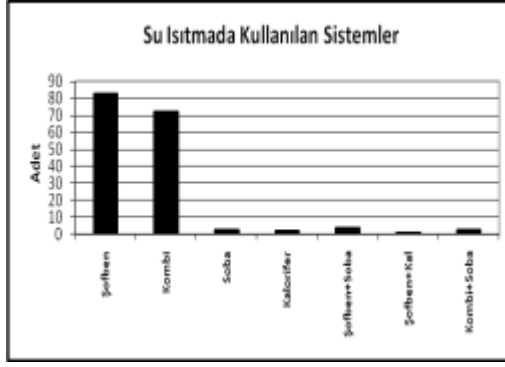
Şekil 3.55: Konutlarda ısınma (a) Yakıt türleri (b) Isınma karakteristikleri



Şekil 3.56: Evlerde pişirmede kullanılan yakıt türleri

Pişirme için evlerde ocak kullanmakta olup, kullanılan enerji türünün dağılımı ise; %51 doğalgaz, %48 LPG'dir (Şekil 3.56).

Evlerde su ısıtma için kullanılan enerji türü dağılımı ise; %49 doğalgaz, %24 LPG, %20 elektriktir. Su ısıtma sistemlerinde ağırlıklı %49 şofben, %43 kombi kullanılmaktadır (Şekil 3.57).



(a)



(b)

**Şekil 3.57:** Evlerde su ısıtma (a) Sistemlerin dağılımı, (b) Yakıt türleri

Ankete katılan evlerde bilgisayar, fırın, TV, ütü, süpürme işlemlerine bağlı olarak elektrik tüketimi meydana gelmektedir. Tablo 3.15’de evlerdeki elektrik tüketimi ile ilgili sonuçlar verilmiştir.

**Tablo 3.15:** Evlerde elektrik tüketimi

Elektrik Tüketimi	<b><u>Tutar (TL/ay)</u></b>	<b><u>% (Oran)</u></b>
	15-55	68
	56-100	30
	100-	2
TV İzleme	<b><u>(gün/saat)</u></b>	<b><u>% (Oran)</u></b>
	<7	56
	7-14	44
Bilgisayar Kullanımı	<b><u>(hafta/saat)</u></b>	<b><u>% (Oran)</u></b>
	<14	48
	15-25	13
	>25	39
Fırın Kullanımı	<b><u>(hafta/saat)</u></b>	<b><u>% (Oran)</u></b>
	<2	75
	2-4	25
Ütü Kullanımı	<b><u>(hafta/saat)</u></b>	<b><u>% (Oran)</u></b>
	<2	68
	2-4	25
	>4	7
Evlerin Süpürülmesi	Haftada 2-3 kez	

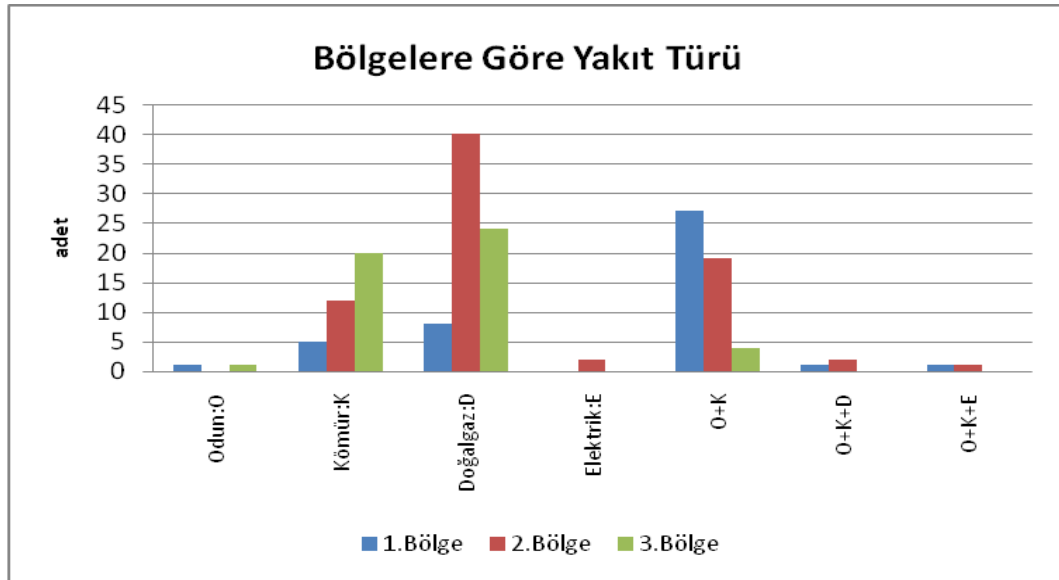


### 3.3.3.1 Enerji Tüketiminin Bölgelere Göre Değerlendirilmesi

Ankete katılan evlerde ısınma için 1.bölgede kömür (%62.8), 2. ve 3.bölgelerde ise doğalgazın (%52.6 ve %49) ağırlıklı olarak kullanıldığı tespit edilmiştir (Tablo 3.16, Şekil 3.58).

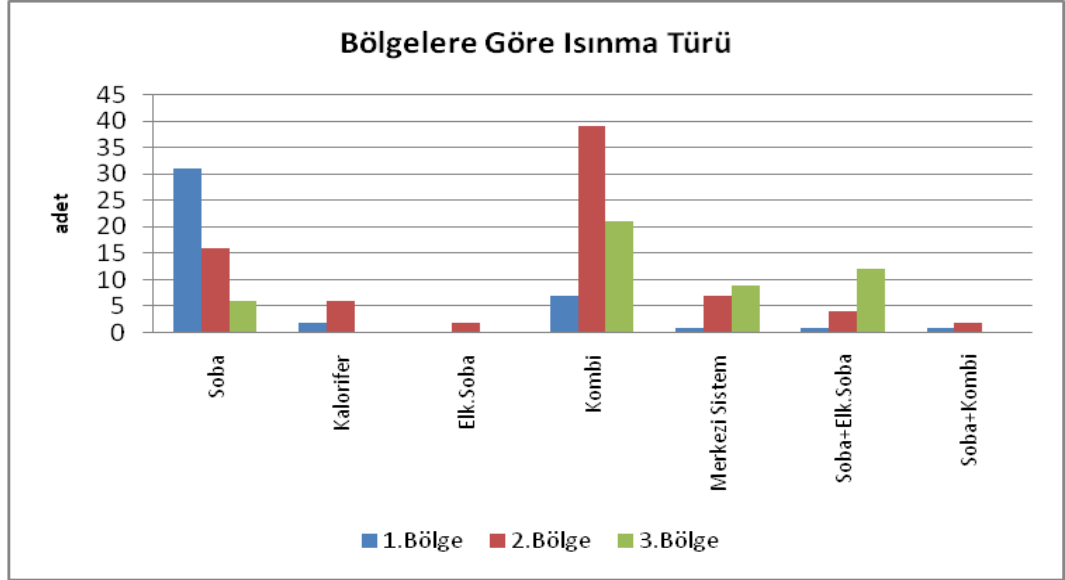
**Tablo 3.16: Bölgelere göre yakıt tüketimi**

		Kullanılan Yakıt							Toplam	
		Odun	Odun+Kömür	Odun+Kömür+Dgaz	Odun+Kömür+Elk.Soba	Kömür	Doğal gaz	Elektrikli Soba		
Bölge	1	Konut Sayısı	1	27	1	1	5	8	0	43
		Bölge İçinde %	2.33%	62.79%	2.33%	2.33%	11.63%	18.60%	0.00%	100
	2	Konut Sayısı	0	19	2	1	12	40	2	76
		Bölge İçinde %	0.00%	25.00%	2.63%	1.32%	15.79%	52.63%	2.63%	100
	3	Konut Sayısı	0	4	0	0	20	24	0	49
		Bölge İçinde %	0.00%	8.16%	0.00%	0.00%	40.82%	48.98%	0.00%	100
Toplam	Konut Sayısı	1	50	3	2	37	72	2	168	
	Bölge İçinde %	0.60%	29.76%	1.79%	1.19%	22.02%	42.86%	1.19%	100	



**Şekil 3.398: Bölgelere göre kullanılan yakıt dağılımı**

Isınma sistemlerinin evlerin bölgelerine göre dağılımı; 1.bölgenin %72.1'i soba, 2.bölgenin %51.3'ü kombi, 3.bölgenin %42.9'u ağırlıklı olarak kombi kullanmaktadır (Şekil 3.59, Tablo 3.17). Isınmada 2. ve 3. bölgede kombi, 1.bölgede ise ağırlıklı olarak soba kullanıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.59: Bölgelere göre ısınma türlerinin dağılımı

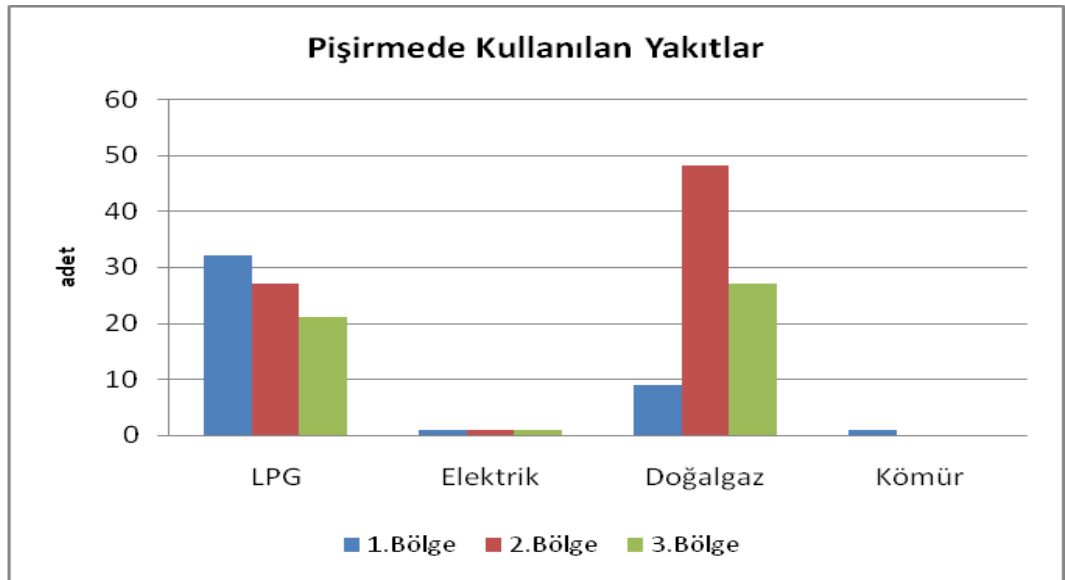
Tablo 3.17: Bölgelere göre ısınma karakteristikleri

		Kullanılan Yakıt							Toplam	
		Soba	Soba+ Elektrikli Soba	Soba+ Kombi	Kalorifer	Elektrikli Soba	Kombi	Merkezi Sistem		
Bölge	1	Konut Sayısı	31	1	1	2	0	7	1	43
		Bölge İçinde %	72.10%	2.30%	2.30%	4.70%	0.00%	16.30%	2.30%	100
	2	Konut Sayısı	16	4	2	6	2	39	7	76
		Bölge İçinde %	21.10%	5.30%	2.60%	7.90%	2.60%	51.30%	9.20%	100
	3	Konut Sayısı	6	0	0	12	0	21	9	49
		Bölge İçinde %	12.20%	0.00%	0.00%	24.50%	0.00%	42.90%	18.40%	100
Toplam	Konut Sayısı	53	5	3	20	2	67	17	168	
	Bölge İçinde %	31.50%	3.00%	1.80%	11.90%	1.20%	39.90%	10.10%	100	

Mutfaklarda pişirme için 2. ve 3. bölgelerde ağırlıklı olarak doğalgaz, 1.bölgede ise LPG kullanılmaktadır. Mutfaklarda pişirme için kullanılan enerjinin bölgelere göre dağılımı; 2. bölgenin %63.2'si ile 3.bölgenin %55.1'i doğalgaz, 1.bölgenin %74.4'ünün ağırlıklı olarak LPG kullandığı belirlenmiştir. Her üç bölgede bulunan evlerin tamamında pişirme için ocak kullanılmaktadır (Şekil 3.60, Tablo 3.18).

**Tablo 3.18:** Bölgelere göre pişirmede kullanılan yakıtlar

			Mutfak Karakteristikleri (Pişirme)				Toplam
			LPG	Elektrik	Doğal gaz	Kömür	
Bölge	1	Konut Sayısı	32	1	9	1	43
		Bölge İçinde %	74.42%	2.33%	20.93%	2.33%	100
	2	Konut Sayısı	27	1	48	0	76
		Bölge İçinde %	35.53%	1.32%	63.16%	0.00%	100
	3	Konut Sayısı	21	0	27	0	49
		Bölge İçinde %	42.86%	0.00%	55.10%	0.00%	100
Toplam	Konut Sayısı	80	2	84	1	168	
	Bölge İçinde %	47.62%	1.19%	50.00%	0.60%	100	

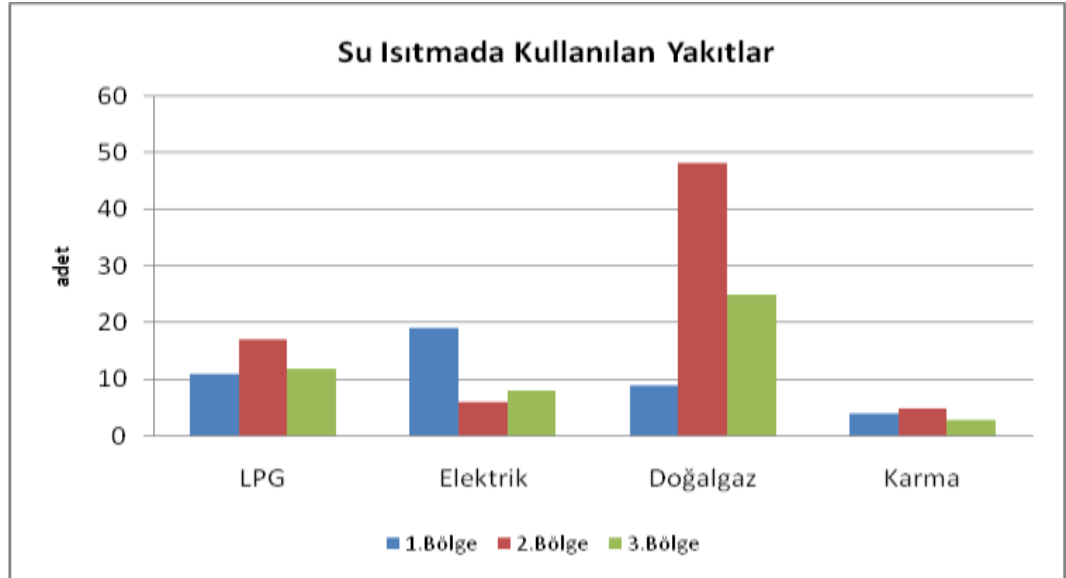


**Şekil 3.40:** Bölgelere göre pişirmede kullanılan yakıtlar

Ankete katılan evlerde su ısıtma için 1. bölgede elektrik (%44.2), 2. ve 3. bölgelerde ağırlıklı olarak doğalgaz (%63.2 ve %51.0) kullanılmaktadır (Tablo 3.19, Şekil 3.61).

**Tablo 3.19:** Bölgelere göre su ısıtmada kullanılan yakıtlar

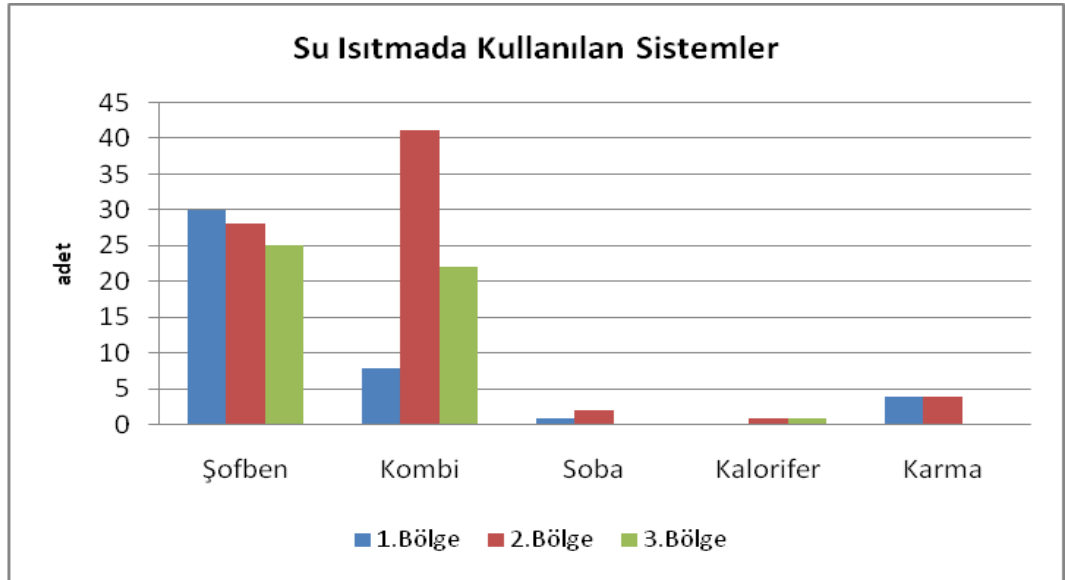
		Su Isıtma Karakteristikleri											Toplam	
		LPG	LPG+ Odun+ Kömür	LPG+ Elektrik	LPG+ Güneş	LPG+ Elektrik	Odun	Odun+ Elektrik	Odun+ Kömür	Elektrik	Elektrik+ Kömür	Doğalgaz		
Bölge	1	Konut Sayısı	11	0	0	0	0	1	2	1	19	0	9	43
		Bölge İçinde %	25.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.30%	4.70%	2.30%	44.20%	0.00%	20.90%	100
	2	Konut Sayısı	17	1	1	0	0	0	0	2	6	1	48	76
		Bölge İçinde %	22.40%	1.30%	1.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.60%	7.90%	1.30%	63.20%	100
	3	Konut Sayısı	12	0	1	1	1	0	0	0	8	0	25	49
		Bölge İçinde %	24.50%	0.00%	2.00%	2.00%	2.00%	0.00%	0.00%	0.00%	16.30%	0.00%	51.00%	100
Toplam	Konut Sayısı	40	1	2	1	1	1	2	3	33	1	82	168	
	Bölge İçinde %	23.80%	0.60%	1.20%	0.60%	0.60%	0.60%	1.20%	1.80%	19.60%	0.60%	48.80%	100	



**Şekil 3.61:** Bölgelere göre su ısıtmada kullanılan yakıtlar

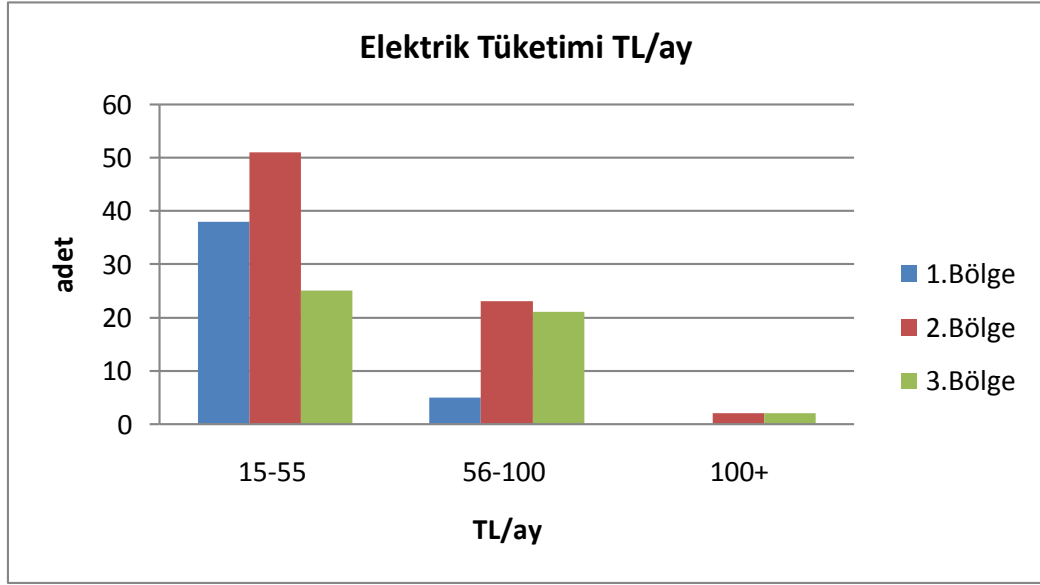
**Tablo 3.20:** Bölgelere göre su ısıtmada kullanılan sistemler

		Su Isıtma Sistemleri							Toplam	
		Şofben	Şofben+Soba	Şofben+Kalorifer	Kombi	Kombi+Soba	Soba	Kalorifer		
Bölge	1	Konut Sayısı	30	3	0	8	1	1	0	43
		Bölge İçinde %	69.80%	7.00%	0.00%	18.60%	2.30%	2.30%	0.00%	100
	2	Konut Sayısı	28	1	1	41	2	2	1	76
		Bölge İçinde %	36.80%	1.30%	1.30%	53.90%	2.60%	2.60%	1.30%	100
	3	Konut Sayısı	25	0	0	22	0	0	1	49
		Bölge İçinde %	51.00%	0.00%	0.00%	44.90%	0.00%	0.00%	2.00%	100
Toplam		Konut Sayısı	83	4	1	71	3	3	2	168
		Bölge İçinde %	49.40%	2.40%	0.60%	42.30%	1.80%	1.80%	1.20%	100



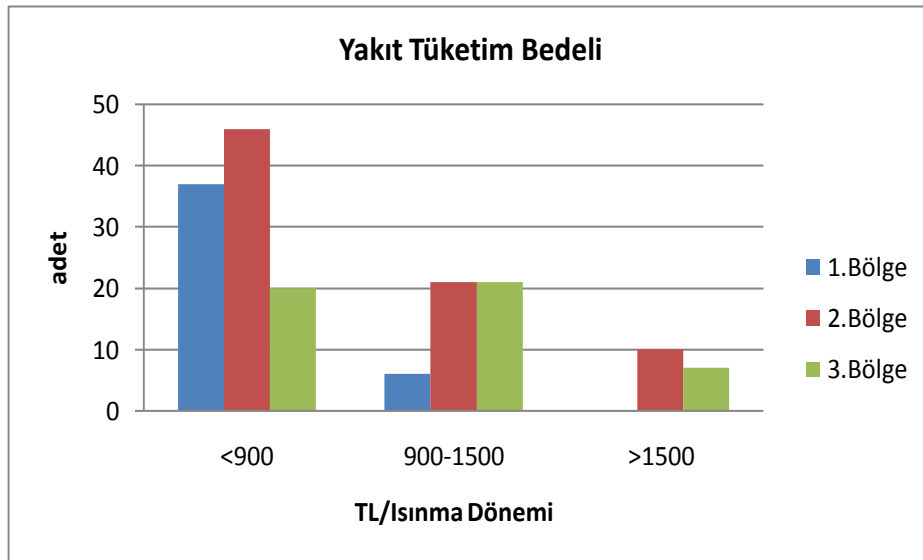
**Şekil 3.62:** Bölgelere göre su ısıtmada kullanılan sistemler

Elektrik tüketiminin bölgelere göre değerlendirilmesinde; aylık elektrik tüketim bedelleri alınmıştır. 1., 2. ve 3. bölgelerin ağırlıklı olarak 15-55 TL/ay arasında elektrik bedeli ödediği belirlenmiştir. 1.bölgenin ortalaması 39 TL/ay, ikinci bölgenin ortalaması 52 TL/ay, 3. bölgenin ortalaması ise 61 TL/ay olarak bulunmuştur. 3. Bölgenin elektrik tüketimi diğer bölgelere göre daha yüksek tespit edilmiştir (Şekil 3.63).



**Şekil 3.63:** Bölgelere göre elektrik tüketim bedelleri

Isınma dönemi (Ekim-Mart) yakıt tüketimlerine göre 1., 2., 3. bölgelerin ağırlıklı olarak 900TL'den daha az ödedikleri, 1. bölge ortalamasının 572 TL, 2.bölgenin ortalaması 940 TL, 3. bölgenin ortalaması 1137 TL/ısınma dönemi bulunmuştur (Şekil 3.64).



**Şekil 3.64:** Bölgelere göre yakıt tüketim bedelleri

Kış aylarında ısınma, su ısıtma, pişirme ve elektrik tüketimi için ortalama enerji tüketimi 91 kwh/gündür. Bölgelere göre enerji tüketimi dağılımı ise, 1.bölgede tüketilen enerji miktarı 25-60 kwh/gün, 2. ve 3.bölgede 61-100 kwh/gündür.

