

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

**ŞANLIURFA İLİNDEKİ YÜKSEKÖĞRETİM KURUMLARI  
DERSLİKLERİNDE İÇ HAVA KALİTESİNİN İNCELENMESİ VE  
MODELLENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Mak.Yük.Müh. Mehmet KUŞ**

**Balıkesir, Eylül - 2007**

T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA İLİNDEKİ YÜKSEKÖĞRETİM KURUMLARI  
DERSLİKLERİNDE İÇ HAVA KALİTESİNİN İNCELENMESİ VE  
MODELLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Mak.Yük.Müh. Mehmet KUŞ

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Cemal OKUYAN

İkinci Danışman: Yrd.Doç.Dr. Hüseyin BULGURCU

Sınav Tarihi: 28.09.2007

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Cemal OKUYAN (Danışman - BAÜ) 

Doç.Dr. Hüsamettin BULUT (HRÜ) 

Yrd.Doç. Dr. Refet KARADAĞ (HRÜ) 

Yrd.Doç.Dr. Enver YALÇIN (BAÜ) 

Yrd.Doç.Dr. Nadir İLTEN (BAÜ) 

## ÖZET

### ŞANLI URFA İLİNDEKİ YÜKSEKÖĞRETİM KURUMLARI DERSLİKLERİNDE İÇ HAVA KALİTESİNİN İNCELENMESİ VE MODELLENMESİ

**Mehmet KUŞ**  
**Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**( Doktora Tezi / Tez Danışmanı: Prof.Dr. Cemal OKUYAN)**  
**(İkinci Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BULGURCU)**

**Balıkesir, 2007**

İç hava kalitesi kavramı gittikçe önem kazanmaya başlamıştır. Özellikle okul dersliklerinde öğrencilerin öğrenme performansları ve sağlıkları üzerinde iç hava kalitesinin önemli ve olumlu etkileri vardır. Bu çalışmada, Şanlıurfa ilindeki Yüksek Öğretim Kurumu dersliklerinde iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. İç hava kalitesi parametreleri olarak sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit ve değişik çaplarda partikül maddeler alınmıştır. Ölçümler farklı yerlerdeki iki yerleşkede iç ve dış ortamlar için eş zamanlı olarak alınmıştır. Ölçüm sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiş ve değişik ülkelerde önerilen standartlarla karşılaştırılmıştır. Kış döneminde merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılması sağlanan dersliklerde iç ortam sıcaklığı ve bağıl neminde önemli bir sorun gözükmemesiyle birlikte, yaz döneminde herhangi bir iklimlendirme sistemi kullanılmadığından iç ortam sıcaklıklarının çok yüksek ve bağıl nemin düşük olduğu tespit edilmiştir. Kışın iç ortamdaki karbondioksit miktarının öğrenci sayılarına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. İç ve dış parametreler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Partiküller madde kaynağının daha çok iç ortam kaynaklı olduğu görülmüştür. Son olarak, ölçüm sonuçlarına göre dersliklerde iç hava kalitesinin artırılmasına yönelik çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** İç hava kalitesi, Sıcaklık, Bağıl nem, Karbondioksit, Partiküller madde miktarı ve Okul.

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION AND MODELLING OF INDOOR AIR QUALITY AT THE HIGHER EDUCATION CLASSROOMS IN ŞANLIURFA**

**Mehmet KUŞ**  
**Balıkesir University , Institute of Science,**  
**Department of Mechanical Engineering**

**(PhD. Thesis / Supervisor :Prof. Dr. Cemal OKUYAN)**  
**(Second Supervisor: Asst. Prof. Dr. Hüseyin BULGURCU)**  
**Balıkesir -Turkey, 2007**

The importance of indoor air quality has been more understood from day to day. It is well known that indoor air quality has positive effects on learning performance and health of students during course in school. In this study, indoor air quality measurements have been carried out in the higher education classrooms. Temperature, relative humidity, carbon dioxide and particle matters in different diameters have been taken as the indoor air quality parameters. The measurements have been done at two different campuses. The measurements have been taken in indoor and outdoor spaces at the same time. The results obtained have been analyzed statistically and compared with the international standards related to indoor air quality. Although the indoor air quality in classrooms was acceptable levels during the winter season because of the central heating system, air quality and comfort conditions in classroom were very poor during the summer season due to the high temperature and lack of any air conditioning system. The results showed that the relative humidity was in the range of acceptable level during winter and but at low level during summer season. It was also observed that the indoor carbondiokside concentration increased with the student numbers during the winter season as expected. In this study, the relationship between indoor and outdoor parameters was also investigated. It was seen that the source of particle matter is based in indoor more than outdoor. Finally, some suggestions have been made by depending on the results obtained in order to increase the indoor air quality in classrooms.

**KEY WORDS:** Indoor air quality, Temperature, Relative humidity, Carbondiokside, particle matter and school.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
ÖZET, ANAHTAR SÖZCÜKLER	ii
ABSTRACT, KEY WORDS	iii
İÇİNDEKİLER	v
SEMBOL LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xvii
ÖNSÖZ	xx
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1 Konu İle İlgili Yurtdışında Yapılmış Olan Bazı Çalışmalar	4
2.2 Konu İle İlgili Türkiye’de Yapılmış Olan Bazı Çalışmalar	15
3. HAVA VE İÇİNDE BULUNAN KİRLETİCİ MADDELER	26
3.1 Dış Havada Bulunan Kirletici Maddeler	27
3.1.1 Kükürt Dioksit	33
3.1.2 Asılı Partikül Madde	33
3.1.3 Azot Oksitleri	34
3.1.4 Karbon Monoksit	34

3.1.5	Kurşun	35
3.1.6	Ozon	35
3.1.7	Diğer Dış Ortam Hava Kirleticileri	36
3.1.8	İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	36
3.1.9	Çevre Üzerine Etkileri	37
3.2	İç Ortam Hava Kirleticileri	37
3.2.1	Biyoaerosoller	38
3.2.2	Asbestler	43
3.2.3	Radon ve Diğer Toprak Gazları	44
3.2.4	Uçucu Organik Bileşikler	44
3.3	Dış Hava Kalitesi İzleme Yöntemleri	46
3.3.1	Gaz Halindeki Kirleticiler için Pasif Örnekleyiciler	46
3.3.2	Aktif Örnekleyiciler	47
3.3.3	Asılı Partikül Madde (APM) Ölçüm Yöntemleri	47
3.4	İzleme Amaçları	47
3.4.1	Örnekleme Boyut Aralığının Seçimi	48
3.4.2	Yöntem Seçimi	48
3.5	Diğer Hava Kirleticileri	49
4.	İÇ HAVA KALİTESİ KONFOR ŞARTLARI	52
4.1	Bir Temiz Oda Tasarımında Dikkate alınması gereken Parametreler	52

4.2	Kapalı Mahallerde Teknik Olarak Konforun Sağlanması	53
4.3	Havalandırma İle Kirletici Derişikliğinin Azaltılması	59
4.4	İç Hava Kalitesi Yönünden Kirlilik Tanımları	64
4.5	Kirleticilerin Temizlenmesi	70
4.5.1	Elek Etkisi	73
4.5.2	Atalet Etkisi	73
4.5.3	Yakalama Etkisi	74
4.5.4	Difüzyon Etkisi	75
5.	MATERYAL VE YÖNTEMLER	79
5.1	Materyaller	79
5.1.1	Ölçümlerde Kullanılan Cihazlar	80
5.1.1.1	Sıcaklık ve Bağıl Nem Ölçümü İçin Kullanılan Cihazlar	79
5.1.1.2	Karbondioksit Ölçümünde Kullanılan cihazlar	80
5.1.1.3	Partikül Ölçümünde Kullanılan Cihazlar	81
5.1.2	Ölçüm Alınan Derslikler	83
5.2	Yöntemler	87
5.2.1	Ölçümler	87
5.2.2	Ölçüm Değerlerinin Analizi	88
5.2.3	Ölçüm Değerlerinin İç Hava Kalitesi ve İlgili Standartlar ile Karşılaştırılması	89
5.2.4	Dış Ortamdan İçeri Sızan Hava Miktarı	90

6.	BULGULAR	94
6.1	Yerleşke-I Kış Dönemi Ölçümlerinin Analizi	94
6.2	Yerleşke-I Yaz Dönemi Ölçümlerinin Analizi	113
6.3	Yerleşke-II Kış Dönemi Ölçümlerinin Analizi	126
6.4	Yerleşke-II Yaz Dönemi Ölçümlerinin Analizi	138
7.	SONUÇ VE TARTIŞMA	151
8.	EKLER	154
9.	KAYNAKÇA	166



## SEMBOL LİSTESİ

<u>Simge</u>	<u>Adı</u>
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
PM <sub>1</sub>	1 µm çapındaki partikül madde
PM <sub>2.5</sub>	2.5 µm çapındaki partikül madde
PM <sub>7</sub>	7 µm çapındaki partikül madde
PM <sub>10</sub>	10 µm çapındaki partikül madde
TSP	Toplam partikül madde
r	Korelasyon katsayısı
p	Hesaplanan önem seviyesi
µm/m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> havanın içindeki µm çapındaki kirletici miktarı
g/m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> havanın içindeki gr olarak kirletici miktarı
ppm	Parts per million (milyonda bir)
PM <sub>0.3</sub>	0.3 µm çapındaki partikül madde
PM <sub>0.5</sub>	0.5 µm çapındaki partikül madde
PM <sub>1</sub>	1 µm çapındaki partikül madde
PM <sub>3</sub>	3 µm çapındaki partikül madde
PM <sub>5</sub>	5 µm çapındaki partikül madde
α	Seçilen önem seviyesi
NO <sub>2</sub>	Azot dioksit

SO<sub>2</sub> Kükürt dioksit

NH<sub>3</sub> Amonyak

## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil Numarası</b>	<b>Adı</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1	Tanecik ve tanecikli yayılımın özellikleri	29
Şekil 3.2	Atmosfer havasında tanecik sayı, kütle ve yüzeyinin çapa göre yüzdeleri	29
Şekil 3.3	Çeşitli virüs, bakteri ve mantarların boyutlarının karşılaştırılması	31
Şekil 3.4	Enfekte olmuş bir kişi tarafından etrafa yayılan taneciklerin sayısal ve boyutsal dağılımı	49
Şekil 3.5	Bir hapşırma sonrasında havada asılı kalan tanecik dağılımı	50
Şekil 3.6	Güneş ışığı girmeyen iç ortamlarda havadaki mikroorganizmaların canlı kalabilme oranları	50
Şekil 3.7	Tipik bir klima santralında mikrobiyolojik kirlenme kaynakları ve yolları	51
Şekil 4.1	Sıcaklık ve bağıl neme bağlı konfor bölgeleri	52
Şekil 4.2	Yaz ve kış aylarına göre ASHRAE konfor bölgeleri	53
Şekil 4.3	VDI 2089 Sayfa 1'e göre elbisesiz insan için bunaltıcı sınır	54
Şekil 4.4	Dış ortam sıcaklığına bağlı olarak müsaade edilen maksimum bağıl nem	54
Şekil 4.5	Psikrometrik Diyagram üzerinde konfor bölgesi	55
Şekil 4.6	Sağlık yönünden mahallerde sağlanması uygun olan optimal bağıl nem sahası	56

Şekil 4.7	Değişik hava hızları ve türbülans derecelerinde memnun olmayan insanların sayısı	57
Şekil 4.8	Mahal içerisindeki hava hızlarının konfor sahasında kalınabilmesi için sıcaklık ve türbülans yoğunluğuna olan bağlantısı	58
Şekil 4.9	Gaz kirleticilerinin adsorbe edilmesi işlemi	71
Şekil 4.10	Filtreleme mekanizması çeşitleri	72
Şekil 4.11	Atalet kuvveti ile partiküllerin tutulması	72
Şekil 4.12	Atalet etkisi	74
Şekil 4.13	Yakalama ve difüzyon etkisi	75
Şekil 4.14	Bazı filtreleme mekanizmalarının tanecik çapına bağlı olarak filtreleme verimine etkisi	76
Şekil 4.15	Elektrostatik çökme	77
Şekil 4.16	Etkili bir filtreleme için gerekli sistem	77
Şekil 5.1	Portatif sıcaklık ve bağıl nem ölçme cihazı	79
Şekil 5.2	Veri kaydedicili (data logger) sıcaklık ve bağıl nem ölçme cihazı	81
Şekil 5.3	CO2 ölçüm cihazı	81
Şekil 5.4	Met One partikül ölçme cihazı	81
Şekil 5.5	Toplam partikül ölçüm cihazı	82
Şekil 56	Yerleşke I'de ölçüm alınan AD-1 dersliğinden ölçüm işleminin yapılışı	84
Şekil 5.7	Yerleşke I AD-1 Dersliği	84
Şekil 5.8	Yerleşke I AD-2 Dersliği	85

Şekil 5.9	Yerleşke I AD-3 Dersliği	85
Şekil 5.10	Yerleşke II BD-1 Dersliği	86
Şekil 5.11	Yerleşke II BD-2 Dersliği	87
Şekil 5.12	MINITAB istatistik programı	88
Şekil 6.1	AD-1 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi	96
Şekil 6.2	AD-1 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi	97
Şekil 6.3	AD-1 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi	97
Şekil 6.4	AD-1 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre CO <sub>2</sub> değişimi	98
Şekil 6.5	AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre PM değişimi	98
Şekil 6.6	AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre iç/dış PM değişimi	99
Şekil 6.7	AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi	12
Şekil 6.8	AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi	103
Şekil 6.9	AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi	103
Şekil 6.10	AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre CO <sub>2</sub> değişimi	104
Şekil 6.11	AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre PM değişimi	104
Şekil 6.12	AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre iç/dış PM oranı değişimi	105
Şekil 6.13	AD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı	108

	değişimi	
Şekil 6.14	AD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi	108
Şekil 6.15	AD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi	109
Şekil 6.16	AD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre CO <sub>2</sub> değişimi	109
Şekil 6.17	AD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre PM değişimi	110
Şekil 6.18	AD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre iç/dış PM değişimi	110
Şekil 6.19	AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi	113
Şekil 6.20	AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi	114
Şekil 6.21	AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre iç/dış sıcaklık değişimi	114
Şekil 6.22	AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi	115
Şekil 6.23	AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre CO <sub>2</sub> değişimi	115
Şekil 6.24	AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre PM değişimi	116
Şekil 6.25	AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre İç/dış PM değişimi	116
Şekil 6.26	AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi	120
Şekil 6.27	AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi	120

Şekil 6.28	AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi	121
Şekil 6.29	AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre CO <sub>2</sub> değişimi	121
Şekil 6.30	AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre PM değişimi	122
Şekil 6.31	AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre iç/dış sıcaklık değişimi	122
Şekil 6.32	AD-2 Dersliği Yaz dönemi Ölçümlere Göre iç/dış PM oranının Değişimi	123
Şekil 6.33	BD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi	127
Şekil 6.34	BD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi	127
Şekil 6.35	BD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi	128
Şekil 6.36	BD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre CO <sub>2</sub> değişimi	128
Şekil 6.37	BD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre PM değişimi	129
Şekil 6.38	BD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre iç/dış PM değişimi	129
Şekil 6.39	BD-3Dersliği kış dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi	133
Şekil 6.40	BD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi	133
Şekil 6.41	BD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi	134
Şekil 6.42	BD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre CO <sub>2</sub> değişimi	134
Şekil 6.43	BD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre PM değişimi	135

Şekil 6.44	BD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre iç/dış PM değişimi	135
Şekil 6.45	BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi	139
Şekil 6.46	BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi	139
Şekil 6.47	BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre iç/dış sıcaklık değişimi	140
Şekil 6.48	BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi	140
Şekil 6.49	BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre CO <sub>2</sub> değişimi	141
Şekil 6.50	BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre PM değişimi	141
Şekil 6.51	BD-1 Dersliği Yaz Dönemi Ölçümlere Göre iç/Dış PM Değişimi	142
Şekil 6.52	BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi	145
Şekil 6.53	BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi	146
Şekil 6.54	BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi	146
Şekil 6.55	BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre CO <sub>2</sub> değişimi	147
Şekil 6.56	BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre PM değişimi	147
Şekil 6.57	BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre iç/dış PM değişimi	148



## ÇİZELGE LİSTESİ

<b>Çizelge Numarası</b>	<b>Adı</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1	Atmosferde 25 km yüksekliğe kadar bulunan gazlar ve miktarları	27
Çizelge 3.2	İç ortamın kuru havasının bileşenleri	27
Çizelge 3.3	ABD’ de temiz hava kalitesi ve kirleticilerin fizyolojik tesirleri	32
Çizelge 3.4	İç hava kirleticilerin potansiyel kaynakları	39
Çizelge 3.5	Kirleticilerin sağlığa etkileri	40
Çizelge 4.1	Ticari tesisler için (ofisler, dükkanlar, depolar, oteller, spor tesisleri) için tavsiye edilen dış hava miktarları	60
Çizelge 4.2	Enstitüler için tavsiye edilen dış hava miktarları	63
Çizelge 4.3	Konutlar için tavsiye edilen saatteki hava değişimleri	63
Çizelge 4.4	Meskenler için tavsiye edilen saatteki hava değişimi	64
Çizelge 5.1	İç hava kalitesi ile ilgili standartlarda önerilen sınır değerler	90
Çizelge 5.2	Kapı ve pencerelerin sızdırganlık katsayıları	91
Çizelge 5.3	Oda durum katsayısı	92
Çizelge 5.4	Bina durum katsayısı	92
Çizelge 6.1	AD-1 Dersliği kış dönemi iç ortam örnek ölçüm değerleri	95

Çizelge 6.2	AD-1 Dersliği kış dönemi dış ortam ölçüm değerleri	95
Çizelge 6.3	AD-1 Dersliği kış dönemi için istatistiksel değerler	100
Çizelge 6.4	AD-1 Dersliği kış dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	100
Çizelge 6.5	AD-1 Dersliği kış dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki Korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	101
Çizelge 6.6	AD-2 Dersliği kış dönemi ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi	105
Çizelge 6.7	AD-2 Dersliği kış dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	106
Çizelge 6.8	AD-2 Dersliği kış dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	107
Çizelge 6.9	AD-3 dersliği kış dönemi alınan ölçüm değerlerinin istatistiksel değerleri	111
Çizelge 6.10	AD-3 Dersliği kış dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	111
Çizelge 6.11	AD-3 Dersliği kış dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	112
Çizelge 6.12	AD-1 Dersliği yaz döneminde alınan ölçüm değerlerinin istatistiksel değerleri	117

Çizelge 6.13	AD-1 Dersliği yaz dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	118
Çizelge 6.14	BD-3 Dersliği yaz dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	119
Çizelge 6.15	AD-2 Dersliği yaz dönemi alınan ölçümlerin istatistiksel değerleri	124
Çizelge 6. 16	AD-2 Dersliği yaz dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	124
Çizelge 6.17	AD-3 Dersliği yaz dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	125
Çizelge 6.18	BD-2 Dersliği kış dönemi için istatistiksel değerleri	130
Çizelge 6.19	BD-2 Dersliği kış dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	131
Çizelge 6.20	BD-2 Dersliği kış dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	132
Çizelge 6.21	BD-3 Dersliği kış dönemi ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi	136
Çizelge 6.22	B D-3 Dersliği için kış dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	137

Çizelge 6.23	BD-3 Dersliği için kış dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	138
Çizelge 6.24	BD-1 Dersliği Yaz Dönemi ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi	143
Çizelge 6.25	B D-1 dersliği Yaz dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	143
Çizelge 6.26	BD-1 Dersliği kış dönemi dışortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	144
Çizelge 6.27	BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi	148
Çizelge 6.28	BD-2 Dersliği yaz dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	149
Çizelge 6.29	BD-2 Dersliği yaz dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri	150
Çizelge 6.30	Dersliklere ait hava sızıntı miktarları, hava değişim sayıları ve kişi başına düşen hava miktarı	150

## ÖNSÖZ

Günümüzde artan enerji maliyetleri nedeniyle yapılan izolasyonlardan dolayı, insanlar zamanlarının yaklaşık %90'ını kapalı mekanlarda geçirdiklerinden iç hava kalitesi kavramı önem kazanmıştır. Okullar, konutlar ve işyerleri gibi endüstriyel olmayan mekanlarda son zamanlarda kişilerin rahatsızlık hissetmeleri sonucu, iç ortam hava kalitesinin ölçülmesini gerekli kılmaktadır. Okul dersliklerindeki iç hava kalitesi problemleri, öğrencilerin eğitim, öğretim ve sağlık şartının bir parçası olarak ortada durmaktadır.

Bu çalışmada, Şanlıurfa ilindeki Yüksek Öğretim Kurumları dersliklerinde kış ve yaz aylarındaki iç ve dış ortamların sıcaklık ve bağıl nemi ile değişik zamanlarda buralardan alınmış olan CO<sub>2</sub> ve partikül ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar ASHRAE standartlarına göre diyagramlar oluşturulmak suretiyle analiz edilerek derslik ortamları hakkında alınması gereken önlemler için belirtilmiştir. Günümüzde bu konuda oldukça fazla çalışma yapılmasına rağmen konunun öneminden dolayı gelecekte üzerinde daha fazla çalışmaların yapılabileceği öngörülmektedir.

Çalışmanın konusunu öneren ve araştırma boyunca her türlü destek, katkı ve yönlendirmeleriyle beni motive eden hocalarım sayın Prof. Dr. Cemal OKUYAN'a , sayın Yrd.Doç.Dr. Hüseyin BULGURCU'ya ve ayrıca tez çalışmam boyunca değerli fikirlerini esirgemeyen ve çalışma yöntemi ile ilgili yaptıkları yönlendirmelerinden dolayı sayın Doç. Dr. Hüsamettin BULUT'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

**Balıkesir 2007**

**Mehmet KUŞ**

## 1. GİRİŞ

İç hava kalitesi, iç ortam havasının temizliği ile ilgili olup karmaşık bir yapıya sahiptir. İç hava kalitesini etkileyen yüzlerce kirletici ve binlerce kaynak vardır. Araştırmalar, belli bir ortamda oluşan özel işlemler ve aktivitelere bağlı olarak iç ortam havasında 900'den fazla kirleticinin varlığını tespit etmiştir. Her hangi bir binanın iç hava ortamı, sürekli değişen bir karmaşık faktörler kümesinin iç etkileşimlerini içermektedir.

Sağlıklı bir iç hava ortamı, binada bulunanların sağlık ve konfor gibi ihtiyaçlarını karşılamalıdır. Konforlu bir alanda sıcaklık ve nem kontrol altındadır. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gibi solunum sonucu meydana gelen gazların sabit konsantrasyonları normal değerlerde olup, hava kirletici kokular içermemektedir. Ayrıca ses ve ışık seviyeleri, ergonomik şartları ile iş verimini destekleyecek seviyede olmalıdır. Bu faktörler, iç hava kalitesi bakımından kesin hassasiyetle ele alınabilecek konular değildir. Ancak ortamda yaşayanların iç hava kalitesini algılayabilmelerini etkilediklerinden, sağlıklı iç ortam havası için de önemlidir [1].

Temiz bir iç hava kalitesi, uzmanlar tarafından belirlenmiş, zararlı derişiklik seviyelerinin üstünde bilinen ve hiçbir kirletici madde içermeyen, bu havayı soluyan insanların büyük çoğunluğu tarafından havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir rahatsızlığın hissedilmediği hava olarak ifade edilebilir. Konutlar, işyerleri ve okullar gibi endüstriyel olmayan ortamlardaki iç hacimlerde de son yıllarda giderek artan ölçüde havanın temizliği ile ilgili endişeler artmaktadır. İnsanların zamanlarının hemen hemen tamamına yakını kapalı mekanlarda geçirdikleri ve bu iç hacimlerdeki insan yoğunluğunun fazla olduğu, bundan da kaynaklanan problemlerin olduğu görülmüştür. Yine son yıllarda yapılan çalışmalarda "Hasta Bina Sendromu" gibi kavramlar ortaya çıkmış ve hastalıkların iç hacimlerdeki kirlilik kaynaklarından oluştuğu anlaşılmıştır. Konu ile ilgili çalışmalar buna paralel olarak artmış, bilimsel makaleler yayımlanmış, bilimsel toplantılar yapılmış ve

yaptırım gücü olan yeni standartlar ortaya çıkmıştır. Bu standartlardan ASHRAE-62-1989 numaralı olanı, konuyu en geniş biçimde ele almaktadır [2].

İç hava kalitesi kavramı, 1980’li yıllarda, petrol krizi ve buna bağlı olarak oluşan enerji darboğazıyla birlikte ortaya çıkmaya başlamıştır. Uygulanan enerji tasarruf politikaları ve izoleli binaların yapılması ile kapalı mekanların iç hava kalitesinde önemli sorunlar ortaya çıkmıştır.

Hasta Bina Sendromu, bir binada görünürde hiçbir sebebi bulunamayan hastalığın, bina sakinlerinin sadece binada geçirdikleri zamana bağlı olarak sağlık ve konfor şikâyetlerinin olmasıdır. Şikâyetler odanın ve zonun içinde bulunan kişilerce yapılabildiği gibi bina içerisine de dağılmış olabilir. Hasta Bina Sendromu göstergesi olarak, bina sakinleri birdenbire rahatsızlıklardan şikâyet etmeye başlarlar. Bu şikâyetler baş ağrısı, göz, burun veya boğaz rahatsızlıkları, öksürük, kuru veya kaşıntılı bir cilt, baş dönmesi, mide bulantısı, derişiklik bozuklukları ve kokuya karşı aşırı duyarlılık şeklinde olabilir. Bu konu ile ilgili bir başka hastalık çeşidi de “Bina Bağlantılı Hastalık” kavramıdır. Bu hastalık binanın havalandırma sisteminden kaynaklanmakta olup bina içerisinde yaşayanlarda tespit edilebilmektedir.

Bina Bağlantılı Hastalık göstergeleri, bina sakinlerinin çoğunluğunun öksürük, göğüs sıkışması, ateş titreme ve kas ağrısı gibi şikâyetlerde bulunmaları ile anlaşılmaktadır. Bu bulguların sebepleri ancak, klinik olarak açıklanabilmektedir. Şikâyetçiler binayı terk etseler bile iyileşmeleri belli bir süre almaktadır [2].

Özellikle okullarda iç hava kalitesi birçok nedenden dolayı çok önemlidir. Çocuklar, tahriş edici hava kirleticilere karşı yetişkinlere kıyasla daha hassastırlar. İç havada yüksek seviyede ajanlar bulunduğundan, astım ataklarını tetiklemekte ve çocuklar arasında astım riskini artırmaktadır. İç hava kirleticilerine maruz kalan öğrenci ve öğretmenlerde derişiklik kabiliyeti azalır, tüm öğrenme ve öğretme süreçleri zarar görür [3].

Her öğrenci, ilköğretimden üniversiteyi bitirinceye kadar okul binaları içinde yaklaşık 20000 saate yakın sürede hava teneffüs etmektedir. Bunu oran olarak ele

aldığımızda yaşam süresinin en az %23'ünü kapsamaktadır [4]. Sınıfların kalabalık olması, teneffüslerin kısa tutulması, sınıfların teneffüs esnasında havalandırılmaması, tavan yüksekliklerinin yeterli olmayışı, mekanik havalandırmanın bulunmayışı, pencerelerin sızdırmaz oluşu, vb. nedenlerle sınıf ve okul ortamları aşırı kirlenmektedir. Ülkemizde basık tavanlı mekanik havalandırmasız kalabalık sınıflarda pencerenin soğuktan açılmadığı soğuk kış günlerinde iç hava kalitesi problemleri çok yoğun şekilde yaşanmaktadır. Öğrencilerin bu sezonda hastalıklardan dolayı devamsızlıkları artmakta, astım ve bronşit gibi kalıcı rahatsızlıklara neden olmaktadır. Bundan dolayı, okullardaki iç hava kalitesinin takip edilmesi, kontrolü ve ölçümü son derece önemlidir [5].

Bu çalışmanın temel amacı, ülkemiz için henüz yeni ve önemi gittikçe artmakta olan iç hava kalitesinin öncelikle yüksek öğretim kurumlarında incelemesini yaparak, konunun önemini ve durumunu tartışmaya açmaktır. Bu amaç için, Şanlıurfa ilindeki Yüksek Öğretim Kurumları dersliklerinin iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar irdelenerek, gerekli analizlerden sonra iç hava kalitesinin iyileştirilmesi için çözümler ve öneriler sunulmuştur.



## 2. LİTERATÜR TARAMASI

İç hava kalitesi kavramı 1980 yılından sonra ortaya çıktığından konu ile ilgili yurt dışı çalışmaları çok sayıda olmasına rağmen, Türkiye’de konunun yeni olması ve yeterince önem verilmemesinden dolayı yapılan çalışmalar sınırlıdır. Yurtdışındaki çalışmalarda konu farklı boyutları ile ve iç hava kalitesi ölçümü ile ilgili olarak ele alınmaktadır. Fakat ne yazık ki yurtiçinde yapılan çalışmalarda birkaç iç hava kalitesi ölçüm araştırmasının dışında, genelde iç hava kalitesinin önemi ve genel konuları ele alınmıştır.

### 2.1 Konu İle İlgili Yurtdışında Yapılmış Olan Bazı Çalışmalar

İnsanların birçoğu taze hava kirliliğinin sağlığa zararlarını bilmesine rağmen iç hava kalitesi problemlerinin insan sağlığına önemli etkileri olduğunu bilmemektedirler. Amerikan Çevre Koruma Örgütü'nün (EPA) çalışmaları göstermiştir ki; iç ortamdaki kirleticilerin seviyesi taze havadan yaklaşık 5-100 kat daha fazla olabilmektedir. Taze hava kirliliğinin etkileri XX. yüzyılın başlarından itibaren bilinirken, iç hava kalitesi kavramı ancak son 30 yıldır gündeme getirilebilmiştir. İnsanların zamanlarının yaklaşık %90'ını iç ortamlarda geçirdiği düşünülürse, iç hava kirleticilerinin insan sağlığına etkileri daha iyi anlaşılacaktır [6].

Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA-1995) “İç öykü: İç hava kalitesi kılavuzu” adlı bir kitapçık hazırlamıştır. Bu kitapçığıdaki ana başlıklar; evlerde iç hava kalitesi, iç hava kalitesinin iyileştirilmesi, özel kirletici kaynakların incelenmesidir [6].

Lee ve Chang (2000), Hong Kong’daki 5 sınıfta iç ve dış ortam havasının kalitesini incelemişlerdir. Sıcaklık, nem, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, solunabilir partikül maddeler, HCHO ve toplam bakteri sayımı ölçümlerini iç ve dış ortam için

gözlemlemiştir. Hong Kong'da sınıflarda iç hava kalitesi açısından en önemli iki parametre olarak solunabilir partikül madde ve CO<sub>2</sub> seviyelerinin olduğunu tespit etmişlerdir[7].

Chaloulakou ve Mavroidis (2002), Atina'daki okullarda iç ve dış hava CO derişikliklerini karşılaştırmışlar ve bir iç hava kalitesi modelinin değerlendirmesini yapmışlardır. Ölçümler kızılötesi analiz cihazı ile 1999 yılı Mayıs ayından Haziran ayına kadar 13 ardışık günde 24 saatlik ortalama ölçümler ile yapılmıştır. Bu çalışmaya göre iç ortamdaki karbon monoksit konsantrasyonlarının dış ortama göre daha az olduğu saptanmıştır [8].

Bayer ve arkadaşları (2000), Amerika'da okullardaki iç hava kalitesi problemlerinin sebeplerini araştırarak bir rapor hazırlamışlardır. İç hava Kalitesi problemlerinin ortadan kaldırılması için, sınıflara sürekli olarak yeterli miktarda dış havanın sağlanması, ortam bağıl neminin kontrolünün ( %30 - 60 arası olması için) yapılması ve dış havanın verimli bir şekilde filtrasyonunun yapılarak ısıtma, soğutma ve havalandırma sisteminden içeri girecek polen ve nemin engellenmesi gerektiğini vurgulamışlardır [9].

Torres (2000), okullarda iç hava kalitesi üzerine detaylı bir çalışma yapmıştır. Okullardaki iç hava kalitesinin birçok bina karakteristiğinden ve sistemlerden kaynaklandığını ifade etmiştir. Kirletici kaynaklarının tespiti ve analizinin karmaşık olduğunu, bina tasarımı ile yapımında, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerindeki iç hava kalitesinde oluşabilecek problemlerin uzman bir ekiple çözülebileceğini belirtmiştir [10].

Mui ve Chan (2006), iç hava kalitesinin yönetimi açısından binaların kalibrasyonuna yönelik olan işlemleri tartışmışlardır. Bu amaç için Hong Kong'ta bulunan yüksek bir binanın yıl boyunca iç hava kalitesi ölçümlerini yapmışlardır [11].

Moglia ve arkadaşları (2006), ABD'deki okullarda iç hava kalitesi programlarının uygulanması ve yaygınlaştırılması üzerine yapılan bir çalışmayı

yürütmüşlerdir. Okullarda iç hava kalitesinin seviyesini belirlemek için 0 ile 100 arasında değişen bir iç hava kalitesi uygulama indeksini anket sonuçlarına göre düzenlenmiş ve geliştirmişlerdir. ABD'deki okulların % 42'sinin iç hava kalitesi programına sahip olduklarını ve bu oranın gittikçe arttığını ifade etmişlerdir. İç hava kalitesi uygulama indeksinin okullar arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. İç hava kalitesi programının olması iç hava kalitesi politika ve işlemlerinin etkili bir şekilde uygulandığını göstermemektedir. Fakat elde edilen sonuçlarda iç hava kalitesi programına sahip okullarda daha az devamsızlık, daha az sağlık personeli ziyareti, daha az astım şikâyetleri ve çalışma mekanından geliştirilmiş hoşnutluğu olduğunu göstermiştir. Eğer okul yönetimi tarafından desteklenirse iç hava kalitesi programının okullardaki öğrenme ortamını artıracak değerli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir [12].

Wong ve Mui (2007), iç hava kalitesinin değerlendirilmesi için 4 farklı mekanı ele alarak bunların şemalarını irdemişlerdir. İç ortamdaki ortalama CO<sub>2</sub> ölçüm değerini iç hava kalitesi açısından baz almışlardır. İki mekanın yapısal periyodu olan C şemasının daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir [13].

Mui ve arkadaşları (2006), iç hava kalitesinin değerlendirilmesinde örnek alma noktalarının yoğunluğu üzerine araştırma yapmışlardır. Bir yıl boyunca geniş bir ofisin içindeki 17 farklı ölçüm noktasından CO<sub>2</sub> ölçümü yapmışlardır. Tek bir noktadan alınan ölçümün ortamın şartlarını temsil edemeyeceğini, ölçme hassasiyeti açısından farklı noktalardan da ölçümlerin alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Gelecekteki kodlamalar ve pratik stratejilerin belirlenmesi için iç hava kalitesi ölçümlerinde ölçüm belirsizliklerinin belirtilmesinin gerektiği üzerine tavsiyede bulunmuşlardır [14].

Wong ve arkadaşları (2006), iklimlendirilmiş ofislerde genel hava kirleticilerini karakterize eden istatistiksel bir model geliştirmişlerdir. Bu amaç için Hong Kong çevre koruma bölümünün iç hava kalitesi sertifikalama şemasında belirtilen 12 adet iç ortam parametreleri arasındaki korelasyonları incelemişler ve iç hava kalitesi değerlendirilmesinde solunabilir partikül maddeler, CO<sub>2</sub> ve toplam

uçucu organik maddelerin üç önemli parametre olduğunu tespit etmişlerdir. Modellemelerini 43 farklı ofisteki ölçümlerle doğrulamışlardır [15].

Kolokotroni ve arkadaşları (2002), yaz aylarında sınıflarda termal pasif havalandırmayı araştırarak, sıcaklık, CO<sub>2</sub> ve hava hızını tespit ederek, pasif sistemlerden geçen havanın, hava değişim oranının büyük bir kısmını teşkil ettiğini ve CO<sub>2</sub>'nin de daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Çok alanlı hava akışı, yapılan ölçümler bilgisayar modelli tahminlerle karşılaştırılarak, çok alanlı modellemenin pasif havalandırmasının, sınıflardaki havalandırmayı artırdığını ve pasif havalandırma için çok alanlı modellemenin tüm sınıf için çok iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir [16].

Zhang ve arkadaşlar (2006), Batı Avustralya'daki bir ana okulu ile 3 standart ilkokul sınıflarını iç hava kalitesi için seçerek, dört mevsim boyunca bu okullarda toz alerjileri, hava kirliliği ve fiziksel parametreleri gözlemleyerek, partikül madde (PM<sub>10</sub>) ve uçucu organik bileşiklerin seviyelerinin bu 4 okulda da benzerlik gösterdiğini tespit etmişlerdir [17].

Yan ve arkadaşları (2006), bir binanın ısı performansını ile iç hava kalitesini; çabuk ve eş zamanlı olarak ölçmek için, dinamik iç hava parametrelerinin dağıtımını ve konsantrasyonunu simule eden bir entegre cihaz geliştirmişlerdir. Bu cihaz ile iç ortamın sıcaklığı, nemi, kirlenici konsantrasyonu (Organik uçucu bileşikler, CO<sub>2</sub> ve partikül madde), ısıtma, soğutma yükü gibi parametrelerin hesabını yapmaktadır. Çalışmalarında cihaza ait temel bilgiler ile akış diyagramlarını sonraki çalışmalarda kullanılabilmesi için sunmuşlardır. Cihazı HVAC sistemlerinin tasarımı ile binaların ısı performansını ve iç hava kalitesi analizlerinde kullanılacak duruma getirmişlerdir [18].

Brianis ve arkadaşları (2005), PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>1</sub> kütledeki konsantrasyonları, sınıf içerisinde üç ayrı yere konulan Harvard cihazları ile 12 saat için ölçmüşlerdir. Filtreleri, sabah saat 8'den akşam saat 8'e kadar öğrencilerin olduğu ve olmadığı zamanlarda periyodik olarak değiştirmişlerdir. Çevredeki PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarını iç hava görüntüleme istasyonunun çok yakınındaki 12 saatlik

değerlerle aynı bulmuşlardır. Verileri, öğrencilerin bulunduğu ve bulunmadığı zamanlarda dört periyotta olmak üzere Pazartesi – Perşembe (okul saatlerinde), Pazartesi-Perşembe (gece), Cuma-Pazar (hafta sonu), Cuma-Pazar (gece) ölçülerek havuzda toplamışlardır. Okul zamanları ortalama konsantrasyonu gündüz  $42.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $21.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $13.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , gece  $20.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $19.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $15.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hafta sonları gündüz  $21.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $18.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $11.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hafta sonu gece  $24.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $21.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ve  $15.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  'dür. En yüksek 12 saatlik ortalama ve maksimum ( $42.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $43.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ve  $76.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ) iç ortam derişikleri ise okul zamanları gündüz olmak üzere  $\text{PM}_{10}$  için ölçmüşlerdir. İstatistiki olarak önemli ( $r=0.68$ ,  $P<0.0009$  ) günlük öğrenci sayısı ve iç ortamdaki kaba partiküllerin oranı  $\text{PM}_{10-2.5}$  gündüz okul zamanlarında ölçmüşlerdir. İç ortamdaki kaba partiküllerin varlığının en önemli sebebinin insanların olduğunu belirtmişlerdir. Okul zamanı, gündüz  $\text{PM}_{10}$  iç/dış ortam oranı( $r =0.93$ ) iç ortam kaba partikül oranıyla pozitif olarak etkilenmekte, ayrıca iç ortam  $\text{PM}_{10}$  oranının önemli bölümünün derslik içinden kaynaklandığını göstermişlerdir. Hesaplanan kaba partikül oranının ( $\text{PM}_{10-2.5}$ ) hariç tutulmasıyla, iç ortamda ölçülen tüm partikül madde oranları, dış ortamdaki  $\text{PM}_{10}$  oranıyla büyük oranlarda ilişkili ve rüzgar hızı ile de negatif ilişkili olduğu ve bu dış ortamdaki partikül seviyesinin, iç ortamdaki partiküllerin konsantrasyonlarını önemli derecede etkilediğini belirtmişlerdir [19].

Poubard ve arkadaşları (2004), Fransa Ulusal Araştırma Programı (PRIMEQUAL) çerçevesinde La Rochelle (Fransa) ve çevresindeki sekiz okulda dış ve iç ortam kirleticileri için ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Okul binalarındaki camların açılmasıyla doğal olarak veya mekanik olarak yapılan havalandırmalarda çeşitli dağılımlar göstermektedir. Ozon, azot oksitleri ( $\text{NO}$  ve  $\text{NO}_2$ ) ve partiküllerin ( $0.3\mu\text{m}$ 'den  $20\mu\text{m}$ 'ye kadar) konsantrasyonları iki haftalık periyot süresince iç ortamda ve dışarıda sürekli olarak ölçülmüş ve görüntülemişlerdir. İç ortam bağıl nemi, sıcaklık,  $\text{CO}_2$  konsantrasyonları, cam açılmaları ve binanın uygunluğunu da ölçmüşlerdir. Çok çeşitli gözlemlere dayanan "Temel Bileşen Analizi" istatistiksel metodunu iç ortam konsantrasyonları ve dış ortam arasındaki ilişkiyi etkileyen parametreleri belirlemek için kullanmışlardır. Deneysel veri ve metodolojinin geniş açıklanmasından sonra makalede, PCA diyagramlarının ayrıntılı analizini yapmışlardır [20].

Noh ve arkadaşları (2007), bir sınıfta ısı konforu ve iç hava kalitesi değiştirildiğinde oluşan soğutma yükü ile ilgili deneysel ve sayısal çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Sınıfın önceden tespit edilen ortalama değer (PMU) ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını ölçülerek sayısal sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Her ikisinde de kayda değer bir benzerlik görülmüş ve buna bağlı olarak iki farklı çalışma durumu için ısı konforu ve iç hava kalitesini analiz edecek olan bir sayısal modeli uygulamışlardır [21].

Hui ve arkadaşları (2007), Hong Kong'da tipik klimalı bir ofisin iç hava kalitesi değerlendirilmesi için profesyonel bir seçim şekli olan örneklemeli alanlar ile değerlendirmelerin yorumlanması arasındaki ilişkiyi değerlendirmişlerdir. Özellikle bu ofisteki CO<sub>2</sub> konsantrasyonları ölçümlerini (bir yıl boyunca) örneklemeli alanlar yöntemindeki hataları bulmak için referans almışlardır. Rastgele seçim yöntemiyle kıyasladıklarında bu hataların normal mühendislik hatalarının limitini aşmadığını belirtmişlerdir [22].

Becker ve arkadaşları (2007), enerji dostu olan okul binalarının yapımı için öncelikle enerji verimliliği, ısı konfor ve iç hava kalitesinin iyi bilinmesinin gerektiğini, ılıman iklimlerde okullarda bulunan ısıtma kaynaklarının yaz aylarında soğutma özelliklerinin bulunmadığını ve kış aylarında da gerekli miktardaki ısıtmayı yapamadıklarını belirtmişlerdir. Genel olarak kullanılan klimaların iç hava kalitesini iyileştirmediği gibi doğal yolla yapılan havalandırmanın ise enerji kaybına yol açtığını belirtmişlerdir [23].

Wolkoff ve Kjaergaard (2007), kuru, kızarmış ve şiş göz kapakları ofis benzeri ortamların en çok karşımıza çıkan rahatsızlıklarındandır. Bundan önceki çalışmalar da bunun sebebi iç ortam kirleticileri olarak verilmiştir. Yaptıkları çalışmada literatürü tekrar gözden geçirmişler ve düşük olan nemin iç hava kalitesini aniden etkilediğini, bunun da gözlerin aniden kızarmasına yol açtığını ve %40 civarındaki bağıl nemin göz ve üst solunum yolları için %30'un altındakilerden daha iyi olduğunu belirtmişlerdir [24].

Environmental Health and Safety (EHS) örgütünün yapmış olduğu bir projede 56 kişi bulunmuş, holding binalarında çok sayıda iç hava kalitesi kirleticileri bulunmasından dolayı bina çalışanlarından iç hava kalitesi anketini tamamlarını istemiştir. Ankete, 2004 yılında kullanıcılara gönderilmesiyle başlanmış, 105 bina sakini anketi doldurmuş, bunlardan 56'sı çalışma ortamıyla ilgili sorunlar olduğunu ankette belirtmişlerdir. Yapılan bu anketin amacı insanların deneyimlerine göre iç hava kirleticilerinin tiplerinin, zamanlamasının ve yaygınlığının belirlenmesi içindir. Yapılan anketin sonuçlarından çevresel sağlık ve güvenlik en fazla kirletici bulunan şirket bölümleri olarak belirlenmişlerdir. Çevresel sağlık ve güvenlik, muhasebe, sürekli öğrenme ağı bölümü, kredi şirketi, insan kaynakları ve araştırma sponsorluk programları ile iç hava kalitesinin belirlenmesi için irtibata geçilmiştir. İç hava kalitesi testleri 28 Aralık 2004 ile 8 Şubat 2005 tarihleri arasında değişik günlerde yapılmıştır. Araştırma iç ortam havasındaki partiküller, sıcaklık ve bağıl nem ile CO<sub>2</sub>'nin görüntülenmesi için bir gözleme dayalı araştırma ve tüm yaşanan alanlarda yürünerek test yapılmıştır. Kampüsteki genel hizmetler EHS'in boru tesisatını ve çeşitli yerleşimlerini görsel araştırmalara da destek vermiştir [25].

William Coad (2000), çalışmasında havanın içindeki kirleticileri üç kategoriye ayırmıştır: Birinci kategori bina içinde üretilen kirleticileri, ikinci kategori çevreden ortama taşınan kirleticileri ve üçüncü kategori ise ortam içinde üreyen organik kirleticileri kapsadığını belirtmiştir [26].

Chihui ve arkadaşları (2006), iç hava kalitesi belirsizliği ve gri sistem yöntemi adı verilen bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. İç hava kalitesinin gri kapsamlı analizi, HVAC sistemlerinin bakım ve tasarımının kontrolünde nemlendirme ve temizlenmesine dikkat etmemizi sağlamaktadır. İç hava kalitesinin gri karakteristiklerini temsil etmek için anahtar iç hava kalitesi model parametreleri değişim aralıklarının tespitinde gri iç hava kalitesi modelleri kurulduğunu, daha ileri gri yönteminin iç hava kalitesini etkileyen toplam kirlilik değerlerinin ölçümünü açıklayabilen çok faktörlü kapsamlı bir değerlendirme olduğunu belirtmişlerdir [27].

Woods (1991), yaptığı çalışmada iç hava kalitesi problemlerine bir mühendislik yaklaşımı getirmiştir. Ona göre ticari ve evsel binalarda hava kalitesi

problemlerinin kanıtı bu binaların uygunsuz tasarımı ve işletimidir. Böylelikle birçok sistemin iç ortam kontrolüne bağlı olarak, şayet bina yaşamında bu kademeler tatbik edilmezse dolaylı kirlilik kaynaklarının ortaya çıkacağını ve bu kademelerin de; a) planlama ve tasarım, b) imalat ve görevlendirme, c) çalıştırma ve d) yıkım ve yenileme olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmasında mevcut bina stokundaki çevresel performans şartları mühendislik yaklaşımı ile gösterilmiştir [28].

Healty Buildinds International firması “Üniversite ve Diğer Okullarda İç Hava Kalitesi” (1999) adlı bir rapor yayınlamıştır. Bu rapor iç ortam kirleticilerini dört ana sınıfa ayırarak, okul ortamlarını etkileyen faktörleri listelemiş ve iç ortam problemlerinin önlenmesi için uygulanması gereken stratejileri açıklamıştır [29].

Faulkner ve arkadaşları (2002), sandalyeye takılan bir havalandırma sisteminin verimliliğini araştırmışlardır. Havalandırma sistemini dış hava ile beslerken diğer bir havalandırma sistemi ile ilave bir soğutma yaparak, dış havayı kullanmamışlardır. Test değişkenlerini yataydan 15 ile 45° açı ile hava beslemesi ve hava debisini de 3,5 ila 6,5 Lt/s olarak almışlardır [30].

Karol (1991), iç hava kirleticilerinin oluşturduğu alerjik reaksiyonları araştırmıştır. Havadaki kimyasalların teneffüs edilmesinin akciğerde daha sonra ortaya çıkan alerjik duyarlılıkları ortaya çıkardığını, tepkilerin üst solunum yollarında (rhinitis), alt solunum bölgesinde (harıltı, bronş dolması), veya sistematik olarak febrile tepkiye neden olabildiğini belirtmiştir. Bu mekanizmanın temelini oluşturan tepkilerin daima açık olmadığını, ancak reagenic antikorların üretimini, T-linfositlerin aktivasyonunu, akciğer hücreleri topluluğundan spazm yapıcı ve tahrik edici ortamları kapsadığını, kimyasal buharlar, toz ve partiküller ve mikrobiyolojik organizmalar gibi çeşitli ajanların bu tür reaksiyonların ortaya çıkmasına yardımcı olduğunu belirtmiştir [31].

Koutrakis ve arkadaşları (1991), iç ortamlarda maruz kalınan ince aerosol ve asit gazlarını incelemiştir. Buna göre kirletici gaz ve asit buharları; binadan binaya geçişebilen iç kaynaklardan; dış kaynaklardan; kirleticilerin etkileşiminden; kirleticiler ve iç kaynakların etkileşiminden kaynaklanmaktadır. İnce partiküllerin



boyutları 2,5µm' dan daha küçüktür. Bu partiküllerin dış kaynakları otomobiller, petrol ve kömür yakıtlar, yanma ürünleri ve çeşitli endüstriyel çalışmalar olup iç ortam havasına girmektedir. İç/dış oranları genelde parçacık boyutuna ve yoğunluğa, hava değişim oranına, iç ortamın yüzey/hacim oranına bağlı olarak 0,4 ila 0,8 arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir [32].

Wallace (1991), dış ve iç havada zehirli kimyasallara maruz kalınma risklerini karşılaştırmıştır. Araştırma 800 kişi üzerinde 25 tip uçucu organik bileşik ve 300 kişi üzerinde 32 tip pestisit ile yapılmıştır. İç ve dış ortamda kanser riski oluşturan 12 çeşit uçucu organik bileşik ve 32 çeşit pestisit varlığını saptanmıştır [33].

Burrell (1991), iç havadaki sağlık tehlikesi oluşturan mikrobiyolojik elemanları incelediği çalışmada üç önemli mikrop kaynağı olduğunu ifade etmektedir. Bunların çeşitli maddelerin parçalanmasından doğan küf bakterileri; çevresel etkilerden oluşan "legionella" türü bakteriler ve bulaşıcı özel patojenler olduğunu, bu organizmaların teneffüs edilmesinde alerjik, enfeksiyon yapıcı, zehirleyici ve tahrik edici reaksiyonlara neden olduğunu belirtmiştir [34].

Zampolli ve arkadaşları (2004), iç hava kalitesini izlemek üzere düşük fiyatlı elektronik hissedici temelli metal oksit hissedicileri ve sinyal işleme teknikleri geliştirmişlerdir [35].

Brennan (2001), okullardaki iç hava kalitesi problemlerinin önlenmesi için şu tespitleri yapmaktadır: İnsanların eğitimi; binayı kuru, temiz ve zararlı böceklerden uzak tutmak; potansiyel kaynakların yönetimi; sabit kirletici kaynaklarını egzoz ile havalandırmak; insanlardan ve diğer kaynaklardan oluşan kirleticileri havalandırma ile seyreltmek; plansız hava akımlarını önlemek olarak sıralamaktadır [36].

Fischer ve Bayer (2002), okul binalarında nem kontrolünü araştırmışlardır. Araştırmacılara göre okullar doğası gereği fazla insan yoğunluğuna sahip olduğundan yüksek miktarda dış havaya gereksinim duymaktadır. Özellikle ılıman ve sıcak iklimlerdeki okullarda paket soğutma cihazlarında yetersiz miktarda dış

hava kullanıldığında nem kontrol yeteneği kalmamaktadır. ASHRAE 62-1999 standardına göre okullardaki bağıl nem seviyesinin %40 ila %60 arasında olması gerekirken bu üst sınır aşıldığında yapı elemanlarında küf ve mantarın oluşmaya başladığını belirtmişlerdir [37].

Dasgupta ve arkadaşları (2006), Bangladeş'teki fakir ailelerin yaşadığı evlerde iç hava kalitesini araştırmışlardır. Havaya karışan partiküller (PM<sub>10</sub>) 24 saat boyunca izlenerek grafikler oluşturulmuştur. Dhaka ve Narayanganj şehirlerindeki 236 evden örnekler alınmış ve bu sonuçlar üzerine regresyon analizi uygulanmıştır. Ekonometrik sonuçların da gösterdiği gibi doğal gaz ve kerosen kullanılan evler, biyomas kullanan evlere göre daha temizdir. Ancak eve bağlı özel faktörler PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının belirlenmesinde yakıt seçiminden daha fazla önem kazandığını belirtmişlerdir [38].

Mi ve arkadaşları (2006), kış aylarında Çin'in başkenti Shanghai'de (Şangay) doğal havalandırma 10 okulda araştırma yapmışlardır. 13-14 yaşlarındaki öğrencilerin oluşturduğu 30 sınıfta anket uygulamışlardır. Derslik sıcaklık seviyeleri 13-21°C (ortalama 17°C), bağıl nem %36-82 (ortalama %56) arasında ölçülmüştür. Hava değişim sayıları pencereler açık olduğundan 2,9 ila 29,4 (ortalama 9,1) arasında çıkmıştır. CO<sub>2</sub> konsantrasyonları dersliklerin %45'inde 1000 ppm'den yüksek çıkmıştır. NO<sub>2</sub> seviyeleri iç ortamlarda 33-85 µg/m<sup>3</sup> ve dış ortamda 45-80µg/m<sup>3</sup>'tür. Ozon seviyeleri iç ortamda 1-9µg/m<sup>3</sup> dış ortamda 17-28 µg/m<sup>3</sup>'tür. Toplamda % 8,9 doktor teşhisli astım ve %2,3 astım belirtileri bulmuşlardır [39].

Godvin ve Batterman (2006), Michigan'daki 64 adet ilk ve orta okulda havalandırma seviyeleri, uçucu organik bileşiklerin seviyeleri, bioaerosoller, okullar arasındaki hava kalitesi farkları ve emisyon kaynakları gibi iç hava kalitesi parametrelerini araştırmışlardır. Her sınıfta bioaerosoller, uçucu organik bileşikler, CO<sub>2</sub>, bağıl nem ve sıcaklık seviyeleri haftalık olarak izlenmiştir. Havalandırma seviyeleri CO<sub>2</sub> konsantrasyonları ve kişi sayısına bağlı olarak alınmıştır. Birçok sınıfta havalandırma seviyeleri oldukça düşük, CO<sub>2</sub> seviyeleri ise 1000 ila 3000 ppm arasında çıkmıştır. Uçucu organik bileşiklerin düşük seviyede, bioaerosoller ise orta seviyede (6500 adet /m<sup>3</sup>) olarak tespit etmişlerdir [40].

Wong ve Huang (2004), Singapur'daki insanların yaşadığı binaların lokal klimalı ve doğal havalandırılmalı yatak odalarında iç hava kalitesinin karşılaştırılmasını yapmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre klimalı yatak odalarında gece boyunca pencere açılmadığından CO<sub>2</sub> konsantrasyonları klimasız doğal havalandırılmalı yatak odalarına göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durumda lokal klimalı yatak odalarında hasta bina sendromu belirtilerini daha yüksek bulmuşlardır [41].

Stolwijk (1991), hasta bina sendromunu tanımlamış, binalardaki baş ağrısı, göz, burun ve boğazda tahriş oluşması, uyuşukluk, bir işe yoğunlaşamama, istenmeyen kokular, sık sık mide bulantısı, baş dönmesi, göğüs sıkışması gibi rahatsızlıklara neden olabileceğini ileri sürmüştür [42].

Husman (1999), makalesinde Finlandiya'daki ulusal iç hava programları ve iç hava kalitesinin iyileştirilmesi için izlenecek ulusal kurallar hakkında bilgi vermektedir. Yazara göre özellikle binalardaki nem ve mikrobiyolojik artış ciddi sağlık riskleri doğurmaktadır [43].

Carrer ve arkadaşları (2002), hazırladıkları EFA projesi ile Avrupa okullarında iç hava kalitesi ile ilgili bilgiler toplamışlardır. Bu bilgilerle, bu konuda takip edilecek politikaları ve uygulanacak koruyucu programları belirlemek ve sağlıklı okul ortamlarına destek olacak tavsiyeleri formüle etmek üzere alt yapı oluşturmayı hedeflemişlerdir [44].

Tam (2002), "Okul derslikleri için yapılan bina servislerinin tasarımında enerji verimliliği ve iç hava kalitesi" adlı makalesinde Hong Kong'daki 1200 civarındaki ilk ve orta dereceli okullarda iç hava kalitesi, aydınlatma, termal konfor ve enerji verimliliğini incelemiştir [45].

Chan ve Chung (2003), bir taşıttaki iç-dış hava kalitesi ilişkisini incelemiştir. Altı aylık bir zaman diliminde bir taşıttaki sürüş şartları, iç ve dış havadaki azotoksitler ve karbonmonoksit konsantrasyonlarını ölçerek tespit

etmişlerdir. Yolcuların etkilenmesini tespit etmek üzere dış hava kirleticileri araştırılmış, farklı sürüş ve trafik yoğunluğu durumlarında, iç ve dış hava arasındaki ilişkileri incelemişlerdir [46].

Wargoeki ve arkadaşları (2005), 10 yaşındaki öğrencilerin bulunduğu bir sınıfta hava sıcaklıklarını 23-20 °C'ye ve dış hava miktarlarını kişi başına 5,2-9,6 Lt/s'ye çıkararak hasta bina sendromu yoğunluklarını araştırmışlardır. Bu çalışma sonunda iç ortam şartlarının iyileştirilmesiyle öğrencilerin performansları arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu saptamışlardır [47].

## **2.2 Konu ile İlgili Türkiye'de Yapılmış Olan Bazı Çalışmalar**

Aslan (1997), iç hava kalitesi ve kontrolü ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Çalışmasında, iç hava kalitesi ve ilgili gazlar ile hissediciler hakkında bilgiler vermiştir. Ayrıca, CO<sub>2</sub> kontrolünün gerekliliğine değinmiştir [48].

Bulgurcu ve arkadaşları (2005), Balıkesir ve Antalya illerindeki bazı ilköğretim okulları ile yüksek okullarda iç hava kalitesi problemleri ve çözümleri için CO<sub>2</sub>, bağıl nem ve sıcaklık ölçümleri yapmışlardır. Ülkemizdeki okullarda iç hava kalitesini artırmak için mevcut ve yeni binalarda alınması gereken önlemler üzerinde durmuşlardır [5].

Gürdallar (2003), hijyen ve iç hava kalitesi bakımından Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin temizliği üzerine bir araştırma yapmıştır. Kirliliğin önemli bir parametre olarak ele alınması ve işletmeye alınmadan önce ve işletmeye alındıktan sonra sistemin periyodik kontrollerden geçirilmesini belirtmiştir [49].

İlten ve Bulgurcu (2002), Evlerde İç hava kalitesi ile ilgili bir araştırma yapmışlardır. Çalışmada evsel hava kirletici maddeler ve kaynakları incelenmiş ve özellikle yerel ısıtma cihazları ve iç hava kalitesi ilişkileri üzerinde durulmuştur [50].

Esin (2004), iç hava kalitesi ile insan sağlığı ilişkisi, iç hava kalitesini belirleyen etkenler ve özellikle bunlara kaynak oluşturan yapı malzemelerini araştırmış ve bu konuda alınacak önlemleri belirtmiştir [51].

Kaya (2003), sağlıklı ve verimli çalışma ortamı için iç hava kalitesinin önemli olduğunu belirtmiş ve aşağıdaki önlemlerin alınması gerektiğini vurgulamıştır. İç hava kalitesinin gereken seviyede sağlanabilmesi için kirlilik kaynaklarının iyi tespiti ve giderimi; doğru ve etkin havalandırma gerekir. Binalarda iyi bir iç hava kalitesi için ıslak hacimlerin kurutulması, nemlendirici kullanımı, gazlı ısıtıcıların doğru ayarlanması, kazan dairelerinin iyi havalandırılması, brülör ayarlarının iyi yapılması, bacaların sızdırmaması, kaliteli yakıt kullanımı, kimyasal maddelerin depolandığı yerlerin iyi havalandırılması ve fazla stoklanmaması ve haşere ilaçlarının aşırı kullanılmamasına özen gösterilmelidir. Yapılarda etkin havalandırma sistemi toplam yatırımın %1'ine ve işletme maliyetlerinin ise % 1.5'ine karşılık gelmektedir. Sağlıklı ve konforlu havanın insanların verimliliğini önemli derece arttırdığını belirtmiştir [52].

Dönmez (2003), iç hava kalitesi üzerine genel bir çalışma yapmıştır. 10 farklı konutta uçucu madde konsantrasyonu ölçümü yapmıştır. Kabul edilebilir iç hava kalitesini sağlamak için en iyi yöntemin kirletici kontrolü olduğunu belirtmiştir [53].

Karadağ (2006), iç ve dış hava kirliliğinin solunum sistemi hastalıkları ile ilgili etkileri üzerine bir çalışma yapmıştır. Hava kirliliğinin değişik mekanizmalarla hastalık oluşturduğunu belirtmiştir. Gazların ve partiküllerin solunmasıyla oluşan akciğer hasarını ortaya çıkaran mekanizmanın tam olarak anlaşamadığını ifade etmiştir. Havayı kirleten maddeler olarak kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azotoksit (NO<sub>2</sub>), karbonmonoksit (CO) ve partiküller incelenmiştir [54].

Coşgun ve arkadaşları (2005), Antalya ilinde bulunan iki ilköğretim okulu ile bir teknik lisede ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler; yaygın iç hava kalitesi ölçüm tekniklerinde ele alınan CO<sub>2</sub>, sıcaklık ve bağıl nem parametrelerini kapsamıştır. Özellikle okullarda iç hava kalitesinin birçok nedenden dolayı önemli olduğunu, ülkemizdeki mevcut okul binaları arasındaki imkan ve yapısal

farklılıkların çok büyük olması, iç hava kalitesi yönünden de ciddi farklılıkların ortaya çıkmasına neden olduğunu ve çocukların, tahriş edici hava kirleticilerine karşı yetişkinlere kıyasla daha hassas olduklarını, ülkemiz okullarında lokal ısıtma/soğutma sistemleri kullanılmasına rağmen iç hava kalitesi yönünden önemli eksikliklerin bulunduğunu, kış günlerinde mekanik havalandırmasız, kalabalık sınıflarda, oksijenin yetersizliği, bağıl nem oranının artması ve ter kokularından dolayı, sınıftaki öğrencilerin uykusunun geldiğini, bunun yanında öğretmenin veriminin de düştüğünü, öğrencilerin bu sezonda hastalıklardan dolayı devamsızlık yaptıklarını, astım, bronşit gibi kalıcı rahatsızlıklara yakalanabildiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında, okullardaki iç hava kalitesi problemlerinin neler olduğu ve bu problemlerin hangi basit çözümlerle giderildiğinin gözlemlerini vurgulamışlardır [55].

Küçükçalı (1995), iç ortam kirleticileri konusunda bilgi vermektedir. Bu kirleticiler için kullanılacak filtrelerden bahsetmiştir [56].

Küçükçalı (2000), pencere doğramalarının hava sızdırması en aza indirildikten sonra, havalandırma sistemi ile sağlanan iç hava kalitesinden genelde şikâyetler oluşmaktadır. Yetersiz hava halinde ofis ve konutlardaki insanlarda başağrısı şikâyetlerinin oluşabildiğini, grip vb. virüslerin ortamdaki yoğunluğu arttığı için bulaşma riski arttığından, alerjiye neden olabilecek ortam oluşmaktadır. Klima sistemlerini seçerken, sistemin, havalandırma yeteneğinin en önemli kriterlerden biri olarak alınmasının gerekli olduğunu, iç hava kalitesi ve bununla ilgili sorunların çözümü için tavsiyeler de bulunmuş, tasarımda ve uygulamada alınabilecek önlemleri belirtmiştir [57].

Eğrikavuk (1996), günümüzde tasarım ve uygulamada en son teknoloji uygulanmış olan bazı modern yapılar dışarıdan tamamen soyutlanmış olarak inşa edilmektedir. Taze havanın kısıtlı miktarda temin edilebildiği, aynı zamanda dış hava kirliliğinin çok fazla olduğu durumlarda, bir binada iç hava kirliliği problemi baş göstermektedir. Toksik maddelerin vücuda alındığı yolların başlıcası akciğerlerdir. Kirli havadaki çeşitli toksinler ya doğrudan akciğerleri, yada

akciğerlerden dolaşım sistemine geçerek vücudun diğer kısımlarını etkileri altına alındığını vurgulamıştır [58].

Okutan (1999), kapalı ortamlarda temiz hava; içinde yaşayanlar için vazgeçilmez bir koşuldur. Günün büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirdiğimiz dikkate alınırsa, mahallerde; insanlardan, eşyadan ve cihazlardan kaynaklanan toz, koku, gaz toksin gibi kirlenme sonucu ortaya çıkan unsurların giderilmesi, yaşanabilir ortam şartlarını sağladığı gibi hizmette verimliliği de arttırdığını vurgulamıştır [59].

Köksal (2001), hasta bina sendromu sebeplerini sıralamış ve muhtemel çözüm önerilerini sunmuştur. Almanya'da yapılan bir çalışmaya atıfta bulunulmuş, klima sistem elemanlarında ve hava dağıtım sistemlerinde alınabilecek önlemleri açıklamıştır [60].