Yaz aylarında ısınma, su ısıtma, pişirme ve elektrik tüketimi için ortalama enerji tüketimi 16 kwh/gündür. Bölgelere göre enerji tüketimi dağılımı ise, 1.bölgede tüketilen enerji miktarı 12-25 kwh/gün, 2.bölgede 16-20 kwh/gün, ve 3.bölgede 21 kwh/gün'den fazladır.

Anket yapılan evlerde iç ortam hava kalitesini ilgilendiren diğer hususlar bölgelere göre Tablo 3.21'de verilmiştir.

**Tablo 3.21:** Bölgelere göre anket sonuçları (diğer hususlar)

	1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge
Havalandırma Süresi (saat/gün)	1-2	1	1
Oran (%)	32	46	42.9
Fan Kullanımı Oran (%)	81.4	80.3	81.4
Klima Kullanımı Oran (%)	4.7	11.8	24.5
Pencere İzolasyonu Oran (%)	<76	<76	<76
Duvar İzolasyonu Oran (%)	14	32.9	36.7
Çatı İzolasyonu Oran (%)	11.6	39.5	46.9
Odalarda Halı Kaplama Oran (%)	30.2	32.9	22.4
Mutfak Durumu (Ayrık/Bileşik) Oran (%)	Ayrık (92)	Ayrık (92)	Ayrık (92)
Sigara Kullanımı Oran (%)	11.6	22.4	40.8

### 3.3.3.2 Yaz ve Kış Aylarında Evlerde Tüketilen Enerjinin Dağılımı

Evlerde ısınma, su ısıtma, pişirme, elektrik tüketimiyle ilgili veriler kwh/gün (kilowatt-saat/gün) cinsinden belirlenmiştir. Evlerde pişirme ve su ısıtma için günlük enerji tüketimi 5 kwh olarak kabul edilmiştir. Isınma için evlerde kullanılan yakıt cinsine göre günlük tüketim miktarının enerji değeri ve kullanılan elektrikli cihazların toplam çalışma saatleri ile günlük elektrik tüketim değerleri belirlenmiştir. Yaz ve kış ayları için toplam enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Evlerin ortalama günlük enerji tüketimleri yaz ve kış ayları için sırasıyla;  $15.93 \pm 3.06$  kwh/gün,  $95.08 \pm 40.42$  kwh/gün olarak bulunmuştur (Tablo 3.22).

**Tablo 3.22:** Evlerde yaz/kış aylarında tüketilen enerjinin dağılımı, kwh/gün

	Pişirme	Su Isıtma	Isınma	Elektrik Tüketimi	Enerji Toplamı (Kış)	Enerji Toplamı (Yaz)
Ev 1	5	5	43.05	4.94	57.99	14.94
Ev 2	5	5	57.37	4.57	71.94	14.57
Ev 3	5	5	43.06	4.32	57.38	14.32
Ev 4	5	5	43.06	4.32	57.38	14.32
Ev 5	5	5	51.67	2.47	64.14	12.47
Ev 6	5	5	49.18	6.17	65.35	16.17
Ev 7	5	5	103.33	2.47	115.80	12.47
Ev 8	5	5	60.28	3.09	73.36	13.09
Ev 9	5	5	147.54	11.98	169.51	21.98
Ev 10	5	5	57.38	5.80	73.18	15.80
Ev 11	5	5	81.97	4.44	96.41	14.44
Ev 12	5	5	107.56	1.85	119.41	11.85
Ev 14	5	5	106.56	4.32	120.88	14.32
Ev 15	5	5	125.41	12.35	147.75	22.35
Ev 16	5	5	98.36	5.56	113.91	15.56
Ev 17	5	5	154.89	7.41	172.30	17.41
Ev 18	5	5	65.57	8.64	84.21	18.64
Ev 19	5	5	47.36	9.26	66.62	19.26
Ev 20	5	5	51.67	4.32	65.99	14.32
Ev 21	5	5	38.75	3.70	52.45	13.70
Ev 22	5	5	55.11	5.31	70.42	15.31
Ev 23	5	5	40.98	3.09	54.07	13.09
Ev 24	5	5	61.47	11.73	83.20	21.73
Ev 25	5	5	25.83	3.09	38.92	13.09
Ev 26	5	5	116.17	7.65	133.82	17.65
Ev 27	5	5	163.932	8.64	182.57	18.64
Ev 28	5	5	103.259	2.47	115.73	12.47
Ev 29	5	5	65.573	7.41	82.98	17.41
Ev 30	5	5	129.074	10.49	149.57	20.49
<b>Ortalama</b>					95.08	15.93
<b>Standart Sapma</b>					40.42	3.06



### 3.4 İstatistiksel Analizler

#### 3.4.1 CO<sub>2</sub>, PM Konsantrasyonlarına İlişkin İstatistiksel Analizler

Bu bölümde; iç ortamlarda ölçülen kirlilik ve konfor parametrelerinin, anket çalışmasında elde edilen sonuçlara, evlerin konumlarına ve diğer özelliklerine göre ilişkisi incelenmiştir. Bu amaçla ilişki ve/veya farklılıklar istatistiksel analizlerle ortaya konulmaya çalışılmıştır.

##### 3.4.1.1 CO<sub>2</sub>, PM Konsantrasyonlarının Evlerin Metrekaresine Göre Değişimleri

Anketlerle belirlenen konut metrekareleri ile ölçümleri yapılan CO<sub>2</sub> ve PM parametreleri arasındaki ilişki t testi ile belirlenmiştir. Evlerin metrekarelerine ait istatistiksel değerler aşağıdaki tabloda verilmiş olup, ortalama, minimum ve maksimum değerler sırasıyla 107.10, 50 ve 175 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir (Tablo 3.23).

**Tablo 3.23:** Evlerin metrekarelerine ait istatistik bilgileri

Konut Metrekareleri (m <sup>2</sup> )						
Min	Max	Ortalama	Standart Sapma	%	Metrekare	Adet
50	175	107.10	27.153	10	87	3
				25	93	4
				50	100	13
				75	114.50	2
				90	167	5
					>167	2

Evlerin sınıflandırılması yüzdelik dilimler baz alınarak yapılmıştır. Buna göre %10'luk dilime karşılık gelen 87 metrekareden küçük, %90'lık dilime denk gelen 167 metrekareden büyük ve bu iki yüzdelik dilim arasında kalan evler olmak üzere (87-167 m<sup>2</sup>) üç gruba ayrılmıştır. %10'luk ve %90'lık dilimler en küçük ve en büyük metrekarenin kıyaslanmasına olanak sağlamak için yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre 3 adet en düşük, 2 adet en büyük metrekareye sahip evin olduğu görülmüştür.

Belirlenen üç ev büyüklükleri grubuna ait iç hava kalitesi arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar Anova testi gerçekleştirilerek tespit edilmeye çalışılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 3.24'de verilmiştir.

**Tablo 3.24:** Kirlilik-metrekare anova-tukey testi tablosu

Bağımsız Değişken	(I) M <sup>2</sup>	(J) M <sup>2</sup>	Ortalamalar Farkı (I-J)	Std. Hata	p
CO <sub>2</sub> Kış	<87	88-167	-248.72	54.47	0.000
		>167	-226.4	72.45	0.005
CO <sub>2</sub> Yaz	<87	88-167	94.71	18.23	0.000
		>167	53.54	24.25	0.071
PM Kış	<87	>167	62.78	17.99	0.001
		88-167	52.17	13.53	0.000
PM Yaz	<87	88-167	9.98	3.62	0.016
		>167	9.73	4.81	0.108

Buna göre PM kış konsantrasyonları ev metrekarelerine göre istatistiksel olarak birbirinden anlamlı farklılıklar göstermiştir (p<0.05). En küçük metrekare ile en büyük metrekare arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür. Bu farklılıklar (I-J) küçük metrekareli evlerde PM konsantrasyonlarının (yaklaşık 63 µg/m<sup>3</sup>) yüksek ölçülmesi şeklinde görülmüştür. Dolayısıyla kış aylarında yaşanan yoğun kirliliğin küçük metrekareli evleri daha çok etkilediği tespit edilmiştir.

### 3.4.1.2 CO<sub>2</sub>, PM Konsantrasyonlarının Evlerin Bölgelerine Göre Değişimi

Evlerin bulunduğu bölgelerin sosyo-ekonomik düzeyi (düşük-orta-yüksek) ile iç ortam CO<sub>2</sub> ve PM değerleri arasındaki ilişki belirlenmiştir. Evlerin sosyo-ekonomik düzeylerinin CO<sub>2</sub> ve PM değerlerine göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Anova testi yapılmış, sonuçlar Tablo 3.25’de verilmiştir. Tukey testi ile gruplar arasındaki farklılıklar tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 3.26’da verilmiştir.

Kış aylarında iç ortamlarda CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının düşük-orta-yüksek gelir düzeylerine göre dağılımı sırasıyla; 787 ( $\pm 207$ ) ppm, 1094 ( $\pm 460$ ) ppm ve 1101 ( $\pm 375$ ) ppm olarak bulunmuştur. Kışın CO<sub>2</sub> konsantrasyonları bölgelere göre  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak birbirinden anlamlı farklılıklar göstermiştir. Sosyo-ekonomik düzeylere göre CO<sub>2</sub> ölçümleri ortalamaları farkı; düşük ile orta düzey arasında 506 ppm, düşük ile yüksek düzey arasında 147 ppm bulunmuştur. Kış aylarında iç ortamlarda CO<sub>2</sub> konsantrasyonu gelir düzeyi düşük bölgede daha düşük tespit edilmiştir. Bunun nedeni gelir düzeyi düşük bölgede izolasyonunun zayıf olması, daha kent dışı mekanlar olması gösterilebilir.

**Tablo3.25: PM, CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının sosyo-ekonomik değişimi**

Parametre	Gelir Düzeyi	N	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Mak.
CO <sub>2</sub> Kış	Düşük	8	787	207	73	540	1088
	Orta	14	1094	460	123	538	2062
	Yüksek	7	1101	375	142	595	1770
	Toplam	29	1011	398	74	538	2062
CO <sub>2</sub> Yaz	Düşük	8	659	104	37	482	791
	Orta	14	607	125	33	419	851
	Yüksek	7	629	161	61	426	874
	Toplam	29	627	127	23	419	874
PM Kış	Düşük	8	107.08	67.53	21.74	45.80	258.65
	Orta	14	82.88	90.07	24.07	18.77	339.66
	Yüksek	7	123.58	134.35	50.78	20.14	390.39
	Toplam	29	99.38	336.39	62.47	18.77	390.39
PM Yaz	Düşük	8	33.33	14.25	5.04	20.4	54.70
	Orta	14	34.08	19.16	5.12	12.1	80.10
	Yüksek	7	26.70	11.77	4.45	10.7	45.70
	Toplam	29	32.09	16.14	2.30	10.7	80.10

**Tablo3.26:** PM, CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının bölgesel farklılıkları (anova)

Bağımsız Değişken	(I)	(J)	Ortalamalar Farkı (I-J)	Std. Hata	p
CO <sub>2</sub> Kış	Düşük	Orta	-506	38	0.000
		Yüksek	-147	37	0.000
	Orta	Düşük	506	38	0.000
		Yüksek	359	35	0.000
	Yüksek	Düşük	147	37	0.000
		Orta	-359	35	0.000
CO <sub>2</sub> Yaz	Düşük	Orta	45	14	0.004
		Yüksek	61	14	0.000
	Orta	Düşük	-45	14	0.004
		Yüksek	16	13.06	0.436
	Yüksek	Düşük	-61	13.89	0.000
		Orta	-16	13.06	0.436
PM Kış	Düşük	Orta	40.62	10.29	0.000
		Yüksek	-17.52	10.08	0.192
	Orta	Düşük	-40.62	10.29	0.000
		Yüksek	-58.14	9.48	0.000
	Yüksek	Düşük	17.52	10.08	0.192
		Orta	58.14	9.48	0.000
PM Yaz	Düşük	Orta	2.47	2.81	0.652
		Yüksek	0.98	2.75	0.932
	Orta	Düşük	-2.47	2.81	0.652
		Yüksek	-1.49	2.59	0.832
	Yüksek	Düşük	-0.98	2.75	0.932
		Orta	1.49	2.59	0.832

PM kış konsantrasyonlarının bölgelere göre değişiminde ise ( $p < 0.05$ ); gelir düzeyi düşük ve orta bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülürken, gelir düzeyi düşük ve yüksek bölgeler arasında anlamlı farklılıklar görülmemiştir. Gelir düzeyi zayıf bölgelerde bulunan evlerde PM konsantrasyonu, daha yüksek ölçülmüştür.

### 3.4.1.3 CO<sub>2</sub>, PM Konsantrasyonlarının Evlerin Yola Uzaklığına (Ara/Ana Yol) Göre Değişimi

Ölçüm yapılan evlerin ana yola yakınlığı (ana yol) ve uzaklığına (ara yol) bağlı olarak CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Evlerin yola uzaklığına bağlı olarak CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonlarındaki farklılıklar t testi ile belirlenmiş, sonuçlar Tablo 3.27’de verilmiştir.

**Tablo3.27:** CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonlarının yol durumuna göre (ara/ana yol) değişimi

Parametre	Yol	N	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalama
CO <sub>2</sub> Kış	Ara Yol	441	967	417	20
	Ana Yol	255	1080	471	29
CO <sub>2</sub> Yaz	Ara Yol	441	622	138	7
	Ana Yol	255	615	165	10
PM Kış	Ara Yol	441	122.06	118.42	5.64
	Ana Yol	255	61.00	76.69	4.80
PM Yaz	Ara Yol	441	33.32	28.85	1.37
	Ana Yol	255	29.92	29.11	1.82

CO<sub>2</sub> kış aylarında ana yolda 1080 ( $\pm$  471) ppm, ara yolda 967 ( $\pm$ 417) ppm, yaz aylarında ise ana yolda 622 ( $\pm$ 138) ppm, ara yolda 615 ( $\pm$ 165) ppm olarak bulunmuştur. CO<sub>2</sub> kış konsantrasyonları evlerin ana yola yakınlıklarına göre, birbirinden anlamlı farklılıklar göstermiştir ( $p < 0.05$ ). Kış aylarında CO<sub>2</sub> seviyesi ana yola yakın evlerde ara yola yakın evlere göre daha yüksek bulunmuştur.

PM kış konsantrasyonlarının evlerin yola uzaklığına göre farklılıklarının  $p < 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Kış aylarında PM seviyesi ara yola yakın evlerde ana yola yakın evlere göre daha yüksek bulunmuştur (Tablo 3.28).

**Tablo3.28:** CO<sub>2</sub>, PM konsantrasyonlarının yola yakınlık durumuna göre değişimi (t- testi)

Parametre	F	p	t	p	Ortalamalar Farkı
CO <sub>2</sub> Kış	5.76	0.017	-3.29	0.001	-113
CO <sub>2</sub> Yaz	5.21	0.023	0.59	0.552	7
PM Kış	70.23	0.000	7.39	0.000	61.05
PM Yaz	0.04	0.834	1.49	0.136	3.40

Ana yola yakın evlerde kış dönemindeki PM seviyesi ara yola yakın evlere göre daha yüksek bulunmuştur.

#### 3.4.1.4 CO<sub>2</sub>, PM Konsantrasyonlarının Evlerin Mutfak Metrekarelerine Göre Değişimi

Evlerin mutfaklarında ölçülen CO<sub>2</sub> ile PM parametrelerinin mutfak metrekarelerine göre bir farklılık gösterip-göstermediğini belirlemek için t testi yapılmıştır. Ölçüm yapılan evlerin mutfak metrekarelerine ait istatistiksel değerler Tablo 3.29'da verilmiştir. Mutfak metrekarelerinin ortalama değeri 14.14 m<sup>2</sup>, min=8 m<sup>2</sup> ve max=25 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Evlerin mutfak metrekarelerinin sınıflandırılmasında yüzdeler dilimler baz alınarak yapılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda; %10'luk dilime karşılık gelen 9 metrekareden küçük olan, %90'luk dilime denk gelen 20 metrekareden büyük olanlar ve bu iki yüzdeler dilim arasında kalan evler olmak üzere (10-20 m<sup>2</sup>) üç gruba ayrılmıştır. %10'luk dilimdeki en küçük metrekare ile %90'luk dilimdeki en büyük metrekareye sahip evlerin kıyaslanması yapılmış, 6 adet en düşük, 2 adet en büyük metrekareye sahip evin olduğu görülmüştür.

**Tablo 3.29:** Evlerin mutfak metrekarelerine ait istatistik bilgiler

Mutfak Metrekareleri (m <sup>2</sup> )						
Min	Max	Ortalama	Standart Sapma	%	Metrekare	Adet
8	25	14.14	5.201	10	9	6
				25	10	6
				50	12	4
				75	20	11
				90	>20	2

Belirlenen üç farklı büyüklüğe sahip mutfaklara ait iç hava kalitesi arasındaki farklılıklar Anova testi gerçekleştirilerek tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile belirlenerek sonuçlar Tablo 3.30 ve 3.31’de verilmiştir.

Tablo 3.31’deki sonuçlara göre, CO<sub>2</sub> kış konsantrasyonlarında mutfak metrekarelerine göre istatistiksel olarak 0.05 anlamlılık düzeyinde anlamlı farklılıklar görülmüştür. Farklılıkların hangi ikili gruptan kaynaklandığını gösteren çoklu karşılaştırma testi (Tukey testi) sonuçlarına göre; en küçük metrekare ile en büyük metrekare ve orta büyüklükteki metrekareler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar görülmüştür. Bu farklılıklar (I-J) küçük metrekareli (<9 m<sup>2</sup>) mutfaklarda, orta (10-20 m<sup>2</sup>) ve büyük metrekareli (>20 m<sup>2</sup>) mutfaklara göre daha az bulunmuştur. Orta büyüklükteki mutfaklarda CO<sub>2</sub> yaklaşık 173 ppm, büyük metrekarelilerden ise yaklaşık 532 ppm daha azdır. Mutfaklarda büyük metrekarelerde yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyonu tespit edilmiştir.

Yaz aylarında küçük mutfaklar ile orta büyüklükteki mutfaklar ve büyük mutfaklarda belirlenen CO<sub>2</sub> konsantrasyonları arasındaki farkı, p<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Mutfaklarda CO<sub>2</sub> orta büyüklükteki ve büyük mutfaklarda daha fazla tespit edilmiştir.



**Tablo 3.30:** Evlerin mutfak metrekarelerine ait istatistikler

Parametre	Metrekare	N	Ortalama	Standart Sapma	Std. Hata
CO <sub>2</sub> Kış	<9	144	772	205	17
	10-20	360	945	380	20
	>20	192	1303	515	37
	Toplam	696	1008	441	17
CO <sub>2</sub> Yaz	<9	144	562	172	14
	10-20	360	640	126	7
	>20	192	623	158	11
	Toplam	696	619	148	6
PM Kış	<9	144	113.89	116.63	9.72
	10-20	360	84.65	91.07	4.80
	>20	192	117.23	128.90	9.30
	Toplam	696	99.69	109.06	4.13
PM Yaz	<9	144	42.36	37.90	3.16
	10-20	360	28.80	13.99	0.74
	>20	192	30.50	38.84	2.80
	Toplam	696	32.07	28.97	1.10

PM kış konsantrasyonlarında  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde, orta büyüklükteki mutfaklar ile küçük ve büyük metrekareli mutfaklar arasında istatistiksel olarak birbirinden anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılık, orta büyüklükteki mutfaklarda belirlenen PM konsantrasyonu, büyük (yaklaşık  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ve küçük (yaklaşık  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mutfaklara göre daha düşük tespit edilmiştir.

PM yaz konsantrasyonunda, en fazla kirlilik küçük metrekareli mutfaklarda tespit edilmiştir. Küçük metrekareli mutfaklarla, orta ve büyük mutfaklar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ) (Tablo 3.31).

**Tablo 3.31:** CO<sub>2</sub>, PM konsantrasyonlarının evlerin mutfak metrekaresine farklılıkları

(Anova)

Bağımsız Değişken	(I) M <sup>2</sup>	(J) M <sup>2</sup>	Ortalama lar Farkı (I-J)	Std. Hata	p
CO <sub>2</sub> Kış	<9	10-20	-173	39	0.000
		>20	-532	44	0.000
	10-20	<9	173	39	0.000
		>20	-358	35	0.000
	>20	<9	532	44	0.000
		10-20	358	35	0.000
CO <sub>2</sub> Yaz	<9	10-20	-78	14	0.000
		>20	-60	16	0.001
	10-20	<9	78	14	0.000
		>20	17	13	0.377
	>20	<9	60	16	0.001
		10-20	-17	13	0.377
PM Kış	<9	10-20	29.23	10.66	0.017
		>20	-3.34	11.92	0.958
	10-20	<9	-29.23	10.66	0.017
		>20	-32.58	9.66	0.002
	>20	<9	3.34	11.92	0.958
		10-20	32.58	9.66	0.002
PM Yaz	<9	10-20	13.56	2.81	0.000
		>20	11.86	3.14	0.001
	10-19	<9	-13.56	2.81	0.000
		>20	-1.70	2.55	0.783
	>20	<9	-11.86	3.14	0.001
		10-20	1.70	2.55	0.783

CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonlarının mutfak metrekaresine göre değişimi yaz ve kış ayları için değerlendirilmiştir. CO<sub>2</sub> ve PM değerleri ile mutfak metrekaresi arasında anlamlı ilişkiler bulunmasına rağmen, evlerin havalandırma sıklığı, evlerde yaşayan kişi sayısı ve geçirdikleri süre, pişirme için kullanılan enerji türü, yaz aylarında kapı ve pencerelerin uzun süre açık tutulması sebebiyle dış ortamdan iç ortama kirletici akışlarının olabileceği düşünülmektedir.

### 3.4.1.5 CO<sub>2</sub>, PM Konsantrasyonlarının Evlerin Havalandırma Sürelerine Göre Değişimi

Yapılan anketlerle farklı havalandırma sürelerine sahip olan evlerin CO<sub>2</sub>, PM konsantrasyonlarındaki değişimi belirlemek amacıyla t testi yapılmıştır. Ölçüm yapılan evlerin havalandırma sürelerine ait istatistiksel bilgiler Tablo 3.32’de verilmiştir. Maksimum havalandırma süresi 24 saat olarak belirlenirken, minimum 0.20 saat ve ortalama 5.32 saat olarak bulunmuştur. Evlerin havalandırma sürelerine ilişkin sınıflandırılmada; %10’luk dilime karşılık gelen 0.25 saatten daha küçük olan, %90’lık dilime denk gelen 23 saatten büyük olanlar ve bu iki yüzdellik dilim arasında kalan 0.26-23.00 saat olarak üç gruba ayrılmıştır (Tablo 3.32). Bu sınıflandırma ile en küçük ve en büyük havalandırma süreleri kıyaslanmıştır.

**Tablo 3.32:** Evlerin havalandırma sürelerine ait istatistiksel bilgiler

Havalandırma Süresi (saat)						
Min	Max	Ortalama	Standart Sapma	%	Saat	Adet
0.20	24.00	5.32	7.25	10	0.25	3
				25	0.50	5
				50	2.00	8
				75	7.00	6
				90	>23	7

Yaz ve kış dönemlerindeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonları ve kış dönemindeki PM konsantrasyonlarının evlerin havalandırma süreleriyle ilişkisi  $p < 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir. En kısa havalandırma süresi ile en yüksek havalandırma süresi arasında anlamlı bir fark görülmüştür. Bu farklılıklar (I-J) CO<sub>2</sub> kış için kısa havalandırma süresine sahip evlerde uzun süreli havalandırma (yaklaşık 625 ppm) ve orta düzeydeki havalandırma sürelerine sahip evlere göre (yaklaşık 490 ppm) yüksek ölçülmüştür. Yaz aylarında oluşan CO<sub>2</sub> konsantrasyonu kısa süreli havalandırılan evlerin uzun süreli havalandırılanlara göre 188 ppm, orta düzeydeki havalandırılanlara göre 169 ppm daha fazla olduğu bulunmuştur.

PM kış aylarının havalandırma sürelerine bağlı değişimi CO<sub>2</sub> parametresinde tespit edilen duruma benzerdir. Kısa havalandırma sürelerine sahip evlerdeki PM konsantrasyonu orta düzeydeki havalandırma süresine sahip evlere göre 89 µg/m<sup>3</sup> daha fazla bulunmuştur (Tablo 3.33).

**Tablo 3.33:** Kirlilik-havalandırma süresi (anova-tukey testi) tablosu

Bağımsız Değişken	(I) saat	(J) saat	Ortalamalar Farkı (I-J)	Std. Hata	p
CO <sub>2</sub> Kış	<0.25	0.26-23.00	490	52	0.000
		>23.00	625	77	0.000
	0.26-23.00	<0.25	-490	52	0.000
		>23.00	135	62	0.075
	>23.00	<0.25	-625	77	0.000
		0.26-23.00	-135	62	0.075
CO <sub>2</sub> Yaz	<0.25	0.26-23.00	19	18	0.526
		>23.00	188	26	0.000
	0.26-23.00	<0.25	-19	18	0.526
		>23.00	169	21	0.000
	>23.00	<0.25	-188	26	0.000
		0.26-23.00	-169	21	0.000
PM Kış	<0.25	0.26-23.00	89.28	12.72	0.000
		>23.00	-35.02	18.96	0.155
	0.26-23.00	<0.25	-89.28	12.72	0.000
		>23.00	-124.30	15.28	0.000
	>23.00	<0.25	35.02	18.96	0.155
		0.26-23.00	124.30	15.28	0.000
PM Yaz	<0.25	0.26-23.00	-0.77	3.63	0.975
		>23.00	0.07	5.41	1.000
	0.26-23.00	<0.25	0.77	3.63	0.975
		>23.00	0.84	4.36	0.980
	>23.00	<0.25	-0.07	5.41	1.000
		0.26-23.00	-0.84	4.36	0.980

### 3.4.1.6 Sigara Kullanımı ile Kirlilik Parametreleri (CO<sub>2</sub>, PM) Arasındaki İlişki

Sigara kullanımının iç ortamlardaki CO<sub>2</sub>, PM değerlerini etkileyip etkilemediğini belirlemek amacıyla t-testi yapılmıştır. Ölçüm yapılan evlerde sigara kullanımı ile CO<sub>2</sub> ve PM değerlerinin yaz ve kış aylarına göre istatistiksel verileri Tablo 3.34’de verilmiştir.

**Tablo 3.34:** Sigara kullanımı - CO<sub>2</sub>, PM değerlerine ait istatistik bilgiler

Parametre	Sigara İçilmesi	N	Ortalama	Standart Sapma
CO <sub>2</sub> Kış	Yok	312	997	430
	Var	384	1017	450
CO <sub>2</sub> Yaz	Yok	312	657	111
	Var	384	588	167
PM Kış	Yok	312	69.49	69.83
	Var	384	124.23	127.57
PM Yaz	Yok	312	30.73	13.36
	Var	384	33.16	37.09

İç ortamlardaki CO<sub>2</sub> değeri kış aylarında sigara kullanılan evlerde ortalama 1017 ppm bulunurken, sigara kullanılmayan evlerde ortalama 997 ppm seviyesinde ölçülmüştür. Yaz aylarında ise sigara kullanımı olan evlerde ortalama 588 ppm, sigara kullanılmayan evlerde ise ortalama 657 ppm bulunmuştur. Yaz aylarında sigara içilen evlerde daha düşük ölçülmesinin nedeninin havalandırma ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

PM konsantrasyonu kış aylarında sigara kullanımı olan evlerde daha yüksek bulunurken (ortalama 124 µg/m<sup>3</sup>), sigara kullanılmayan evlerde ortalama 69 µg/m<sup>3</sup> seviyesinde ölçülmüştür. Yaz aylarında PM konsantrasyonu sigara içilen evlerde ortalama 33 µg/m<sup>3</sup>, içilmeyen evlerde ise ortalama 31 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur.

Yapılan t testi sonuçlarına göre,  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde CO<sub>2</sub> yaz konsantrasyonları sigara içilmesi/içilmemesi durumlarına göre istatistiksel olarak birbirinden anlamlı farklılıklar göstermiştir. Kış aylarında PM konsantrasyonu sigara içilen evlerde içilmeyen evlere göre 55 µg/m<sup>3</sup> daha yüksek bulunmuştur (Tablo 3.35).

**Tablo 3.35:** CO<sub>2</sub>, PM konsantrasyonları ile sigara içilmesi durumuna ait t- testi

Parametre	F	p	t	p	Ortalama Farkı
PM Kış	105.43	0.000	-6.796	0.000	-54.74
CO <sub>2</sub> Yaz	66.51	0.000	6.309	0.000	69

#### 3.4.1.7 CO<sub>2</sub>, PM Konsantrasyonlarının Gece/Gündüz Periyodundaki Değişimleri

İnsanların gece ve gündüz zaman dilimlerindeki faaliyetleri, iç ortam konsantrasyonlarında farklılıklar meydana getirmiştir. Bu farklılıklar yapılan t testi ile ortaya konulmuştur. Tablo 3.36’da ölçüm yapılan evlerin gece/gündüz zaman dilimlerine ait istatistiksel bilgileri verilmiştir.

**Tablo 3.36:** CO<sub>2</sub>, PM konsantrasyonlarının gece/gündüz değerlerine ait istatistikleri

Parametre	Gece/Gündüz	N	Ortalama	Standart Sapma	St. Hata Ortalama	
<b>Kış</b>	CO <sub>2</sub>	Gece	196	988	522	37
		Gündüz	476	1015	413	19
	PM	Gece	196	80.57	86.10	6.15
		Gündüz	476	92.85	99.11	4.54
<b>Yaz</b>	CO <sub>2</sub>	Gece	196	655	176	13
		Gündüz	476	603	135	6
	PM	Gece	196	32.68	32.22	2.30
		Gündüz	476	31.13	16.68	0.76

CO<sub>2</sub> değerleri, kışın gece saatlerinde (ortalama 988 ppm) gündüz saatlerine (ortalama 1015 ppm) göre düşük bulunurken, yazın gece saatlerinde (ortalama 655 ppm) gündüz saatlerine göre (ortalama 603 ppm) daha yüksek bulunmuştur.

PM değerleri, kış aylarında gece saatlerinde daha düşük (yaklaşık 81 µg/m<sup>3</sup>), gündüz saatlerinde (93 µg/m<sup>3</sup>) daha yüksektir. Yaz aylarında ise gece saatlerinde gündüz saatlerinden biraz daha yüksek bulunmuştur.

Gece ve gündüz saatlerinde iç ortamlarda belirlenen konsantrasyonların birbirinden farklı olup olmadığı t testi yapılarak belirlenmiştir. Tablo 3.37'deki t testi sonuçlarına göre, CO<sub>2</sub> yaz konsantrasyonları gece/gündüz saatleri açısından anlamlı bir farklılık bulunmuştur (p<0.05). t testi sonuçları ortalamalar ile birlikte değerlendirildiğinde gece saatlerinde oluşan ortalama CO<sub>2</sub> seviyesi (655 ppm) gündüz saatlerinden (603 ppm) daha yüksek bulunmuştur.

Kış aylarında gündüz saatlerinde daha yüksek belirlenen CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonlarının ısınma, yemek pişirme, sigara içilmesi ve dış ortam hava kirliliğinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Gece iç ortamlarda insan faaliyetlerinin olmaması veya çok az olması, enerji kullanımının azalması bu zaman dilimlerinde daha az CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonlarına neden olmuştur.

**Tablo 3.37:** CO<sub>2</sub>, PM -gece/gündüz durumu (bağımsız t- testi) tablosu

Parametre	F	p	t	p	Ortalama Farkı	
CO <sub>2</sub>	Yaz	9,91	0,002	4,13	0,000	52
	Kış	15,00	0,000	-0,63	0,529	-26,37
PM	Yaz	3,06	0,081	-1,51	0,130	-12,27
	Kış	4,08	0,044	0,816	0,415	1,55

### 3.4.1.8 Partikül Maddenin Yaz ve Kış Aylarına Göre Değerlendirilmesi

PM konsantrasyonlarının yaz ve kış aylarındaki değişimini belirlemek amacıyla t testi yapılmıştır. Ölçüm yapılan evlerde yaz/kış dönemlerindeki istatistiksel bilgiler Tablo 3.38’de verilmiştir. Kış aylarında PM konsantrasyonlarının ortalaması  $172.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , yaz aylarında  $32.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür.

**Tablo 3.38:** Partikül madde konsantrasyonlarının dönemsel istatistik bilgileri

Parametre	Yaz/Kış	N	Ortalama	Standart Sapma	St. Ortalama	Hata
PM	Kış	696	172.74	587.02	22.25	
	Yaz	696	32.07	28.97	1.10	

Tablo 3.39’da PM değerlerinin yaz/kış durumuna göre t testi sonucu  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir. Kış aylarındaki PM konsantrasyonları yaz aylarından  $141 \mu\text{g}/\text{m}^3$  daha fazla bulunmuştur. Kış aylarındaki ısınma faaliyetlerinin iç ortam hava kirliliğini arttırdığı görülmektedir.

Yaz aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği olmadığı, kirliliğin pişirme, trafik, sigara içilmesi, insan aktivitelerinden oluştuğu düşünülmektedir.

**Tablo 3.39:** PM konsantrasyonlarının yaz/kış değişimine ait bağımsız t- testi sonuçları

Parametre	F	p	t	p	Ortalama Farkı
PM Kış/Yaz	59.07	0.000	6.31	0.000	140.66



### 3.4.1.9 Karbondioksitin Yaz ve Kış Aylarına Göre Değerlendirilmesi

Ölçüm yapılan evlerde yaz/kış dönemlerine ait CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının istatistiksel sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tablo 3.40'da CO<sub>2</sub> değeri kış aylarında ortalama 1008 ppm, yaz aylarında ise 619 ppm seviyesinde ölçülmüştür.

**Tablo 3.40:** Yaz/kış dönemi CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına ait istatistiksel bilgiler

Parametre	Sezonlar	N	Ortalama	Standart Sapma	St. Hata Ortalama
CO <sub>2</sub>	Kış	696	1008	441	17
	Yaz	696	619	148	6

CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz ve kış aylarına göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan t testi sonucunda;  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde yaz ve kış aylarında ölçülen CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarında istatistiksel olarak birbirinden anlamlı farklılıklar görülmüştür (Tablo 3.41). Kış aylarındaki CO<sub>2</sub> değeri, yaz aylarındaki seviyesinden 389 ppm daha fazla bulunmuştur.

Kış aylarında kapı ve camların kapalı olması, havalandırmanın yetersiz olması ve yanma faaliyetleri gibi sebeplerin iç ortam CO<sub>2</sub> seviyesini arttırdığı anlaşılmaktadır.

**Tablo 3.41:** CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış değişimine ait bağımsız t- testi tablosu

Parametre	F	p	t	p	Ortalama Farkı
CO <sub>2</sub> Kış/Yaz	423.97	0.000	22.069	0.000	389

### 3.4.1.10 İşyerlerindeki CO<sub>2</sub>, PM Seviyesinin Gece/Gündüz Değişimi

CO<sub>2</sub>, PM konsantrasyonlarının tespit edildiği işyerlerinin, gece/gündüz zaman dilimlerindeki değerlerine ait istatistikler Tablo 3.42’de verilmiştir. Kış aylarında iş yerlerinde CO<sub>2</sub> konsantrasyonu gece saatlerinde 868 ppm, gündüz saatlerinde 701 ppm olup gece saatlerinde daha yüksek bulunmuştur. Kış aylarında işyerlerinde gece saatlerinde CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun yüksek bulunmasının sebebi; işyerlerinde ısıtma için genellikle mekanik havalandırma sistemlerinin kullanılması, kapı ve camların kapalı kalması ve sabah saatlerinde yapılan bina temizliğine kadar CO<sub>2</sub>’in içerde birikmesi olarak değerlendirilmektedir

İşyerlerinde CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, gece saatlerinde 541 ppm, gündüz saatlerinde ise 651 ppm olup, gündüz saatlerinde daha yüksek tespit edilmiştir. Yazın işyerlerinde insan sirkülasyonunun fazla olması iç ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonunu arttırabileceği düşünülmektedir.

Kış aylarında PM konsantrasyonu geceleri 117 µg/m<sup>3</sup>, gündüzleri 122 µg/m<sup>3</sup> olup gündüz saatlerinde daha yüksek bulunmuştur. Yaz aylarında geceleri 30 µg/m<sup>3</sup>, gündüz saatlerinde 33 µg/m<sup>3</sup> olup gündüz saatlerinde daha yüksek olarak tespit ölçülmüştür. Yaz ve kış aylarında işyerlerindeki PM konsantrasyonlarını mekanik havalandırma sistemleri, insanların iç ortam aktiviteleri arttırmaktadır.

Yaz aylarında ölçülen CO<sub>2</sub> değerlerinin gece/gündüz zaman dilimindeki farklılıkları yapılan t testi ile ortaya konulmuştur. Yazın gündüz saatlerinde ölçülen CO<sub>2</sub> konsantrasyonları gece saatlerine göre 109 ppm daha fazla bulunurken, kışın gece saatlerinde gündüz saatlerine göre 167 ppm daha fazla ölçülmüştür (Tablo 3.43).

**Tablo 3.42:** CO<sub>2</sub>, PM konsantrasyonlarının gece/gündüz periyoduna ait istatistikleri

Parametre	Gece/Gündüz	N	Ortalama	Standart Sapma	St. Hata Ortalama
CO <sub>2</sub> Kış	Gece	70	868	226	27
	Gündüz	170	701	228	17
CO <sub>2</sub> Yaz	Gece	70	541	186	22
	Gündüz	170	651	268	20
PM Kış	Gece	70	117.56	150.89	18.03
	Gündüz	170	122.17	152.60	11.70
PM Yaz	Gece	70	30.26	26.36	3.15
	Gündüz	170	32.93	40.79	3.13

**Tablo 3.43:** CO<sub>2</sub> konsantrasyonları ile gece/gündüz durumu için t- testi sonuçları

Parametre	F	p	t	p	Ortalama Farkı
CO <sub>2</sub> Kış Gece/Gündüz	0.249	0.618	5.162	0.000	167
CO <sub>2</sub> Yaz Gece/Gündüz	2.116	0.147	-3.125	0.002	-109

#### 3.4.1.11 İşyerlerindeki Karbondioksitin Yaz ve Kış Aylarına Göre Değerlendirilmesi

İşyerlerinde CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, kış aylarında ortalama 750 ppm, yaz aylarında 619 ppm ölçülmüştür (Tablo 3.44). CO<sub>2</sub> değerlerinin yaz ve kış aylarına ait  $p < 0.05$  anlamlılık derecesinde istatistiksel değerlendirmesi Tablo 3.45’de verilmiş olup, anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. İşyerlerinde kış aylarında belirlenen CO<sub>2</sub> konsantrasyonu yaz aylarına göre 131 ppm daha fazla tespit edilmiştir.

**Tablo 3.44:** CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış dönemi istatistikleri

Parametre	Yaz/Kış	N	Ortalama	Standart Sapma	St. Hata Ortalama
CO <sub>2</sub>	Kış	240	750	240	15
	Yaz	240	619	251	16

**Tablo 3.45:** CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaz/kış dönemi için t- testi tablosu

Parametre	F	p	t	p	Ortalama Farkı
CO <sub>2</sub> Kış/Yaz	0.08	0.780	5.87	0.000	131

#### 3.4.1.12 İşyerlerindeki Partikül Maddenin Yaz ve Kış Aylarına Göre Değerlendirilmesi

Ölçüm yapılan evlerde yaz/kış dönemine ait istatistiksel değerler Tablo 3.46'da verilmiştir. PM değeri kış aylarında ortalama 121 µg/m<sup>3</sup>, yaz aylarında 32 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Tablo 3.47'ye göre; PM konsantrasyonu yaz ve kış aylarında istatistiksel olarak birbirinden anlamlı farklılıklar göstermiştir (p<0.05).

**Tablo 3.46:** PM konsantrasyonlarının yaz/kış dönemi istatistikleri

PM Yaz/Kış	N	Ortalama	Standart Sapma	St. Hata Ortalama
Kış	240	120.82	151.80	9.80
Yaz	240	32.15	37.13	2.40

İşyerlerinde kış döneminde belirlenen PM konsantrasyonlarının ortalaması yaz dönemlerinden 89 µg/m<sup>3</sup> fazla bulunmuştur. Isınma, trafik ve havalandırma koşullarının kış aylarında PM konsantrasyonlarını arttırabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 3.47:** PM konsantrasyonlarının yaz/kış dönemi için t- testi tablosu

Parametre	F	p	t	p	Ortalama Farkı
PM Kış/Yaz	110.34	0.000	8.79	0.000	88.67

### 3.4.1.13 İşyeri/Ev ortamlarındaki CO<sub>2</sub>, PM Karşılaştırılması

CO<sub>2</sub> değeri; kış aylarında evlerde 1008 ppm, işyerlerinde 750 ppm olup, evlerde daha yüksek tespit edilmiştir. Yaz aylarında CO<sub>2</sub> değerlerinin ev ve işyerlerindeki ortalaması eşit bulunmuştur. PM değeri; kış aylarında evlerde 100 µg/m<sup>3</sup>, işyerlerinde 121 µg/m<sup>3</sup> olup işyerlerinde daha yüksek ölçülmüştür. Yaz aylarında ev ve işyerlerinde PM ortalama değerleri yaklaşık 32 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür (Tablo 3.48).

**Tablo 3.48:** CO<sub>2</sub>,PM-ev/işyeri değerlerine ait istatistik bilgiler

Parametre	Ev / İş	N	Ortalama	Standart Sapma	St. Hata Ortalama
CO <sub>2</sub> Kış	Ev	696	1008	441	17
	İş	240	750	240	15
CO <sub>2</sub> Yaz	Ev	696	619	148	6
	İş	240	619	251	16
PM Kış	Ev	696	99.69	109.06	4.13
	İş	240	120.82	151.80	9.80
PM Yaz	Ev	696	32.07	28.97	1.10
	İş	240	32.15	37.13	2.40

CO<sub>2</sub> kış konsantrasyonları ev ve işyeri ortamlarına göre istatistiksel olarak birbirinden anlamlı farklılıklar göstermiştir (p<0.05). Evlerde CO<sub>2</sub> konsantrasyonları 258 ppm daha yüksek ölçülmüştür. CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının evlerde işyerlerine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kış döneminde evlerdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının işyerlerinden daha fazla olması; enerji kullanımına, havalandırma süresine, insanların iç ortamda geçirdikleri süreye bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Benzer şekilde, PM kış konsantrasyonları ortalamaları ev veya işyerinde p<0.05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak farklılıklar göstermiştir. İşyerlerinde ölçülen PM konsantrasyonları evlerde ölçülenlerden 21 µg/m<sup>3</sup> daha yüksek bulunmuştur. İşyerlerinin kent merkezinde olması ve yoğun trafik, insanların işyerlerine sürekli giriş-çıkışları sırasındaki iç ortam aktiviteleri, yetersiz havalandırmanın PM konsantrasyonlarındaki artışa sebep olabilmektedir. Yapılan t testine ilişkin değerler Tablo 3.49'da verilmiştir.

**Tablo 3.49:** CO<sub>2</sub>, PM konsantrasyonlarının -ev/işyeri karşılaştırılması, t- testi tablosu

Parametre		F	p	t	p	Ortalama Farkı
CO <sub>2</sub> (Ev/İşyeri)	Kış	70.12	0.000	8.64	0.000	258
PM (Ev/İşyeri)	Kış	9.11	0.003	-2.33	0.020	-21.13

### 3.4.2 İç/Dış Ortam CO<sub>2</sub>, PM Konsantrasyonlarına İlişkin İstatistiksel Analizler

#### 3.4.2.1 İç ve Dış Ortamlarda Ölçülen CO<sub>2</sub> Ölçümlerinin Yaz ve Kış Aylarına Göre Değerlendirilmesi

Kış aylarında, iç ortamında ve aynı zamanda dış ortamlarda ölçümü yapılan CO<sub>2</sub> değerlerinin istatistik değerleri (ortalama, standart sapma, ortalama standart hata) ve t testi sonuçları Tablo 3.50’de verilmiştir. İç ortam için ortalama CO<sub>2</sub> değeri 1264 ppm, dış ortam değeri ise 431 ppm’dir. Kış ayları için iç ve dış ortam CO<sub>2</sub> değerleri arasında  $p < 0.05$  önem seviyesine göre anlamlı sonuçlar bulunmuştur. . Kış aylarında iç ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonu dış ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonundan 832 ppm daha fazla tespit edilmiştir.

Tablo 3.51’de yaz aylarında iç/dış ortamda CO<sub>2</sub> değerlerinin ortalama ve standart sapma ve standart hata değerleri ile bağımsız örneklem t-testi sonuçları verilmiştir. İç ortamda ortalama 638 ppm olarak belirlenen CO<sub>2</sub> değeri, dış ortamda 405 ppm olarak bulunmuştur. Yaz aylarında iç ve dış ortamda CO<sub>2</sub> konsantrasyonları arasındaki fark 234 ppm’dir. Yaz aylarında,  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde iç ve dış ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Özellikle kış aylarında kapı ve camların kapalı olması sebebiyle iç ortamlarda oluşan düşük havalandırma düzeyi, evlerde yaşayan kişi sayısı, insan aktiviteleri vs. etkili olmaktadır. Yaz aylarında havalandırma süresinin yüksek olması sebebiyle, iç ve dış ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonları birbirine daha yakın bulunmuştur.

**Tablo 3.50:** İç/dış ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonları, bağımsız örneklem t-testi (kış)

Parametre	İç/Dış Ortam	N	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama Standart Hata
CO <sub>2</sub>	Dış	571	431	118	5
	İç	571	1264	427	18
t testi					
Parametre	F	t	p	Ortalama Farkı	
CO <sub>2</sub>	449	-44.880	.000	-832	
İç/Dış					

**Tablo 3.51:** İç/dış ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonları, bağımsız örneklem t-testi (yaz)

Parametre	İç/Dış Ortam	N	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama Standart Hata
CO <sub>2</sub>	Dış	7357	405	101	1
	İç	7337	638	137	2
t testi					
Parametre	F	t	p	Ortalama Farkı	
CO <sub>2</sub>	207	-	.000	-234	
İç/Dış					

#### 3.4.2.2 İç ve Dış Ortamlarda Ölçülen PM Ölçümlerinin Yaz ve Kış Aylarına Göre Değerlendirilmesi

Kış aylarında ortalama PM değerleri, iç ve dış ortamda sırasıyla 89 µg/m<sup>3</sup> ve 202 µg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. PM konsantrasyonlarının iç ve dış ortamlarda ölçülen değerleri arasında, p<0.05 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Kış aylarında dış ortam değerleri iç ortam değerlerinden 113 µg/m<sup>3</sup> daha fazla bulunmuştur (Tablo 3.52).