Çimen (2005), İç hava kalitesi kavramının genel bir değerlendirmesini yaparak kontrol yöntemlerini, farklı sistem uygulamalarını, etken ve işletmeye unsurlarından bahsetmiştir [61].

Wolf (2002), iç ortam hava kalitesi günümüzde dünya genelinde HVAC endüstrisinin üzerinde çalıştığı en önemli konulardan biridir. İç ortam hava kalitesi, binanın başarısını etkilemesi nedeniyle, büyük önem taşımaktadır. Binanın tasarımı, inşaatı, işletimi ve bakımı gibi farklı evreleri, iç ortam hava kalitesini etkilemektedir. Çalışmada iç ortam hava kalitesi incelenmiş, kullanıcılar üzerindeki etkisi ve önemi ele alınmıştır [62].

Çobanoğlu ve Kiper (2006), sağlık açısından tehdit edici düzeydeki hava kirliliği yüzyılımızın en önemli sorunlarından biridir. Akciğerlerin gelişimi büyük oranda doğum sonrasında ve erken çocukluk döneminde gerçekleştiği için ve fizyolojik yapılardan dolayı çocuklar hava kirliliğinden yetişkinlere göre daha çok etkilenirler. Çocuklar zamanlarının çoğunu bina içlerinde geçirdikleri için okul ve ev içi hava kirliliği de bina dışı hava kirliliği kadar öneme sahiptir. Astım eksazerbasyonları, prematüre doğumlar, düşük doğum ağırlıkları, akciğer gelişim

defektleri, bebek ölümler, kanser ve pek çok immünolojik, nörolojik, üremeye ilgili ve solunumsal hastalıklar ile hava kirliliği arasında önemli bir ilişkinin bulunduğunu belirtmişlerdir [63].

Vural ve Balanlı (2005), yapı ürünlerinden kaynaklanan iç hava kirliliğini araştırmışlar ve risk değerlendirmesi için ön araştırma yapmışlardır. Buna göre yapı içi havasının kirlenmesi; yapı dışındaki çevreden, yapının kullanımından ve yapı ürünlerinden kaynaklanabilir. Her kirleticinin yapısı farklıdır. Farklı özellikteki kirleticilerin insan sağlığını etkileme şekli ve alınacak önlemlerde de değişiklik gösterir. Yapı ürünlerinden kaynaklanan kirleticiler, gazlar ve parçacıklardır. Gazlar; yanıcılar (karbon monoksit, azot oksitleri, kükürt dioksit, kömür dumanı vb.), uçucu organik bileşikler (formaldehit, benzen vb.), zararlı doğal gazlardır (radon, ozon). Parçacıklar; asılı parçacıklar, organizmalardır (bakteriler, mantarlar, virüsler, vb.). Risk değerlendirmesinde yapı içi havasında bulunabilecek bir çok hava kirleticisinin ön araştırma ile belirlenmesi insan sağlığı sorunlarına yol açabilecek risklere zaman, emek ve parasal kayıpları engelleyecektir. Yapı içi hava niteliği risk sürecinde, ön araştırma adımı; yapının tanımı, kullanıcılarla görüşme, olasılık araştırmasını içermektedir [64].

Kapkın ve Uzel (2007), yaptıkları çalışmada, toplu taşımacılıkta önemli bir yer teşkil eden otobüsün, kabin içindeki hava akımına etki eden parametreleri incelemişler ve kabin içi hava kalitesini, bilgisayar destekli model ile parçacık yöntemi kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmalarını deneysel verilerle desteklemişlerdir [65].

Korkmaz (2005), hastane iklimlendirmesinde havalandırma sisteminin tasarımı normal klasik iklimlendirme sistemi tasarımından karmaşık ve risk faktörünün daha fazla olduğunu, normal bir konfor iklimlendirmesinde iki parametre, sıcaklık, nem, canlı ve cansız kirleticiler, taze hava, egzost havası, hava akış yönleri ve hava basıncı gibi parametrelerin dikkate alınması gerektiği üzerinde durmuştur [66].



Keskin ve arkadaşları (2005), çalışmalarında, kapalı alan atmosferine bağlı yaşam ve çalışma alanlarından kaynaklanan olumsuz faktörlerin okul binasında eğitim alan öğrenciler ile eğitimci öğretmenler üzerindeki etkilerinin hasta bina sendromu açısından ne şekilde algılandığını sorgulamak ve ortam şartlarının sağlık açısından değerlendirmesini yapmışlardır. Çalışma tanımlayıcı tipte olup, Sabiha Gökçen Anadolu Meslek Lisesi binası ile okulda çalışan öğretmen ve öğrencileri araştırmaya dahil etmişlerdir. Çalışma Mayıs - Haziran 2004 tarihleri arasında yapılmış ve bu süre içerisinde 48 öğretmen ile 437 öğrencinin okul binasına karşı ortam algıları ve sağlık sorunlarıyla ilgili olarak doğrudan ne hissettikleri konusunda daha önceden hazırlanmış bulunan anket formları aracılığıyla sorgulanmalarını yapmışlardır. Kapalı alan atmosferi hava örneklemesini “Air Sampler-Merck” aleti ile gerçekleştirmişlerdir. Okulda geçirilen sürelerde  $8.51 \pm 2.00$  saat, okuldaki sınıf ve ofislerin alanı  $46.34 \pm 10.13 \text{ m}^2$ , ofislerdeki kişi sayısı  $33.16 \pm 11.46$ , ofislerde üreyen toplam bakteri sayısı  $163.89 \pm 96.84$ , küf maya sayısı ise  $168.62 \pm 74.54$ 'tür. Boğazda acıma ve kuruma yakınması sıkça olanların bulunduğu ofislerdeki metrekareye düşen kişi sayısının daha fazla olduğunu saptamışlardır. Binaya bağımlı olarak değişkenlik gösteren kapalı alan atmosferinin çalışanların sağlığı üzerinde çeşitli etkileri olduğunu görmüşlerdir. Öğrenciler öğretmenlere göre okul binasına ait fizyolojik faktörlerden taze hava girişini daha az ( $p= 0.003$ ), ortamı daha rutubetli ( $p= 0.000$ ), daha sıcak ( $p= 0.000$ ), daha kuru ( $p= 0.014$ ), daha kalabalık ( $p= 0.000$ ), sigara dumanının daha az ( $p= 0.000$ ) ve ayrıca havalandırmanın da iyi olmadığını ( $p= 0.001$ ) algıladıklarını belirtmişlerdir. Öğretmenlerin öğrencilere göre ortam şartlarından kaynaklandığını belirttikleri rahatsızlıkları karşılaştırıldığında; öğretmenler kuru ve acıyan boğaz ( $p= 0.000$ ), ciltte döküntü ve kızarıklık ( $p= 0.002$ ), nezle tipi belirtiler ( $p= 0.028$ ) ve baş dönmesi ( $p= 0.009$ ) gibi şikayetlerinin öğrencilere göre daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Bulgular, hasta bina sendromunun günümüz modern yaşantısı içerisinde kendiliğinden oluşan ve aramızda yaşayan görünmeyen bir düşmanla daha ciddi ve daha bilinçli savaşmamız gerektiğini hatırlatmış ve. bu hastalığın önlenmesi için stres giderme ile ilgili yapılanmaların ihmal edilmemesi ve önemi vurgulamışlardır [67].

Evcı ve arkadaşları (2005), Ankara ili merkez ilçelerinden rastgele seçilen 46 kahvehanedeki formaldehit düzeylerini ölçmek amacıyla Şubat 2002 tarihinde tanımlayıcı tipte bir araştırma yapmışlardır. Formaldehit ölçümleri için

Formaldemetre 400 ölçüm cihazını kullanmışlardır. Ölçümleri kahvehanelerde anlık olarak gerçekleştirmişlerdir. Kahvehanelerde ölçülen formaldehit düzeylerinin ortalaması 0,20 ppm'dir. Kahvehanelerin tamamında yapay havalandırma bulunmaktadır. Havalandırma yöntemi olarak %69,6'sında aspiratör kullanılmaktadır. Ancak bunların %81'inde formaldehit düzeyi 0,10 ppm'in üzerinde bulunmuştur. Kahvehanelerin %51'inde soba ile ısınılmaktadır ve bunların %95,7'sinde formaldehit düzeyi 0,10 ppm'in üzerinde bulunmuştur. Kahvehanelerin ısınma tipi ile formaldehit düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p < 0,05$ ,  $c^2 = 6,4$ ). Yakıt olarak %51,1'inde sıvı yakıt kullanılmaktadır. Sıvı yakıt kullananların %69,6'sında formaldehit düzeyi 0.10 ppm'in üzerinde bulunmuştur. Kahvehanelerde kullanılan yakıt tipi ile formaldehit düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulmuşlardır ( $p < 0,05$ ,  $c^2 = 5,7$ ). Son olarak formaldehit düzeyi, ölçüm yapılan kahvehanelerin %91,3'ünde kapalı ortamlarda izin verilen düzey olan 0.03 ppm'in üzerinde, % 82,6'sında semptomların çıktığı düzey olan 0,1 ppm'in üzerinde tespit etmişlerdir [68].

Gönüllü ve arkadaşları (2002), İnsanlar zamanlarının yaklaşık % 90'ını iç ortamlarda geçirdiklerinden, özellikle yılın soğuk aylarında bunun daha bariz hale geldiğini, bu yüzden binaların içersinde uzun vadede sağlık üzerine olumsuz etkide bulunan partikül, gaz ve buhar kaynaklarının incelemesinin önem kazandığını, bu tür maddelere maruz kalanlarda ilk görülen belirtilerin baş ağrısı, baş dönmesi, şuur kaybı ve burun, boğaz ve gözlerde meydana gelen rahatsızlıklar olduğunu, bu alanda bir çok çalışmanın yapılmasına ihtiyaç olduğunu, bu nedenle bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi kütüphanesinde mevcut durumla ilgili bilgilerin deneysel olarak araştırıldığını, çalışmada, toplam ve ince partiküllerin konsantrasyonları ve toplam bakteri ve mantar sayılarının tespiti amaçladıklarını belirtmişlerdir [69].

Yüksel (2005), İnsanların iş verimini etkileyen en önemli etmenlerden biri olan yapısal konfor, yeni yapıların tasarımında insanların yaşadıkları mekanların kullanım amaçlarına uygun olarak; ısı, su, nem ve ses ile ilgili her türlü fiziksel çevre koşulunun sağlanması ile elde edildiğini. konforu etkileyen parametrelerden en önemlileri, kişisel ve çevresel faktörler olup çevresel faktörler kişiye bağımlı olmadığı için bunların karşılanması ve belirlenmesi gerektiğini, çalışmasında seçilen

örnek bir kamu kurumunda çalışanlardan istenen verimin elde edilebilmesi için karşılanması gereken yapısal konfor şartlarının incelenmesi amacıyla bir anket çalışması yapmıştır. Anket sonuçlarını yapısal konfor olarak mevcut şartların iyileştirilmesi ya da yeni bina tasarımının geliştirilmesi üzerine değerlendirmiştir [70].

Alyüz ve Veli (2006), yaptıkları çalışmada, iç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşiklerin (UOB) kaynakları ve insan sağlığı üzerine olan etkilerini incelemişler, farklı birçok çeşidi bulunan uçucu organik bileşiklerin en önemli kaynaklarının inşaat ve dekorasyonda kullanılan malzemeler olduğunu, literatürlerde kaynaklarına göre sınıflandırılmış olan uçucu organik bileşiklerin iç ortam havasındaki ortalama konsantrasyonlarını vermişler ve inceledikleri UOB'lerin toksisite değerlerini de göz önüne alınarak insan sağlığı üzerine olan etkilerini ortaya koymuşlardır. Ayrıca tayin metodundaki farklılık ile UOB'lerden ayrılan formaldehiti de incelemişler, yaptıkları literatür incelemesi sonucunda UOB'lerin iç ortamdaki konsantrasyonlarının pek çok faktöre bağlı olarak geniş bir aralıkta değiştiğini belirtmişlerdir [71].

Karakoç ve arkadaşları (2005), uçuş sırasında kabinde bulunan insanların düşük nem, düşürülmüş hava basıncı, çeşitli hava kirleticileri (Ozon, CO, çeşitli organik kimyasallar, biyolojik yapılar vb.) gibi atmosfer faktörlerinden etkilendiklerini, bu faktörlerin seviyelerindeki ani değişikliklerin, yetersizliklerden ya da bunların birbirleriyle olan etkileşimlerinden, kabin içi hava kalitesinin bozulmasına ve buna bağlı olarak da uçak içerisinde bulunan yolcu ve uçuş ekibi sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açtığını, günümüzde uçaklarda kabin içi hava kalitesi konusunda uyulması gereken standartların tam olarak oluşturulmadığını, bu nedenle kabin içi havalandırma özelliklerinin ve değerlerinin uçak üreticisi ve işleticisinin inisiyatifinde olduğu ve şirketlerin maliyeti azaltmak amacıyla bu konuya çok fazla önem vermediklerini, bu yüzden, uçaklarda iç hava kalitesi, özellikle son yıllarda ön plana çıkmış olup ASHRAE tarafından da bu konuda çeşitli çalışmaların yapıldığını belirtmişlerdir. Yaptıkları bu çalışma ile iç hava kalitesi ile ilgili olarak şimdiye kadar yapılmış olan çalışmaların bir değerlendirilmesini

yapmışlar ve çalışmanın bir sonraki aşamalarında ise Türk Hava Yolları ile ortaklaşa bir proje ile anket ve ölçüm çalışmaları gerçekleştireceklerini belirtmişlerdir [72].

Özgenalp (2005), sığınaklarda uygulanacak havalandırma sistemleri incelemesiyle havalandırma için gerekli taze hava debilerinin gerekenden çok daha fazla olduğunu belirtmiştir [73].

Arısoy ve Çilek (2005), yaptıkları çalışmalarında İstanbul'da bir örnek ofis binasında doğal ve mekanik sistemin birlikte uygulandığı hybrid bir klima tesisatının tasarımını yaparak, binaya kontrol edilebilen hava besleme ve atış açıklıkları yerleştirmişler, doğal havalandırma imkanı getirmişler, sistemin entegrasyonu için bir otomasyon senaryosu oluşturmuşlar hem sistemin tasarımında yardımcı olması ve hem de sistemin performansının incelenebilmesi amacıyla bir bilgisayar programı geliştirilmişlerdir. Açıklıkların boyutlarını bu program yardımıyla belirlemişler, simülasyon çalışmalarında bulunmuşlar ve bu binada doğal havalandırma yoluyla, sadece tüketilen soğutma enerjisinden yıllık %39 mertebelerinde tasarruf yapabilmeye olanağının bulunduğunu belirtmişlerdir [74].

Arıcı ve Seçimli (2005), kapalı yüzme havuzlarını farklı şekillerde iklimlendirmenin mümkün olduğunu, çok basit, fakat aynı zamanda en anlamsız olan uygulamanın, dönüş havasının herhangi bir işleme tabi tutulmadan dışarı atılması gibi enerji geri kazanımı uygulanmayan sistemler olduğunu belirtmişlerdir. Enerji maliyetlerinin yüksek olduğu günümüzde, kapalı yüzme havuzlarının iklimlendirilmesinde enerji geri kazanımı sağlayan sistemler üzerinde durulmasının gerektiğini, özellikle kullanılacak olan iklimlendirme cihazlarının, dönüş havasından ısı geri kazanımı sağlaması gerektiğini, kullanılacak dış hava miktarının iç ve dış ortam sıcaklıklarına ve nem değerlerine bağlı olarak otomatik ayarlanması gerektiğini, kapalı yüzme havuzlarının iklimlendirilmesinde ekonomik çözümler ve teknik önlemleri incelemişlerdir. Ayrıca, kapalı yüzme havuzlarında nem kontrolü sağlamak amacıyla kullanılan klima santrallerinin hacimsel debi ve mevsimlere bağlı olarak oluşan nem miktarına göre gerekli olan dış hava miktarının hesabı üzerinde durmuşlardır [75].

Tuncer ve Soyer (2005), hasta bina sendromunun tıptaki tanılarını sıralamışlardır. Buna göre fizyolojik anormallikler olarak mukus membran irritasyonu, nörotoksik etkiler, solunum ve deri problemleri gibi rahatsız edici semptomlar bulunmaktadır. Hasta bina sendromlu kişilerin değerlendirilmesinde kişi ve bina ayrı ayrı incelenmelidir. Tanı hastanın klinik prezentasyonuna, aynı ortamı paylaşanlar arasında benzer semptomların varlığına, binadan uzaklaşma ile iyileşmeye, pato-fizyolojik anomalilerin olmamasına, benzer tanıların ekarte edilmesine dayanmaktadır. Ayrıca binadaki iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesi, Hasta bina sendromunun tanı ve tedavisinde çok önemli olduğu vurgulamışlardır [76].

Köksal (2001), “Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi” adlı bildirisinde öncelikle dış havadaki kirleticileri fazlarına göre katı, sıvı ve gaz olarak sınıflandırmış, sonra iç mekanlardaki kirleticileri ve insan sağlığına etkilerini ve alınması gereken önlemleri incelemiştir. Özellikle hastane ameliyathanelerinde ve yoğun bakım odalarında bulaşabilecek mikroplara karşı mekanik tesisatta alınacak önlemler üzerinde durmuştur [77].

Ayken (1997), hazırladığı bildiriye tiyatro ve konferans salonları, toplantı odaları, lokantalar, müzeler, mağazalar, spor salonları gibi mahallerin taze hava ihtiyaçlarının toplam insan kapasitesine göre hesaplandığını ve bundan dolayı büyük enerji kayıpları oluştuğunu açıklamaktadır. Buna göre ortam havasına konulacak bir iç hava (çoğunlukla CO<sub>2</sub> sensörü kullanılabilir) izleyici ile kirlenme hızına bağlı olarak talep kontrollü havalandırma yapıldığında enerji tasarrufu sağlayacağını ifade etmektedir [78].

Clead (1988), İstanbul Hilton Otelinde düzenlenen bir seminerde “Kapalı mekan hava kalitesi için çözümler” başlıklı bildiriye ASHRAE 62-73 Standardı ile 62-89 Standardı arasındaki yaklaşım farklarını ortaya koymuş, kapalı mekanlardaki kirlilik nedenleri üzerinde durmuş ve kullanılacak filtrelerin önemi konusunda bilgiler vermiştir [79].

Fanger (2001), yaptığı araştırmada 21. yuzyılda iç ortam koşullarında vasat seviyeden mükemmele doğru bir geçiş yaşanacağını ileri sürmekte, bu mkemellik yaklaşımı çerçevesinde beş adet ilkenin söz konusu olacağını savunmaktadır. Bunlar; daha iyi i hava kalitesi verimi arttırdığı, gereksiz i hava kirliliklerinden kaçınılmalı, havanın ortama kuru ve serin olarak verilmesi, düşük miktarlarda temiz hava nazik bir şekilde her bireyin soluma bölgesine yakın şekilde verilmeli, ısı ortanın bireysel bazda kontrolünün sağlanmasının gerekliliğini belirtmiştir [80].

zyaral ve Keskin (2005), kapalı alan atmosferinin sağlık üzerine etkilerini araştırmışlar ve kakosmi (kötü koku) sendromunun hasta bina sendromu ile ilişkili olduğunu ve birçok i kirlilik faktörlerine bağlı olarak ortaya çıktığını belirtmişlerdir [81].

Vaizoğlu ve arkadaşları (2000), “Kapalı ortam hava kalitesi, sağlığa etkileri” adlı çalışmalarında kapalı ortamlardaki sağlıklı ortamın önemini, kirletici kaynaklarını ve bu kirleticilerin sağlığa etkilerini araştırmışlardır [82].

Sonuç olarak literatür taramasından da görüldüğü gibi yurtdışı çalışmalarında konu tüm yönleri ve ölüm boyutları ile de ele alınmıştır. Fakat yurtiçi çalışmalarında i hava kalitesi ve önemi ile ilgili çalışmalar çoğunlukta olup, i hava kalitesi ölümü ile ilgili olanların sayısı çok azdır.

### 3. HAVA VE İÇİNDE BULUNAN KİRLLETİCİ MADDELER

Dünyanın etrafı atmosfer tabakası tarafından çevrilmiş olup, canlılar yaşamlarını bu ortamda sürdürmektedirler. Atmosfer, yer kürenin etrafını saran bir gaz kütesidir. Atmosfer içinde bulunan oksijen hayatın gelişmesini temin ettiği gibi, meydana getirdiği diğer uygun şartlarla da hayatın sürekliliğini sağlar. Bunun yanı sıra güneşten dünyaya gelen enerjinin tekrar uzaya süratle dönmesini önler. Atmosfer yer kürenin etrafında adeta düzenleyici ve koruyucu bir örtü şeklindedir. Atmosferde bulunan gazları üç grupta inceleyebiliriz.

A. Havada devamlı bulunan ve miktarlara değişmeyen gazlar (Azot, Oksijen, Asal gazlar),

B. Havada devamlı bulunan ve miktarlara azalıp çoğalan gazlar (Karbondiyoksit, Su buharı, Ozon),

C. Havada her zaman bulunmayan gazlar (Kirleticiler)

Atmosfer içindeki gazların hacimsel oranları yatay ve dikey hava hareketleri nedeni ile yerden 25 km. yüksekliğe kadar hemen hemen sabit kalır. Daha yukarı tabakalarda ise dikey hava hareketlerinin bulunmaması nedeni ile; gazlar Dalton Kanununa göre, ağırlıklarına uygun katmanlar halinde sıralanmışlardır. Havada devamlı bulunan ve miktarları değişmeyen gazlar, hayatın sürekliliğini sağlayan unsurlardır. Havada devamlı bulunan ve miktarları azalıp çoğalan gazlar ise iklimler üzerinde önemli etkiler meydana getirirler. Atmosferde 25 km. yüksekliğe kadar bulunan gazların miktarları Çizelge 3.1'de verilmiştir [83].

Çizelge 3.1 Atmosferde 25 km yüksekliğe kadar bulunan gazlar ve miktarları [83]

Gazlar	Sembol	Hacimsel olarak ( % )	Mol. ağırlığı
Azot ( Nitrojen)	N <sub>2</sub>	78.08	28.02
Oksijen	O <sub>2</sub>	20.94	32.00
Argon	Ar	0.93	39.88
Karbondioksit	CO <sub>2</sub>	0.03 ( değişebilir )	44.00
Neon	Ne	0.0018	20.18
Helyum	He	0.0005	4.00
Su buharı	H <sub>2</sub> O	0.004 ( değişebilir )	18.02

Çizelge 3.2 İç Ortamın Kuru Havaının Bileşenleri [84].

Gaz	Sembolü	Kütle ( % )	Hacim ( % )
Azot	N <sub>2</sub>	75.51	78.10
Oksijen	O <sub>2</sub>	23.01	29.93
Argon	Ar	1.286	0.9325
Karbondioksit	CO <sub>2</sub>	0.04	0.03
Hidrojen	H <sub>2</sub>	0.001	0.01
Neon	Ne	0.0012	0.0018
Helyum	He	0.00007	0.0005
Kripton	Kr	0.0003	0.0001
Ksenon	Xe	0.00004	0.000009

Hava kirliliğini; sıcaklık, basınç (yüksek ve alçak), rüzgar, yağış, nem ve rüzgar radyasyonu gibi faktörler etkilemektedir. Hava kirliliği temel olarak; volkanik patlamalar, orman yangınları gibi doğal kaynaklardan ve insan aktivitelerine bağlı olarak oluşabilen yapay kaynaklardan meydana gelmektedir. Bunlar Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S), azot monoksit (NO), azot dioksit (NO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), hidrojen florür (HF), partiküller vb. gibi doğrudan doğruya kaynaktan çıkan bileşiklerden meydana gelenlerle, kükürt trioksit (SO<sub>3</sub>), sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), aldehitler, ketonlar, asitler, endüstriyel duman vb. gibi sonradan atmosferde oluşan kirlenicilerdir [83].

### 3.1 Dış Havada Bulunan Kirlenici Maddeler

Normal olarak dışarıdaki atmosferik havada, değişik büyüklük ve miktarlarda bitki tozları, virüs ve bakteriler, çeşitli ölü veya canlı mikroorganizmalar, erozyon



sonucu ortaya çıkan tozlar, sulardan buharlaşma sonucu çıkan maddeler bulunmaktadır [85].

Bunları ana hatlarıyla şu şekilde gruplandırabiliriz:

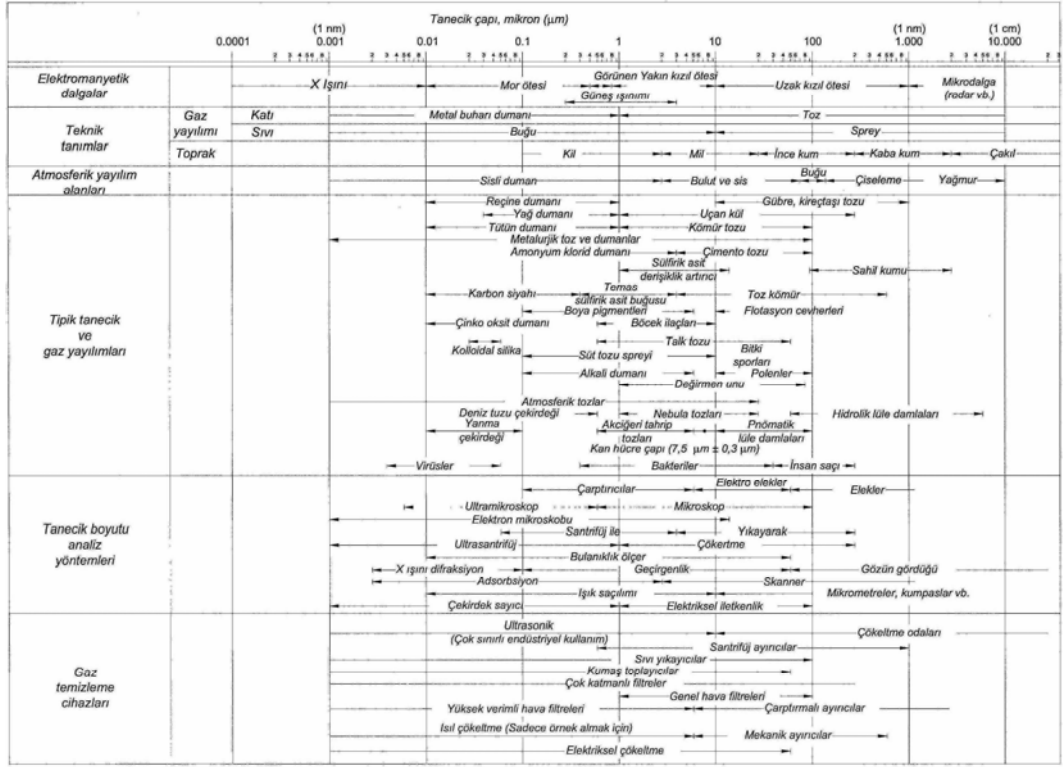
- Tanecik veya gaz,
- Mikroskopik altı, mikroskopik veya makroskopik,
- Görülebilir veya görülemez,
- Organik veya inorganik,
- Zehirli veya zehirsiz,
- Kararlı veya kararsız.

Bu kirleticileri ayrıca buldukları faz ve oluşum yöntemlerine göre katı, sıvı veya gaz olarak sınıflandırabiliriz.

- Katı : Tozlar, buhar ihtiva eden dumanlar ve katı maddelerden oluşan dumanlar,
- Sıvı : Az yoğunluklu sisler, sis ve sıvı maddelerden oluşan dumanlar,
- Buhar : Buharlar ve gazlar.

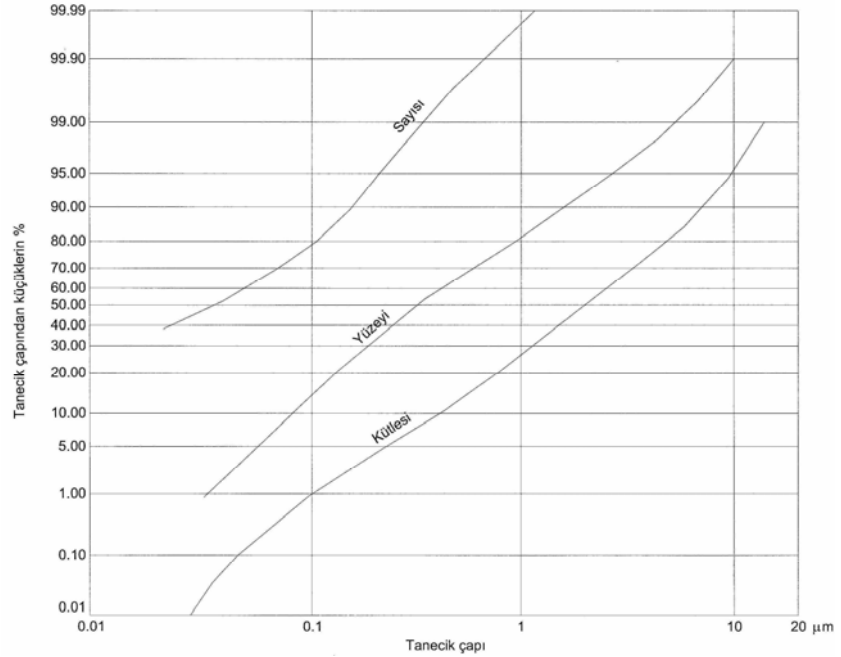
Endüstriyel hijyen ile uğraşan araştırmacılar, insanların ciğerinde tutunabilen 2  $\mu\text{m}$ 'den küçük çaptaki partiküllerle ilgilenmişlerdir. 5 $\mu\text{m}$ 'den daha büyük çaptaki partiküller üst solunum yolları tarafından süzülmemektedir. Ara boyutlarda olanlar ise akciğerlerin hava kanalları üzerine tutunarak buradan hızlıca temizlenerek yutulmaktadır veya öksürükle dışarıya atılmaktadır. Nefes alınan havadaki partiküllerin %50' sine yakını solunum yollarında çökerek, 10  $\mu\text{m}$ ' den büyük çaptaki partiküller, çok hızlı bir şekilde yere düşerek ancak çıktıkları kaynağa yakın yerde havada asılı kalabilmektedir. Bunlar ancak uygun ışık olması durumunda çıplak gözle görülebilirler [86].

Havada bulunan kirletici maddeler Şekil 3.1'de verilmiştir [1].



Şekil 3.1 Tanecik ve tanecikli yayılımın özellikleri [1,77]

Alınan herhangi bir hava numunesindeki tanecik boyut dağılımı da Şekil 3.2'de verilmiştir [77].

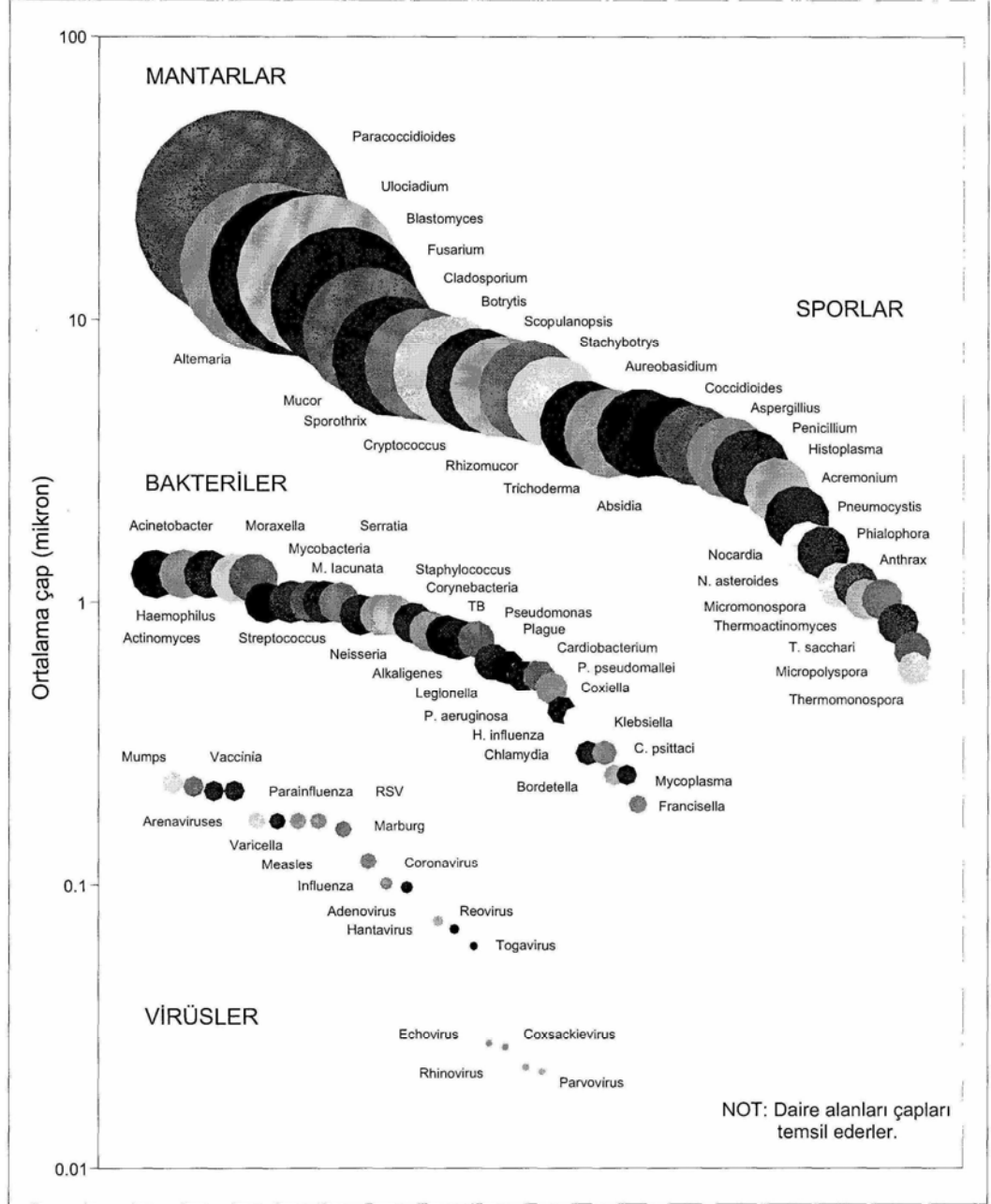


Şekil 3.2 Atmosfer havasında tanecik sayı, kütle ve yüzeyinin çapa göre yüzdeleri [77]

Tipik bir atmosfer kirliliğine örnek olarak Şekil 3.2’ deki en üst eğri gösterilmiştir. Ortadaki eğride ise verilen bir boyuttan daha küçük olan taneciklerin toplam projeksiyon alanlarının yüzdesi, en alttaki eğride ise taneciklerin toplam kütlelerinin yüzdeleri gösterilmiştir. Bu eğrilerin vermiş oldukları bilgiler oldukça çarpıcıdır. Örnek olarak 0,1µm veya daha küçük çaptaki tanecikler dikkate alındığında bunlar atmosferde bulunan taneciklerin sayıca %80 kadarını kapsamakla birlikte kütleli olarak sadece %1 değerindedirler. Aynı zamanda 1 µm çapından daha büyük tanecikler sayıca sadece % 0.1 iken bunlar toplam kütleli %70 kadarını oluşturmaktadırlar. Hava kirliliğini yaratan tanecik kütleli %80 kadarı, çapları 5µm değerinden daha küçük taneciklerden meydana gelmektedir. Şehir içindeki havada bulunan taneciklerin çapı, genel olarak 1 mikron değerinden daha küçüktür. Havada bulunan virüs, bakteri, polen ve mantar gibi mikroorganizmalardan oluşan taneciklere bioaerosol adı verilir. İç mahallerde kirlenici olarak bu mikroorganizmalarla karşılaşmaktayız. Bunlardan virüsler 0,003µm ile 0,06µm çaplarında olmakla beraber genellikle koloniler halinde veya havada asılı başka taneciklere yapışmış olarak bulunurlar. Bakteriler ise çoğunlukla 0,4µm ile 5µm çapındadır ve genellikle büyük taneciklerle beraber bulunurlar. Mantar sporlarının çapları 10µm -30µm, bitki tozlarının, polenlerin çapları 10µm -100µm ve bunların en çok tanınan çeşitleri ise 20-40 µm mertebelerinde olup, Şekil 3.3’te gösterilmiştir [87].

Bulaşıcı olmayan enfeksiyonlar, hemen hemen tamamen çevrede bulunan mantar ve sporlar yoluyla veya tarımsal bakteriler vasıtasıyla geçerler. Sporlar bu grubun en önemli hastalıklarına neden olurlar. Bu, hava durumuna, iklim ve mevsimlere bağlı olarak değişir ve en dezavantajlı durum kuru, rüzgârlı ve mantar üreyen topraklarda meydana gelir. Ancak sürpriz olarak, yapılan araştırmalara göre sadece önemsiz birkaç vaka dışında dış havanın solunmasından dolayı solunum yolu enfeksiyonlarına yakalanma durumu tespit edilememiştir. İç ortamlarda ve klima tesisatı elemanları üzerinde üreyen ve yayılan mikroorganizmalar asıl tehlike kaynağını teşkil ederler. Bu konu ileride incelenecektir. Klima sistemlerine dışardan alınacak taze hava da dış kirleniciler yönünden bir standarda bağlı olmalıdır. ASHRAE tarafından hazırlanmış ve ABD için geçerli taze dış hava kriteri olarak

kabul edilen atmosferik çevre havasının kalite standardı Çizelge 3.3’de verilmiştir [88].



Şekil 3.3 Çeşitli virüs, bakteri ve mantarların boyutlarının karşılaştırılması [77,88]

Çizelge 3.3'te kısa dönem olarak 1-24 saatlik, uzun dönem için 3 ay ve 1 yıllık ortalama değerler ile maksimum derişiklik değerlerinin aşılması halinde husule gelebilecek kronik solunum yolu ve kalp hastalıklarının olasılığı belirtilmiştir.

Proje müelliflerinin dış hava alış yönlerinde standartları aşmayan hava kirleticilerinin bulunmadığını tespit etmelerinin gerekliliği bu şekilde ortaya çıkmaktadır. Yoğun sokak trafiğine maruz yerlere dış hava alış menfezlerinin yerleştirilmemesi çok doğru olacaktır [77].

Çizelge 3.3 ABD’ de temiz hava kalitesi ve kirleticilerin fizyolojik tesirleri [77]

Kirleticisi madde	Uzun Dönem		Kısa Dönem		Fizyolojik Tesirleri
	Değişiklik $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppm)	Ortalama Zaman	Değişiklik $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppm)	Ortalama Zaman	
Sülfürdioksit	80 (0.03)	1 yıl	365 (0.14)	24 saat	Kronik üst solunum hastalığı
Karbonmonoksit	10,000 (9)	8 saat	40.000 (35)	1 saat	Kalp hastalığı
Azotdioksit			100 (0.555)	1 yıl	Kronik üst solunum hastalığı
Ozon			235 (0.12)	1 saat	Kronik üst solunum hastalığı
Hidrokarbonlar			160 (0.24)	3 saat	
Toplam tanecik (aritmetik ort.)	50	1 yıl	150	24 saat	Kronik üst solunum hastalığı

Kentsel alanlarda dış ortam havasında bulunan temel hava kirleticileri; karbon monoksit (CO), ozon ( $\text{O}_3$ ), azot oksitleri ( $\text{NO}_x$ ), kükürtdioksit ( $\text{SO}_2$ ), asılı partikül maddeler (APM) ve kurşun (Pb)’dur. Ayrıca polisilik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve asit aerosolleri gibi hava toksinlerine de gittikçe artan düzeyde önem verilmektedir. Hangi kirleticilerin hava kalitesi problemlerine neden olduğu; endüstrileşme ve uygulanan kontrol tedbirleri, ulaşım tipleri, meteorolojik ve topoğrafik karakteristikleri içeren çok sayıda faktöre bağlıdır. İlave olarak; insan maruziyeti düşünüldüğünde, iç ortam hava kirleticilerinin katkısını da dikkate almak gerekir. İzlenecek kirleticilerin seçimi; ölçüm yerinin seçimi ve enstrümantasyon vb. izleme ağındaki pek çok faktörü etkileyecektir. Kalite güvenilirliği amaçlarının belirlenmesinde, kirleticilerin beklenen seviyeleri de rol oynayacaktır. Öncelikli hava kirleticilerin belli başlı özellikleri aşağıda verilmektedir [89].

### 3.1.1 Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>)

Bu kirletici boğucu, renksiz, asidik bir gazdır. Atmosferik SO<sub>2</sub>'nin yaklaşık yarısı doğal emisyonlardan kaynaklanmaktadır (UNEP, 1991). İnsanlar tarafından oluşturulan SO<sub>2</sub>; kömür ve fuel-oil'in doğal olarak yapısında bulunan kükürt bileşiklerinin yanması ile açığa çıkmaktadır. Dünya çapındaki temel kaynakları, endüstriyel prosesler, ısınma amaçlı kullanılan evsel yakıtlar ve termik santrallerdir. Çok az miktarı ise dizel yakıtlı taşıt araçlarından kaynaklanmaktadır. SO<sub>2</sub>'nin yüksek konsantrasyonları, öksürük ve bunun sonucunda akciğer fonksiyonlarında değişime neden olarak solunum sistemi tahribatına neden olmaktadır. Bu gaz ayrıca taş binaların ve diğer materyallerin de korozyonuna neden olur, bitkilere zarar verebilir ve asit yağmurlarının ve ikincil partiküllerin temel kaynağıdır. SO<sub>2</sub>'nin atmosferik derişiklikleri, genellikle evsel ısıtma amacıyla kömür kullanımının yaygın olduğu şehirlerde çok yüksektir. Son 20-30 yıldır bazı şehirlerde daha temiz yakıtların kullanılması ile derişikliklerinde bir azalma eğilimi gözlenmektedir. SO<sub>2</sub>'nin dış ortam derişiklikleri, genellikle şehrin merkezi bölgelerinde ve endüstriyel alanların çevresinde yüksektir [89].

### 3.1.2 Asılı Partikül Madde (APM)

Bu terim, atmosferdeki ağırlıkları nedeniyle hızla çökebilen büyük partiküllerin dışında, atmosferde yayılan çok küçük tanecikli katı veya sıvı partikülleri kapsar. SO<sub>2</sub> ile birlikte kentsel alanlarda çok sık ve geniş çapta çalışılan bir kirletici parametredir. APM çeşitli kaynaklardan oluşabilir. Bunlar, yakıtların yanması, dizel motorlar, inşaat ve endüstriyel faaliyetler, ikincil aerosoller (amonyak, sülfür ve azot oksitlerin havada reaksiyonu ile oluşur) bitki polenleri ve yerden kalkan tozlar gibi doğal kaynaklardır. Partiküller; tanecik boyutları, koyuluğu, kimyasal bileşimi, ve sağlık etkileri potansiyeline göre geniş çapta değişim gösterirler. Büyük partiküller, insan vücudunun doğal savunma mekanizması tarafından uzaklaştırılır. Daha küçük partiküller (<10 µm) akciğerlerin derinliklerine nüfuz ederek tahriş ve tıkaçıcı etkilere sebep olabilirler. Dizel dumanı gibi bazı küçük partiküller karsinojenik olabilir. Kentsel alanlardaki partikül derişiklikleri;

büyük ölçüde kaynak tiplerine ve emisyon örneklerine bağlıdır. Sonuç olarak, derişiklikler aynı şehrin içinde ve şehirden şehre büyük ölçüde değişim gösterebilmektedir [89].

### **3.1.3 Azot Oksitleri (NO<sub>x</sub>)**

Azot oksitleri doğal kaynaklardan ve insan aktiviteleri sonucunda hemen hemen eşit oranda atmosfere atılırlar. Doğal kaynaklar dünya çapında eşit olarak dağılmasına rağmen insan aktiviteleri sonucu oluşan kaynaklar, nüfusun yoğun olduğu alanlarda yoğunlaşmıştır (UNEP, 1991). Kentsel atmosferdeki en önemli azot oksitleri, azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO<sub>2</sub>) dir. NO<sub>2</sub>'nin NO'ya göre daha anlamlı sağlık ve ekosistem etkileri bulunmaktadır. NO<sub>2</sub>, çeşitli ölçüm yöntemleri kullanarak ölçülebilir.

Kentsel alanlardaki NO<sub>2</sub>'nin ana kaynağı, motorlu taşıtlarda yakıtların yanması, elektrik üretimi, fabrikaların ısıtılması ve endüstriyel proseslerdir. Atmosferdeki NO<sub>2</sub>'nin çoğu azot monoksit (NO) emisyonlarının oksitlenmesi ile oluşur.

Azot dioksit, solunum yollarında tahriş edici bir etkiye sahiptir. Yüksek derişikliklerde zehirlidir. Fotokimyasal duman (ozon), asit yağmurları, ikincil formdaki partiküllerin oluşumunda önemli rolü bulunmaktadır. SO<sub>2</sub> ve ozon ile birlikte, ekinler ve bitki örtüsü üzerinde zararlı etkileri vardır. Kentsel alanlardaki derişiklikler, trafik emisyonlarından kaynaklanıp şehir merkezinde ve ana yollara yakın yerlerde en yüksek değerlerde bulunur [89].

### **3.1.4 Karbon Monoksit (CO)**

Karbon monoksit, fosil yakıt veya organik maddelerin eksik yanması sonucu oluşur. Ana kaynağı motorlu taşıt trafiğidir. Kandaki oksijen taşıyan hemoglobin üzerinde kuvvetli etkisi vardır. Kandaki oksijen, karbon monoksit ile yer

değiştirdiğinde oksijen ağlığına neden olarak aşırı durumlarda ölümlere yol açabilir. Kentsel alanlardaki karbon monoksit mekansal dağılımları trafiğe bağlıdır. Derişiklikler yol kıyısında en yüksek düzeyde olup yoldan uzaklaştıka hızla azalır [89].

### **3.1.5 Kurşun (Pb)**

En genel ağır metal kirleticisidir. En büyük kaynağı kurşunlu yakıt kullanan motorlu taşıt emisyonlarıdır. Bazı lokal ölçeklerde endüstriyel aktiviteler de kurşun oluşumuna neden olabilir. Kurşun birikim gösteren bir zehirdir. Vücutta anlamlı ölçüde birikerek sonuğa davranışsal Değişikliklere sebep olan merkezi sinir sistemine zarar verebilir. Kurşunsuz benzin kullanılmadığı sürece, trafiğin kaynak olduğu ölkelerde CO ve NO<sub>2</sub> derişiklikleri ile birlikte yüksek olması beklenmelidir [89].

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

Güneş ışığının varlığında, azot oksitleri ile uçucu organik bileşikler (VOC) arasındaki atmosferik reaksiyonlar sonucu troposferde oluşan ikincil bir kirleticidir. Ozon, biyolojik materyaller ile reaksiyona girer, bitki örtüsüne zarar verebilir ve göz, burun ve boğaz tahrişine sebep olabilir, solunum yollarında akut etkiler oluşturabilir ve solunum güçlüğüne neden olabilir. Boyalar, elastomerler ve kauçuk üzerinde etkileri vardır. Asit yağmurlarının oluşumuna neden olur ve atmosferde sera gazı olarak hareket eder. Ozonun mekansal dağılımları diğer kentsel hava kirleticilerden farklıdır. Atmosferdeki oluşumu günün saatleri boyunca gelişir. Derişiklikler, VOC ve NO<sub>x</sub> emisyonlarından oluşur. NO<sub>x</sub> ve CO gibi birincil derişikliklerin çok yüksek olduğu yerlerdeki kentsel derişikliklerin düşük olması beklenir. Pratikte, toplumun ozona maruziyeti şehrin merkezinden ziyade hemen dışında ve nüfusu yoğun ve endüstrileşmiş bölgelerin rüzgarın etkisi altında kalan kısımlarında yüksek olacaktır[89].



### 3.1.7 Diğer Dış Ortam Hava Kirleticileri

Daha önce verilen hava kirleticileri, kentsel alanlarda geniş çapta izlenmektedir. Ancak, son zamanlarda hava toksikleri ve asitli hava konuları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Hava toksikleri, motorlu taşıtlar, kok üretimi, kömür yakılması sonucu oluşan poliaromatik hidrokarbonlar (PAH's) ve petrol yanmasından birincil olarak oluşan benzen (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) gibi uçucu organik bileşiklerdir. Asitli havanın ana bileşenleri, nitrik ve sülfirik asittir. (HNO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub>'den oluşmaktadır). Bu kirleticiler için izleme yöntemleri, kentsel dağılımları ve etkileri çok iyi belirlenmemiştir. Bu alanlarda çok daha geniş çaplı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır [89].

### 3.1.8 İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

APM'nin insan vücuduna diğer yollarla da girişi söz konusu olsa da; (çocuklar tarafından sindirim yolu ile alınan toz ve besin kontaminasyonu vb.) insan sağlığı üzerindeki en önemli etkisi, solunum yolu ile oluşan etkidir. Solunabilir boyuttaki partiküler maddeler, üç değişik yolla etki edebilirler: Solunum yolları üzerine doğrudan mekanik (tahriş) etkisi, sistemik zehir etkisi ve toksik bileşikler taşıyıcı ortam olarak dolaylı etkisi. Solunabilir partiküllere maruziyet sonucunda; akciğer fonksiyonlarında, akciğer savunma kapasitesinde değişiklikler ve solunum düzensizlikleri, mevcut solunum ve kalp rahatsızlıklarının şiddetlenmesi, solunum yollarında şekil değişiklikleri, kanserojen etkisi ve ölüm gibi sonuçları doğurabilir. Genellikle, kirleticilerin yüksek derişikliklerine kısa süreli maruziyet sonucu oluşan akut etkiler ve düşük seviyeli derişikliklerine uzun süreli maruziyetten doğan kronik etkiler olmak üzere iki tip etki söz konusudur. Dolayısıyla ölçümlerde; pik seviyeler, kısa vadeli ortalamalar ve uzun vadeli (yıllık) ortalamalar birlikte düşünölmelidir. Gözlenen sağlık etkilerinin tipi, partiküllerin biriktiği yere bağılı olarak değışim gösterir. Partiküllerin kimyasal bileşimi de ayrıca önemlidir. Partiküllerin gerek fiziksel ve gerekse kimyasal özellikleri, sağlık üzerine etkilerinin değıerlendirilmesi açısından önemlidir. Genel olarak; sağlık etkileri, torakik fraksiyon (PM<sub>10</sub>) içindeki partikül maddelerin solunması ile birleştirilir. Daha büyük partiküllerin de sağlık

üzerine etkileri düşünülebilir. Örneğin; burun boşluğuna giren polenler, kurşun ve diğer toksik maddeleri ihtiva eden partiküller gibi [89].

### 3.1.9 Çevre Üzerine Etkileri

APM'nin partikül morfolojisine ilişkin çevre etkileri; sağlık üzerine olan etkileri kadar ayrıntılı olarak araştırılmamıştır. Ancak binaların kirlenmesi, malzemenin değerini yitirmesi (kültürel anıtlar vb.) birikim (asitlenmenin) sonucunda arazi üzerindeki etkiler, yaprak gözeneklerinin tıkanması ve görüş mesafesinin azalması gibi örnekler verilebilir. Pek çok durumda, bütün partikül sınıfları bu etkilere sebep olabilir. Özel partikül boyut fraksiyonları (<2,5 µm), sadece kirliliğin görüş mesafesi üzerindeki etkilerinin araştırılması gibi bazı özel durumlar için önemlidir [89].

### 3.2 İç Ortam Hava Kirleticileri

İç hava kalitesini etkileyen kirleticiler;

- Yapı bileşenleri ve mekan içindeki döşeme ve dekorasyon malzemelerinden gelen kirleticiler,
- İç mekanlarda, insanlar ve makinelerden gelen kirleticiler,
- Taze havadan, havalandırma ve hava sızıntısı ile gelen kirleticiler

Şeklinde sınıflandırılabilir.

Şayet kirleticilerin kaynakları kontrol edilmezse havalandırma ve klima sistemi düzgün çalışsa bile iç hava kalitesi problemleri oluşabilir. Hava kirleticileri çok sayıdaki partiküllerden, liflerden, biyolojik aerosoller ve gazlardan oluşur. Buna ilave olarak okul binalarında binanın yerleşim yeri, sınıfın konumu, yeri boyanmış olması, laboratuvar veya atölye amaçlı kullanılması kirlenmede etkili olmaktadır.

İç hava problemlerinden kaynaklanan hastalıkların belirtilerini şu şekilde özetlemek mümkündür:

- Burun kanamaları,
- Öksürük,
- Teneffüs zorlukları,
- Göz sulanmaları ve kızarıklıkları,
- Ateşlenme,
- Titreme,
- Hızlı kalp atışı,
- Kas ağrıları,
- İşitme kayıpları,
- Ağız ve burun içi kuruluğu,
- Baş ağrısı,
- Mide bulantısı,
- Kas seğirmesi,
- Tanımlanamayan alerjik reaksiyonlar vb rahatsızlıklarla karşı karşıya kalındığı tespit edilmiştir.

Bu şikâyetlerin tümüne “hasta bina sendromu ” adı verilmektedir [5]. Çizelge 3.4’de iç hava kirleticilerinin potansiyel kaynakları ve Çizelge 3.5’te ise bu kirleticilerin insan sağlığına olan etkileri özetlenmiştir. Havadaki katı yabancı maddeleri; biyoaerosoller, asbest, yapay mineral fiberleri ve slika; gaz maddeleri ise radon ve toprak gazları ile uçucu organik bileşenler oluşturur [90].

### **3.2.1 Biyoaerosoller**

Bunlar havada bulunan ve virüs, bakteri, mantar, tek hücreliler, polen ile bunların hücresel yada hücre kütleindeki bileşenlerinden oluşan, mikrobiyolojik parçacıklardır. Her yerde iç ve dış ortam havasında bulunurlar.

Çizelge 3.4 İç hava kirleticilerin potansiyel kaynakları [91].

<b>Kirleticiler</b>	<b>Potansiyel Kaynakları</b>	
Uçucu Organik Bileşikler	Parfümler, saç spreyleri, mobilya cilaları, temizlik solventleri, hobi ve sanat malzemeleri, pestisitler, halı ve iplik boyaları, tutkal, yapıştırıcı ve sızdırmazlık malzemeleri	Boyalar, vernikler, yapıştırıcı bantlar, ahşap koruyucular, kuru temizlenmiş elbiseler, güve ilaçları, hava tazeleyici kokular, depolanmış yakıtlar ve otomotiv ürünleri, kirlenmiş sular Plastikler
Formaldehit	Parçacık tutucular, kontra plaklar , dolaplar, mobilyalar	Formaldehit köpük yalıtım katkıları, halı ve kumaşlar
Pestisitler	Böcek ve karınca öldürücüler Fare ilaçları	Mantar ilaçları, mikrop öldürücüler Ot ilaçları
Kurşun	Kurşun esaslı boyalar	Dış tozlar ve toprak
Karbondioksit Karbon monoksit Azot dioksit	Uygunsuz çalıştırılan gaz veya yağ kazanları-sıcak su ısıtıcıları, ocaklar, odun sobaları	Havalandırmasız gaz sobaları-kerosen ısıtıcılar Tütün ürünleri, gazlı pişirme sobaları Araç egzozları
Kükürt dioksit		Kükürt içeren yakıtların yanması
Solunabilir Parçacıklar	Ocaklar, odun sobaları, havalandırmasız gaz ısıtıcıları	Tütün ürünleri Havalandırmasız kerosen ısıtıcıları
Çevresel Tütün Dumanı		Tütün ürünleri
Biyolojik Kirleticiler	Bitkiler, hayvanlar, kuşlar, insanlar, yastıklar, yataklar, ev tozları, Islak veya nemli malzemeler	Durgun sular
Asbest	Boru ve kazan yalıtımı Tavan ve döşeme levhaları	Dekoratif spreyleyler Kaplama ve lambriyerler
Radon	Toprak ve kaya, bazı bina malzemeleri	Yer altı suları

Mikroorganizmalar, cansız organik maddelerde ve yeniden dönüşebilen minerallerde bulunan karmaşık moleküller ile makro molekülleri; CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ve nitrat gibi basit maddelere ayrıştırırlar. Bu bileşenler ise sonra yeşil bitkilerce özümlelenirler. Bu sebepten dolayı, toprak ve atmosferde saprophytic mantarın bulunması doğaldır. Cansız bitkilerde bulunan bir mantar türü olan colladosporium'un sporları, iç ortamlara sızma ile (infiltrasyon) ile giren hava miktarına yada ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemine karışan dış ortam

hava miktarına bağılı olarak, iç ortam havasında bulunur. İnsan derisinde yaşayabilen bakteriler ve solunum borusunda parazit üreten virüsler, insanlardan yayılır ve bu nedenle de genel olarak iç ortam havasında bulunurlar.

Normalde mikroorganizmaların iç ortam çevresinde bulunmasına karşılık, çok fazla nem ve besleyicinin bulunduğu iç ortam oyukları; bazı mikrobik maddelerin, iç ortamı mikrobiyolojik açıdan anormal hale getirecek kadar fazla üremesini hızlandırmaktadırlar. Bu yüzden; belirli türden bazı nemlendiriciler, su püskürtme sistemleri ile ıslak gözenekli yüzeyler; mantar bakteri protozoa ve nematodes'ler için bir toplanma ve barınma mahalli olabilmektedir.

Çizelge 3.5 Kirleticilerin sağlığa etkileri [91].

Kirletici	T	B	U	Z	P/A	K	Açıklamalar
Uçucu Organik Bileşikler	X	X	X	X		X	Bu kirleticilerin çoğu sinirsel/davranışsal zehirleyici, karaciğer zehirleyici ve kalbi etkileyicidir.
Formaldehit	X					X	Alerjik tepkiler meydana getirebilir.
Pestisitler	X			X		X	Bu kirleticilerin bir çoğu beyni ve karaciğeri zehirleyici, üretken zehirleyici ve hassas hale getiricidir.
Kurşun	X			X		X	Beyni zehirleyici ve geriye dönülmez davranışsal etkiler.
Karbon monoksit		X					Hastalarda boğulma (anjin) etkisini güçlendirir, frekansını artırır; sağlıklı yetişkin erkeklerde iş gücünü azaltır, baş ağrıları, göz küçülmesi, sağlıklı yetişkinlerde değişken belirtiler gösterebilir; hastalarda kalp-akciğer uyumsuzluğunu şiddetlendirir.
Karbon dioksit		X					Solunum uyarıcı etki yapar; arttırılmış solunum ve insanlarda yorucu görevleri yapma kabiliyetini azaltır; kandaki pH ve pCO <sub>2</sub> oranları değişir; böbreklerde kireçlenme ve akciğer alveollerinde yapısal değişiklikler.
<b>AÇIKLAMA:</b> T:Tahriş edici B: Boğucu U:Uyuşturucu Z: Zehirli P/A: Patolojik-alerjik K:Kanserojen							

Çizelge 3.5'in devamı

Kirletici	T	B	U	Z	P/A	K	Açıklamalar
Azot dioksit	X						Astımlılarda ciğer fonksiyonlarında azalma; çocuklarda ve yetişkinlerde akciğer fonksiyonlarını etkiler; hayvanlarda ve çocuklarda diğer zehirleyicilerle birlikte etkileşimli hale gelir; hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar bağışıklık kabiliyetini azalttığını göstermiştir.
Kükürt dioksit	X						Normal erkeklerde ve astımlılarda ciğer fonksiyonlarını azaltır; hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda ciğer fonksiyonlarını azalttığı görülmüştür.
Biyolojik Kirleticiler	X					X	Enfeksiyon hastalıkları; alerjik reaksiyonlar; zehirleyici etkiler.
Çevresel tütün dumanı	X					X	Mukoza zarlarını tahriş eder, kalp dolaşım sisteminde stres oluşturur, çocuklarda şiddetli ve ölümcül solunum etkileri
Polisilik aromatik hidrokarbonlar	X					X	Bazıları tahriş edicidir ve kalp dolaşım sistemini etkileyebilir
Asbest	X					X	Uzun süre teneffüs edenlerde asbest hastalığı olan mezotelizma oluşturur.
Radon						X	
<b>AÇIKLAMA: T:Tahriş edici B: Boğucu U:Uyuşturucu Z: Zehirli P/A: Patolojik-alerjik K:Kanserojen</b>							

Havadaki aşırı nem ve su taşmaları mikroorganizmaların iç ortamda aşırı üremelerine neden olabilmektedir. Hava hazırlama cihazlarının çalıştırılmasıyla ortaya çıkan türbülans, yaşanan iç ortamdaki bakteri ve mantar derişikliğini artırır.

**Sağlık Üzerine Etkileri:** İç ortamda mikroorganizmaların varlığı, yapıdan kaynaklanan bazı bulaşıcı veya alerjik hastalıklara yol açabilmektedir. Belirli şartlar altında bazı mikroorganizmalar, pis kokan ve tahriş edici uçucu kimyasal bileşikler üreterek, sağlıksız bina sendromu adı verilen rahatsızlığı oluştururlar. Lejyoner hastalığı ve Pontiac ateşi gibi iki tür hastalık ile ilgilidir. Lejyoner hastalığı %15 ölüm oranıyla solunum sistemi yanında bir çok sistemde görülen hastalıklardan birisidir. Etkili bir tedavi, doğru antibiyotik kullanımını gerektirmektedir. Legionella

Pneumophila, son zamanlarda tespit edilmiş bakterilerden olup, yapılardaki enfeksiyonel hastalıklarla birebir ilişkilidir. Su soğutma kuleleri; buharlaşmalı-yoğuşturucular ve konutlardaki su için kullanılan tesisat, Legionella gibi mikroorganizmaların üremesi için gerekenleri sağlayan yerlerdir. Mikrobik bu organizmaların aşırı miktarda üreyerek çoğalması daha çok koruyucu bakım işlemleriyle ilişkilidir. Pantiac ateşi ise daha hafif bir hastalık olup, solunum yolu dışında oluşmakta ve tedavisi için ise hastanede yatma gerekmeyip sadece antibiyotik tedavisi ile hastalıktan kurtulabilmektedir. İç ortam havasında bulaşıcı hastalıkların ortaya çıkması, virüslerden başka çeşitli organizmalar da neden olabilmektedir. Mikroorganizmalar, bağışıklık sistemini etkilemek suretiyle yapıyla ilgili hastalıklara yol açabilmektedir. Böylelikle, mikroorganizmaları ya da bunların benzeri olan sporları, enzimlerini soluyanlarda alerjik solunum yolu hastalıklarına yakalanmaktadır. Bu hastalıklar yapılarda nemlendiricili su püskürtme sistemleri gibi ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme cihazlarından veya uzun süreli suya maruz kalmış bazı mekanik ekipmanlardan kaynaklanan mikrobiyolojik kirliliğe bağlanılmaktadır. OSHA'nın yaptığı araştırmalarda, %5 oranındaki mikrobiyolojik kirliliğin bile çok miktar olduğu bildirilmektedir. Son yıllarda gerçekleştirilen bir çok araştırma, mikroorganizmaların iç ortamın hava kalitesi ile ilgili konulardaki öneminin, geçmiştekilerden çok daha fazla olduğunu göstermektedir [88].

**Standartlar:** Aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı, günümüzde iç ortam çevrelerindeki biyoaerosol miktarları hakkında standart sayısal değerler bulunmamaktadır.

- Özellikle coğrafi, mevsimlerle ilgili ve binanın tipiyle ilgili parametrelerle ilgili iç ortam kirliliği ile ilgili verilerin yetersiz olması,
- Yapıdan kaynaklanan hastalıklarla ilişkili biyoaerosol değerleri hakkında verinin olmaması,
- Canlı hücreler, ölü sporlar, toksinler, antijenler ve virüs gibi, mikrobik parçacıkların çok değişik türde olması,
- İnsanların mikrobik parçacıklara karşı dayanımlarındaki büyük farklılığın, sağlık riski ile ilgili tahminleri güçlendirmesi [6].

### 3.2.2 Asbestler

Asbest, fiber demetlerinde ortaya çıkan, yüksek gerilime dayanımı ve yanma direncine sahip bir grup doğal olan silikata verilen genel addır. Tabiatta, yalnızca chrysotile içeren serpentine ile amosite, crocidolite, tremolite ve actinolite içeren amphibole olarak iki biçimde bulunurlar. İnsanlar bu maddelere, üretim (çıkarma ve tasfiye), işleme (yalıtım ve fren malzemesi vb.); inşaat ve yıkım işleri olmak üzere dört yerde maruz kalmaktadır [6].

**Sağlık Üzerindeki Etkileri:** Asbestin sağlık üzerindeki etkileri artık çok iyi bilinmektedir. Alınan miktarın dozuna bağlı olarak değişmektedir [6].

**Asbestosis:** Asbestosis hastalığı, akciğerin dokusunda bir kronik hastalığa neden olmakta, akciğerin yara olmasına ve son aşamada, akciğer zarından yeterli miktarda oksijenin geçmemesi sebebiyle de solunum zorlanmasına yol açmaktadır. Bu hastalık sadece belirtilen halsizlik yaratmakla kalmayıp, aynı zamanda akciğer kanserine yakalanma riskini arttırmaktadır. Asbeste maruz kalınması son yıllarda önemli ölçüde azaltıldığından, gelişmiş ülkelerde buna bağlı hastalıklara çok az da olsa rastlanılmaktadır [6].