Yaz aylarında PM ortalama, standart sapma ve ortalama standart hata değerleri Tablo 3.53’de verilmiştir. Yaz aylarında iç ortam PM değeri  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bulunurken, dış ortamda  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olup, t-testi sonucu ( $p < 0.05$ ) iç ve dış ortam arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Yaz aylarında dış ortam değerleri iç ortam değerlerinden  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fazla bulunmuştur. Yaz ve kış aylarında, dış ortam kirletici kaynaklarının iç ortam kirletici kaynaklarından daha baskın olduğu ve iç ortamlarda elde edilen PM değerlerine dış ortamın büyük bir katkısının olabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 3.52:** İç/dış ortam PM konsantrasyonları, bağımsız örneklem t-testi (kış)

Parametre	İç/Dış Ortam	N	Ortalama a	Standart Sapma	Ortalama Standart Hata
PM	Dış	168	202.44	97.06	7.49
	İç	168	89.44	125.95	9.72

t testi				
Parametre	F	t	p	Ortalama Farkı
PM İç/Dış	1.118	-9.211	0.000	-113.00

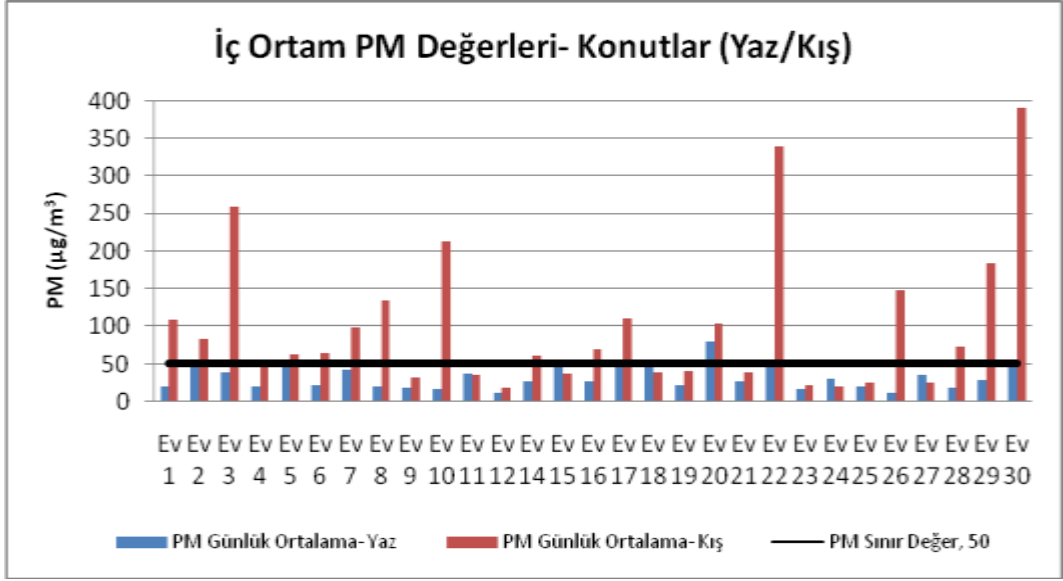
**Tablo 3.53:** İç/dış ortam PM konsantrasyonları, bağımsız örneklem t-testi (yaz)

Parametre	İç/Dış Ortam	N	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama Standart Hata
PM	Dış	115	41.45	14.38	1.34
	İç	1550	23.59	10.02	0.25

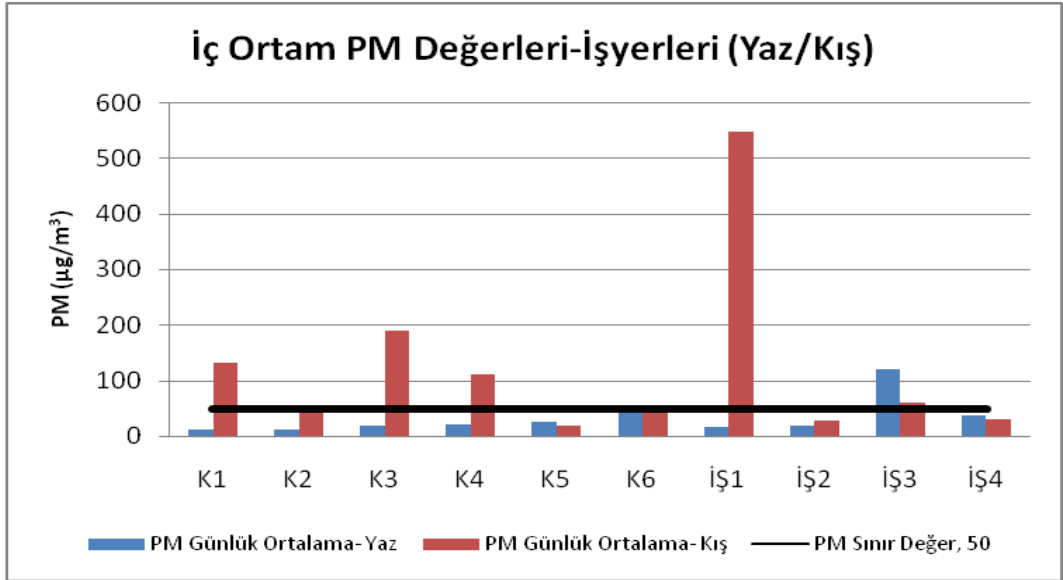
t testi				
Parametre	F	t	p	Ortalama Farkı
PM İç/Dış	43.423	17.81	.000	17.00

İç ortamlarda konutlarda, işyerlerinde ve kamu binalarında yaz ve kış aylarında PM konsantrasyonlarının sınır değere göre değerlendirilmesi Şekil 3.65 ve Şekil 3.66’da gösterilmiştir.





Şekil 3.65: Konutlarda ölçülen PM konsantrasyon değerleri (yaz/kış)



Şekil 3.66: İşyerlerinde ölçülen PM konsantrasyon değerleri (yaz/kış)

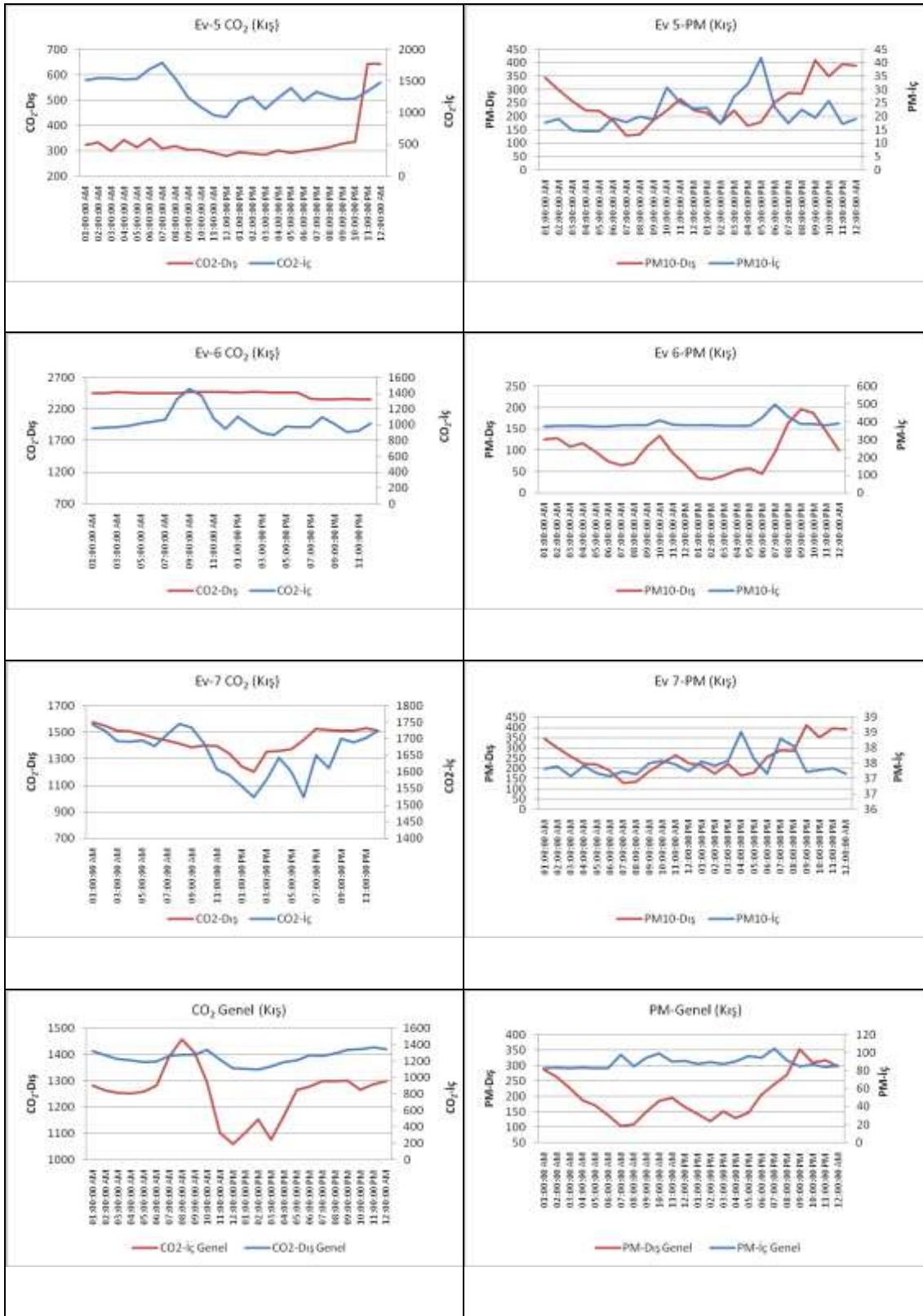
### 3.4.2.3 İ ve Dış Ortamlarda Ölçülen CO<sub>2</sub> ve PM Konsantrasyonlarının Değişimi (Yaz/Kış)

İ ve dış ortamda evlerde ölçülen CO<sub>2</sub> ve PM değerlerinin yaz ve kış aylarında grafik olarak gösterilmesi Şekil 3.67 ve 3.68’de verilmiştir. Buna gore;

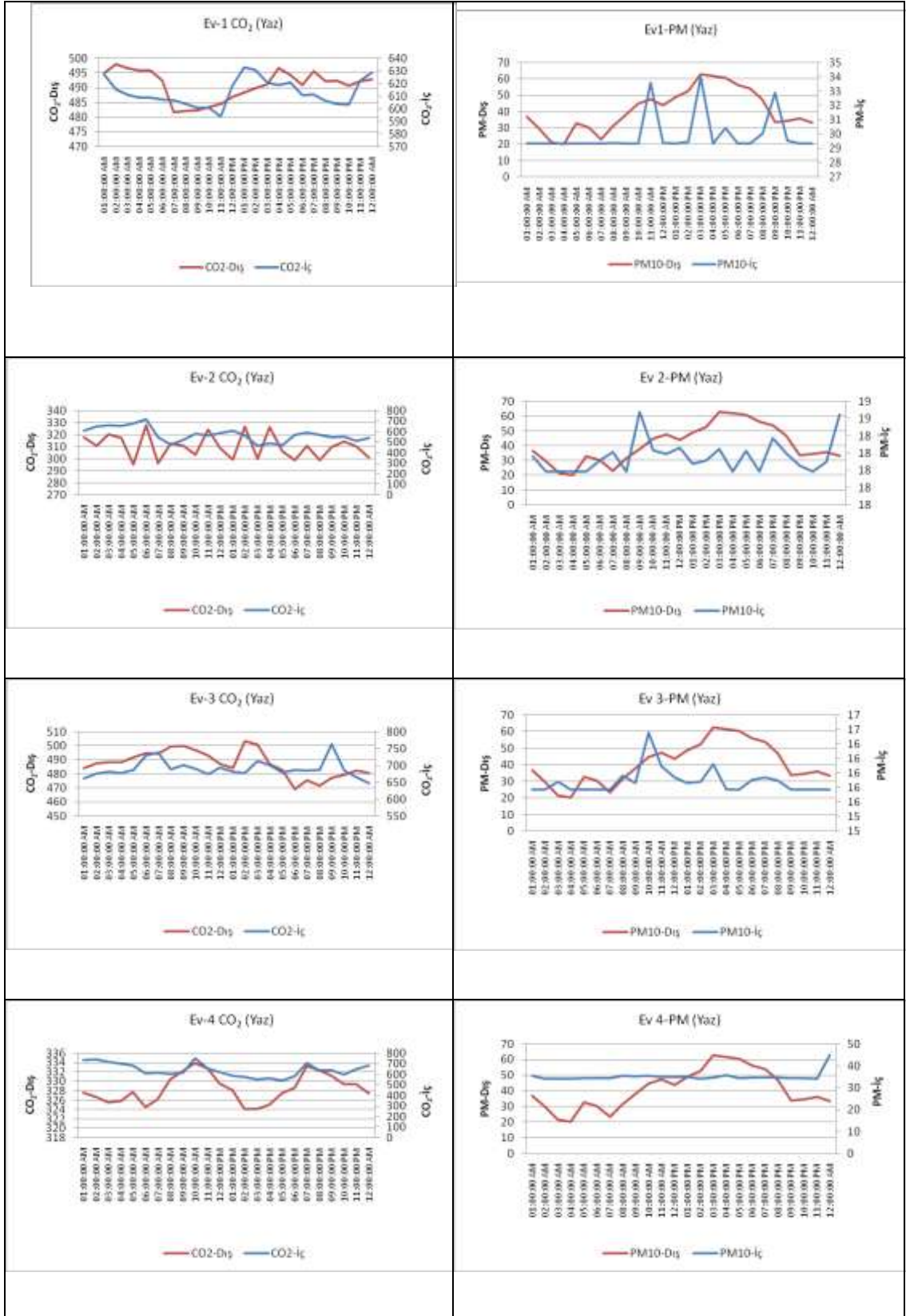
- İnsanların iç ortamda geçirdikleri süre ile bu süre içersinde kullandıkları enerjinin aynı zaman dilimine denk gelmesi, kapı ve camların genellikle kapalı tutularak iç ortama temiz hava girişinin engellenmesi kış aylarında iç/dış ortamlarda ölçülen CO<sub>2</sub> ve PM değerlerindeki artışların aynı zaman diliminde olduğu,
- Yaz ve kış aylarında iç/dış ortamlarda ölçülen CO<sub>2</sub> değerlerinin enerji kullanımı, yetersiz havalandırma sebebiyle i ortamlarda daha fazla olduğu,
- Yaz ve kış aylarında iç/dış ortamlarda ölçülen PM değerleri, ısınma, trafik, meteorolojik koşullar gibi dış ortam kirletici kaynaklarının daha baskın olması sebebiyle, dış ortam değerlerinin iç ortama göre daha yüksek olduğu,
- Evlerde yemek pişirilmesi, sigara içilmesi, düşük havalandırma hızı ve çeşitli aktiviteler partikül maddeyi tutarak birikmesine neden olduğu belirlenmiştir.



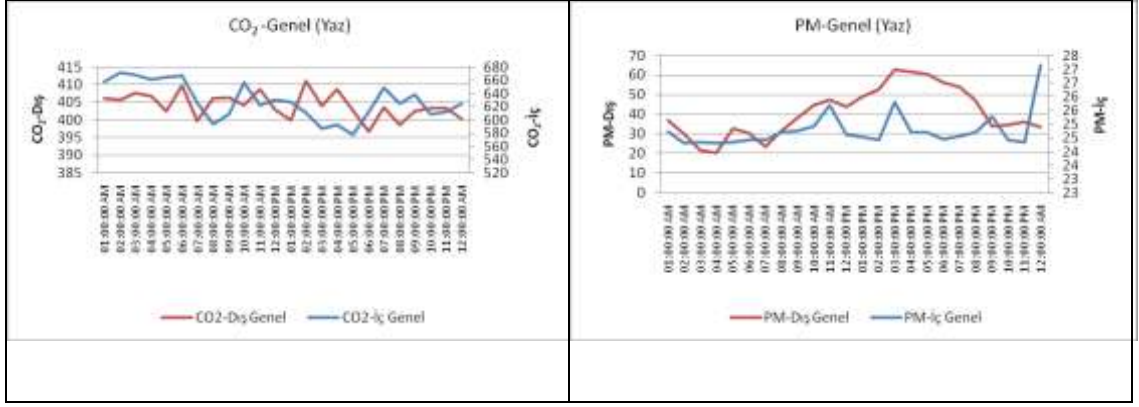
Şekil 3.67: İç ve dış ortamlarda CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları (kış) (devam ediyor)



Şekil 3.67: İç ve dış ortamlarda CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları (kış)



Şekil 3.68: İç ve dış ortamlarda CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları (yaz) (devam ediyor)



Şekil 3.68: İç ve dış ortamlarda CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları (yaz)

### 3.4.3 İç Ortam Pasif Örneklemeye Sonuçlarına İlişkin İstatistiksel Analizler

Evlerin ve işyerlerinin iç ortamlarında SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> pasif örnekleme sonuçlarına ait ölçüm sonuçları evlerin ve mutfakların metrekarelerine, ısınmada ve pişirmede kullanılan yakıt cinsine, sigara kullanımına, binaların izolasyonuna ve yol durumuna bağlı olarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

#### 3.4.3.1 Evlerin Metrekaresi ile Kirlilik Parametreleri (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) Arasındaki İlişki

Evlerin metrekaresi ile NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonları yaz ve kış sezonlarında değerlendirilmiş, sonuçlar Tablo 3.54'de verilmiştir. NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının konutların metrekarelerine göre ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri bulunmuştur.

Kış aylarında NO<sub>2</sub> değerlerinin küçük, orta ve büyük metrekarelere göre dağılımı sırasıyla; 24.54 µg/m<sup>3</sup>, 46.07 µg/m<sup>3</sup>, 45.25 µg/m<sup>3</sup> olup, yaz aylarında 12.87 µg/m<sup>3</sup>, 13.66 µg/m<sup>3</sup> ve 15.32 µg/m<sup>3</sup>'tür.

SO<sub>2</sub> değerlerinin evlerin metrekaelerine göre dağılımı ise; kışın, küçük evlerde 12.87 µg/m<sup>3</sup>, orta büyüklükteki evlerde 13.66 µg/m<sup>3</sup>, büyük evlerde 15.32 µg/m<sup>3</sup>'tür. Yaz aylarında, küçük evlerde 103.61 µg/m<sup>3</sup>, orta büyüklükteki evlerde 53.56 µg/m<sup>3</sup>, büyük evlerde 64.77 µg/m<sup>3</sup>'tür.

İ ortamlarda tespit edilen O<sub>3</sub> konsantrasyon değerlerinin kış aylarında evlerin küçük, orta ve büyük metrekaelerine göre dağılımı sırasıyla; 1.21 µg/m<sup>3</sup>, 1.67 µg/m<sup>3</sup> ve 1.73 µg/ m<sup>3</sup>'tür. Yaz aylarında 10.22 µg/m<sup>3</sup>, 13.56 µg/m<sup>3</sup> ve 12.10 µg/ m<sup>3</sup>'tür.

NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının konutların metrekaelerine göre değişiklik göstermesinin sebebi; pişirme için kullanılan yakıtlar, ısınma, trafik ve meteorolojik koşullar sebebiyle oluşan gazların dış ortamdan iç ortama havalandırma yoluyla sızmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 3.54:** SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının konutların metrekarelerine göre istatistiksel değerleri

Konut	Metrekare	N	Ortalama (µg/m <sup>3</sup> )	Standart Sapma (µg/m <sup>3</sup> )	Minimum (µg/m <sup>3</sup> )	Maksimum (µg/m <sup>3</sup> )	
Kış	NO <sub>2</sub>	<88	3	24.54	6.98	16.55	29.40
		89-164	23	46.07	15.79	25.01	75.62
		>164	3	45.25	17.84	24.77	57.39
		Toplam	29	43.76	16.32	16.55	75.62
	SO <sub>2</sub>	<88	3	48.54	34.79	11.18	80.00
		89-164	23	74.43	48.19	12.08	189.31
		>164	3	97.82	26.84	76.40	127.93
		Toplam	29	74.17	45.75	11.18	189.31
	O <sub>3</sub>	<88	3	1.21	0.05	1.15	1.26
		89-164	23	1.67	1.43	0.01	4.97
		>164	3	1.73	0.74	0.88	2.23
		Toplam	29	1.63	1.29	0.01	4.97
Yaz	NO <sub>2</sub>	<88	3	12.87	3.14	10.08	16.28
		89-164	23	13.66	6.08	3.18	27.54
		>164	3	15.32	4.21	12.43	20.15
		Toplam	29	13.75	5.60	3.18	27.54
	SO <sub>2</sub>	<88	3	103.61	75.14	45.80	188.55
		89-164	23	53.56	35.56	6.79	147.19
		>164	3	64.77	9.95	53.81	73.25
		Toplam	29	59.89	40.55	6.79	188.55
	O <sub>3</sub>	<88	3	10.22	2.34	7.57	12.00
		89-164	23	13.56	9.90	3.11	44.43
		>164	3	12.10	4.49	9.00	17.25
		Toplam	29	13.06	8.95	3.11	44.43

#### 3.4.3.2 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> Konsantrasyonlarının Mutfak Metrekarelerine Göre Değerlendirilmesi

NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonları yaz ve kış aylarında ölçülmüş, mutfakların metrekaresine göre değerlendirilmiştir. Tablo 3.55’de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının mutfak metrekarelerine göre ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri verilmiştir.



NO<sub>2</sub> değerleri farklı mutfak metrekarelerine göre değişiklikler göstermektedir. Kış aylarında, küçük, orta ve büyük mutfak metrekarelerine göre dağılımı sırasıyla; 48.61µg/m<sup>3</sup>, 36.22 µg/m<sup>3</sup>, 54.26 µg/m<sup>3</sup> olup, yaz aylarında 12.10 µg/m<sup>3</sup>, 12.94 µg/m<sup>3</sup> ve 16.53 µg/m<sup>3</sup>'tür.

İç ortam SO<sub>2</sub> değerlerinin mutfak metrekarelerine göre dağılımı ise; kışın, küçük, orta ve büyük mutfak metrekarelerine göre dağılımı sırasıyla; 63.79 µg/m<sup>3</sup>, 76.26 µg/m<sup>3</sup>, 78.03 µg/m<sup>3</sup> olup, yaz aylarında 48.70 µg/m<sup>3</sup>, 61.60 µg/m<sup>3</sup> ve 65.10 µg/m<sup>3</sup>'tür.

O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının mutfak metrekarelerine göre dağılımı ise; kış aylarında küçük, orta ve büyük mutfaklarda sırasıyla; 1.64 µg/m<sup>3</sup>, 1.62 µg/m<sup>3</sup> ve 1.63 µg/ m<sup>3</sup>'tür. Yaz aylarında ise, küçük, orta ve büyük mutfaklarda sırasıyla; 12.03 µg/m<sup>3</sup>, 12.02 µg/m<sup>3</sup> ve 15.80 µg/ m<sup>3</sup>'tür.

SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının mutfak metrekarelerine göre değişiminde, pişirme için kullanılan yakıtlar, havalandırma sistemleri ve dış ortam konsantrasyonlarının etkili olduğunu göstermektedir.

**Tablo 3.55:** SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının mutfak metrekarelerine göre istatistiksel değerleri

Metrekare	Konut	N	Ortalama (µg/m <sup>3</sup> )	Standart Sapma (µg/m <sup>3</sup> )	Minimum (µg/m <sup>3</sup> )	Maksimum (µg/m <sup>3</sup> )	
Kış	NO <sub>2</sub>	<9	6	48.61	12.10	29.40	60.56
		10-19	15	36.22	15.50	16.55	73.92
		>20	8	54.26	14.59	32.71	75.62
		Toplam	29	43.76	16.32	16.55	75.62
	SO <sub>2</sub>	<9	6	63.79	32.50	12.08	103.63
		10-19	15	76.26	55.78	11.18	189.31
		>20	8	78.03	35.73	30.81	151.70
		Toplam	29	74.17	45.75	11.18	189.31
	O <sub>3</sub>	<9	6	1.64	1.13	0.72	3.71
		10-19	15	1.62	1.27	0.01	4.14
		>20	8	1.63	1.59	0.07	4.97
		Toplam	29	1.63	1.29	0.01	4.97
Yaz	NO <sub>2</sub>	<9	6	12.10	5.63	7.79	22.77
		10-19	15	12.94	4.40	4.69	21.02
		>20	8	16.53	7.17	3.18	27.54
		Toplam	29	13.75	5.60	3.18	27.54
	SO <sub>2</sub>	<9	6	48.70	37.47	16.92	120.71
		10-19	15	61.60	49.10	8.20	188.55
		>20	8	65.10	24.66	6.79	87.23
		Toplam	29	59.90	40.55	6.79	188.55
	O <sub>3</sub>	<9	6	12.03	3.33	7.57	17.88
		10-19	15	12.02	7.94	4.19	32.18
		>20	8	15.80	13.20	3.11	44.43
		Toplam	29	13.06	8.95	3.11	44.43

### 3.4.3.3 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> Konsantrasyonlarının Isınmada Kullanılan Yakıt Cinsine Göre Değerlendirilmesi

Isınmada kullanılan yakıtlar ile NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının istatistiksel değerleri (ortalama, standart sapma, minimum, maksimum) Tablo 3.56'da verilmiştir. Isınmada kullanılan yakıtlar kömür, doğalgaz ve odun-kömür cinslerine göre sırasıyla, NO<sub>2</sub> konsantrasyonu; 60.16 µg/m<sup>3</sup>, 38.65 µg/m<sup>3</sup> ve 42.35 µg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> konsantrasyonu; 74.64 µg/m<sup>3</sup>, 81.39 µg/m<sup>3</sup> ve 65.43 µg/m<sup>3</sup>, O<sub>3</sub> konsantrasyonu ise; 1.83 µg/m<sup>3</sup>, 1.94 µg/m<sup>3</sup> ve 1.16 µg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

**Tablo 3.56:** SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının ısınmada kullanılan yakıtta göre istatistiksel değerler

	Yakıt Cinsi	N	Ortalama (µg/m <sup>3</sup> )	Standart Sapma (µg/m <sup>3</sup> )	Minimum (µg/m <sup>3</sup> )	Maksimum (µg/m <sup>3</sup> )
NO <sub>2</sub>	Kömür	5	60.16	12.06	48.94	75.62
	D.Gaz	13	38.65	13.25	24.77	68.05
	Odun-Kömür	11	42.35	17.50	16.55	73.92
	Toplam	29	43.76	16.32	16.55	75.62
SO <sub>2</sub>	Kömür	5	74.64	27.96	30.81	103.63
	D.Gaz	13	81.39	51.74	11.18	189.31
	Odun-Kömür	11	65.43	46.73	12.08	175.90
	Toplam	29	74.17	45.75	11.18	189.31
O <sub>3</sub>	Kömür	5	1.83	1.90	0.07	4.97
	D.Gaz	13	1.94	1.29	0.21	4.14
	Odun-Kömür	11	1.16	0.92	0.01	2.89
	Toplam	29	1.63	1.29	0.01	4.97

#### 3.4.3.4 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> Konsantrasyonlarının Pişirmede Kullanılan Yakıt Cinsine Göre Değerlendirilmesi

Mutfaklarda pişirme için ocaklarda ağırlıklı olarak doğalgaz ve LPG kullanılmıştır. İç ortamlarda oluşan SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonlarına ait istatistiksel veriler (ortalama, standart sapma) Tablo 3.57’de verilmiştir. NO<sub>2</sub> konsantrasyonuna ait ortalama ve standart sapmaları, LPG ve doğalgaz kullanımına göre sırasıyla, yaz ayları için 15.34 µg/m<sup>3</sup> ve 12.05 µg/m<sup>3</sup>, kış ayları için 46.47 µg/m<sup>3</sup> ve 40.86 µg/m<sup>3</sup>,tür.