**Akciğer Kanseri:** Akciğer kanseri kronik ilerleme gösteren, genellikle tedavisi bulunmayan bir hastalık olup, hastalığa yakalananların %13'ünden daha azı 5 yıl yaşayabilmektedir. %85 oranında sigarayla bağlantılı bu hastalıkta, bundan sonra bir çok risk faktörü belirlenmiştir. Uygun koruma önlemleri alındığında hastalıkta artış olmamaktadır [6].

**Mesothelioma:** Asbeste maruz kalmak; nadiren görülen bir akciğer tümörüne ve mesothelioma olarak bilinen peritoneum'a sebep olmaktadır. Asbeste maruz kalan kişilerde nöbet biçiminde seyreden bir hastalık olup, görüldüğünde miktar ve süre karakteristikleri hemen hemen bellidir ve aynı gruptaki diğer insanlarda risk altındadırlar. Bu hastalık ilerleyen türden olup, bir yıl içerisinde hasta ölmektedir [6].



**Diğer Hastalıklar.** Gırtlak kanseri, mide ve bağırsak kanserleri gibi diğer hastalıkların da asbest ile ilişkisi bulunmuştur [6].

**Standartlar:** ABD’de asbest kullanımı, federal kurumlar tarafından yönetmeliklerle sıkı bir kontrol altına alınmıştır. OSHA’nın, işyerlerini kontrol etme ile genel endüstri ve inşaat işlerinde izin verilebilir miktarları belirleme yetkisi vardır. Çevre Koruma Örgütü (EPA) okul ve konutların çevrelerinde asbestin kullanımını ve miktarını düzenlemektedir. Bu konuyla ilgili olarak zararlı maddeleri azaltmak için kullanılacak dokümanlar hazırlamıştır.

### 3.2.3 Radon ve Diğer Toprak Gazları

Radon doğal yollardan oluşan, kimyasal açıdan inert, kokusuz, tatsız, renksiz radyoaktif içerikli bir gazdır. Uranyumun birçok defa bozunmasıyla oluşan Radyum’un radyoaktif olarak bozunmasıyla oluşmaktadır. Uranyum ve Radyum’un toprak ve kayalıkta bulunan elementlerden olması nedeniyle Radon doğada bulunmaktadır. Radyum 226’nın bozunma ürünü olan Radyum 222 diğer elementlerle kimyasal bağ oluşturmadığından, toprak ve kaya gibi çok ince gözenekli ortamlardan geçerek iç ortamlara girmektedir. Bu gazın varlığının diğer bir sebebi de yer altı suları ile Radon içeren inşaat malzemeleridir [6].

**Sağlık Üzerindeki Etkileri:** Radon’un radyoaktif bozunmasıyla, Polonyum, Bizmut ve Kurşun gibi bir dizi radyoaktif izotoplar ortaya çıkmaktadır. Radonun aksine bu ürünler inert olmayan aktif maddeler olduğundan, top parçacıklara ve diğer yüzeylerle solunum yollarından akciğere yapışabilmektedirler [6].

### 3.2.4 Uçucu Organik Bileşikler (VOC)

Bunlar iritan, nörotoksik veya kanserojen özellikle olabilir. Bunlar sudaki klordan, evde kullanılan cilaya, dış ortam havasından, ayakkabı boyasına kadar bir çok nedenle ev ortamına girebilmektedir. Yeni binalarda yaşayanlarda görülen genel

bitkinlik, ya da hasta bina sendromundakine benzer bellek yetersizliği, duyuşal irritasyon durumlarında bu maddelerin sorumlu olabileceği düşünölmektedir [92].

Ev dışında kullanılan pestisitler, konut ortamına girebildiği gibi, konut içerisinde kullanılan pestisitlerde önemli boyutta tehlikeli partiköllerin oluşumuna yol açabilir. Pestisitlerin büyük çoğunluğunun kanserojenik olduğu bilinmektedir. Çoğu kez pestisit konut içi derişikliği konut dışı derişikliğinden daha yüksek olmaktadır. Pentaklorofenoat, kreozot, krom arsenatlı ağaç koruyucuların ev mobilyalarının yapımında kullanılan malzeme için kullanılması ABD de istenmemektedir. Bakır ve çinko naftanatlar daha az etkili ama daha az toksik maddelerdir. Fenol formaldehitte birlikte uygulanan borakslı kereste koruyucuları etkili ve göreceli olarak çok daha az toksik etkiye sahiptir [92].

İ ortamlarda bulunan değişik VOC bileşikleri; çoğunlukla iç ortamda çok daha fazla olası kaynak bulunduğundan, her zaman dış ortam havasındakinden daha çok miktarda bulunmuştur [6].

**Sağlık Üzerindeki Etkileri:** Endüstriyel olmayan ortamlardaki sağlık üzerine olan olumsuz etkileri üç gruba ayrılabilir:

- Rahatsız eden koku ve burun zarı tahriői oluşturması,
- Yorgunluk ve bilinç dağınıklığı gibi sistemsel etkiler,
- Kronik kanserojenik zehir etkisi.

**Uçucu Organik Bileşiklerin (VOC) Düzeylerinin Düşürölmesi:** İ ortamlarda uçucu organik bileşiklerin düzeylerinin düşürölmesinde aşağıdaki hususlardan yararlanılabilir:

- İ ortamlarda düşük yayınımlı ürünlerin kullanılması,
- İmkân olduğunda, mevcut ürünlerin daha düşük yayınımlılarla deđiőtirilmesi,
- Ürünlerin üretici tavsiyelerine göre kullanılması,
- Bina içinde dolaőan hava miktarının iki katına çıkarılması ile organik uçucu bileşiklerin derişikliklerini yarı yarıya indirebilmektedir,
- Az insanlı ortamlar için organik uçucu bileşiklerin kullanılması,

- Fotokopi makinelerinin, yazıcıların ve diğer noktasal kirletici kaynakların yakınlıklarına yerel egzoz havalandırma cihazlarının yerleştirilmesi,
  - Uçucu organik bileşiklerin iyi havalandırılan yerlerde saklanması,
- Sürekli kullanılmayan Uçucu organik bileşiklerin büyük oranda depolanması [88].

### **3.3 Dış Hava Kalitesi İzleme Yöntemleri**

Farklı hava izleme yöntemlerinin karakteristik özellikleri aşağıda verilmiştir: Hava izleme yöntemleri; pasif örnekleyiciler, aktif örnekleyiciler, otomatik on-line analizörler ve uzaktan algılayıcılar olmak üzere dört temel tipte incelenebilir. Beşinci olarak daha az yaygın olan biyoindikatörler sayılabilir [89].

#### **3.3.1 Gaz Halindeki Kirleticiler için Pasif Örnekleyiciler**

Bu örnekleyiciler genellikle disk veya silindirik tüp şeklindedir. Ölçülecek olan kirletici, seçilen bir kimyasal ortamda absorpsiyon yöntemi ile toplanır. Uygun örneklem süresi boyunca maruziyetten sonra, (tipik olarak birkaç günden bir aya kadar) örnekleyici laboratuara getirilir ve kirletici miktarı kantitatif olarak belirlenir. Pasif örneklemin avantajı, kolaylığı ve başlangıçta bir örnekleyici için birkaç dolarlık bir harcama ile çalışmalara başlanabilmesidir. Sonuç olarak, çok sayıda ünite ile kirleticinin mekan içindeki dağılımı konusunda faydalı bilgiler sağlar. Ancak bu teknikte sadece entegre ortalama kirletici derişiklikleri hakkında bilgi sağlanacaktır.

Kolaylığı ve başlangıç yatırımının düşük olması nedeniyle, pek çok uygulama için pasif örneklem tekniğı uygundur. Çok sayıda öncelikli kirletici parametreler için teknikler mevcuttur. Bu amaçla NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, VOC's ve ozon ölçümleri için kullanılacak pasif örnekleyiciler bulmak mümkündür veya bazıları henüz gelişme aşamasındadır [89].

Pasif örnekleyiciler, özellikle temel araştırmalar, alan taraması veya indikatif izlemeler için faydalıdır. Aktif örnekleyiciler veya otomatik analizörler ile birlikte kullanıldığında faydalı olabilir. Pasif örnekleyiciler, coğrafik olarak geniş bir alanı

kapsayan hava kalitesi verilerini sağlarken, diğer komplike otomatik cihazlar ise günlük değişimleri, derişiklik piklerini içine alan zaman ağırlıklı bilgileri sağlar. Difüzyon tüpleri, NO<sub>2</sub> için alan taraması ve şehir çapında izleme noktalarının seçimi gibi amaçlarla geniş çapta kullanılmaktadır [89].

### **3.3.2 Aktif Örnekleyciler**

Bu örnekleyciler, pasif örnekleycilerin aksine, hava numunesinin bir pompa aracılığı ile kimyasal veya fiziksel bir ortamdan geçirilebilmesi için elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. Örneklenen hava hacminin yüksek olması hassasiyeti artırır. Şöyle ki günlük ortalama ölçümler elde edilebilir. Geniş çapta kullanılan aktif örnekleyciler, SO<sub>2</sub> için asidimetrik yöntem, APM için OECD filtre lekeli yöntemi, toplam veya solunabilir partiküller için US EPA gravimetrik yüksek hacimli örnekleme yöntemidir [89].

### **3.3.3 Asılı Partikül Madde (APM) Ölçüm Yöntemleri**

İzleme amaçlarının belirlenmesi, ölçüm ve analiz yöntemlerinin seçimi gibi konular, hava kirliliği ölçümlerinde anahtar unsurlar olarak düşünülmektedir [89].

## **3.4 İzleme Amaçları**

Örnekleme ve analiz yöntemlerinin seçimi ve izleme stratejisi (örnekleme istasyonlarının yeri ve sayısı, örnekleme sıklığı vb.) belirlenmeden önce izleme amaçlarının ne olduğu göz önüne alınmalıdır. Bu “niçin izleme” sorusunun cevabı olacaktır. İzleme amaçları; insan sağlığı ve çevre üzerindeki potansiyel etkilerin tespiti, yasal düzenlemeler ile uyumun belirlenmesi, kirlilik kaynaklarının ortaya çıkarılması, epidemiyolojik çalışmalarda kullanılmak üzere maruziyet verilerinin sağlanması, yasal düzenlemelerin uygulanması sonucu gelişen eğilimler veya sosyal ve ekonomik davranışlardaki değişiklikler vb. ve en önemlisi hava kalitesi yönetimi için gerçekçi bir programın geliştirilmesinde, ihtiyaç duyulan temel verilerin bir

kısının sağlanması gibi konuları içermektedir. Amaç belirlendikten sonra, izlenecek partikül boyutu, tercih edilen örneklem yöntemi ve fiziksel veya kimyasal karakterizasyon tipinin belirlenmesi gerekmektedir [89].

### **3.4.1 Örneklem Boyut Aralığının Seçimi**

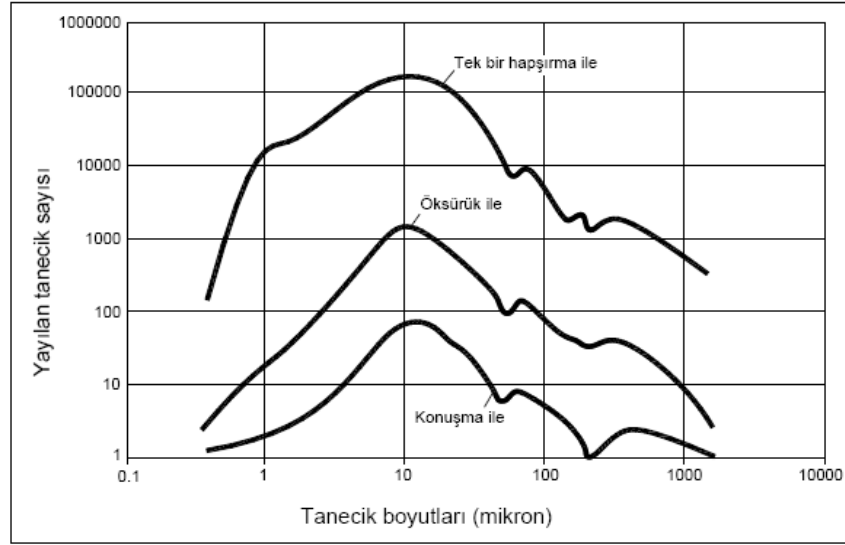
İzleme amaçları; en uygun örneklem tipini belirleyecektir. Genel olarak; çevre etkilerinin araştırılması ve toplam partikül bileşenlerinin (kurşun gibi) sebep olduğu sağlık etkilerinin değerlendirilmesi için, toplam asılı partiküller (TAP) toplanmalıdır. Sağlık üzerine etkiler ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) rehber değerleri ile karşılaştırma çalışmaları için;  $PM_{10}$  partikül boyut ayırmalı örneklem en uygundur. Diğer boyut seçici örneklem tipleri, örneğin; elektrostatik filtreli termik santrallerin bulunduğu alanlardaki  $PM_{2,5}$  kaynaklarının belirlenmesi veya endüstriden kaynaklanan kirliliğin uzun vadeli taşınımı ile ilgili çalışmalar göz önüne alınmalıdır. Bir bölgedeki, iklim ve coğrafik koşullar da, partikül örnekleminin seçimini etkileyebilir. Kurak bölgelerde, örneğin kaba partiküller (rüzgarla taşınan tozlar) kurak olmayan bölgelere göre APM'i daha fazla temsil edecektir. Rutin izleme işlemleri için önerilerde bulunurken, özellikle koşullarında büyük farklılıkların olduğu ülkelerde, bu durum göz önüne alınmalıdır. Genellikle, kimyasal analizlerin yapılabilmesi için büyük hacimli numuneler içinde TAP toplanmaktadır. Bununla birlikte, bazı kimyasal analizlerde, boyut ayırmalı örneklem yapılması gerekebilir. Metaller kaynağına göre, bütün partikül boyutlarını ihtiva edebilir. Örneğin; küçük partiküllerin eser elementlerce zengin olmaları nedeniyle bu elementler için  $PM_{2,5}$  örnekleme en uygun yöntem olabilir [89]

### **3.4.2 Yöntem Seçimi**

Problemin ortaya çıkarılmasına yönelik araştırmalar için yapılacak ölçümler; standart ve yönergelere uygunluğu belirlendiği rutin izlemelerden çok farklı stratejiler gerektirecektir. Araştırma amaçlı uygulamalarda, pek çok faktörü içine alan daha karmaşık ve pahalı ekipmana ihtiyaç duyulur [89].

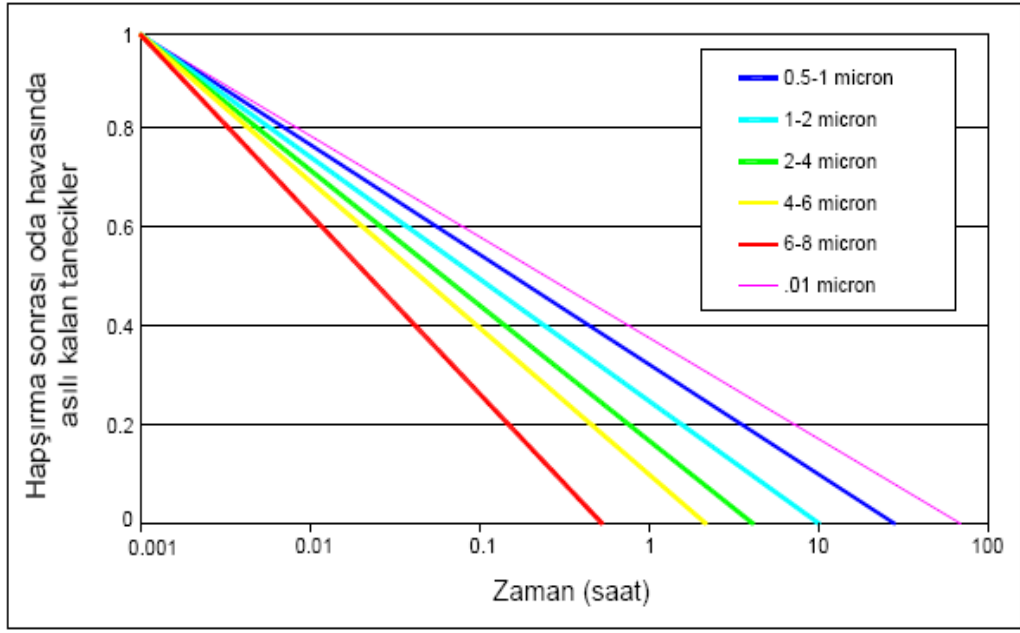
### 3.5 Diğer Hava Kirleticileri

Solunum yolu hastalıklarının çoğu, hastalığa yakalanan insanların öksürme ve hapşirmalarına neden olduklarından, bu yolla havaya çok geniş miktarda bioaerosol yayılır. Şekil 3.4’de tek bir hapşırma sırasında nasıl yüz binlerce taneciğin havaya yayılabileceği gösterilmiştir [86].



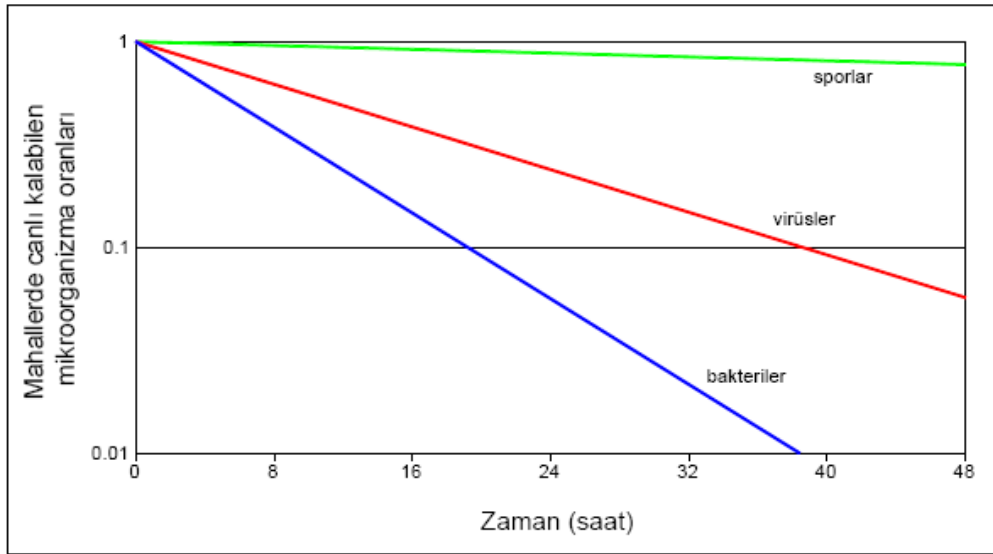
Şekil 3.4 Enfekte olmuş bir kişi tarafından etrafa yayılan taneciklerin sayısal ve boyutsal dağılımı [77,86]

Şekil 3.5’te görüldüğü gibi bir hapşırma sonrasında havada bulunan bioaerosol çaplarına bağlı olarak 4-8µm arasındakiler 1 saat içinde öldükleri gibi 0,01 µm büyüklüğünde olanlar günlerce havada asılı kalabilmektedirler.



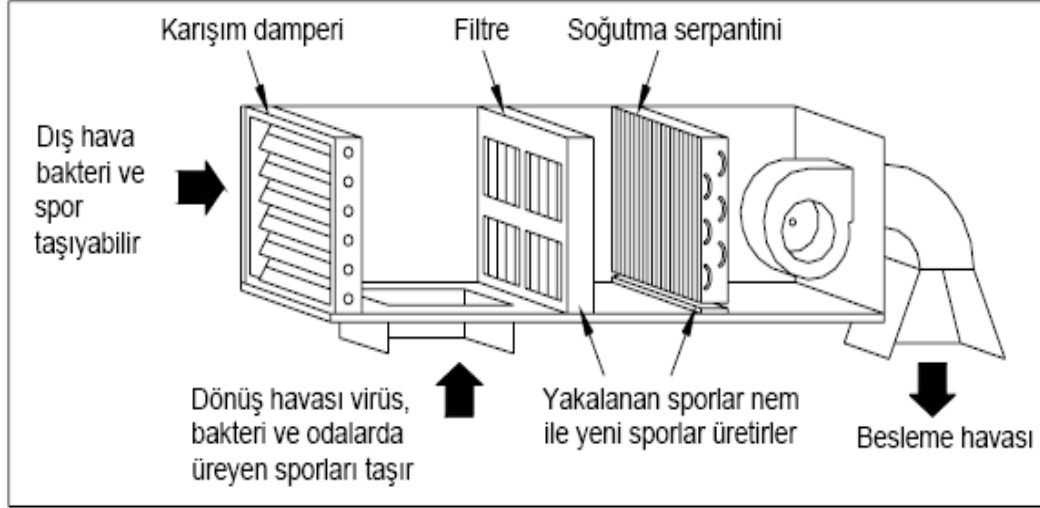
Şekil 3.5 Bir hapşırma sonrasında havada asılı kalan tanecik dağılımı [77]

Şekil 3.6'da güneş ışığı girmeyen iç ortamlarda havadaki mikroorganizmaların canlı kalabilme oranları verilmiştir. Enteresan olan husus bakterilerin havadan ayrılmalarının virüslere nazaran daha çabuk gerçekleşmesidir, çünkü bunlar yaşamak için neme virüslerden daha çok ihtiyaç duymaktadırlar [60].



Şekil 3.6 Güneş ışığı girmeyen iç ortamlarda havadaki mikroorganizmaların canlı kalabilme oranları [77]

Amerika ve Avrupa'da yapı işlerinde yapılan araştırmaların sonuçları incelendiğinde i hava kalitesine tesir eden kirleticilerin hemen hemen yarısı mahal içindeki insanlar, yapı ve dekorasyon malzemeleri, halılar ve yalıtım malzemelerinden kaynaklanıyorsa diğer yarısı da klima santralı ve dağıtım sisteminden geldiği tespit edilmiştir [88].



şekil 3.7 Tipik bir klima santralında mikrobiyolojik kirlenme kaynakları ve yolları [77,88]

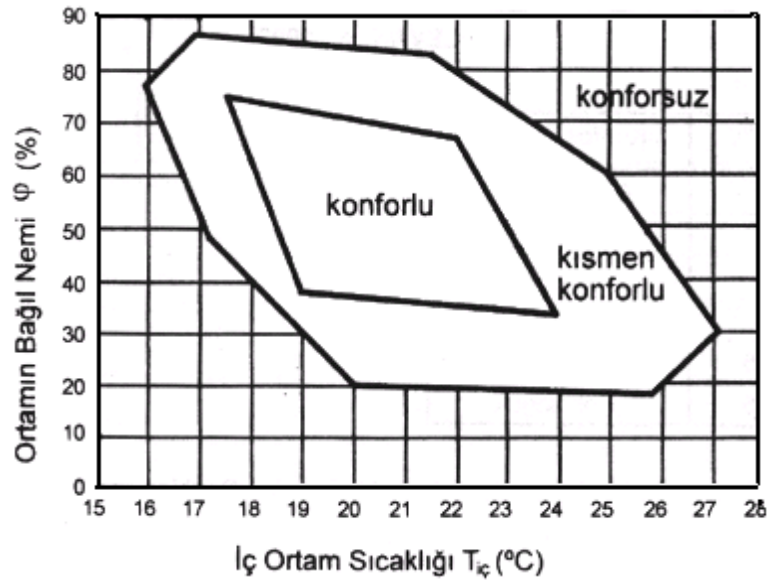
şekil 3.7'de tipik bir klima santralinde mikrobiyolojik kirlenme kaynakları ve yolları gösterilmiştir. Bulaşıcı virüs ve bakteriler çoğunlukla tamamen insanlardan kaynaklanmakta ve sadece dönüş havası içinde bulunmaktadır. Dış hava ile dış çevreden gelen bakteriler ve sporlar içeriye girebilirler. Ancak i ortamlarda mikroorganizma üremesi halinde dönüş havasında dış havadan çok daha yüksek seviyede mikroorganizma bulunabilir. Dış çevreden gelen bakteriler sağlıklı insanlar için hemen hemen hiç hastalık tehlikesi oluşturmayıp, ancak hastalığa yol açan mantarlar için gelişme kaynağı teşkil edebilirler. Klima santralında en kritik elemanlar soğutma serpantini ve onun yoğuşma tavası, filtreler, fan, kayışlar ve gresle yağlanan rulmanlardır. Nemli ortamlarda üreyen sporlar daha sonra çoğalarak yayılırlar. Filtreler sporları tutarlar ancak filtre elemanlarının nemli olması halinde buralarda aşırı spor üremesinden dolayı sporlar tekrar havaya karışırlar [60].



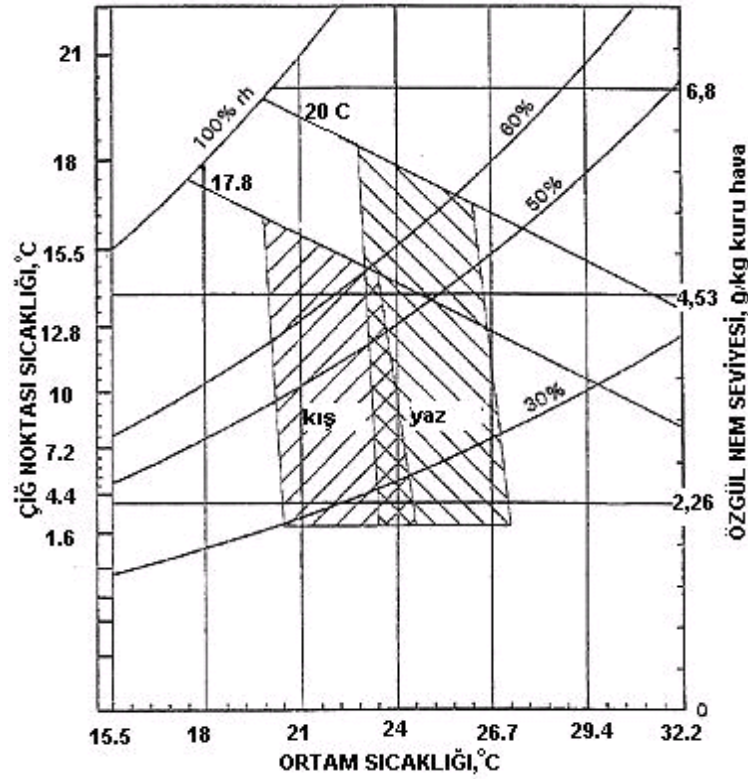
## 4. İÇ HAVA KALİTESİ KONFOR ŞARTLARI

### 4.1 Bir Temiz Oda Tasarımında Dikkate alınması gereken Parametreler

Bir temiz oda tasarımında dikkate alınacak parametrelerin başında ortamda bulunması muhtemel olan maksimum tanecik derişikliği ve çapı gelir. Bunun haricinde kontrol altında tutulması gereken bir çok parametre arasında sıcaklık, nem, ses şiddeti, titreşim, statik elektrik ve basınç sayılabilir. Sıcaklığın kontrol altında tutulmasının en önemli sebeplerinden birisi içerde bulunan insanların üşümeleri veya terlemeleri içindir. Diğerleri ise içeride bulunan cihazların sıcaklığa karşı duyarlı olmasıdır. Benzer şekilde ortamdaki bağıl nemin kontrol altında tutulmak istenmesinin ana nedenleri de konfor ve proses gereğinden kaynaklanmaktadır. Şekil 4.1’de sıcaklık ve neme bağılı konfor bölgesi tanımlanmıştır. Şekil 4.2’de de yaz ve kış aylarında insanların kendilerini rahat hissettikleri konfor şartları gösterilmiştir [1].



Şekil 4.1 Sıcaklık ve bağıl neme bağılı konfor bölgeleri [1]



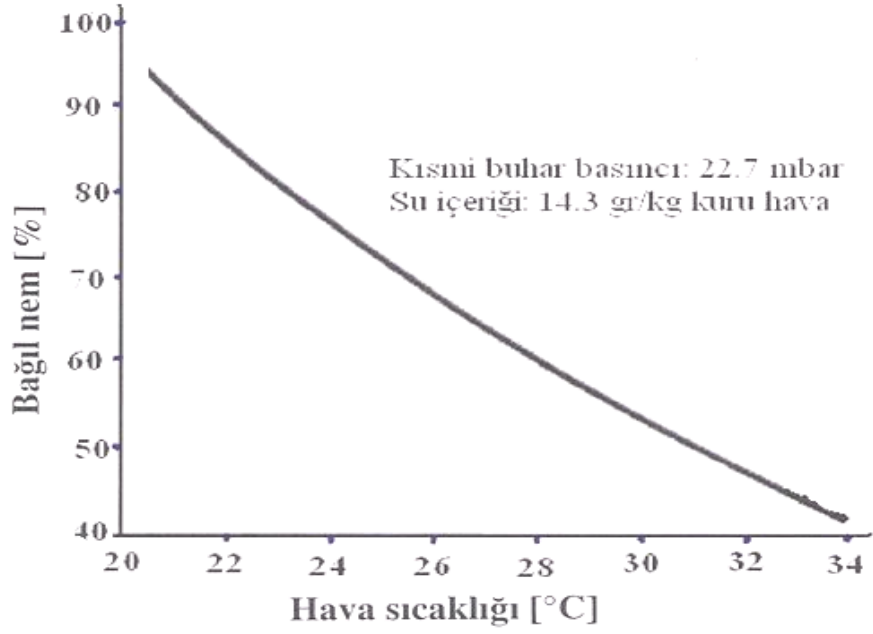
Şekil 4.2 Yaz ve kış aylarına göre ASHRAE konfor bölgeleri [1]

Genel olarak başka bir kriter yok ise temiz oda için seçilen sıcaklık 22 °C (20-24 °C) ve bağıl nem %45 ( % 40-55) dir. Genel maksatlı odalarda sıcaklık  $\pm 1$  °C ve nem ise  $\pm 5$  toleransta olabilir [1].

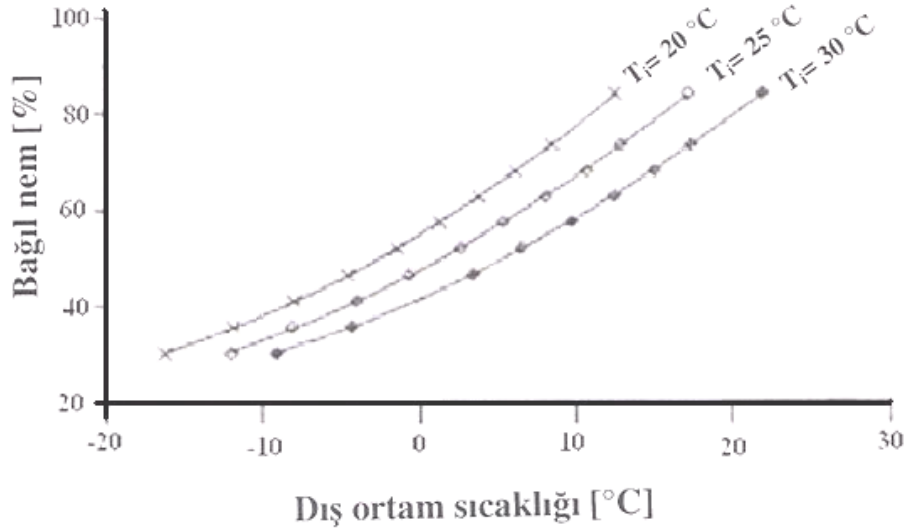
#### 4.2 Kapalı Mahallerde Teknik Olarak Konforun Sağlanması

ASHRAE' nin 1999 yılında çıkardığı “kabul edilebilir iç hava kalitesi için havalandırma sistemi” adlı en son standardında, iç hava kalitesi tanımı şu şekilde yapılmaktadır. Mevcut yasalara göre içinde zararlı madde oranı azami değerleri aşmamış kirletici maddeleri ihtiva eden ve bu havayı soluyan insanların en az %80' inin memnuniyetsizlik hissetmedikleri hava kalitesidir. Hijyen ve sağlık açısından içinde insan bulunan odaların hangi sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde olması gerektiği standartlarda verilmiştir. Düşük hava sıcaklıkları insanlarda rahatsızlığa neden olmaktadır. Ofisler ve çalışma salonlarındaki bağıl nem miktarı maksimum % 53, minimum % 42 dolayındadır. Kapalı ortamlardaki metal ve ahşap yapı bileşenlerinin herhangi bir zarara uğramaması için bağıl nem %40 ile %60 arasında

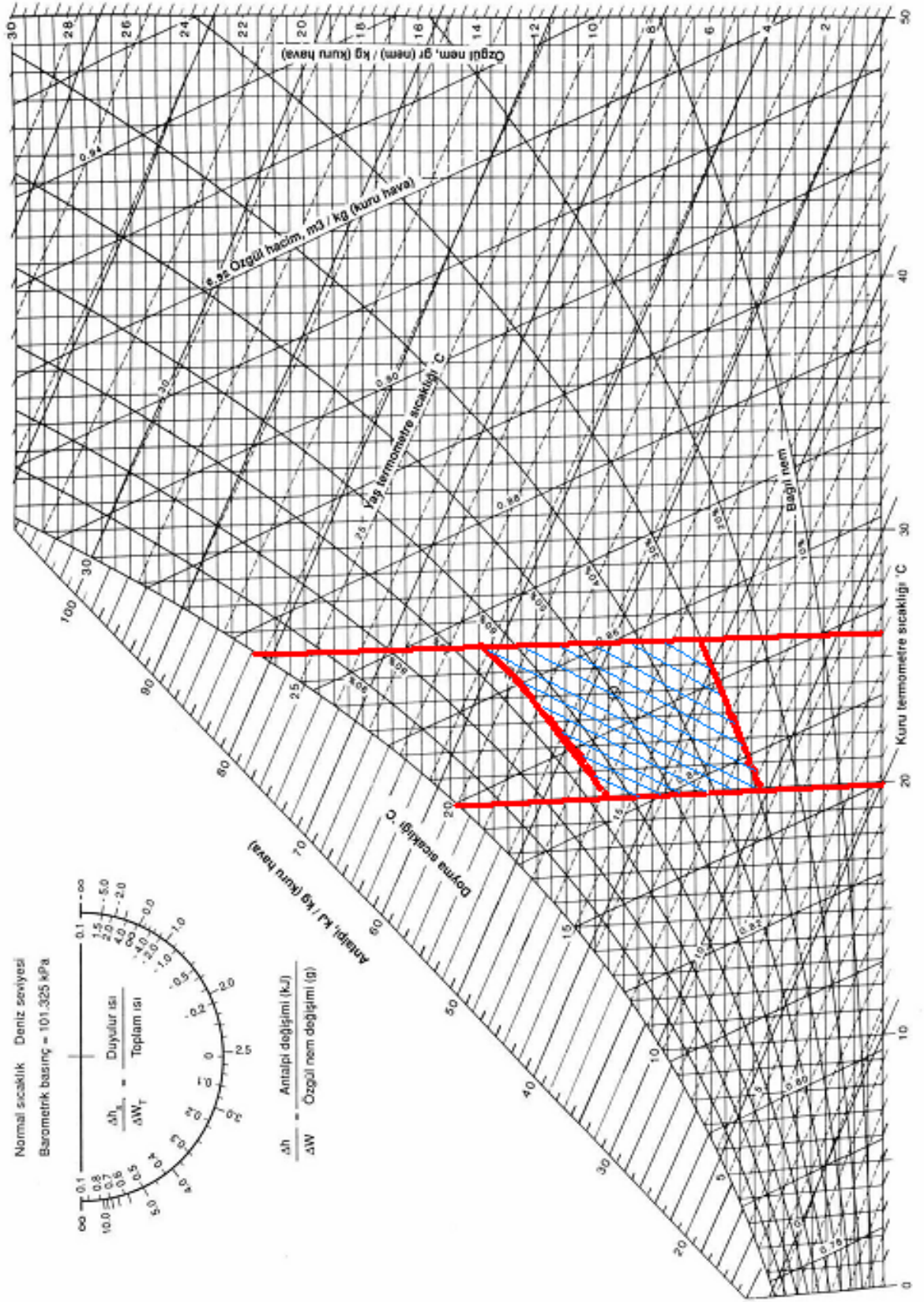
bir bölgede bulunmalıdır. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de dış ve iç ortam sıcaklığına bağlı olarak müsaade edilen maksimum bağıl nem oranı verilmektedir [75].



Şekil 4.3 VDI 2089 Sayfa 1’e göre elbisesiz insan için bunaltıcı sınır [75]

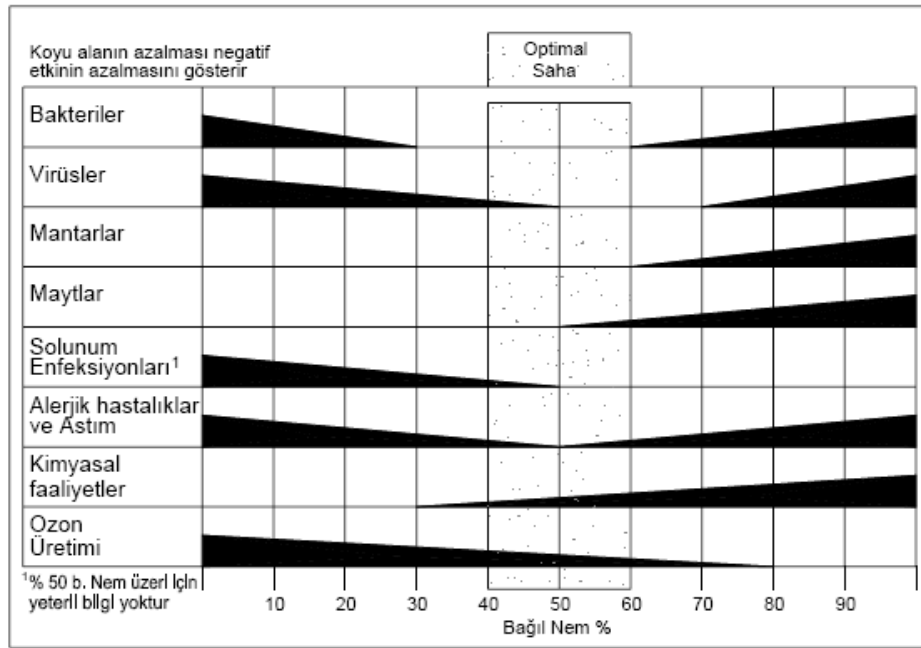


Şekil 4.4 Dış ortam sıcaklığına bağlı olarak müsaade edilen maksimum bağıl nem [75]



Şekil 4.5 Psikrometrik diyagram üzerinde konfor bölgesi

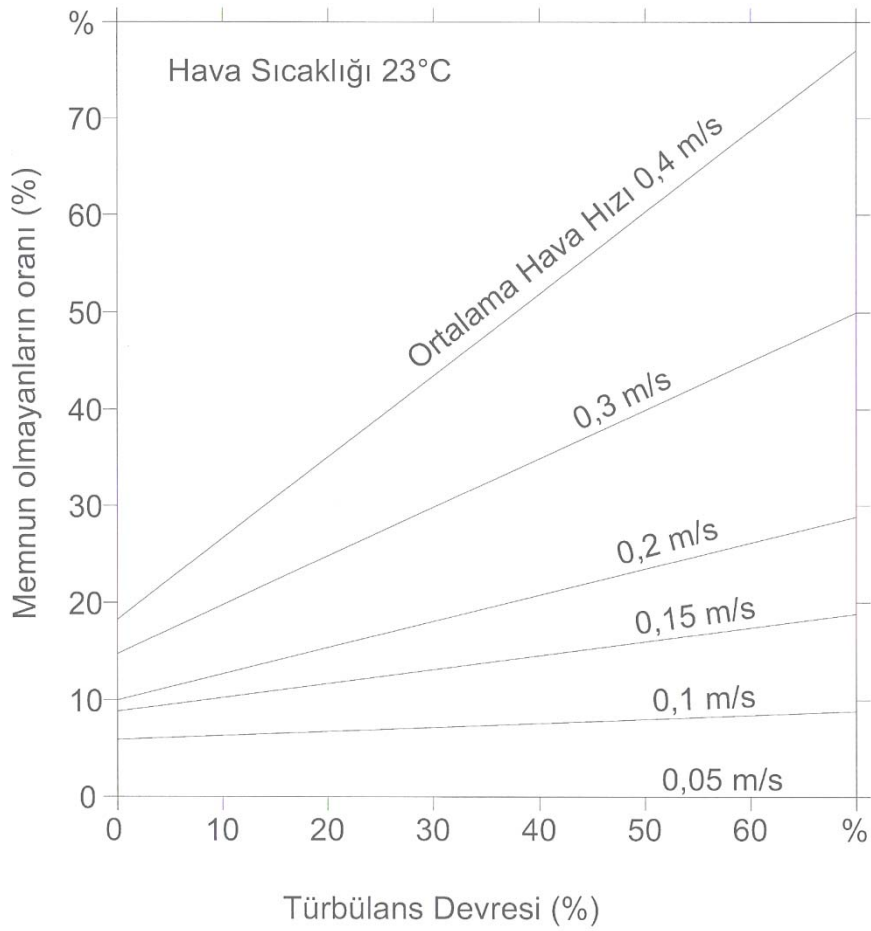
Alman DIN 1946' ya göre verilen ısı konfor şartlarına göre sıcaklıklar 20-26<sup>0</sup> C arasında, bağıl nem de %30-65 arasında olabilmektedir (Şekil 4.5). Mutlak nem değeri ise maksimum 11,5 gr/kg hava olarak sınırlandırılmıştır. Yine aynı DIN' de çalışan insanların faaliyet durumlarına ve giysilerine göre tespit edilmiş, operatif sıcaklık olarak tanımlanan mahal sıcaklıklarının dış hava sıcaklığına göre değişim sahası belirtilmiştir. Termik konforun tanımı bu standartta şu şekilde yapılmıştır: Oda içinde bulunan insanlar hava sıcaklığını, nemini, hava hızını ve odayı çevreleyen yüzeylerin sıcaklığını optimal olarak hissediyorlarsa, o halde termik konfor sağlanmış demektir. Kapalı mahallerde havanın kalitesi ve termik konforu, insanların aktivite durumlarına, giysilerine, mahalde bulunma sürelerine, yapı ve dekorasyon malzemelerinin özelliklerine ve insan yoğunluğuna bağlıdır [77].



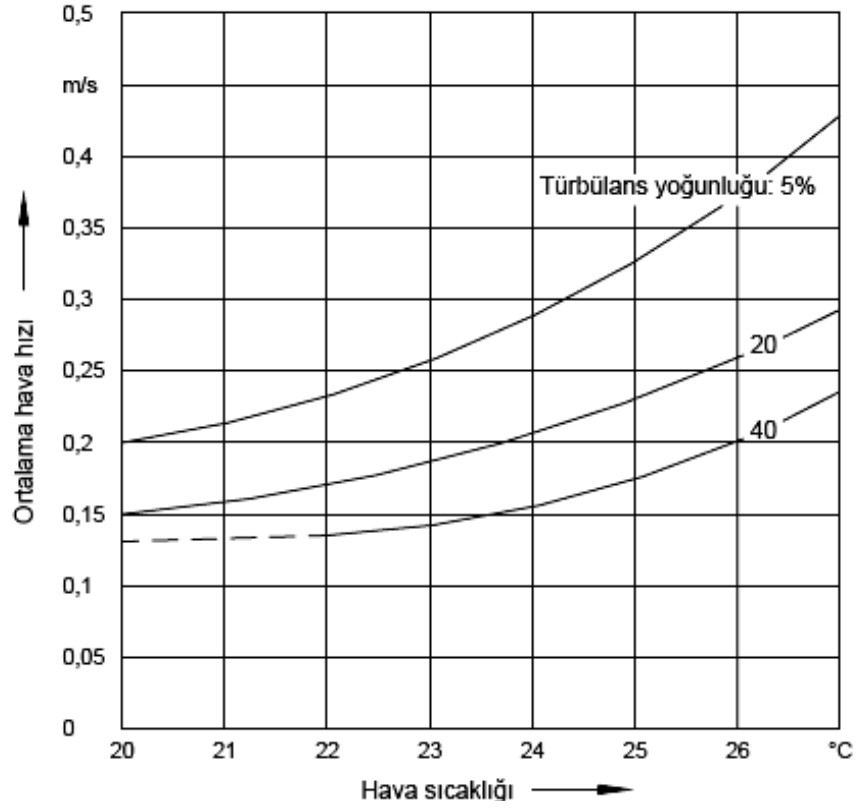
Şekil 4.6 Sağlık yönünden mahallerde sağlanması uygun olan optimal bağıl nem sahası [1,77]

Şekil 4.6' da sağlık yönünden mahallerde sağlanması uygun olan optimal bağıl nem sahası verilmiştir. Bağıl nemi %65' den fazla olan ortamlarda insan vücut sıcaklığının kontrolü zorlaşmakta, bu yüksek nem oranı bakterilerin, mantarların ve alerji yapan ev tozları (maytaların) üremesini teşvik etmektedir. Uzun vadede oda nem oranlarının yüksek seyretmesine müsaade etmemek gerekir.

Mahal hava kalitesine tesir eden önemli bir parametre de insanların bulunduğu yerlerdeki hava hızıdır. Hava hızının 0,15-0,20 m/s seviyelerinin üzerinde olduğu yerlerde türbülans derecesine bağlı olarak şikayetler artmaktadır (Şekil 4.7). Tasarım sırasında dikkat edilecek en önemli unsurlardan biri havayı düşük hava hızlarında ve homojen olarak odaya sevk etmektedir. Düşük üfleme ve oda sıcaklıklarında yüksek hava hareketleri, özellikle oturan insanlar üzerinde çok olumsuz etkide bulunur. Şekil 4.8, mahal içerisindeki hava hızlarının konfor sahasında kalınabilmesi için hava sıcaklık ve türbülans yoğunluğu ile olan bağlantısını göstermektedir [77].



Şekil 4.7 Değişik hava hızları ve türbülans derecelerinde memnun olmayan insanların sayısı [77]



Şekil 4.8 Mahal içerisindeki hava hızlarının konfor sahasında kalınabilmesi için sıcaklık ve türbülans yoğunluğuna olan bağlantısı [77]

Gerek sağlık gerekse hijyen için iç hava kalitesinin sağlanabilmesinin en önemli parametresi şüphesiz ki mahalle verilecek temiz, taze dış hava miktarıdır. Mahallerdeki mikroorganizma sayısının azaltılmasındaki öncelikli ve en iyi yöntemlerin başında, odaya verilecek hava miktarının ve hava değişim sayısının artırılması gelmektedir [77].

Çizelge 4.1’de ASHRAE standardına göre çeşitli mahaller için verilmesi gereken şahıs başına veya alan [m<sup>2</sup>] başına minimum dış hava miktarları verilmiştir.

Alman DIN 1946 göre olan değerler Çizelge 4.2’ de görülmektedir. Mesela ofis odalarında şahıs başına en az ASHRAE’ ye göre 36 m<sup>3</sup>/h; DIN 1946’ ya göre 40 m<sup>3</sup>/h dış hava sevk etmek gerekmektedir.

Aslında, özellikle son yıllarda insan sağlığına verilen değerin çok artması ile bu miktarlar 80-100 m<sup>3</sup>/h gibi değerlere ulaşmaktadır. Mahallerde verilen dış havanın 2-3 hava değişimi sağlaması halinde iyi kaliteli hava değerleri tespit edilmiştir.

### 4.3 Havalandırma İle Kirletici Derişikliğinin Azaltılması

ASHRAE'nin 1999 yılında çıkardığı en son "kabul edilebilir iç hava kalitesi için havalandırma şekli" standardı, iç hava kalitesinin tanımını şu şekilde yapmaktadır. Yürürlükteki yasalara göre içerisindeki zararlı madde oranı azami değerleri aşmayan kirletici maddeleri içeren ve bu havayı soluyan kişilerin en az %80'inin kendilerini rahat hissettikleri hava kalitesidir. İç havada bulunan kirleticilerin derişiklikleri daha düşük derişikliğe sahip bir havayla azaltılabilir ve genellikle bunun için dış hava kullanılmaktadır. Bu durumdaki kabul; dış havadaki kirleticilerin derişikliğinin iç havadakinden daha düşük olduğudur. Bu kabul her zaman geçerli değildir. Dış hava yeterince temiz değilse, temizlenip mahalle verilmelidir. İç hava kirleticilerinin derişikliklerini kontrol etmek için bir yöntem şöyle önerilmektedir; mahaldeki her bir kişi için gerekte olan minimum hava miktarının bulunmasıdır. Eğer mahaldeki kişi sayısı bilinmiyorsa, birim m<sup>2</sup> başına, gönderilmesi gereken temiz dış hava miktarı hesaplanabilir. ASHRAE-62 Standardı bu metodu kullanmaktadır. Çizelge 4.1 ASHRAE 62-1999 Standart'ın önerdiği temiz hava miktarı değerlerini göstermektedir [92].

$$Y = \frac{X}{(1+X-Z)} \quad (4.1)$$

Burada; Y: Olması gereken dış hava miktarı, X: doğrulanmayan dış hava miktarı, Z: kritik olan mahaldeki temiz hava oranıdır.



Çizelge 4.1 Ticari tesisler için (ofisler, dükkanlar, depolar, oteller, spor tesisleri) tavsiye edilen dış hava miktarları [6]

Minimum Dış Hava İhtiyacı				
Uygulama	İnsan sayısı (Kişi/100m <sup>2</sup> )	Lt/s kişi	Lt/s.m <sup>2</sup>	Açıklamalar
<b>Kuru temizleme, Çamaşırhane</b> Ticari çamaşırhane Ticari kuru temizleme Depo Jetonlu çamaşırhane Jetonlu kuru temizleme	10 30 30 20 20	13 15 18 8 8		Kuru temizleme işlemleri daha fazla hava gerektirebilir.
<b>Yiyecek ve içecek hizmeti</b> Lokanta Kafeterya, fast food Bar, kokteyl salonu	70 100 100	10 10 15		İlave duman uzaklaştırıcı cihaz gerekebilir.
<b>Mutfaklar (pişirme)</b>	20	8		Davlumbaz egzozu, besleme havası için daha fazla havalandırma havası gerekebilir. Dış havanın ve komşu alanlardan alınan kabul edilebilir kalitedeki havanın toplam 7,5 Lt/s.m2 değerinden az olmayacak bir egzoz miktarına yeterli olmalıdır.
<b>Garajlar, Tamirhaneler Servis istasyonları</b> Kapalı garajlar Otomobil tamirhaneleri			7,5 7,5	İnsanlar arasındaki dağıtım çalışma yerleri ve çalışan makinelerin yoğunluğu dikkate alınmalıdır. Motorların çalıştığı standlar, motor egzozunu dışarı zorlamış olarak atan sistemleri içermelidir. Kirletici sensörleri havalandırmanın kontrolü amacı ile kullanılabilir.
<b>Alışveriş merkezleri satış katları ve Show room katları</b> Bodrum ve zemin Üst katlar Depo odaları Soyunma odaları Yürüme alanları (moller) Yükleme ve kabul alanları Depolar Sigara odaları	30 20 15 15 20 10 5 70	30	1.50 1.00 0.75 1.00 1.00 0.75 0.25	Normal olarak transfer havası ile beslenir ve yerel egzoz yapılır. Resirkülasyon tavsiye edilmez.
<b>Ofisler</b> Ofis alanları Kabul olanları Haberleşme merkezleri Konferans salonları	7 60 60 50	10 8 10 10		Bazı ofis cihazları yerel egzoz gerektirebilir. İlave duman uzaklaştırıcı cihaz gerekebilir.

Çizelge 4.1'in devamı

Minimum Dış Hava İhtiyacı				
Uygulama	İnsan sayısı (Kişi/100m <sup>2</sup> )	Lt/s kişi	Lt/s.m <sup>2</sup>	Açıklamalar
<b>Özel dükkanlar</b> Berber Güzellik salonları Zayıflama salonu Çiçekçi  Mobilya giyim Hırdavat, ilaç Süper market Hayvanat bahçesi	25 25 20 8  8 8	8 13 8 8  8 8	     1.50 5.00	Bitki büyümesini en iyi sağlayan hava miktarı, Havalandırma ihtiyacını belirler
<b>Spor ve eğlence</b> Seyir salonları Oyun salonları  Buz pisti(oyun alanları) Yüzme havuzları  Oyun katları Disko ve balo salonları Bowling salonları(oturma bölgesi)	150 70  30 100 70	8 13  10 13 13	   2,50 2,50  30 100 70	Oyun alanlarının bakımı için içten yanmalı motorlu araçlar kullanılıyorsa havalandırma miktarı artırılmalıdır.  Nem kontrolü için daha yüksek değerler gerekebilir.
<b>Oteller, moteller, dinlenme yerleri, yurtlar</b>  Yatak odaları Oturma odaları Banyolar  Lobiler Konferans salonları Toplantı salonları Yurt uyuma alanları  Kumar salonları	  30 50 120 20  120	  8 10 8 8  15	  Lt/s Oda 15 15 18  30 100 70	Odaların boyutlarından bağımsız olarak  Kesikli kullanım için tesis edilen kapasite  Yiyecek ve içecek hizmetleri, alışveriş, berber ve güzellik salonları kısımlarına da bakılır. İlave duman uzaklaştırıcı cihaz da gerekebilir.
<b>Halka açık alanlar</b> Koridorlar Genel tuvaletler  Soyunma odaları	   70	  25  30	  0.25 5 2.5	Hiç geri dönüşsüz mekanik egzoz tavsiye edilir.
<b>Sigara odaları</b>	70	30		Normal olarak transfer havası ile beslenir. Geri dönüş (resirkülasyon) tavsiye edilmez.
<b>Asansörler</b>			5,0	Normal olarak transfer havası ile (komşu hacimlerden gelen) beslenir.

Çizelge 4.1'in devamı

Minimum Dış Hava İhtiyacı				
Uygulama	İnsan sayısı (Kişi/100m <sup>2</sup> )	Lt/s kişi	Lt/s.m <sup>2</sup>	Açıklamalar
<b>Tiyatrolar</b>				Özel sahne efektlerini karşılamak üzere özel havalandırma gerekecektir.
Bilet gişeleri	60	10		
Lobiler	150	10		
Salon	150	8		
Sahne ve Stüdyolar	70	8		
<b>Taşımacılık</b>				Taşıtlardaki havalandırma özel olarak ele alınmalıdır.
Bekleme salonları	100	8		
Platformlar	100	8		
Taşıtlar	150	8		
<b>İşyerleri</b>				-23 °C ile +10 °C arasında tutulan hacimler eğer sürekli insan bulunmuyorsa bu şartların kapsamına girmez. Komşu hacimlerden havalandırmaya müsaade edilir. Soğuk odalara giriş çıkış yapılıyorsa meydana gelen enfiltrasyon yeterli havalandırmayı sağlar.
El işleme	10	8		
<b>Fotoğraf stüdyosu</b>	10	8		
Karanlık oda	10		2.50	
Eczane	20	8		
Banka	5	8		
Fotokopi ve baskı			2.50	Buraya tesis edilecek cihaz zorlanmış egzoz ve arzu edilmeyen kirleticilerin kontrolü özelliklerini sağlamalıdır.

Çizelge 4.2 Enstitüler için tavsiye edilen minimum dış hava miktarları [6]

Minimum Dış Hava İhtiyacı				
Uygulama	İnsan sayısı (Kişi/100m <sup>2</sup> )	Lt/s kişi	Lt/s.m <sup>2</sup>	Açıklamalar
<b>Okullar</b>				
Sınıf	50	8		
Laboratuvar	30	10		Laboratuarda hayvan bulundurulması da dahil bazı işlemler ve fonksiyonlar için kirletici kontrol sistemleri gerekebilir.
Eğitim salonu	30	10		
Müzik odası	50	8		
Kütüphane	20	8		
Soyunma odası			2.50	
Koridor			0.50	
Spor salonu	150	8		
Sigara salonu	70	30		Normal olarak transfer havası ile beslenir. Dönüşü olmayan yerel mekanik egzoz tavsiye edilir.
<b>Hastaneler, bakımevleri</b>				
Hasta odaları	10	13		Özel şartnameler ve standartlar, min. Hava miktarı ve filtre seçimini belirleyebilir. Daha fazla kirletici doğuran işlemler daha yüksek havalandırma miktarı gerektirebilir.
Tıbbi işlem	20	8		
Ameliyathane	20	15		
Yoğun bakım üniteleri	20	8		
Otopsi odası			2.50	Hava başka hacimlere resirküle edilmeyecektir
Fiziksel tedavi	20	8		
<b>Hapishaneler</b>				
Hücreler	20	10		
Yemek salonu	100	8		
Gardiyan istasyonu	40	8		

Çizelge 4.3 Konutlar için tavsiye edilen dış hava miktarları [6]

Uygulama	Dış hava ihtiyacı	Açıklamalar
Oturma alanları	Kişi başına 7,5 Lt/s değerinden az olmamak üzere saatte	Saatteki hava değişimini hesaplamak için, şartlandırılan hacimdeki bütün alanların hacmi dahil edilmelidir. Havalandırma normal olarak enfiltrasyonla sağlanır. Çok sızdırmaz olarak yapılan odalardaki şömine ve soba gibi elemanlara yakma havası ilave olarak temin edilmelidir. Yatak odalarındaki insan sayısı ilk oda için 2, ilave yatak odaları için 1 olarak kabul edilmiştir. Eğer daha yüksek kullanım olduğu biliniyorsa hava ona göre arttırılmalıdır.
Mutfaklar	50 Lt/s kesintili veya 12 Lt/s sürekli veya açılabilir pencere	Tesis edilen, mekanik egzozun kapasitesi, iklim şartları havalandırma sisteminin seçimini etkiler.
Banyolar tuvaletler	25 Lt/s kesintili veya 10 Lt/s sürekli veya açılabilir pencere	Tesis edilen mekanik egzozun kapasitesi.
Garajlar Her apartman dairesi için ayrı Ortak hacimler	(50 L/s) araba başına 7.7 Lt/s.m <sup>2</sup>	Normal olarak enfiltrasyon veya doğal havalandırma ile sağlanır.

Çizelge 4.4 Meskenler için tavsiye edilen saatteki hava değişimleri [6]

Odanın özellikleri	Saatteki hava Değişim sayısı	Tavsiye edilen havalandırma yöntemi
Toplantı salonları	4-8	Egzoz
Oditoryumlar	6-8	Egzoz ve besleme
Pasta fırını	20-30	Egzoz
Banyolar (domestik)	5-7	Egzoz
Banyolar (genel)	7-10	Ön ısıtılmış hava besleme
Güzellik salonları	8-12	Egzoz ve besleme
Kafeler	10-12	Egzoz
Kumarhaneler	8-12	Egzoz ve besleme
Sinemalar	5-8	Egzoz ve besleme
Vestiyer	4-5	Egzoz
Konferans salonları	5-8	Egzoz ve besleme
Soyunma odaları	6-8	Egzoz
Boyahaneler	5-15	Alev geçirmez aside dayanıklı
Motor odaları	15-30	Egzoz, ısıyı hesapla
Dökümhaneler	5-15	Egzoz, ısıyı hesapla
Garajlar	5-7	Egzoz
Jimnastik salonları	4-6	Egzoz
Kuaförler	10-15	Egzoz
Hastaneler(hasta odaları)	6-8	Egzoz
Hastaneler( ameliyathaneler)	10-15	Egzoz besleme filtre tipini kontrol et.
Mutfaklar (domestik)	15-25	Egzoz
Mutfaklar ( ticari)	15-30	Egzoz ekipmanı kontrol et.
laboratuvarlar	8-15	Egzoz, asit dirençli filtre tipi.
Çamaşırhaneler	10-20	Egzoz
Kütüphaneler	4-5	Egzoz ve besleme
Asansörler	5-7	Egzoz
Asansör makine odası	10-30	Egzoz ısıyı hesapla.
Makine daireleri	10-40	Egzoz ısıyı hesapla.
Ofisler	4-8	Egzoz ve besleme.
Lokantalar	8-12	Egzoz ve besleme
Tuvaletler (domestik)	4-5	Egzoz
Tuvaletler ( genel )	8-15	Egzoz
Dershaneler	5-7	Egzoz
Dükkanlar	4-8	Egzoz
Duşlar	15-25	Egzoz
Süpermarketler	10-15	Egzoz ve besleme zorlanmayı kontrol et
Yüzme havuzları	10-15	Egzoz ve ısıtılmış besleme, nemi kontrol et.
Tiyatrolar	5-8	Egzoz ve besleme
Kaynak atölyeleri	20-30	Zorlanmış egzoz ekipmanı kontrol et

#### 4.4 İç Hava Kalitesi Yönünden Kirlilik Tanımları

İnsanoğlu ateşi bulduğu günden itibaren iç hava sorunlarıyla karşılaştı. Mağaralarda solunan dumanın insan ömrünü azalttığı kısa sürede öğrenildi. Mağara tavanına açılan bir delikten dumanı uzaklaştırmayı öğrenen insanoğlu, sonraki bin

yıllarda da iç hava sorunlarıyla uğraşmak zorunda kaldı. Mısır piramitlerinin yapımında çalışan işçilerden içeride çalışanların, dışarıda çalışanlardan daha fazla solunum hastalıklarına yakalandıkları gözlemlendi. Romalılar, dumansız ısınabilmek için döşemeden ısıtmayı keşfetti. XI. yüzyılda ise İbn-Haldun, eseri Mukaddimede hava kirliliğinin hastalıklara neden olacağına işaret etti [93].

XVI. yüzyıla gelindiğinde İngiltere Kralı I. Charles, binalarda kirli havanın etkisini azaltmak için bir dizi kural getirdi. Bunlar arasında 3 metreden yüksek tavanlar, boyu eninden daha fazla olan pencereler, oda taban alanına göre pencere alanının belirlenmesi, vb. gibi inşaat kuralları hep, içerideki dumanın ve kirli havanın dışarı atılmasını amaçlıyordu [93].

XVIII. yüzyıla gelindiğinde, Lavosier'in karbondioksiti bulmasıyla, bu gazın hava kirliliği üzerindeki etkileri tartışılmaya ve araştırılmaya başlandı. Karbondioksit önceleri zehirleyici bir gaz olarak kabul edildi. 1853'te Kırım Savaşı sırasında İstanbul'daki hastaneler yaralılarla dolup taşarken, havasız mekanlarda yaralıların iyileşmesinin çok uzun sürdüğünü gözlemlendi. Önceleri bunun, havadaki yoğun karbondioksitle bağlantılı olabileceğini düşünen doktorlar, daha sonra esas nedenin, yaralılardan yayılan mikropların yetersiz havalandırma nedeniyle uygun yayılma ortamı bulması olduğunu anladılar [93].

Karbondioksit, kokusuz, renksiz ve toksik olmayan bir gazdır. Birçok kişi karbondioksiti zehirli bir gaz zanner oysa bu, vücudumuzun ürettiği bir gazdır. Zehirli olan karbondioksit değil, eksik bir yanma ürünü olan karbon monoksittir. Soluğumuzda 38.000 ppm karbondioksit mevcuttur. Karbondioksitin iç mekanlardaki kaynağı yalnızca solunum veya açık ateştir. Bunun başka bir kaynağı yoktur. İnsan ortalama olarak saniyede yaklaşık 0.005 litre karbondioksit üretir. Bu nedenle karbondioksit, içerdeki insan sayısının belirlenmesi için bir faktör olarak kullanılabilir. Bugün kapalı konteynerlerdeki kaçak göçmenleri, sınır polisleri karbondioksit detektörüyle yakalıyor.

Solunan havadaki karbondioksit miktarı ve buna bağlı olarak gerekli olan taze hava miktarının saptanabilmesi için XIX. yüzyıldan itibaren sayısız deney

yapılmıştır. 1836'da Tredgold, maden işçileri üzerinde yaptığı deneylerde, insanın metabolik olarak ihtiyacı olan taze hava miktarını kişi başına 2,5 Lt/sn olarak saptamıştır. 1862'de Pettenkofer karbondioksitin aslında havayı kirletici bir faktör olmadığını, ancak kirliliğin bir ölçütü olarak kullanılabileceğini ileri sürdü. Daha sonra yapılan sayısız deney de bu savı doğrulamıştır. XX. yüzyıl başlarında yapılan kapalı oda deneylerinde, insanların 10000 ppm gibi karbondioksit oranlarını tolere edebildikleri, hatta 23000 ppm gibi çok yüksek oranların bile hayati bir tehlike oluşturmadığı ispatlanmıştır [93].

ASHRAE'nin 1989 yılında yayımlamış olduğu 62 nolu havalandırma Standardında, ofis çalışanları için karbondioksit limiti 1000 ppm olarak belirlenmiştir. ABD'de işyeri çalışma koşullarını belirleyen OSHA (Occupational Safety and Health Agency) ise bu limiti haftada 40 saati aşmamak kaydıyla 5000 ppm olarak belirlemiştir. ASHRAE Standart 62 ayrıca, karbondioksitin kendi başına bir kirletici olmadığını, ancak insanlardan kaynaklanan kirli havanın bir ölçütü olduğunu kabul etmiştir.

Atmosferdeki karbondioksitin standart ölçümü, Pasifik Okyanusunun ortasında bir adada yapılmaktadır. Bu oran sanayi devrimi öncesinde 280 ppm civarındayken, günümüzde fosil yakıtların tüketimiyle giderek yükselmektedir. Bunun yol açtığı sera etkisiyle ortaya çıkan küresel ısınma günümüzde herkesin gündeminde olan bir konudur. Bugün atmosferdeki karbondioksit oranı 380 ppm civarındadır ve ne yazık ki her yıl 2 ppm artmaktadır.

ASHRAE'nin ve OSHA'nın belirlemiş olduğu karbondioksit limitlerinin iyi bilinmesinde yarar vardır, çünkü günümüzde bazı binalarda hava kirliliğinin bir göstergesi olarak ölçülmeye başlanan karbondioksit oranına bağlı olarak klima santrallerinde dış hava miktarı ayarlanmaktadır. Buna göre karbondioksit oranı, 1000 ppm'in altında olduğu müddetçe, dış havaya gereksinim yoktur. Oysa birçok işletmede, bina otomasyon sistemleri çok daha az karbondioksit oranına ayarlanmakta, böylece hiç gerekmediği halde içeriye taze hava pompalanmaya devam edilmektedir. Bugün İstanbul'da dış havadaki karbondioksit oranı 400 ile 600 ppm arasında değişmektedir. Bazı işletmelerde karbondioksit hissedicileri 500 ppm'e

ayarlanmakta, bu yüzden de klima santralleri daima % 100 taze hava ile çalışmak durumunda bırakılmaktadırlar. Bu ise, enerjinin son derece pahalı olduğu günümüzde büyük bir israf anlamına gelmektedir.

İç mekanda hava kirliliğini oluşturan çeşitli faktörler vardır. Bunlar insan burnunda bulunan Olfactory hücreleri tarafından algılanırlar. İnsan burnu yaklaşık 500 bin kimyasalı ayırt edebilmektedir ve bu koku algılaması iki parametreye bağlıdır:

Yoğunluk (kantitatif) faktörü (I),

İticilik (kalitatif) faktörü (K).

Algılanan kokunun yoğunluğu, Weber tarafından bu iki parametreyle aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$S = K \log I \quad (4.2)$$

Buradan görüldüğü üzere algılanan koku, yoğunluğun logaritmasıyla orantılıdır. Bu şu anlama gelmektedir içerde herhangi bir kokudan 1 ppm varsa, odaya girer girmez bunu derhal hissedebilirsiniz. Fakat içerde aynı kokudan 100 ppm varsa, bunu 100 katı olarak değil, ancak 10 katı olarak hissediyorsunuz.

İnsanların algıladıkları koku miktarı, aslında iç hava kalitesinin doğrudan doğruya bir ölçüsüdür. 1935'te Lambert ve Yaglou, insan burnunun hava kalitesi sensörü olarak kullanılıp kullanılmayacağını araştırdılar. Yaptıkları deneylerde, bir kanaldan geçen belli debideki havaya belli oranda koku molekülleri enjekte ediliyor ve kanal üzerindeki deliklerden, koku alma duyguları çok kuvvetli 10 denekten, burunlarını kanala sokarak hissettikleri koku derecesini ölçmeleri isteniyor. **Lambert koku indeksi** bu şekilde geliştirilmiştir. Bu indeks, 0 ile 5 arasında değişir ve 2 indeksi, normal bir koku olarak kabul edilir.



Bu deneyler sırasında, insanın kendisinin de bir koku kaynağı olduğu, bunun bir koku ölçüm standardı olarak kullanılabilmesi düşüncesi gelişmiştir. Aslında bu kokunun nedeni, koltuk altında bulunan bir bakterinin salgıladığı asittir. Erkeklerin % 97'sinde, kadınların ise % 67'sinde bu bakteri vardır.

Burada standart insan, 3 günde iki defa banyo yapan, her gün çamaşır değiştiren ve normal bir aktivitede (ofis çalışanı gibi) bulunan bir insan kabul ediliyor. İşte böyle standart bir insanın yaydığı koku miktarına **1 olf** adı veriliyor.

Değişik aktivitedeki insanların yaydığı koku miktarının, aşağıdaki değerlere sahip olduğu saptanmıştır (Olf):

Standart yetişkin (1 Met:58 W/m<sup>2</sup>) = 1

Aktif yetişkin (4 Met) = 5-11

Sigara içen kişi (sigara içmezken) = 6

Sigara içen kişi (sigara içerken) = 25

Dikkat edilirse, sigara içen bir insan, 25 standart insan kadar hava kirliliği yaratmaktadır. Üstelik bu insan sigara içmezken dahi, 6 standart insan kadar kirlilik yaratır. Bu rakamlar, neden birçok işyerinde sigaranın yasaklandığını açıklamaya yetmektedir. Sigara içen insanın, çalıştığı yerin havalandırma faturasına katkısı son derece açıktır.

İnsan tarafından üretilen kokunun, insan burnu tarafından algılanmasıysa, herhangi bir mekandaki hava kalitesini belirleyen unsurdur yani, mekandaki kokunun algılanma (perception) miktarıdır. Bu algılama, olf cinsinden üretilen kirliliğe bağlı olduğu kadar, o mekânın havalandırılması ile de yakından ilgilidir. Bunu tanımlamak için geliştirilmiş olan birime desipol adı verilir. Tanım olarak:

1 desipol = İçinde 1 olf koku üretilen bir odaya 10 litre/saniye taze hava verildiğinde insan burnunun algıladığı kokudur.

Yani

1 desipol = 1 olf / 10 litre/saniye = 0,1 olf / litre/saniye [78]

Kısacası desipol, algılanan iç hava kalitesinin bir ölçüsüdür. Bazı mekanlardaki Desipol değerleri şöyledir:

0,01 desipol : Dağ veya açık denizlerdeki hava,

0,1 desipol : Şehir havası,

1,0 desipol : Sağlıklı bina havası,

1,4 desipol : Kabul edilir bina havası (% 80 tarafından),

10 desipol : Hasta bina havası.

Öte yandan, bazı bina malzemelerinin de hava kirliliği ürettiği tespit edilmiştir. Mesela yaygın olarak kullanılan sunta ve MDF nin yaymış olduğu kirlilikler oldukça fazladır.

Çeşitli bina malzemelerinin yarattığı hava kirlilik oranları şöyledir:

Sunta, MDF : 2.4 desipol,

Sentetik halılar : 3.4 desipol,

Boyanmış duvar : 2.1 desipol,

Mastik, vb. malzeme : 3.0 desipol,

Cila : 3.7 desipol,

Tütün dumanı : 14.4 desipol.

## TAZE HAVA MİKTARLARI (ASHERAE 62-2001)

Sigara içilmeyen ofislerde : 10 Lt/s,

Lobi, resepsiyon alanlarında : 7,5 Lt/s,

Bar, sigara odası vb. yerlerde : 30 Lt/s,

Sınıflarda : 7,5 Lt/s,

Laboratuarlarda : 10 Lt/s.

Taze hava miktarı Fanger tarafından, desipol ve olfe bağlı olarak, aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$Q_c = 10 \times [(G / (C_i - C_o))] \times (1/E_v) \quad (4.3)$$

$Q_c$  = Konfor şartları için kişi başına gerekli taze hava miktarı (Lt/s kişi),

$G$  = Mekanda üretilen hava kirliliği (olf),

$C_i$  = İçerde arzu edilen hava kalitesi (desipol),

$C_o$  = Dışarıdaki hava kalitesi (desipol),

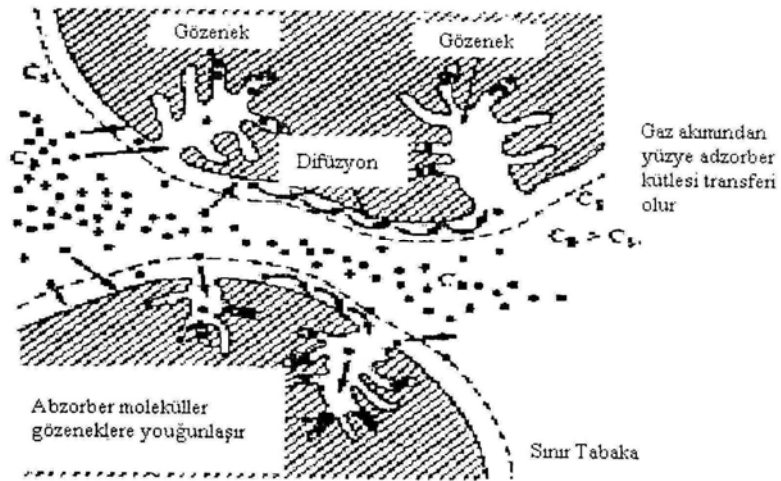
$E_v$  = Havalandırma sisteminin verimliliği (kaçaklar, vb.) (genelde 1 alınır).

### 4.5 Kirleticilerin Temizlenmesi

Kirleticilerin temizlenmesi iki şekilde yapılabilmektedir. Bunlar; gazların ve partiküllerin temizlenmesidir.

Gazların temizlenmesi bir yapıştırıcı yüzey veya kimyasal kuvvet kullanılması ile sağlanır. Adsorbsiyon, hava akımındaki gaz veya buharın derişikliğinin yüzeyde tutulan kirleticilerin derişikliğinden düşük olduğu durumlarda görülür. Deserpsiyon ise zıt durumda görülür. Bu yüzden gazlar, adsorbentin ve havadaki kirleticilerin derişikliğine göre yada adsorbsiyon ya da deserpsiyon yöntemiyle tutulur.

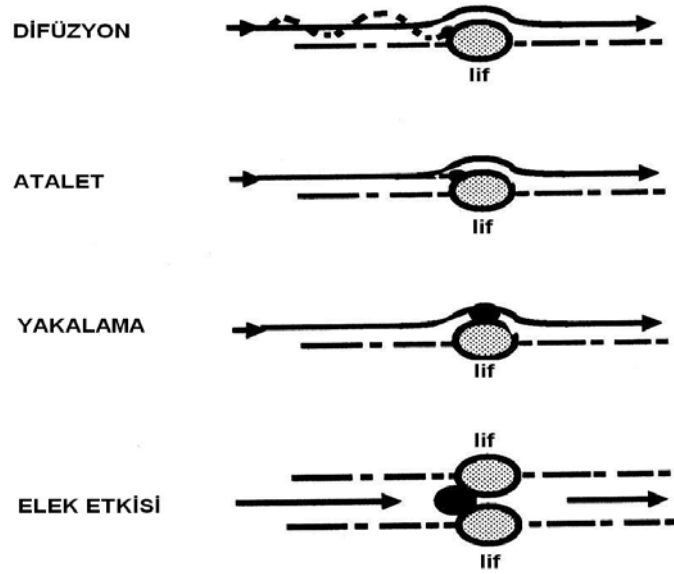
Adsorbsiyon işleminden önce moleküllerin yapışkan malzemeyle temas etmeleri gerekir. Bu yüzden hava akımı adsorbent yüzeyden geçirilmelidir. Moleküller Şekil 4.8’de görüldüğü gibi adsorbent yüzeyleri arasındaki bölgeye girmeleri gerekir. Daha sonra kirleticiler difüzyonla malzemenin gözeneklerine girerler. En sonunda da yapışkan moleküller malzemenin yüzeyine yapışırlar. Şekil 4.9 bu olayı göstermektedir. Yeterli seviyede kirleticinin temizlenebilmesi için geniş yüzeyler gerekmektedir [94].



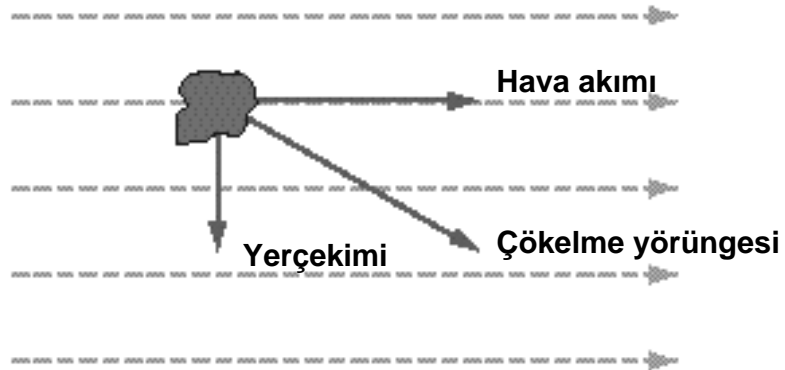
Şekil 4.9 Gaz kirleticilerinin adsorbe edilmesi işlemi [94]

Partikül toplayan bir hava temizleyicisinin performansı, sebep olduğu basınç düşümü ve partikül toplama veriminin fonksiyonudur. Ünitede havanın dolaşımını sağlamak için havayı basınçlandıran fanın kapasitesini etkilediğinden basınç düşümü önem arz etmektedir. Hava temizleyicisindeki basınç düşümü, havanın hızının karesiyle orantılı olarak artar. Toplama verimi, alt taraftan geçen akımdan toplanan

partiküllerle orantılıdır [93]. Filtreler partikülleri dört değişik mekanizma ile toplamaktadırlar. Bunlar; elek etkisi, atalet etkisi, yakalanma etkisi, difüzyon etkisi ve elektrostatik çökeltme etkisidir. Bu mekanizmalar Şekil 4.10 ve 4.11’de gösterilmiştir [95].



Şekil 4.10 Filtreleme mekanizması çeşitleri [96]



Şekil 4.11 Atalet kuvveti ile partiküllerin tutulması [96]

#### 4.5.1 Elek Etkisi

En basit mekanizma olarak tanımlanabilen elek tipi filtreleme etkisinde Şekil 4.10'da görüldüğü üzere çapı filtre elemanı olarak kullanılan iki elyaf iplikçığının arasındaki açıklıktan daha büyük olan taneciklerin tutulmasıdır [94].

#### 4.5.2 Atalet Etkisi

Akım iplikçiklerinin önüne bir filtre elyafı çıktığı zaman onun etrafında paralelliklerini bozmadan dönerek yollarına devam ederler. Ancak akış içinde sürüklenen tanecikler ataletleri dolayısıyla filtre elyafı etrafında dönemeyerek, elyafa çarpıp onun yüzeyine yapışırlar (Şekil 4.12). Bu etki hava hızının artması, tanecik çapının büyümesi ve elyafın çapının küçülmesi ile artar. Bu filtreleme mekanizmasını yani atalet etkisini en iyi temsil eden aşağıdaki şekilde tanımlanan Stokes sayısıdır [95].

$$S_t = \frac{P d_v^2 V_0}{\mu D} \quad (4.4)$$

Burada;

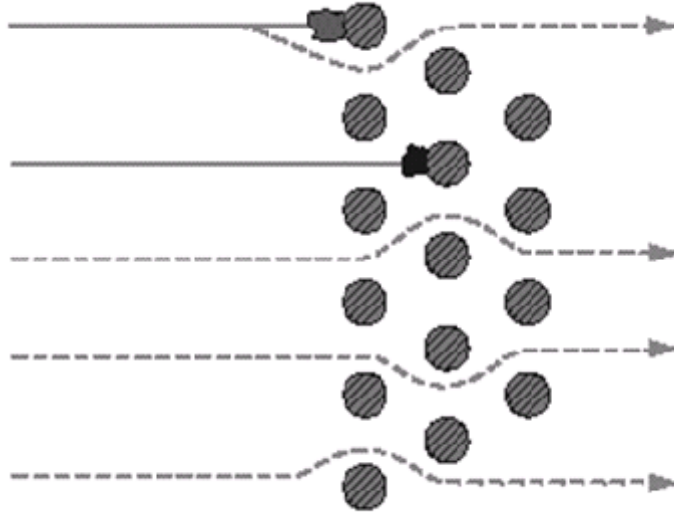
P: Tanecik yoğunluğu,

$d_v$ : Tanecik çapı,

$V_0$ : Hava hızı,

$\mu$ : Dinamik viskozite ve

D: Elyaf çapını ifade etmektedir.



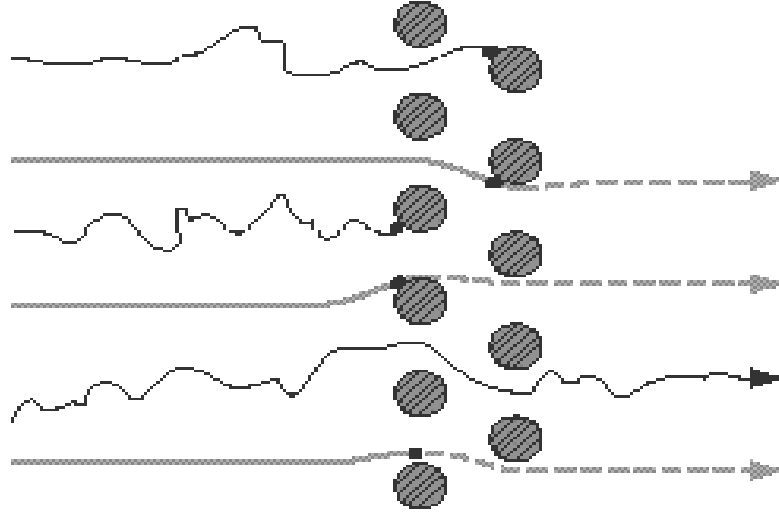
Şekil 4.12 Atalet etkisi (viskoz çarpma)[96]

#### 4.5.3 Yakalama Etkisi

Tanecik çapı çok küçük ise, tanecik hava ile beraber elyaf iplikçığı etrafında bir yörünge takip edebilir. Ancak bu yörünge taneciğin elyaf etrafındaki hareketinde, elyafa tanecik yarıçapından daha yakın bir yerden geçiyorsa, tanecik elyaf tarafından yakalanır ve elyafa yapışır. Tanecik çapı artıp, elyaf çapı ve elyaf iplikçikleri arasındaki mesafe azaldıkça bu etki artma gösterir. Bir filtre elyafı içinde tutulmak istenen tanecik çapına yakın, ne kadar küçük çaplı filtre elyafı varsa bu yakalama etkisi o derece güçlü olur[94]. Yakalama etkisi verimi Torgeson tarafından:

$$\mu_{yak} = 0.00759 C_D Re_p \left(\frac{d_p}{D}\right)^{1.5} \quad (4.5)$$

şeklinde ifade edilmiştir. Burada;  $Re_p$ , tanecik sayısına göre tasarlanmış Reynold sayısı,  $C_D$  ise elyafın direnç katsayısını ifade etmektedir [95].



Şekil 4.13 Yakalama ve difüzyon etkisi [96]

#### 4.5.4 Difüzyon Etkisi

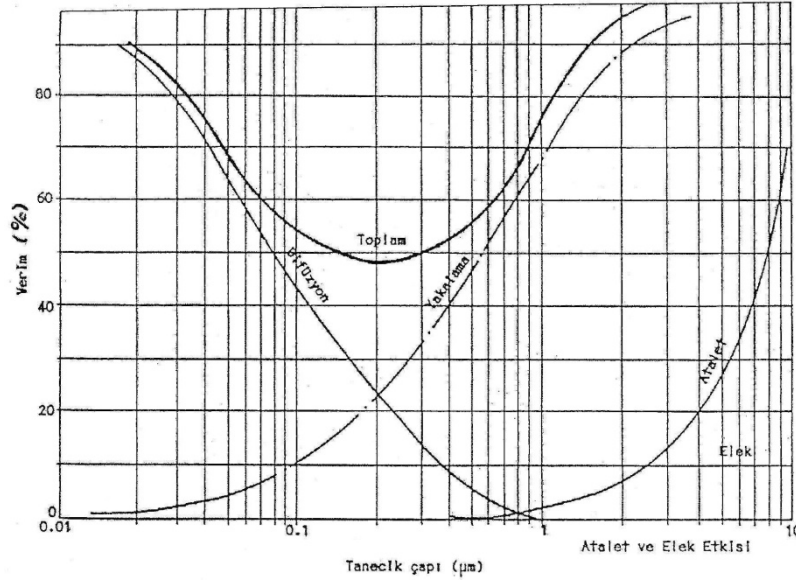
Tanecik çapının 1  $\mu\text{m}$ 'den daha küçük olması durumunda, taneciklerle çarpışan gaz molekülleri onların düzensiz hareketine sebep olabilmektedir. Gaz moleküllerinin Brownian hareketi denilen bu davranışları sonucu filtre elyafı ile çarpışan tanecikler onlara yapışabilmektedir. Bu etki hava hızı, tanecik çapı ve elyaf çapı küçüldükçe artmaktadır. Difüzyon etkisi verimi yine Torgeson tarafından verilen:

$$\mu_{\text{dif}} = 0.75 \left( \frac{C_{\text{ReP}}}{2} \right)^{0.04} (V_0 D)^{-0.06} \frac{3 \pi \mu d_p}{\sigma C} \quad (4.6)$$

ifadesi ile hesaplanabilir. Burada C; Cunningham kayma düzeltme faktörü,  $\sigma$  ise Stefan-Boltzmann sabitini ifade etmektedir. Bir filtrenin toplam veriminde bütün bu mekanizmaların etkisi görülür. Tanecik çapının artması atalet ve yakalanma etkisini arttırırken, difüzyon etkisini azaltacağından seçilen bir filtre elyafı için tutulması en zor olan bir tanecik çapı bulunur. Şekil 4.11'de cam yünü elyafından yapılmış hassas



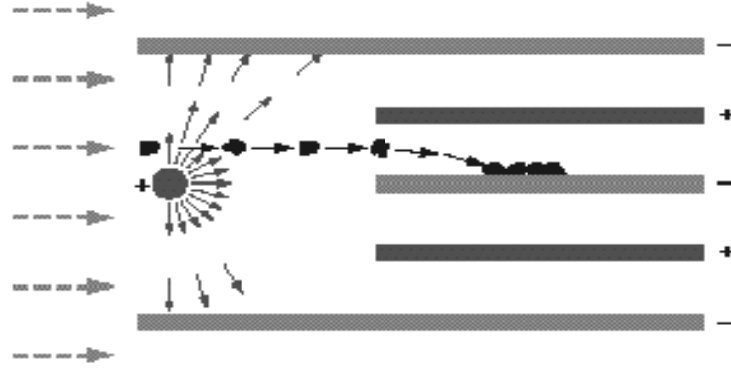
bir filtrede bütün bu mekanizmaların verim üzerindeki etkisi ile toplam verimin tanecik çapına göre değişimi görülmektedir. Burada 0.2 – 0.3  $\mu\text{m}$  çapındaki taneciklerin tutulmasının çok zor olduğu görülür. Şekildeki eğri sabit bir hava hızı için geçerlidir. Havanın hızı azaldıkça difüzyon etkisi artıp, atalet azalacağından eğri sağa doğru kayacaktır [95].



Şekil 4.14 Bazı filtreleme mekanizmalarının tanecik çapına bağlı olarak filtreleme verimine etkisi [95]

#### Elektrostatik Çökme:

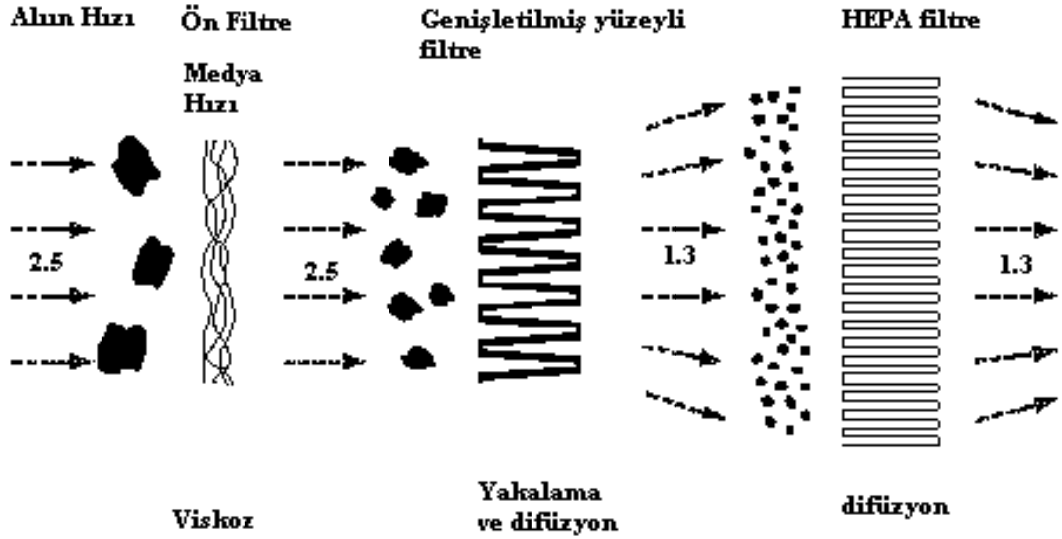
- (+) yüklü partiküllerin (-) yüklü plakalar tarafından çekilmesi prensibine dayanır.
- (+) yüklü toz partikülleri plakalar intermoleküler kuvvetlerce tutulur.
- Plakaların üzerindeki büyük parçalar küçük parçaları çekerek küme oluşturur. Bunlar daha sonra bir ikinci filtre üzerine üflenir ve plakalar üzerindeki toz yıkanır.
- Bu prensip sigara dumanı ve atmosferik tozlar gibi ultra küçük, mikron altı partiküller için etkilidir.



Şekil 4.15 Elektrostatik çökeltme [96]

#### Etkili Bir Filtreleme için Gerekli Sistem

- Prefiltre: Viskoz çarpma
- Orta Verimlilikteki Filtre: yakalama ve difüzyon
- HEPA filtre: Difüzyon



Şekil 4.16 Etkili bir filtreleme için gerekli sistem [96]

### **Ağırlığa göre partikül boyut dağılımı**

- Hava örneğinin içindeki partiküllerin %0.5'i toplam ağırlığın %91'ini oluşturur.
- Hava örneğinin içindeki partiküllerin %92'sinin çapı 0.5  $\mu\text{m}$ 'dan küçüktür.

## 5. MATERYAL VE YÖNTEMLER

### 5.1 Materyaller

Bu çalışmada, Şanlıurfa ilinde bulunan Harran Üniversitesi'nin iki farklı yerleşkesinde bulunan dersliklerinde iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler eğitim ve öğretimin devam ettiği Kasım ve Temmuz ayları arasında ve kış / yaz ayrımı yapılarak yapılmıştır. Ölçüm parametreleri olarak sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit ve partikül maddeler alınmıştır. Bu ölçümler iç ve dış ortamlar için eş zamanlı olarak yapılmıştır. Aşağıda kullanılan ölçüm cihazları hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

#### 5.1.1 Ölçümlerde Kullanılan Cihazlar

##### 5.1.1.1 Sıcaklık ve Bağıl Nem Ölçümü İçin Kullanılan Cihazlar

Bu çalışmada iki farklı sıcaklık ve bağıl nem ölçüm cihazı kullanılmıştır. Veri kaydedici özelliği olmayan el tipi sıcaklık ve bağıl nem cihazı Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Veri kaydedici özelliğe sahip ölçüm cihazının iç ve dış kısımları ise Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.1 Portatif sıcaklık ve bağıl nem ölçme cihazı



Şekil 5.2 Veri kaydedicili (data logger) sıcaklık ve bağıl nem ölçme cihazı

#### **La Crosse Dijital Hava Kaydedici ( Data Logger ) Cihaz Özellikleri:**

Cihaz yüksek çözünürlüklü özel nem ve sıcaklık sensörü sayesinde masa üstü kullanımına uygun veya duvara asılabilen bir cihazdır. İç sıcaklık aralığı -10 ile +60 °C, dış sıcaklık aralığı -3 ile +70 °C, iç ve dış nem %1 ile %99 RH, hassasiyet sıcaklık için % 0,1, nem için % 1 RH dır. Veri depolama özelliği ile gün ve saate göre maksimum 3260 adet nem ve sıcaklık değerini kaydedebilmekte ve bu veriler bilgisayara aktarabilmektedir. Cihaza açık alanda 100 m. mesafeden algılanabilen maksimum 3 adet kablosuz kanal ( nem sıcaklık ölçer) eklenebilir ve bu kanallardan gelen değerleri de kaydedilebilir.

#### **5.1.1.2 Karbondioksit ölçümünde kullanılan cihazlar**

Karbondioksit ölçümünde Testo 535 cihazı kullanılmıştır.



Şekil 5.3 CO2 ölçüm cihazı

### 5.1.1.3 Partikül Ölçümünde Kullanılan Cihazlar

Partikül madde ölçümünde iki farklı ölçüm cihazı kullanılmıştır. Aşağıda bu cihazlara ait özellikler verilmiştir.



Şekil 5.4 Met One partikül ölçme cihazı

**Met One Partikül Ölçme Cihazı Özellikleri:** Bir ünite içerisinde, partikül sayma ve partikül kütle görüntüleme genişletilmiş fonksiyonları ile birlikte aerosol görüntülemeyi sunmaktadır. 531 modeli elde taşınma kolaylığı ile yüksek hassasiyette ölçümler yapabilmektedir. Verileri hafızasında saklayarak yazılımla bilgisayara aktarabilmektedir. PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>7</sub>, M<sub>10</sub>, TSP kütlesindeki partiküllerin ölçümünü yapabilmektedir. Ölçümleri optik ışıklı lazer diyotla yapmaktadır. Ölçüm yapılan partikül boyut aralığı: 0,5 µm'den 10 µm'ye kadar, Debi: 0,1 cfm ( 2,83 Lpm), Yoğunluk aralığı: 1 mg/m<sup>3</sup>'e kadar, numunelendirme süresi : 2 dak., Yoğunluk aralığı : 0 – 3.000.000 partikül/m<sup>3</sup>, Numunelendirme süresi: 1 dak., Bağlantı : RS232 , 9600 Baud, Yazılım: Verilen yazılım verileri excell ve diğer yazılım programlarına aktarabilir. Çalışma sıcaklığı: 0 °F ile 122 °F (0°F ile 50°C), Güç: Cihazla birlikte verilen 6 Volt NiCd pil., Boyutlar: 16,5 cm \* 10,2 cm \* 5,3 cm, Ağırlık: 0,737 kg.



Şekil 5.5 Toplam partikül ölçüm cihazı (Handheld Laser Particle Counter)

**Handheld Laser Particle Counter (Model 3886) Cihazı Özellikleri:** Bu cihaz Japonya üretimi olup temiz oda iç hava, eczacılık, iç hava kalitesi belirlemelerinde, gıda endüstrisinde, filtre testinde, havacılıkta, hastane ameliyat odası, sprey boya yapan boyahanelerde ve yiyecek-içeceklerin ölçümlerinde kullanılmaktadır. Yaptığı ölçümler 0,3 µm, 0,5µm, 1µm, 3 µm ve 5µm'lik ölçümlerde kullanılabilir. Sıcaklık, bağıl nem ve hava hızı problemleri isteğe bağlı olarak bağlanabilir. Cihazla dört farklı parametre (PM, sıcaklık, bağıl nem ve hava hızı) ölçülebilmektedir. Opsiyonel Windows yazılımıyla sekiz üniteye kadar ağ kurma imkanı vardır. Numune alma ölçüm hızı 2.83 Lt/dak.'dır. Ölçümler lazer diyodla yapılmaktadır. Partikül ölçümlerini bir dakika süresince içerisine aldığı 1 m<sup>3</sup> havada yapmaktadır. 8000 adete yakın ölçümü bilgisayara ya da yazıcıya gönderebilir. Kalem pille ve adaptörle çalışabilmektedir. Cihaz üzerinde okuma da sadece beş partikül değerinden tercih edilen okunabilmektedir. Tümünün okunabilmesi için verilerin cihaza ait özel programı gerekmektedir. Tek veya periyodik ölçümleri otomatik olarak yapabilmektedir. RS232 kablosu ve yazılım programı ile veriler bilgisayara aktarılabilir.

### 5.1.2 Ölçüm Alınan Derslikler

İç hava kalitesi ölçümleri iki ayrı yerleşkede bulunan dersliklerde yapılmıştır. Yerleşke I şehir merkezinin yaklaşık 10 km ilerisinde bulunan bir kenar mahalleye kurulmuştur. Yerleşkenin etrafında yerleşim alanları bulunmakta olup önünden geçen ana yoldan dolayı trafik yoğunluğu orta düzeydedir. Yerleşke 20 yıldan fazla bir zamandır kullanılmaktadır. Yerleşke II ise şehir merkezinden yaklaşık 20 km uzaklıktadır. Yerleşke II'de sadece üniversite binaları olup ana yoldan 2 km uzaklıktadır. Yerleşke II içerisinde sadece ulaşım araçları gelmekte olup trafik yoğunluğu nispeten azdır ve yapımı süren inşaatlar da mevcuttur.

Yerleşke I'de ölçüm alınan derslikler Şekil 5.6, Şekil 5.7 , Şekil 5.8 ve Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Derslikler çatılı tek katlı yapı olup yer kaplaması karodur. Pencereler tek camlı ve PVC'dir. Derslikler de tek kapı bulunmaktadır. Isıtma



merkezi kalorifer ile yapılmaktadır. Havalandırma için herhangi bir sistem kullanılmayıp, pencere ve kapıların açılmasıyla içerisinin havalandırılması sağlanmaktadır. Radyatörler dökme demirdir. Dersliklerde beyaz tahta kullanılmaktadır. Sıra ve masalar ahşaptır.



Şekil 5.6 Yerleşke I’de ölçüm alınan AD-1 dersliğinde ölçüm işleminin yapılışı



Şekil 5.7 Yerleşke I AD-1 dersliği



Şekil 5.8.Yerleşke I AD-2 dersliği



Şekil 5.9 Yerleşke I AD-3 dersliği

Yerleşke II’de ölçüm alınan dersliklere ait görüntüler Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de verilmiştir. Dersliklerde yerler suni mermer kaplamadır ve yerler düzenli bir şekilde silinmektedir. Dersliklerde cam tahta kullanılmaktadır. Kışın merkezi kalorifer sistemi ile ısıtılmaktadır. Yazın içeride bulunan bir split klima ile soğutma yapılmaktadır. Dersliklerde sigara içilmesine izin verilmemektedir. Havalandırma doğal olarak yapılmaktadır. Duvarlar plastik boya, içerde masa ve sandalye ile öğrenci sıraları bulunmaktadır. Sıralar MDF kaplamalıdır. Pencere çift camlı ve PVC’dir. Bina yeni yapıdır. Sınıflarda tek kapı bulunmakta ve kapılar koridora açıktır.



Şekil 5.10 Yerleşke II BD-1 dersliği



Şekil 5.11. Yerleşke II BD-2 dersliği

## 5.2 Yöntemler

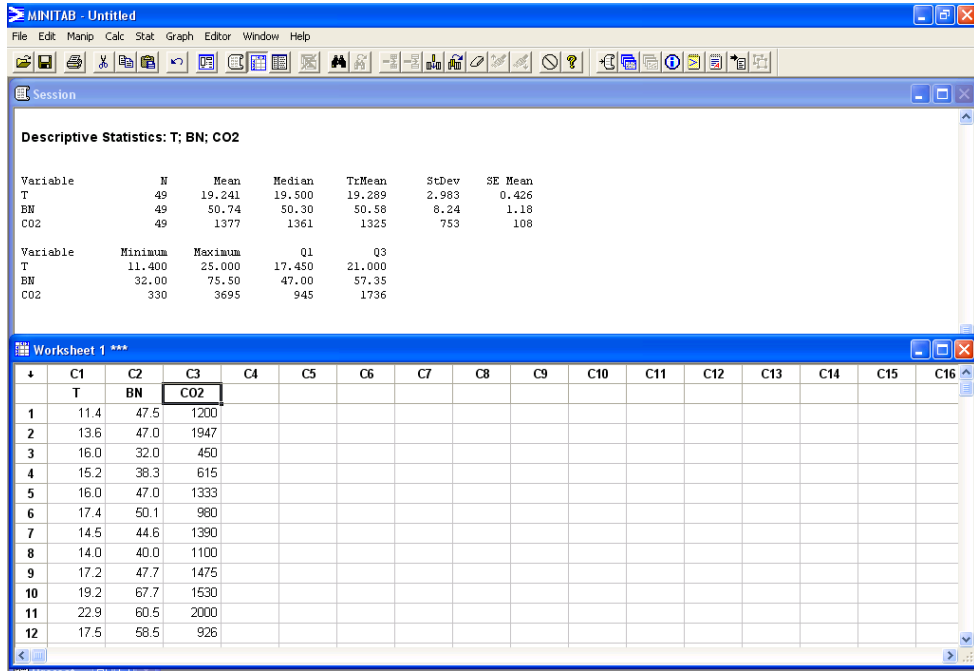
### 5.2.1 Ölçümler

İç hava kalitesinin durumu ve değeriendirilmesi ile ilgili çalışmalarda genellikle, sıcaklık, bağıl nem, hava hızı, karbondioksit ( $CO_2$ ), solunabilinir asılı partikül madde (PM), uçucu organik bileşikler (VOC), azot oksitler ( $NO_x$ ), karbonmonoksit (CO), ozon ( $O_3$ ), kükürtdioksit ( $SO_2$ ), radon, formaldehitler (HCHO) ve bakteri sayımı gibi parametrelerin ölçümleri yapılmaktadır [95]. Bu çalışmada, iç hava kalitesi parametreleri olarak, sıcaklık, bağıl nem,  $CO_2$  ve partikül madde (kış döneminde  $PM_1$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_7$ ,  $PM_{10}$  ve toplam asılı TSP ile yaz döneminde de  $PM_{0.3}$ ,  $PM_{0.5}$ ,  $PM_1$ ,  $PM_3$ ,  $PM_5$ ) miktarları ölçülmüştür. Dış ortam havası için de aynı parametreler eş zamanlı olarak ölçülmüştür.

Ölçümler ders başladıktan sonra ve belirli zaman aralıkları ile alınmıştır. Derslik içerisinde farklı bölgelerde ölçümler alınmıştır. Daha sonra bunların ortalama değerleri ele alınan derslik için hesaplanmıştır. Dış ortam havası için ölçümler pencerenin dışında yapılmıştır.

## 5.2.2 Ölçüm Değerlerinin Analizi

Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde istatistiksel analiz yapılmıştır. İstatistiksel analizde MINITAB istatistik programı ( [www.minitab.com](http://www.minitab.com)) kullanılmıştır. İstatistiksel parametreler olarak değerlerin ortalaması, medyan (ortanca değer), en yüksek değer, en düşük değer ve standart sapma hesaplanmıştır. Şekil 5.12’de kullanılan MINITAB istatistik programının ana sayfası gösterilmiştir.



Şekil 5.12 MINITAB istatistik programı [97]

Bu çalışmada, iç ortam ve dış ortam partikül madde miktarları arasındaki ilişkiyi tespit etmek için iç/dış PM oranı ve bu orana ait istatistiksel parametreler tespit edilmiştir. Ayrıca, iç hava kalitesi parametreleri arasında ilişki, korelasyon katsayıları ve p değerleri hesaplanarak araştırılmıştır. Korelasyon katsayısı iki

değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi gösterir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değer alır. Bir değişken artarken diğeri azalıyorsa korelasyon katsayısı negatif, her ikisi de artıyorsa korelasyon katsayısı pozitif değer alır. İlişkinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı seçilen önem seviyesi (genellikle  $\alpha=0.05$  seçilir) ile hesaplanan önem seviyesi (p değeri) karşılaştırılarak belirlenir. Eğer p değeri,  $\alpha=0.05$  değerinden küçükse ilişki istatistiksel olarak önemlidir [97].

### **5.2.3 Ölçüm Değerlerinin İç Hava Kalitesi ve İlgili Standartlar ile Karşılaştırılması**

Dersliklerde ölçülen iç hava kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi amacıyla değişik ülkelerde geçerli olan standartlarla karşılaştırılması yapılmıştır. Aşağıya iç ortam kalitesi ile ilgili değişik ülkelere ait standartlar çıkarılmış ve bunların karşılaştırılması Çizelge 5.1’de verilmiştir [98-102]

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu)

EPA /NAAQS : Environmental Protection Agency/ National Ambient Air Quality Standards ( Çevre Koruma Ajansı)

NIOSH: National Institute of Occupational Safety And Health ( Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü)

OSHA: Occupational Safety and Health Administration( İşçi Sağlığı ve Güvenliği İdaresi)

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists ( Amerikan Kamusal ve Endüstriyel Hijyen Konferansı)

MAK: German Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen

Çizelge 5.1 İç hava kalitesi ile ilgili standartlarda önerilen sınır değerler

	CO <sub>2</sub>	Partikül Madde	Bağıl nem	Sıcaklık
ABD ASHRAE	1000 ppm	PM10 < 75 µg/m <sup>3</sup> (yıllık ortalama)	%30-60	20-25.5 °C
ABD EPA /NAAQS		50 gr/m <sup>3</sup> (1 yıl)		
ABD NIOSH	5000ppm 30 000ppm (15 dakika)			
ABD OSHA	10 000ppm 30 000ppm (15 dakika)	5 mg/m <sup>3</sup> (8 saat) solunabilir toz		
ABD ACGIH	5000ppm 9000ppm (15 dakika)	3 mg/m <sup>3</sup> (8 saat)		
Almanya MAK	5000ppm 9000ppm (15 dakika)		%30-70	20-26 °C
Kanada	3500 ppm	PM2.5 < 40 µg/m <sup>3</sup> (8 saat) 100 µg/m <sup>3</sup> (1 saat)	%30-80 (yaz) %30-55 (kış)	
Çin		PM10 < 150 µg/m <sup>3</sup>		
WHO		PM10 < 20 µg/m <sup>3</sup> (yıllık ortalama) PM10 < 50 µg/m <sup>3</sup> (24 saat)		
İngiltere		PM10 < 50 µg/m <sup>3</sup>		
Norveç		PM2.5 < 20 µg/m <sup>3</sup>		
Avrupa Birliği		PM2.5 < 35 µg/m <sup>3</sup>		
Hong Kong	800 ppm (1. düzey) 1000 ppm (2. düzey)	PM10 < 20 µg/m <sup>3</sup> (1. düzey) PM10 < 180 µg/m <sup>3</sup> (2. düzey) (8 saat ortalama)	%40-70	20-25.5 °C

#### 5.2.4 Dış Ortamdan İçeri Sızan Hava Miktarı

Derslikler doğal havalandırılmalı olduğundan dış kapı ve pencerelerden enfiltasyon (sızıntı) yoluyla iç ortama geçen dış hava miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

Sızıntı yoluyla olan ısı kaybı,

$$Q = \frac{1}{3.6} \sum (a l) R H Z_e \Delta T \quad (5.1)$$

denklemleri ile belirlenebilmektedir [102]. Ayrıca bu ısı kaybı,

$$Q = \dot{V} \rho C \Delta T \quad (5.2)$$

Denklemleri ile tespit edilebilir. (5.1) ve (5.2) denklemleri eşitlenip gerekli sadeleştirmeler yapıldığında, hava miktarı  $Q$  [ $m^3/h$ ] olarak;

$$\dot{V} = 0.805 \sum (a l) R H Z_e \quad (5.3)$$

Denklemleri ile hesaplanabilir. Bu denklemlerde kullanılan terimler;

a: Sızdırganlık katsayısı [ $m^3/mh$ ] olup Çizelge 5.2' den seçilmektedir.

Çizelge 5.2 Kapı ve pencerelerin sızdırganlık katsayıları [103].

Malzeme	Pencere veya Kapı Şekli	a
Ahşap Çerçeve	Tek pencere	3.0
	Çift camlı pencere	2.5
	Çift pencere	2.0
Plastik çerçeve	Tek veya çift camlı pencere	2.0
	Tek pencere	1.5
Çelik veya metal çerçeve	Çift camlı pencere	1.2
	Çift pencere	1.2
İç kapılar	Eşiksiz kapılar	40.0
	Eşikli kapılar	15.0
Dış kapılar aynen pencere gibi hesaplanır		

$l$  : Dış duvarlarda bulunan pencere ve kapıların açılan kısımlarının çevre uzunluğu [m],

$R$  : Boyutsuz oda durum katsayısı olup Çizelge 5.3 ten seçilmektedir.

$\Delta T$  : İç ve dış ortamlar arasındaki sıcaklık farkı [ $^{\circ}K$ ],



$Z_e$ : Köşe açıkları etki katsayısı( her iki dış duvarında pencere olan odalar için 1.24, diğer odalar için ise 1.0 alınmaktadır.)

olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 5.3 Oda Durum Katsayısı [103].

Pencerenin Yapısı	İç Kapı	$\frac{A_{DP}(\text{Dış pencere alanı})}{A_{İK}(\text{İç kapı alanı})}$	R
Tahta veya plastik çerçeve	Aralıklı	< 3	0,9
	Aralıksız	< 1,5	0,9
Çelik veya metal pencere	Aralıklı	< 6	0,9
	Aralıksız	< 2,5	0,9
Tahta veya plastik Pencere	Aralıklı	3 - 9	0,7
	Aralıksız	1,5 - 3	0,7
Çelik veya metal pencere	Aralıklı	6 - 20	0,7
	Aralıksız	2,5 -6	0,7

H: Bina durum katsayısı ( rüzgar etkinliği katsayısı ) [ $\text{kJ/m}^3\text{K}$ ] olup, Çizelge 5.4'ten seçilmektedir.

Çizelge 5.4 Bina durum katsayısı(H) [103].

Bölgenin durumu	Binanın durumu	Bina durumu katsayısı	
		Bitişik nizam	Ayrık nizam
Normal bölge	Mahfuz	0,24	0,34
	Serbest	0,41	0,58
	Çok serbest	0,60	0,84
Rüzgârlı Bölge	Mahfuz	0,41	0,58
	Serbest	0,60	0,84
	Çok serbest	0,62	1,13

“I” değerleri ise sınıflardaki dışa bakan pencere ve kapıların açılan kısımları ölçülerek belirlenmiştir. Denklem (5.1)'de ortalama dış hava sıcaklığı göz önüne alınarak,  $\rho$  (hava yoğunluğu)  $1,235 \text{ kg/m}^3$  ve C (hava özgül ısısı) ise  $1006 \text{ J/kg } ^\circ\text{K}$  olarak alınmıştır. [101].

Sınıfın hava değişim sayısı, HDS [Lt/saat],

$$HDS = \frac{\dot{V}}{V_{oda}} \quad (5.4)$$

denkleminden hesaplanır.  $V_{oda}$  odanın hacmini [ $m^3$ ] göstermektedir.

## **6. BULGULAR**

Sıcaklık, bağıl nem ve CO<sub>2</sub> parametrelerine ait ölçümlere ısıtma sezonunun başladığı Kasım ayında başlanmıştır. Partikül ölçme cihazının temini ile Ocak ayından itibaren partikül madde ölçümleri de alınmıştır. Ölçümlere eğitim ve öğretimin devam ettiği Haziran ayının sonuna kadar devam edilmiştir. Böylelikle bir eğitim- öğretim yılı boyunca iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm değerleri ısıtmanın ve soğutmanın yapıldığı kış ve yaz sezonları dikkate alınarak analiz edilmiştir. Isıtma sezonu olarak Kasım- Mart ayları arası, yaz sezonu ise Nisan- Haziran ayları arası alınmıştır. Ayrıca ölçüm alınan her iki yerleşke konum olarak birbirinden farklı olduklarından elde edilen sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

### **6.1 Yerleşke I Kış Ölçümlerinin Analizi**

Çizelge 6.1 ve 6.2’de AD-1 dersliği için iç ve dış ortamda kış boyunca ölçülen bazı örnek ölçüm sonuçları verilmiştir. Çizelgelerden de görüleceği gibi günün farklı saatlerinde değişik meteorolojik şartlarda ölçümler alınmıştır.

Çizelge 6.1 AD-1 Dersliği kış dönemi iç ortam örnek ölçüm değerleri

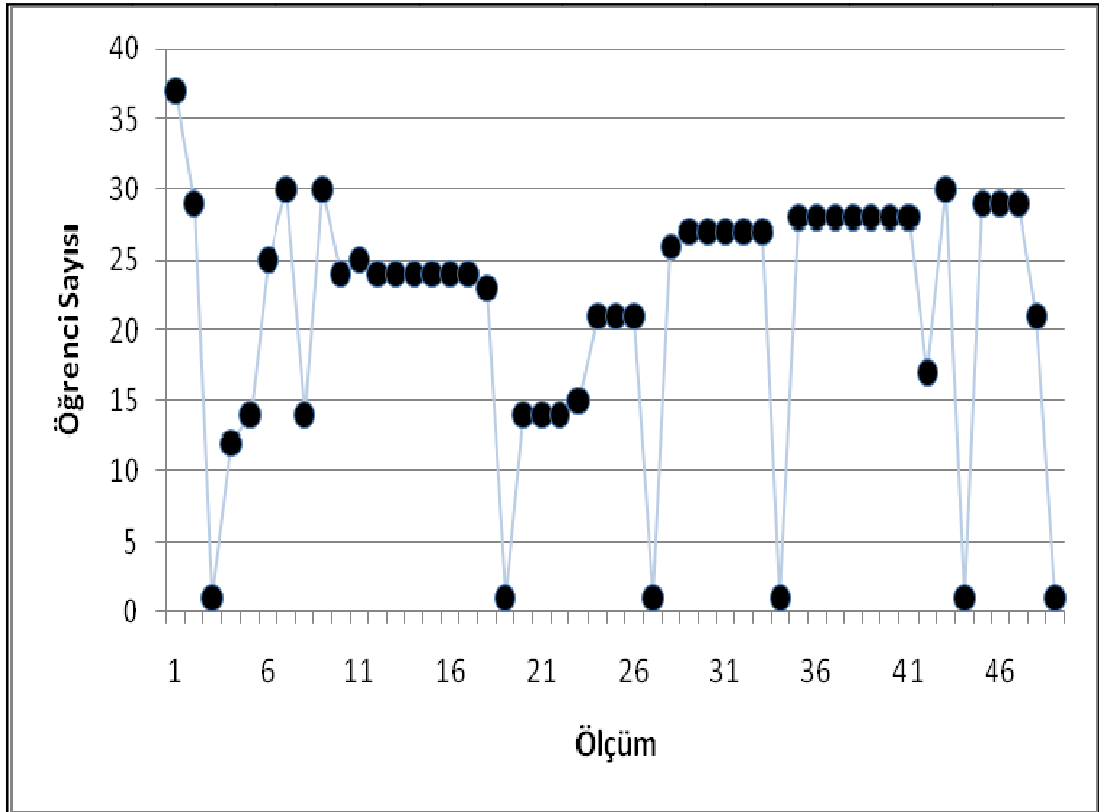
		ÖğrSay	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>7</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP
Tarih	Saat	[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
29.01.07	09:40	37	11.4	47.5	1200	3	35	150	143	139
30.01.07	09:30	1	16.0	32.0	450	2	12	20	26	34
31.01.07	17:35	30	14.5	44.6	1390	4	28	56	82	116
01.03.07	9:00	24	19.2	67.7	1530	3	41	90	122	174
02.03.07	09:30	24	17.5	58.5	926	3	27	49	58	73
03.03.07	14:55	1	15.5	75.5	400	1	14	30	38	48
07.03.07	10:05	21	20.6	47.0	1381	1	10	34	54	84
08.03.07	08:40	1	18.2	47.9	548	2	21	45	64	85
09.03.07	08:25	1	17.5	50.6	420	8	19	72	95	116
10.03.07	10:00	17	21.0	38.0	1007	1	9	60	83	112
16.03.07	08:35	1	15.9	49.4	400	1	7	17	26	33
17.03.07	11:20	21	21.4	35.0	1925	1	20	66	89	113

Çizelge 6.2 AD-1 Dersliği kış dönemi dış ortam ölçüm değerleri

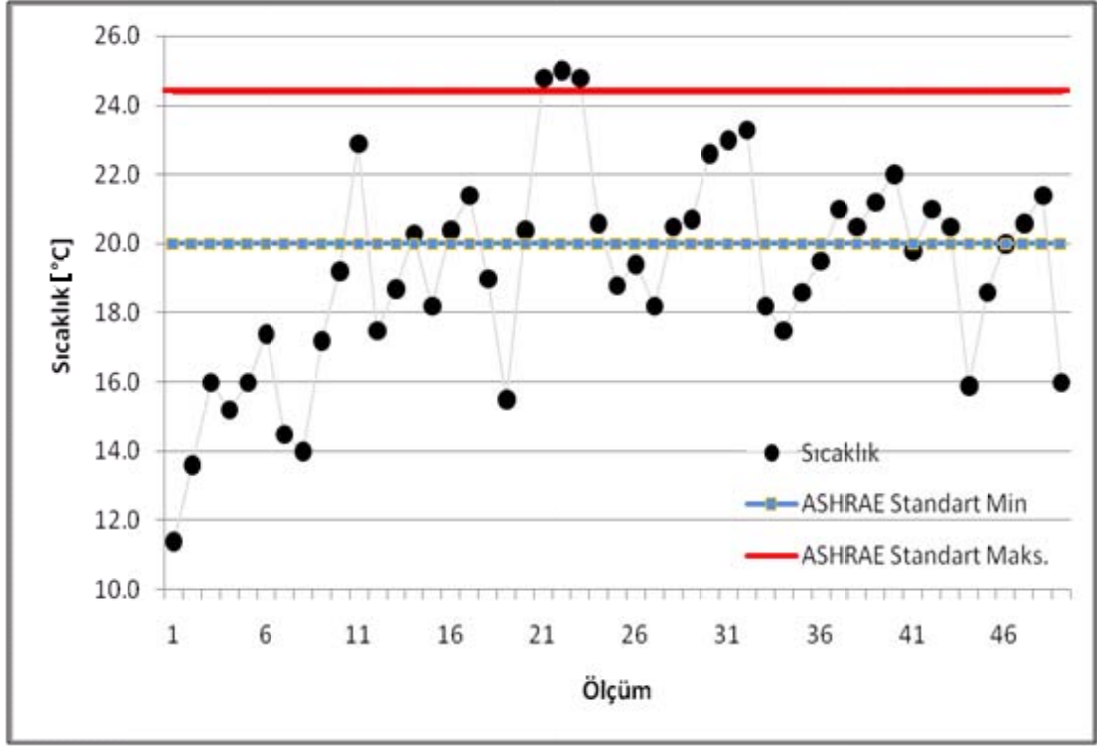
Dış Ortam									
		Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>7</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP
Tarih	Saat	[°C]	[%]	[ppm]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]
17.03.07	11:20	21.4	35.0	1925	1	20	66	89	113
29.01.07	09:40	6.7	45.2	310	1	6	10	14	20
30.01.07	09:30	5.0	52.0	340	2	8	8	25	30
31.01.07	17:35	3.0	61.0	410	6	22	31	36	46
01.03.07	9:00	17.5	59.5	400	4	32	55	65	83
02.03.07	09:30	10.6	76.0	365	6	8	18	22	45
03.03.07	14:55	14.0	76.0	385	12	5	35	10	20
07.03.07	10:05	6.0	70.0	375	3	5	10	28	30
08.03.07	08:40	15.1	53.2	426	1	9	18	25	43
09.03.07	08:25	14.9	55.2	337	4	24	52	74	103
10.03.07	10:00	18.0	32.0	400	1	2	8	11	8
16.03.07	08:35	8.5	70.0	350	4	5	8	15	25
17.03.07	11:20	12.1	41.0	374	8	5	15	20	25

Şekil 6.1’de öğrenci sayısının ölçümlere göre değişimi AD-1 Dersliği için verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi farklı öğrenci sayılarında ölçümler alınmıştır. Şekil 6.2 - 6.4 arasında iç ortamın sıcaklık, bağıl nem ve CO<sub>2</sub> parametrelerinin değişimi sırasıyla verilmiştir. Şekillerde ASHRAE 62-1989 ve 2001 “kabul edilebilir

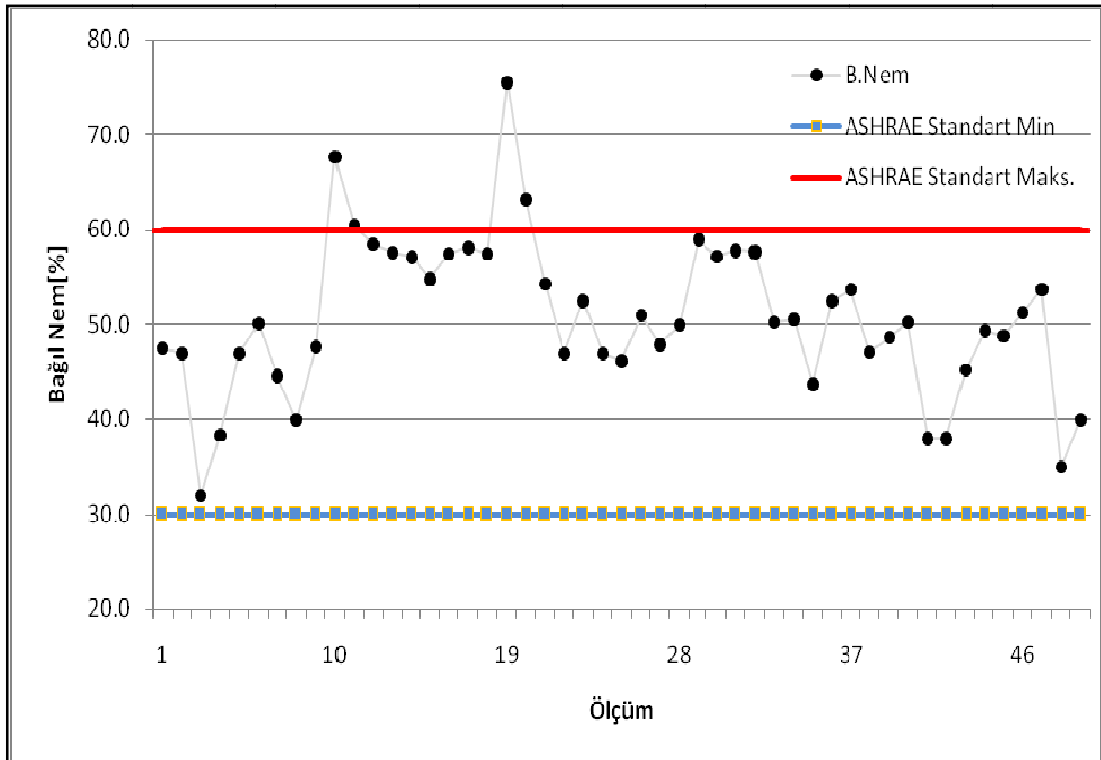
iç hava kalitesi” standardında verilen sınır değerleri ile karşılaştırılması da gösterilmiştir. Sıcaklık değerlerinin önemli kısmının belirlenen değerlerden düşük olduğu görülmektedir. Bu durum ısıtma sisteminin yeterince düzgün çalışmadığının sonucu olabilir. İç bağıl nem değerlerinin ise standarda belirlenen sınırlar arasında olduğu gözlenmiştir (Şekil 6.3). CO<sub>2</sub> miktarının ise ASHRAE tarafından önerilen 1000 ppm değerinin üstünde olduğu görülmüştür (Şekil 6.4). Bu durum kapı ve pencerelerin kapalı olmasından dolayı içerideki öğrencilerin ürettiği CO<sub>2</sub>’den kaynaklanmaktadır. Öğrenci sayısına göre yeterli dış hava miktarı iç ortama verilseydi yüksek değerlerdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu gözükmezdi. Şekil 6.5’te iç ortamda farklı çaplardaki ( PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>7</sub> ve PM<sub>10</sub>) ve toplam asılı partikül (TSP) madde miktarlarının değişimi verilmiştir. Şekil 6.5’te en düşük çaplardaki (PM<sub>1</sub> ve PM<sub>2.5</sub>) partiküllerin değişiminin fazla olmadığı, yüksek çaplardaki partikül madde miktarlarındaki değişimin ise kayda değer oranlarda olduğu görülmektedir. Şekil 6.6’da ise iç /dış PM oranının değişimi verilmiştir. Bu oranın sürekli 1 değerinin üstünde olduğu görülmüştür.



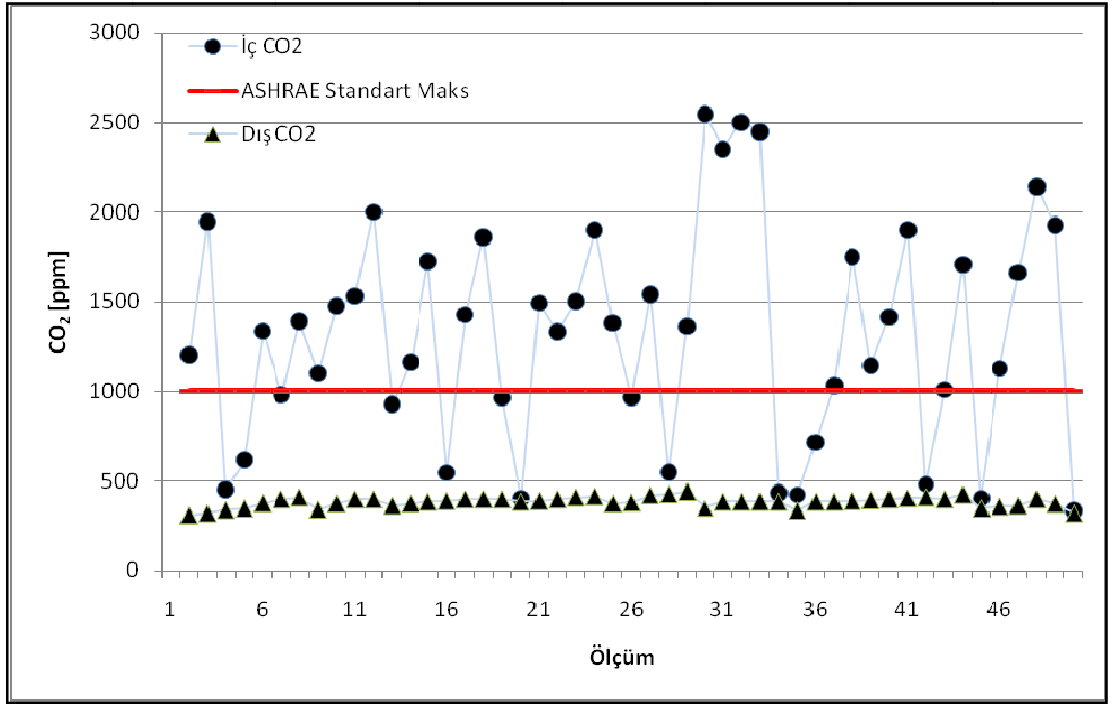
Şekil 6.1 AD-1 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi



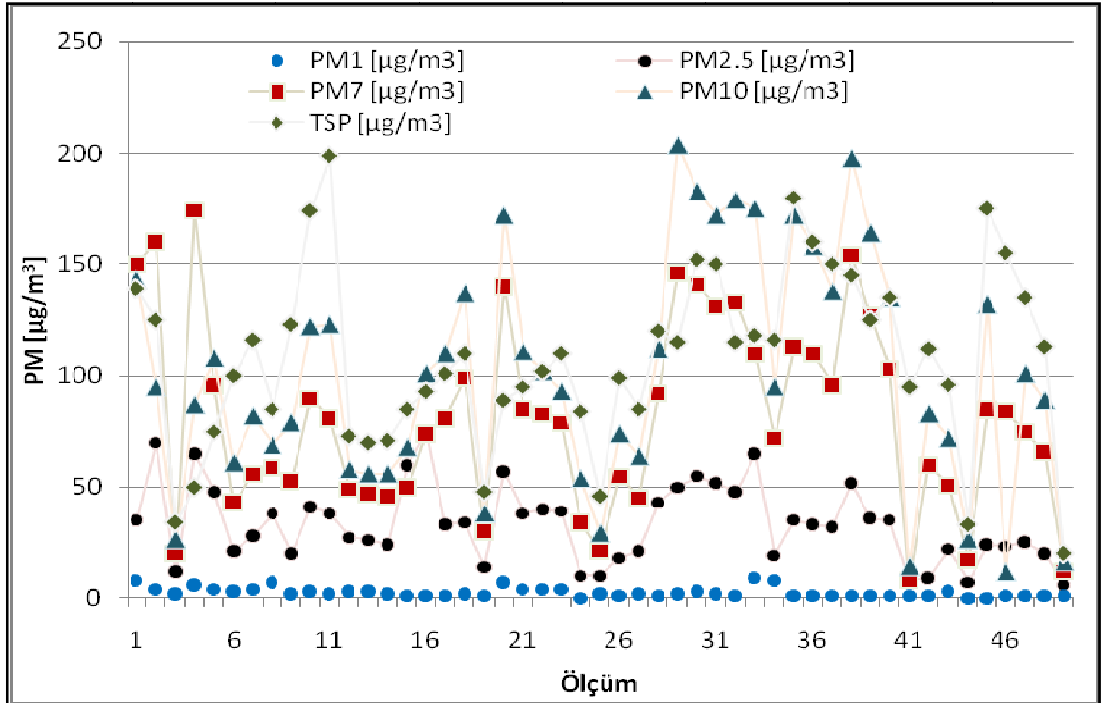
Şekil 6.2 AD-1 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi



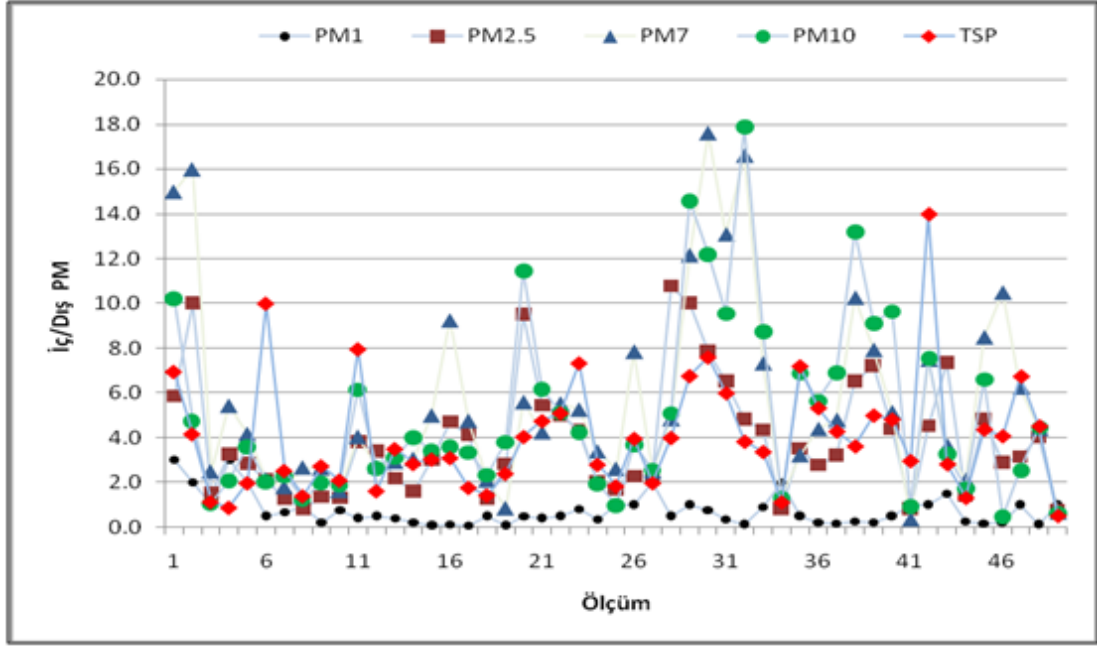
Şekil 6.3 AD-1 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi



Şekil 6.4 AD-1 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre CO<sub>2</sub> değişimi



Şekil 6.5 AD-1 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre PM değişimi



Şekil 6.6 AD-1 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre iç/dış PM değişimi

Çizelge 6.3'te AD-1 dersliğinde (Kış) alınan ölçümlerin istatistiksel değerleri verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi öğrenci sayısı 1 ile 37 arasında, iç sıcaklık 11.4 ile 25 °C arasında, bağıl nem %32 ile % 75.5 arasında ve CO<sub>2</sub> miktarı ise 330 ile 3695 ppm arasında değişmektedir. Dış ortam havasındaki CO<sub>2</sub> miktarındaki değişim aralığının beklendiği gibi az olduğu, 310 ile 440 [ppm] arasında değiştiği görülmektedir. Çizelge 6.4'te iç hava kalitesi değerlendirilmesinde ele alınan parametreler arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri verilmiştir. Çizelgede birinci değer korelasyon katsayısını ikinci değer ise önem seviyesini (p değeri) göstermektedir. Çizelge 6.4'te seçilen önem seviyesi  $\alpha=0.05$  göre anlamlı çıkan korelasyonlar koyu font ile gösterilmiştir. Öğrenci sayısı ile iç ortam CO<sub>2</sub> ve partikül madde miktarları arasında anlamlı ilişki olduğu görülmektedir. Ayrıca iç bağıl nem değeri ile dış bağıl nem değeri arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı (p=0) çıkmıştır. İç ve dış PM'lerin kendi aralarında ortaya çıkan korelasyon ise beklenen bir sonuçtur.