SO<sub>2</sub> konsantrasyonu için ortalama ve standart sapma değerleri, LPG ve doğalgaz kullanımına göre sırasıyla, yaz ayları için 72.10 µg/m<sup>3</sup> ve 45.86 µg/m<sup>3</sup>, kış ayları için 67.28 µg/m<sup>3</sup> ve 81.56 µg/m<sup>3</sup>,tür.

O<sub>3</sub> konsantrasyonuna ait ortalama ve standart sapmalar ise, LPG ve doğalgaz kullanımına göre sırasıyla, yaz ayları için 13.83 µg/m<sup>3</sup> ve 12.24 µg/m<sup>3</sup>, kış ayları için 1.45 µg/m<sup>3</sup> ve 1.81 µg/m<sup>3</sup>,tür.

Mutfaklarda ölçümü yapılan SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonlarında, pişirme için kullanılan yakıtların cinsi, evlerin havalandırma süreleri ve dış ortam konsantrasyonlarının etkili olabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 3.57:** SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının pişirmede kullanılan yakıtta göre istatistiksel değerleri

	Parametre	Pişirmede Kullanılan Enerji	N	Ortalama (µg/m <sup>3</sup> )	Standart Sapma (µg/m <sup>3</sup> )
Kış	NO <sub>2</sub>	LPG	15	46.47	17.39
		D.Gaz	14	40.86	15.19
	SO <sub>2</sub>	LPG	15	67.28	42.26
		D.Gaz	14	81.56	49.71
	O <sub>3</sub>	LPG	15	1.45	1.27
		D.Gaz	14	1.81	1.33
Yaz	NO <sub>2</sub>	LPG	15	15.34	5.85
		D.Gaz	14	12.05	4.97
	SO <sub>2</sub>	LPG	15	72.10	47.57
		D.Gaz	14	45.86	26.34
	O <sub>3</sub>	LPG	15	13.83	11.14
		D.Gaz	14	12.24	6.10

#### 3.4.3.5 Sigara Kullanımı ile Kirlilik Parametreleri (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>,O<sub>3</sub>) Arasındaki İlişki

Sigara kullanımı ile SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının ortalama, standart sapma, maksimum ve minimum değerlerinin yaz ve kış ayları için değerlendirilmesi Tablo 3.58’de verilmiştir.

Sigara içilen evlerde kış aylarında NO<sub>2</sub> ortalama değeri 50.12 µg/m<sup>3</sup>, sigara kullanılmayan evlerde 35.94 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Yaz aylarında ise NO<sub>2</sub> ortalama değeri sigara kullanılan evlerde 12.94 µg/m<sup>3</sup>, sigara kullanılmayan evlerde 14.75 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur.

İç ortamlarda SO<sub>2</sub> değerleri kış aylarında sigara içilen evlerde 64.45 µg/m<sup>3</sup>, sigara içilmeyenlerde 86.14 µg/m<sup>3</sup>, yaz aylarında ise sigara kullanılan evlerde 58.35 µg/m<sup>3</sup>, sigara kullanılmayan evlerde 61.80 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.

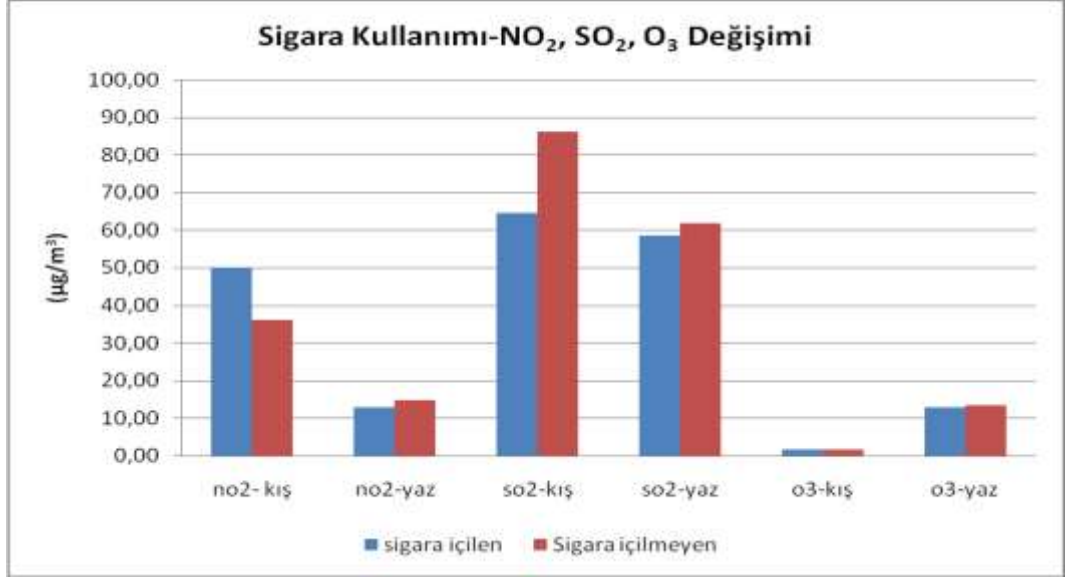
Ozon konsantrasyonları kış aylarında sigara içilen evlerde ortalama 1.57 µg/m<sup>3</sup>, sigara içilmeyenlerde 1.70 µg/m<sup>3</sup>, yaz aylarında ise sigara kullanılan evlerde 12.80 µg/m<sup>3</sup>, sigara kullanılmayan evlerde 13.39 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur.

**Tablo 3.58:** SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının sigara kullanım durumuna göre değişimi

Parametre	Sigara İçilmesi Durumu	Yaz, (µg/m <sup>3</sup> )				Kış, (µg/m <sup>3</sup> )			
		Ort	Mak	Min	Std	Ort	Mak	Min	Std
NO <sub>2</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Evet	12.94	22.77	3.18	5.49	50.12	75.62	25.97	15.83
	Hayır	14.75	27.54	4.69	5.80	35.94	68.05	16.55	13.71
SO <sub>2</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Evet	58.35	147.19	6.79	37.56	64.45	103.63	12.08	27.90
	Hayır	61.80	188.55	8.2	45.45	86.14	189.31	11.18	60.25
O <sub>3</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Evet	12.80	44.43	4.12	9.79	1.57	4.97	0.01	1.48
	Hayır	13.39	32.18	3.11	8.18	1.70	4.05	0.32	1.06

Yaz ve kış aylarında sigara içilen evlerle, içilmeyen evlerin karşılaştırılmasına ait grafik Şekil 3.69'da gösterilmiştir. Kış aylarında NO<sub>2</sub> konsantrasyonları sigara içilen evlerde içilmeyenlere göre daha yüksek bulunmuştur. Sigaranın içerisinde bulunan azotdioksitlerin iç ortam havasında NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını arttırabileceği düşünülmektedir.

Yaz ve kış aylarında, SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonlarında sigara kullanımına bağlı bir artış gözlenmemiş olup, SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonlarında dış ortam havasının etkisini göstermektedir.



Şekil 3.69: Sigara kullanımı-NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonları (yaz/kış)

### 3.4.3.6 Binaların İzolasyonu İle Kirlilik Parametreleri (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) Arasındaki İlişki

İç ortamlarda tespit edilen NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonu ile evlerin genel izolasyonu (çatı, duvar, pencere) yaz ve kış dönemlerine göre değerlendirilmiş ve Tablo 3.59'da verilmiştir. Kış aylarında ortalama NO<sub>2</sub> konsantrasyonu izolasyonu olan binalarda 40.67 µg/m<sup>3</sup>, izolasyonu olmayan binalarda 45.21 µg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> konsantrasyonu izolasyonu olan binalarda 81.41 µg/m<sup>3</sup>, izolasyonu olmayan binalarda 71.07 µg/m<sup>3</sup>, O<sub>3</sub> konsantrasyonu ise izolasyonu olan binalarda 1.84 µg/m<sup>3</sup>, izolasyonu olmayan binalarda 1.53 µg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Yaz aylarında izolasyonu olan evlerde NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının ortalama değeri sırasıyla, 15.25 µg/m<sup>3</sup>, 59.32 µg/m<sup>3</sup> ve 15.47 µg/m<sup>3</sup>, izolasyonu olmayan evlerde 13.03 µg/m<sup>3</sup>, 59.86 µg/m<sup>3</sup> ve 11.87 µg/m<sup>3</sup>'tür.

NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonu ile evlerin genel izolasyonu (çatı, duvar, pencere) yaz ve kış dönemlerinde, iç ortam havalandırma sıklığının etkili olabileceği, yaz aylarında ise kapı ve camların sürekli açık olması sebebiyle dış ortam havasının etkin olacağı düşünülmektedir.

**Tablo 3.59:** İzolasyon durumu (çatı, pencere, duvar)- SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>,O<sub>3</sub> konsantrasyonlarına ait istatistiksel değerler

	Çatı İzolasyonu				Pencere İzolasyonu				Duvar İzolasyonu				İzolasyon-Toplam			
	Var		Yok		Var		Yok		Var		Yok		Var		Yok	
µg/m <sup>3</sup>	Ort	Std	Ort	Std	Ort	Std	Ort	Std	Ort	Std	Ort	Std	Ort	Std	Ort	Std
NO <sub>2</sub> -Kış	40.23	13.89	45.62	17.53	41.73	15.97	44.83	16.83	40.04	12.53	45.18	17.62	40.67	14.13	45.21	17.33
NO <sub>2</sub> -Yaz	15.13	6.86	13.03	4.86	15.49	6.03	12.83	5.30	15.14	4.96	13.23	5.85	15.25	5.95	13.03	5.34
SO <sub>2</sub> -Kış	57.39	35.42	83.00	48.89	98.04	48.58	61.61	39.91	88.81	36.54	68.60	48.42	81.41	40.18	71.07	45.74
SO <sub>2</sub> -Yaz	70.29	53.15	54.42	32.45	54.66	36.38	62.65	43.27	53.00	36.45	62.52	42.55	59.32	41.99	59.86	39.42
O <sub>3</sub> -Kış	1.33	0.90	1.78	1.45	2.16	1.66	1.34	0.98	2.03	1.28	1.47	1.29	1.84	1.28	1.53	1.24
O <sub>3</sub> -Yaz	13.25	6.40	12.96	10.2	18.45	10.56	10.23	6.64	14.72	4.42	12.43	10.18	15.47	7.13	11.87	9.01

### 3.4.3.7 Havalandırma Süresi ile Kirlilik Parametreleri (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) Arasındaki İlişki

İç ortamlarda konutların havalandırma süresi ile SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonu arasındaki değerlendirmeye göre, 2 saatten daha küçük ve daha büyük havalandırma sürelerine göre sırasıyla, NO<sub>2</sub> konsantrasyonu yaz ayları için 34.28 µg/m<sup>3</sup> ve 52.61 µg/m<sup>3</sup> kış ayları için 12.85 µg/m<sup>3</sup> ve 14.60 µg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yaz ayları için 78.51 µg/m<sup>3</sup> ve 70.12 µg/m<sup>3</sup>, kış ayları için 58.70 µg/m<sup>3</sup> ve 61.01 µg/m<sup>3</sup>, O<sub>3</sub> konsantrasyonu ise yaz ayları için 1.71 µg/m<sup>3</sup> ve 1.55 µg/m<sup>3</sup>, kış ayları için 11.86 µg/m<sup>3</sup> ve 14.18 µg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur (Tablo 3.60).

Yaz aylarında SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonları havalandırma süresi yüksek olan evlerde, dış ortam havasının iç ortam havasına taşınması sebebiyle daha fazla bulunmuştur.

**Tablo 3.60:** SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının havalandırma süresine göre değişimi

	Parametre	Havalandırma Süresi (saat)	N	Ortalama (µg/m <sup>3</sup> )	Standart Sapma (µg/m <sup>3</sup> )
Kış	NO <sub>2</sub>	<2	14	34.28	12.31
		>2	15	52.61	14.78
	SO <sub>2</sub>	<2	14	78.51	52.33
		>2	15	70.12	40.08
	O <sub>3</sub>	<2	14	1.71	1.47
		>2	15	1.55	1.14
Yaz	NO <sub>2</sub>	<2	14	12.85	4.52
		>2	15	14.60	6.49
	SO <sub>2</sub>	<2	14	58.70	51.49
		>2	15	61.01	28.70
	O <sub>3</sub>	<2	14	11.86	7.54
		>2	15	14.18	10.22



### 3.4.3.8 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> Konsantrasyonlarının Yol Durumuna Göre Değerlendirilmesi

Evlerde ölçümü yapılan NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub>'un yola yakınlığı ve uzaklığının değerlendirilmesi Tablo 3.61'de gösterilmiştir. Ana yola uzak olması ve yakın olması durumlarında sırasıyla, NO<sub>2</sub> konsantrasyonu yaz ayları için 12.21 µg/m<sup>3</sup> ve 16.29 µg/m<sup>3</sup> kış ayları için 44.19 µg/m<sup>3</sup> ve 43.06 µg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yaz ayları için 56.95 µg/m<sup>3</sup> ve 64.72 µg/m<sup>3</sup> kış ayları için 61.73 µg/m<sup>3</sup> ve 94.53 µg/m<sup>3</sup>, O<sub>3</sub> konsantrasyonu yaz ayları için 13.91 µg/m<sup>3</sup> ve 11.67 µg/m<sup>3</sup> kış ayları için 1.61 µg/m<sup>3</sup> ve 1.66 µg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

Kış aylarında yoğun araç trafiği, araçların yavaş hareket etmesi gibi faktörlerle oluşan emisyonların, dış ortam havasında sıkça yaşanan sis ve inversiyon gibi olaylarla birleşerek iç ortam havasında ölçülen SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarında etkili olabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 3.61:** SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının yol durumuna göre istatistikleri

	Parametre	Yol Durumu	N	Ortalama (µg/m <sup>3</sup> )	Standart Sapma (µg/m <sup>3</sup> )
Kış	NO <sub>2</sub>	Ara Yol	18	44.19	17.94
		Ana Yol	11	43.06	14.06
	SO <sub>2</sub>	Ara Yol	18	61.73	34.14
		Ana Yol	11	94.53	56.08
	O <sub>3</sub>	Ara Yol	18	1.61	1.41
		Ana Yol	11	1.66	1.13
Yaz	NO <sub>2</sub>	Ara Yol	18	12.21	5.30
		Ana Yol	11	16.29	5.36
	SO <sub>2</sub>	Ara Yol	18	56.95	47.62
		Ana Yol	11	64.72	26.58
	O <sub>3</sub>	Ara Yol	18	13.91	9.98
		Ana Yol	11	11.67	7.17

### 3.4.3.9 Evlerde Enerji Kullanımının CO<sub>2</sub>, PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> Ölçümlerine Göre Değerlendirmesi

Yaz ve kış aylarında ölçülen günlük ortalama CO<sub>2</sub>, PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının enerji tüketimi ile kıyaslaması yapılmıştır. Yaz ve kış aylarında günlük ortalama CO<sub>2</sub>, PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının enerji tüketimine göre değişiminde bağımsız örneklem t testi (Independent Samples test) kullanılmıştır.

Kış aylarında evlerde ölçülen CO<sub>2</sub> konsantrasyonları ile enerji kullanımları arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0.05). PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonları ile enerji kullanımları arasında ise anlamlı bir ilişki görülmemiştir (Tablo 3.62).

**Tablo 3.62:** CO<sub>2</sub>, PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>- enerji tüketimi değerlerinin korelasyonu (kış)

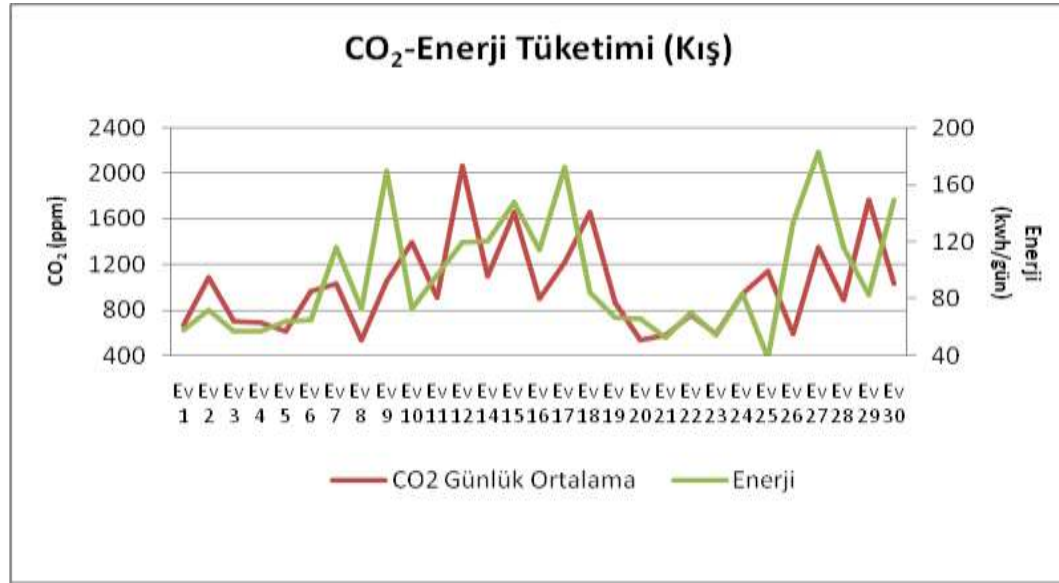
		CO <sub>2</sub>	PM	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
Enerji Tüketimi	Pearson Korelasyon	0.397	0.007	0.119	0.164	-0.046
	Sig. (2-tailed)	0.033	0.970	0.539	0.395	0.812
	N	29	29	29	29	29

Yaz aylarında enerji kullanımı ile evlerde ölçülen CO<sub>2</sub>, PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonları arasında anlamlı bir ilişki görülmemiş olup, sonuçlar Tablo 3.63'de verilmiştir.

**Tablo 3.63:** CO<sub>2</sub>, PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>- enerji tüketimi değerlerinin korelasyonu (yaz)

		CO <sub>2</sub>	PM	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
Enerji Tüketimi	Pearson Korelasyon	0.108	0.109	0.065	-0.071	0.224
	Sig. (2-tailed)	0.576	0.573	0.739	0.716	0.243
	N	29	29	29	29	29

Konutlarda, kış aylarında CO<sub>2</sub> ölçümlerinin enerji kullanımına göre değişimi Şekil 3.70’de gösterilmiştir.



Şekil 3.70: Konutlarda CO<sub>2</sub> ölçümlerinin enerji kullanımına göre değişimi (kış)

#### 3.4.3.10 Evlerde Kış Döneminde Enerji Kullanımının Sıcaklık ve Bağıl Nem Ölçümlerine Göre Değerlendirmesi

Yaz ve kış aylarında konutlarda enerji kullanımının sıcaklık ve bağıl neme göre değişimi incelenmiştir. Konfor parametreleri ile enerji kullanımı arasındaki ilişki bağımsız örneklem t testi ( $p < 0.05$ ) kullanılarak incelenmiştir.

Tablo 3.64’e göre, kış aylarında enerji kullanımı ile sıcaklık ve bağıl nem arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Enerji tüketimi artarken bağıl nemin azaldığı, sıcaklığın ise yükseldiği bulunmuştur.

Tablo 3.64: Sıcaklık ve bağıl nem - enerji tüketimi değerlerinin korelasyonu (kış)

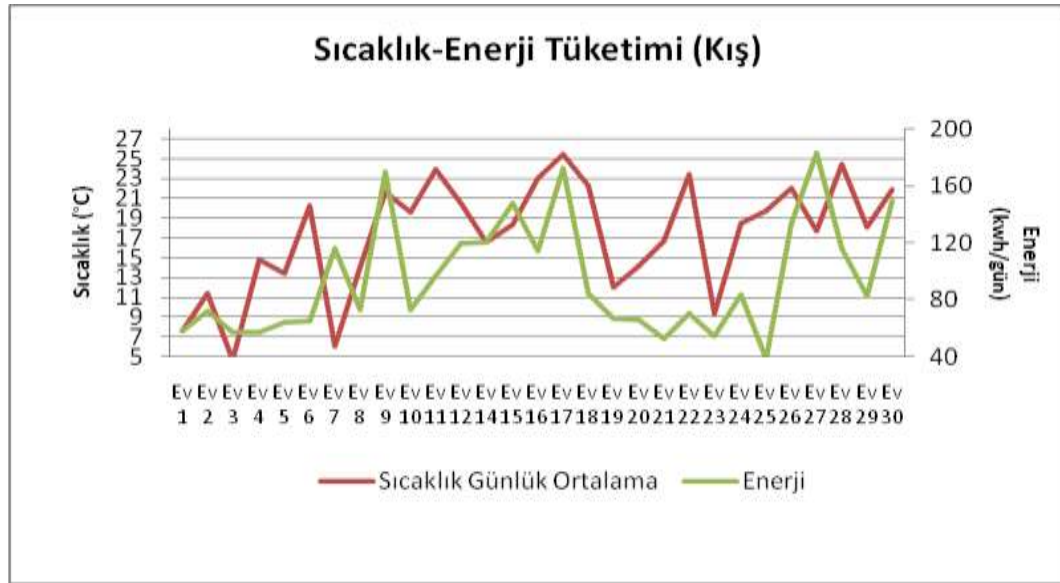
		Sıcaklık	Bağıl Nem
Enerji Tüketimi	Pearson Korelasyon	0.455	-0.423
	Sig. (2-tailed)	0.013	0.027
	N	29	29

Yaz aylarında enerji tüketimi ile bağıl nem ve sıcaklık arasındaki ilişki  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde, sıcaklık ile enerji kullanımı arasında anlamlı bir ilişki görülmezken, bağıl nem ile enerji kullanımı arasında anlamlı ilişkinin varlığı bulunmuştur (Tablo 3.65).

**Tablo 3.65:** Sıcaklık ve bağıl nem - enerji tüketimi değerlerinin korelasyonu (yaz)

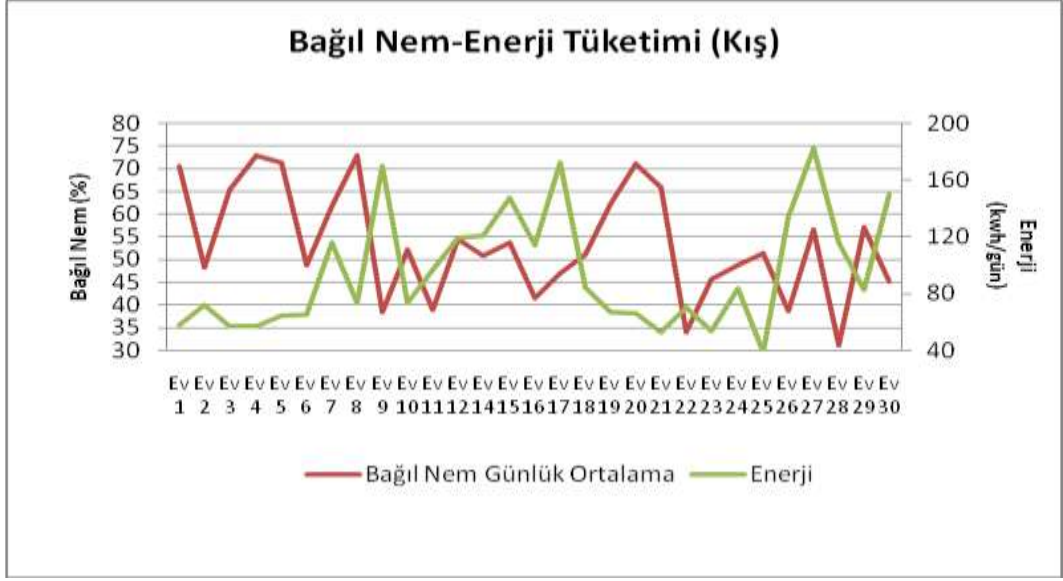
		Sıcaklık	Bağıl Nem
Enerji Tüketimi	Pearson Korelasyon	0.088	-0.395
	Sig. (2-tailed)	0.650	0.034
	N	29	29

Kış aylarında enerji tüketimi ile sıcaklık arasındaki ilişki **Şekil 3.71**'de gösterilmiştir.