Çizelge 6.3 AD-1 Dersliği kış dönemi için istatistiksel değerler

	Parametre	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
İç Ortam	Öğr. Sayısı [n]	21.33	24	9.33	1	37
	Sıcaklık [°C]	19.241	19.5	2.983	11.4	25
	Bağıl Nem [%]	50.74	50.3	8.24	32	75.5
	CO <sub>2</sub> [ppm]	1377	1361	753	330	3695
	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	2.490	2	2.001	1	9
	PM <sub>2.5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	33.49	33	17.58	6	75
	PM <sub>7</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	81.35	81	42.21	8	174
	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	100.97	95	51.66	11.5	204
	TSP [µg/m <sup>3</sup> ]	108.08	110	39.8	20	199
Dış Ortam	Sıcaklık [°C]	12.863	14	4.68	3.	18.8
	Bağıl Nem [%]	56.33	54.2	14.28	32	80
	CO <sub>2</sub> [ppm]	383.2	385	28.29	310	440
	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	5.286	5	3.769	1	15
	PM <sub>2.5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	11.08	8	8.21	2	47
	PM <sub>7</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	18.47	16	11.12	7	55
	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	25.43	20	13.86	10	74
	TSP [µg/m <sup>3</sup> ]	33.69	30	18.1	8	103

Çizelge 6.4 AD-1 Dersliği kış dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

	Öğr.Say.	T <sub>(İç)</sub>	BN <sub>(İç)</sub>	CO <sub>2(İç)</sub>	PM <sub>1(İç)</sub>	PM <sub>2.5(İç)</sub>	PM <sub>7İç</sub>	PM <sub>10(İç)</sub>
T <sub>(İç)</sub>	0.17							
	0.242							
BN <sub>(İç)</sub>	0.104	0.252						
	0.478	0.08						
CO <sub>2(İç)</sub>	<b>0.477</b>	0.541	<b>0.312</b>					
	<b>0.001</b>	0	<b>0.029</b>					
PM <sub>1(İç)</sub>	-0.22	-0.235	-0.033	-0.163				
	0.129	0.104	0.823	0.263				
PM <sub>2.5(İç)</sub>	<b>0.308</b>	0.109	0.275	<b>0.35</b>	0.36			
	<b>0.031</b>	0.455	0.056	<b>0.014</b>	0.011			
PM <sub>7(İç)</sub>	<b>0.409</b>	0.118	0.171	<b>0.468</b>	0.239	<b>0.76</b>		
	<b>0.003</b>	0.419	0.241	<b>0.001</b>	0.098	<b>0</b>		
PM <sub>10(İç)</sub>	<b>0.441</b>	<b>0.338</b>	<b>0.291</b>	<b>0.499</b>	0.127	<b>0.63</b>	<b>0.827</b>	
	<b>0.002</b>	<b>0.018</b>	<b>0.043</b>	<b>0</b>	0.386	<b>0</b>	<b>0</b>	
TSP <sub>(İç)</sub>	<b>0.655</b>	<b>0.331</b>	0.206	<b>0.446</b>	-0.112	<b>0.289</b>	<b>0.52</b>	<b>0.629</b>
	<b>0</b>	<b>0.02</b>	0.155	<b>0.001</b>	0.442	<b>0.044</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
T <sub>(Dış)</sub>	0.064	<b>0.563</b>	0.265	0.13	-0.189	0.075	0.11	<b>0.355</b>
	0.66	<b>0</b>	0.066	0.373	0.194	0.608	0.451	<b>0.012</b>

Çizelge 6.4'ün devamı

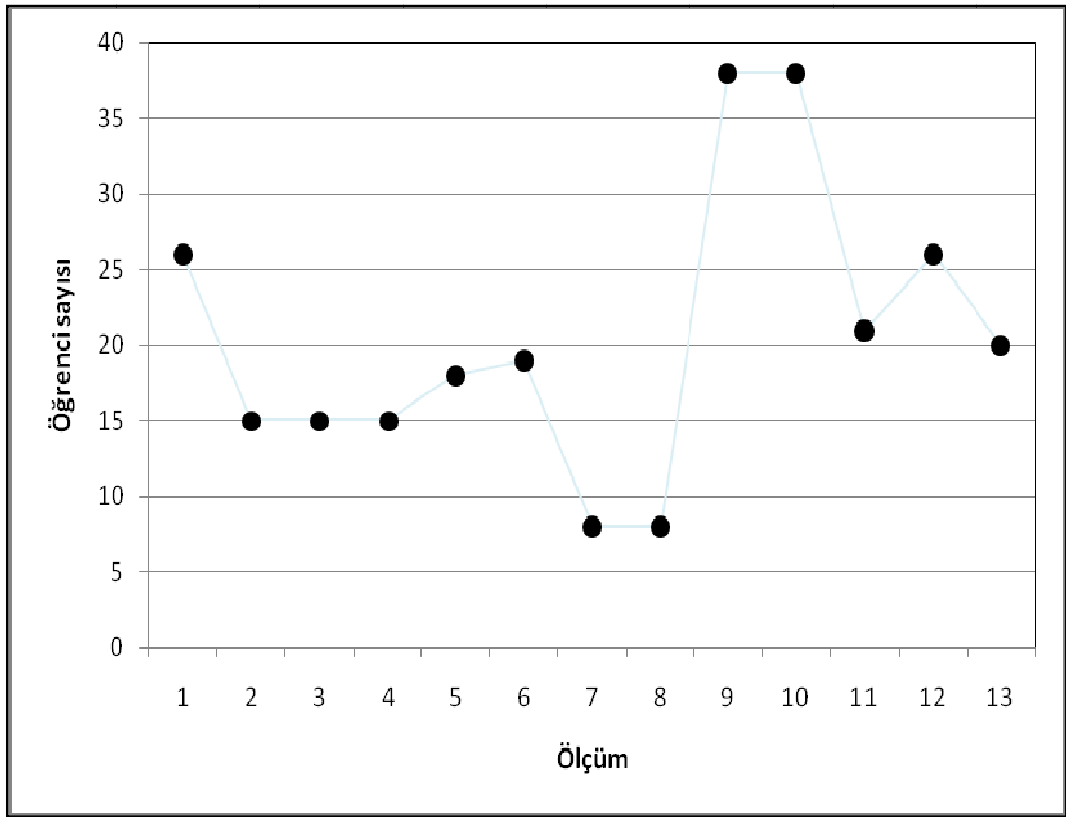
	Öğr.Say.	T <sub>(İç)</sub>	BN <sub>(İç)</sub>	CO <sub>2</sub> (İç)	PM <sub>1</sub> (İç)	PM <sub>2.5</sub> (İç)	PM <sub>7</sub> İç	PM <sub>10</sub> (İç)
BN <sub>(Dış)</sub>	-0.194	0.138	<b>0.48</b>	-0.121	0.106	0.068	-0.141	-0.149
	0.182	0.344	<b>0</b>	0.407	0.47	0.64	0.332	0.306
CO <sub>2</sub> (Dış)	0.2	<b>0.612</b>	0.231	0.173	-0.231	0.022	-0.117	0.127
	0.168	<b>0</b>	0.111	0.236	0.111	0.883	0.422	0.383
PM <sub>1</sub> (Dış)	-0.009	0.187	<b>0.477</b>	0.077	0.202	0.274	-0.012	0.098
	0.95	0.198	<b>0.001</b>	0.6	0.164	0.056	0.933	0.502
PM <sub>2.5</sub> (Dış)	-0.086	<b>-0.331</b>	0.021	-0.175	<b>0.464</b>	0.219	-0.012	-0.033
	0.557	<b>0.02</b>	0.887	0.229	<b>0.001</b>	0.13	0.933	0.824
PM <sub>7</sub> (Dış)	-0.201	-0.187	0.236	<b>-0.314</b>	<b>0.337</b>	-0.006	0.059	0.091
	0.166	0.198	0.103	<b>0.028</b>	<b>0.018</b>	0.965	0.688	0.532
PM <sub>10</sub> (Dış)	-0.166	-0.273	-0.034	-0.227	<b>0.385</b>	-0.036	-0.073	-0.107
	0.253	0.058	0.815	0.116	<b>0.006</b>	0.807	0.62	0.465
TSP <sub>(Dış)</sub>	-0.18	<b>-0.282</b>	0.024	-0.241	<b>0.349</b>	0.019	0.021	-0.028
	0.216	<b>0.05</b>	0.87	0.095	<b>0.014</b>	0.898	0.884	0.851

Çizelge 6.5 AD-1 Dersliği kış dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

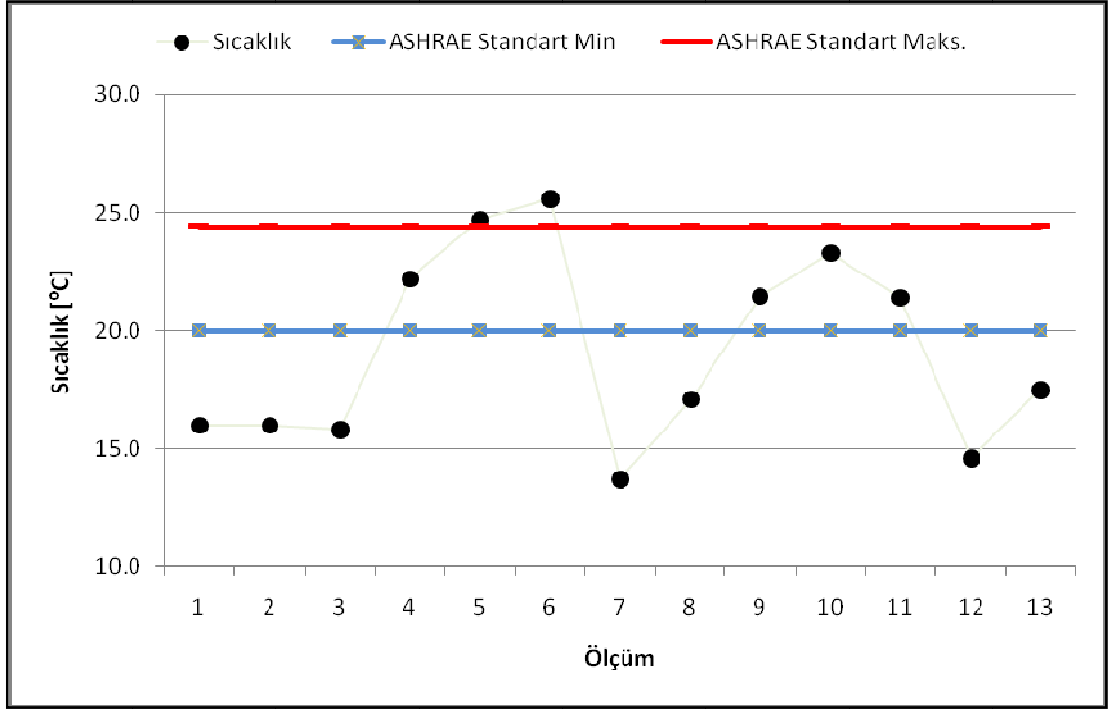
	TSP <sub>(İç)</sub>	T <sub>(Dış)</sub>	BN <sub>(Dış)</sub>	CO <sub>2</sub> (Dış)	PM <sub>1</sub> (Dış)	PM <sub>2.5</sub> (Dış)	PM <sub>7</sub> (Dış)	PM <sub>10</sub> (Dış)
T <sub>(Dış)</sub>	0.171							
	0.24							
BN <sub>(Dış)</sub>	-0.085	<b>-0.35</b>						
	0.561	<b>0.014</b>						
CO <sub>2</sub> (Dış)	0.218	<b>0.485</b>	0.097					
	0.132	<b>0</b>	0.506					
PM <sub>1</sub> (Dış)	-0.073	-0.022	<b>0.463</b>	0.11				
	0.616	0.881	<b>0.001</b>	0.452				
PM <sub>2.5</sub> (Dış)	0.008	-0.173	0.028	-0.124	0.153			
	0.956	0.233	0.85	0.394	0.293			
PM <sub>7</sub> (Dış)	0.133	0.089	0.155	0.053	0.037	<b>0.567</b>		
	0.362	0.542	0.288	0.719	0.798	<b>0</b>		
PM <sub>10</sub> (Dış)	0.051	-0.149	-0.019	-0.123	-0.071	<b>0.756</b>	<b>0.692</b>	
	0.728	0.307	0.897	0.401	0.626	<b>0</b>	<b>0</b>	
TSP <sub>(Dış)</sub>	0.052	0.012	-0.109	-0.176	0	<b>0.681</b>	<b>0.701</b>	<b>0.843</b>
	0.723	0.933	0.456	0.227	1.000	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Şekil 6.7 ve 6.12'de arasında AD-2 dersliği için iç ve dış ortamda kış boyunca alınan ölçüm sonuçlarının değişimi verilmiştir. AD-2 dersliğinde elde edilen sonuçlar

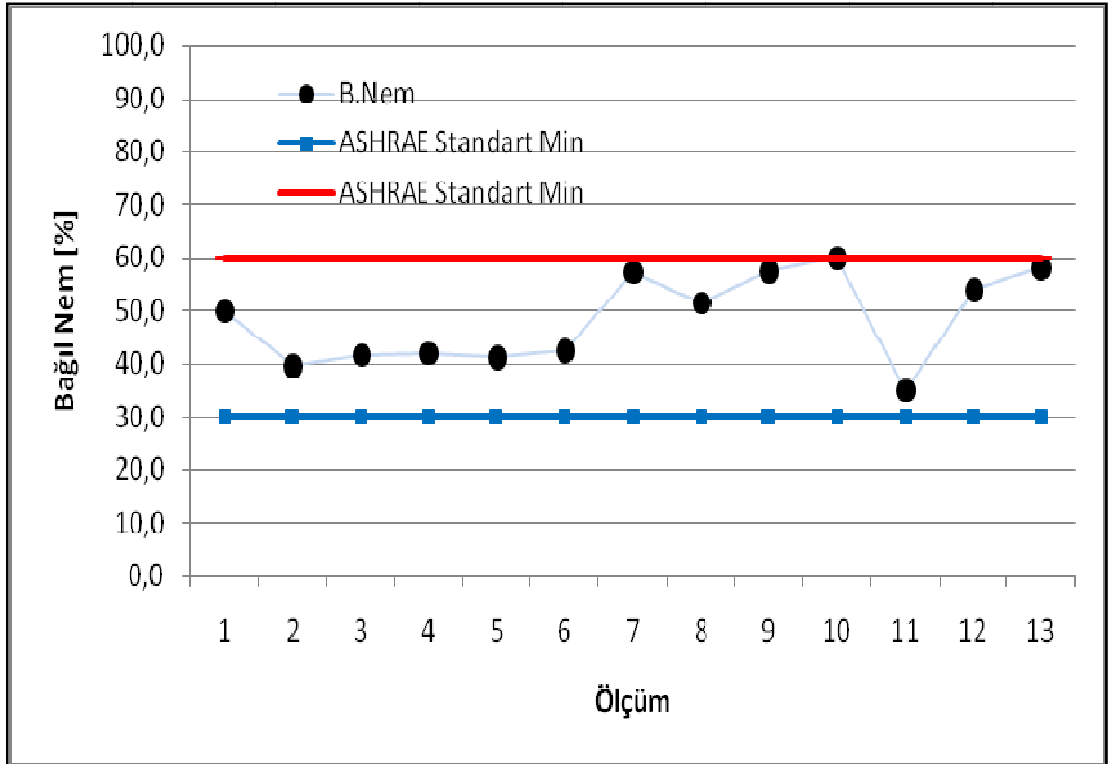
AD-1 dersliğindeki sonuçlar ile paralellik göstermektedir. İç ortam bağıl nem değerinin ASHRAE standartlarında verilen sınırlar arasında kaldığı diğer parametrelerin ise belirlenen değerlerden farklılık gösterdiği gözlenmiştir. iç/dış PM oranının daima 1'den büyük olduğu görülmüştür. Bu, iç ortam havasının dışarıya göre daha kirli olduğunu göstermektedir. Çizelge 6.6'da AD-2 dersliği için alınan ölçümlerin istatistiksel parametreleri (ortalama, medyan, standart sapma, minimum ve maksimum ) verilmiştir. Ölçüm parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri ise izelge 6.7'de sunulmuştur. AD-1 dersliğinde elde edilen sonuçlara benzer değerler görülmüştür.



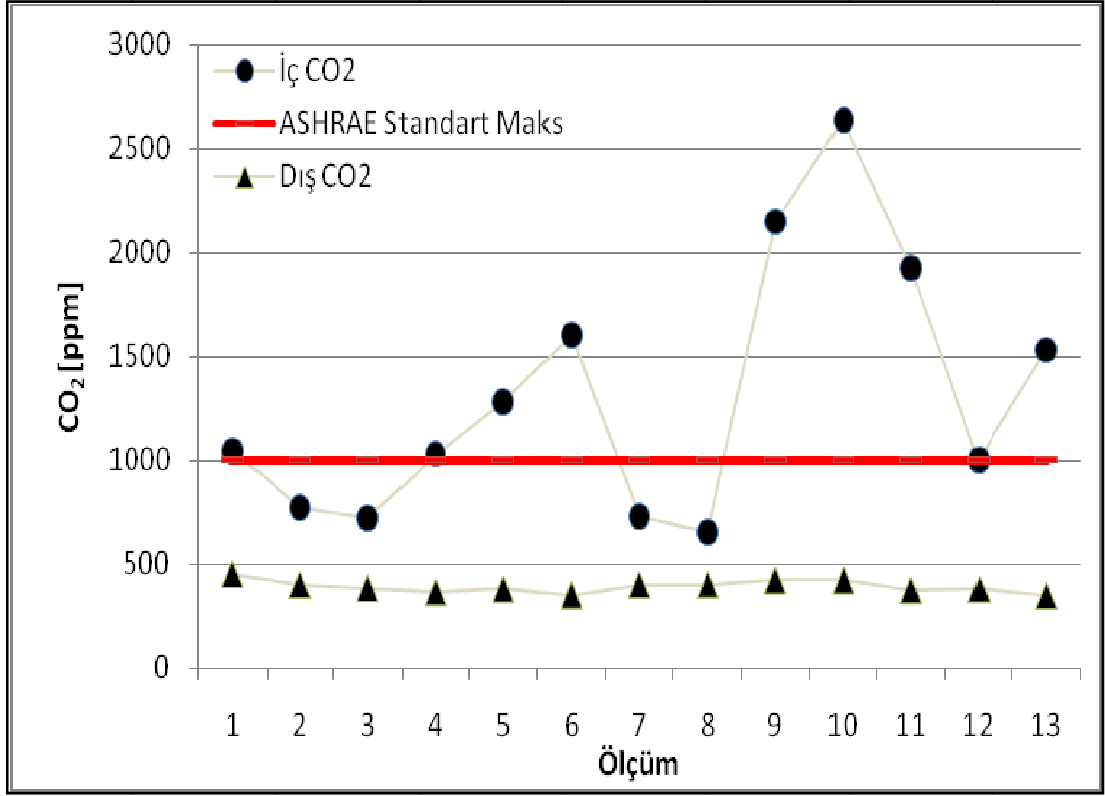
şekil 6.7 AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi



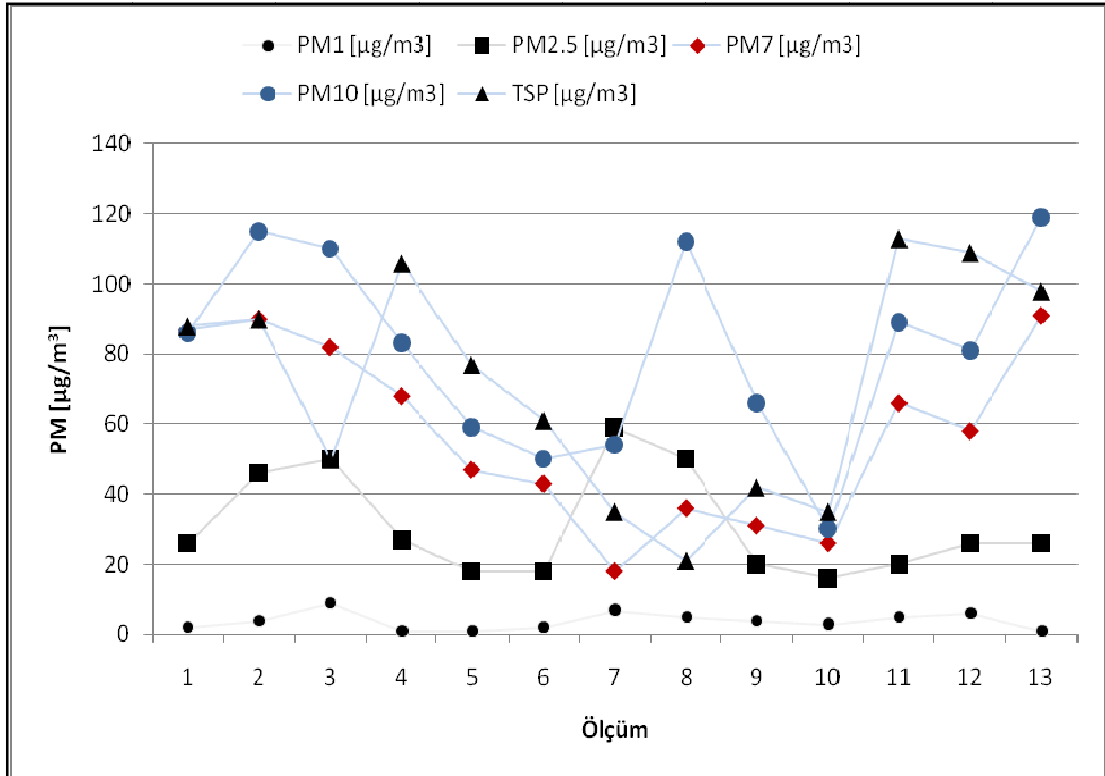
Şekil 6.8 AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi



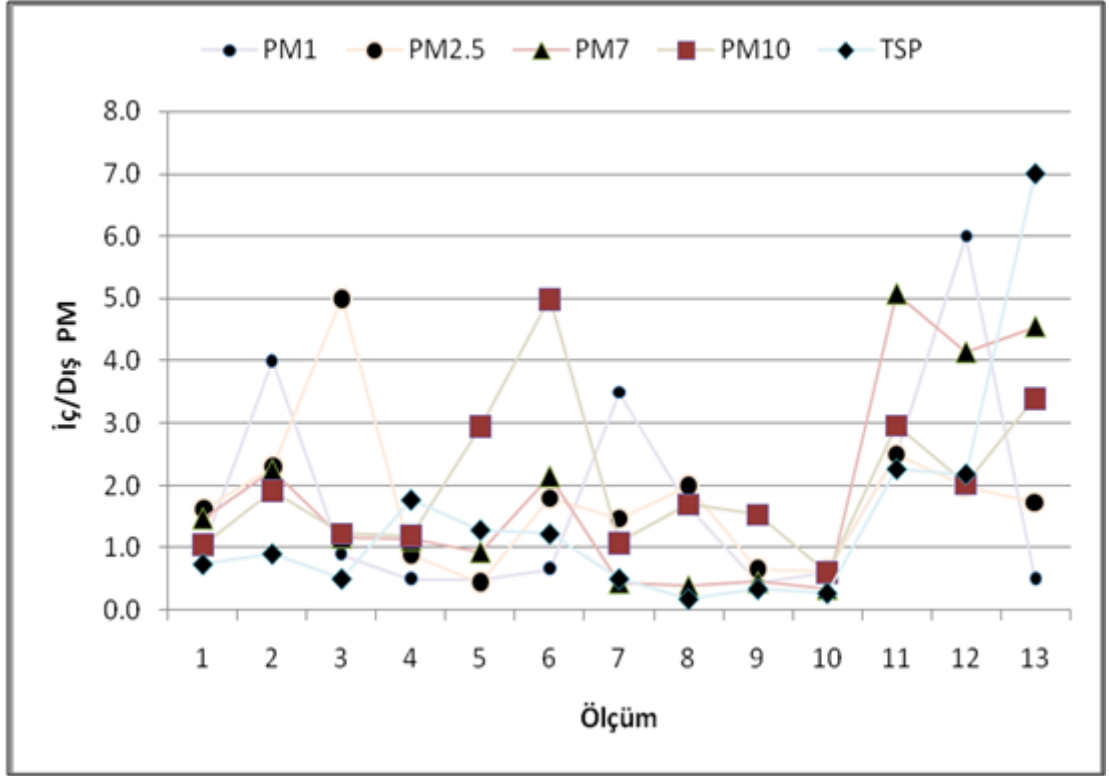
Şekil 6.9 AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi



Şekil 6.10 AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre CO<sub>2</sub> değişimi



Şekil 6.11 AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre PM değişimi



Şekil 6.12 AD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre İç/dış PM oranı değişimi

Çizelge 6.6 AD-2 Dersliği kış dönemi ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi

	Parametre	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
İç Ortam	Öğr. Sayısı [n]	20.54	19	9.51	8	38
	Sıcaklık [°C]	19.18	17.5	4.06	13.7	25.6
	Bağıl Nem [%]	48.52	50	8.46	35	60
	CO <sub>2</sub> [ppm]	1285	1044	657	370	2638
	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	3.846	4	2.512	1	9
	PM <sub>2.5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	30.92	26	14.8	16	59
	PM <sub>7</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	57.15	58	25.61	18	91
	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	81.08	83	28.13	30	119
	TSP [µg/m <sup>3</sup> ]	71.15	77	32.04	21	113
Dış Ortam	Sıcaklık [°C]	10.64	11.6	4.63	3.4	16.5
	Bağıl Nem [%]	55.23	55.4	10.05	41	80.2
	CO <sub>2</sub> [ppm]	391	385	28.95	350	450
	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	3.385	2	2.902	1	10
	PM <sub>2.5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	21.69	20	10.98	8	40
	PM <sub>7</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	47.77	50	25.65	13	92
	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	49.69	50	23.55	10	90
	TSP [µg/m <sup>3</sup> ]	80.7	70	37.1	14	130

Çizelge 6.7 AD-2 Dersliği kış dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

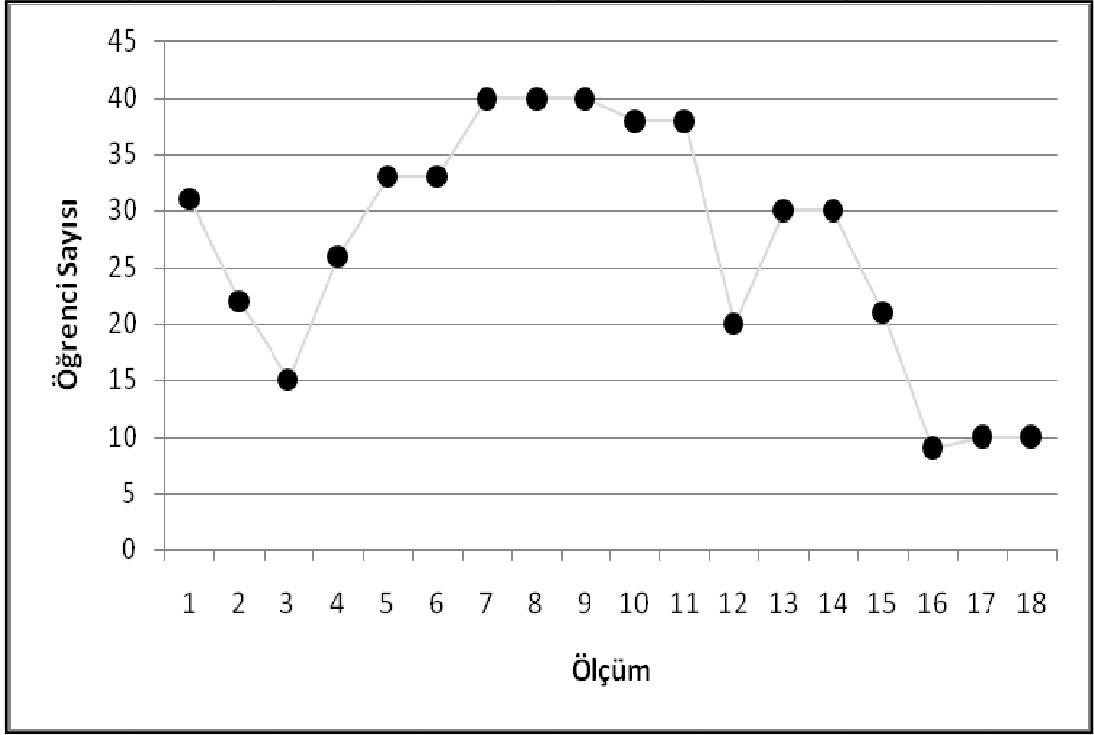
	Öğr.Say.	T <sub>(İç)</sub>	BN <sub>(İç)</sub>	CO <sub>2</sub> (İç)	PM <sub>1</sub> (İç)	PM <sub>2.5</sub> (İç)	PM <sub>7</sub> (İç)	PM <sub>10</sub> (İç)
T <sub>(İç)</sub>	0.351							
	0.24							
BN <sub>(İç)</sub>	0.399	-0.264						
	0.176	0.384						
CO <sub>2</sub> (İç)	0.687	0.726	0.112					
	0.009	0.005	0.716					
PM <sub>1</sub> (İç)	-0.23	-0.601	0.012	-0.432				
	0.45	0.03	0.97	0.141				
PM <sub>2.5</sub> (İç)	-0.719	-0.744	0.023	-0.693	0.659			
	0.006	0.004	0.94	0.009	0.014			
PM <sub>7</sub> (İç)	-0.145	-0.296	-0.433	-0.213	-0.14	0.016		
	0.637	0.327	0.14	0.485	0.649	0.958		
PM <sub>10</sub> (İç)	-0.451	-0.543	-0.27	-0.436	0.179	0.441	0.742	
	0.122	0.055	0.372	0.136	0.557	0.132	0.004	
TSP <sub>(İç)</sub>	0.018	-0.006	-0.449	-0.123	-0.338	-0.382	0.684	0.317
	0.953	0.984	0.124	0.689	0.258	0.198	0.01	0.292
T <sub>(Dis)</sub>	0.185	0.65	0.252	0.664	-0.286	-0.289	-0.691	-0.515
	0.546	0.016	0.407	0.013	0.344	0.338	0.009	0.072
BN <sub>(Dis)</sub>	0.021	-0.432	0.477	-0.518	0.327	0.189	-0.166	0.013
	0.945	0.141	0.099	0.07	0.276	0.537	0.587	0.965
CO <sub>2</sub> (Dis)	0.4	-0.262	0.358	0.097	0.149	0.111	-0.184	-0.189
	0.175	0.386	0.23	0.752	0.627	0.719	0.548	0.536
PM <sub>1</sub> (Dis)	0.351	0.096	0.147	0.322	0.42	0.053	-0.165	-0.063
	0.239	0.755	0.631	0.283	0.153	0.863	0.591	0.839
PM <sub>2.5</sub> (Dis)	-0.12	0.113	0.293	-0.046	-0.18	0.166	-0.566	-0.404
	0.697	0.713	0.331	0.882	0.556	0.588	0.044	0.171
PM <sub>7</sub> (Dis)	0.047	0.015	0.225	0.093	0.098	0.267	-0.273	-0.02
	0.88	0.961	0.459	0.761	0.751	0.378	0.367	0.949
PM <sub>10</sub> (Dis)	-0.169	-0.57	0.029	-0.359	0.375	0.552	0.348	0.437
	0.581	0.042	0.925	0.228	0.206	0.051	0.244	0.136
TSP <sub>(Dis)</sub>	0.318	-0.088	0.22	0.17	0.241	0.191	-0.26	-0.134
	0.289	0.776	0.47	0.578	0.427	0.532	0.392	0.663

Çizelge 6.8 AD-2 Dersliği kış dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

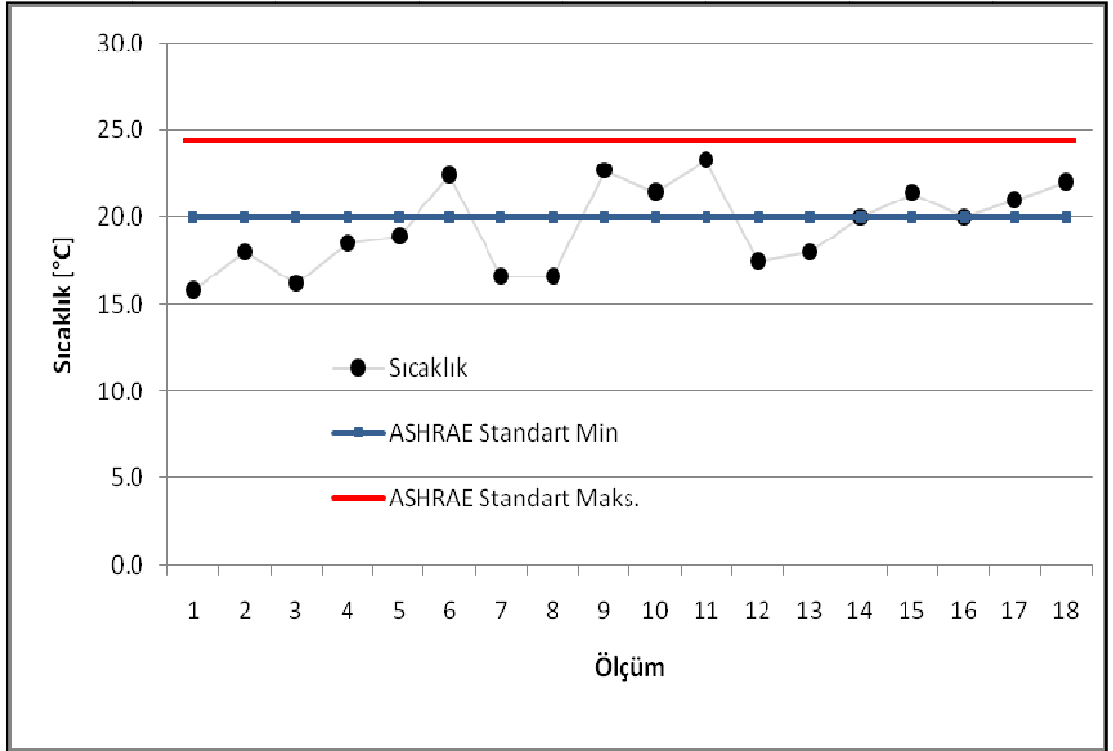
	TSPiç	T <sub>(Dış)</sub>	BN <sub>(Dış)</sub>	CO <sub>2(Dış)</sub>	PM <sub>1(Dış)</sub>	PM <sub>2.5(Dış)</sub>	PM <sub>7(Dış)</sub>	PM <sub>10(Dış)</sub>
T <sub>(Dış)</sub>	-0.505							
	0.078							
BN <sub>(Dış)</sub>	-0.021	-0.346						
	0.945	0.246						
CO <sub>2(Dış)</sub>	-0.397	-0.139	-0.029					
	0.179	0.649	0.925					
PM <sub>1(Dış)</sub>	-0.537	0.182	0.045	0.235				
	0.059	0.553	0.885	0.439				
PM <sub>2.5(Dış)</sub>	-0.388	0.314	0.192	0.239	-0.061			
	0.191	0.297	0.53	0.432	0.842			
PM <sub>7(Dış)</sub>	-0.679	0.151	0.088	0.579	0.514	0.407		
	0.011	0.623	0.775	0.038	0.072	0.168		
PM <sub>10(Dış)</sub>	-0.155	-0.529	0.203	0.5	0.308	-0.041	0.618	
	0.612	0.063	0.507	0.082	0.306	0.895	0.025	
TSP <sub>(Dış)</sub>	-0.618	0.035	-0.076	0.866	0.49	0.189	0.815	0.563
	0.024	0.91	0.804	0	0.089	0.535	0.001	0.045

Yerleşke I'de bulunan AD-3 dersliği kış dönemi için iç hava kalitesi ölçüm parametrelerinin değişimi Şekil 6.13 ve Şekil 6.18 arasında verilmiştir. Şekillerden de görüleceği gibi parametrelerdeki değişimler AD-1 ve AD-2 dersliğindeki sonuçlara benzer bir davranış göstermektedir. Çizelge 6. 9'da AD-3 dersliği için iç ortam ve dış ortamda yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel analizi verilmiştir. AD-3 dersliği için ölçülen parametrelere ait korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri Çizelge 6.10'da görülmektedir.

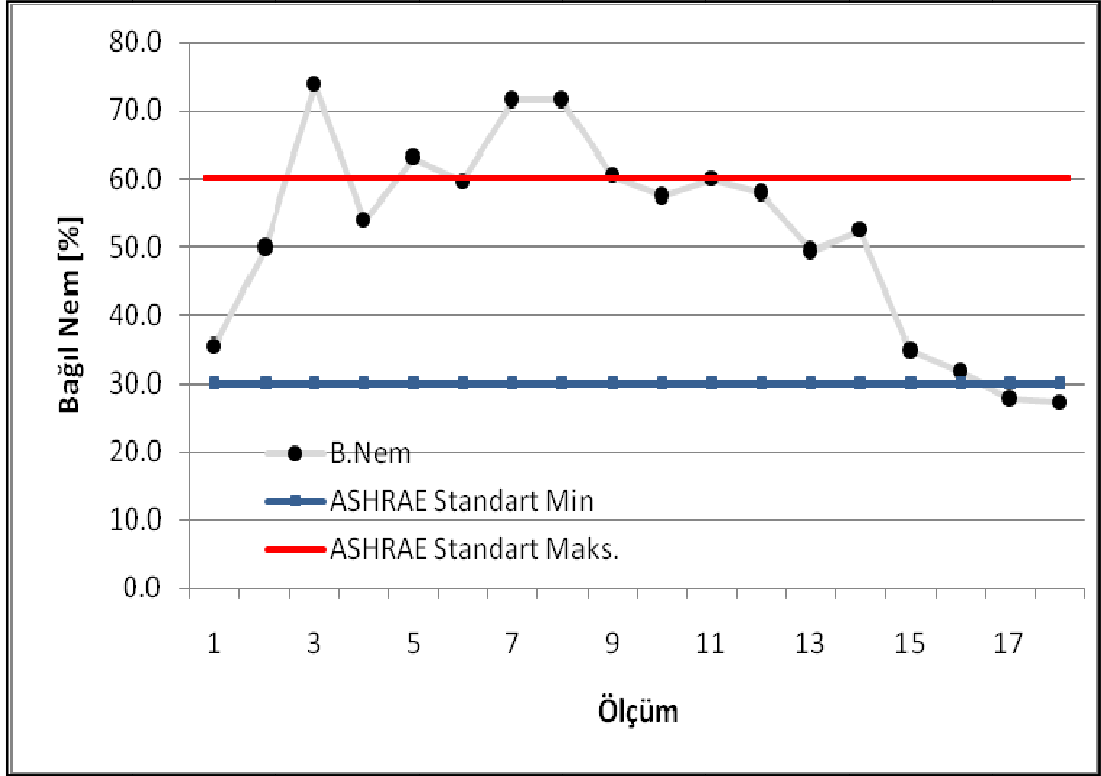




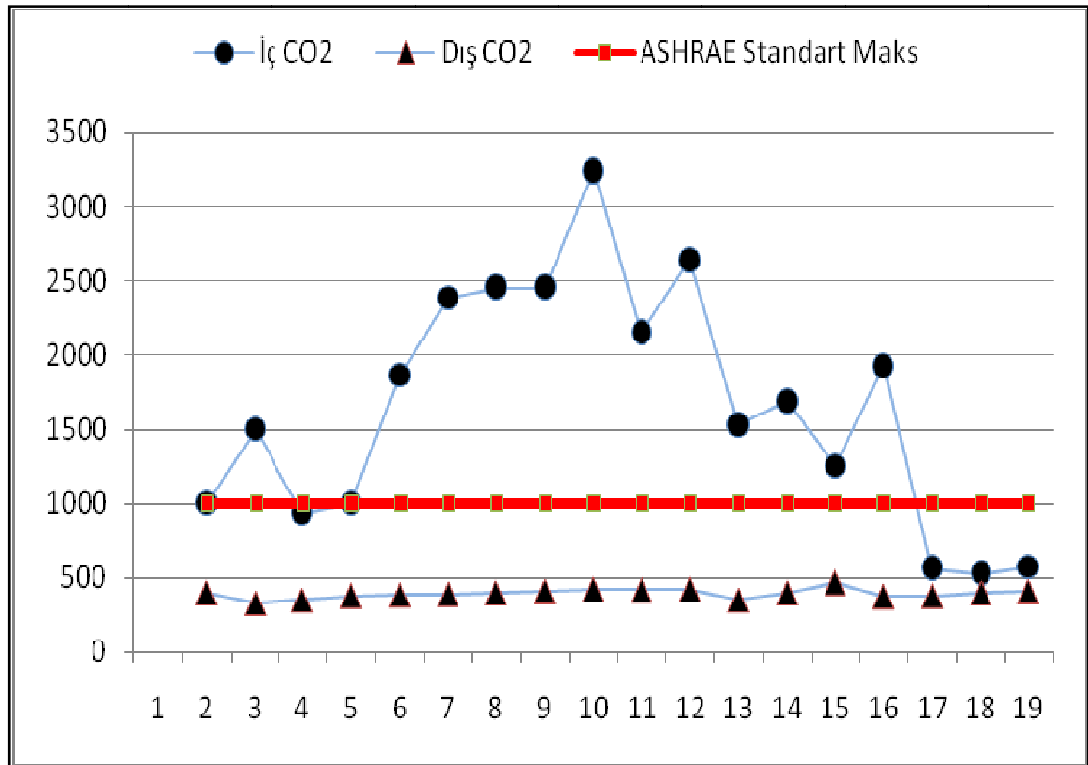
Şekil 6.13 AD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi



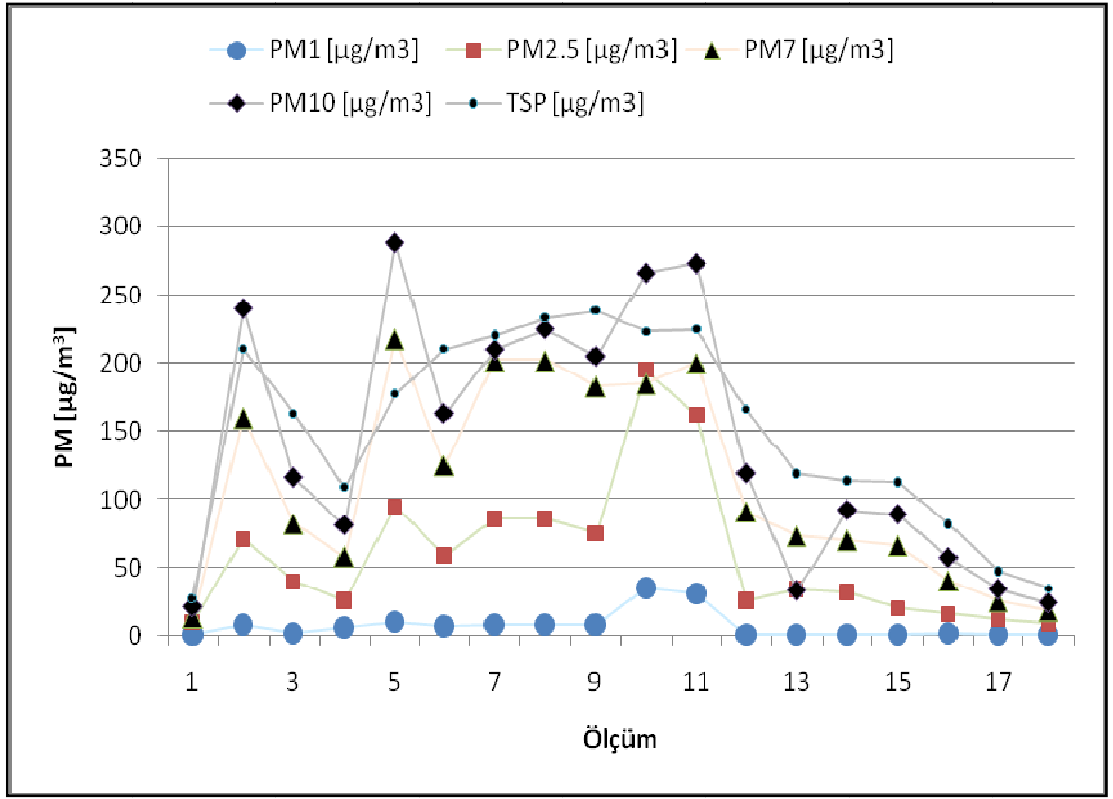
Şekil 6.14 AD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi



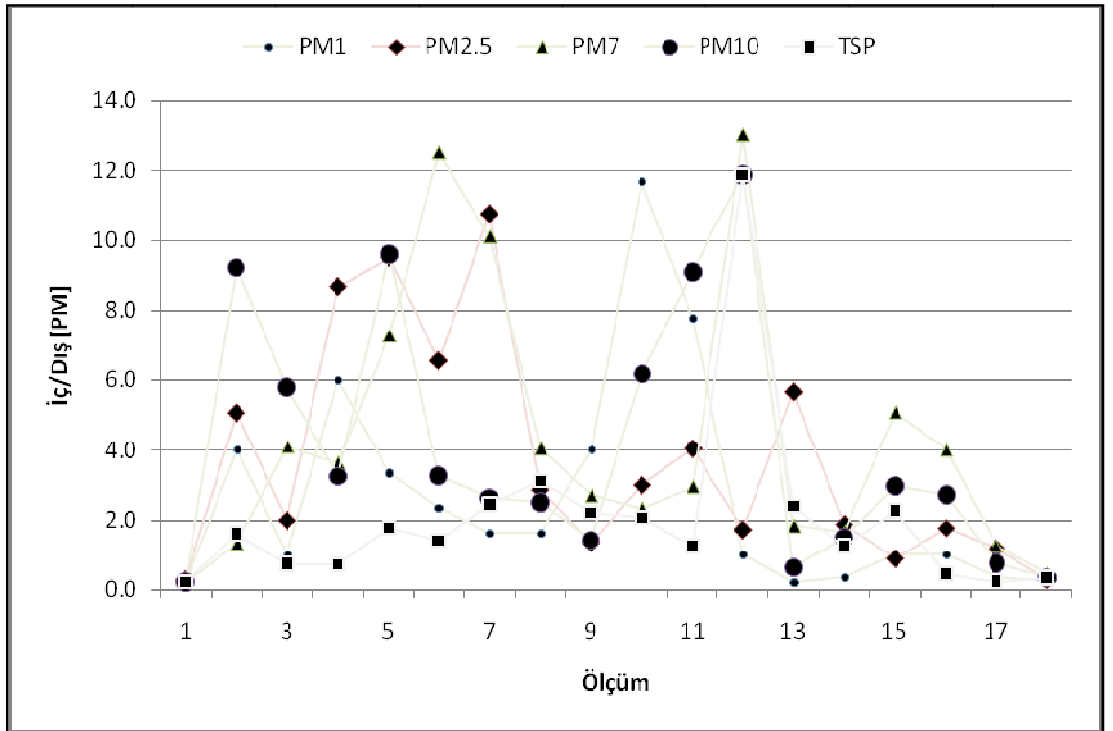
Şekil 6.15 AD-3 Dersliği Kış Dönemi Ölçümlere Göre Bağıl Nem Değişimi



Şekil 6.16 AD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre CO<sub>2</sub> değişimi



Şekil 6.17 AD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre PM değişimi



Şekil 6.18 AD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre iç/dış PM değişimi

Çizelge 6.9 AD-3 dersliği kış dönemi alınan ölçüm değerlerinin istatistiksel değerleri

	Parametre	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
İç Ortam	Öğr. Sayısı [n]	27	30	10.88	9	40
	Sıcaklık [°C]	19.233	19.45	2.88	12.9	23.3
	Bağıl Nem [%]	52.2	55.75	14.93	27.4	73.8
	CO <sub>2</sub> [ppm]	1649	1610	799	530	3240
	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	7.33	4	9.92	1	35
	PM <sub>2.5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	58.6	37	52.4	9	195
	PM <sub>7</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	111.7	86.5	72.4	13	218
	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	140.9	117.5	93.6	21	288
	TSP [µg/m <sup>3</sup> ]	150.7	164.5	71.7	28	238
Dış Ortam	Sıcaklık [°C]	10.861	11.85	4.156	3.4	16
	Bağıl Nem [%]	58.31	55.4	18.33	38	92
	CO <sub>2</sub> [ppm]	394.17	400	32.4	330	472
	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	3.056	3	1.514	1	6
	PM <sub>2.5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	22	16	17.31	3	65
	PM <sub>7</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	40.56	35	31.11	7	120
	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	51.44	44	34.19	10	143
	TSP [µg/m <sup>3</sup> ]	117.9	108	55	14	220

Çizelge 6.10 AD-3 dersliği kış dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

	Öğr.Say.	T <sub>(İç)</sub>	BN <sub>(İç)</sub>	CO <sub>2</sub> (İç)	PM <sub>1</sub> (İç)	PM <sub>2.5</sub> (İç)	PM <sub>7</sub> (İç)	PM <sub>10</sub> (İç)
T <sub>(İç)</sub>	0.154							
	0.541							
BN <sub>(İç)</sub>	0.654	-0.353						
	0.003	0.15						
CO <sub>2</sub> (İç)	0.852	0.351	0.629					
	0	0.153	0.005					
PM <sub>1</sub> (İç)	0.543	0.354	0.35	0.514				
	0.02	0.149	0.154	0.029				
PM <sub>2.5</sub> (İç)	0.67	0.284	0.542	0.657	0.955			
	0.002	0.254	0.02	0.003	0			
PM <sub>7</sub> (İç)	0.753	0.124	0.755	0.823	0.648	0.823		
	0	0.624	0	0	0.004	0		
PM <sub>10</sub> (İç)	0.656	0.137	0.688	0.728	0.727	0.862	0.964	
	0.003	0.587	0.002	0.001	0.001	0	0	
TSP <sub>(İç)</sub>	0.694	0.055	0.826	0.847	0.587	0.754	0.919	0.888
	0.001	0.827	0	0	0.01	0	0	0
T <sub>(Dış)</sub>	0.254	0.674	-0.292	0.259	0.325	0.26	0.035	-0.001
	0.31	0.002	0.239	0.299	0.189	0.297	0.889	0.997

Çizelge 6.10'un devamı

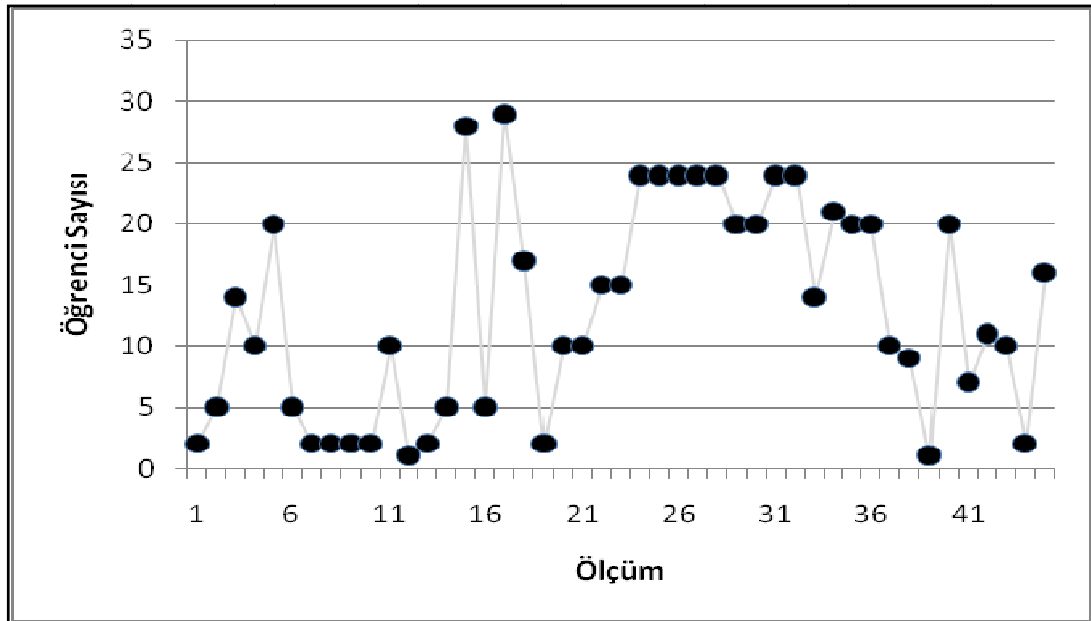
	Öğr.Say.	T <sub>(İç)</sub>	BN <sub>(İç)</sub>	CO <sub>2</sub> (İç)	PM <sub>1</sub> (İç)	PM <sub>2.5</sub> (İç)	PM <sub>7</sub> (İç)	PM <sub>10</sub> (İç)
BN <sub>(Dış)</sub>	0.296	-0.399	0.721	0.28	0.142	0.253	0.44	0.445
	0.232	0.101	0.001	0.26	0.573	0.311	0.068	0.064
CO <sub>2</sub> (Dış)	0.436	0.518	-0.025	0.237	0.251	0.238	0.077	0.003
	0.071	0.028	0.921	0.344	0.314	0.341	0.763	0.99
PM <sub>1</sub> (Dış)	0.407	0.085	0.045	0.127	0.101	0.155	0.11	-0.017
	0.093	0.739	0.859	0.616	0.691	0.54	0.665	0.947
PM <sub>2.5</sub> (Dış)	0.402	0.422	0.094	0.441	0.63	0.594	0.324	0.369
	0.098	0.081	0.71	0.067	0.005	0.009	0.189	0.132
PM <sub>7</sub> (Dış)	0.353	0.096	0.033	0.248	0.454	0.463	0.338	0.405
	0.151	0.706	0.898	0.32	0.058	0.053	0.17	0.095
PM <sub>10</sub> (Dış)	0.492	0.271	0.068	0.422	-0.068	0.019	0.157	0.012
	0.038	0.277	0.789	0.081	0.788	0.941	0.535	0.961
TSP <sub>(Dış)</sub>	-0.299	-0.06	-0.067	-0.314	0.152	0.041	-0.141	-0.03
	0.228	0.813	0.791	0.204	0.547	0.871	0.577	0.907

Çizelge 6.11 AD-3 dersliği kış dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

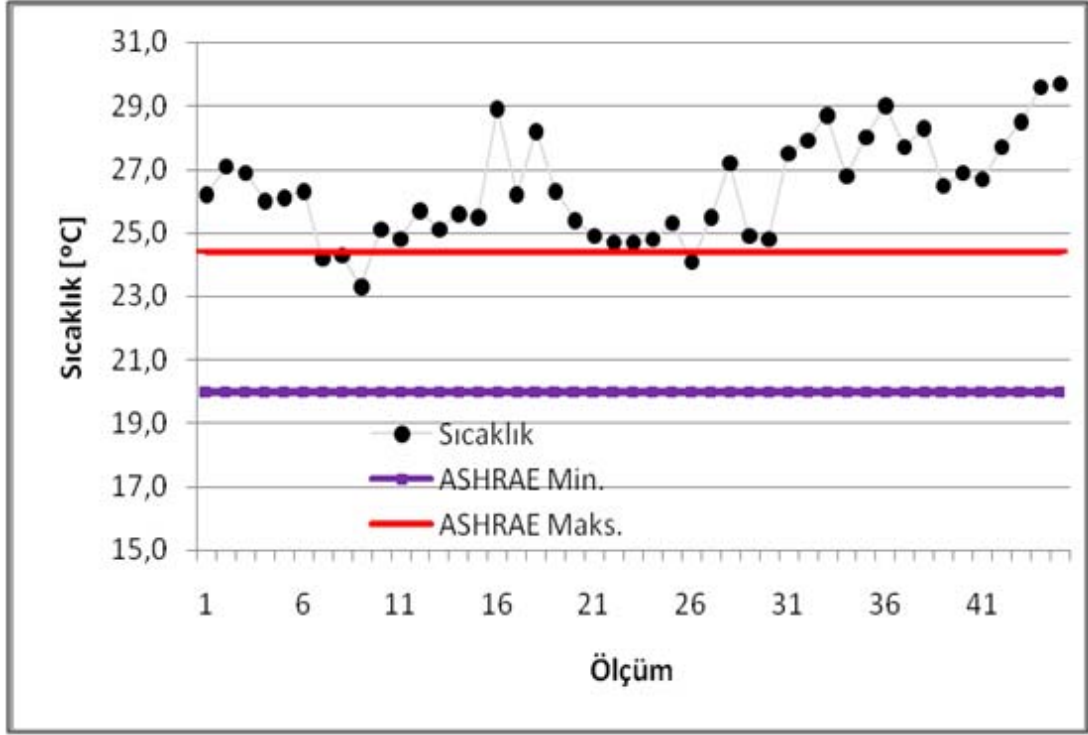
	TSP <sub>(İç)</sub>	T <sub>(Dış)</sub>	BN <sub>(Dış)</sub>	CO <sub>2</sub> (Dış)	PM <sub>1</sub> (Dış)	PM <sub>2.5</sub> (Dış)	PM <sub>7</sub> (Dış)	PM <sub>10</sub> (Dış)
T <sub>(Dış)</sub>	-0.069							
	0.787							
BN <sub>(Dış)</sub>	0.499	-0.698						
	0.035	0.001						
CO <sub>2</sub> (Dış)	-0.033	0.617	-0.309					
	0.896	0.006	0.212					
PM <sub>1</sub> (Dış)	-0.071	0.359	-0.164	0.441				
	0.778	0.144	0.516	0.067				
PM <sub>2.5</sub> (Dış)	0.316	0.655	-0.231	0.393	0.128			
	0.202	0.003	0.356	0.107	0.613			
PM <sub>7</sub> Dış	0.276	0.238	-0.224	0.094	0.282	0.559		
	0.268	0.341	0.373	0.71	0.258	0.016		
PM <sub>10</sub> (Dış)	0.097	0.48	-0.214	0.54	0.511	0.457	0.312	
	0.702	0.044	0.394	0.021	0.03	0.056	0.207	
TSP <sub>(Dış)</sub>	-0.115	-0.223	0.203	-0.086	-0.071	-0.038	0.021	-0.176
	0.65	0.375	0.42	0.735	0.781	0.88	0.935	0.484

## 6.2 Yerleşke I Yaz Dönemi Ölçümlerinin Analizi

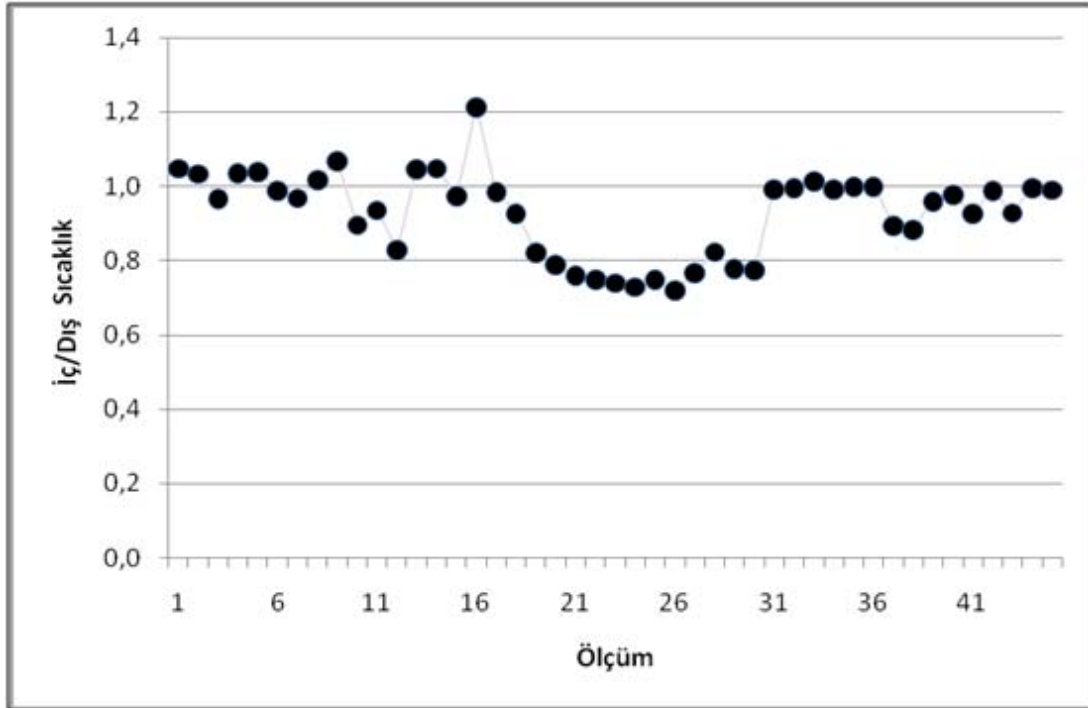
Yerleşke I'deki AD-1 ve AD-2 dersliklerinde ölçümler Mayıs ve Haziran ayları için yapılmıştır. Dersliklerde herhangi bir iklimlendirme sistemi bulunmamaktadır. Genellikle kapı ve pencereler açık konumdadır. Şekil 6.19-6.25 arasında ölçüm değerlerinin değişimi verilmiştir. İç ortam sıcaklık değerlerinin konfor şartı için önerilen sınırların dışında kaldığı ve daima üst sınırı geçtiği görülmüştür (Şekil 6.20). Şekil 6.21'de görüldüğü gibi iç ortam ve dış ortam sıcaklık oranının 1 civarında olduğu görülmektedir. Bu durum dersliklerdeki kapı ve pencerelerin açık olmasından kaynaklanmaktadır. İç ortam bağıl neminin ise konfor şartlarında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.22). CO<sub>2</sub> miktarı değişiminin Şekil 6.23'te görüldüğü gibi ASHRAE tarafından önerilen 1000 ppm'in altında kaldığı belirlenmiştir. Öğrenci sayısının değişmesine rağmen bu değerlerde kalması dersliklerde pencerelerin ve kapının açık olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 6.24'te iç ortamda 1 m<sup>3</sup>'lük havada farklı çaplardaki (PM<sub>0.3</sub>, PM<sub>0.5</sub>, PM<sub>1</sub>, PM<sub>3</sub> ve PM<sub>5</sub>) partiküllerin değişimi verilmiştir. Şekil 6.25'te ise iç/dış PM oranının değişimi gösterilmiştir. İç ortamdaki PM miktarının her zaman dış ortamdaki PM miktarından fazla olduğu görülmektedir.



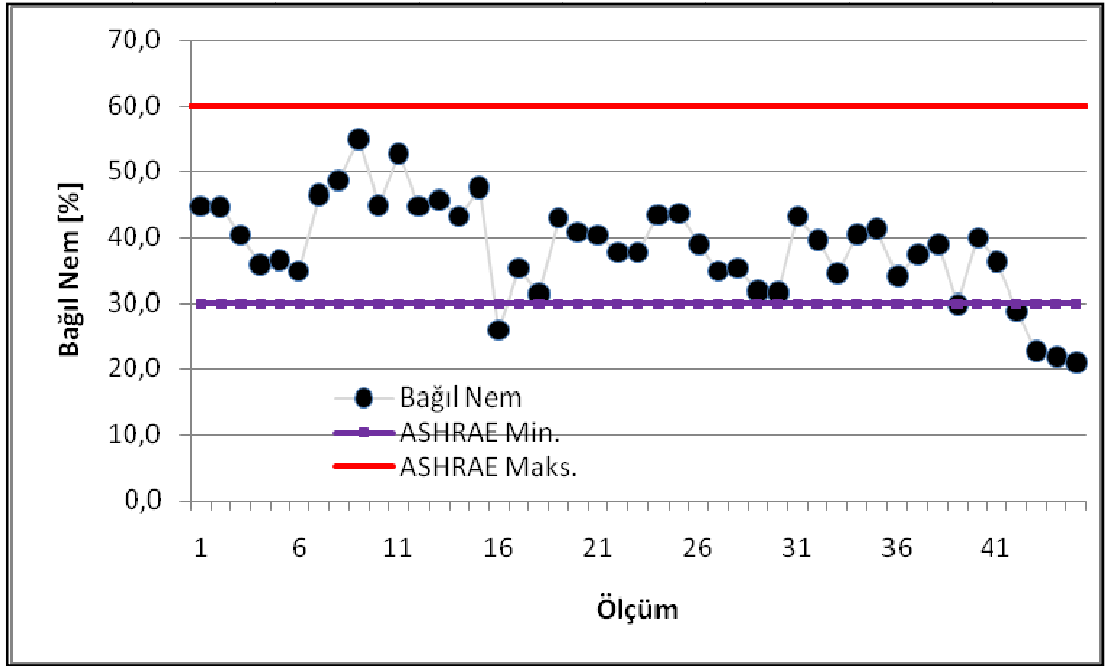
Şekil 6.19 AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi



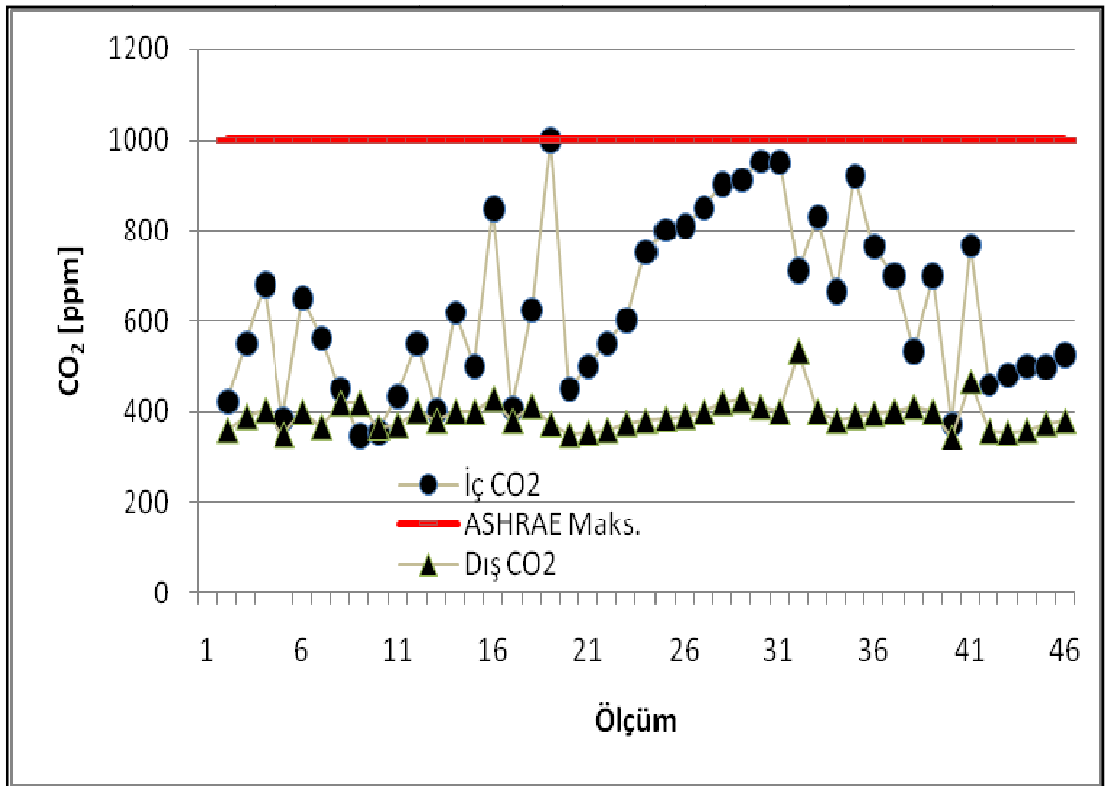
Şekil 6.20 AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi



Şekil 6.21 AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre iç/dış sıcaklık değişimi

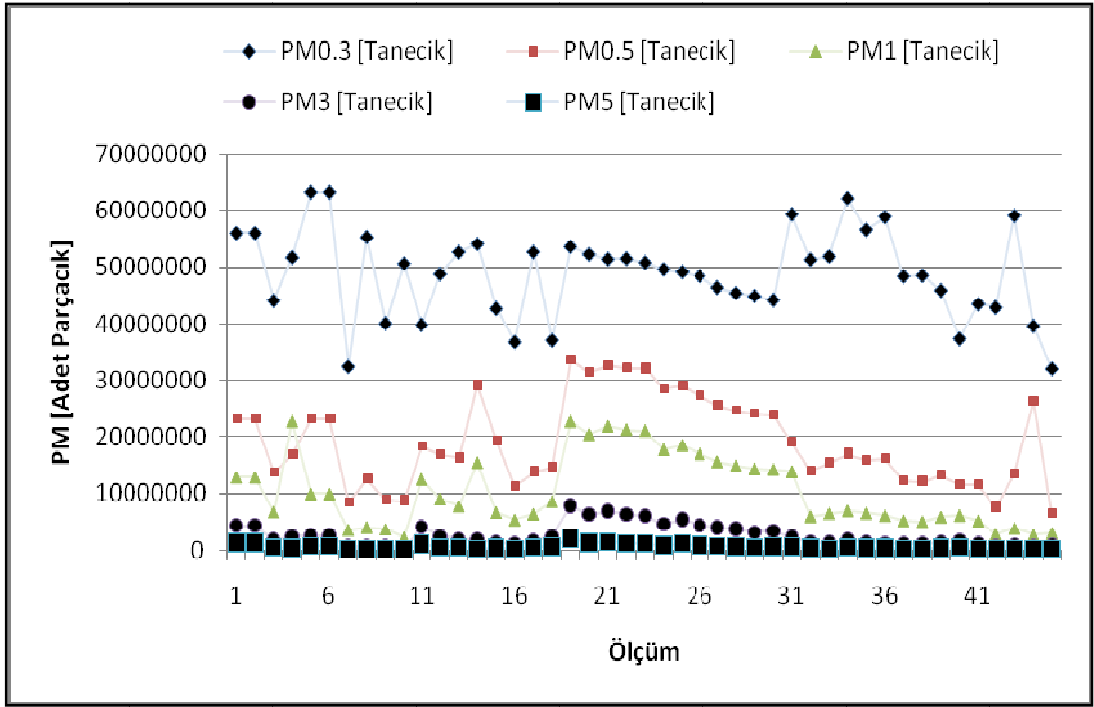


Şekil 6.22 AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi

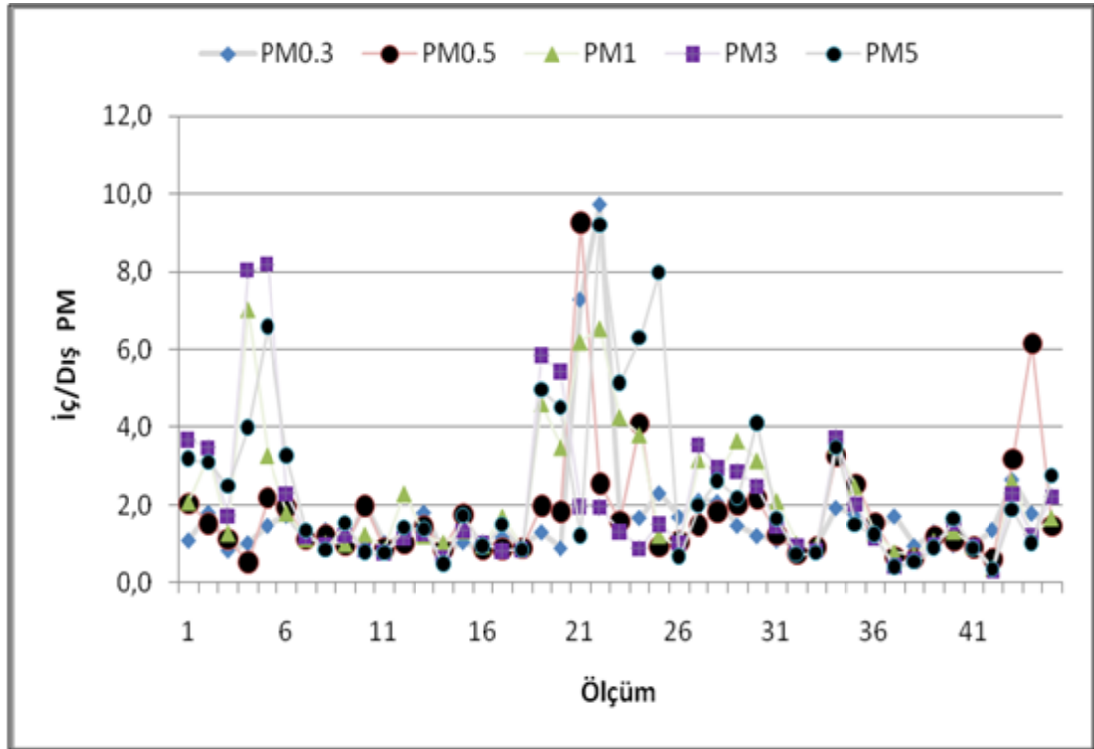


Şekil 6.23 AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre CO<sub>2</sub> değişimi





Şekil 6.24 AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre PM değişimi



Şekil 6.25 AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre iç/dış PM değişimi

Çizelge 6.12’de AD-1 dersliğinde yazın alınan ölçümlerin istatistiksel parametreleri verilmiştir. Çizelgeden iç sıcaklığın 23.3 - 29.7 °C arasında, iç bağıl nemin %20.9-54.9, CO<sub>2</sub> ise 346-1000 ppm arasında olduğu belirlenmiştir. İç ve dış ortam arasındaki ilişkiyi belirten parametrelere ait korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri Çizelge 6.13’te verilmiştir. İç ortamdaki sıcaklık ve bağıl nem arasındaki negatif korelasyon beklenen bir sonuçtur. Pencere ve kapılar açık olduğundan iç ve dış değerler arasındaki farkın çok olmaması önemli bir korelasyonu ortaya çıkarmamıştır.

Çizelge 6.12 AD-1 dersliği yaz döneminde alınan ölçüm değerlerinin istatistiksel değerleri

	Parametre	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
İç Ortam	Öğr. Sayısı [n]	12.93	11	8.72	1	29
	Sıcaklık [°C]	26.391	26.200	1.601	23.300	29.70
	Bağıl Nem [%]	38.36	38.9	7.51	20.9	54.9
	CO <sub>2</sub> [ppm]	627	600	187.5	346	1000
	PM <sub>0.3</sub> [Parçacık]	49030000	49700000	7738345	32160000	63250000
	PM <sub>0.5</sub> [Parçacık]	19137956	16880000	7769098	6477000	33700000
	PM <sub>1</sub> [Parçacık]	10372578	7775000	6327615	2260000	22730000
	PM <sub>3</sub> [[Parçacık]]	2638189	1801000	1926327	348200	7888000
	PM <sub>5</sub> [Parçacık]	607860	491900	440120	84400	2105000
Dış Ortam	Sıcaklık [°C]	28.791	28.000	3.279	21.800	34.000
	Bağıl Nem [%]	31.26	30	9.49	17.1	60.5
	CO <sub>2</sub> [ppm]	391.4	390	33.01	343	533
	PM <sub>0.3</sub> [Parçacık]	36726444	36560000	13232324	5297000	72050000
	PM <sub>0.5</sub> [Parçacık]	13687111	12210000	6981909	3531000	33450000
	PM <sub>1</sub> [Parçacık]	5649622	4926000	3657367	1476000	18660000
	PM <sub>3</sub> [[Parçacık]]	1702353	1250000	1292812	303100	5213000
	PM <sub>5</sub> [Parçacık]	356360	262400	294134	105000	1374000

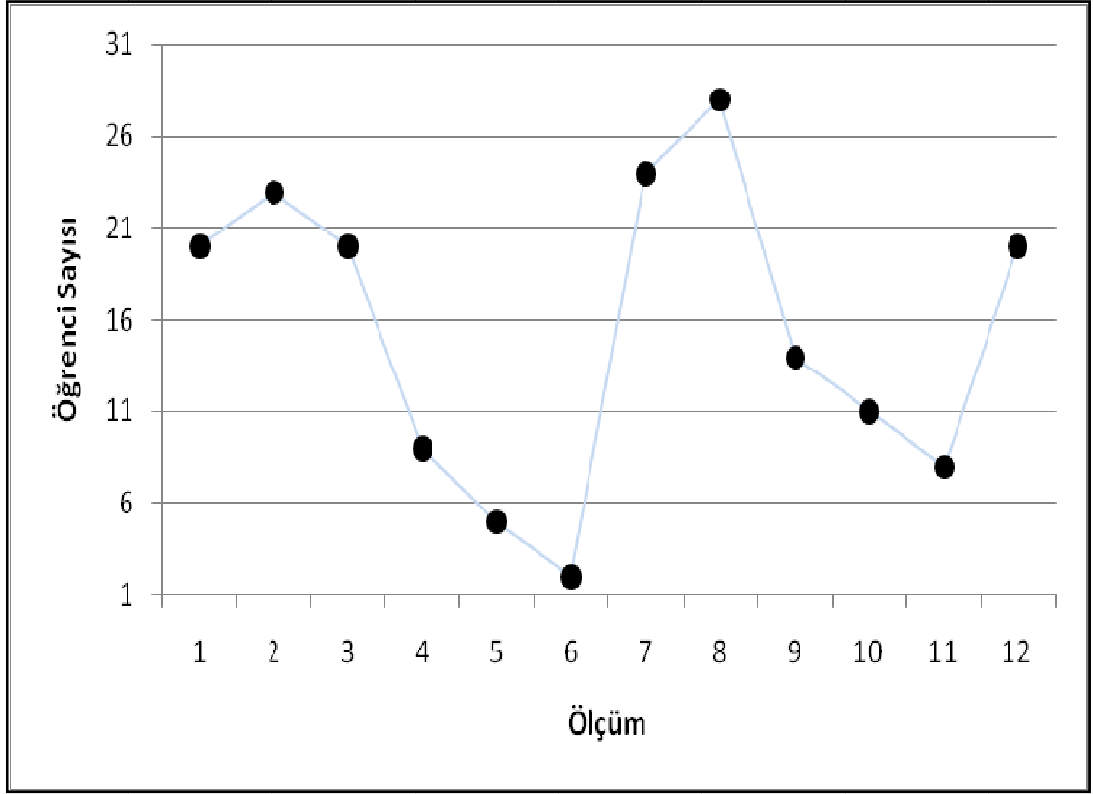
Çizelge 6. 13 AD-1 dersliği yaz dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

	Öğr.Say.	T <sub>(iç)</sub>	BN <sub>(iç)</sub>	CO <sub>2(iç)</sub>	PM <sub>1(iç)</sub>	PM <sub>2,5(iç)</sub>	PM <sub>7(iç)</sub>	PM <sub>10(iç)</sub>
T <sub>(iç)</sub>	0.064							
	0.676							
BN <sub>(iç)</sub>	-0.123	<b>-0.656</b>						
	0.422	<b>0</b>						
CO <sub>2(iç)</sub>	<b>0.816</b>	0.03	-0.1					
	<b>0</b>	0.843	0.513					
PM <sub>0,3(iç)</sub>	0.069	-0.031	0.16	0.009				
	0.653	0.841	0.294	0.954				
PM <sub>0,5(iç)</sub>	0.175	<b>-0.35</b>	0.099	0.269	0.343			
	0.251	<b>0.018</b>	0.516	0.074	0.021			
PM <sub>1(iç)</sub>	0.194	-0.446	0.184	0.2	0.259	0.857		
	0.201	0.002	0.226	0.187	0.086	0		
PM <sub>3(iç)</sub>	0.129	-0.409	0.206	0.18	0.206	0.857	0.903	
	0.4	0.005	0.175	0.236	0.174	0	0	
PM <sub>5(iç)</sub>	0.05	-0.286	0.228	0.094	0.27	0.769	0.791	0.952
	0.746	0.057	0.133	0.538	0.073	0	0	0
T <sub>(Dis)</sub>	0.386	0.003	-0.29	0.473	-0.036	0.523	0.482	0.56
	0.009	0.982	0.053	0.001	0.816	0	0.001	0
BN <sub>(Dis)</sub>	-0.278	-0.405	0.684	-0.294	0.005	-0.243	-0.16	-0.226
	0.064	0.006	0	0.05	0.974	0.107	0.292	0.136
CO <sub>2(Dis)</sub>	0.493	0.005	0.228	0.427	-0.004	-0.084	-0.084	-0.174
	0.001	0.973	0.132	0.003	0.979	0.581	0.585	0.253
PM <sub>0,3(Dis)</sub>	-0.085	0.141	0.199	-0.146	0.157	-0.17	-0.094	-0.247
	0.58	0.355	0.189	0.337	0.302	0.264	0.54	0.101
PM <sub>0,5(Dis)</sub>	0.112	-0.174	0.192	0.074	0.073	0.299	0.486	0.273
	0.462	0.252	0.205	0.63	0.632	0.046	0.001	0.07
PM <sub>1(Dis)</sub>	0.135	-0.195	0.23	0.192	-0.086	0.242	0.271	0.222
	0.376	0.2	0.128	0.206	0.576	0.109	0.072	0.144
PM <sub>3(Dis)</sub>	0.209	-0.33	0.219	0.22	-0.074	0.44	0.478	0.523
	0.169	0.027	0.149	0.147	0.631	0.002	0.001	0
PM <sub>5(Dis)</sub>	0.001	-0.063	0.137	0.06	-0.1	0.151	0.197	0.285
	0.995	0.679	0.369	0.695	0.512	0.321	0.195	0.058

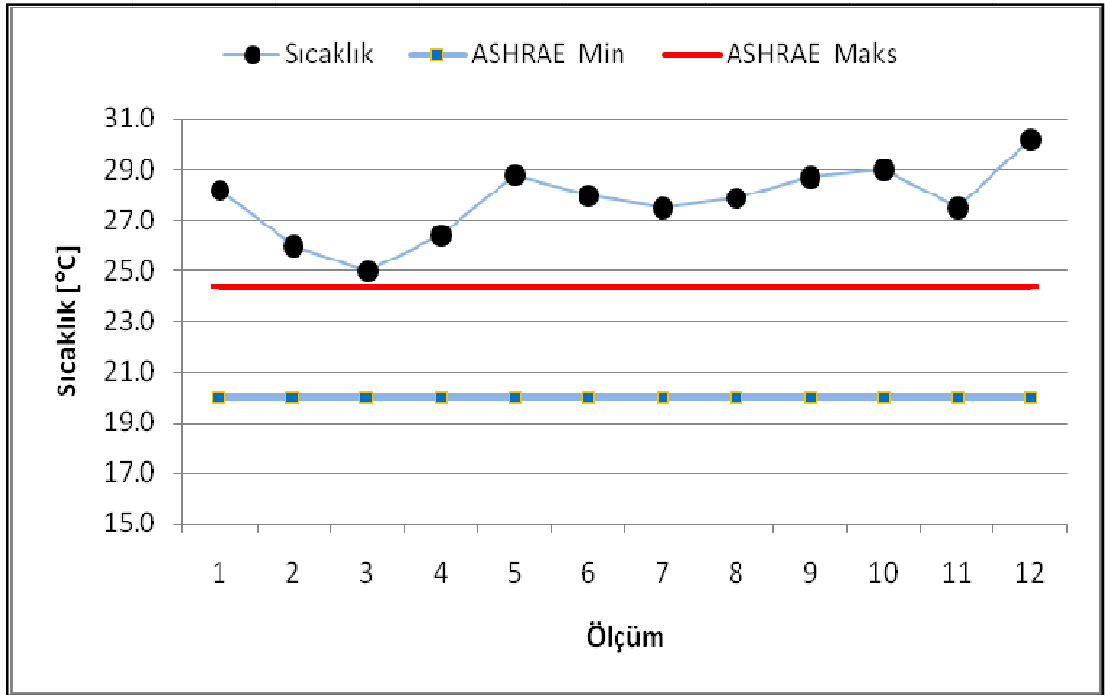
Çizelge 6.14 AD-1 Dersliği yaz dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

	TSP <sub>(iç)</sub>	T <sub>(Dış)</sub>	BN <sub>(Dış)</sub>	CO <sub>2</sub> <sub>(Dış)</sub>	PM <sub>1</sub> <sub>Dış</sub>	PM <sub>2.5</sub> <sub>(Dış)</sub>	PM <sub>7</sub> <sub>(Dış)</sub>	PM <sub>10</sub> <sub>(Dış)</sub>
T <sub>(Dış)</sub>	0.42							
	0.004							
BN <sub>(Dış)</sub>	-0.153	<b>-0.752</b>						
	0.314	<b>0</b>						
CO <sub>2</sub> <sub>Dış</sub>	-0.177	-0.068	0.252					
	0.244	0.659	0.094					
PM <sub>0.3</sub> <sub>(Dış)</sub>	-0.184	-0.453	0.416	0.134				
	0.227	0.002	0.004	0.381				
PM <sub>0.5</sub> <sub>(Dış)</sub>	0.192	0.09	0.082	0.049	0.422			
	0.207	0.556	0.591	0.749	0.004			
PM <sub>1</sub> <sub>(Dış)</sub>	0.163	0.123	0.05	0.104	0.227	0.72		
	0.283	0.42	0.745	0.499	0.133	0		
PM <sub>3</sub> <sub>(Dış)</sub>	0.409	0.456	-0.228	-0.018	-0.182	0.395	0.62	
	0.005	0.002	0.132	0.906	0.232	0.007	0	
PM <sub>5</sub> <sub>(Dış)</sub>	0.292	0.172	-0.044	-0.016	-0.054	0.259	0.603	0.598
	0.052	0.258	0.775	0.918	0.726	0.086	0	0

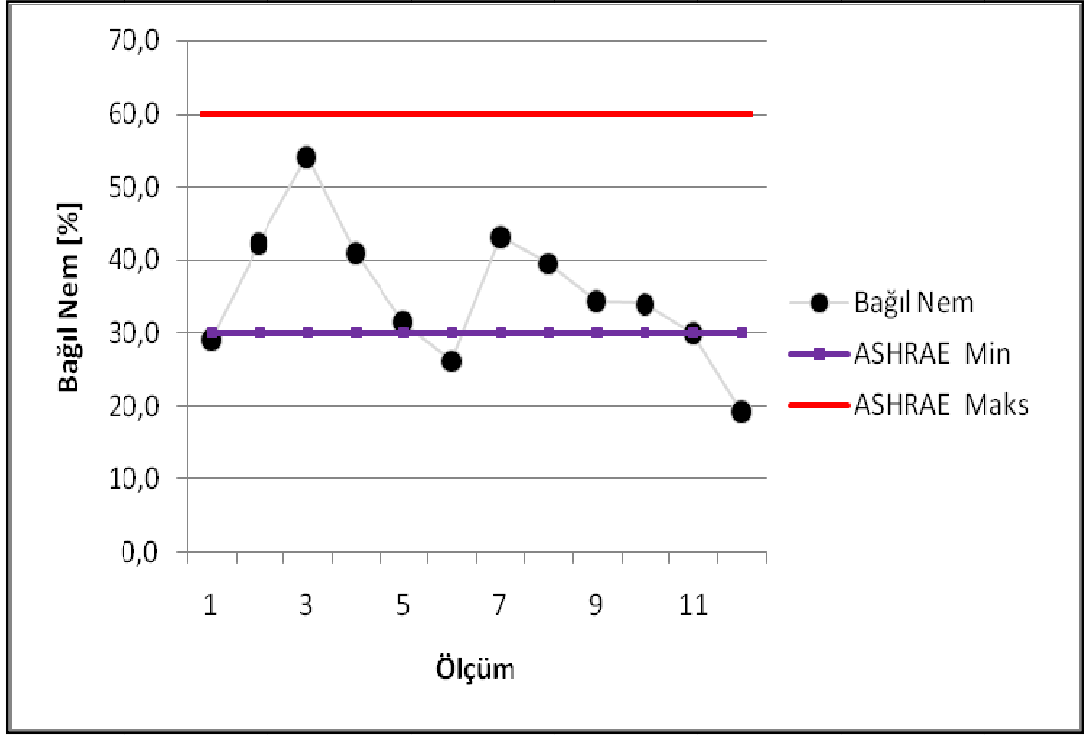
Şekil 6.26 ve 6.32 arasında AD-2 dersliğinde alınan ölçümlerin değişimi yaz dönemi için verilmiştir. AD-2 dersliğinde parametrelerde görülen değişim AD-1 dersliğinde görülen değişime benzerdir. İç sıcaklık konfor bölgesinin dışında (şekil 6.27) ve dış sıcaklığa yakın ( Şekil 6. 31) olduğu. iç bağıl nem (Şekil 6.28 ) ve CO<sub>2</sub> miktarının (Şekil 6.29) ise ASHRAE tarafından belirlenen sınırlar içerisinde kaldığı görülmüştür. İç PM/dış PM oranının ise AD-1'den farklı olarak bazı ölçümlerde 1'in altında kaldığı tespit edilmiştir.



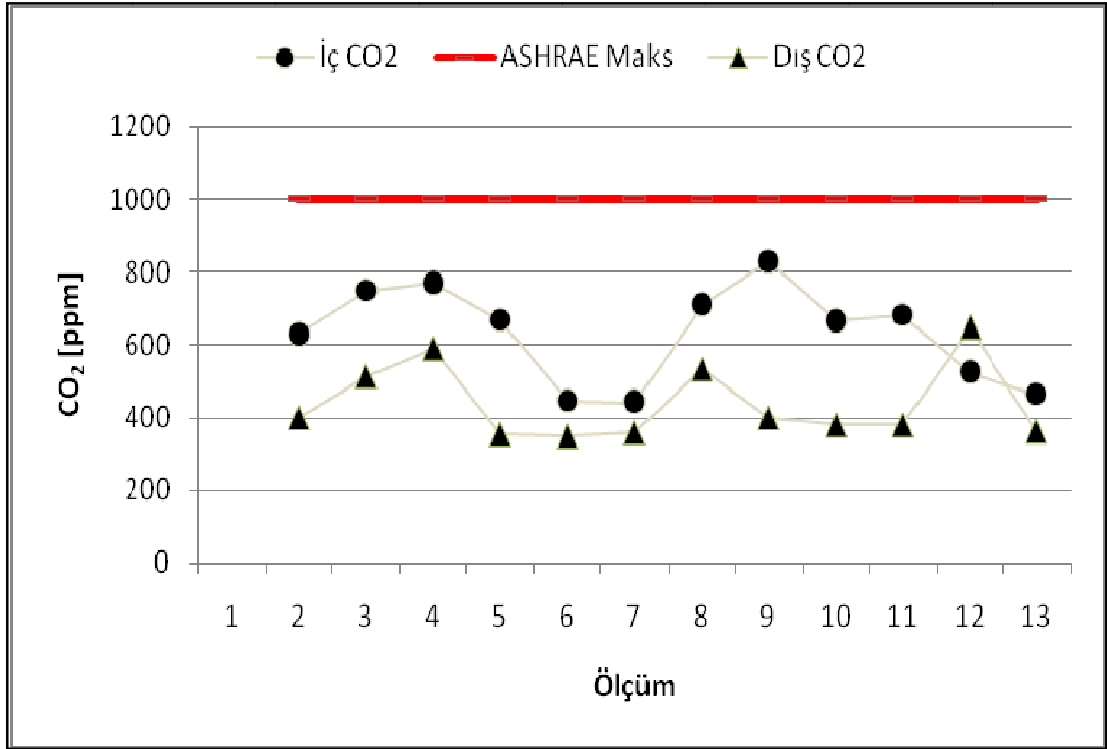
Şekil 6.26 AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi



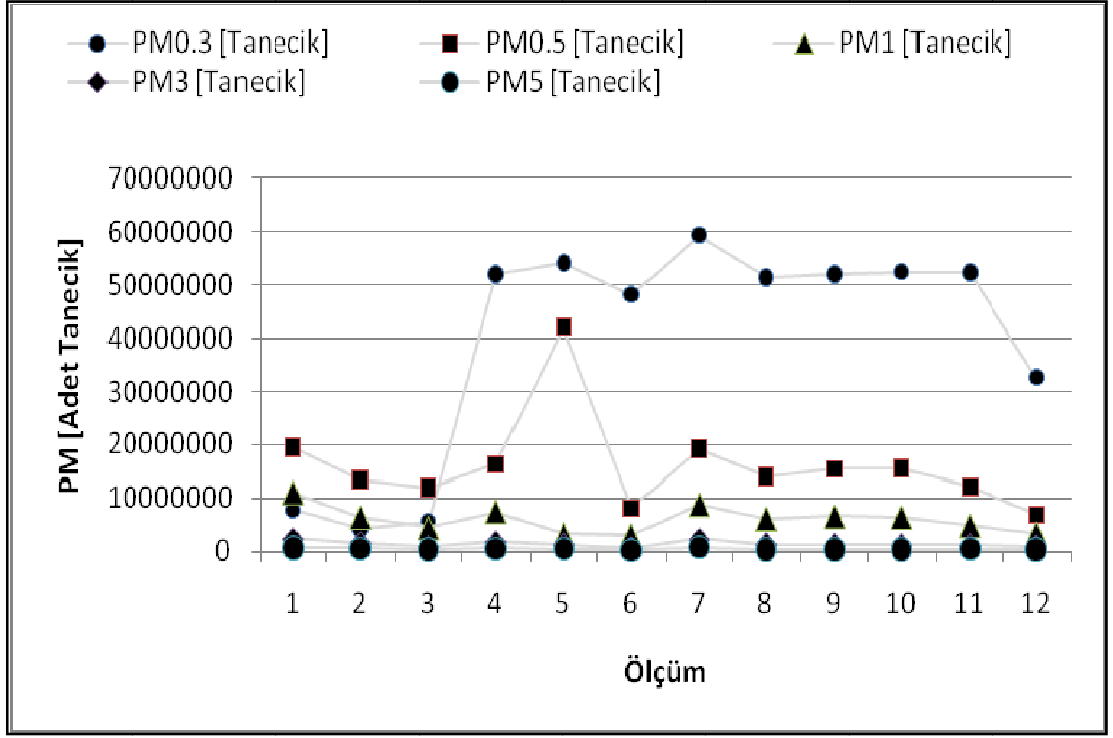
Şekil 6.27 AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi



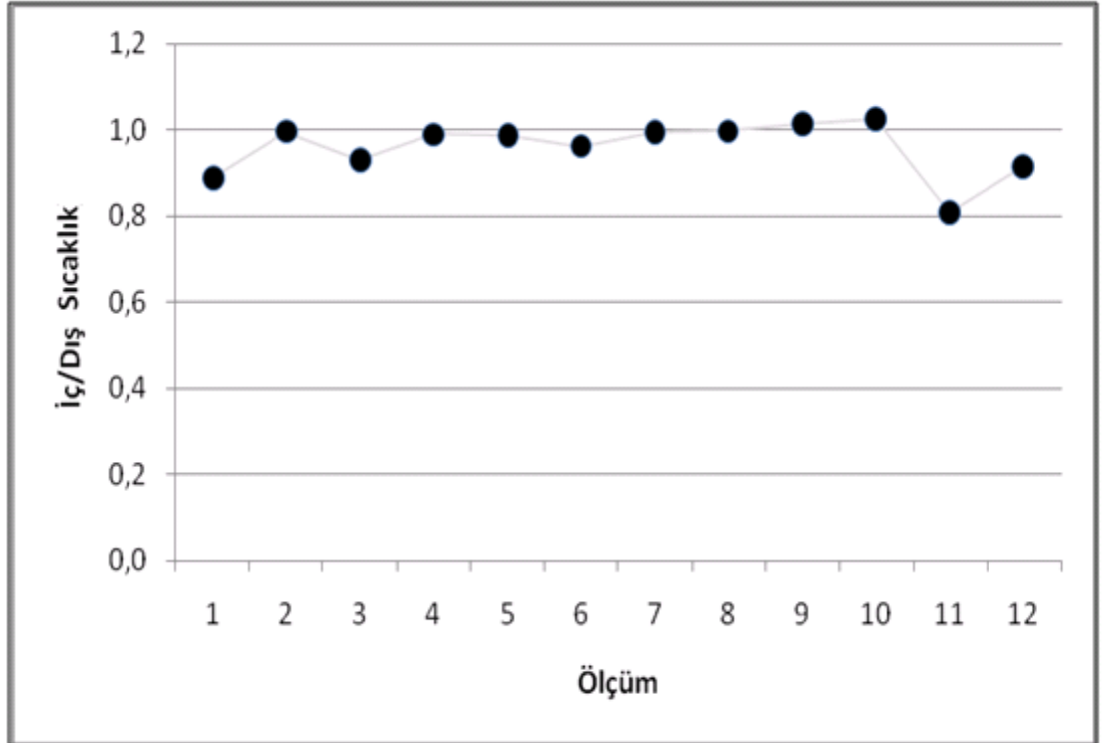
Şekil 6.28 AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi



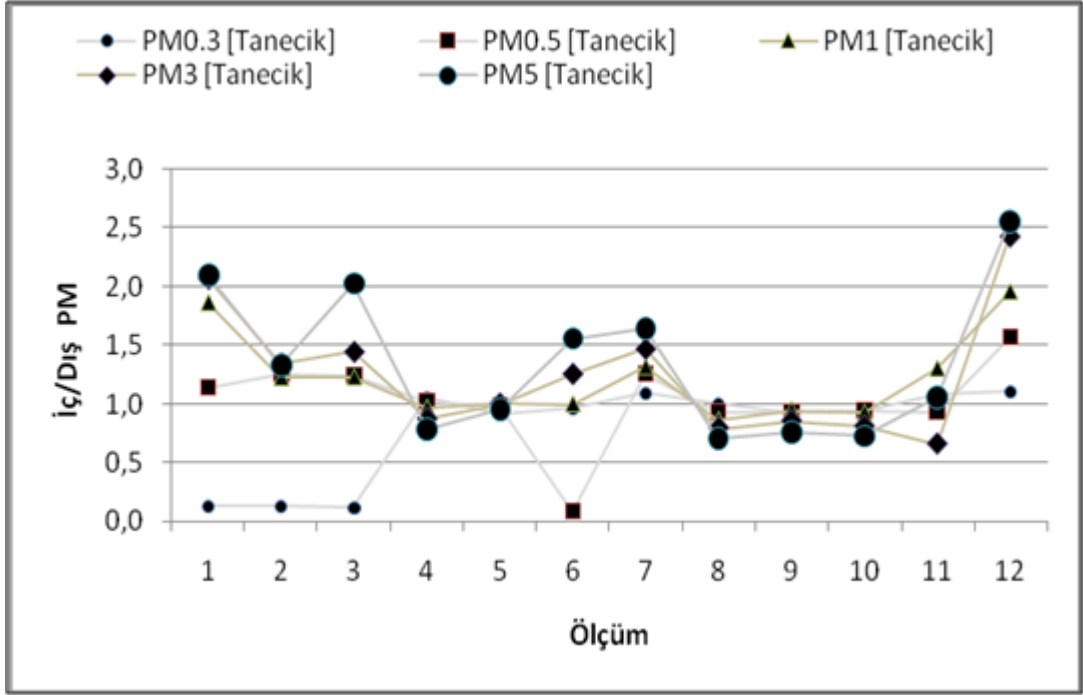
Şekil 6.29 AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre CO<sub>2</sub> değişimi



Şekil 6.30 AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre PM değişimi



Şekil 6.31 AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre iç/dış sıcaklık değişimi



Şekil 6.32 AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre iç/dış PM oranının değişimi

Çizelge 6.15'te AD-2 dersliği yaz döneminde alınan ölçümlerin istatistiksel değerleri verilmiştir. Çizelge 6.16' de ise iç ve dış ortamlara ait parametrelerin korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri (p) gösterilmiştir. Sonuçlar genelde AD-1 dersliliği ile paraleldir.



Çizelge 6.15 AD-2 Dersliği yaz dönemi alınan ölçümlerin istatistiksel değerleri

	Parametre	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
İç Ortam	Öğr. Sayısı [n]	15,33	17	8,3	2	28
	Sıcaklık [°C]	27.767	27.95	1.428	25	30.2
	Bağıl Nem [%]	35,39	34,2	9,27	19,2	54,2
	CO <sub>2</sub> [ppm]	631,8	667	132,8	442	830
	PM <sub>0.3</sub> [Parçacık]	39367250	51685000	21146296	4239000	59400000
	PM <sub>0.5</sub> [Parçacık]	16218167	14685000	8993834	6964000	42110000
	PM <sub>1</sub> [Parçacık]	5887083	6164000	2385151	2958000	10930000
	PM <sub>3</sub> [[Parçacık]]	1441283	1349000	521429	689700	2384000
	PM <sub>5</sub> [Parçacık]	394375	355650	149375	203800	680500
Dış Ortam	Sıcaklık [°C]	29.083	28.3	2.523	26.1	34
	Bağıl Nem [%]	33,08	35,9	8,29	14,9	43,6
	CO <sub>2</sub> [ppm]	439,3	390	103,5	350	648
	PM <sub>0.3</sub> [Parçacık]	49319167	50635000	9631166	29640000	59450000
	PM <sub>0.5</sub> [Parçacık]	22766333	15650000	24841016	4454000	96000000
	PM <sub>1</sub> [Parçacık]	5068083	5519500	1977669	1685000	7608000
	PM <sub>3</sub> [[Parçacık]]	1304742	1461000	532066	415300	2045000
	PM <sub>5</sub> [Parçacık]	340500	369400	151499	111900	613400

Çizelge 6.16 AD-2 Dersliği yaz dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

	Öğr.Say.	Tiç	BNİç	CO <sub>2</sub> İç	PM <sub>1</sub> İç	PM <sub>2.5</sub> İç	PM <sub>7</sub> İç	PM <sub>10</sub> İç
T <sub>(iç)</sub>	-0.18							
	0.576							
BN <sub>(iç)</sub>	0.391	-0.844						
	0.209	0.001						
CO <sub>2</sub> (iç)	0.716	-0.557	0.794					
	0.009	0.06	0.002					
PM <sub>0.3</sub> (iç)	-0.414	0.441	-0.247	-0.257				
	0.181	0.151	0.439	0.419				
PM <sub>0.5</sub> (iç)	-0.241	0.133	0.045	-0.188	0.226			
	0.451	0.681	0.889	0.558	0.481			
PM <sub>1</sub> (iç)	0.443	-0.147	0.236	0.513	-0.174	0.047		
	0.149	0.649	0.461	0.088	0.588	0.886		
PM <sub>3</sub> (iç)	0.41	-0.087	0.177	0.337	-0.071	0.33	0.897	
	0.186	0.787	0.582	0.284	0.826	0.294	0	
PM <sub>5</sub> (iç)	0.359	-0.068	0.087	0.155	-0.066	0.349	0.753	0.956
	0.252	0.833	0.788	0.63	0.837	0.267	0.005	0

Çizelge 6.16'nın devam

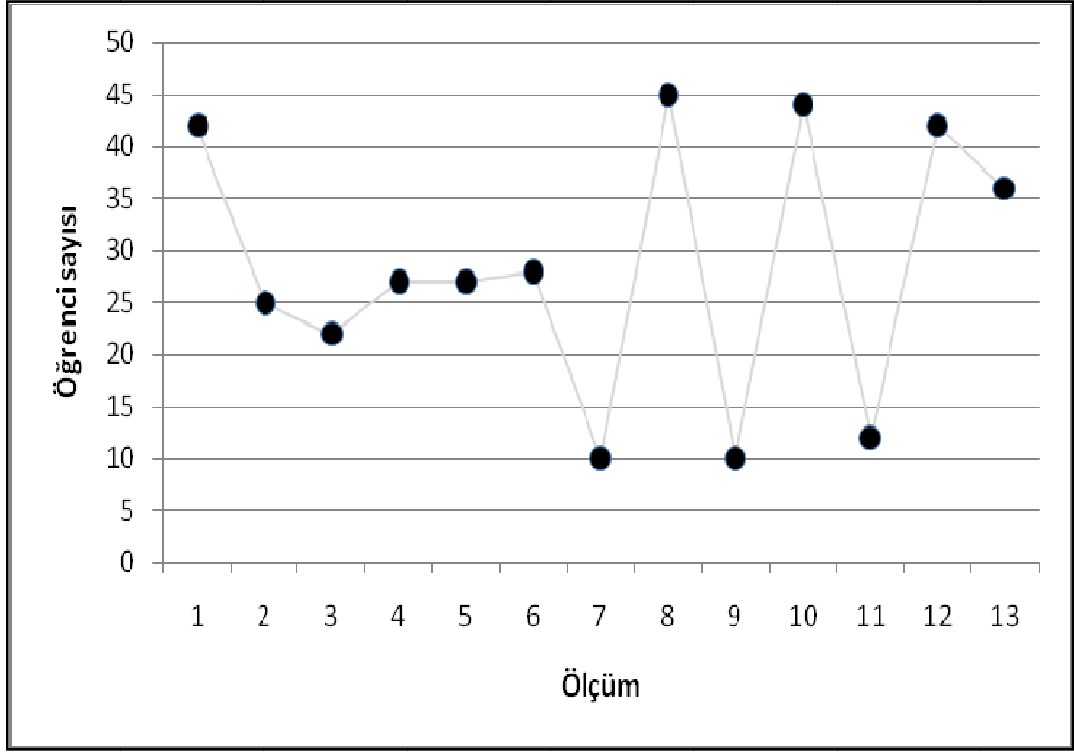
	Öğr.Say.	T <sub>(iç)</sub>	BN <sub>(iç)</sub>	CO <sub>2</sub> (iç)	PM <sub>1</sub> (iç)	PM <sub>2.5</sub> (iç)	PM <sub>7</sub> (iç)	PM <sub>10</sub> (iç)
T <sub>(Dış)</sub>	-0.201	0.57	-0.76	-0.636	0.075	-0.113	-0.139	-0.104
	0.532	0.053	0.004	0.026	0.817	0.726	0.666	0.747
BN <sub>(Dış)</sub>	0.304	-0.642	0.919	0.781	0.015	0.229	0.304	0.256
	0.337	0.024	0	0.003	0.964	0.474	0.337	0.421
CO <sub>2</sub> (Dış)	0.25	-0.591	0.475	0.287	-0.268	-0.231	0.039	0.034
	0.433	0.043	0.119	0.366	0.399	0.47	0.904	0.916
PM <sub>0.3</sub> (Dış)	-0.319	0.127	0.076	0.015	0.444	0.56	0.344	0.294
	0.312	0.694	0.815	0.964	0.148	0.059	0.273	0.354
PM <sub>0.5</sub> (Dış)	-0.644	0.123	-0.32	-0.541	0.259	0.088	-0.402	-0.375
	0.024	0.704	0.31	0.069	0.417	0.785	0.195	0.229
PM <sub>1</sub> (Dış)	0.28	-0.185	0.426	0.695	0.24	0.058	0.739	0.592
	0.378	0.566	0.167	0.012	0.452	0.858	0.006	0.043
PM <sub>3</sub> (Dış)	-0.028	-0.111	0.243	0.355	0.523	0.302	0.442	0.475
	0.932	0.731	0.447	0.257	0.081	0.34	0.151	0.119
PM <sub>5</sub> (Dış)	-0.005	-0.059	0.224	0.325	0.494	0.449	0.429	0.537
	0.987	0.856	0.483	0.302	0.103	0.144	0.164	0.072

Çizelge 6.17 AD-2 Dersliği yaz dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

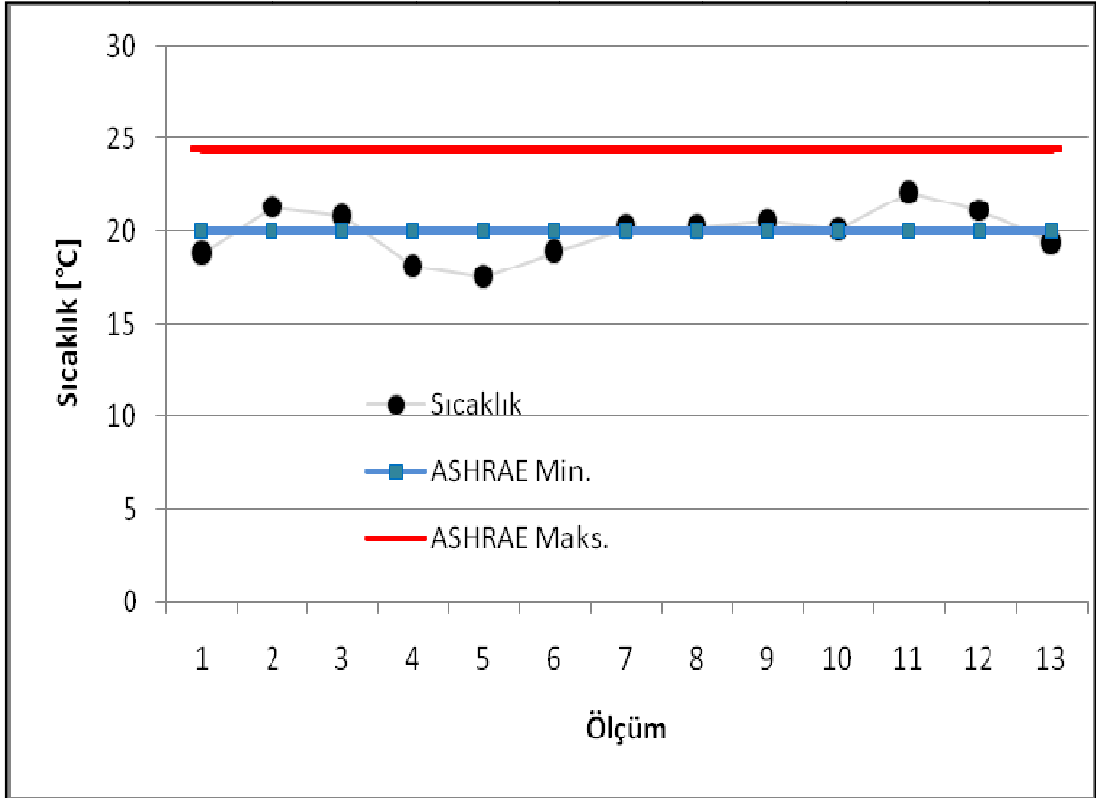
	TSP <sub>(iç)</sub>	T <sub>(Dış)</sub>	BN <sub>(Dış)</sub>	CO <sub>2</sub> (Dış)	PM <sub>1</sub> (Dış)	PM <sub>2.5</sub> (Dış)	PM <sub>7</sub> (Dış)	PM <sub>10</sub> (Dış)
T <sub>(Dış)</sub>	0.012							
	0.97							
BN <sub>(Dış)</sub>	0.116	-0.848						
	0.72	0						
CO <sub>2</sub> (Dış)	0.108	0.094	0.244					
	0.739	0.771	0.445					
PM <sub>0.3</sub> (Dış)	0.149	-0.062	0.337	-0.197				
	0.643	0.848	0.285	0.54				
PM <sub>0.5</sub> (Dış)	-0.324	-0.031	-0.183	-0.353	0.264			
	0.304	0.923	0.568	0.26	0.408			
PM <sub>1</sub> (Dış)	0.371	-0.515	0.621	-0.137	0.439	-0.31		
	0.236	0.086	0.031	0.672	0.154	0.327		
PM <sub>3</sub> (Dış)	0.369	-0.169	0.408	0.08	0.435	-0.315	0.745	
	0.238	0.6	0.188	0.804	0.157	0.318	0.005	
PM <sub>5</sub> (Dış)	0.442	-0.326	0.422	-0.191	0.386	-0.257	0.753	0.928
	0.15	0.3	0.171	0.552	0.215	0.42	0.005	0

### 6.3 Yerleşke II Kış Dönemi Ölçümlerinin Analizi

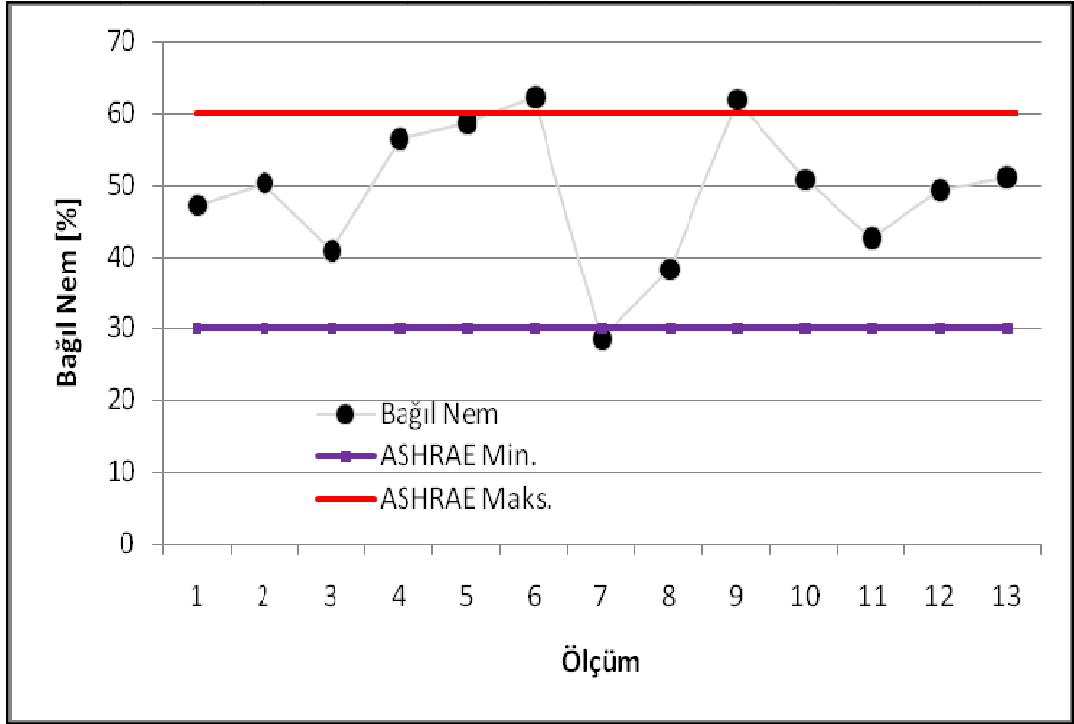
Yerleşke II’de BD-2 ve BD-3 kodlu dersliklerde iç hava kalitesi ölçümleri alınmıştır. Şekil 6.33’te öğrenci sayısının ölçümlere göre değişimi verilmiştir. Ölçüm alınan en düşük öğrenci sayısı 10’dur. Şekil 6.34 ve 6.35’te iç ortam sıcaklık ve bağıl neminin değişimi gösterilmiştir. İç ortam sıcaklık değerlerinin genelde ASHRAE tarafından önerilen sınır değerleri arasında kaldığı görülmüştür. İç bağıl nem değerlerinin de standartlarda belirtilen değerler arasında kaldığı belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> miktarının ise sınır değer olan 1000 ppm değerini aştığı ölçümler olmasına rağmen, sınır değerinin altında kalan değerler daha fazladır. Ölçümler sırasında pencereler kapalı olmasına rağmen derslik kapılarının açık olması bu sonucu ortaya çıkarmıştır. Farklı çaplardaki PM miktarlarının değişimi Şekil 6.37’de verilmiştir. Farklı çaplardaki partikül maddelerin benzer değişimi gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca küçük çaptaki PM’lerin ölçümler sonucunda dalgalanmasının genelde büyük çaplı PM’lere göre daha az olduğu görülmektedir. İç/dış PM oranının değişimi ise Şekil 6.38’de gösterilmiştir. Şekilden oranın genelde 1’den büyük olduğu görülmüştür. Bu durum iç ortamdaki öğrencilerden ve hareketlerinden kaynaklanmaktadır.



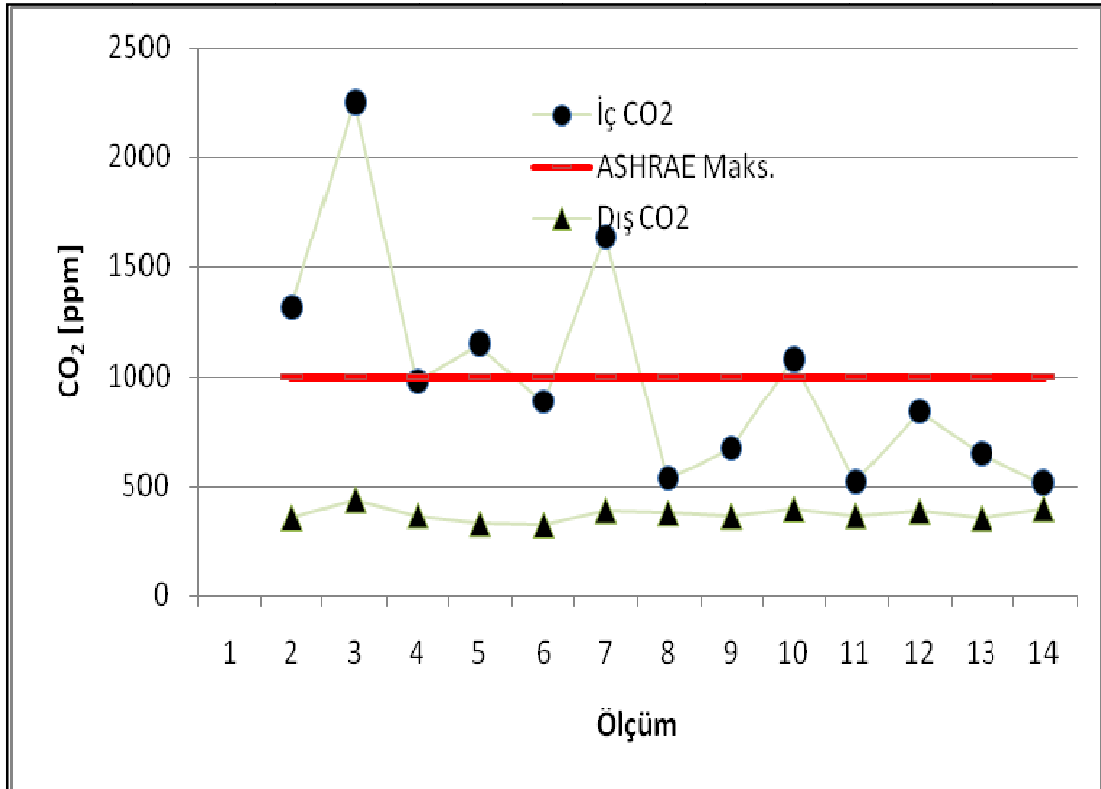
Şekil 6.33 BD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi



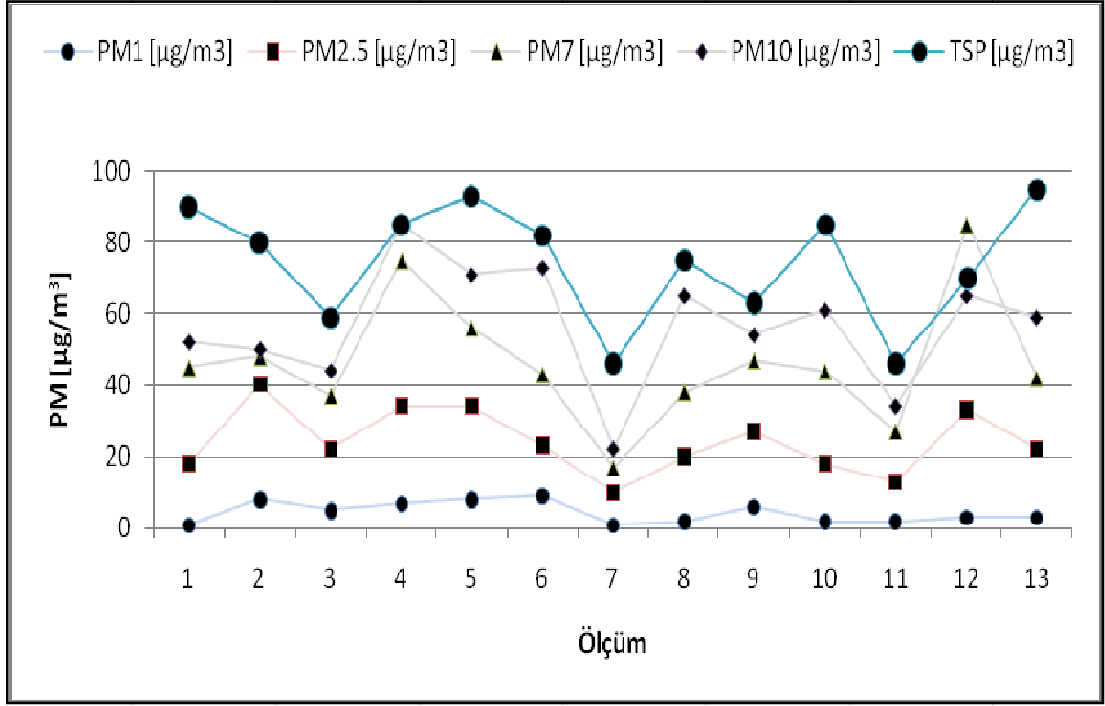
Şekil 6.34 BD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi



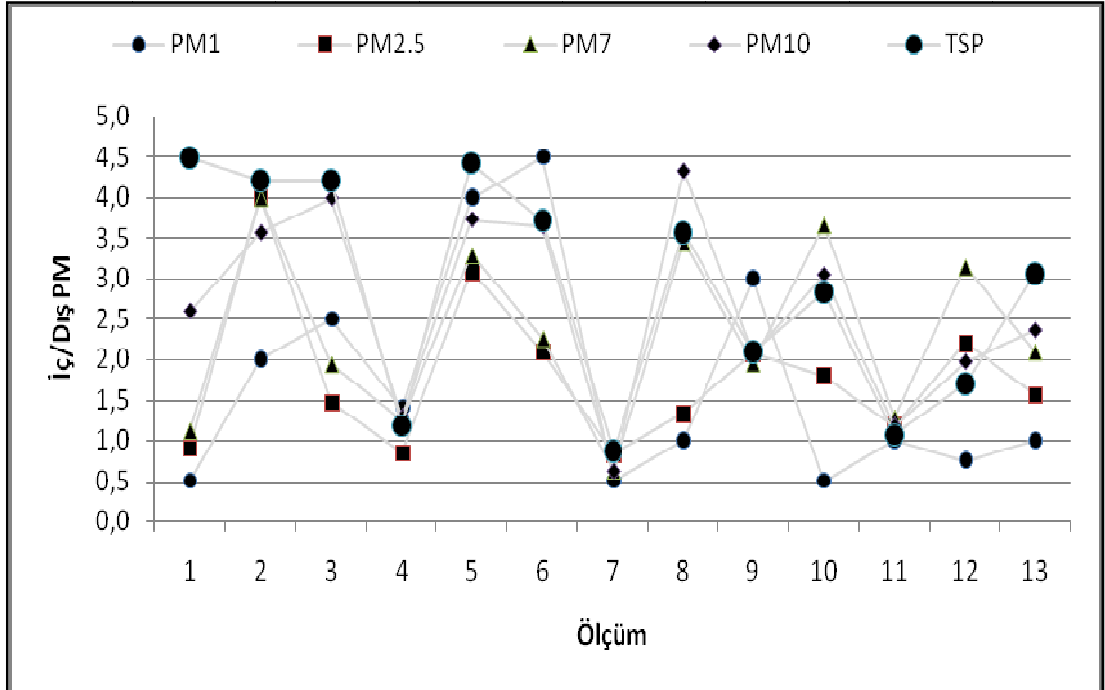
Şekil 6.35 BD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi



Şekil 6.36 BD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre CO<sub>2</sub> değişimi



Şekil 6.37 BD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre PM değişimi



Şekil 6.38 BD-2 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre iç/dış PM değişimi

BD-2 dersliğinde kış döneminde alınan ölçümlerin istatistiksel değerleri Çizelge 6.18’de verilmiştir. İç sıcaklık 17.5 °C ve 22.1 °C arasında, iç bağıl nem % 28.5 ile % 62.2 arasında ve CO<sub>2</sub> miktarının ise 513 ppm ile 2250 ppm arasında kaldığı görülmüştür. Çizelge 6.19 ve 6.20’de ise ölçüm parametreleri arasındaki ilişkiyi belirten korelasyon katsayı ve önem seviyesi değerleri verilmiştir.