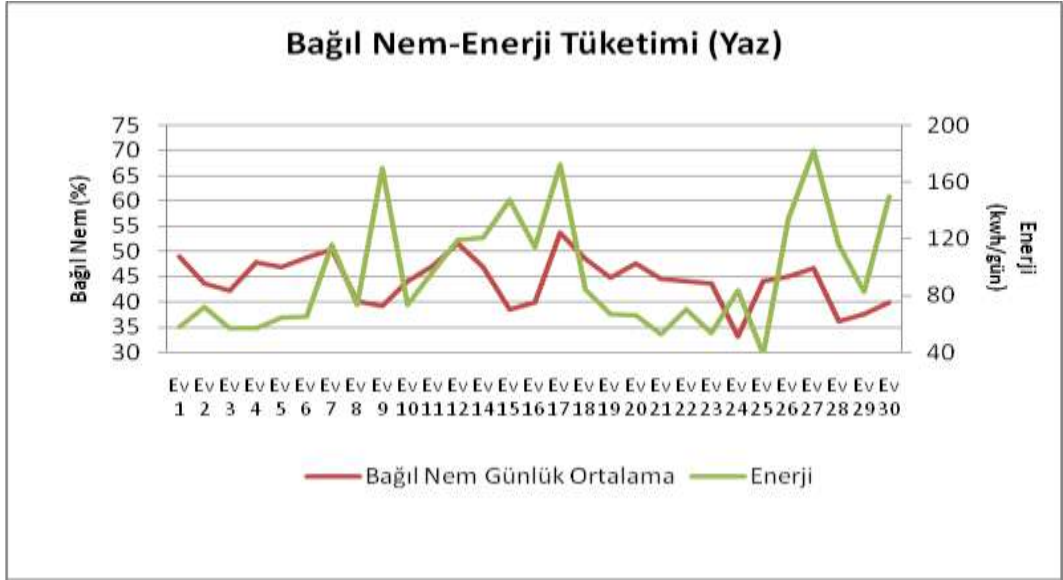


**Şekil 3.71:** Konutlarda sıcaklığın enerji kullanımına göre değişimi (kış)

Konutlarda enerji tüketimi ile bağıl nemin kış aylarındaki değişimi Şekil 3.72, yaz aylarındaki değişimi ise Şekil 3.73'de gösterilmiştir.



Şekil 3.72: Konutlarda bağıl nemin enerji kullanımına göre değişimi (kış)



Şekil 3.73: Konutlarda bağıl nemin enerji kullanımına göre değişimi (yaz)

## 4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Balıkesir İl Merkezinde yaz ve kış aylarında 5 gün boyunca 29 konut, 10 iş merkezinde (6 resmi kurum, 4 işyeri) CO<sub>2</sub>, nem, sıcaklık, PM aktif örnekleme, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> için pasif örnekleme teknikleri kullanılarak eş zamanlı ölçümler yapılmıştır. Çalışma bölgesinde farklı mikroçevrelerde seçilen evlerde, işyerlerinde, kirletici kaynaklarının belirlenmesi ve tüketilen enerjinin iç hava kalitesine etkisiyle ilgili istatistiksel analizler SPSS paket program kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, kış ve yaz dönemlerinde evlerde CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının günlük ortalaması sırasıyla 1011 ppm ve 627 ppm bulunmuştur (Tablo 3.1). İç ortam hava kalitesi için CO<sub>2</sub> konsantrasyonu sınır değeri 1000 ppm (ASHRAE, 1989, Standarts 62-1989) olup [3, 8], yaz aylarında evlerin tamamı bu sınır değerinin altında kalırken, kış aylarında bazı evlerde bu değerin aşıldığı belirlenmiştir (Şekil 3.43). Evlerin yaklaşık %43'ünde 1000 ppm sınır değeri aşılmıştır (Şekil 3.44). Her iki sezonda da iç ortamda tespit edilen CO<sub>2</sub> konsantrasyonları dış ortamlarda ölçülen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Evlerde kış döneminde, enerji kullanımına bağlı olarak CO<sub>2</sub> konsantrasyonları gündüz saatlerinde daha yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Kış aylarında evlerde karbondioksit konsantrasyonları evlerin havalandırma süresi, ana yola yakın olması ve mutfak metrekaresine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. İç ortamlarda yüksek CO<sub>2</sub> seviyesi, iç ortamların havalandırılması ve hava kalitesiyle ilgilidir. Kış aylarında dış ortamda oluşan hava kirliliği ve bunun içeriye sızması, yetersiz havalandırma, sigara kullanımı, pişirme gibi nedenlerle CO<sub>2</sub> seviyesi yüksek bulunmuştur.

Yaz ve kış aylarında işyerlerinde ve kamu binalarında ölçülen CO<sub>2</sub> değerleri genellikle sınır değerinin altındadır (Tablo 3.2, Şekil 3.45).

Aşağıda konuyla ilgili yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlar bu çalışma sonuçlarıyla kıyaslanarak verilmiştir.

Yunanistan'da okullarda ölçülen CO<sub>2</sub> değerlerinin ders saatlerinde 4000 ppm'e kadar ulaşmıştı, ders saatlerinde CO<sub>2</sub> değerlerinin arttığı, sınıflar boşaltıldığında ise düştüğü belirlenmiştir. Dış ortamda eş zamanlı olarak ölçülen atmosferik CO<sub>2</sub> değeri 430-480 ppm bulunmuştur. Sınıfların uzun süre boş kaldığı zamanlarda ve okulda öğrenci bulunmadığında hava sirkülasyonuna bağlı olarak iç ortam CO<sub>2</sub> değerlerinin dış ortam değerlerine yaklaştığı tespit edilmiştir [12]. Başka bir çalışmada, Atina'da sigara içilen evlerde CO<sub>2</sub> ölçümleri yapılmış, CO<sub>2</sub>'in dış ortam değeri 600-700 µg/m<sup>3</sup> iken, sigara içilen ortamlarda 4 kez daha fazla bulunarak 3400 µg/m<sup>3</sup>'e ulaştığı bulunmuştur [57].

Kore'de okullarda yapılan çalışmada, sınıflarda ölçülen CO<sub>2</sub> seviyesi Ashrae Standartı 62.1-2004'e göre sınır değer 1000 ppm'i aştığı, ders saatlerinde camların kapalı olduğu zamanlarda iç ortam hava kirliliğinin arttığı, sınıfların aşırı kalabalık olmasıyla CO<sub>2</sub> seviyesinin 1200 ppm'i geçtiği belirlenmiştir [79].

Antalya İlinde bulunan 3 adet ilköğretim okulu ile adliye binasında, iç ortamlarda CO<sub>2</sub>'in ASHRAE tarafından belirlenen standart değeri 1000 ppm'in üstünde olduğu [84], Portekiz'de bulunan bir otelde, iç ortam CO<sub>2</sub> değeri, akşam saatlerinde 1710 ppm'e ulaşmış, sınır değer 1000 ppm'i geçtiği rapor edilmiştir [88].

Münih'te 64 adet okulda; iç ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonu kışın 1603 ppm, yazın 405 ppm olarak ölçülmüştür. Kış aylarındaki yetersiz havalandırmanın CO<sub>2</sub> konsantrasyonunu arttırdığı belirtilmiştir [89].

Hong Kong'ta endüstri ve ticari alanlarda seçilen 6 adet evde, CO<sub>2</sub> değeri, kötü havalandırma koşulları sebebiyle ASHRAE standart değeri olan 1000 µL/L'yi geçmiştir. CO<sub>2</sub> yemek pişirme esnasında yetersiz havalandırma sebebiyle 1800 µL/L değerine çıkmıştır [90].

Farklı havalandırma sistemlerinin incelediği bir sınıfta, havalandırmanın olmadığı ortamlarda CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 4446 ppm'e kadar yükselmiştir. Havanın tekrar sirküle edildiği sınıflarda CO<sub>2</sub> konsantrasyonu en yüksek bulunmuştur. Dış ortam CO<sub>2</sub> değerinin 400 ppm civarında olduğu, fresh hava teminli (8 lt/sn) havalandırma sistemlerinde CO<sub>2</sub> değeri yaklaşık 1430 ppm'de sabit kaldığı tespit edilmiştir [93].

Li (2001) yaptığı çalışmada; Hong Kong'ta bulunan 9 adet alışveriş merkezinde CO<sub>2</sub> seviyesinin 500-2300 ppm arasında değiştiği, konsantrasyonların hafta içi ve hafta sonunda değişiklikler gösterdiği belirtilmiştir. İç ortamda ölçülen CO<sub>2</sub> konsantrasyon değerleri ASHRAE standart değeri olan 1000 ppm'i aşarken, hafta sonları bu değerlerin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bir çok dükkandan oluşan, kalabalık alışveriş merkezlerinde temiz havanın hareket ve dağılımının zayıf olduğu, yemek alanlarından tekrar sirküle edilen CO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek değerlere ulaştığı rapor edilmiştir [94].

İngiltere'de okullarda, mekanik havalandırmalı ortamlarda CO<sub>2</sub> değerleri daha düşük seviyelerde ve 1000 ppm'in altında bulunmuştur [102].

Fransa'da, okul binasında yapılan ölçümlerde, doğal havalandırmalı bir sınıf için toplam havalandırma oranı 22.9 l/sn olarak belirlenmiştir. Camlar kapalı iken CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 1400 ppm'e yükselmiş, öğrencilerin tamamı sınıfta olduğunda ise 2700 ppm'e ulaşmıştır. Purge havalandırma sisteminde CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 1000 ppm'e kadar düştüğü, fakat bu değer yeterli olmadığı belirtilmiştir. İç ortam sıcaklığı yükseldiği zaman, camlar açıldığında ve öğle tatillerinde CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun düştüğü belirtilmiştir [104]. Bu çalışmadaki iç ve dış ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının başka çalışma sonuçlarıyla uyum gösterdiği sonucuna varılmıştır.



Hava değişim sayısı (hds) yaz ve kış aylarına göre değerlendirildiğinde; yaz aylarında tespit edilen değerlerin kış aylarına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Yaz aylarında hds'nin yüksek olmasının sebebi, evlerde kapı ve camların genellikle açık tutulması, dolayısıyla da hava sirkülasyonundaki artışın etkisidir. Yaz aylarında evlerin %77'sinde dış hava sızıntı değeri standart değer 50 lt/sn'nin [21] üzerinde bulunurken, kış aylarında ise sadece %34'ü bu standart değerin üzerindedir. Kış aylarında konutlardaki yetersiz havalandırma hds için belirlenen sınır değer olan 0.35 h<sup>-1</sup> yaz aylarında bir çok konut tarafından sağlanırken, kış aylarında iç ortamların sadece %53'lük kısmında sağlanmıştır.

Kıbrıs'ta yapılan benzer bir çalışmada, kent merkezinde ve kırsal bölgede bulunan 2 adet kilisede, ölçümü yapılan gazlara bağlı olarak belirlenen hava değişim sayısı yazın 5.3-19.7 h<sup>-1</sup>, kışın 0.13-0.40 h<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Yaz aylarında AER (Hava Değişim Katsayısı) kış aylarına göre daha yüksek tespit edilmiştir [87].

PM konsantrasyonları evlerde yaz ve kış aylarında sırasıyla 32.09 µg/m<sup>3</sup> ve 99.38 µg/m<sup>3</sup>, iş yerlerinde ise 32.15 µg/m<sup>3</sup> ve 120.78 µg/m<sup>3</sup>'tür. Evlerde ve işyerlerinde kış aylarında ölçülen PM değerleri, yaz aylarına göre daha yüksek ölçülmüştür (Tablo 3.4, Tablo 3.5). Kış aylarındaki ısınma faaliyetlerinin iç ortam hava kirliliğini arttırabileceği düşünölmektedir. PM<sub>10</sub> konsantrasyonları için Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından önerilen sınır değer 50 µg/m<sup>3</sup>'tür [64]. Yaz ve kış aylarında konutlarda ölçülen PM değerleri iç ortamlar için belirlenen sınır değere göre değerlendirilmiştir (Şekil 3.65). Kış döneminde PM konsantrasyonlarının sıklıkla sınır değeri aştığı, yaz döneminde ise sınır değerin altında veya civarında olduğu tespit edilmiştir. Kış döneminde PM konsantrasyonu evlerde gündüz saatlerinde 103.58 µg/m<sup>3</sup>, gece ise 91.07 µg/m<sup>3</sup>'tür (Tablo 3.4). Kış aylarında gündüzleri oluşan yüksek PM konsantrasyonları, ısınma, yemek pişirme, sigara içilmesi ve dış ortam hava kirliliğinin bir sonucudur. Gece saatlerinde iç ortamlarda insan faaliyetlerinin olmaması veya çok az olması bu zaman diliminde daha az konsantrasyonlara yol açmaktadır. Yaz ve kış dönemi için iş yerlerinde belirlenen PM konsantrasyonlarının sınır değere göre kıyaslanması Şekil 3.66'da gösterilmiştir. İşyerleri ve kamu binalarında belirlenen PM konsantrasyonları yaz aylarında sınır değerin altında kalırken, kış aylarında bu değere yakın veya yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yaz ve kış döneminde dış ortam PM konsantrasyonlarının iç ortama göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. PM konsantrasyonları iç ve dış ortamda sırasıyla; yaz aylarında  $32.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $41.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , kış aylarında ise  $104.87 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $203.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür (Tablo 3.13). Yaz ve kış aylarında dış ortam kirletici kaynaklarının iç ortam kirletici kaynaklarından daha baskın olduğu ve iç ortamda elde edilen PM değerlerine dış ortamın büyük bir katkısının olabileceği düşünülmektedir. Kış aylarında kısa havalandırma sürelerinin, sigara içilmesinin iç ortam PM konsantrasyonlarını arttırdığı belirlenmiştir.

Benzer bir sonucu Kütahya Dumlupınar Üniversitesinde iç ve dış ortam havasında yapılan  $\text{PM}_{10}$  ölçümlerinde tespit edilmiştir. İç ortam hava kirliliklerinin iç mekanlarda kullanılan malzemelerin, iç mekan donanımlarının kullanıcı sayılarının ve eylemlerinin toz miktarının artmasına sebep olduğu belirtilmiştir [74].

Bangladesh'de, LPG kullanılan mutfaklarda daha düşük PM konsantrasyonları tespit edilmiştir. PM konsantrasyonu ile mutfağın konumu, kullanılan yakıt ve havalandırma oranı arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Oturma odalarında tespit edilen  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonunun mutfaktan kaynaklandığı ve dış ortam  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonundan daha fazla olduğu bulunmuştur. Mutfaklarında havalandırma sistemi olan konutların  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonu, mutfak ve oturma odalarında daha düşük ölçülmüştür [76].

Japonya'nın Osaka kentinde, dizel yakıtların tüketilmesiyle oluşan Elementel Karbonun (EC), iç ortam PM değerlerini etkilediği belirtilmiştir. Ayrıca, yol üzerinde bulunan evlerde  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonunun yoldan daha uzak (yoldan 150 metre uzakta) evlere göre 1.2 ve 1.6 kez daha fazla olduğu, yola yakın evlerdeki iç ortam PM konsantrasyonlarının dış ortamda ölçülen değerlere yakın olduğu tespit edilmiştir. [33].

Şehir/endüstri alanı olan Kocaeli'nde 15 adet evde,  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonu yazın iç ortamda  $45.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dış ortamda  $59.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  iken, kışın iç ortamda  $56.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dış ortamda  $102.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bulunmuştur. Sigara içilen ve içilmeyen evlerde  $\text{PM}_{10}$  ölçüm sonuçları sırasıyla  $57.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $38.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür [35].

Bir başka çalışmada, (Kore) okullarda yapılan çalışmada, PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun ortalama değeri ve standart sapması sırasıyla 106.67 µg/m<sup>3</sup> ve 90.67 µg/m<sup>3</sup>'tür. PM<sub>10</sub> konsantrasyonu için I/O oranı sınıflar, laboratuvar ve bilgisayar odaları için sırasıyla 2.06, 1.46, 1.43'tür. Yaz aylarında PM<sub>10</sub> konsantrasyonu 8.0-403.0 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Öğrencilerin ders aralarında yürüme, koşma gibi aktiviteleri partikül maddenin tekrar hareketlenmesine sebep olabileceği belirlenmiştir [79].

Belçika'nın Antwerp şehrinde, sigara içilen evlerde PM konsantrasyonu içilmeyen evlere göre %43-58 daha fazla olup, iç /dış ortam PM konsantrasyonları arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır [80]. Chili-Santiago'da ölçülen kaba partiküller (PM<sub>10</sub>) iç ortamlarda 35.4 µg/m<sup>3</sup>, dış ortamlarda 47.4 µg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur [82]. İsviçre'de, iç ortam kaynağı ve kişi aktivitelerinin düşük olduğu evlerde PM<sub>10</sub> için I/O oranı 0.7, sigara içilen evlerde ise 1.8'den büyük bulunmuştur [32]. Portekiz'de bir otelde, iç ortam PM<sub>10</sub> değeri 59-194 µg/m<sup>3</sup>, dış ortam değeri ise 84 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür [88].

Münih'te okullarda yapılan bir çalışmada, iç ortam PM<sub>10</sub> konsantrasyonu kışın 91.5 µg/m<sup>3</sup>, yazın 64.9 µg/m<sup>3</sup> ölçülmüştür. Özellikle zemin seviyesinde, küçük yaştaki öğrencilerin bulunduğu sınıflarda, hareketliliğin ve öğrenci sayısının fazla olması PM değerlerini yükselttiği ifade edilmiştir. Dış ortam PM konsantrasyonu, hava değişim katsayısı, geçirgenlik faktörleri, birikim, tekrar süspansiyon haline geçme iç ortam PM'nin oluşumuna sebep olduğu belirtilmiştir.

İç ortam PM konsantrasyonu ile sıcaklık, nem, kişi sayısı, sınıf büyüklüğü (yüzey alanı, hacim, birim hacimdeki kişi sayısı) arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Sınıf seviyesi ile binanın taban kaplamasında (pürüzsüzlük, halı, vs.) oluşan PM konsantrasyonu arasındaki ilişki lineer regresyon ile doğrulanmıştır. Yaz aylarında ölçülen PM ile nem arasında herhangi bir ilişki bulunamazken, yaz aylarında yapılan ölçümler ile oda büyüklüğü ve kişi sayısı arasında anlamlı bir ilişki vurgulanmıştır. Sınıflarda ölçülen PM konsantrasyonu ile tahta ve naylon gibi pürüzsüz yüzeyler, halı kaplı zemin ve odalar arasında bir fark bulunamamıştır. PM konsantrasyonu zemine yakın, küçük ve kalabalık sınıflarda daha yüksek bulunmuştur. Kış aylarında ölçülen PM'nin iç ortam aktivitelerinden daha fazla etkilendiği belirtilmiştir [89].

Hong Kong'ta evlerde, PM<sub>10</sub> değeri sigara içilmesi esnasında 2153 µg/m<sup>3</sup> ölçülürken, trafiğe yakın noktalarda ve pişirme için gaz kullanılan yerlerde yüksek bulunmuştur. PM<sub>10</sub> seviyesi mutfaklarda yemek pişirmeden dolayı diğer odalara göre daha yüksek bulunmuştur. Sigara içilmesi, pişirme, trafik, inşaat aktivitelerinin. PM<sub>10</sub> değerini arttırdığı, bazı bölgelerde Hong Kong standart değeri olan 180 µg/m<sup>3</sup>'ü aştığı belirtilmiştir [90].

Münih'te bir okulda yapılan çalışmada, iç ve dış ortamda ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonu sırasıyla 118.2 µg/m<sup>3</sup> ve 24.2 µg/m<sup>3</sup> olup, PM<sub>10</sub>'nin %24'ünün dış ortamdan kaynaklandığı ve öğrencilerin fiziksel aktivitelerinin büyük çaplı PM<sub>10</sub>'lerin artmasına sebep olduğu belirtilmiştir. İç/dış ortam PM kirlilikleri arasında güçlü bir ilişki olduğu (r=0.95) ifade edilmiştir[91].

Hong Kong'ta, 34 adet evde, sonbahar sezonunda iç ve dış ortam PM<sub>10</sub> konsantrasyonları değişimi sırasıyla 14.3-86.2 µg/m<sup>3</sup> ve 22.2-104.6 µg/m<sup>3</sup>, kış sezonunda ise 63.3 µg/m<sup>3</sup> ve 69.5 µg/m<sup>3</sup> olarak rapor edilmiştir. İç ve dış ortam PM konsantrasyonları arasında zayıf bir korelasyon olduğu, yüksek havalandırma hızı olan evlerde I/O oranı 0.88, düşük havalandırma hızı olan evlerde 1.04 olduğu belirtilmiştir. Yemek pişirilmesi, sigara içilmesi, çeşitli insan aktiviteleri ve düşük hava değişim katsayısının partikül maddeyi tutarak birikmesini sağladığı ifade edilmiştir [92].

Hong Kong'ta bulunan alışveriş merkezlerinde, iç ortam PM<sub>10</sub> değeri 380 µg/m<sup>3</sup>'ü aşarak dış ortam değerinden yüksek bulunduğu belirtilmiştir. Hafta sonunda ölçülen PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının dış ortamdaki araçlardan kaynaklandığı, solunabilir PM'lerin iç ortama sızması sebebiyle hafta içinden daha yüksek bulunmuştur. Yetersiz düzeydeki havalandırma, iç ortamda sigara içilmesi, araçların park esnasında rölantide çalışması, kapsamlı yemek pişirme ocaklarından çıkan kirlleticiler standart değerlerin aşılmasına neden olduğu vurgulanmıştır [94].

Yeni Delhi üniversitede yapılan başka bir çalışmada, ortalama PM konsantrasyonu 169.7-199.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişirken, 500-1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşan değerler ölçülmüştür. Ortalama PM konsantrasyonu standart değer (yıllık ortalama, 140-170  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) üzerindedir. İnsan aktivitelerinin ve trafiğin yoğun olduğu zamanlarda PM konsantrasyonları artarken, iç-dış ortam kirlilik değerleri arasındaki ilişki alışveriş yerlerinde güçlü bir ilişki bulunurken, evlerin az olduğu sakin yerlerde ve çalışma alanında zayıf bir ilişki bulunmuştur. Çalışma alanı olan üniversite bölgesinde iç ortam PM konsantrasyonu (24 saatlik ortalama değerler) 217  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dış ortamda ise 138  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bulunmuştur. Laboratuvar ortamında herhangi bir PM kaynağı olmadığı, iç ortamda oluşan kirliliğin kapı ve camlardan içeriye giren ve ortamda kalarak biriken PM'ler olduğu tespit edilmiştir. PM değerinin 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü geçmesinin sebebi laboratuvarın temizlenmesi, süpürülmesi ve toz fırtınası sebebiyle dışarıdan içeriye giren tozların olabileceği ifade edilmiştir. Laboratuvar ortamında dış ortamdaki gelebilecek PM'lerin değerini azaltabilmek için doğal havalandırma yerine mekanik havalandırma tercih edilmesi gerektiği belirtilmektedir [95].

Bangkok'ta, iç ortam  $\text{PM}_{10}$  alışveriş yerlerinde 13.20-18.87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ofislerde 10.06-14.03  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında bulunurken, dış ortamda 25.73-71.12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bulunmuştur. İç ortam konsantrasyonları alışveriş yerlerinde bulunan binalardaki havalandırmanın yetersiz olması ve araçlardan kaynaklanan emisyonların iyi filtre edilmemesi sebebiyle, ofislere göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir[97].

İç ortam sıcaklıkları evlerde ve işyerlerinde yaz ve kış ayları için ölçülmüştür. İç ortam sıcaklıkları kış döneminde evlerde 17.29 °C, yaz döneminde ise 27.67 °C olarak ölçülmüştür (Tablo 3.7). İç ortam sıcaklıkları için evlerde konfor sıcaklıkları 22°C, işyerleri için ise 20°C olarak kabul edilmektedir [11]. İç ortam sıcaklıkları konfor sıcaklıklarına göre değerlendirildiğinde, kışın konfor sıcaklığının altında kaldığı, yazın ise konfor sıcaklıklarının üzerinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.26). Bu durum, ısınma için soba kullanılması ve mutfakların genelde ısıtılmamasından kaynaklanmaktadır. Yaz döneminde mutfaklarda genellikle doğal havalandırma yapıldığı ve dış ortamın etkisiyle, sıcaklığın konfor değerinden yüksek olduğu bulunmuştur.

İşyerleri ve kamu binalarında iç ortam sıcaklıkları yaz ve kış aylarında sırasıyla, 26.62 °C ve 20.98 °C olarak bulunmuştur (Tablo 3.8). İşyerleri ve kamu binalarındaki ortalama sıcaklıklar, kış için belirlenen konfor değerlerini sağlarken, yazın bu değerlerin üzerinde bulunmuştur (Şekil 3.31). Bunun sebebi, kış aylarında mekanik sistemlerle uygun şartlarda ısınma sağlanırken, yazın genelde doğal havalandırma yapılmasından dolayı sıcaklıkların dış ortam seviyelerine yaklaşması olarak değerlendirilebilir.

Evlerde bağıl nem değerleri yaz ve kış aylarında yazın % 44.36, kışın % 53.39 olarak bulunmuştur (Tablo 3.7). İşyerleri ve kamu binaları için bağıl nem yazın % 44.19, kışın ise % 37.67'dir (Tablo 3.8). İç ortamlarda bağıl nem için kabul edilebilir sınır değer % 30-70 arasında değişmektedir [8,13-14]. Evlerde, işyerlerinde ve kamu binalarında yaz ve kış aylarında bağıl nem değerleri kabul edilebilir sınır değerler arasında kalmıştır (Şekil 3.28, 3.34).

Kore'de bulunan okullarda, yaz aylarında iç ortam hava sıcaklığı 23.6-33 °C, bağıl nem % 30.1-84.6 iken, kış aylarında 14-28 °C, bağıl nem de %16.5-73 bulunmuştur [79]. Portekiz'de bir otelde; iç ortamlarda kışın tespit edilen sıcaklık 23-24 °C, nem %30-35, yazın ise 23-26 °C, nem %50-60 civarındadır [88].

NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> gibi inorganik kirletici konsantrasyonları pasif örnekleme teknikleri kullanılarak evlerde, işyerlerinde ve kamu kurumlarında belirlenmiştir.

Kükürtdioksit konsantrasyonu yaz ve kış aylarında sırasıyla; evlerde 59.90 µg/m<sup>3</sup> ve 74.17 µg/m<sup>3</sup>, kamu binalarında 64.74 µg/m<sup>3</sup> ve 143.17 µg/m<sup>3</sup>, iş yerlerinde ise 88.40 µg/m<sup>3</sup> ve 113.42 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur (Tablo 3.9, Tablo 3.10). ASHRAE (62-1999) standartında, SO<sub>2</sub> için iç ortamlarda belirlenen 24 saatlik sınır değer 365 µg/m<sup>3</sup>'tür [68]. Yaz ve kış aylarında iç ortam ölçümleri Şekil 3.31 ve Şekil 3.32'de gösterilmiş olup, 24 saatlik sınır değer aşılmamıştır. Konutlarda kış aylarında tespit edilen kükürtdioksit konsantrasyonları yaz aylarına göre daha yüksek bulunmuştur. Isınmada kullanılan yakıtlar ve özellikle kömürün yüksek kükürt içeriği (%2) kış aylarında dış ortam hava kirliliğini arttırmış ve buna bağlı olarak iç ortam kükürtdioksitin artmasına neden olmuştur. Ayrıca dış ortamda meydana gelen olumsuz meteorolojik koşulların iç ortamdaki SO<sub>2</sub> konsantrasyonunu etkilemesi kaçınılmazdır. Kış aylarında kamu binalarında ve iş yerlerinde SO<sub>2</sub> konsantrasyonları

evlere göre daha yüksek bulunmuştur. Kamu binaları ve iş yerlerinin, trafiğin yoğun olduğu şehir merkezinde olması, SO<sub>2</sub> konsantrasyonunu arttırmaktadır. Konutlarda da kış aylarında, ana yola yakın evlerde SO<sub>2</sub> konsantrasyonu ara yola yakın evlere göre daha yüksek bulunmuştur.

İç ortamlarda ölçülen NO<sub>2</sub> konsantrasyonları Tablo 3.9 ve Tablo 3.10'da gösterilmiştir. Azotdioksit konsantrasyonları yaz ve kış aylarında sırasıyla; evlerde 13.75 µg/m<sup>3</sup> ve 43.76 µg/m<sup>3</sup>, kamu binalarında 10.53 µg/m<sup>3</sup> ve 32.24 µg/m<sup>3</sup>, iş yerlerinde ise 38.00 µg/m<sup>3</sup> ve 80.91 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur. Bu konsantrasyonlar, Hong Kong'ta NO<sub>2</sub> konsantrasyonları için iç ortamlarda belirlenen 24 saatlik sınır değer olan 150 µg/m<sup>3</sup> ile kıyaslanmıştır [66]. Yaz ve kış aylarında iç ortamlarda ölçülen NO<sub>2</sub> ölçümlerinin 24 saatlik sınır değeri aşmadığı belirlenmiştir (Şekil 3.33, 3.34). İç ortamlarda kış aylarında belirlenen NO<sub>2</sub> konsantrasyonları yaz aylarına göre daha yüksek bulunmuştur. Yaz ve kış aylarında işyerlerindeki (banka, fast food, fotokopi-kırtasiye ve alışveriş merkezi) NO<sub>2</sub> konsantrasyonları ev ve kamu binalarından yüksek bulunmuştur. İşyerlerindeki yüksek NO<sub>2</sub> konsantrasyonuna en büyük katkıyı dış ortamdaki trafik yoğunluğunun olabileceği düşünülmektedir. Mutfaklarda pişirme için ocaklarda kullanılan doğalgaz ve LPG yakıt türlerine göre, iç ortam NO<sub>2</sub> konsantrasyonları arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Ayrıca havalandırma süresi yüksek olan ve izolasyonu olmayan evlerin NO<sub>2</sub> konsantrasyonları kış aylarında yüksek bulunmuştur. İç ortam NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının dış ortam derişimleriyle büyük ölçüde ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Sigara içilen evlerde azotdioksit konsantrasyonları yaz ve kış aylarında yüksek bulunmuş olup, sigara kullanımının iç ortamdaki NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını arttırdığı belirlenmiştir.

Ozon konsantrasyonlarının iç ortamlarda belirlenen konsantrasyonları yaz ve kış aylarında sırasıyla; evlerde 13.06 µg/m<sup>3</sup> ve 1.63 µg/m<sup>3</sup>, kamu binalarında 21.20 µg/m<sup>3</sup> ve 2.01 µg/m<sup>3</sup>, iş yerlerinde ise 6.26 µg/m<sup>3</sup> ve 2.91 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur (Tablo 3.9, Tablo 3.10). Yaz ve kış aylarında iç ortamlarda belirlenen ozon konsantrasyonları, Amerikan Çevre Bakanlığı'nın (Air Quality Index-AIQ) 8 saatlik sınır değeri olan 170 µg/m<sup>3</sup> ile Hong Kong'ta ofisler için belirlenen 8 saatlik sınır değeri 120 µg/m<sup>3</sup>'ün [66, 67] aşılmadığı belirlenmiştir (Şekil 3.35, 3.36). Pasif örnekleme çalışmasında, yaz aylarında tespit edilen ozon konsantrasyonu konutlarda, iş yerlerinde ve kamu binalarında kış aylarına göre daha yüksek bulunmuştur.

Yaz aylarında kapı ve camların açık olması iç ortam konsantrasyonlarını arttırabileceği düşünülmektedir. Ozonun asıl kaynağının dış ortamda güneş radyasyonu olduğu sanılmaktadır. Yaz ve kış aylarında kamu binaları ve iş yerlerinde ozon konsantrasyonları, konutlara göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Yazıcı, fotokopi makinası gibi ofis ekipmanlarının ozon konsantrasyonlarını arttırabileceği düşünülmektedir.

İzmir’de ilköğretim okullarında, ortalama ozon konsantrasyonları 0.78-4.33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişmiş, maksimum değer 43.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bulunmuştur. Ölçüm sonuçları Amerikan Çevre Bakanlığı’nın geliştirdiği Air Quality Indeks sınır değeri 170  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -8 saatlik ortalama ve 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -1 saatlik ortalama ile kıyaslanmış, hassas insanlarda sağlık etkilerinin görülme sınırı kabul edilen değerlerin altında bulunmuştur [47].

Atina’da evlerde camlar kapalı olduğunda ve sigara içildiğinde  $\text{NO}_x$  konsantrasyonları 3 kat daha fazla bulunmuş ve 1-2 saat sonra kirlilik değerlerinde düşüşler gözlemlendiği rapor edilmiştir.  $\text{NO}_2$  konsantrasyonu sigara içen kişi sayısına bağlı olarak 2-3 kat daha fazla bulunmuştur. Sigara içilen ortamlarda  $\text{NO}_2$  konsantrasyonu 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’e ulaştığı,  $\text{SO}_2$  konsantrasyonu mutfak camları ve balkon kapıları kapalı iken beklendiği kadar yüksek bulunmadığı, buna karşılık diğer kirletici konsantrasyon değerlerinin sigara içilmesiyle birlikte arttığı belirtilmiştir.  $\text{O}_3$  konsantrasyonu ise genellikle dış ortamdan oluştuğu, 4 adet sigaradan sonra  $\text{O}_3$  konsantrasyonunun hızlı bir şekilde 20-60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’e ulaştığı, fakat bu değer AB’nin dış ortam için belirlediği saatlik ortalama değer olan 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’e ulaşmadığı ifade edilmiştir [57].

Belçika’nın Antwerp şehrinde ev ve okullarda, iç /dış ortam  $\text{NO}_2$  konsantrasyonları arasında anlamlı bir ilişki bulunmamış,  $\text{SO}_2$  konsantrasyonları tüm iç ortamlarda dış ortamlara göre %30 daha düşük rapor edilmiştir. İç ortamlarda  $\text{O}_3$  seviyesi dış ortamlara göre oldukça düşük olduğu belirtilmiştir [80].



Hong Kong'ta, sigara içilmeyen 10 adet evde, iç ortam NO<sub>2</sub> konsantrasyonu 16.88-105.01 µg/m<sup>3</sup> değerleri arasında değişirken, ortalaması 53.4 µg/m<sup>3</sup>, standart sapması 25 µg/m<sup>3</sup> olarak rapor edilmiştir. Dış ortam NO<sub>2</sub> konsantrasyonu 24.38-112.51 µg/m<sup>3</sup> olup, ortalama değeri ve standart sapması sırasıyla 70.9 µg/m<sup>3</sup> ve 27.6 µg/m<sup>3</sup> 'tür. İç ve dış ortam NO<sub>2</sub> konsantrasyonları oranı 0.29-1.25 olup, ortalaması 0.79, standart sapması ise 0.30 olduğu belirtilmiştir [81]. Chili-Santiago'da sigara içilmeyen evlerde, iç ortam NO<sub>2</sub> seviyesi 35.8 ppb, dış ortam seviyesi 36.9 ppb'dir [82]. İsviçre'de evlerde NO<sub>2</sub> konsantrasyonları için gaz ile yemek pişirme en önemli iç ortam kaynağı olarak belirlenmiştir. NO<sub>2</sub> konsantrasyonları için gaz ile yemek pişirilen evlerde I/O oranı 1.2, gaz ile yemek pişirme yapılmayan evlerde 1.0'in altında olduğu belirtilmiştir [32].

Hong Kong'ta evlerde yapılan çalışmada, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyon seviyelerinin iç ve dış ortam oranları sırasıyla 0.98, 0.79, 1.01, 0.40 bulunmuştur. Evlerin iç ortamlarında SO<sub>2</sub> seviyesinin yüksek olduğu, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> seviyelerinin ise düşük rapor edilmiştir. Ölçüm yapılan parametrelerin tamamında, bütün evlerde dış ortam kirlilik değeri iç ortam kirlilik değerinden yüksek bulunduğu ifade edilmiştir [83].

Atina'da, farklı havalandırma sistemlerine sahip spor salonlarında yapılan çalışmada, NO<sub>2</sub> konsantrasyonunun trafik sebebiyle dış ortamdaki iç ortama taşınan kirleticiler, kötü havalandırma sistemleri, sigara içilmesi gibi faaliyetler nedeniyle arttığı belirlenmiştir. İç ortamda ozon değerleri, ozonun iç ortam yüzeylerinde reaksiyona girmesi sebebiyle düşük bulunmuştur. Doğal havalandırılmalı salonlarda dış ortam etkisinin mekanik havalandırılmalı salonlara göre çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir [86].

Kıbrıs'ta kent merkezinde ve kırsal bölgede bulunan 2 adet kilisede, NO<sub>x</sub> değerindeki artışın sebebi trafikteki araçların egzoz dumanlarından kaynaklanabileceği rapor edilmiştir. NO<sub>x</sub> seviyesi arttığı esnada, homojen ve heterojen reaksiyonlar sonucu oluşan O<sub>3</sub>'ün iç ortamda tükendiği belirtilmiştir [87].

Hong Kong'ta, trafiğe yakın evlerde CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Trafikte kükürt içeriği minimum olan yakıtlar kullanıldığı için SO<sub>2</sub> seviyeleri 6 bölgede birbirine yakın olduğu rapor edilmiştir [90]. Bangkok'ta iş yerleri, ofisler ve dış ortamda yapılan bir çalışmada; iç ortamda NO<sub>2</sub> değerleri dükkanlarda 12.08-13.62 µg/m<sup>3</sup>, ofislerde 6.06-7.10 µg/m<sup>3</sup>, dış ortamlarda 24.00-32.60 µg/m<sup>3</sup> tespit edilmiştir [97].

Enerji tüketiminin, CO<sub>2</sub>, PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonları ile sıcaklık ve nem gibi konfor parametreleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Evlerin ortalama günlük enerji tüketimleri yaz ve kış ayları için sırasıyla; 15.93±3.06 kwh/gün, 95.08±40.42 kwh/gün olarak bulunmuştur (Tablo 3.22).

Evlerdeki enerji tüketimi ile kış aylarında CO<sub>2</sub>, sıcaklık, nem ve yaz aylarında ise nem arasındaki ilişki anlamlı bulunmuştur. CO<sub>2</sub> ile enerji tüketimi arasındaki ilişki Şekil 3.70'de gösterilmiştir. Kış aylarında evlerde enerji tüketimine bağlı olarak CO<sub>2</sub> konsantrasyon değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Şekil 3.71'de kış aylarında iç ortam sıcaklıkları ile enerji tüketimi arasındaki ilişki belirtilmiştir. Kış aylarında, dış ortam hava sıcaklıklarının düşmesi ile iç ortamların ısıtılması için gerekli enerji ihtiyacı artmaktadır.

Bağıl nem değerlerinin yaz ve kış aylarında enerji tüketimine göre değişimleri ise Şekil 3.72 ve Şekil 3.73'de gösterilmiştir. Kış aylarında evlerde enerji tüketimine bağlı olarak bağıl nem değerleri düşerek konfor değerler arasında kalmıştır. Özellikle kış aylarında dış ortam havasındaki düşük sıcaklık ve yüksek nem değerleri, artan enerji tüketimine bağlı olarak iç ortamda bağıl nem değerlerini düşürmüştür.

## ÖNERİLER

Balıkesir kent merkezinde iç ortamlarda CO<sub>2</sub>, PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> konsantrasyonları ile sıcaklık ve bağıl nem gibi konfor parametrelerinin seviyeleri belirlenmiştir. İç ortam hava kalitesi ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi konutlarda, işyerlerinde ve kamu binalarında belirlemek için yapılan çalışmada, kirlilik önleme ve azaltma çalışmaları şöyle sıralanabilir:

1. İç ortamlarda tespit edilen hava kirliliğinin önlenmesi için bina izolasyonuna önem verilmeli, teşvik edilmelidir.
2. İç ortamlarda enerji etkin kullanılmalı ve sıcaklık, bağıl nem gibi konfor parametrelerinin iç hava kalitesi üzerindeki etkileri belirlenmelidir.
3. İç ortam sıcaklıklarının konfor değerlerin altında olduğu 1.bölge için, izolasyon teşvik edilmelidir.
4. Hava Kirliliği açısından birinci derece kirli iller arasında bulunan Balıkesir İl Merkezinde doğalgazın kullanımı yaygınlaştırılmalı, kömürlü yakma sistemlerinde (bacalara filtre takılması, kömürlerde kükürt içeriğinin düşürülmesi, ithal kömürün yaygınlaştırılması) iyileştirme yapılmalıdır.
5. Kış aylarında 3. bölgede tespit edilen karbondioksit, azotdioksit, partikül madde konsantrasyonları diğer bölgelerden daha yüksek bulunmuştur. 3. Bölgede bulunan konutlar, iş yerleri ve kamu binalarında (Altıeylül Mah., Atatürk Mah., Bahçelievler Mah., Eski Kuyumcular Mah., Paşaalanı Mah.) doğalgaz kullanımı zorunlu hale getirilmelidir.
6. Kış aylarında meteorolojik faktörler nedeniyle hava kirliliğinin daha fazla hissedildiği Balıkesir İl Merkezinde yakma ile ilgili denetimler arttırılarak, gerekli tedbirler alınmalıdır.
7. Türkiye için iç hava kalitesi ile ilgili sınır değerlerin tespit edilerek uygulanması sağlanmalıdır.
8. Kentin gelişme alanları ve yeni yerleşim yerleri belirlenirken şehrin hakim rüzgarı kuzey-kuzey batı yönü ve hava kirliliği haritaları dikkate alınarak planlanmalıdır.

9. Kış aylarında oluşan yoğun araç trafiği, trafik sıkışıklığı nedeniyle araçların yavaş hareket etmesi gibi faktörlerle oluşan emisyonların önlenmesi için halkın toplu taşıma araçlarına özendirilmesi, trafik akış güzergahlarının tekrar gözden geçirilmesi, bisiklet ve yürüyüş yollarının yapılması, yeşil alanların artırılması sağlanmalıdır.
10. Yaz ve kış aylarında, azotdioksit ve karbondioksit konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu, 2. ve 3. bölgedeki işyerleri ve kamu binalarının bulunduğu Altieylül, Eski Kuyumcular, Hisariçi ve Yıldırım mahallerlerinde trafik düzenlemesi tekrar yapılmalıdır.
11. İç/dış ortam hava kirliliğine karşı bu bölgede yaşayan çocuk, yaşlı ve çeşitli sağlık sorunu olan hassas gruplara yönelik bilgilendirme ve sağlık durumlarına ilişkin izleme çalışmaları yapılmalıdır. Özellikle okullarda iç ortamlardaki yetersiz havalandırma ve iç ortam kirlilik konsantrasyonlarındaki artış sebebiyle öğrenciler ve öğretmenlerin eğitimleri ile konuya hassas davranmaları sağlanmalıdır.
12. İç ortam kirlilik konsantrasyonlarının yüksek belirlendiği işyerleri ve kamu binalarında, mekanik havalandırma sistemleri kontrol edilmelidir. İnsan sirkülasyonunun fazla olduğu yerlerde havalandırma sistemleri düzenli olarak çalıştırılmalı, işyerlerinin temizliği düzenli olarak sağlanmalıdır.
13. Gelecekte yapılacak çalışmalar için, örneklenen her nokta için meteorolojik parametrelerin belirlenmesi ve böylece incelenen kirleticiler ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişkilendirme yapılması önerilmektedir.
14. Bu çalışmada kükürtdioksit, azotdioksit ve ozon örnekleme iç ortamlarda belirlenmiştir. Dış ortamın iç ortamdaki etkisini belirlemek için iç/dış ortam örnekleme eş zamanlı olarak yapılmalıdır.
15. Maruziyet değerlendirmesi için hastane kayıtları ile iç ortam kirleticilerinin kullanılacağı sağlık risk değerlendirmesinin yapılmasına olanak sağlanmalıdır.

Sonuç olarak sağlıklı ve konforlu bir yaşam için, soluduğumuz havanın temiz olması ve kabul edilebilir bir iç hava kalitesinin sağlanması gerekir.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] USEPA: “Indoor Air Quality: Sick Building Syndrome”, *EPA/402-F-94-004*, Indoor Air Group, Resarch Triangle Park, North Cardina, (1991).
- [2] World Health Organization (WHO): “Health Risk Assesment of Indoor Air Quality”, *Mog/HSE/4.3/001,AC.01.03.01.A*, Ulan Boatar Mongalia, (2003-2004).
- [3] ASHRAE: “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers”, *Standard 62- 1989*, Atlanta, (1989).
- [4] ASHRAE: “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers”, *Standard 62- 2001*, Atlanta, (2001).
- [5] Güllü, G. ve Menteşe, S., “İç Ortam Havasında Biyoaerosol Düzeyleri”, *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 359-365, (2007).
- [6] Wallace, L., “Indoor particles: a review”, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 46(2), 98-126, (1996).
- [7] Jones, A. P., “Indoor air quality and health”, *Atmospheric Environmet*, 33, 4535-4564, (1999).
- [8] Schramek, E., *Recknagel-Sprenger Schramek- Isıtma ve klima tekniği el kitabı*, TTMD: Ankara: (1999).
- [9] Bas, E., *Indoor air quality-a guide for facility managers*, The Fairmont Pres: Lilburn, Georgia: (2004).
- [10] Montgomery, D. D. and Kalman, D. A., “Indoor/outdoor air quality: reference pollutant concentrations in complaint-free residences”, *Applied Industrial Hygiene*, 4, 17-20, (1988).
- [11] Karakoç, H. T., *Kalorifer tesisatı hesabı*, DemirDöküm Teknik yayınları, No:9, (2006).

- [12] Theodosiou, T. G. and Ordoumpozanis, K. T., “Energy, comfort and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece”, *Energy and Building*, 40, 2207-2214, (2008).
- [13] ASHRAE: “Thermal Comfort”, *ASHRAE Handbook CD, 2001 Fundamentals, Chapter 8*, Atlanta, USA, (2003).
- [14] Önen, E., *Havalandırma ve klima tesisatı*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Teknik El kitabı, No: 9, Başbakanlık Basımevi: Ankara: (1985).
- [15] Orosa, J. A. and Balina, A., “Passive climate control in Spanish Office buildings for long periods of time”, *Building and Environment*, 43, 2005-2012, (2008).
- [16] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü [www.mgm.gov.tr/genel//sss.aspx?s=hissedilensicaklik](http://www.mgm.gov.tr/genel//sss.aspx?s=hissedilensicaklik), 07.04.2014
- [17] ASHRAE: “Indoor Environmental Health”, *ASHRAE Handbook CD, 2001 Fundamentals, Chapter 9*, Atlanta, USA, (2003).
- [18] DOĞAN, H., *Uygulamalı Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği*, Seçkin Yayıncılık: Ankara, (2002).
- [19] Schell, M. B., Turner, S. C. and Omar, S., “Application of CO<sub>2</sub>-Based Demand-Controlled Ventilation Using ASHRAE Standard 62: Optimizing Energy Use and Ventilation”, *ASHRAE Transactions Symposia*, 104(2), 1213-1225, (1998).
- [20] Chao, C. Y. H. and Tung, T. C. “An empirical model for outdoor contaminant transmission into residential buildings and experimental verification”, *Atmos. Environ.*, 35, 1585-1596, (2001).
- [21] ASHRAE: “Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings”, *Standard 62.2-2010*, (2010).
- [22] Tünay, O., “*Hava kirliliği ve kontrolü ders notları*”, İTÜ Çevre Mühendisliği, İstanbul: (1986).
- [23] Bulut, H., “Konutlarda İç Hava Kalitesi ile İlgili Ölçüm Sonuçlarının Analizi”, *Teskon VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 415-427, (2007).