Çizelge 6.18 BD-2 Dersliği kış dönemi ölçüm istatistiksel değerleri

	Parametre	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
İç Ortam	Öğr. Sayısı [n]	28.46	27	12.75	10	45
	Sıcaklık [°C]	19.923	20.2	1.325	17.5	22.1
	Bağıl Nem [%]	49.08	50.3	9.74	28.5	62.2
	CO <sub>2</sub> [ppm]	1001	883	505	513	2250
	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	4.385	3	2.902	1	9
	PM <sub>2.5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	24.15	22	8.94	10	40
	PM <sub>7</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	46.46	44	17.89	17	85
	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	56.54	59	16.8	22	85
	TSP [µg/m <sup>3</sup> ]	74.54	80	16.65	46	95
Dış Ortam	Sıcaklık [°C]	14.13	13.7	4.03	7.7	21.3
	Bağıl Nem [%]	56.69	50.7	24.69	29.8	94.3
	CO <sub>2</sub> [ppm]	375.15	370	30.32	326	441
	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	2.769	2	1.092	2	5
	PM <sub>2.5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	15.15	13	7.97	10	40
	PM <sub>7</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	23.77	20	13.39	11	60
	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	25.69	20	14.16	11	66
	TSP [µg/m <sup>3</sup> ]	32.08	30	16.41	14	72

Çizelge 6.19 BD-2 Dersliği kış dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

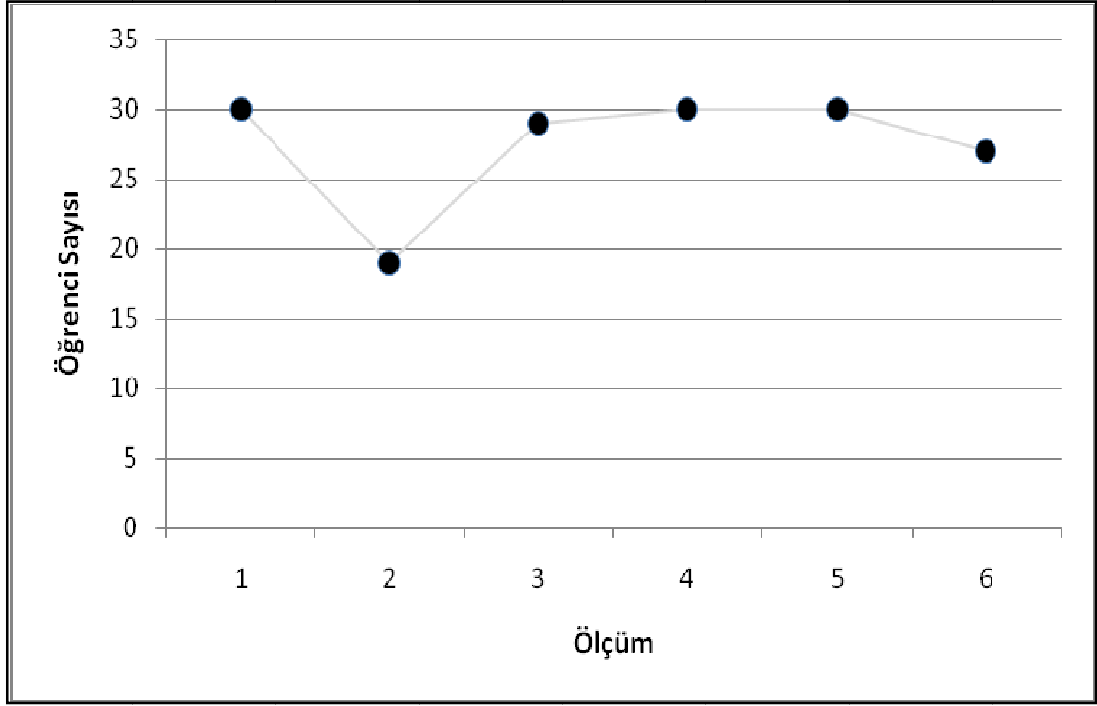
	Öğr.Say.	T <sub>(İç)</sub>	BN <sub>(İç)</sub>	CO <sub>2</sub> (İç)	PM <sub>1</sub> (İç)	PM <sub>2.5</sub> (İç)	PM <sub>7</sub> (İç)	PM <sub>10</sub> (İç)
T <sub>(İç)</sub>	-0.253							
	0.405							
BN <sub>(İç)</sub>	0.073	-0.445						
	0.812	0.127						
CO <sub>2</sub> (İç)	-0.155	-0.008	0.386					
	0.614	0.979	0.193					
PM <sub>1</sub> (İç)	-0.242	-0.349	<b>0.719</b>	<b>0.657</b>				
	0.426	0.242	<b>0.006</b>	<b>0.015</b>				
PM <sub>2.5</sub> (İç)	0.131	-0.218	<b>0.603</b>	<b>0.524</b>	<b>0.73</b>			
	0.67	0.474	<b>0.029</b>	<b>0.066</b>	<b>0.005</b>			
PM <sub>7</sub> (İç)	0.419	-0.286	0.555	0.111	0.359	<b>0.765</b>		
	0.154	0.343	0.049	0.717	0.228	<b>0.002</b>		
PM <sub>10</sub> (İç)	0.533	<b>-0.625</b>	<b>0.719</b>	0.139	0.525	0.607	0.747	
	0.061	<b>0.022</b>	<b>0.006</b>	0.651	0.065	0.028	0.003	
TSP <sub>(İç)</sub>	0.675	-0.701	0.581	0.194	0.318	0.47	0.469	0.744
	0.011	0.008	0.037	0.525	0.29	0.105	0.106	0.004
T <sub>(Dış)</sub>	-0.195	0.842	-0.33	0.033	-0.311	-0.216	-0.363	-0.599
	0.524	0	0.271	0.915	0.301	0.479	0.222	0.031
BN <sub>(Dış)</sub>	-0.014	-0.672	0.848	0.101	0.616	0.438	0.552	0.711
	0.965	0.012	0	0.742	0.025	0.135	0.05	0.006
CO <sub>2</sub> (Dış)	-0.29	0.597	-0.041	0.472	0.098	-0.015	-0.411	-0.436
	0.336	0.031	0.895	0.104	0.751	0.96	0.163	0.137
PM <sub>1</sub> (Dış)	0.326	-0.031	0.237	0.118	0.162	0.55	0.667	0.457
	0.278	0.921	0.435	0.701	0.597	0.051	0.013	0.116
PM <sub>2.5</sub> (Dış)	0.106	-0.437	0.138	0.037	0.098	0.252	0.5	0.481
	0.731	0.136	0.654	0.906	0.75	0.406	0.082	0.096
PM <sub>7</sub> (Dış)	-0.072	-0.414	0.126	0.039	0.007	0.117	0.427	0.269
	0.816	0.159	0.682	0.898	0.983	0.704	0.146	0.374
PM <sub>10</sub> (Dış)	-0.189	-0.261	0.09	-0.166	0.021	0.12	0.414	0.265
	0.535	0.389	0.769	0.589	0.945	0.696	0.16	0.382
TSP <sub>(Dış)</sub>	-0.267	-0.076	-0.105	-0.287	-0.139	-0.047	0.243	0.055
	0.378	0.804	0.732	0.341	0.651	0.88	0.425	0.857



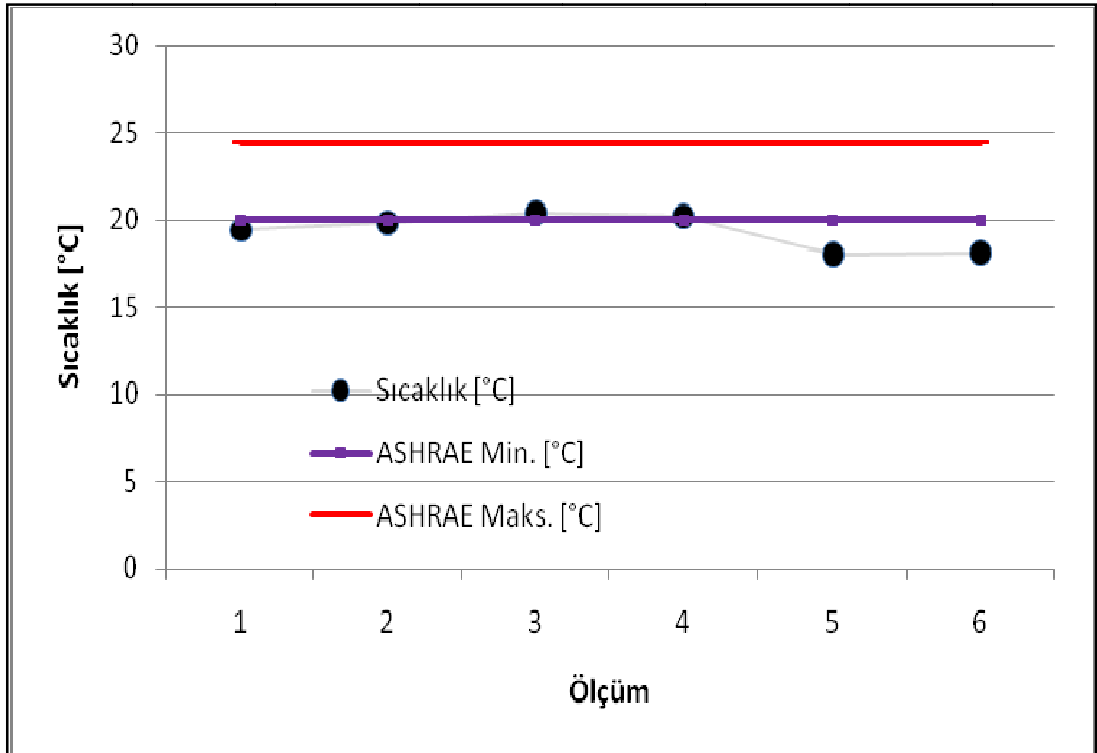
Çizelge 6.20 BD-2 Dersliği kış dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

	TSP <sub>(İç)</sub>	T <sub>(Dış)</sub>	BN <sub>(Dış)</sub>	CO <sub>2(Dış)</sub>	PM <sub>1(Dış)</sub>	PM <sub>2.5(Dış)</sub>	PM <sub>7(Dış)</sub>	PM <sub>10(Dış)</sub>
T <sub>(Dış)</sub>	-0.455							
	0.118							
BN <sub>(Dış)</sub>	0.471	-0.673						
	0.104	0.012						
CO <sub>2(Dış)</sub>	-0.213	0.594	-0.342					
	0.484	0.032	0.252					
PM <sub>1(Dış)</sub>	0.342	-0.176	0.161	-0.059				
	0.253	0.565	0.599	0.848				
PM <sub>2.5(Dış)</sub>	0.225	-0.438	0.299	-0.505	0.503			
	0.46	0.134	0.322	0.078	0.08			
PM <sub>7(Dış)</sub>	0.091	-0.435	0.356	-0.468	0.367	0.903		
	0.768	0.137	0.232	0.106	0.218	0		
PM <sub>10(Dış)</sub>	-0.061	-0.455	0.386	-0.391	0.54	0.792	0.836	
	0.844	0.118	0.193	0.186	0.057	0.001	0	
TSP <sub>(Dış)</sub>	-0.248	-0.333	0.207	-0.301	0.494	0.635	0.702	0.96
	0.414	0.266	0.498	0.317	0.086	0.02	0.008	0

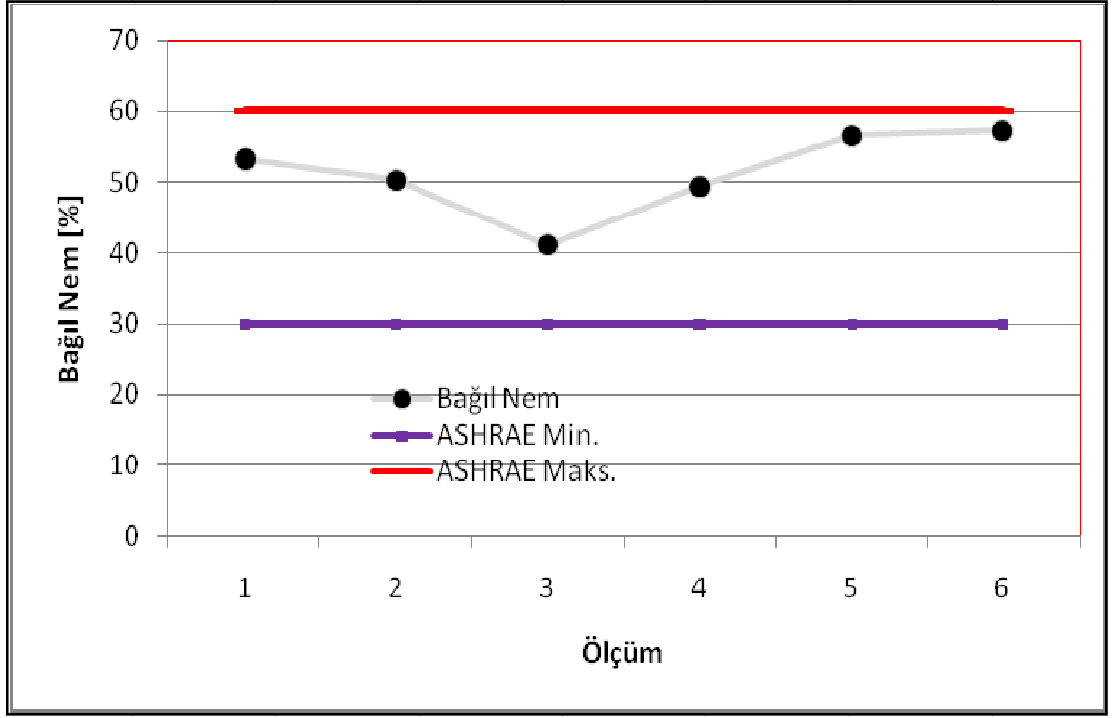
Şekil 6.39 ve 6.44 arasında BD-3 dersliği için iç ve dış ortamda kış boyunca alınan ölçüm sonuçlarının değişimi verilmiştir. İç ortam sıcaklığı 20 °C civarında olup sadece birkaç ölçümde düşük çıkmıştır (Şekil 6.40). İç ortam bağıl nem değerinin ASHRAE standartlarında verilen sınırlar arasında kaldığı ve % 40-60 arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.41). CO<sub>2</sub> miktarının 1000 ppm üzerindeki değerlerde değiştiği gözlenmiştir (Şekil 6.42). Şekil 6.43'te görüldüğü gibi PM'ler fazla bir dalgalanma göstermemektedir. İç/dış PM oranı ise 1'den büyük olduğu görülmüştür (Şekil 6.44).



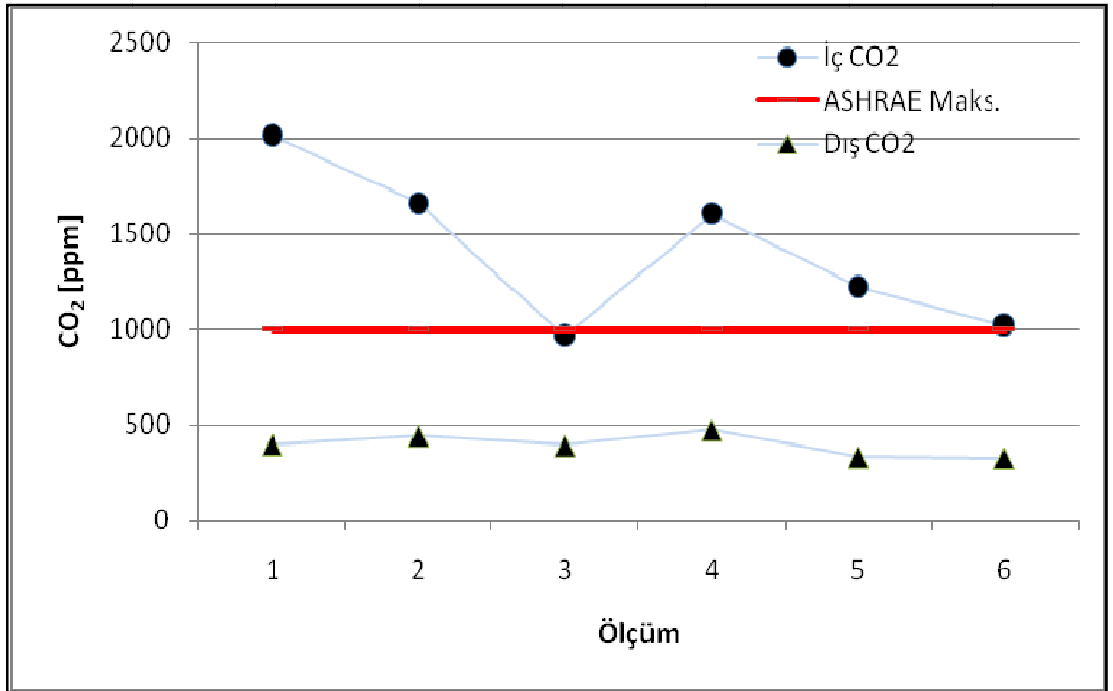
Şekil 6.39 BD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi



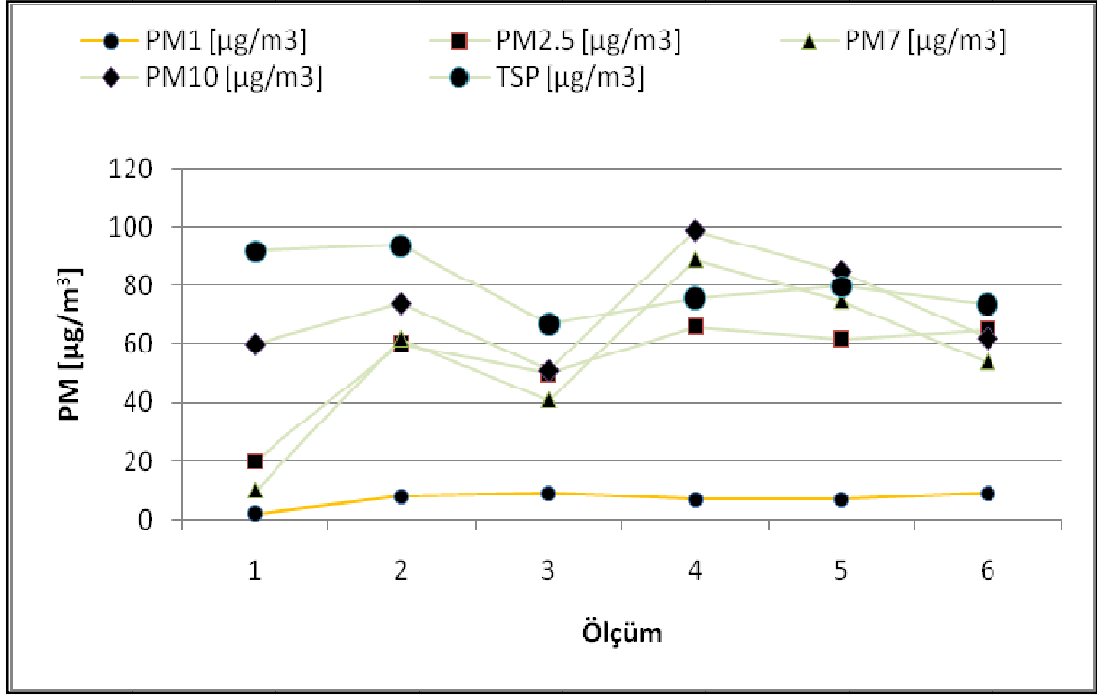
Şekil 6.40 BD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi



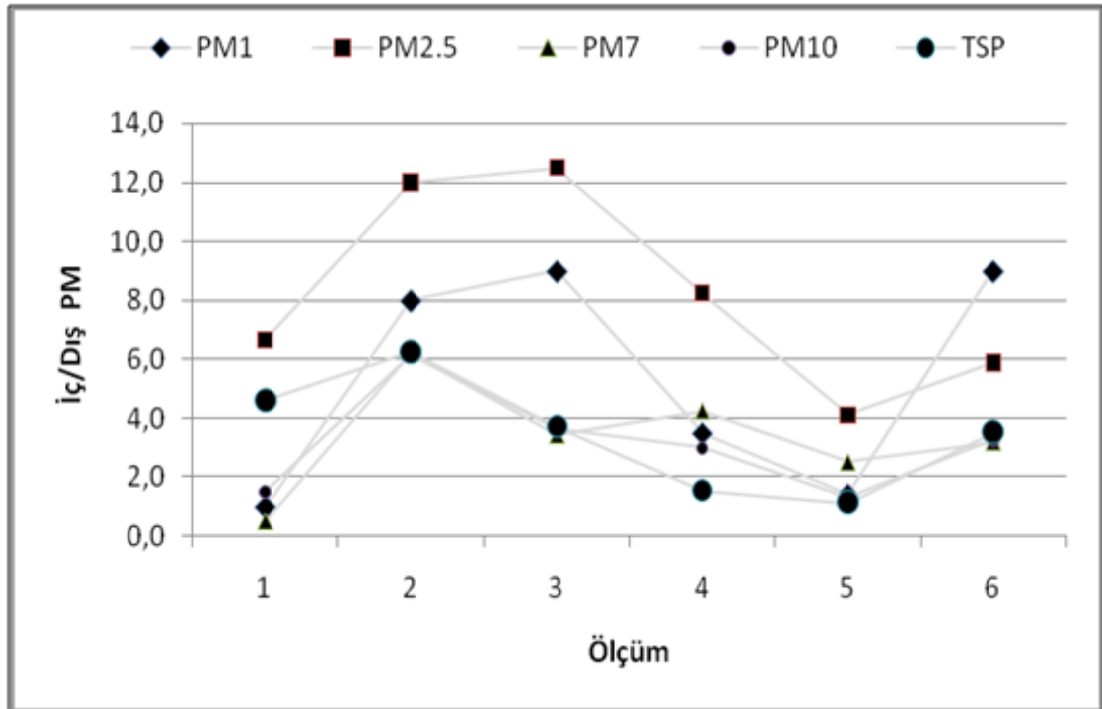
Şekil 6. 41 BD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi



Şekil 6.42 BD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre CO<sub>2</sub> değişimi



Şekil 6.43 BD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre PM değişimi



Şekil 6.44 BD-3 Dersliği kış dönemi ölçümlere göre iç/dış PM değişimi

Çizelge 6.21’de BD-3 dersliği için alınan ölçümlerin istatistiksel parametreleri (ortalama, medyan, standart sapma, minimum ve maksimum ) verilmiştir. Ölçüm parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri ise Çizelge 6.22 ve Çizelge 6.23’ te sunulmuştur.

Çizelge 6.21 BD-3 Dersliği kış dönemi ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi

	Parametre	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
İç Ortam	Öğr. Sayısı [n]	27.5	29.5	4.32	19	30
	Sıcaklık [°C]	19.317	19.6	1.04	18	20.4
	Bağıl Nem [%]	51.32	51.8	5.93	41.1	57.2
	CO <sub>2</sub> [ppm]	1414	1413	413	964	2016
	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	7	7.5	2.61	2	9
	PM <sub>2.5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	53.83	61	17.53	20	66
	PM <sub>7</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	55.2	58	27.7	10	89
	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	71.83	68	17.81	51	99
	TSP [µg/m <sup>3</sup> ]	80.5	78	10.58	67	94
Dış Ortam	Sıcaklık [°C]	14.18	15.15	4.98	7.7	19.5
	Bağıl Nem [%]	53.1	38.7	27.2	32	88.5
	CO <sub>2</sub> [ppm]	395.3	396.5	59.6	326	475
	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	2	1.5	1.549	1	5
	PM <sub>2.5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	7.67	6.5	4.63	3	15
	PM <sub>7</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	18.33	18.5	7.17	10	30
	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	30.67	26	20.51	12	66
	TSP [µg/m <sup>3</sup> ]	32.67	20.5	23.11	15	72

Çizelge 6.22 B D-3 Dersliği kış dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

	Öğr.Say.	T <sub>(İç)</sub>	BN <sub>(İç)</sub>	CO <sub>2</sub> (İç)	PM <sub>1</sub> (İç)	PM <sub>2.5</sub> (İç)	PM <sub>7</sub> (İç)	PM <sub>10</sub> (İç)
T <sub>(İç)</sub>	-0.122							
	0.817							
BN <sub>(İç)</sub>	0.029	-0.883						
	0.956	0.02						
CO <sub>2</sub> (İç)	-0.118	0.27	0.151					
	0.824	0.604	0.775					
PM <sub>1</sub> (İç)	-0.337	-0.015	-0.254	-0.827				
	0.514	0.978	0.628	0.042				
PM <sub>2.5</sub> (İç)	-0.257	-0.193	0.099	-0.574	0.831			
	0.623	0.714	0.852	0.233	0.04			
PM <sub>7</sub> (İç)	-0.096	-0.074	0.099	-0.281	0.56	0.901		
	0.856	0.89	0.852	0.589	0.248	0.014		
PM <sub>10</sub> (İç)	0.069	-0.042	0.278	0.253	0	0.526	0.826	
	0.897	0.937	0.594	0.629	1.000	0.283	0.043	
TSP <sub>(İç)</sub>	-0.505	-0.046	0.366	0.828	-0.609	-0.416	-0.267	0.116
	0.307	0.931	0.475	0.042	0.199	0.412	0.609	0.826
T <sub>(Dış)</sub>	-0.394	0.764	-0.453	0.753	-0.436	-0.492	-0.341	-0.065
	0.439	0.077	0.367	0.084	0.387	0.321	0.509	0.903
BN <sub>(Dış)</sub>	0.24	-0.91	0.689	-0.594	0.335	0.469	0.31	0.104
	0.647	0.012	0.13	0.214	0.516	0.348	0.55	0.844
CO <sub>2</sub> (Dış)	-0.269	0.84	-0.517	0.576	-0.149	-0.03	0.205	0.398
	0.606	0.036	0.293	0.232	0.778	0.954	0.697	0.434
PM <sub>1</sub> (Dış)	0.448	-0.534	0.462	0.008	-0.248	0.081	0.317	0.493
	0.373	0.275	0.356	0.989	0.636	0.879	0.54	0.321
PM <sub>2.5</sub> (Dış)	0.23	-0.791	0.646	-0.467	0.331	0.632	0.62	0.481
	0.662	0.061	0.166	0.35	0.522	0.178	0.189	0.334
PM <sub>7</sub> (Dış)	0.658	-0.593	0.589	0.041	-0.342	0.047	0.283	0.522
	0.156	0.214	0.219	0.938	0.507	0.93	0.587	0.289
PM <sub>10</sub> (Dış)	0.58	-0.53	0.529	0.161	-0.456	-0.1	0.169	0.46
	0.228	0.279	0.281	0.761	0.363	0.85	0.748	0.359
TSP <sub>(Dış)</sub>	0.488	-0.397	0.363	-0.105	-0.023	0.384	0.638	0.739
	0.326	0.435	0.479	0.843	0.965	0.453	0.173	0.094

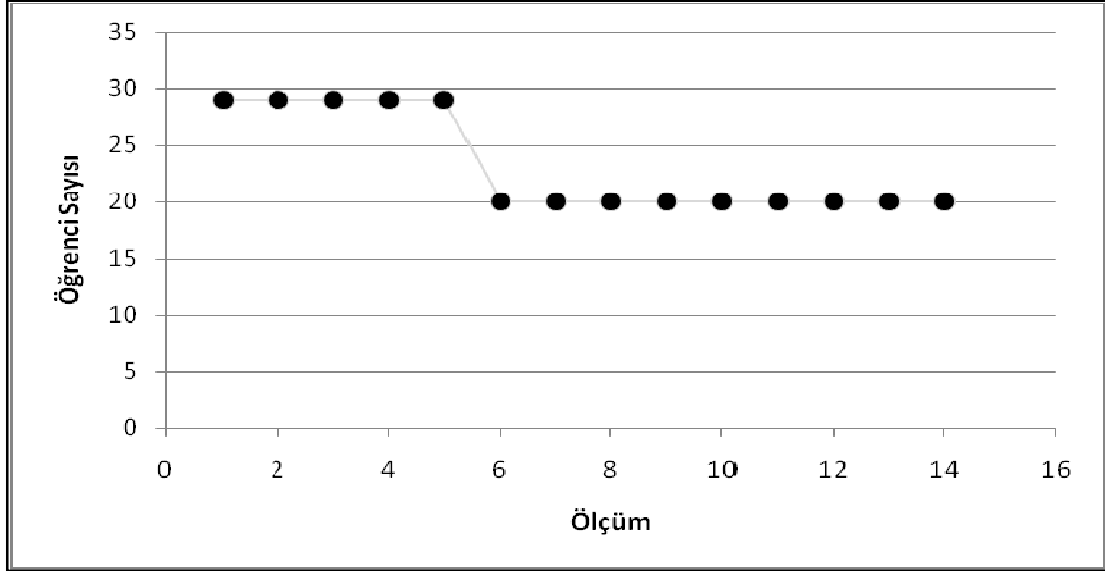
Çizelge 6.23 BD-3 Dersliği kış dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

	TSP <sub>iç</sub>	T <sub>(Dış)</sub>	BN <sub>(Dış)</sub>	CO <sub>2(Dış)</sub>	PM <sub>1(Dış)</sub>	PM <sub>2.5 (Dış)</sub>	PM <sub>7(Dış)</sub>	PM <sub>10(Dış)</sub>
T <sub>(Dış)</sub>	0.582							
	0.225							
BN <sub>(Dış)</sub>	-0.343	-0.952						
	0.505	0.003						
CO <sub>2(Dış)</sub>	0.283	0.822	-0.842					
	0.586	0.045	0.035					
PM <sub>1(Dış)</sub>	0.061	-0.506	0.495	-0.366				
	0.909	0.306	0.318	0.475				
PM <sub>2.5Dış</sub>	-0.273	-0.876	0.908	-0.592	0.697			
	0.6	0.022	0.012	0.216	0.124			
PM <sub>7(Dış)</sub>	-0.045	-0.565	0.572	-0.39	0.918	0.72		
	0.933	0.242	0.235	0.445	0.01	0.107		
PM <sub>10(Dış)</sub>	0.118	-0.431	0.443	-0.345	0.963	0.607	0.966	
	0.824	0.393	0.379	0.504	0.002	0.201	0.002	
TSP <sub>(Dış)</sub>	-0.17	-0.547	0.496	-0.177	0.905	0.776	0.892	0.853
	0.747	0.261	0.317	0.737	0.013	0.07	0.017	0.031

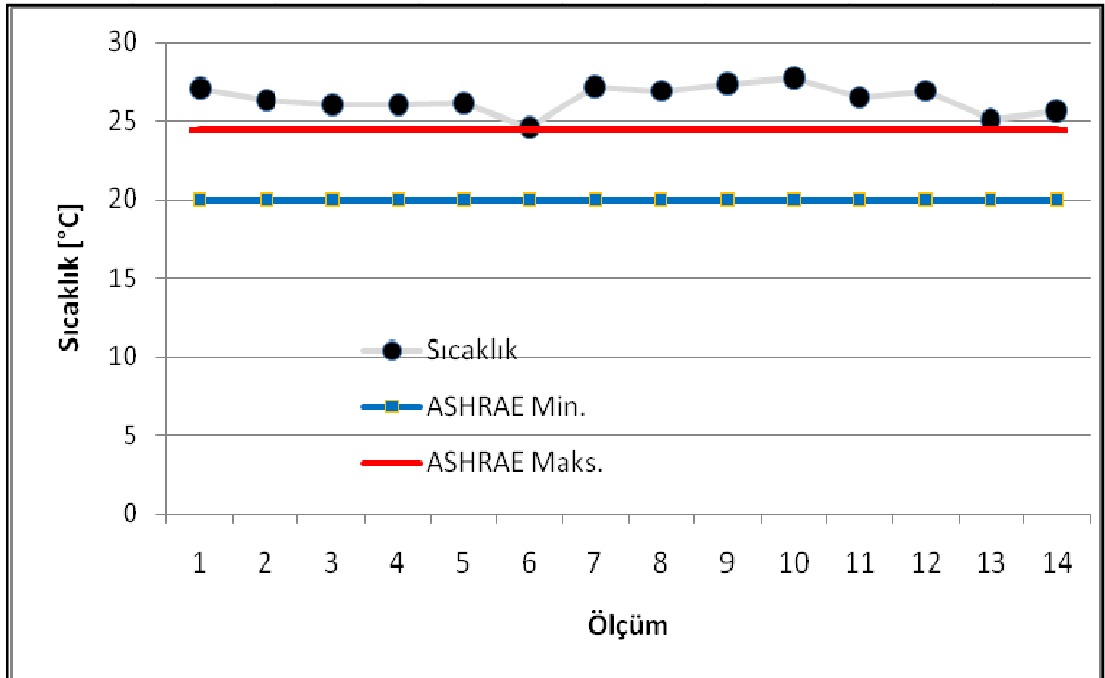
#### 6.4 Yerleşke II Yaz Ölçümlerinin Analizi

Yerleşke II'deki BD-1 ve BD-2 kodlu dersliklerde ölçümler Haziran ve Temmuz aylarında yapılmıştır. Dersliklerin iklimlendirilmesi split tip bir klima cihazı ile yapılmaktadır. Ölçüm sırasında pencereler kapalıdır. Şekil 6.45 ile Şekil 6.50 arasında ölçüm değerlerinin değişimi verilmiştir. İç ortam sıcaklıkları 25°C'nin üzerindedir (Şekil 6.46). Şekil 6.47'de görüldüğü gibi iç/dış sıcaklık oranı 1'in altında olmasına rağmen split klima soğutma yükünü karşılayamamaktadır. İç bağıl nem genelde ASHRAE'nin alt sınır olan %30'un altında kalmıştır (Şekil 6.48). Bu durum bölgenin dış ortam havasının bağıl nem değerlerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü bölge kurak bir özelliğe sahiptir. CO<sub>2</sub> miktarının değişimi Şekil 6. 49'da görüldüğü gibi ASHRAE tarafından önerilen 1000 ppm'in altında kaldığı belirlenmiştir. Şekil 6.50'de iç ortamda 1 m<sup>3</sup>'lük havada farklı çaplarıdaki (PM<sub>0.3</sub>, PM<sub>0.5</sub>, PM<sub>1</sub>, PM<sub>3</sub> ve PM<sub>5</sub>) partiküllerin değişimi verilmiştir. PM'ler fazla bir dalgalanma göstermemektedir. Şekil 6.51'de ise iç/dış PM oranının

değişimi gösterilmiştir. Bu oran birçok ölçümde birden küçük çıkmıştır. Bu durum iç ortamın partiküler madde açısından dışa göre daha temiz olduğunu göstermektedir.

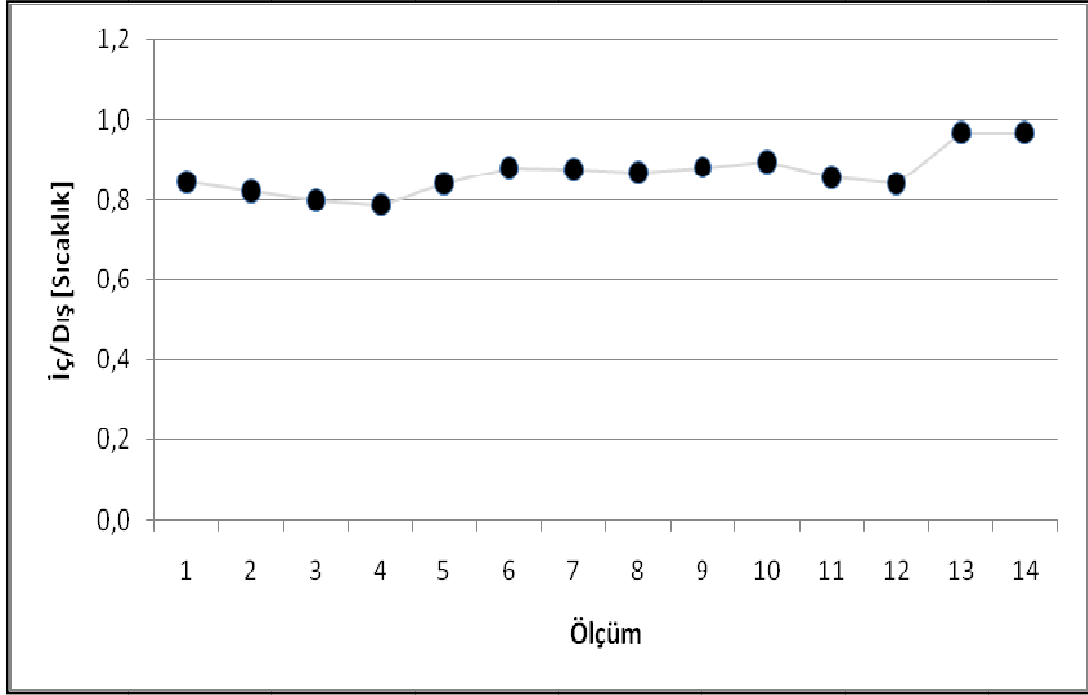


Şekil 6.45 BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi

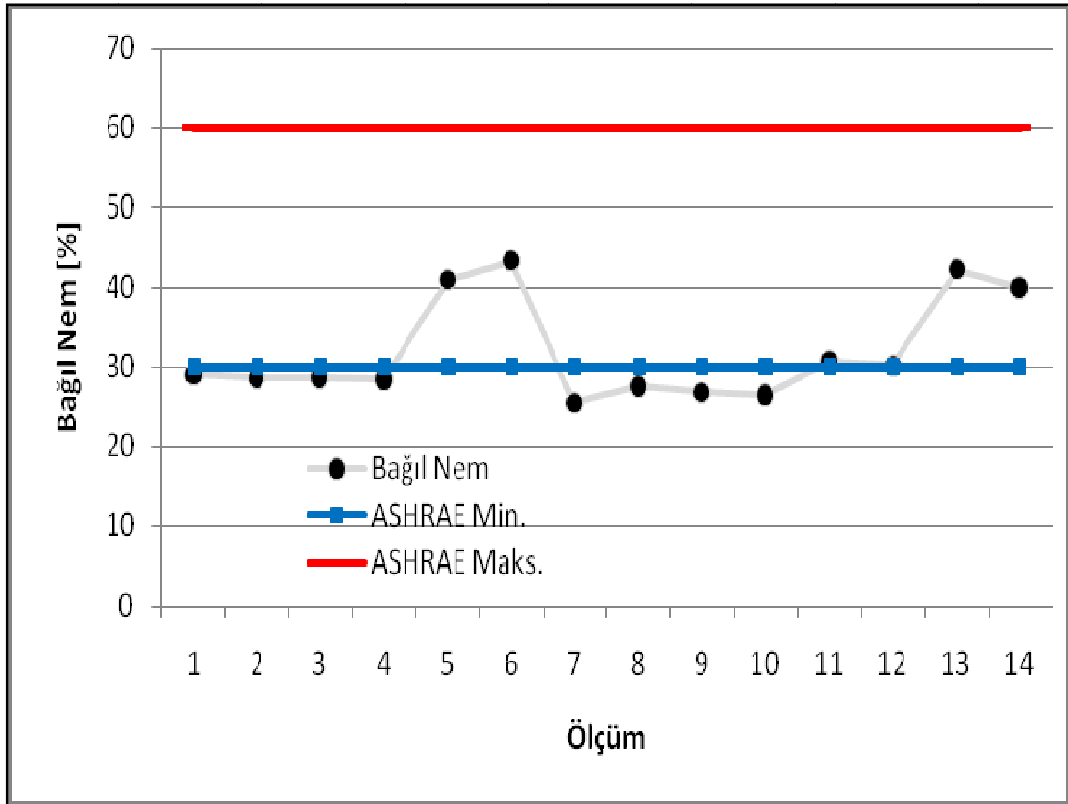


Şekil 6.46 BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi

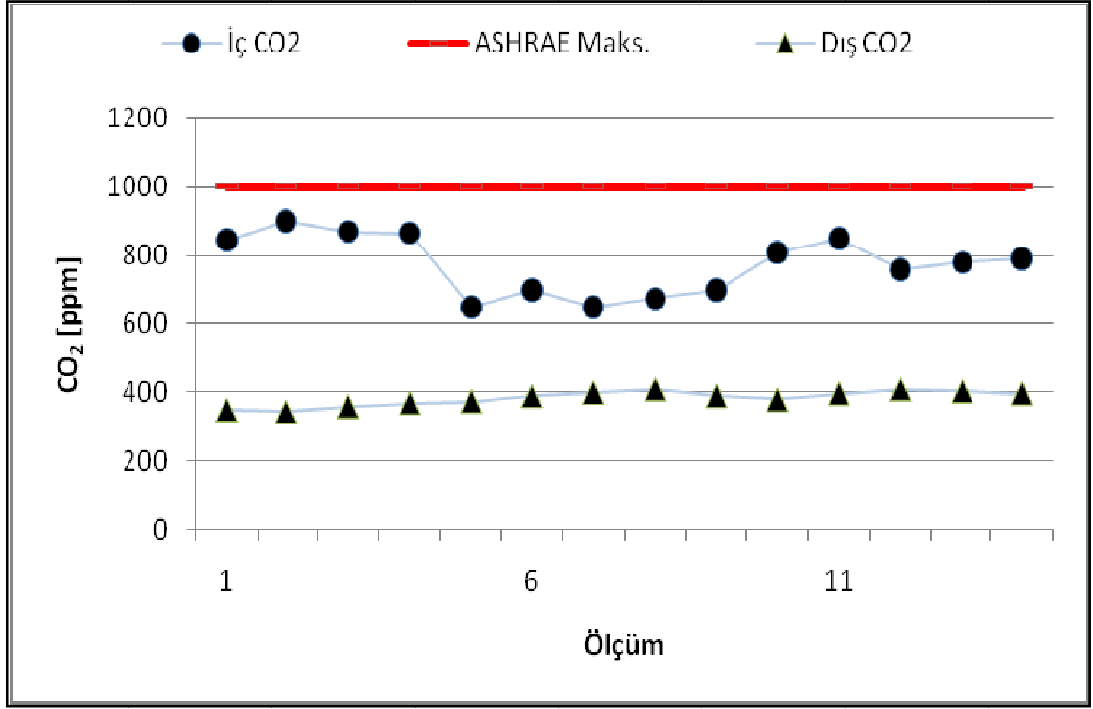




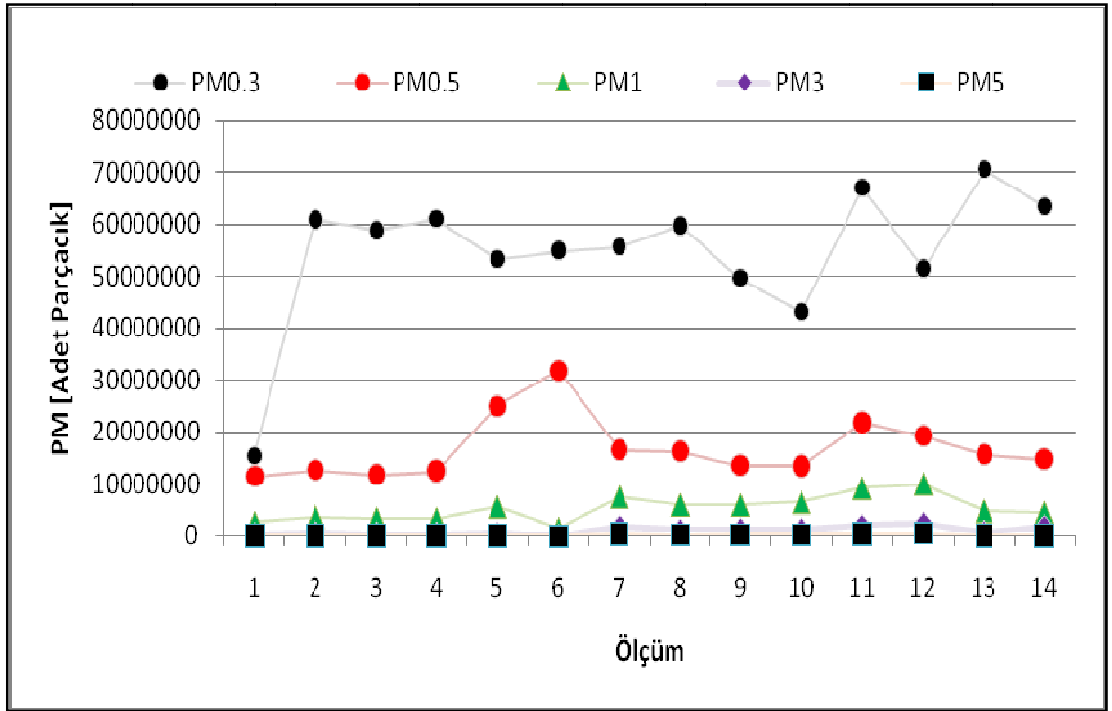
Şekil 6.47 BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre iç/dış sıcaklık değişimi



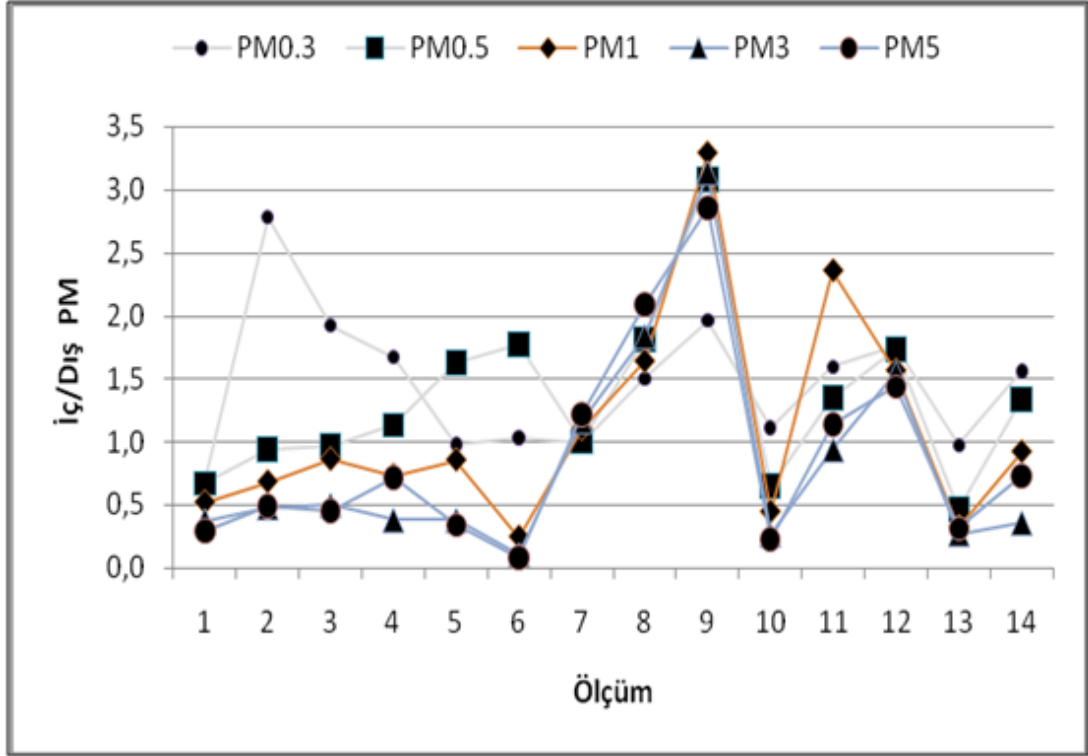
Şekil 6.48 BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi



Şekil 6.49 BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre CO<sub>2</sub> değişimi



Şekil 6.50 BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre PM değişimi



Şekil 6.51 BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre iç/dış PM değişimi

Ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi BD-1 dersliği için Çizelge 6.24'te verilmiştir. İç ve dış ortamda alınan ölçüm parametrelerine ait korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri (p) Çizelge 6.25'te verilmiştir.

Çizelge 6.24 BD-1 Dersliği Yaz Dönemi ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi

	Parametre	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
İç Ortam	Öğr. Sayısı [n]	23.21	20	4.48	20	29
	Sıcaklık [°C]	26.364	26.4	0.87	24.6	27.7
	Bağıl Nem [%]	32.04	28.85	6.5	25.5	43.4
	CO <sub>2</sub> [ppm]	774.7	785	86.7	650	900
	PM <sub>0.3</sub> [Parçacık]	54715786	57350000	13357110	15451000	70600000
	PM <sub>0.5</sub> [Parçacık]	16896429	15170000	5834358	11520000	31890000
	PM <sub>1</sub> [Parçacık]	5346214	5245500	2467096	1448000	10040000
	PM <sub>3</sub> [[Parçacık]]	1100514	944000	689549	156800	2400000
	PM <sub>5</sub> [Parçacık]	224548	148850	150350	36370	510300
Dış Ortam	Sıcaklık [°C]	30.571	31	2.165	26	33
	Bağıl Nem [%]	17.96	15	8.71	10	37
	CO <sub>2</sub> [ppm]	384.36	390	21.59	345	410
	PM <sub>0.3</sub> [Parçacık]	40137143	39175000	14541401	21900000	72050000
	PM <sub>0.5</sub> [Parçacık]	14938571	14360000	6773516	4400000	33450000
	PM <sub>1</sub> [Parçacık]	6321571	5169000	3833089	1816000	14940000
	PM <sub>3</sub> [[Parçacık]]	1933943	1499500	1460316	416700	5213000
	PM <sub>5</sub> [Parçacık]	373679	354400	313608	107000	1374000

Çizelge 6.25 B D-1 Dersliği yaz dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

	Öğr.Say.	T <sub>(iç)</sub>	BN <sub>(iç)</sub>	CO <sub>2(iç)</sub>	PM <sub>1(iç)</sub>	PM <sub>2.5(iç)</sub>	PM <sub>7(iç)</sub>	PM <sub>10(iç)</sub>
T <sub>(iç)</sub>	-0.075							
	0.799							
BN <sub>(iç)</sub>	-0.107	-0.835						
	0.715	0						
CO <sub>2(iç)</sub>	0.46	-0.051	-0.232					
	0.098	0.864	0.424					
PM <sub>1(iç)</sub>	-0.275	-0.481	0.295	-0.024				
	0.342	0.082	0.305	0.935				
PM <sub>2.5(iç)</sub>	-0.293	-0.476	0.622	-0.516	0.191			
	0.309	0.086	0.017	0.059	0.512			
PM <sub>7(iç)</sub>	-0.509	0.539	-0.32	-0.236	0.198	0.056		
	0.063	0.047	0.265	0.416	0.497	0.849		
PM <sub>10(iç)</sub>	-0.63	0.468	-0.286	-0.16	0.183	-0.05	0.891	
	0.016	0.091	0.321	0.584	0.53	0.866	0	
TSP <sub>(iç)</sub>	-0.557	0.636	-0.477	-0.267	0.037	-0.012	0.935	0.889
	0.038	0.014	0.085	0.356	0.9	0.967	0	0

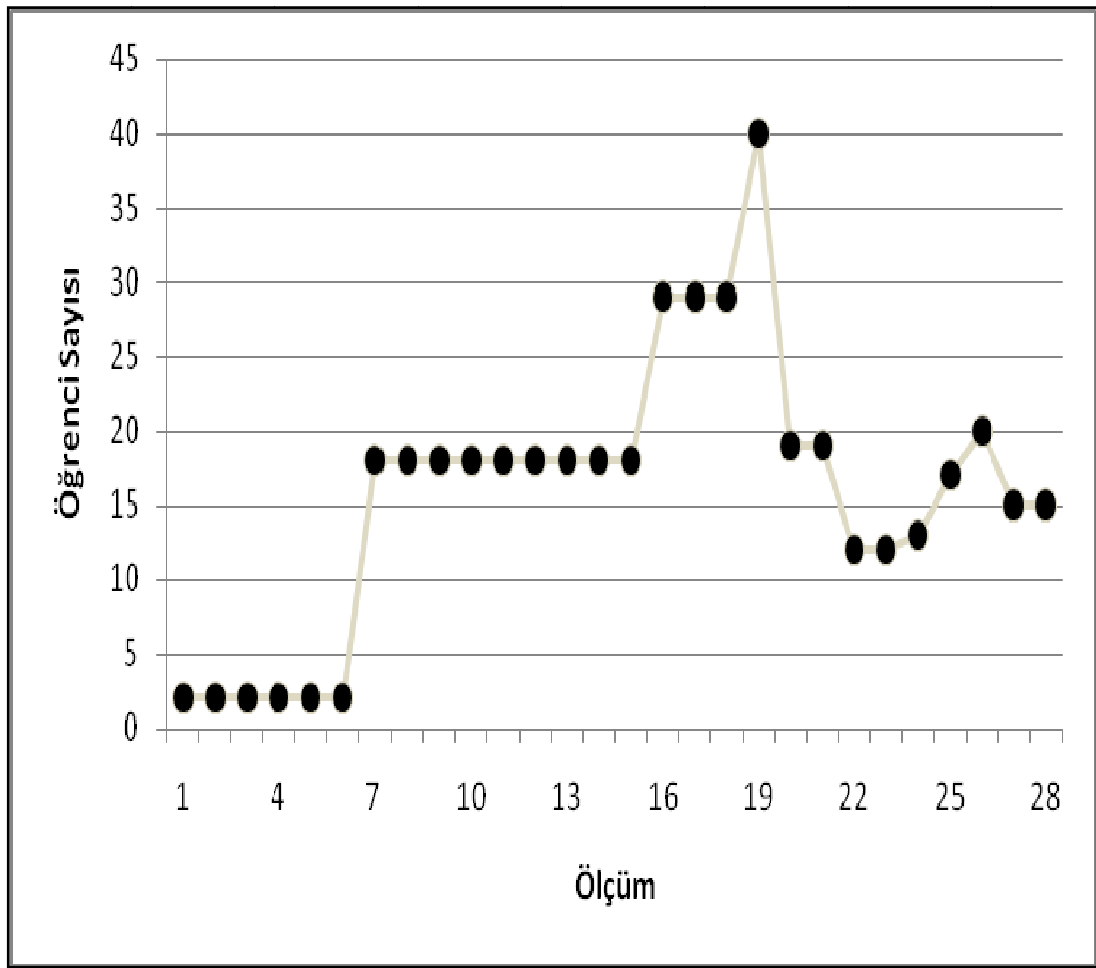
Çizelge 6.25'in devamı

	Öğr.Say.	T <sub>(İc)</sub>	BN <sub>(İc)</sub>	CO <sub>2</sub> (İc)	PM <sub>1</sub> (İc)	PM <sub>2.5</sub> (İc)	PM <sub>7</sub> (İc)	PM <sub>10</sub> (İc)
TDİŞ	0.546	0.608	-0.775	0.26	-0.363	-0.319	0.16	-0.021
	0.043	0.021	0.001	0.369	0.202	0.265	0.586	0.944
BNDİŞ	-0.557	-0.587	0.753	-0.183	0.392	0.259	-0.039	0.16
	0.039	0.027	0.002	0.53	0.166	0.37	0.894	0.585
CO <sub>2</sub> DİŞ	-0.873	-0.037	0.211	-0.591	0.434	0.363	0.6	0.639
	0	0.901	0.47	0.026	0.121	0.202	0.023	0.014
PM <sub>1</sub> DİŞ	-0.377	-0.502	0.625	-0.485	0.472	0.488	0.052	-0.047
	0.184	0.067	0.017	0.079	0.088	0.077	0.861	0.872
PM <sub>2.5</sub> DİŞ	-0.133	-0.367	0.463	0.082	0.095	0.151	-0.1	-0.21
	0.651	0.197	0.096	0.782	0.746	0.607	0.734	0.471
PM <sub>7</sub> DİŞ	-0.251	-0.067	0.266	0.016	0.053	-0.011	0.076	-0.01
	0.387	0.819	0.359	0.958	0.858	0.969	0.796	0.974
PM <sub>10</sub> DİŞ	-0.346	-0.037	0.263	0.172	0.107	-0.082	0.11	0.315
	0.226	0.901	0.363	0.556	0.716	0.781	0.708	0.273
TSPDİŞ	-0.225	0.264	-0.011	0.045	-0.266	0.064	0.141	0.074
	0.439	0.362	0.969	0.878	0.358	0.828	0.63	0.802

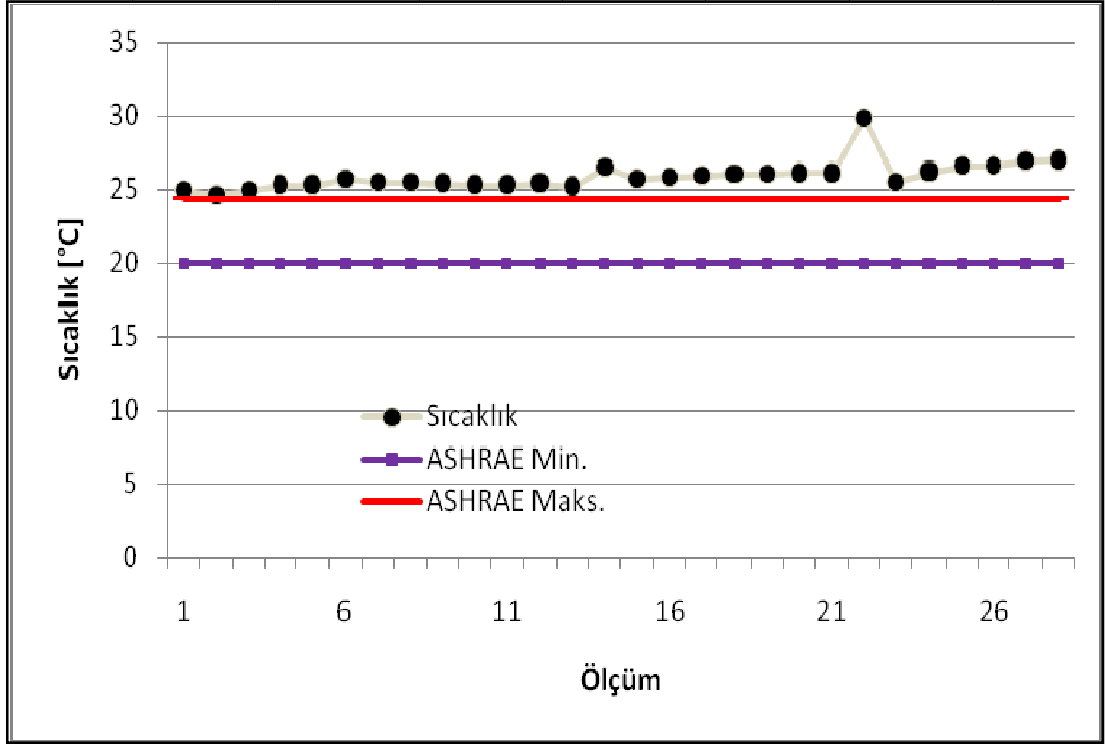
Çizelge 6.26 BD-1 Dersliği kış dönemi dış ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

	TSP <sub>(İc)</sub>	T <sub>(DİŞ)</sub>	BN <sub>(DİŞ)</sub>	CO <sub>2</sub> (DİŞ)	PM <sub>1</sub> (DİŞ)	PM <sub>2.5</sub> (DİŞ)	PM <sub>7</sub> (DİŞ)	PM <sub>10</sub> (DİŞ)
T <sub>(DİŞ)</sub>	0.22							
	0.45							
BN <sub>(DİŞ)</sub>	-0.119	-0.969						
	0.685	0						
CO <sub>2</sub> (DİŞ)	0.558	-0.485	0.55					
	0.038	0.079	0.042					
PM <sub>1</sub> (DİŞ)	-0.025	-0.657	0.607	0.523				
	0.932	0.011	0.021	0.055				
PM <sub>2.5</sub> (DİŞ)	-0.138	-0.521	0.494	0.085	0.691			
	0.639	0.056	0.073	0.773	0.006			
PM <sub>7</sub> (DİŞ)	0.045	-0.417	0.414	0.158	0.556	0.845		
	0.878	0.138	0.142	0.59	0.039	0		
PM <sub>10</sub> (DİŞ)	0.047	-0.505	0.536	0.178	0.254	0.382	0.614	
	0.874	0.066	0.048	0.543	0.381	0.178	0.02	
TSP <sub>(DİŞ)</sub>	0.166	-0.091	0.047	-0.019	0.206	0.527	0.786	0.65
	0.571	0.757	0.874	0.948	0.479	0.053	0.001	0.012

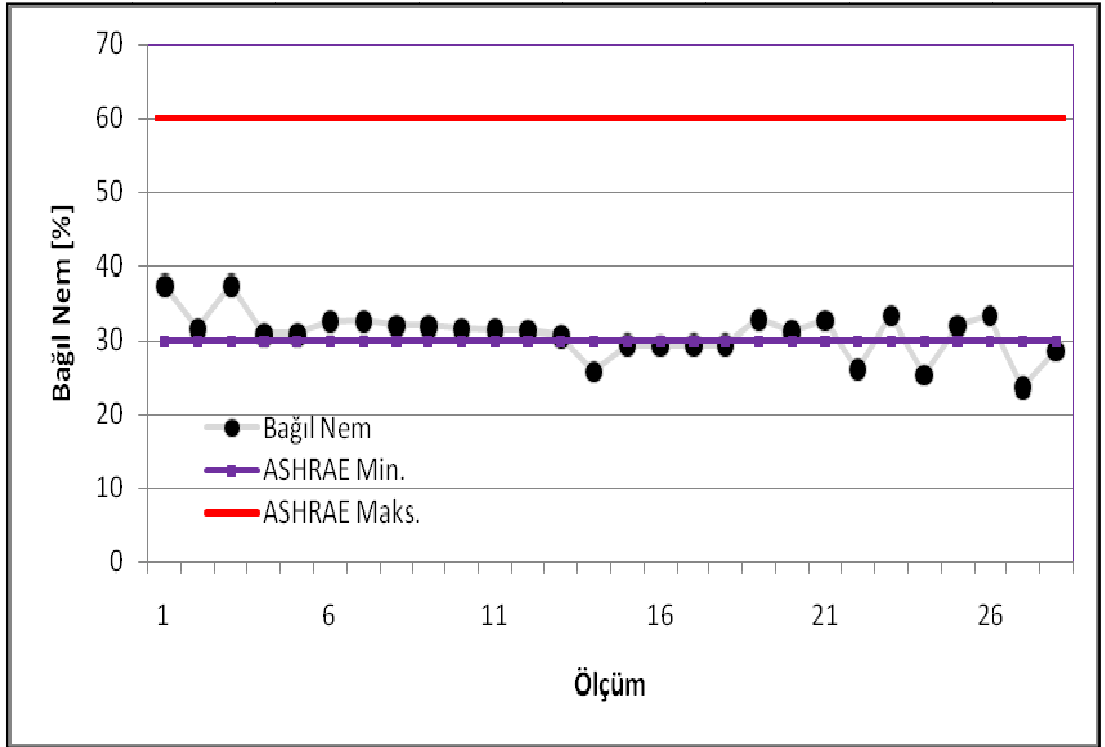
Şekil 6.52’de ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimleri verilmiştir. İç ortam sıcaklıkları 25°C’de kalmıştır (Şekil 6.53). Bağıl nem sınır değer olan %30 değeri civarında olduğu, fakat fazla bir değişim göstermemiştir (Şekil 6.54). CO<sub>2</sub> miktarı 1000 ppm değerinin altında kalmıştır (Şekil 6.55). PM’ler fazla bir değişim göstermemiştir (Şekil 6.56). İç/dış PM oranı 0.3 çapındaki PM’in haricinde diğerleri 1 değerinin altında çıkmıştır (Şekil 6.57). Dersliğin PM değerleri bakımından dış ortamdaki daha temiz olduğu görülmüştür.