- [24] ASHRAE: “Air Contaminants”, *ASHRAE Handbook CD, 2001 Fundamentals, Chapter 12*, Atlanta, USA (2003).
- [25] Korkmaz, A., “Hastane iklimlendirme sistemlerinde filtre seçimi ve filtrenin önemi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 98, 27-30, (2007).
- [26] Branis, M., Rezacova, P. and Domasova, M., “The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>1.0</sub> in a classroom”, *Environmental Research*, 99, 143-149, (2005).
- [27] Yeşilyurt, C. ve Akcan, N., “Hava kalitesi izleme metodolojileri ve örneklem kriterleri”, T.C. Sağlık Bakanlığı, Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, [http://www.shm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava\\_metot.pdf](http://www.shm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava_metot.pdf), (2007).
- [28] Pope, C. A III, “Respiratory hospital admissions associated with PM<sub>10</sub> pollution in Utah, Salt Lake, and Cache Valleys”, *Archives of Environmental Health*, 46(2), 90–97, (1991).
- [29] Choudhury, A. H., Gordian, M. E. and Morris, S. S., “Associations between respiratory illness and PM<sub>10</sub> air pollution”, *Archives of Environmental Health*, 52, 113–117, (1997).
- [30] Gönüllü, M. T., Bayhan, H., Avşar, Y. ve Arslankaya, E., “YTÜ Şevket Sabancı Kütüphane Binası İç Ortam Havaındaki Partiküllerin İncelenmesi”, *4. Gap Mühendislik Kongresi*, Şanlıurfa, (2002).
- [31] Clayton, C. A., Perritt, R. L., Pellizzari, E. D., Thomas, K. W. and Withmore, R. W., “Particle total exposure assessment methodology (PTEAM) study: distributions of aerosol and elemental concentrations in personal, indoor, and outdoor air samples in a southern California community”, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 3, 227–250, (1993).
- [32] Monn, C. H., Fuchs, A., Hogger, D., Junker, M., Kogelschatz, D., Roth, N., 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”, *The Science of the Total Environment*, 208, 15–21, (1997).

- [33] Funasaka, K., Miyazaki, T., et al., “Relationship between indoor and outdoor carbonaceous particulates in roadside household”, *Environmental Pollution*, 110, 127-134, (2000).
- [34] Curtis, I., Rea, W., Smith-Willis, P., Fenyves, E. and Pan, Y., “Adverse health effects of outdoor air pollutants”, *Environment International*, 32, 815–830, (2006).
- [35] Pekey, B., Bozkurt, Z. B., Pekey, H., Dogan, G., Zararsız, A., Efe, N., et al., “Indoor/outdoor concentration and elemental composition of PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey”, *Indoor Air*, 20, 112-125, (2010).
- [36] ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry): “Department of Health and Human Services”, Toxicological Profile Information Sheet, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>, (2003).
- [37] World Health Organization (WHO): “Nitrogen Oxides, Environmental Health Criteria”, 188, Geneva, (1997).
- [38] Monn, C., “Exposure assessment of pollutant: a review on spatial heterogeneity and indoor/outdoor/personal exposure to suspended particulate matter, nitrogen dioxide and ozone”, *Atmospheric Environment*, 35, 1–32, (2001).
- [39] Breysse, P. N., Buckley, T. J., Williams, D., Beck, C. M., Jo S. J., Merriman, B., et al., “Indoor exposures to air pollutants and allergens in the homes of asthmatic children in inner-city Baltimore”, *Environmental Research*, 98, 167–176, (2005).
- [40] Levesque, B., Allaire, S., et al., Gauvin, D., Koutrakis, P., Gingras, S., Rhaindis M., et al., “Wood-burning appliances and indoor air quality”, *The Science of the Total Environment*, 281, 47-62, (2001).
- [41] World Health Organization (WHO): “Sulfur Oxides and Suspended Particulate Matter, Environmental Health Criteria 8”, Geneva, (1979).
- [42] Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., “Kapalı Ortam Hava Kirlenmesi”, Çevre Sağlık Temel Kaynak Dizisi, No:9, *TC Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü*, TC Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, ISBN 975-7572-57-8, Ankara, (1994).



- [43] Bozkurt, Z., “Kocaeli’de Farklı Mikroçevrelerde Uçucu Organik Bileşikler, Ağır Metaller ve İnorganik Gaz Fazı Kirleticilerin İç ve Dış Ortam Seviyelerinin Belirlenmesi”, *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, (2007).
- [44] ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry): “Public Health Assessment for Loudon County Hazardous Air Pollutants”, Loudon County, Tennessee, (2006).
- [45] Brunekreef, B. and Holgate, S. T., “Air pollution and health”, *Lancet*”, 360, 1233–1242, (2002).
- [46] Gürdallar, M., “Hijyen ve İç hava Kalitesi Bakımından HVAC Sistemlerinin Temizliği”, *VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, (2003).
- [47] Kocahakimoğlu, C., Turan, D., Özeren, F., Sofuoğlu, A. ve Sofuoğlu, C.S., “İlköğretim Okullarında Bina İçi Hava Ozon Derişimleri”, *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 697-703, (2009).
- [48] Weschler C.J., “Ozone in indoor environments:concentration and chemistry”, *Indoor Air*, 10, 269-288, (2000).
- [49] Kuntasal, O. Ö., “Temporal variations and sources of Oorganic pollution in two urban atmospheres; Ankara and Ottawa”, PhD. Thesis, *Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering*, Ankara, (2005).
- [50] Bardana, E. J. and Montanara, A., *Indoor air pollution and health*, Oregon Health Sciences University, Portland, Oregon, USA: (1996).
- [51] Hester, R. E., Harrison, R. M., *Air pollution and health*, The Royal Society of Chemistry, UK: (1998).
- [52] Moeller, D. W., *Environmental health*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts London, England: p:21–31, (1992).
- [53] World Health Organization: “Who Handbook on Indoor Radon- A Public Health Perspective”, WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, (2009).
- [54] Soysal, A. ve Demiral, Y., “Kapalı ortam hava kirliliği”, *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 6(3), 221-226, (2007).

- [55] Bergman, H., Edling, C. and Axelson, O., “Indoor radon daughter concentrations and passive smoking”, *Environment International*, 12: 17 – 19, (1985).
- [56] Johansson, A., Halling, A. and Hermansson, G., “Indoor and outdoor smoking”, *European Journal of Public Health*, 13: 61–66, (2003)
- [57] Halios, H. C., Assimakopoulos, D. V., et al., “Investigating cigareyye-smoke indoor pollution in a controlled environment”, *Science of the Total Environment*, 337, 183-190, (2005).
- [58] US Environmental Protection Agency (EPA), [www.epa.gov.tr](http://www.epa.gov.tr)
- [59] Guo, H., Lee, S.C. and Chan, L.Y., “Indoor air quality in ice skating rinks in Hong Kong”, *Environmental Research*, 94, 327-335, (2004).
- [60] Stranger, M., Potgieter-Vermaak, S. S. and Van Grieken, R., “Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium”, *Environmental International*, 33, 789-797, (2007).
- [61] ASHRAE: “Indoor Environmental Health”, *ASHRAE Handbook CD, 2001 Fundamentals, Chapter 9*, Atlanta, USA, (2003).
- [62] HKGCC (Hong Kong General Chamber of Commerce ), “The Clean Air Charter”, A Business Guide book”, [www.cleanair.hk](http://www.cleanair.hk), (2006).
- [63] Mestl, H. E. S., Aunan, K. and Seip, H. M., “Health benefits from reducing indoor air pollution from household solid fuel use in China- Three abatement scenarios”, *Environmental International*, 33, 831-840, (2007).
- [64] WHO/UNEP: “Urban Air Pollution in Mega Cities of the World”, World Health Organization, United Nation Environmenty Programme, Oxford Blackwell, (1992).
- [65] WHO (World Health Organization): “Air Quality Guidelines for Eurpe”, WHO Regional Publications, European Series No:23, Denmark, (1987).

- [66] HKEPD (The Hong Kong Environmental Protection Department): “Guideline Notes For The Management of Indoor Air Quality in Offices and Public Places”, Indoor Air Quality Management Group, HKEPD, (1999).
- [67] USEPA: “Guidline For Reporting of Daily Air Quality-Air Quality”, *Index (AQI)*”EPA-454/R-99-010, <http://www.epa.gov/airnow/publications.html>, (1999).
- [68] ASHRAE: “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality”, *STANDART 62*, (1999).
- [69] WHO (World Health Organization): “Nitrogen dioxide”, Air Quality Guidelines for Europe”, *Europen Series 23*, WHO Regional Publications, Copenhagen, (1987).
- [70] Li, Y. and Chen, Z., “A Balance-point method for assessing the effect of natural ventilation on indoor particle concentrations”, *Atmospheric Environment*, 37, 4277-4285, (2003).
- [71] Thatcher, T. L. and Laytol, D. W., “Deposition, re-suspension and penetration of particles within a residence”, *Atmospheric Environment*, 29, 1487–1497, (1995).
- [72] Moriske, H.-J., Drews, M., Ebert, G., Menk, G., Scheller, C., Schondube, M., et al., “Indoor air pollution by different heating systems: coal burning, open fire place and central heating”, *Toxicology Letters*, 88, 349–354, (1996).
- [73] Quackenboss, J. J., Lebowitz, M. D., Crutchfield, C. D., “Indoor-outdoor relationships for particulate matter: exposure classifications and health effects”, *Environment International*, 15, 353–360, (1989).
- [74] Alptekin, O., “Binalarda iç hava kalitesi toz partiküllerinin iç mekan hava kalitesi üzerindeki etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi*, Kütahya, (2007).
- [75] Wang S., Wei W., Du, L., Kristin, A., Jiming, H., “Air pollutants in rural homes in Guizhou, China-Concentrations, speciation, and size distribution”, *Atmospheric Environment*, 44, 4575-4581, (2010).

- [76] Begum, A. B., Paul, K. S., Hossain, D. M., Biswas, K. S., Hopke K. P., “Indoor air pollution from particulate matter emission in different household in rural areas Bangladesh”, *Building and Environment*, 44, 898-903, (2009).
- [77] Mirici, A. ve Tutar, Ü., “İnhale edilen partikülün solunum sistemindeki serüveni, *Toraks Dergisi*, Cilt 3, Ek 2, 3–6, (2002)
- [78] Zeydan, Z. E., Zeydan, Ö. ve Yıldırım, Y., “Hasta Bina Sendromu”, *IX. Ulusal Tesisat Kongresi*, İzmir, (2009).
- [79] Yang, W., Sohn, J., Kim J. and Park, J., “Indoor air quality investigation according to age of the school buildings in Korea”, *Journal of Environmental Management*, 90, 348-354, (2009).
- [80] Stranger, M., Potgieter-Vermaak, S. S. and Grieken, R.V., “Particulate matter and gaseous pollutants in Antwerp, Belgium”, *Science of the Total Environment*, 407(3), 1182-1192, (2008).
- [81] Chao, C. Y. H., “Comparison between indoor and outdoor air contaminant levels in residential buildings from passive sampler study”, *Building and Environment*, 36, 999-1007, (2001).
- [82] Bracho, L. R., Suh, H. H., Oyola, P. and Koutrakis, P., “Measurements of children’s exposures to particles and nitrogen dioxide in Santiago, Chile”, *The Science of the Total Environment*, 287, 249–264, (2002).
- [83] Chao, C. Y. H., “Comparison between indoor and outdoor air contaminant levels in residential buildings from passive sampler study”, *Building and Environment*, 36, 999-1007, (2001).
- [84] Coşkun, A., “Antalya ilinde bazı toplu çalışma alanlarındaki iç hava kalitesi üzerine bir araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi*, (2008).
- [85] See, S. W. and Balasubramanian, R., “Chemical characteristics of fine particles emitted from different gas cooking methods”, *Atmospheric Environment*, 42, 8852-8862, (2008).

- [86] Stathopoulou, O. I., Assimakopoulos, V. D., Flocas, A. H. and Helmis, G. C., “An experimental study of air quality inside large athletic halls”, *Building and Environment*, 43, 834-848, (2008).
- [87] Loupa, G., Charpantidou, E., Kioutsoukis, S. and Rapsomanikis, S., “Indoor microclimate, ozone and nitrogen oxides in two medieval churches in Cyprus”, *Atmospheric Environment*, 40, 7457-7466, (2006).
- [88] Asadi, E., Costa, J. J. and Silva, G., “Indoor air quality audit implementation in a hotel building in Portugal”, *Building and Environment*, 1, 1-7, (2011).
- [89] Fromme, H., Twardella, D., Dietrich, S., Heitmann, D., Schierl R., Liebl, B., et al., “Particulate matter in the indoor air of classrooms-exploratory results from Munich and surrounding area, *Atmospheric Environment*, 41, 854-866, (2007).
- [90] Lee, S., Chang, M. and Chan, K., “Indoor and outdoor air quality investigation at six residential buildings in Hong Kong”, *Environment International*, 25, 489-496, (1999).
- [91] Fromme, H., Diemer J., Dietrich, S., Cyrus, J., Heinrich, J., Lang, W., et al., “Chemical and morphological properties of particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) in school classrooms and outdoor air”, *Atmospheric Environment*, 42, 6597-6605, (2008).
- [92] Chao, Y. C. and Wong, K. K., “Residential indoor PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Hong Kong and elemental composition”, *Atmospheric Environment*, 36, 265-277, (2001).
- [93] Mahyuddin, N. and Awbi, H., “The spatial distribution of carbon dioxide in an environmental test chamber”, *Building and Environment*, 45, 1993-2001, (2010).
- [94] Li, W., Lee S. C. and Chan, Y. L., “Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong”, *The Science of the Total Environment*, 273, 27-40, (2001).
- [95] Srivastava, A. and Jain, V.K., “A study characterize the suspended particulate matter in an indoor environment in Delhi, India”, *Building and Environment*, 42, 2046-2052, (2007).

- [96] Poupard, O., Blondeau, P., Iordache, V. and Allard, F., “Statistical analysis of parameters influencing the relationship between outdoor and indoor air quality in schools”, *Atmospheric Environment*, 39, 2071-2080, 89, (2004).
- [97] Muttamara, S. and Leong, T.S., “Preliminary Study of relationship between outdoor and indoor air pollutant concentrations at Bangkok’s Major Streets”, *Thammasat Int. Sc. Tech.*, 8, 29-39, (2003).
- [98] Darçın, P., “Yapı içi hava kirliliğinin giderilmesinde doğal havalandırma ilkeleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi*, (2008).
- [99] Wong, L. T., Mui, K. W., Shi, K. L. and Hui, P. S., “An energy impact assessment of indoor air quality acceptance for air-conditioned offices”, *Energy Conversion and Management*, 49, 2815-2819, (2008).
- [100] Wijayatunga, D. C. P. and Attalage, A. R., “Analysis of household cooking energy demand and its environmental impact in Sri Lanka”, *Energy Conversion and Management*, 43, 2213-2223, (2002).
- [101] Yan, D., Song, F., Yang, X., Jiang, Y., Zhao, B., Zhang, X., et al., “An integrated modeling tool for simultaneous analysis of thermal performance and indoor air quality buildings”, *Building and Environment*, 43, 287-293, (2006).
- [102] Mumovic, D., Palmer, J., Davies, M., Orme, M., Ridley, I., Oreszczyn, T., et al., “Winter indoor air quality, thermal comfort and acoustic performance of newly built secondary schools in England”, *Building and Environment*, 44, 1466-1477, (2009).
- [103] Li, W., Paschold, H., Marales, H. and Chianelli, J., “Correlation between short-term indoor and outdoor PM concentration at residences with evaporative coolers”, *Atmospheric Environment*, 37, 2691-2703, (2003).
- [104] Griffiths, M. and Eftekhari, M., “Control of CO<sub>2</sub> in a naturally ventilated classroom”, *Energy and Building*, 40, 556-560, (2008).
- [105] Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE), “Balıkesir il merkezi nüfus verileri”, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), (2008).
- [106] Balıkesir Valiliği Sitesi, [www.balikesir.gov.tr](http://www.balikesir.gov.tr), (2008).

- [107] Balıkesir Meteoroloji Müdürlüğü, “günlük klimatolojik veriler”, (2008).
- [108] Balıkesir Valiliği İl Halk Sağlığı Müdürlüğü, “SO<sub>2</sub> ve PM’ye ait günlük hava kirliliği değerleri”, (2008).
- [109] UCB Particle Monitor, “CODEA/CEIHD/University of California-Berkeley”, (2009).
- [110] Telaire 7001, “CO<sub>2</sub>/temperature monitor covered by US patent no’s 5.080.508/5, 163.332/6, 255.653”, USA, [www.telaire.com](http://www.telaire.com), (2009).
- [111] Persily A. K., “Evaluating building IAQ and ventilation with indoor carbon dioxide”, *Ashrae Transactions*, 103(2), (1997).
- [112] Hangartner, M., “Limits and advantages of diffusion sampling in ambient air pollution monitoring”, [www.passam.ch/Publication/Nr7\\_Taiwan.pdf](http://www.passam.ch/Publication/Nr7_Taiwan.pdf), (2000).
- [113] European Environment Agency, //reports.eea.eu.int/TEC11a/en/page005.html, (2011).
- [114] Gorecki, T. and Namiesnik, J., “Passive sampling”, *Trac-trends in Analytical Chemistry*, 21(4), 276-291, (2002).
- [115] Krupa, S. V. and Legge, A. H., “Passive sampling of ambient, gaseous air pollutants: an assesment from an ecological perspective”, *Environmental Pollution*, 107, 31-45, (2000).
- [116] Özden, Ö., “Hava kalitesinin monitorlanmasında pasif örnekleyicilerin kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, Eskişehir, (2005).
- [117] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, [www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr), (2011).
- [118] İlten, N., Tecer, L. H., Selici, A. T., “Konutlardaki enerji tüketimine bağlı olarak kirletici emisyonlarının hesaplanması”, *18. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Zonguldak, (2011).
- [119] Selici, A. T., “Enerji kullanımının çevresel etkileri ve sürdürülebilir gelişme: Balıkesir örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, S:100-115, Balıkesir, (2006).

[120] Ural, A. ve Kılıç, İ., *Bilimsel araştırma süreci ve SPSS ile veri analizi kitabı*, Ankara: Detay Yayıncılık, (2005).

[121] Ermen, U., “SPSS 15.0 veri analiz yöntemleri”, [www. İstatistikmerkezi.com](http://www.İstatistikmerkezi.com), (2007).



# **EKLER**

## 6. EKLER

### EK A Partikül Madde Monitör Örnekleme Formu

CODEA/CEIHD/University of California-Berkeley

#### UCB Particle Monitor Örnekleme Formu

<b>Ev Sahibi Tanımlaması</b>	Ana yol üzerinde, 3. kat								
<b>Bölge</b>	3. bölge								
<b>Belediye</b>	Balıkesir (Merkez) Belediyesi								
<b>Topluluk</b>									
<b>Ev Adresi/Tanımlama</b>	Atatürk Mah. Turgut Reis Cad. No:92/3								
<b>Numune Öncesi Kutuda Kalibrasyon Periyodu (40 Dak.)</b>									
UCB ID	Yer	Tarih	Kalibrasyona başlama zamanı (kutuda)						Kalibrasyon bitiş zamanı
	Ofis veya diğerleri, açıklama	(gün/ay/yıl)	(sa:dak)						(sa:dak)
	Ev, poşet	27.07.09	11:40						00:00
<b>* Evlerde Örnekleme periyodu *</b>									
<b>UCB ID</b>	<b>HH ID</b>	<b>Cihazı yerleştirme tarihi (gün/ay/yıl)</b>	<b>Duvarda başlama zamanı (sa:dak)</b>	<b>Monitör Yüksekliği (cm)</b>	<b>.....yerden Monitor uzaklığı (cm)</b>	<b>Duvardan kaldırma tarihi (gün/ay/yıl)</b>	<b>Duvardan kaldırma zamanı (sa;dak)</b>	<b>UCB ID</b>	<b>HH ID</b>
	Ev, Mutfak	27.07.09	11:40	1.45	Kapıdan 200 cm uzaklıkta.	31.Tem.09	18.30		
<b>Örnekleme Sonrası Kalibrasyon Periyodu (Enaz 40 Dak.)</b>									
<b>UCB ID</b>	<b>Yer (Ofis veya diğerleri, açıklama)</b>	<b>Tarih (gün/ay/yıl)</b>	<b>kalibrasyon başlama zamanı</b>						<b>Kalibrasyon bitiş zamanı</b>
	Ev (Mutfak bölümüne cihaz yerleştirildi.)	31.07.09	19.00						19.40
Yükleme Yapıldı mı?	ucbpm Dosya adı							Grafik OK?	Paraf
[X] Evet	RAWDATA (P3uc 1144 v.59c ) 30.05.09 -11.40 to 30.05.09 -23.38							[ x ] Evet	
[X] Hayır	Tarih							[ ] Hayır	
Not:Ev ortamında bulunan UCB Partikül Cihazını etkileyecek herhangi bir olumsuzluğun açıklanması									

Not:UCB Partikül monitörü dotalarını indirirken veya yüklerken herhangi bir hata oluştu mu? (Not, en düşük değer mg/m<sup>3</sup>):

## Ek B Enerji Kullanımının İç Ortam Hava Kalitesine Etkisinin Tespiti Anketi

Tarih :...../...../.....

Adres :.....

### A.Kişisel Karakteristikler :

1.Evde yaşayan kişi sayısı :.....

2.Evde yaşayan çocuk sayısı :.....

3.Genel Bilgiler

	Yaş	Cinsiyet	Eğitim	Meslek	Gelir	Sigara Kullanımı	Kronik Hastalıklar	
							Kalp	Solunum
Anne								
Baba								
Kişi 1								
Kişi 2								
Kişi 3								
Kişi 4								

4.Genellikle ne zamanlar yemek pişirirsiniz? Süresi

a. Sabah :.....Saat

b.Öğlen :.....Saat

c. Akşam :.....Saat

5.Ev içinde geçirdiğiniz süreler :

a. Mutfak :.....Saat/kişi

b.Oturma Odası:.....Saat/kişi

### B. Ev Karakteristikleri :

1.Evinizdeki oda sayısı :.....

2.Evin Toplam M<sup>2</sup>'si :.....

3.Mutfak M<sup>2</sup>'si :.....

4.Mutfakta Fan Kullanımı : Var ( ) Yok ( )

5.Klima Kullanımı : Var ( ) Yok ( )

6.Eviniz havalandırdırmısınız, Süresi Dak./Gün : Evet ( ) .....Dak /Gün, Hayır ( )

7.İzolasyon Durumu :

	Durumu	<u>Malzeme Cinsi</u>
Pencere	Var ( ) Yok ( )	.....
Duvar	Var ( ) Yok ( )	.....
Çatı	Var ( ) Yok ( )	.....

8.Evinizde halı kaplı oda var mı? Var ( ) Yok ( )

9.Evinizde hayvan beslermisiniz? Cinsi Var ( ) Yok ( )

.....

10.Binanızın yapı Malzemesi :  Delikli Tuğla :.....1

Gaz Beton :.....2

Diğer :.....3

**C.İsınma Karakteristikleri :**

1.Evinizin ısınma sistemi nedir? :  Soba :.....1

Kalorifer :.....2

Elektrikli Soba :.....3

Kombi :.....4

Katalitik :.....5

Merkezi Sis. :.....6

- 2.Hangi tür yakıt kullanıyorsunuz?  Odun :.....1
- Kömür :.....2
- LPG :.....3
- Doğal Gaz :.....4
- Elektrik :.....5
- Fuel Oil :.....6

**D.Mutfak karakteristikleri :**

1.Pişirme ve Su Isıtmada Kullanılan Yakıt Cinsi :

	<i>LPG</i>	<i>Odun</i>	<i>Elektrik</i>	<i>Doğal Gaz</i>	<i>Kömür</i>
Piştirme					
Su ısıtma					

2.Piştirme ve Su Isıtma Sistemi :

	<i>Ocak</i>	<i>Şofben</i>	<i>Kombi</i>	<i>Soba</i>	<i>Kalorifer</i>	<i>Güneş</i>
Piştirme						
Su Isıtma						

3.Mutfak Odalardan :  Ayrık :.....1

Birleşik :.....2

4.Eviniz Haftada Kaç Gün Süpürülmekte?.....

5.Çamaşırlarınızı nerede kurutuyorsunuz?

Kış aylarında :  İç Ortamda :.....1

Dış ortamda :.....2

Kurutma Makinesi :.....3

Yaz aylarında :  İç Ortamda :.....1

Dış ortamda :.....2

Kurutma Makinesi :.....3

6.Temizlikte Kullandığınız deterjanlar :  Sıvı Deterjan :.....1

Toz Deterjan :.....2

Sabun :.....3

7.Elektrik tüketim bedeli? .....TL/Ay.....TL/Dönem

8.Elektrikli ev aletleriniz, kullanım süresi :  Televizyon :.....saat/gün

:  Buzdolabı

:  Bilgisayar :.....saat/hafta

:  Ütü :.....saat/hafta

:  Fırın :.....saat/hafta

:  Diğer :.....saat/hafta

9.Kış döneminde ödediğiniz yakıt bedeli?.....TL/ay.....TL/Yıl

10.Yıllık Yakıt Miktarı .....Ton / Yıl

11.Doğalgaz Tüketimi Son Endeks:.....M<sup>3</sup>, Başlangıç

Tarihi:...../...../.....

*Ankete Katıldığınız için teşekkür ederiz.....*