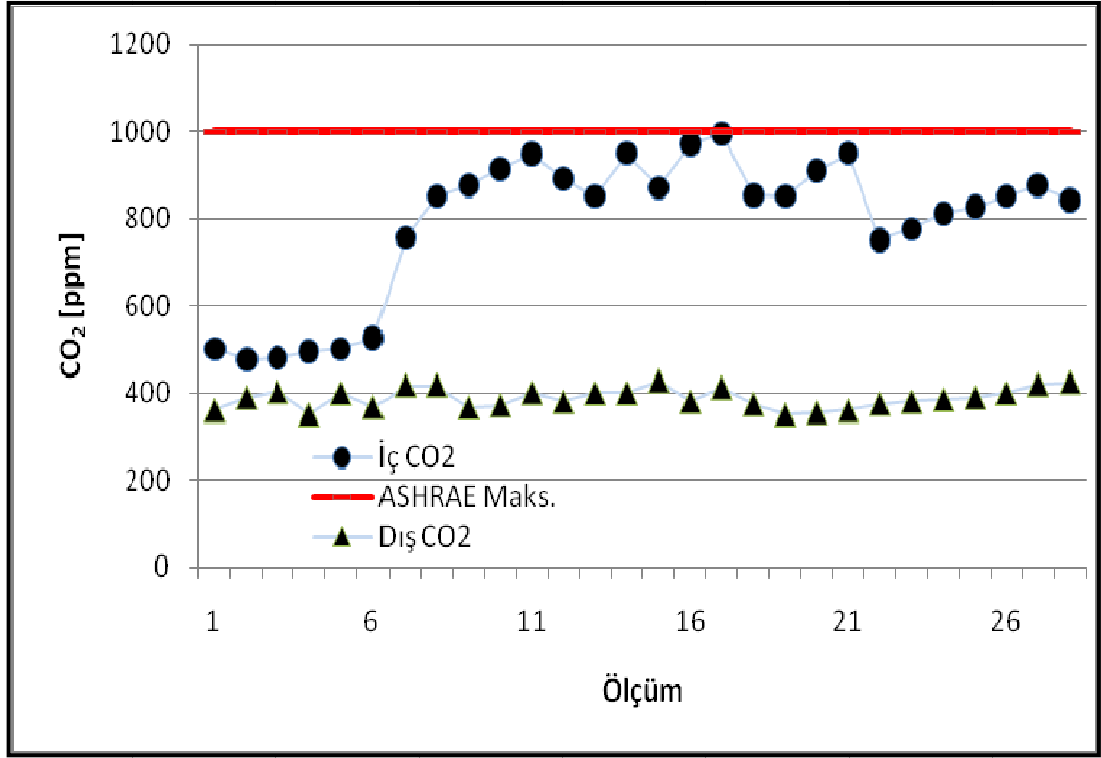
Şekil 6.52 BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre öğrenci sayısı değişimi



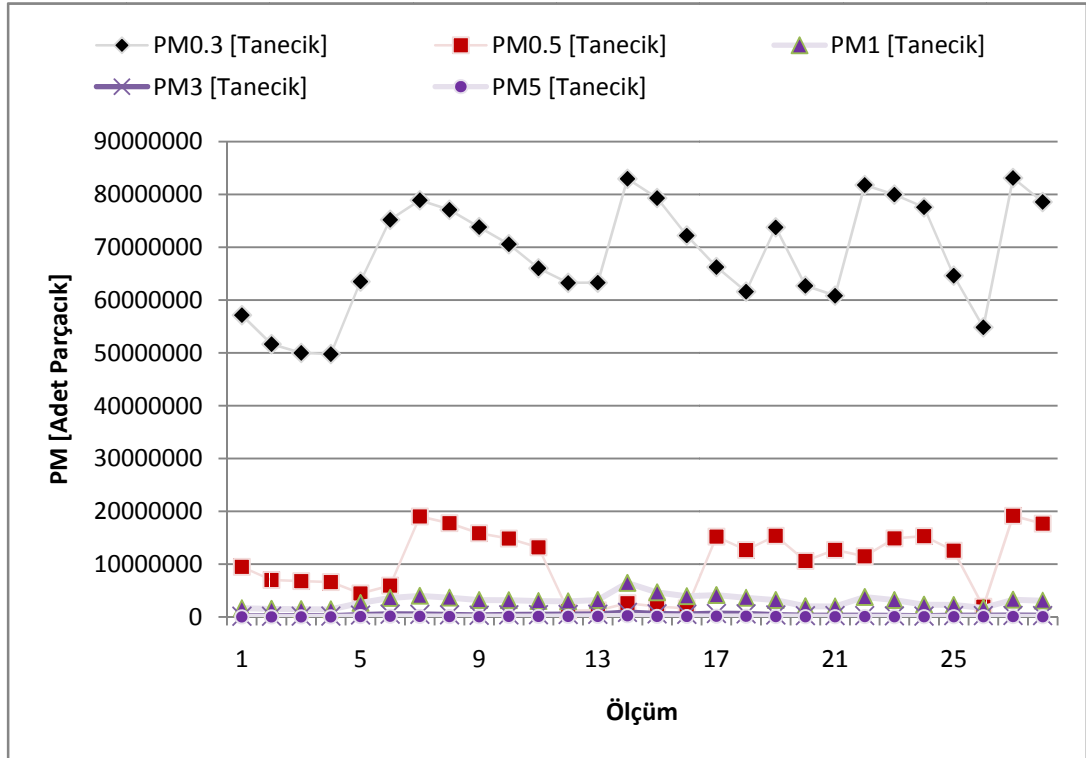
Şekil 6.53 BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre sıcaklık değişimi



Şekil 6.54 BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre bağıl nem değişimi

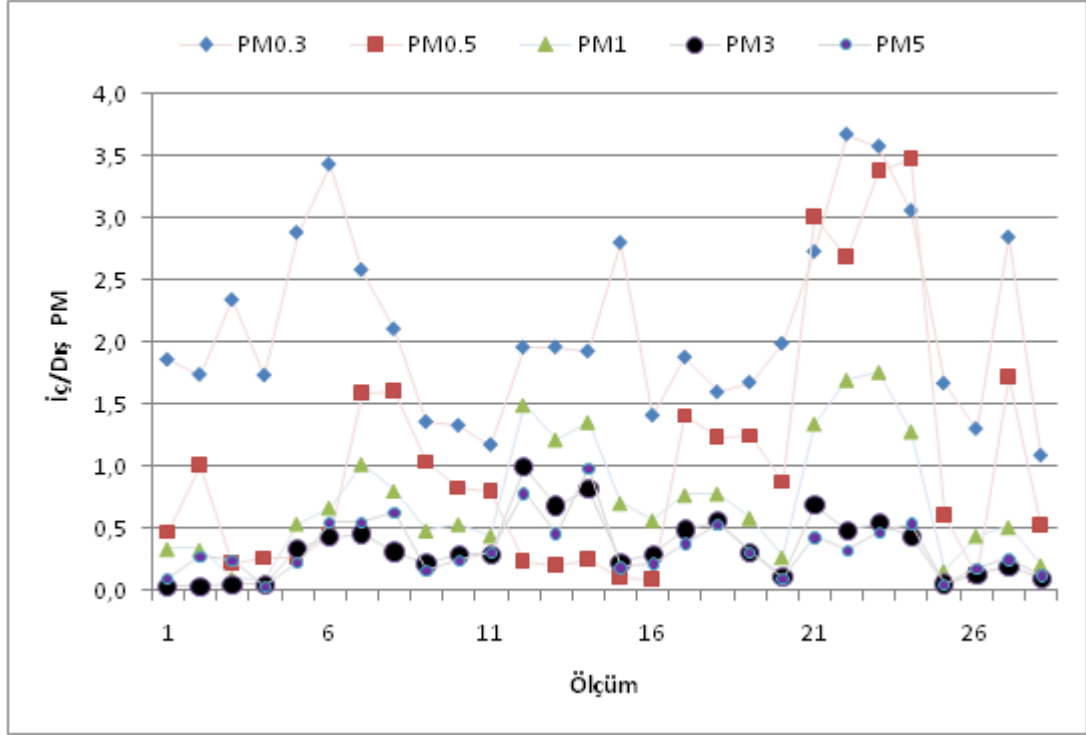


Şekil 6.55 BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre CO<sub>2</sub> değişimi



Şekil 6.56 BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre PM değişimi





Şekil 6.57 BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçümlere göre iç/dış PM değişimi

Çizelge 6.27 BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi

	Parametre	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
İç Ortam	Öğr. Sayısı [n]	15.82	18	9.37	2	40
	Sıcaklık [°C]	25.893	25.700	0.974	24.6	29.8
	Bağıl Nem [%]	30.871	31.35	3.126	23.6	37.5
	CO <sub>2</sub> [ppm]	790.3	850	167.4	475	994
	PM <sub>0.3</sub> [Parçacık]	68585357	68415000	10307500	49780000	83110000
	PM <sub>0.5</sub> [Parçacık]	10329714	12025000	5980380	1222000	19150000
	PM <sub>1</sub> [Parçacık]	3047750	3181500	1109557	1450000	6452000
	PM <sub>3</sub> [[Parçacık]]	379079	358450	179419	146900	877900
	PM <sub>5</sub> [Parçacık]	89140	85215	45882	20480	239400
Dış Ortam	Sıcaklık [°C]	32.696	31.35	4.278	28	39
	Bağıl Nem [%]	15.268	14.5	4.427	8	25
	CO <sub>2</sub> [ppm]	387.79	387.5	23.31	350	428
	PM <sub>0.3</sub> [Parçacık]	35539643	31880000	12624931	21350000	72050000
	PM <sub>0.5</sub> [Parçacık]	13957714	12285000	7678066	4222000	33450000
	PM <sub>1</sub> [Parçacık]	6243643	5168000	4383340	1476000	18660000
	PM <sub>3</sub> [[Parçacık]]	1901750	1408000	1430526	376700	5213000
	PM <sub>5</sub> [Parçacık]	375757	291550	297432	107000	1374000

Çizelge 6.28 BD-2 Dersliği yaz dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

	Öğr.Say.	T <sub>(İç)</sub>	BN <sub>(İç)</sub>	CO <sub>2</sub> (İç)	PM <sub>0.3</sub> (İç)	PM <sub>0.5</sub> (İç)	PM <sub>1</sub> (İç)	PM <sub>3</sub> (İç)
T <sub>(İç)</sub>	0.2							
	0.308							
BN <sub>(İç)</sub>	-0.226	-0.577						
	0.248	0.001						
CO <sub>2</sub> (İç)	0.818	0.294	-0.421					
	0	0.13	0.025					
PM <sub>0.3</sub> (İç)	0.297	0.47	-0.579	0.446				
	0.124	0.012	0.001	0.017				
PM <sub>0.5</sub> (İç)	0.21	0.181	-0.113	0.206	0.389			
	0.284	0.355	0.568	0.292	0.041			
PM <sub>1</sub> (İç)	0.426	0.27	-0.508	0.5	0.744	-0.013		
	0.024	0.164	0.006	0.007	0	0.949		
PM <sub>3</sub> (İç)	0.478	0	-0.326	0.48	0.392	-0.228	0.873	
	0.01	0.998	0.09	0.01	0.039	0.243	0	
TSP <sub>(İç)</sub>	0.422	0.08	-0.411	0.471	0.439	-0.197	0.867	0.967
	0.025	0.685	0.03	0.011	0.02	0.316	0	0
T <sub>(Dis)</sub>	0.197	0.636	-0.244	0.28	0.251	0.275	-0.135	-0.371
	0.314	0	0.21	0.149	0.198	0.157	0.492	0.052
BN <sub>(Dis)</sub>	-0.621	-0.582	0.552	-0.685	-0.351	-0.122	-0.241	-0.154
	0	0.001	0.002	0	0.067	0.538	0.216	0.435
CO <sub>2</sub> (Dis)	-0.001	0.052	-0.277	0.169	0.321	0.07	0.369	0.299
	0.997	0.793	0.153	0.389	0.096	0.722	0.053	0.122
PM <sub>0.3</sub> (Dis)	0.451	0.024	-0.1	0.485	0.167	0.208	0.207	0.198
	0.016	0.904	0.612	0.009	0.394	0.289	0.29	0.313
PM <sub>0.5</sub> (Dis)	-0.229	-0.169	0.315	-0.292	-0.261	-0.043	-0.228	-0.197
	0.242	0.389	0.103	0.132	0.179	0.827	0.244	0.315
PM <sub>1</sub> (Dis)	-0.241	-0.081	0.155	-0.293	-0.316	0.024	-0.294	-0.274
	0.216	0.683	0.43	0.131	0.102	0.902	0.128	0.158
PM <sub>3</sub> (Dis)	-0.407	-0.259	0.368	-0.504	-0.54	-0.126	-0.494	-0.441
	0.031	0.183	0.054	0.006	0.003	0.522	0.008	0.019
PM <sub>5</sub> (Dis)	0.001	0.072	-0.041	0.011	-0.187	-0.069	-0.157	-0.106
	0.995	0.716	0.836	0.957	0.34	0.728	0.424	0.592

Çizelge 6.29 BD-2 Dersliği yaz dönemi iç ortam ile tüm parametreler arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

	TSPiç	T <sub>(DİS)</sub>	BN <sub>(DİS)</sub>	CO <sub>2(DİS)</sub>	PM <sub>0,3(DİS)</sub>	PM <sub>0,5(DİS)</sub>	PM <sub>1(DİS)</sub>	PM <sub>3(DİS)</sub>
T <sub>(DİS)</sub>	-0.311							
	0.107							
BN <sub>(DİS)</sub>	-0.192	-0.638						
	0.327	0						
CO <sub>2(DİS)</sub>	0.266	-0.044	-0.032					
	0.172	0.822	0.873					
PM <sub>0,3(DİS)</sub>	0.16	0.03	-0.034	0.135				
	0.416	0.88	0.865	0.493				
PM <sub>0,5(DİS)</sub>	-0.268	-0.123	0.398	0.165	0.426			
	0.168	0.534	0.036	0.402	0.024			
PM <sub>1(DİS)</sub>	-0.308	-0.097	0.246	0.037	0.275	0.859		
	0.11	0.622	0.208	0.85	0.157	0		
PM <sub>3(DİS)</sub>	-0.492	-0.038	0.405	-0.031	0.067	0.589	0.674	
	0.008	0.847	0.033	0.875	0.736	0.001	0	
PM <sub>5(DİS)</sub>	-0.153	0.065	-0.087	-0.113	0.196	0.491	0.712	0.553
	0.437	0.744	0.66	0.567	0.318	0.008	0	0.002

Çizelge 6.30'da ölçüm alınan derslikler için infiltrasyon hava miktarı, hava değişim sayısı ve ortalama kişi başına düşen hava miktarı verilmiştir. Çizelgeden hava değişim sayılarının ve kişi başına düşen hava miktarının çok çok küçük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum böyle insan yoğunluğunun fazla olduğu ortamlarda mekanik bir havalandırma sisteminin olması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 6.30 Dersliklere ait hava sızıntı miktarları, hava değişim sayıları ve kişi başına düşen hava miktarı

	Derslik	Kişi sayısı	Hacim [m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	HDS (1/saat)	Kişi başı düşen hava miktarı (m <sup>3</sup> /h kişi)
Yerleşke II	AD-1	35	175	11.938	0.068	0.341
	AD-2	25	150	9.80	0.065	0.392
	AD-3	35	150	18.61	0.124	0.532
Yerleşke II	BD-1	45	318	17.1	0.537	0.380
	BD-2	30	288	10.7	0.371	0.357
	BD-3	45	318	17.1	0.537	0.380

## 7. SONUÇ VE TARTIŞMA

Ülkemiz için henüz yeni ve önemi gittikçe anlaşılmaya başlanan iç hava kalitesinin bir yüksek öğretim kurumunda incelemesi yapılmıştır. Bu amaç için Şanlıurfa ilindeki Yüksek Öğretim Kurumlarındaki dersliklerin iç hava kalitesi ölçümleri alınmıştır. Yüksek öğretiminin iki farklı yerleşkesinde bulunan 6 derslikte eğitim ve öğretimin devam ettiği zamanlarda olmak üzere; sıcaklık, bağıl nem, CO<sub>2</sub> ve partikül madde miktarları gibi iç hava kalitesi parametreleri hem iç ortam hem de dış ortam için ölçülmüştür. Sonuçlar istatistiksel olarak irdelenmiştir.

İç ortam sıcaklıklarının kış döneminde Yerleşke I'de çoğu zaman 20 °C'nin altında kaldığı görülmüştür. Bu durum binaların eski olmasından ve ısıtma sisteminin yeterli olmamasından kaynaklanmaktadır. Yaz döneminde dersliklerde herhangi bir iklimlendirme sisteminin olmaması, iç ortam şartlarının standartlarda belirtilen konfor bölgesinin dışında kalmasına neden olmaktadır. Yerleşke II'deki dersliklerde ise iç hava sıcaklığı nispeten kabul edilebilir sınırlar arasında kalmıştır. Yaz döneminde ise yerleşke II'deki dersliklerde kullanılan split tip klima cihazı genelde iç hava sıcaklığını dış hava sıcaklığına göre daha düşük sıcaklık değerlerinde tuttuğu ve konfor üst sınırına yaklaştırdığı görülmüştür. Sonuç olarak; kışın dersliklerde ısıtma sistemi düzgün tasarlanır ve çalıştırılırsa, iç hava sıcaklığı konfor şartlarına getirilebilir. Yazın ise, dış sıcaklığın yüksek olduğu böyle bir bölgede verimli ve başarılı bir eğitim-öğretim için bir iklimlendirme sisteminin kullanılması gerekir.

Genellikle yerleşke I ve II'de bağıl nem değerleri kış döneminde kabul edilebilir ve standartlarda belirtilen sınır aralıklarında kalmaktadır. Fakat yaz döneminde bölgenin sahip olduğu sıcak ve kurak ikliminden dolayı iç ortam bağıl nemi alt sınır değer olan %30'un altında veya civarında kaldığı belirlenmiştir. Dış ortamdaki düşük bağıl nem değeri iç ortamda da görülmüştür. Dolayısıyla bağıl nem

değerinin konfor bölgesine çıkarmak için iç ortamın veya iç ortama sevk edilecek havanın nemlendirilmesi gerekir.

Yerleşke I'de CO<sub>2</sub> kış ölçüm değerleri standartta verilen değerlerin çok üstünde kalmaktadır. Yazın ise dersliklerin kapı ve pencereleri sürekli açık olduğundan kişi sayısının artmasına rağmen ASHRAE tarafından önerilen 1000 ppm değerini aşmadığı görülmüştür. Yerleşke II'de ise kışın bazen sınır değerini aşılmasına rağmen yazın sınır değerinin altında kalmıştır. Kışın pencerelerin sürekli kapalı olmasından dolayı iç ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarı sürekli artmaktadır. Yapılan infiltrasyon hesaplamalarında kapı ve pencerelerden içeri sızan dış hava miktarının yetersiz olması nedeniyle iç ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarı ile dış ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarı arasındaki fark çok olmaktadır. Fakat CO<sub>2</sub> miktarlarının Kanada standartlarında belirtilen (Çizelge 5.1) 3500 ppm değerini ölçümlerin hiç birinde geçmediği tespit edilmiştir. Eğer havalandırma sistemi kurulacaksa CO<sub>2</sub> miktarına göre yeterli miktarda temiz dış hava içeri verilebilir. Bunun için iç ortama konulacak olan bir CO<sub>2</sub> sensörü yardımıyla fan ve hava damperleri kontrol edilebilir.

İç ortamda bulunan partiküller madde miktarlarının dış ortamdaki miktarlardan daha fazla olduğu görülmüştür. Genellikle iç /dış PM oranı 1'den büyük olmakta bu oran bazen 18'a kadar çıkmaktadır. Bu da iç ortam kirleticilerinin etkisinin daha çok olduğunu göstermektedir. Yerleşke I'deki dersliklerde partikül madde miktarı Yerleşke II'ye göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum yerleşke I'in eski bina olmasından kaynaklanmaktadır. Ölçümler genelde Çin standardında belirtilen PM<sub>10</sub><150 µg/m<sup>3</sup> sınır değerinin altında kalmıştır. PM ölçümleri Hong Kong 1. düzey sınır değerini (PM<sub>10</sub><20 µg/m<sup>3</sup>) her zaman geçmesine rağmen 2. Düzeyde belirtilen PM<sub>10</sub><180 µg/m<sup>3</sup> sınır değerinin altında kalmıştır. ASHRAE standardında belirtilen PM<sub>10</sub><75 µg/m<sup>3</sup> sınırı, kış döneminde Yerleşke I'deki ölçümlerin yaklaşık %60'unda, Yerleşke II'deki ölçümlerin yaklaşık %25'inde geçilmiştir. Yaz döneminde yerleşke II'de kullanılan split klimaların filtresi içerideki partikül madde miktarını nispeten düşürdüğü görülmüştür. Havalandırma sisteminin emme ve basma hatlarının olması gerekir ve uygun bir filtre üzerinden geçirildikten sonra içeri verilmesi gerekir.

Yapılan çalışmanın sonucunda aşağıdaki önerilerin önemi çıkmıştır:

- Eğitim ve öğretimin daha verimli olması için iç ortamın ısıtma ve soğutulmasıyla birlikte havalandırmanın da yapılması gerekmektedir.
- Partikül maddelerde görülen yüksek değerleri düşürmek için periyodik olarak dersliklerin temizlenmesi gerekir.
- Eğer mekanik havalandırma yapılamıyorsa infiltrasyon havalandırması yeterli gelmiyorsa doğal havalandırma olarak dışa bakan pencerelerin ders aralarında açılması gerekir.
- Isıtma sistemi projede belirtilmiş olan iç ortam sıcaklığını sağlayamıyorsa kontrol edilmesi gerekir ve merkezi ısıtma sisteminin gözden geçirilmesi gerekir.
- İç hava kalitesi ölçümlerinin tüm derslikler için periyodik olarak yapılarak olası problemler ve kirlenici kaynaklar bertaraf edilmelidir. Ölçüm sonuçlarına göre gerekli düzenlemeler yapılmalı ve tedbirler alınmalıdır.
- Türkiye için iç hava kalitesi ile ilgili standart değerlerin tespit edilip uygulanması sağlanmalıdır.
- İç hava kalitesi ile ilgili ölçümler diğer öğretim kurumları ve mahaller için yapılmalıdır. Ölçümlerde CO, Ozon, Radon ve Uçucu organik bileşik maddeler gibi diğer parametrelerde ele alınması gerekir.

## 8. EKLER

### EK A Yerleşke I AD-1 Dersliği kış dönemi ölçüm değerleri

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>7</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>7</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
29.1.07	09:40	37	11.4	47.5	1200	3	35	150	143	139	6.7	45.2	310	1	6	10	14	20
29.1.07	10:20	29	13.6	47.0	1947	4	70	160	95	125	4.5	47.0	320	2	7	10	20	30
30.1.07	09:30	1	16.0	32.0	450	2	12	20	26	34	5.0	52.0	340	2	8	8	25	30
30.1.07	10:45	12	15.2	38.3	615	6	65	174	87	50	6.0	57.0	350	2	20	32	42	57
30.1.07	11:20	14	16.0	47.0	1333	4	48	96	108	75	7.0	61.0	377	2	17	23	30	38
30.1.07	17:55	25	17.4	50.1	980	3	21	43	61	100	4.8	77.8	400	6	10	20	30	10
31.1.07	17:35	30	14.5	44.6	1390	4	28	56	82	116	3.0	61.0	410	6	22	31	36	46
31.1.07	9:00	14	14.0	40.0	1100	7	38	59	69	85	6.5	40.1	343	8	47	22	56	61
31.1.07	13:25	30	17.2	47.7	1475	2	20	53	79	123	4.0	49.0	375	10	15	20	40	45
1.3.07	9:00	24	19.2	67.7	1530	3	41	90	122	174	17.5	59.5	400	4	32	55	65	83
1.3.07	10:00	25	22.9	60.5	2000	2	38	81	123	199	10.0	80.0	400	5	10	20	20	25
2.3.07	09:30	24	17.5	58.5	926	3	27	49	58	73	10.6	76.0	365	6	8	18	22	45
2.3.07	09:45	24	18.7	57.6	1163	3	26	47	56	70	10.4	76.0	375	8	12	16	18	20
2.3.07	10:00	24	20.3	57.1	1722	2	24	46	56	71	11.0	79.0	385	10	15	15	14	25

EK A'nın devamı

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>7</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>7</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
2.3.07	10:45	24	18.2	54.8	545	1	60	50	68	85	14.0	70.0	390	12	20	10	20	28
2.3.07	11:00	24	20.4	57.5	1426	1	75	74	101	93	15.0	65.0	400	10	16	8	28	30
2.3.07	11:15	24	21.4	58.1	1860	1	33	81	110	101	16.0	54.2	400	15	8	17	33	57
2.3.07	17:45	23	19.0	57.5	963	2	34	99	137	110	18.5	57.0	400	4	27	47	59	77
3.3.07	14:55	1	15.5	75.5	400	1	14	30	38	48	14.0	76.0	385	12	5	35	10	20
3.3.07	15:10	14	20.4	63.2	1490	7	57	140	172	89	14.0	77.0	390	15	6	25	15	22
3.3.07	15:25	14	24.8	54.3	1330	4	38	85	111	95	14.0	78.0	400	10	7	20	18	20
3.3.07	15:40	14	25.0	47.0	1500	4	40	83	102	102	14.0	79.0	410	8	8	15	20	20
3.3.07	16:00	15	24.8	52.5	1900	4	39	79	93	110	14.0	80.0	415	5	9	15	22	15
7.3.07	10:05	21	20.6	47.0	1381	1	10	34	54	84	6.0	70.0	375	3	5	10	28	30
7.3.07	11:55	21	18.8	46.2	965	2	10	21	29	46	17.2	40.9	380	2	6	8	30	25
7.3.07	01:12	21	19.4	51.0	1540	1	18	55	74	99	18.0	37.1	421	1	8	7	20	25
8.3.07	08:40	1	18.2	47.9	548	2	21	45	64	85	15.1	53.2	426	1	9	18	25	43
8.3.07	09:30	26	20.5	50.0	1361	1	43	92	112	120	16.2	47.0	440	2	4	19	22	30
8.3.07	11:00	27	20.7	59.0	2548	2	50	146	204	115	16.7	46.2	355	2	5	12	14	17
8.3.07	11:15	27	22.6	57.2	3213	3	55	141	183	152	16.0	46.0	385	4	7	8	15	20
8.3.07	11:25	27	23.0	57.8	3400	2	52	131	172	150	16.2	45.0	385	6	8	10	18	25
8.3.07	11:35	27	23.3	57.7	3695	1	48	133	179	115	16.3	44.0	385	8	10	8	10	30
8.3.07	13:30	27	18.2	50.3	431	9	65	110	175	118	18.0	42.0	385	10	15	15	20	35
9.3.07	08:25	1	17.5	50.6	420	8	19	72	95	116	14.9	55.2	337	4	24	52	74	103
9.3.07	09:40	28	18.6	43.7	713	1	35	113	172	180	15.0	55.0	385	2	10	35	25	25
9.3.07	09:45	28	19.5	52.5	1031	1	33	110	158	160	15.5	54.0	385	5	12	25	28	30



EK A'nın devamı

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>7</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>7</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
9.3.07	10:00	28	21.0	53.7	1750	1	32	96	138	150	16.0	53.0	390	6	10	20	20	35
9.3.07	10:50	28	20.5	47.1	1140	1	52	154	198	145	17.0	50.0	395	4	8	15	15	40
9.3.07	10:55	28	21.2	48.7	1414	1	36	127	164	125	18.0	46.0	400	5	5	16	18	25
9.3.07	11:10	28	22.0	50.3	1900	1	35	103	135	135	18.0	42.0	405	2	8	20	14	28
9.3.07	11:15	28	19.8	38.0	479	1	8	8	14	95	18.0	40.0	410	1	10	22	15	32
10.3.07	10:00	17	21.0	38.0	1007	1	9	60	83	112	18.0	32.0	400	1	2	8	11	8
10.3.07	11:00	30	20.5	45.2	1708	3	22	51	72	96	18.8	33.0	424	2	3	14	22	34
16.3.07	08:35	1	15.9	49.4	400	1	7	17	26	33	8.5	70.0	350	4	5	8	15	25
16.3.07	09:45	29	18.6	48.8	1124	1	24	85	132	175	9.0	65.0	360	6	5	10	20	40
16.3.07	10:00	29	20.0	51.3	1660	1	23	84	11.5	155	10.0	61.0	365	5	8	8	25	38
16.3.07	10:15	29	20.6	53.7	2140	1	25	75	101	135	10.2	58.0	400	1	8	12	40	20
17.3.07	11:20	21	21.4	35.0	1925	1	20	66	89	113	12.1	41.0	374	8	5	15	20	25
18.3.07	12:20	1	16.0	40.0	330	1	6	12	16	20	15.1	37.0	320	1	8	18	25	39
10.3.07	11:00	30	20.5	45.2	1708	3	22	51	72	96	18.8	33.0	424	2	3	14	22	34
16.3.07	08:35	1	15.9	49.4	400	1	7	17	26	33	8.5	70.0	350	4	5	8	15	25
16.3.07	09:45	29	18.6	48.8	1124	1	24	85	132	175	9.0	65.0	360	6	5	10	20	40
16.3.07	10:00	29	20.0	51.3	1660	1	23	84	11.5	155	10.0	61.0	365	5	8	8	25	38
16.3.07	10:15	29	20.6	53.7	2140	1	25	75	101	135	10.2	58.0	400	1	8	12	40	20
17.3.07	11:20	21	21.4	35.0	1925	1	20	66	89	113	12.1	41.0	374	8	5	15	20	25
18.3.07	12:20	1	16.0	40.0	330	1	6	12	16	20	15.1	37.0	320	1	8	18	25	39

EK B Yerleşke I AD-2 Dersliği kış dönemi ölçüm değerleri

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>7</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>7</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
30.1.07	13:40	26	16.0	50.0	1044	2	26	87	86	88	4.0	49.0	450	2	16	59	82	120
31.1.07	15:56	15	16.0	39.7	770	4	46	90	115	90	6.0	45.0	400	1	20	40	60	100
1.2.07	15:30	15	15.8	41.7	721	9	50	82	110	50	5.0	60.0	385	10	10	70	90	100
7.3.07	08:50	15	22.2	42.0	1028	1	27	68	83	106	10.5	60.0	365	2	30	60	70	60
7.3.07	09:10	18	24.7	41.3	1281	1	18	47	59	77	11.0	55.0	380	2	40	50	20	60
7.3.07	09:20	19	25.6	42.6	1603	2	18	43	50	61	16.5	42.5	353	3	10	20	10	50
8.3.07	18:50	8	13.7	57.3	370	7	59	18	54	35	12.5	60.0	400	2	40	40	50	70
8.3.07	19:00	8	17.1	51.6	650	5	50	36	112	21	13.7	58.5	402	3	25	92	66	120
8.3.07	20:50	38	21.5	57.5	2148	4	20	31	66	42	16.0	55.4	422	9	30	68	43	125
8.3.07	21:15	38	23.3	60.0	2638	3	16	26	30	35	16.0	55.4	422	5	25	75	50	130
17.3.07	11:20	21	21.4	35.0	1925	5	20	66	89	113	12.1	41.0	374	2	8	13	30	50
30.01.07	18:25	26	14.6	54.0	1000	6	26	58	81	109	3.4	80.2	380	1	13	14	40	50
16.3.07	09:40	20	17.5	58.0	1530	1	26	91	119	98	11.6	56.0	350	2	15	20	35	14

EK C Yerleşke I AD-3 Dersliği kış dönemi ölçüm değerleri

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>7</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>7</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
29.1.07	14:40	31	17.8	35.6	1000	1	10	13	21	28	15.6	40.3	400	6	33	76	99	125
30.1.07	10:00	22	17.0	50.0	1500	8	71	160	240	210	4.8	55.4	330	2	14	120	26	131
30.1.07	18:30	15	12.9	73.8	940	2	40	82	116	163	3.5	90.0	350	2	20	20	20	220
30.01.07	18:25	26	14.6	54.0	1000	6	26	58	81	109	3.4	80.2	380	1	3	16	25	150
1.3.07	19:55	33	18.9	63.2	1863	10	95	218	288	177	7.4	90.0	385	3	10	30	30	100
1.3.07	20:15	33	22.4	59.6	2384	7	59	125	163	210	6.5	92.0	390	3	9	10	50	150
8.3.07	20:00	40	18.6	71.6	2455	8	86	202	210	220	11.5	62.0	400	5	8	20	80	90
8.3.07	20:05	40	16.6	71.6	2455	8	86	202	225	233	11.0	63.0	410	5	30	50	90	75
8.3.07	20:20	40	22.7	60.5	3240	8	75	183	205	238	16.0	55.4	422	2	55	68	143	108
8.3.07	20:50	38	21.5	57.5	2148	35	195	185	266	223	16.0	55.4	420	3	65	80	43	108
8.3.07	21:15	38	23.3	60.0	2638	31	162	200	273	225	16.0	55.4	422	4	40	68	30	180
16.3.07	09:40	20	17.5	58.0	1530	1	26	91	119	166	11.6	56.0	350	1	15	7	10	14
16.3.07	18:10	30	18.0	49.5	1689	1	34	73	33	119	10.0	54.0	400	5	6	40	52	50
16.3.07	18:16	30	20.0	52.5	1251	1	32	70	92	114	12.7	42.5	472	3	17	42	62	91
17.3.07	11:20	21	21.4	35.0	1925	1	20	66	89	113	12.1	41.0	374	1	22	13	30	50
17.3.07	15:10	9	20.0	31.8	567	2	16	40	57	82	12.5	38.0	380	2	9	10	21	180
17.3.07	15:20	10	21.0	28.0	530	1	12	25	34	48	12.5	39.0	400	3	10	20	45	200
17.3.07	15:30	10	22.0	27.4	574	1	9	18	24	35	12.4	40.0	410	4	30	40	70	100
30.1.07	18:30	15	12.9	73.8	940	2	40	82	116	163	3.5	90.0	350	2	20	20	20	220

EK D Yerleşke I AD-1 Dersliği yaz dönemi ölçüm değerleri

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]
8.5.07	8:48	2	26.2	44.8	420	56100000	23200000	12900000	4345000	1284000	25.0	40.0	360	51260000	11320000	6195000	1180000	403200
8.5.07	9:20	5	27.1	44.7	550	56100000	23200000	12900000	4345000	1284000	26.2	36.4	390	31110000	15010000	3926000	1249000	413900
8.5.07	9:36	14	26.9	40.3	680	44190000	13830000	6738000	1801000	519800	27.8	34.4	403	52710000	12210000	5270000	1051000	209000
9.5.07	10:00	10	26.0	35.8	383	51800000	16880000	22730000	2433000	419000	25.1	36.7	350	50630000	31310000	3231000	303100	105000
9.5.07	10:30	20	26.1	36.5	650	63250000	23250000	10000000	2575000	758600	25.1	37.5	400	42970000	10590000	3050000	315000	115000
9.5.07	14:40	5	26.3	34.8	561	63250000	23250000	10000000	2575000	758600	26.6	33.9	367	36540000	11910000	5536000	1121000	232400
9.5.07	19:40	2	24.2	46.5	450	32530000	8491000	3594000	652600	151900	25.0	43.4	418	29400000	7483000	3164000	548400	112700
10.5.07	10:40	2	24.3	48.5	346	55390000	12550000	4067000	639500	109800	23.9	46.1	418	40710000	10190000	3942000	657900	131000
11.5.07	09:00	2	23.3	54.9	355	40170000	8836000	3720000	755000	168800	21.8	60.5	366	39670000	8960000	3668000	620500	110200
16.5.07	12:50	2	25.1	44.9	432	50710000	8739000	2260000	348200	84400	28.0	34.5	371	25350000	4400000	1816000	416700	107000
17.5.07	10:00	10	24.8	52.7	550	39950000	18470000	12520000	4148000	1042000	26.5	46.6	401	38680000	20670000	14660000	5213000	1374000
17.5.07	14:00	1	25.7	44.8	400	48860000	16880000	9034000	2433000	503200	31.0	40.0	380	42020000	16100000	3926000	2112000	353900
18.6.07	09:00	2	25.1	45.7	618	52720000	16330000	7775000	1979000	491900	24.0	45.9	400	29190000	11140000	6407000	1550000	354900
18.6.07	16:30	5	25.6	43.2	500	54180000	29210000	15480000	1777000	228800	24.4	40.4	400	72050000	33450000	14940000#	2752000	477100
20.5.07	10:30	28	25.5	47.5	847	42770000	19430000	6633000	1350000	348200	26.2	40.5	428	40550000	11000000	4931000	1005000	202000
21.5.07	16:00	5	28.9	25.9	405	36900000	11350000	5395000	1134000	229900	23.8	30.5	380	46560000	13060000	5537000	1108000	246800
22.5.07	10:00	29	26.2	35.2	623	52740000	13880000	6393000	1713000	514900	26.6	32.3	412	45000000	15460000	3748000	2067000	343700
23.5.07	15:00	17	28.2	31.3	1000	37200000	14780000	8609000	2452000	660000	30.4	25.9	374	38290000	16260000	9636000	2850000	782200
26.5.07	11:20	2	26.3	43.0	450	53690000	33700000	22730000	7888000	2105000	32.0	28.0	350	41110000	17010000	4926000	1349000	423900
26.5.07	11:25	10	25.4	40.8	500	52360000	31450000	20480000	6242000	1347000	32.2	26.0	355	58710000	17210000	5870000	1151000	299000
26.5.07	11:35	10	24.9	40.3	550	51490000	32700000	21900000	6932000	1498000	32.8	24.0	360	7063000	3531000	3531000	3531000	1250000

EK D 'nin devamı

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]
26.5.07	11:40	15	24.7	37.7	600	51570000	32310000	21270000	6308000	1242000	33.0	22.0	375	5297000	12590000	3250000	3250000	135000
26.5.07	11:45	15	24.7	37.7	750	50890000	32140000	21070000	6017000	1188000	33.4	21.0	380	30710000	20190000	4942000	4579000	231000
26.5.07	12:30	24	24.8	43.4	800	49700000	28570000	17790000	4597000	820000	34.0	20.0	385	29670000	6960000	4668000	5205000	130200
26.5.07	12:35	24	25.3	43.7	810	49240000	29140000	18580000	5378000	1173000	33.8	23.0	390	21350000	31000000	1516000	3567000	147000
26.5.07	12:40	24	24.1	38.9	850	48530000	27450000	17010000	4369000	781900	33.5	25.0	400	28680000	25670000	18660000	4213000	1174000
26.5.07	12:45	24	25.5	34.8	900	46510000	25610000	15650000	3944000	741300	33.2	28.0	420	22020000	17100000	4926000	1112000	373900
26.5.07	12:55	24	27.2	35.2	910	45510000	24800000	14910000	3698000	668900	33.0	30.0	425	21900000	13400000	5407000	1250000	254900
26.5.07	14:00	20	24.9	31.8	952	44990000	24310000	14400000	3193000	487000	32.0	26.0	410	30550000	12000000	3931000	1115000	223000
26.5.07	14:05	20	24.8	31.6	950	44290000	24050000	14280000	3351000	603500	32.0	25.0	400	36560000	11060000	4537000	1348000	146800
30.5.07	09:45	24	27.5	43.2	710	59400000	19180000	13910000	2321000	680500	27.7	42.1	533	54260000	15320000	6595000	1580000	413200
30.5.07	10:05	24	27.9	39.6	830	51400000	13990000	6003000	1389000	335100	28.0	39.1	400	53000000	18010000	5926000	1449000	453900
30.5.07	10:30	14	28.7	34.4	666	51970000	15380000	6495000	1326000	293100	28.3	35.9	380	56120000	16530000	6832000	1552000	386700
31.5.07	09:40	21	26.8	40.5	920	62200000	17050000	7003000	1783000	525800	27.0	30.0	390	32270000	5222000	1976000	476700	150800
31.5.07	09:45	20	28.0	41.3	765	56700000	15970000	6540000	1526000	389900	28.0	25.0	395	32260000	6286000	2630000	757100	262400
31.5.07	09:50	20	29.0	34.0	700	58940000	16260000	6085000	1243000	301600	29.0	23.0	400	43000000	10460000	4748000	1067000	243700
31.5.07	10:40	10	27.7	37.3	532	48470000	12280000	5229000	1166000	271200	31.0	20.0	410	28290000	18260000	6636000	2650000	682200
31.5.07	10:50	9	28.3	38.9	700	48610000	12160000	5058000	1096000	257100	32.0	19.0	400	51110000	19010000	6926000	1749000	473900
31.5.07	16:20	1	26.5	29.8	372	46000000	13190000	5842000	1355000	324200	27.6	27.3	343	35230000	10830000	5394000	1367000	362000
1.6.07	09:45	20	26.9	39.9	766	37470000	11500000	6125000	1676000	451300	27.5	34.2	466	38490000	10270000	4629000	1094000	276200
1.6.07	10:30	7	26.7	36.2	458	43590000	11560000	5219000	1212000	268700	28.8	31.4	358	43970000	12370000	5478000	1274000	306900
5.6.07	09:40	11	27.7	28.8	480	42970000	7565000	2844000	788600	240800	28.0	18.0	355	31500000	12200000	7550000	2450000	682200
6.6.07	09:30	10	28.5	22.7	500	59160000	13460000	3861000	863800	280800	30.7	17.1	360	22270000	4222000	1476000	376700	150000

EK D'nin devamı

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]
6.6.07	10:00	2	29.6	21.8	499	39730000	26400000	2685000	677300	224600	29.7	21.1	375	22260000	4286000	2230000	557100	222400
6.6.07	11:45	16	29.7	20.9	525	32160000	6477000	3049000	923500	295600	30.0	20.0	380	22350000	4400000	1816000	416700	107000

EK E Yerleşke I AD-2 Dersliği yaz dönemi ölçüm değerleri

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]
08.05.2007	18:55	20	28.2	29.1	630	7798000	29530000	10930000	2384000	629000	31,7	27.0	400	58710000	1721000	5870000	1151000	299000
10.05.2007	13:50	23	26.0	42.3	750	4239000	13440000	6329000	1654000	470700	26.1	37.1	513	31620000	10690000	5169000	1230000	352100
15.05.2007	13:45	20	25.0	54.2	770	5610000	11960000	4344000	885700	227100	26.9	43.6	590	46590000	9642000	3538000	613100	111900
24.05.2007	09:30	9	26.4	41.0	668	52080000	16310000	7386000	1787000	483100	26.7	37.1	355	49550000	15980000	7608000	2045000	613400
25.05.2007	09:30	5	28.8	31.5	446	54210000	42110000	31600000	13720000	4417000	29.2	33.0	350	59450000	42880000	3151000	1370000	436000
28.05.2007	14:45	2	28.0	26.2	442	48200000	8174000	2958000	689700	203800	29.1	26.3	360	50160000	96000000	2961000	549500	130700
30.05.2007	09:45	24	27.5	43.2	710	59400000	19180000	8667000	2321000	680500	27.7	42.1	533	54260000	15320000	6595000	1580000	413200
30.05.2007	10:05	28	27.9	39.6	830	51400000	13990000	6003000	1389000	335100	28.0	39.1	400	51110000	15010000	6926000	1749000	473900
30.05.2007	10:30	14	28.7	34.4	666	51970000	15380000	6495000	1326000	293100	28.3	35.9	380	56120000	16530000	6832000	1552000	386700
30.05.2007	11:00	11	29.0	34.0	682	52520000	15520000	6325000	1258000	281800	28.3	35.9	380	56120000	16530000	6832000	1552000	386700
30.05.2007	19:50	8	27,5	30.0	525	52270000	12060000	4753000	1219000	372600	34.0	10.0	648	4850000	12950000	3650000	1850000	350000
06.06.2007	12:00	20	30.2	19.2	463	32710000	6964000	3295000	1010000	338700	33.0	14.9	363	29640000	4454000	1685000	415300	132400

EK F Yerleşke II BD-2 Dersliği kış dönemi ölçüm değerleri

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> .]	[µg/m <sup>3</sup> .]	[µg/m <sup>3</sup> .]	[µg/m <sup>3</sup> .]	[µg/m <sup>3</sup> .]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> .]	[µg/m <sup>3</sup> .]	[µg/m <sup>3</sup> .]	[µg/m <sup>3</sup> .]	[µg/m <sup>3</sup> .]
24.01.2007	09:02	42	18.8	47.2	1313	1	18	45	52	90	13.5	47.7	359	2	20	40	20	20
24.01.2007	15:27	25	21.3	50.3	2250	8	40	48	50	80	18	32.4	441	4	10	12	14	19
25.01.2007	11:15	22	20.8	40.9	981	5	22	37	44	59	19.3	30.3	370	2	15	19	11	14
05.02.2007	09:05	27	18.1	56.4	1150	7	34	75	85	85	7.7	87.5	332	5	40	60	66	72
05.02.2007	13:33	27	17.5	58.6	883	8	34	56	71	93	8.8	88.5	326	2	11	17	19	21
06.02.2007	10:45	28	18.9	62.2	1638	9	23	43	73	82	10	94.3	393	2	11	19	20	22
26.02.2007	13:30	10	20.2	28.5	536	1	10	17	22	46	11.5	35	380	2	12	27	36	53
27.02.2007	09:05	45	20.2	38.3	670	2	20	38	65	75	13.6	29.8	365	2	15	11	15	21
05.03.2007	13:00	10	20.5	61.8	1081	6	27	47	54	63	15.3	82.6	398	2	13	24	26	30
06.03.2007	09:02	44	20.1	50.8	518	2	18	44	61	85	13.7	50.7	368	4	10	12	20	30
12.03.2007	13:31	12	22.1	42.7	836	2	13	27	34	46	21.3	32.4	388	2	11	21	29	43
13.03.2007	09:08	42	21.1	49.3	647	3	33	85	65	70	14.5	64.5	357	4	15	27	33	41
20.03.2007	09:09	36	19.4	51.1	513	3	22	42	59	95	16.5	61.3	400	3	14	20	25	31

EK G Yerleşke II BD-3 Dersliği kış dönemi ölçüm değerleri

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[%]	[ppm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
24.01.2007	13:40	30	19.4	53.3	2016	2	20	10	60	92	18.8	33.1	400	2	3	20	40	20
25.01.2007	11:25	19	19.8	50.3	1658	8	60	62	74	94	19.5	32	446	1	5	10	12	15
26.01.2007	09:20	29	20.4	41.1	964	9	50	41	51	67	14.3	37.7	393	1	4	12	14	18
26.01.2007	15:45	30	20.2	49.4	1604	7	66	89	99	76	16	39.7	475	2	8	21	33	50
05.02.2007	09:10	30	18	56.6	1222	7	62	75	85	80	7.7	87.5	332	5	15	30	66	72
05.02.2007	13:40	27	18.1	57.2	1020	9	65	54	62	74	8.8	88.5	326	1	11	17	19	21

EK H Yerleşke II BD-1 Dersliği yaz dönemi ölçüm değerleri

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]
07.06.07	13:47	29	27	29	846	15451000	11520000	2561000	421300	111200	32	12	350	22020000	17100000	4926000	1112000	373900
07.06.07	14:02	29	26.3	28.6	900	60960000	12700000	3696000	598900	124700	32	11	345	21900000	13400000	5407000	1250000	254900
07.06.07	14:17	29	26	28.7	870	58900000	11690000	3387000	556200	100600	32.5	10.5	360	30550000	12000000	3931000	1115000	223000
07.06.07	14:32	29	26	28.4	865	61160000	12550000	3328000	514900	104900	33	10	370	36560000	11060000	4537000	1348000	146800
08.06.07	13:27	29	26.1	41	650	53390000	24970000	5644000	601100	139800	31	15	375	54260000	15320000	6595000	1580000	413200
08.06.07	13:48	20	24.6	43.4	700	54910000	31890000	1448000	156800	36370	28	25	390	53000000	18010000	5926000	1449000	453900
11.06.07	13:04	20	27.1	25.5	650	55800000	16570000	7550000	1805000	470000	31	15	400	56120000	16530000	6832000	1552000	386700
11.06.07	13:19	20	26.9	27.6	675	59750000	16210000	6020000	1140000	230300	31	15	410	39670000	8960000	3668000	620500	110200
11.06.07	13:23	20	27.3	26.8	700	49760000	13540000	5988000	1307000	305800	31	15	390	25350000	4400000	1816000	416700	107000



EK H'nin devamı

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]
11.06.07	13:38	20	27.7	26.5	810	43160000	13450000	6519000	1383000	310100	31	15	380	38680000	20670000	14660000	5213000	1374000
11.06.07	15:02	20	26.5	30.7	850	67140000	21790000	9274000	1980000	401900	31	17	398	42020000	16100000	3926000	2112000	353900
11.06.07	15:17	20	26.9	30.1	760	51570000	19330000	10040000	2400000	510300	32	18	410	29190000	11140000	6407000	1550000	354900
12.06.07	11:11	20	25.1	42.3	780	70600000	15650000	4847000	748000	150800	26	37	405	72050000	33450000	14940000	2752000	477100
12.06.07	11:22	20	25.6	40	790	63470000	14690000	4545000	1795000	146900	26.5	36	398	40550000	11000000	4931000	5005000	202000

EK I Yerleşke II BD-2 Dersliği yaz dönemi ölçüm değerleri

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]
06.06.07	16:37	2	24.9	37.5	500	57150000	9496000	1655000	146900	20480	36.5	25	360	30710000	20190000	4942000	4579000	231000
07.06.07	09:42	2	24.6	31.6	475	51660000	7005000	1537000	160000	34960	28	21	390	29670000	6960000	4668000	5205000	130200
07.06.07	09:43	2	24.9	37.5	480	50000000	6802000	1490000	165000	34960	28	21	403	21350000	31000000	15160000	3567000	147000
07.06.07	09:45	2	25.3	30.8	495	49780000	6622000	1450000	171300	34960	28	21	350	28680000	25670000	18660000	4213000	1174000
07.06.07	09:46	2	25.3	30.8	500	63510000	4453000	2650000	378200	82500	28	20	400	22020000	17100000	4926000	1112000	373900
07.06.07	10:05	2	25.7	32.5	525	75200000	5940000	3611000	535400	138400	28	20	367	21900000	13400000	5407000	1250000	254900
07.06.07	10:20	18	25.5	32.6	756	78900000	19040000	4011000	509200	122500	28.2	20	418	30550000	12000000	3931000	1115000	223000
07.06.07	10:35	18	25.5	32	850	77090000	17770000	3650000	421700	91820	28.5	19	418	36560000	11060000	4537000	1348000	146800
07.06.07	10:50	18	25.4	31.9	875	73820000	15840000	3194000	338700	63920	28.8	19	366	54260000	15320000	6595000	1580000	413200
07.06.07	11:05	18	25.3	31.6	913	70580000	14840000	3169000	416400	105600	29	18	371	53000000	18010000	5926000	1449000	453900

EK I'nın devamı

Tarih	Saat	İç Ortam									Dış Ortam							
		ÖğrS	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>	Sıcaklık	B.Nem	CO <sub>2</sub>	PM <sub>0.3</sub>	PM <sub>0.5</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>3</sub>	PM <sub>5</sub>
		[n]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[°C]	[%]	[ppm]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]	[Parç.]
07.06.07	11:20	18	25.3	31.4	948	66020000	13170000	3015000	441800	116200	29.5	17	401	56120000	16530000	6832000	1552000	386700
07.06.07	11:24	18	25.4	31.3	890	63260000	1222000	2958000	474300	118000	30	16	380	32270000	5222000	1976000	476700	150800
07.06.07	11:39	18	25.2	30.6	850	63300000	1266000	3204000	517400	119400	30.5	15	400	32260000	6286000	2630000	757100	262400
07.06.07	13:00	18	26.5	25.8	950	82960000	2602000	6452000	877900	239400	31	14	400	43000000	10460000	4748000	1067000	243700
07.06.07	13:15	18	25.7	29.4	870	79310000	1993000	4675000	597900	125000	31.2	13	428	28290000	18260000	6636000	2650000	682200
07.06.07	13:30	29	25.8	29.3	970	72220000	1638000	3927000	509200	100300	31.5	12	380	51110000	19010000	6926000	1749000	473900
07.06.07	13:45	29	25.9	29.4	994	66250000	15210000	4155000	666000	135600	31.8	11.5	412	35230000	10830000	5394000	1367000	362000
07.06.07	13:47	29	26	29.4	852	61600000	12680000	3621000	611300	146600	32	11	374	38490000	10270000	4629000	1094000	276200
08.06.07	13:36	40	26	32.8	850	73770000	15360000	3209000	390600	93580	35	12	350	43970000	12370000	5478000	1274000	306900
02.07.07	15:05	19	26.1	31.2	910	62710000	10610000	2026000	255700	62150	36	12	355	31500000	12200000	7550000	2450000	682200
02.07.07	15:40	19	26.1	32.7	950	60830000	12710000	1986000	258200	63920	36	10	360	22270000	4222000	1476000	376700	150000
05.07.07	15:30	12	29.8	26.1	750	81780000	11500000	3790000	269500	72040	39	11	375	22260000	4286000	2230000	557100	222400
05.07.07	16:05	12	25.5	33.3	775	79960000	14870000	3201000	225700	49790	39	12	380	22350000	4400000	1816000	416700	107000
09.07.07	13:20	13	26.2	25.3	810	77570000	15300000	2333000	182200	57560	37	8	385	25350000	4400000	1816000	416700	107000
09.07.07	14:20	17	26.6	32	<b>825</b>	64630000	12550000	2284000	261000	59330	38	10	390	38680000	20670000	14660000	5213000	1374000
09.07.07	15:30	20	26.6	33.3	850	54850000	1933000	1736000	270500	62860	39	12	400	42020000	16100000	3926000	2112000	353900
12.07.07	15:11	15	26.9	23.6	875	83110000	19150000	3274000	301600	87930	39	12	420	29190000	11140000	6407000	1550000	354900
12.07.07	15:50	15	27	28.7	840	78570000	17660000	3074000	260600	56150	39	15	425	72050000	33450000	14940000	2752000	477100
09.07.07	13:20	13	26.2	25.3	810	77570000	15300000	2333000	182200	57560	37	8	385	25350000	4400000	1816000	416700	107000

## 9. KAYNAKÇA

- [1] Hays, S., Gobbell, R., “Indoor Air Quality”, *Mc Graw- Hill*, Inc.(1995).
- [2] ISISAN” Klima Tesisatı Kitabı”, *Isısan Firması yayınları*, (2001).
- [3] İnternet/IAQ/Indoor Air Quality in Connecticut Schools Executive Summary.htm
- [4] İnternet/IAQ/Robert S. Zimmerman, “Indoor Air Quality Guidelines for Pennsylvania Schools, August, (1999).
- [5] Bulgurcu, H., İlten, N., Coşgun, A., “Okullarda İç Hava Kalitesi Problemleri ve Çözümler”, *VII. Ulusal Tesisat Kongresi ve Sergisi*, (2005), 601-615
- [6] [www.epa.gov/iaq](http://www.epa.gov/iaq) (25.01.2006)
- [7] Lee, SC and Chang, M. “Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong”, *Chemosphere*, vol.41, (2000), 109–113.
- [8] Chaloulakou A, Mavroidis I., “Comparison of indoor and outdoor concentrations of CO at a public school. Evaluation of an indoor air quality model”, *Atmospheric Environment.*, vol.36,, (2002), 1769-1781.
- [9] Charlene W. Bayer, S., Crow A., Fischer, J., Causes of Indoor Air Quality Problems in Schools, Energy Division Oak Ridge National Laboratory And U.S. *Department of Energy*, (2000).
- [10] Vincent M. Torres, “Indoor Air Quality in Schools.”. *Environmental Management*, (2000).

- [11] Mui K.W., Wong L.T., “Chan Building calibration for IAQ”, management *Building and Environment* vol.41, (2006), 877-886.
- [12] Moglia, D., Macintosh, D., Somera, J.,”Prevalence and Implementation of IAQ Programs in U.S. Schools” *Environmental Health Perspectives* vol.114, (2006).
- [13] Wong,L.T.,. Mui, K.W., “A statistical model for characterizing common air pollutants in air-conditioned offices. Department of Building Services Engineering, The Hong Kong Polytechnic University”, *Hong Kong, China Received Building and Environment*, vol.42, (2007) 1119–1125.
- [14] Mui, K.W., Wong, L.T., Hui, P.S.”An epistemic indoor air quality assessment protocol for air-conditioned offices” *Indoor and Built Environment*, vol.16, (2007), 139-147.
- [15] Mui, K.W., Wong, L.T., Hui, P.S., “Evaluation on four sampling schemes for assessing indoor air quality” *Atmospheric Environment*, vol.40, (2006) 4246–4257
- [16] Kalokotroni, M., Ge, Y.T., Katsoulas, D.,”Monitoring and modelling indoor air quality and ventilation in classrooms within a purpose-designed naturally ventilated school”, *indoor and built environment*, vol.11, (2002), 316-326.
- [17] Zhang G., Spickett J., Rumchev K., Lee A.H., Stick S., “ Indoor environmental quality in a low allerjen school and three Standard primary schools in western Australia”, *indoor and built environment*, Vol.16,, (2006), 74-80.
- [18] Yan, D., Song,F., Yang, J., Zhao,B,.” An Integrated modeling tool for simultaneous analysis of thermal performance and indoor air quality in buildings” *Building and Enviroment* (2007).
- [19] Branis, M., Rezacova,P., Domasova,M. “The effects of outdoor air and indoor human activity on masss concentrations of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> in a classroom” *Enviromental Resecarch* (2005), 143-149.

- [20] Poupard, O., Lordache, V., Allard, F., “Statistical analysis of parameters influencing the relationship between outdoor and indoor air quality in school”, *Atmospheric Environment* vol.39, (2005), 2071-2080.
- [21] Noh, K., Jang, J., Oh, M., “Thermal comfort and indoor air quality in the lecture room with 4-way cassette air-conditioner and mixing ventilation system” *Building and Environment* vol.42, (2007) 689-698.
- [22] Hui,P., Wong, L., Mui, K. “ Evaluation of Professional choice of sampling locations for indoor air quality assessment”, *Building and Environment* vol.42,(2007), 2900-2907.
- [23] Becker, R., Goldberger, I., Pacuik, M., “ İmproving energy performance of school buildings while ensuring indoor air quality ventilation”, *Building and Environment*, vol. 42, (2007), 3261-3276.
- [24] Wolkoff, P., Kjaergaard, K., “ The dichotomy of relative humidity n indoor air quality”, *Environment international* vol.33, (2007), 850-857.
- [25] [http://www.ehs.iupui.edu/tr/ehs/indis\\_hyg\\_iaq\\_unbuilding.asp](http://www.ehs.iupui.edu/tr/ehs/indis_hyg_iaq_unbuilding.asp). (25.7.2007)
- [26] William J., “Havanın Şartlandırılması”, (Çeviren Perihan Seçkiner), *Termodinamik Dergisi*, Sayı 97, (2000).
- [27] Chihui, ZHU., Nianping, LI., Di RE, Jun GUAN, “Uncertainty in Indoor Air Quality and Grey System Method”, *Building and Environment*, (2006).
- [28] James E. Woods, “An Engineering Approach to Controlling Indoor Air Quality”, *Environmental Health Perspectives*, vol. 95, (1991).
- [29] Indoor Air Quality (IAQ) Schools and Universities Overview of Indoor Air Quality Issues and Preliminary Design Guide,  
<http://www.healthybuildings.com/literature.htm> (20.5.2007)

- [30] Faulkner, D., Wjifisk, Dp Sullivan, Sm., Lee, “Ventilation Efficiencies of A Desk-Edge-Mounted Task Ventilation System”, *Proceedings of Indoor Air* (2002).
- [31] Meryl ,H., Karol, “Allergic Reactions to Indoor Air Pollutants”, *Environmental Health Perspectives*, vol.95, (1991).
- [32] Koutrakis, P., Braurer, M., Brggs, K., Leaderer, B., “Indoor Exposures to Fine Aerosols and Acid Gases”, *Environmental Health Perspectives*, vol. 95, (1991).
- [33] Lance ,A., Wallace, “Comparison of Risks from Outdoor and Indoor Exposure to Toxic Chemicals”, *Environmental Health Perspectives*, vol. 95, (1991).
- [34] Burrell, R., “Microbiological Agents As Healt Risks in Indoor Air”, *Environmental Health Perspectives*, vol. 95, (1991).
- [35] Zampolli, S., Elmi, I., Ahmed, M., Passini, G., Cardinalli, C., Nicoletti, S., Dori, L., “An Electronic Nose Based on Solid State Sensor Arrays for Low Cost Indoor Air Quality Monitoring Applications”, (2004).
- [36] Terry M. Breannan, “Responding to and Preventing IAQ problems in Schools”, *HPAC Engineering*, (2001).
- [37] John C. Fischer, Charlene W. Bayer, “Humudity Control in School Facilities” *Indoor Air* (2005).
- [38] Dasgupta, S., Hug, M., Khaliquzzam, M., Pandey, K., Wheler, D., “Indoor Air Quality for Poor Families: New Edivedence from Bangladesh”, *Indoor Air* 16 (2006).
- [39] Mi,Y-H., Norback, D., Tao, J., Ferm, M., “Current asthma and respiratory symptoms among pupils in Shangai, China: influence of Building ventilation, nitrogen dioxide, ozone, and formaldehyde in classrooms”, *Indoor Air* 16 (2006).

- [40] Godwin, C., Baterman, S., “Indoor Air Quality in Michigan Schools”, *Indoor Air* 16 (2006).
- [41] Wong, N.H., Huang, B., “Comparative study of the Indoor Air Quality of Naturally Ventilated and Air-Conditioned Bedrooms of Residential Buildings in Singapore”, *Building and Environment*, vol.39, (2004).
- [42] Stolwijk, A.J., “Sick-Building Syndrome”, *Environmental Health Perspectives* vol. 95, (1991).
- [43] Husman, T.M., “The Health Protection Act, National Guidelines for Indoor Air Quality and Development of the National Indoor Air Programs in Finland”, *Environmental Health Perspectives*, vol.107, (1999).
- [44] Carrer, P., Bruinen, Y., Bruin, DE., Franci, M., Valovitra, E. “The EFA Project: Indoor Air Quality in European Schools”, *Proceedings: Indoor Air* (2002).
- [45] Tam, KI., “Indoor Air Quality and Energy Efficiency in the Design of Building Services Systems for School Classrooms”, *Proceedings: Indoor Air* (2002).
- [46] Andy T., Chan, M., Chung, W., “Indoor-Outdoor Air Quality Relationship in Vehicle: Effect Of Driving Environment And Ventilation Modes”, *Atmospheric Environment* vol.37, (2003).
- [47] Wargocki, P., Wyon, D., Matysiak, B., Irgens, S., “The Effect of Classroom Air Temperature and Outdoor Air Supply Rate On The Performance of School Work By Children”, *Proceedings: Indoor Air* (2005).
- [48] Aslan, D., İç hava Kalitesi ve Kontrolü, *III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, Teskon 97, (1997).
- [49] Gürdallar M., “ Hijyen ve iç hava kalitesi bakımından HVAC sistemlerinin temizliği”, *VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve sergisi*, (2003), 201-213.

- [50] İlten N., Bulgurcu H., “Evlerde iç hava kalitesi ile ilgili bir çalışma” *Termodinamik dergisi*, Şubat 2006, Sayfa 68-76, 4. *Balıkesir Mühendislik Sempozyumu*, Balıkesir (2002).
- [51] Esin, T. “İnsan sağlığını etkileyen iç hava kalitesinin oluşumunda yapı malzemelerinin rolü”, *Yapı* 275, (2004), 99-103.
- [52] Kaya, M., “sağlıklı ve verimli çalışma ortamı için iç hava kalitesi” , *Termodinamik dergisi*, Sayı:125, (2003).
- [53] Dönmez,O.” İç Hava Kalitesi”İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü,Makine Müh.A.B.D., İstanbul, (2003).
- [54] Karadağ, M. Hava Kirliliği, <http://www.akcigerarsivi.com>.(12.10.2006)
- [55] Coşgun A.,Mutlu B., Yücetürk G.,”Okullarda iç hava kalitesinin incelenmesi” *tesisat mühendisliği dergisi*, sayı 90. (2005), 19-27.
- [56] Küçükçalı R.,” İç hava kalitesi” *Tesisat Dergisi* sayı 19 ve 20, (1995).
- [57] Küçükçalı R., “Klimada daha fazla taze hava “ *TTMD özel sayı*, (2000), 24-26.
- [58] Eğrikavuk O.K.,”İç Hava Kirliliği” *Tesisat dergisi* sayı 22, (1996).
- [59] Okutan C., “Klima ve Havalandırma Sistemlerinde İç Hava Kalitesi” *Tesisat dergisi* sayı 37, (1999) 91- 95.
- [60] Köksal Y., Kapalı mahallerde hava kalitesinin iyileştirilmesi, *Tesisat Mühendisliği dergisi*,(2001), 57- 72.
- [61] Çimen F., “İç hava kalitesi konusuna genel bir yaklaşım” *Tesisat Mühendisliği Derneği* , (2005), 10-12.



- [62] Wolf James E., “ İ hava kalitesinin sağlanmasına yönelik ASHRAE araştırması” *TTMD IV. Uluslar arası yapıda tesisat bilim ve teknoloji sempozyumu kitabı*, ( 2002), 29-32.
- [63] obanoğlu N., Kiper N., “Bina içi solunan havda tehlikeler” *ocuk sağlığı ve hastalıkları dergisi*, sayı 49, (2006), 71-75.
- [64] Vural M., Balanlı A., “Yapı ürünü kaynaklı i hava kirliliği ve risk değerlendirmede n araştırma” *YTÜ. Mim. Fak. E-dergisi cilt-1, sayı 1*, (2005), 28-37.
- [65] Kapkın, Ő., Uzal, E.,” Kapalı ortamlardaki hava kalitesini etkileyen parametreler ve toplu taşımacılıkta iç hava kalitesinin bilgisayar destekli analizi”, *Tesisat Mühendisleri Dergisi*, sayı:99, (2007), 75-81.
- [66] Korkmaz,A.,” Hastane iklimlendirme sistemlerinde filtre seçimi ve filtrenin nemi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, sayı:87, (2005), 59-62.
- [67] Keskin, Y., zyaralı, O., Başkaya, R., Lüleci, N., Avcı, S., Acar, M., Aslan, H., Hayran, O., “Bir Lise binası Kapalı Alan Atmosferine Ait Mikrobiyolojik İçeriğin Hasta Bina Sendromu Açısından ğretmen ve öğrenciler zerindeki Etkileri” *Astım Allerji İmmünoloji*, 3(3), (2005), 116-130.
- [68] Evcı, D., Vaizoğlu, S., zdemir, M., Aycan, S., Güler, ., “ Ankara’da 46 kahvehanede formaldehit düzeyinin belirlenmesi”,*TSK Koruyucu Hekim Bülteni*, 4 (3), (2005), 129-135.
- [69] Gönüllü, M., Bayhan, H., Avşar, Y., Arslankaya, E.,” YTÜ. Őevket Sabancı Kütüphane binası iç ortam havasındaki partiküllerin incelenmesi”, *Harran Üniversitesi 4. Gap Mühendislik Kongresi ( Uluslar arası katılımlı Bildiriler Kitabı)*, , (2002), 1384-1389.

- [70] Yüksel,N.,”Günümüz kamu kurumlarında yapısal konfor koşullarının tespit edilmesine yönelik bir çalışma”,*Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 10, Sayı 2, (2005).
- [71] Alyüz,B., Veli.S.,” İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşikler ve sağlık üzerine etkileri“,*Trakya Univ J Sci*, 7(2), (2006), 109–116.
- [72] Karakoç, H. Işıklı, B.,Atmaca, F., Toka, S., Kaba, Ş.,” Uçaklarda iç hava kalitesi ve neden olabileceği”, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, (2005), 431-441.
- [73] Özgenalp, A.,”Sıgınlarda havalandırma ve filtrasyon sistemleri”, *VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, bildiri 24, (2005), 365-372.
- [74] Arısoy, A., Çilek, G., “ Doğal havalandırma yapabilen örnek bir ofis binasında klima sistem tasarımı”, *VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, bildiri 14 (2005), 217-222.
- [75] Arıcı, M., Seçilmiş, M.,” Kapalı yüzme havuzlarının nem kontrolü ve ekonomik olarak iklimlendirmesi”, *VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*,bildiri 32 (2005), 477-492.
- [76] Tuncer, A., Soyer,Ö., “Hasta Bina Sendromu”, *Astım Allerji İmmünoloji* 3(2) (2005), 97-102.
- [77] Köksal, Y., “ Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi”, V. Ulusal *Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, (2001), 625-645.
- [78] Ayken, Uğur, “Hava kalitesi kontrolü ve ihtiyaca dayalı havalandırma” *TESKON 97 III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler Kitabı*, (1997).
- [79] Mc Clead, J., “Kapalı mekan hava kalitesi için çözümler”, *Tesisat Dergisi*, (1998).

[80] Fanger,O., “Geleceğin iklimlendirilmiş ortamlarında insan ihtiyaçları ve mükemmelliğe ulaşma çabaları” *TTMD Dergisi*, (2001).

[81] Özyaral, O., Keskin,Y., “Kapalı alan atmosferinin sağlık üzerine etkileri: Kakosmi (kötü koku) sendromu”, *Astım Alerji İmmünoloji* 3(2), (2005), 86-96.

[82] Vaizoğlu,S., Tekbaş Ö. F., Evcı, D., “Kapalı Ortam Hava Kalitesi, Sağlığa Etkisi”, *STED Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, (2000).

[83] <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf> (18.03.2006)

[84] Doğan H. “ Uygulamalı havalandırma ve iklimlendirme tekniği”, *seçkin yayınevi*, Ankara, (2002).

[85] Olcay, T., İpekoğlu N., “ Hava Kirliliğinin Tanımı ve Temel Kavramları, Hava Kirliliği Kontrol ve Denetimi” *TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi*, İstanbul, (1991).

[86] Robert, C., Rosalar, PE., “ HVAC Maintenance and Operations Handbook” , *McGraw Hill*, (1998).

[87] Bahnfelth, N., “ Heating Piping Air Conditioning” *Mc Graw Hill*, (1998).

[88] ASHRAE., 1997, ASHRAE HANDBOOK-Fundamentals, “ Çevre Sağlığı”, Bölüm 37, Çeviri: Demircioğlu, N., TOKSOY., M., (1997).

[89] Yeşilyurt, Canan ve Akcan, Niyazi, “Hava Kalitesi İzleme 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). (25.12.2006)

[90] Gelin, R., Manrilla, J., “ Indoor Air Quality and the Specification of Walcowering”, *Mc Graw Hill*, (1998).

- [91] <http://www.epa.gov/iaq/schools/tfs/iaqback.html>“Article-IAQ Bacgrounder ”, (1999).
- [92]. Cooke, Indoor Air Pollutants, A. Literature Revuew, Reviews on Environmental Health, (1991).
- [93] Cinemre, T., “İç hava kalitesi ve iç hava kaynaklı hastalıklar”, Metkon Elektro Mekanik A.Ş.
- [94] Kuehn, T.H., Ramsey, J.W., Threlkeld, J.L., “ Thermal enviromental engineering”, Prentice Hall, Third Edition, (1998).
- [95] Özkaynak T., “Temiz oda Tasarımı ve Klima Sistemleri”, *Tetisan Ltd. Şti. Teknik yayınları*, 3.baskı, (2001).
- [96] Ulutepe, L., “Filtreler ve filtre seçimi” *III. Uygulamalı iklimlendirme soğutma semineri*, Balıkesir, 6-10 Eylül (2004).
- [97] MINITAB, Minitab Statistical Software, Help Document, 13.2 Version, (2000).
- [98] Guo, H., Lee, S.C., Chan, L.Y., Indoor air quality in ice skating rinks in Hong Kong, *Environmental Research*, 94 (2004), 327–335.
- [99] Stranger, M., Potgieter, S., Grieken, R., “ Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belqium, *Enviroment International*, 33 (2007), 189-797.
- [100] ASHRAE, “ASHRAE Handbook CD, 2001 Fundamentals, Chapter 9. Indoor Environmental health”, Atlanta, USA, (2003).
- [101] HKGCC, “The Clean Air Charter-A Business Guidebook”, Hong Kong General Chamber of Commerce, [www.cleanair.hk](http://www.cleanair.hk), (2006).

[102] Mestl, H., Aunan, K., Seip, H., Health benefits from reducing indoor air pollution from household solid fuel use in China-Three abatement scenarios, *Environment International*, 33 (2007), 831–840.

[103] Karakoç, H. “Kalorifer Tesisatı Hesabı” *Demir döküm teknik yayınları*, No:9, (2006).